



Industrial Engineering
Department



SEVERAL PERSPECTIVES IN INDUSTRIAL ENGINEERING

Volume I : A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono

Editor :

M. Mujiya Ulkhaq
Chaterine Alvina Prima Hapsari
Faradhina Azzahra

Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro

SEVERAL PERSPECTIVES IN INDUSTRIAL ENGINEERING

Volume I:

A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono

Editor:

**M. Mujiya Ulkhaq
Chaterine Alvina Prima Hapsari
Faradhina Azzahra**



UNDIP PRESS
SEMARANG
2022

SEVERAL PERSPECTIVES IN INDUSTRIAL ENGINEERING

Volume I:

A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono

Editor:

M. Mujiya Ulkhaq

Chaterine Alvina Prima Hapsari

Faradhina Azzahra

Desain Cover:

Aldibro Rizlan Widyanov

Uk. 15,5 cm x 23 cm (x + 230 hlm)

ISBN: 978-979-097-923-9



diterbitkan oleh :

**UNDIP PRESS
SEMARANG**

Anggota APPTI 003.151.1.3.2022

Anggota IKAPI 246/Anggota Luar Biasa/JTE/2022

Edisi pertama

© Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas
Diponegoro 2022

Tidak ada bagian dari publikasi ini yang boleh direproduksi atau disebarluaskan dalam bentuk apa pun atau dengan cara apa pun (secara elektronik, fotokopi, rekaman, atau bentuk lainnya) tanpa izin tertulis sebelumnya dari penerbit.

*Izin dapat diminta langsung dari Departemen Teknik Industri,
Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Sudarto, SH., Tembalang, Semarang 50275; telp./fax: (024)
7460052; e-mail: industri@ft.undip.ac.id*

Katalog publikasi ini tersedia di Perpustakaan Nasional Republik Indonesia

KATA SAMBUTAN

*Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.
Salam sejahtera bagi kita semua.*

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua sehingga pada usia 24 tahun, Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Diponegoro telah menorehkan banyak capaian prestasi dan akan terus menghasilkan berbagai karya sebagai sumbangsih dalam pembangunan bangsa terutama di bidang pendidikan.

Departemen Teknik Industri selalu berupaya menciptakan suasana akademik yang kental terutama antara dosen dan mahasiswa. Buku bunga rampai ini adalah cerminan dari suasana akademik tersebut di mana di dalamnya memuat berbagai riset dan pemikiran-pemikiran tentang bidang keilmuan teknik industri dalam penerapannya di industri manufaktur maupun jasa. Penulis juga bervariasi dari dosen, mahasiswa, kalangan industri dan juga alumni serta kolega dari universitas lain. Departemen Teknik Industri mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh penulis dan editor yang berkontribusi dalam penyelesaian buku bunga rampai ini. Terima kasih juga kepada seluruh pihak yang selalu mendukung kemajuan Departemen Teknik Industri, seperti: Majelis Departemen Teknik Industri, Ikatan Alumni Teknik Industri (IKATI), mitra industri, berbagai lembaga profesi keteknik-industrian, para pimpinan Fakultas Teknik, dan Universitas Diponegoro.

Buku ini disusun sebagai *tribute* kepada Dr. Ir. Bambang Purwanggono Sukarsono, M.Eng., yang telah selama lebih dari 24 tahun mengabdikan diri sebagai dosen dan juga sebagai salah satu pendiri dari Departemen Teknik Industri Universitas Diponegoro pada 23 Februari 1998. Semoga kami sebagai

penerus dapat mewujudkan cita-cita beliau untuk menjadikan Departemen Teknik Industri dikenal luas di kancah nasional dan internasional. Semoga buku ini bisa menjadi satu kenangan yang berharga untuk beliau. Semoga buku ini juga memberi manfaat kepada para pembaca untuk lebih mengerti betapa luas bidang kajian teknik industri yang seringkali beririsan dengan bidang ilmu lainnya sebagai pendekatan multidisiplin.

Perjalanan Departemen Teknik Industri ke depan masih panjang, dengan semangat, kerja keras dan kerja cerdas seluruh dosen, tenaga kependidikan, dan adik adik mahasiswa dalam bingkai kebersamaan, persaudaraan dan saling asah, asih, dan asuh, maka semua rintangan akan dapat dihadapi. Berbagai perkembangan yang terjadi di bidang teknologi memberi banyak peluang bagi kita untuk terus berinovasi, menciptakan kinerja yang lebih baik, lebih efektif dan efisien.

“There is always a better way”

Selamat berkarya.

TI Kompak

TI Hebat

TI Jaya

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Semarang, 19 April 2022,
17 Ramadhan 1443 H

Dr. Ratna Purwaningsih
Ketua Departemen Teknik Industri
Universitas Diponegoro

KATA SAMBUTAN

Dr. Bambang Purwanggono adalah sosok seorang guru yang *humble*, yang banyak berkiprah, baik di dalam maupun di luar institusi. Beliau merupakan salah satu pendiri Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Memiliki kepakaran dibidang standar dan kualitas, beliau selalu berperan aktif pada proses pengembangan ilmu yang terkait dengan dunia praktik di lapangan. Beliau juga banyak dipercaya serta terlibat dalam beberapa organisasi serta asosiasi, misalnya sebagai Ketua FORSTAN (Forum Pendidikan Standardisasi Indonesia), Ketua the *International Cooperation for Education about Standardization* (ICES), Ketua MASTAN Jawa Tengah serta Masyarakat Standardisasi.

Keterlibatan beliau dalam organisasi tersebut membuktikan kemampuan beliau untuk berinteraksi dan berkontribusi dalam memajukan industri serta ilmu pengetahuan terkait. Beliau betul-betul mengimplementasikan Tri Dharma Perguruan Tinggi dengan maksimal sebagai seorang pengajar yang mengajarkan ilmu yang dimiliki. Semoga Dr. Bambang Purwanggono bisa terus menginspirasi generasi di bawahnya, tetap sehat dan terus berproses menjadi insan yang lebih bijaksana sehingga kerja keras beliau selama ini menjadi amal ibadah. Amin.

Semarang, 28 April 2022,

Prof. M. Agung Wibowo, Ph.D.
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro

EDITORIAL

Tujuan dari penerbitan bunga rampai (*edited book/edited volume*) yang berjudul “*Several Perspectives in Industrial Engineering*” adalah untuk memuat berbagai penelitian dan pemikiran-pemikiran ilmiah yang dilihat dari sudut pandang keteknik-industrian. Bunga rampai Volume I ini khusus dipersembahkan kepada Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono, seorang dosen, pengajar, dan guru di Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro, yang telah mengabdikan diri selama tiga puluh enam tahun.

Terdapat sembilan belas artikel yang dimuat pada volume ini. Bunga rampai ini diawali dengan artikel dari Dr. Heru Prastawa yang mencoba memberikan kesaksian mengenai perjalanan Dr. Bambang dan perannya dalam dunia akademis. Pada bagian awal berisi artikel yang berkaitan dengan sistem produksi manufaktur, yang merupakan “area pertama” yang digeluti Dr. Bambang pada awal berdirinya Teknik Industri. Bagian kedua memuat artikel yang berkaitan dengan manajemen kualitas dan standardisasi, yang bisa dikatakan adalah “area kedua” dari perjalanan akademis Dr. Bambang. Beliau pernah menjadi tim penyusun buku teks “Pengantar Standardisasi” yang diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional pada tahun 2009 dan menjadi literatur utama pada Mata Kuliah Standardisasi. Selain itu, Dr. Bambang juga pernah menjadi Ketua Dewan Pengurus Wilayah Jawa Tengah Masyarakat Standardisasi periode 2010–2014. Bagian selanjutnya memuat artikel pada area manajemen inovasi, yang merupakan “area paripurna” Dr. Bambang, di mana disertasi beliau berada pada area ini. Tidak hanya itu, bunga rampai ini juga memuat artikel-artikel pada bidang lain yang masih terkait

dengan disiplin ilmu teknik industri, seperti pengukuran performansi dan manajemen rantai pasok.

Terakhir, kami selaku editor mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terealisasinya bunga rampai ini; dan juga kepada Dr. Bambang atas dedikasinya selama ini di ranah akademis. Semoga buku ini bisa menjadi satu kenangan manis dan berharga untuk beliau; dan juga memberi manfaat kepada para pembaca.

Terima kasih Pak Bambang.

M. Mujiya Ulkhaq
Departemen Teknik Industri
Universitas Diponegoro

DAFTAR ISI

Sambutan	
Ketua Departemen Teknik Industri	iii
Dekan Fakultas Teknik.....	v
Editorial	vi
Daftar Isi	vii
Sistem produksi, kualitas-standarisasi dan R&D: Pergulatan keilmuan dan peran seorang Bambang Purwanggono	
<i>H. Prastawa</i>	1
Pengambilan keputusan berbasis kinerja dalam perawatan mesin industri	
<i>T. Warsokusumo</i>	9
Sustainable-VSM: Evaluasi kinerja keberlanjutan dengan pendekatan lean manufacturing	
<i>S. Hartini</i>	35
Implementasi lean manufacturing untuk mereduksi pemborosan pada proses produksi Mesin Hydrotiller	
<i>D. Rahmadani</i>	47
Penerapan lean manufacturing yang menguntungkan sebuah organisasi	
<i>A. Az Zahraa</i>	61
The effect of mixture composition on the characteristics of briquette products from tea aaste: A systematic literature review	
<i>E. Setiawan, Rahmatullah, M. K. C. Putro</i>	69
Analisis QC trade insurance PT Asuransi Asei dengan risk management saat pandemi	
<i>A. Fachreza, N. U. Handayani</i>	87

Standardisasi untuk masa depan berkelanjutan <i>I. P. Sari</i>	97
Design for smart quality: Strategy meraih keunggulan bersaing di era Industri 4.0 <i>R. Sukwadi, C.-C. Yang, R. M. Silitonga, Y.-T. Jou, M.-C. Lin</i>	105
Analisis manajemen risiko pada proyek database server hardware PT X menggunakan metode HOR <i>A. Fachreza, B. P. Sukarsono</i>	113
Penerapan pendidikan standar dan standardisasi di Fakultas Teknik Universitas Diponegoro <i>M. Alifian, A. Bakhtiar, C. A. P. Hapsari</i>	121
Perancangan standard operating procedure berdasarkan ISO 9001:2015 pada Laboratorium Sistem Produksi Teknik Industri Universitas Diponegoro <i>R. D. Lubis, S. Saptadi, Y. Widharto</i>	135
Optimasi rute pengiriman produk dengan perhitungan MILP untuk MTRVP with time windows <i>A. A. Qadarullah</i>	141
Penerapan strategic purchasing melalui peningkatan kemampuan personil dan dampaknya terhadap kinerja keuangan <i>B. M. I. Simanjuntak, H. Suliantoro</i>	151
Penelitian pemetaan SCOR - Penggunaan risk management, analisis kinerja rantai pasok <i>A. Fachreza, A. Susanty</i>	165
Pengembangan indikator penilaian keberlanjutan pariwisata budaya <i>F. Agusti, R. Purwaningsih, B. P. Sukarsono, F. Azzahra</i>	177

Perancangan model pemilihan supplier yang mempertimbangkan sustainability (Studi kasus: CV Intan Karya Mandiri)
P. A. Wicaksono, R. Yasmin, C. A. P. Hapsari 195

Optimalisasi pelayanan dengan penerapan lean service
A. Bakhtiar, Widhiyaningrum 209

Efisiensi vs. efektivitas
M. M. Ulkhaq 215

Lampiran

Sistem Produksi, Kualitas-Standardisasi dan R&D: Pergulatan Keilmuan dan Peran seorang Bambang Purwanggono

Heru Prastawa

Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro, Semarang,
Indonesia

E-mail: heru.prastawa@gmail.com;
heruprastawa@lecturer.undip.ac.id

Pendahuluan

Saya sengaja ikut meramaikan kumpulan tulisan secara berombongan dalam bentuk Bunga Rampai ini. Sebagai seorang yang mengikuti perjalanan Dr. Ir. Bambang Purwanggono S., M.Eng., IPU, saya mencoba memberikan “kesaksian”, bukan cerita “romantika kehidupan pribadi”, tapi lebih ke konsistensi pak Bambang dalam mengembangkan keilmuan, khususnya dalam area Teknik Industri, juga peran Pak Bambang dalam ranah manajemen Pendidikan.

Pergulatan Pak Bambang dalam pengembangan ilmu, diawali dari pilihan area Sistem Produksi, karena Dosen di Teknik Industri Universitas Diponegoro pada awal perjalanan masih terbatas. Pak Bambang bagian “Sistem Produksi”, Pak Haryo Santoso bagian mata kuliah yang berbaur “Manajemen” dan saya lebih ke “*Human Factors & Ergonomics*”. Untuk mata kuliah-mata kuliah “*Basic Engineering*”, kami masih banyak dibantu kolega dari Teknik Mesin, sedangkan yang lebih ke “*Management Science dan Optimasi*” dibantu dari kolega FMIPA, sekarang FSM.

Dalam tulisan ini, saya ingin menggali dan merangkai peran, karya, publikasi ilmiah yang dihasilkan Pak Bambang yang terkait dengan judul tulisan. Mungkin tidak sepenuhnya mengikuti kaidah-kaidah penulisan ilmiah, tapi lebih menekankan pada benang merah yang menunjukkan Pak Bambang konsisten dengan kompetensi yang dipelajari, diajarkan dan dipublikasikan. Tentu saja termasuk peran pak Bambang sebagai tim.

Pembahasan

Berdasarkan *body of knowledge* Teknik (Sistem) Industri pada Gambar 1, terlihat empat area yang harus kuat yaitu: *Manufacturing System Engineering, Management System, Human Factor Engineering* dan *Operation Research*. Tentu saja juga didukung dengan bidang lain seperti ekonomi, statistik, psikologi, akuntansi dan organisasi.

Pada awal berdirinya Teknik Industri UNDIP, jumlah dosen senior masih terbatas, sehingga dari 3 pendiri bersepakat bertanggung jawab terhadap tiga area, termasuk dalam pembinaan dosen muda. Pak Haryo memilih *Management System*, saya memilih *Human Factors Engineering* dan Pak Bambang memilih *Manufacturing System*. Untuk kelompok *Operation Research* dibantu oleh kolega dari FSM, dulu Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam (FMIPA).

Gambar 1 menunjukkan *body of knowledge* yang dikeluarkan *Institute of Industrial and System Engineer* (2016). Sejauh ini disiplin Teknik Industri terus berkembang dan di beberapa perguruan tinggi, baik di luar negeri dan di dalam negeri (ITS) menjelma menjadi Teknik dan Sistem Industri (*Industrial & Systems Engineers*). *Body of knowledge* juga menyesuaikan seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.

Berdasarkan BoK pada Gambar 2, area yang digeluti Pak Bambang dekat dengan BoK 9 (*Engineering Management*), 12 (*Design & Manufacturing Engineering*), dan 13 (*Product Design & Engineering*). Namun dalam tulisan ini, saya mengelompokkan menjadi Sistem Produksi, Mutu & Standarisasai serta Inovasi dan R&D.

Sistem Produksi

Pergulatan dalam bidang sistem produksi lebih diwarnai sisi akademik Pak Bambang. Mengampu mata kuliah Proses Produksi (Manufaktur), Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Pengendalian Kualitas diperankan Pak Bambang pada saat tahun-tahun awal perjalanan Teknik Industri. Termasuk bidang yang diambil saat mengambil Master di *University of Toronto Canada, Production System*. Demikian juga pada saat membantu beberapa Perguruan Tinggi Swasta di Jawa Tengah sampai tahun 2005, kelompok mata kuliah tersebut yang banyak diampu. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Universitas Muhammadiyah Magelang, Universitas Pancasakti Tegal, Universitas Sultan Agung Semarang merupakan universitas-universitas yang bisa saya sebutkan. Mata kuliah yang dipegang cukup lama di Teknik Industri UNDIP adalah Teknik Perawatan (*Maintenance Engineering*). Beberapa publikasi yang dihasilkan diantaranya: Perhitungan OEE (Wafa, 2013), FMEA di PT Ebako (Pramesti et al., 2016), dan Pembentukan Sel Mesin (Purwanggono, 2016).



Gambar 1. The Industrial Body of Knowledge (IISE, 2016)



Gambar 2. Body of Knowledge Industrial & Systems Engineers (IISE, 2021)

Kualitas-Standarisasi

Kualitas, mutu menurut Kotler dan Keller (2009) adalah totalitas fitur dan karakteristik produk atau jasa yang bergantung pada kemampuan untuk memuaskan kebutuhan

yang ditanyakan atau tersirat. Dari definisi ini terlihat luasnya cakupan kualitas, dan tidak dapat dipisahkan dengan sistem produksi, termasuk lingkup jasa yang dapat didekati dengan sistem produksi. Beberapa tulisan yang melibatkan Pak Bambang diantaranya: penyiapan PIKITRING PLN Jawa-Bali dalam menerapkan Sistem Manajemen Mutu ISO : 9001:2001 (Bakhtiar, 2009), penyiapan adopsi SNI pada UKM Batik di Solo dan Yogyakarta (Susanti, 2014), implementasi standar dan performansi perusahaan (Bakhtiar, 2013), mengukur manfaat standar, kemampuan standar di beberapa industri manufaktur Indonesia (Purwanggono, 2012), Evaluasi CSF dalam rangka implementasi ISO : 50001 di PT APAC INTI Corpora (2019), kesiapan Fakultas Teknik dalam menghadapi Kebijakan Perguruan Tinggi 4.0 (Handayani, 2020).

Ide-ide pak Bambang selama menjabat Pembantu Dekan 4 Fakultas Teknik yang relevan dengan maraknya Program MBKM adalah transfer kredit dan *sharing facility*. Konsep mahasiswa dapat mengambil kuliah di luar program studi di luar fakultas, bahkan di luar universitas selalu disampaikan, Namun pertimbangan regulasi dan payung kerjasama yang menjadi halangan belum dapatnya dilaksanakan selama beliau menjabat. Gebrakan Mas Menteri Pendidikan dan Kebudayaan, didorong terjadinya Pandemi Covid-19, menguatkan terwujudnya program yang salah satunya pernah digagas Pak Bambang.

Sadar bahwa tercapainya kualitas produk maupun kualitas layanan itu tidak dapat dilepaskan dari permasalahan standar, Pak Bambang memperluas kompetensinya dalam lingkup standarisasi. Komitmen dalam bidang standarisasi dibuktikan dengan aktif terlibat dalam kepengurusan Badan Standarisasi Nasional (BSN), termasuk Masyarakat Standarisasi Indonesia (MASTAN). Beberapa kali menjadi presenter di kegiatan internasional (Purwanggono, 2012). Kontribusi Pak Bambang

yang lain adalah ikut menyusun buku teks Pengantar Standarisasi (Badan Standarisasi Nasional, 2009). Kampanye sadar SNI kepada UKM dan masyarakat luas dilakukan Pak Bambang secara intensif.

Inovasi-R&D

Inovasi, *Research, and Development* baik dalam industri manufaktur maupun “industri jasa”, memegang peran yang penting. Inovasi telah terbukti menjadi faktor penentu kesuksesan bersaing dan juga pertumbuhan bisnis perusahaan. Salah satu faktor penentu kesuksesan inovasi adalah kegiatan *Research & Development* (R&D). Dalam ranah ini, Pak Bambang cukup aktif memberikan kontribusi baik dalam kegiatan akademik, maupun kegiatan Tri Dharma lainnya. Contohnya mengajar Mata Kuliah Manajemen Inovasi, Manajemen Teknologi, dll. Termasuk kontribusi keilmuan dalam mengambil Program Doktor di Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Diponegoro dengan tema/judul Disertasi yang diambil adalah: “Membangun Kapabilitas Inovasi Perusahaan Manufaktur yang didukung oleh Riset dan Pengembangan Internal dengan Mediasi Kapasitas Serap yang Dinamis-Khas”. Beberapa publikasi dalam lingkup ini antara lain: Pengaruh aktivitas R&D internal pada perusahaan elektronik (Purwanggono, 2017), kompetensi pengetahuan pasar dan (R&D) terhadap pengambilan kebijakan pengembangan produk baru, (Purwanggono, 2017), penyusunan alat penilaian untuk mengukur tingkat inovasi perusahaan (Purwanggono, 2019).

Peran dan Kontribusi

Peran dan sumbangsih Pak Bambang yang menjadi catatan penting saat bergabung di Program Studi Teknik Mesin UNDIP tahun 1985 (CPNS) dan PNS (1986). Pada periode awal ini

jumlah dosen sangat terbatas dalam hal jumlah dan kualifikasinya. Dua kali jabatan Kaprodi dipegang Pensiunan Angkatan Laut (Ir. Slamet Waluyo) dan Apoteker (Drs. Apt. Martono Marsgit). Pak Bambang Kaprodi pertama di Teknik Mesin yang dari Fakultas Teknik dan bergelar Insinyur. Yang dapat menjadi catatan, hibah mesin-mesin CNC, Lab Gas Engine diperoleh pada saat beliau menjabat. Sesudahnya jabatan Kaprodi Teknik Mesin dipegang dari dosen Teknik Mesin sendiri, karena kualifikasi sudah memungkinkan.

Jarang ditemukan seseorang yang pernah memegang beberapa jabatan, baik yang sifatnya jabatan struktural, jabatan fungsional dan jabatan tambahan sampai setahun menjelang Purna Tugas. Pak Bambang pernah memegang jabatan 2 Ketua Program Studi yang berbeda, Ketua Program Studi Teknik Mesin (1994-1998), dan Teknik Industri (2002-2004) serta (2011-2014), melanjutkan jabatan yang saya tinggalkan karena studi lanjut S3. Setelah menyelesaikan jabatan Ketua Program Studi Teknik Industri yang kedua sesudah Pak Haryo, Pak Bambang menjabat sebagai Pembantu Dekan 4 Fakultas Teknik (2005-2010), yang membidangi Kerjasama dan Pengembangan. Direktur Kerjasama Riset dan Industri Undip (2016-2020), Anggota Senat Akademik UNDIP. Di luar UNDIP, pernah menjabat Pembantu Rektor 1 Universitas Muhammadiyah Magelang.

Tidak dapat dipungkiri dan sejarah mencatat Pak Bambang, sebagai salah satu pendiri Teknik Industri Universitas Diponegoro. Kemampuan luar biasa dalam membangun jejaring banyak nilai positifnya. Bantuan hibah gedung Teknik Industri dari Djarum *Foundation* salah satu bukti nyata. Setelah menunggu selama 16 tahun dan setiap tahun mengajukan usulan ke Universitas, ternyata Djarum *Foundation* yang dapat

“mengobati kerinduan” Teknik Industri UNDIP punya gedung sendiri.

Simpulan

Dari sedikit cerita sebelumnya, simpulan yang dapat diambil adalah bahwa dari sisi keilmuan Pak Bambang tetap konsisten dengan area keilmuan yang diambil. Kalaupun bergerak dari bidang yang bersifat “*hard discipline*”, bergerak kearah yang lebih “*soft*”, namun tetap dalam BoK Teknik Industri. Semuanya dapat ditarik atau pengembangan dari Sistem Produksi, Mutu dan Standarisasi serta Inovasi dan R&D.

Memotret peran dan kontribusi pak Bambang dari aspek manajerial, sudah terbukti dari jabatan-jabatan yang pernah diamanahkan kepada beliau di Universitas Diponegoro. Termasuk juga peran pembinaan terhadap beberapa Perguruan Tinggi di Wilayah Jawa Tengah, khususnya Program Studi Teknik Industri, juga sangat besar. Mulai dilibatkan sebagai Dosen Luar Biasa, Pembina sampai dengan jabatan Pembantu Rektor 1.

Pondasi yang telah diletakkan Pak Bambang siap dilanjutkan oleh kader-kader elemen muda dan milenial, diharapkan semakin mempercepat capaian target Teknik Industri. Nama-nama Bu Prof Aries, Bu Ratna, Bu Naniek, Pak Singgih, Pak Purnawan, Pak Satyo, Bu Rani, Pak Arfan, Pak Hery, Bu Sri Hartini, Pak Denny, Pak Ary Arvianto, Bu Diana, Pak Darminto, Pak Sriyanto, Pak Zainal, Bu Novie, Bu Nia, Bu Dyah, Pak Wiwik, Pak Yusuf, Bu Manik dan tambahan 3 dosen baru, Mas Muji, Mbak Chaterine, dan Mbak Fara tidak perlu diragukan lagi. Terima kasih Pak Bambang.

Kesan & Pesan

Dr. Ir. Bambang Purwanggono S., M.Eng sosok yang hangat, walaupun terlihat cool. Jejaringnya luas dan memiliki kemampuan mengontrol emosi yang sangat baik. Sumber inspirasi dalam keinginan untuk terus menimba ilmu. Banyak kenangan yang selama menjadi kolega, senior dan “teman ngluyur”. Dengan peran apapun, berharap Pak Bambang masih tetap menjadi Keluarga Besar Teknik Industri UNDIP. Matur Suwun, Pak Bambang.

Daftar Pustaka

- Bakhtiar, A., Susanty, A. and Purwanggono, B. (2013). The relationships between standards implementation and organizations performance. *2013 IEEE Business Engineering and Industrial Applications Colloquium (BEIAC)*, 38-43.
- Handayani, N.U., Purwanggono, B., Awwiby, M.A., Wibowo, M.A., & Hanifah, A. (2020). Establishing Organizational Culture to Prepare Faculty of Engineering of Diponegoro University to Face the Upcoming Higher Education Policy 4.0. *In Proceedings of the International Conference on Engineering and Information Technology for Sustainable Industry*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 24, 1–7.
- Pramesti, R. A. C., Purwanggono, B., & Bakhtiar, A. (2016). Analysis of Defect Event Quantity Using Priority-Cost Failure Mode, Effect, And Criticality Analysis (PC-FMECA) Method (Case Study: Smoothmill Facility PT. Ebako Nusantara). *Industrial Engineering Online Journal*, 5(2).
- Purwanggono, B., et al. (2009). Pengantar Standardisasi. *Badan Standardisasi Nasional*. Jakarta.

- Purwanggono, B., Bakhtiar, A., Susanty, A. and Puspitasari, N.B. (2012). The mapping on standards capability and response to standards issues: A multiple case study in manufacturing firm-Indonesia. *2012 IEEE Symposium on Business, Engineering and Industrial Applications*, 548-552.
- Purwanggono, B., Sugiyono, A. (2016). Pembentukan Sel-Sel Mesin Untuk Mendapatkan Pengurangan Jarak dan Biaya Material Handling Dengan Metode Heuristik Di PT. Bengkel Cokro Bersaudara. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri (J@ti)*.
- Purwanggono, B., Sesuko, A., Budiawan, W. (2017). The analysis of market knowledge competence effect and research & development (R&D) toward the policy making of new product development. *AIP Conference Proceedings* 1902, 020020.
- Purwanggono, B., Ferastra, K., Bakhtiar, A. (2019). Critical Success Factors Evaluation of the ISO 50001 Energy, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 598.
- Purwanggono, B., Amalia, A.N. (2019). Modified assessment tools for measuring innovativeness level of companies. *Cogent Engineering*, 6:1.
- Purwanggono, B., & Margarete, A. (2017). Risk assessment of underpass infrastructure project based on ISO 31000 and ISO 21500 using fishbone diagram and RFMEA (project risk failure mode and effects analysis) method. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 277.
- Purwanggono, B., Ferastra, K., Bachtiar, A. (2019). Management System Implementation (Case study: PT. APAC INTI CORPORATA, Bawen, Semarang Indonesia), *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 598.

- Purwanggono, B., Damyana, Y.A., (2018). Effect of internal R&D activities to the accumulation of organizational technical knowledge with the mediation role of absorptive capacity to establish the innovation capability of electronic industries. *MATEC Web Conf.* 154, 01059.
- Tanuwijaya, A., & Purwanggono, B. (2016). Penerapan Metode 5S dan Perancangan Fasilitas Peletakkan Material dan Peralatan Guna Eliminasi Waste of Motion dalam Perakitan Generator Set (Studi Kasus PT. Berkat Manunggal Jaya). *Industrial Engineering Online Journal*, 4(1).
- Safaa, Y.P., Hatmoko, J.U.D., Purwanggono, B. (2019). Evaluation of the use of prefabricated bridge elements with Design for Manufacture and Assembly (DfMA) criteria. *MATEC Web Conf.* 270, 05006.
- Wafa, A.K., Purwanggono, B. (2013). Perhitungan OEE (Overall Equipment Effectiveness) Pada Mesin Komuri 2 Lithrone S40 Dan Heidelberg 4we Dalam Rangka Penerapan Total Productive Maintenance (Tpm). *IE Journal Online*.

Pengambilan Keputusan Berbasis Kinerja dalam Perawatan Mesin Industri¹

Tarwaji Warsokusumo

PT Indonesia Power, Jakarta, Indonesia

E-mail: tarwaji@gmail.com

Pendahuluan

"If you can't measure it, you can't manage it". Sebuah kutipan yang sangat terkenal dari pakar *management consultant and thought leader*, Peter F. Drucker tersebut masih banyak diperdebatkan dan banyak disanggah oleh beberapa ahli, termasuk guru dalam bidang *quality and process control*, W. Edwards Deming. Sanggahannya diberikan untuk hal-hal yang terkait dengan sesuatu yang tidak dapat diukur, apakah benar tidak bisa dikelola. Kita tidak akan membahas tentang perbedaan pendapat tersebut. Tetapi dalam pembahasan kali ini, dalam konteks pengendalian proses eksekusi rencana kerja, pengukuran kinerja tetap relevan sebagai bagian dari pengelolaan pekerjaan untuk mencapai target yang ditetapkan. Indikator kinerja dapat diukur dari berbagai sudut pandang yang sudah dipakai secara luas untuk mengukur kinerja perusahaan dan industri, seperti *Balanced Scorecards* (BSC) yang diinisiasi oleh *Robert S. Kaplan*. BSC banyak dipakai untuk penetapan *Key Performance Indicator* (KPI), yang terbagi dalam

¹ Cite this chapter (APA):

Warsokusumo, T. (2022). Pengambilan keputusan berbasis kinerja dalam perawatan mesin industri. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 9-34). Undip Press.

4 perspektif, yaitu: *Financial*, *Customer Focus*, *Internal Business Process* dan *Learning & Growth*, seperti pada contoh di Tabel 1.

Pengukuran kinerja perusahaan dan industri merupakan sebuah aktivitas penting agar seluruh *resources* dapat diberdayakan secara efektif dan efisien berbasis pada prioritas dan kerangka waktu. Pada sisi yang lain, perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan *big data & analytics* yang didukung dengan algoritma *machine learning* dan *artificial intelligence* telah membuka sebuah konsep baru dalam proses *data mining* untuk memperoleh sebuah *insight* dan visualisasi data dalam bentuk *digital dashboard* yang dapat dipergunakan untuk analisis kinerja operasi mesin-mesin industri. *Trend* ini telah mengarahkan konsep pengambilan keputusan bisnis berbasis pada analisis data kinerja operasional industri.

Tabel 1. Beberapa Indikator Kinerja Industri dengan Perspektif *Balance Scorecards*

<i>Balance Scorecards Perspectives</i>	<i>Performance Lagging Indicator</i>	<i>Performance Leading Indicator</i>
Financial	Production Cost	Specific Fuel Consumption (SFC)
	Fuel Cost	Net Plant Heat Rate (NPHR)
	Maintenance Cost	Spare Parts & Material Cost
	Manpower Cost	Maintenance Manhour
Customer Focus	Equivalent Forced Outage Rate (EFOR)	Reliability Rate
	Customer Satisfaction Index (CSI)	

Internal Business Process	Equivalent Availability Factor (EAF)	Maintenance Duration
	Capacity Factor (CF)	Maintenance Mix
Learning & Growth	Human Capital Readiness (HCR)	Employee Engagement Index (EEI)
	Organizational Capital Readiness (OCR)	Risk Management Maturity Level
	Informational Capital Readiness (ICR)	Employee Productivity

Pengambilan Keputusan dalam Perawatan Mesin Industri

Manajemen perawatan mesin industri mencakup semua kegiatan atau prioritas manajemen (ketersediaan, pengurangan biaya); strategi (seperti metode manajemen, untuk mencapai tujuan perawatan); dan tanggung jawab. Faktor-faktor tersebut diimplementasikan melalui perencanaan perawatan, pengendalian, pengawasan, dan beberapa metode perbaikan, termasuk aspek ekonomi dalam organisasi (Crespo dan Gupta, 2006). Menurut Kelly & Haris (1998), tujuan perawatan dapat diringkas dalam lima topik sebagai berikut:

- a. memastikan fungsionalitas operasi mesin industri (ketersediaan, keandalan, kualitas produk, dll.),
- b. memastikan mesin mencapai umur desainnya,
- c. memastikan keamanan personil, mesin dan lingkungannya,
- d. memastikan efektivitas biaya dalam perawatan, dan
- e. penggunaan waktu, sumber daya, energi, dan bahan baku secara efektif.

Dalam proses perawatan, indikator kinerja telah menjadi acuan utama untuk menganalisis keputusan perawatan. *Reliability, Availability, Maintainability and Safety* (RAMS)

performance dan *Energy Efficiency Performance* (EEP) adalah indikator-indikator kinerja utama dalam perawatan mesin industri. Indikator-indikator ini sangat penting dalam mengoptimalkan model perawatan (Qingfeng et al., 2011). Dalam *best practices* untuk perawatan dan keandalan, indikator kinerja RAMS mencakup waktu henti terendah, waktu aktif tertinggi, nol kerusakan, nol kecelakaan, kepatuhan penjadwalan terbaik, dan biaya perawatan terendah (Gulati et al., 2014).

Industri yang mengkonsumsi energi dengan emisi karbondioksida yang tinggi telah mempraktikkan berbagai strategi penghematan energi, seperti penghematan energi melalui manajemen, teknologi, dan kebijakan. Efisiensi Energi (EE) di industri akan mengurangi konsumsi dan biaya energi serta dampak lingkungannya (emisi CO₂, limbah). Banyak tindakan EE di industri yang terdiri dari peningkatan praktik dan prosedur pembelian serta perawatan. Praktik-praktik ini mengurangi biaya perawatan dan meningkatkan manfaat produktivitas peralatan, dan sebaliknya. Untuk mencapai hasil ini, Darabnia et al. (2013) mengusulkan *Energy Efficiency Management System* (EEMS), yang membutuhkan struktur yang mirip dengan sistem manajemen industri lainnya.

Pengambilan keputusan perawatan adalah aktivitas kompleks yang terjadi dalam beberapa konteks dengan berbagai jenis teknologi, kemampuan perbaikan, keandalan, dan persyaratan ketersediaan (Kumar et al., 2013). Untuk penentuan waktu yang optimal dari rencana perawatan, manajemen perawatan dapat menyajikan skenario, termasuk beberapa tujuan yang sering saling bersaing atau bertentangan satu sama lain.

Ruang lingkup perawatan dalam lingkungan industri dan manufaktur diilustrasikan oleh berbagai definisi. *British*

Standards Institute (BSI) mendefinisikan perawatan sebagai kombinasi dari semua kegiatan teknis dan administratif terkait yang diperlukan untuk menjaga peralatan, instalasi, dan aset fisik lainnya dalam kondisi operasi yang diinginkan atau untuk mengembalikannya ke kondisi ini (BSI, 1984), (Pintelon & Van Puyvelde, 1997), (Pintelon & Van Puyvelde, 2006). Sementara itu, *Maintenance Engineering Society of Australia* (MESA) menunjukkan bahwa perawatan adalah tentang mencapai kemampuan aset yang diperlukan dalam konteks ekonomi atau bisnis (MESA, 1995).

Perawatan mencakup keputusan teknik dan tindakan terkait yang diperlukan untuk optimalisasi kemampuan peralatan yang ditentukan. Kemampuan berarti kinerja fungsi tertentu dalam kisaran tingkat kinerja yang mungkin berhubungan dengan kapasitas, tingkat, kualitas, keamanan, dan daya tanggap (Tsang et al., 1999). Demikian pula, Kelly (1989) menyatakan bahwa tujuan perawatan adalah untuk mencapai tingkat keluaran dan pola operasi yang disepakati dengan biaya sumber daya minimum dalam batasan kondisi dan keamanan sistem. Output produksi yang diinginkan dicapai melalui ketersediaan yang tinggi, yang dipengaruhi oleh keandalan dan perawatan peralatan serta daya dukung perawatan (CEN, 2011). Akhirnya, perawatan sebagian bertanggung jawab atas keselamatan sistem teknis dan untuk memastikan bahwa pabrik tetap dalam kondisi baik atau sehat (Visser & Pretorious, 2003).

Sehubungan dengan peralatan produksi, perawatan yang tepat dapat menetapkan fungsi sistem sebagai tujuan utamanya. Perawatan harus memastikan keandalan, ketersediaan, efisiensi, dan kemampuan yang diperlukan dari keseluruhan sistem produksi. Perawatan menjamin kehidupan sistem dengan menjaga peralatan dalam kondisi baik. Dalam hal ini, biaya harus dioptimalkan untuk memenuhi kondisi pabrik yang

diinginkan (Dekker, 1996). Keamanan mesin industri penting karena kegagalan dapat membawa konsekuensi bencana. Di sini, biaya perawatan harus diminimalkan sambil menjaga risiko dalam batas yang ketat dan memenuhi persyaratan undang-undang.

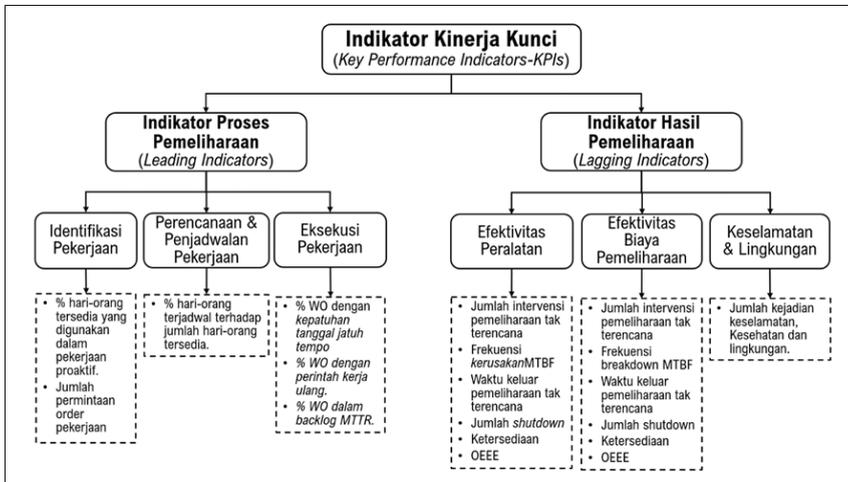
Pengukuran Kinerja Perawatan

Manajemen memerlukan informasi kinerja untuk dapat mengendalikan indikator utama proses perawatan dan indikator hasil dari efektivitas strategi perawatan. Informasi harus memuat status proses dan pengembangan perawatan dan lingkungan di mana fungsi perawatan beroperasi. Fokusnya harus pada efektivitas dan efisiensi proses perawatan, yang meliputi: kegiatan, organisasi, dan kerjasama dengan unit organisasi lain (Arts, 1998). Kumar et al. (2013) mengklasifikasikan beberapa indikator kinerja utama (KPI) untuk perawatan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Dua indikator yang diklasifikasikan adalah: (a) indikator utama untuk proses/usaha perawatan (*leading indicator*) dan (b) indikator untuk hasil perawatan (*lagging indicator*).

Pentingnya Pengukuran Indikator Kinerja Perawatan

Geraerds (1992) mendefinisikan perawatan sebagai total kegiatan untuk mempertahankan unit produksi atau mengembalikannya pada keadaan yang dianggap perlu untuk memenuhi fungsi produksinya. Perawatan adalah fungsi pendukung dari setiap organisasi, terutama untuk industri. Perawatan adalah bagian dari proses produksi yang mengubah bahan mentah menjadi produk akhir. Secara tradisional, perawatan terutama merupakan fungsi yang berorientasi pada tindakan, seperti petugas pemadam kebakaran yang memecahkan masalah produksi. Tujuannya adalah untuk

menjaga agar proses tetap berjalan, yaitu dengan memaksimalkan ketersediaan. Butuh sedikit waktu yang dihabiskan untuk merencanakan kegiatan perawatan. Situasi ini dikenal sebagai kerusakan atau perawatan berbasis kegagalan, yang tidak dapat dilakukan sampai kegagalan terjadi. Pendekatan seperti itu layak dilakukan dalam situasi di mana permintaan pelanggan melebihi pasokan, dan margin keuntungan besar. Namun, perawatan harus beradaptasi dengan persaingan global saat ini, margin keuntungan yang kecil, kesadaran keselamatan yang tinggi, dan peraturan lingkungan yang ketat.



Gambar 1. Indikator Kinerja Utama Perawatan dalam Literatur (Kumar et al., 2013)

Dalam konteks penelitian ini, kinerja perawatan mengacu pada keadaan atau kondisi tindakan atau proses dalam melakukan fungsi perawatan bila diukur dari waktu ke waktu. Tingkat efektivitas perawatan terhadap operasi manufaktur menggambarkan kinerja dan menetapkan metrik yang tepat untuk mengukur kinerja perawatan diperlukan (Chan et al.,

2005). Definisi kinerja adalah tingkat di mana tujuan dan sasaran tercapai, dan perawatan dapat dipantau dan ditingkatkan berdasarkan kinerjanya (Dwight, 1999). Kinerja perawatan mencerminkan kemampuan sistem perawatan untuk memastikan produksi berkelanjutan dari produk berkualitas dan mengurangi total biaya operasi pada saat yang bersamaan.

Pengukuran kinerja perawatan telah mendapatkan banyak perhatian dan diskusi dari para peneliti dan praktisi karena apa yang tidak dapat diukur tidak dapat dikelola secara efektif (Parida & Kumar, 2006). Sedangkan proses pengukuran menyatakan status kegiatan yang dilaksanakan, jenis tindakan yang akan dilakukan, dan sasaran tindakan tersebut (Kumar, 2006). Oleh karena itu, manajemen memerlukan informasi kinerja untuk meningkatkan kegiatan perawatan. Nilai absolut dari informasi kinerja tersebut kemudian dapat dibandingkan dengan situasi atau tren sebelumnya. Nilai tersebut dapat digunakan untuk mengumpulkan tingkat kinerja perawatan dan untuk memastikan rencana perbaikan berkelanjutan (Arts et al., 1998).

Parida dan Kumar (2006) mengungkapkan beberapa alasan yang memunculkan tuntutan untuk pengukuran kinerja perawatan, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1. Sistem perawatan berhubungan dengan sistem lain di perusahaan, seperti produksi, pemasaran, dan manajemen. Oleh karena itu, kebutuhan untuk mengukur efektivitas perawatan berasal dari tuntutan setiap departemen dalam suatu organisasi. Misalnya, perawatan membantu Departemen Perawatan untuk membenarkan investasi untuk kegiatan mereka dengan mengukur biaya dan nilai perawatan. Program semacam itu membantu tim manajemen untuk meningkatkan alokasi sumber daya menuju kinerja perawatan yang lebih baik di masa mendatang.

Samat et al. (2011) meninjau faktor lain untuk pengukuran kinerja perawatan. Mesin memiliki peran penting dalam kegiatan perawatan. Persentase ketersediaan dan penggunaan mesin yang tinggi memastikan hasil produksi yang maksimal dan meningkatkan keuntungan perusahaan. Tsang (1998) mengidentifikasi ukuran umum kinerja mesin berdasarkan RAMS dan OEE, kinerja biaya dengan menghitung biaya tenaga kerja dan material, dan pengukuran kinerja proses, seperti rasio pekerjaan yang direncanakan dan tidak direncanakan atau kepatuhan jadwal. Performa mesin biasanya diukur dengan menggunakan prinsip OEE dan keandalan.

RAMS

Indikator pengukuran kinerja perawatan yang pertama adalah dengan menghitung keandalan mesin. Keandalan ini mencakup karakteristik desain, kondisi pengoperasian, dan filosofi perawatan. Endrenyi et al. (1998) menyatakan bahwa tujuan dari perawatan adalah untuk memperpanjang masa pakai suatu mesin, atau setidaknya waktu rata-rata sampai kegagalan berikutnya. Oyebisi (2000) menekankan bahwa fungsi utama perawatan adalah pengendalian keandalan mesin dan fasilitas. Oleh karena itu, untuk mendapatkan tingkat keefektifan mesin yang diinginkan, perhatian yang memadai harus diberikan pada faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja perawatan di semua tahap siklus hidupnya.

Publikasi paling luas yang membahas kinerja perawatan dalam kaitannya dengan keandalan mesin dilakukan oleh Endrenyi et al. (2001, 2004). Interval dan durasi perawatan diukur untuk menunjukkan keandalan dan kemampuan mesin. Sementara itu, nilai mesin diplot selama masa pakainya untuk menunjukkan efektivitas perawatan. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan sedikit kegagalan yang dilaporkan, perawatan

apapun yang dilakukan telah sesuai dan efektif. Selain itu, Endrenyi & Anders (2006) mengimplementasikan metode keandalan mesin dengan menggunakan representasi probabilistik dari proses deteriorasi pada mesin melalui tahapan diskrit. Model konseptual yang disebut Perencana Manajemen Aset dan model matematika diusulkan untuk menghubungkan tugas perawatan dengan keandalan mesin. Model tersebut menggambarkan dampak pada keandalan mesin yang secara bertahap memburuk selama inspeksi berkala, yang dapat menyebabkan berbagai kemungkinan kebijakan perawatan.

RAMS adalah indikator *lagging* kinerja perawatan lengkap, dan menggunakan parameter yang banyak digunakan untuk spesifikasi desain sistem dan sebagai indikator kinerja operasional untuk aset utilitas.

Reliability (R) atau keandalan adalah probabilitas bahwa aset atau item dapat melakukan fungsi yang dimaksudkan untuk periode tertentu dalam kondisi yang ditetapkan. R biasanya dinyatakan sebagai probabilitas bahwa aset atau item dapat melakukan fungsi yang dimaksudkan untuk periode tertentu di bawah kondisi yang ditetapkan dan biasanya dinyatakan dalam persentase dan dihitung menggunakan *Mean Time Between Failures (MTBF)* atau tingkat kegagalan, yang merupakan kebalikan dari MTBF (Birolini, 2007). "Keandalan" adalah istilah luas yang berfokus pada kemampuan aset untuk melakukan fungsi yang dimaksudkan untuk mendukung manufaktur atau menyediakan layanan (Gulati, 2003). Keandalan lebih dari *Reliability-Centered Maintenance (RCM)*. Keandalan adalah atribut desain dan harus "dirancang" ketika aset dirancang, dibangun, dan dipasang. R, yang juga didefinisikan dalam standar militer (U.S. Army, 1981), adalah probabilitas bahwa suatu item dapat melakukan fungsi yang dimaksudkan untuk

interval tertentu dalam kondisi yang ditentukan. R adalah spesifikasi desain yang menentukan periode di mana aset dapat melakukan fungsi yang dimaksudkan tanpa kegagalan dan biasanya diukur dengan perhitungan MTBF (Wireman, 2015). Keandalan sistem yang dapat diperbaiki ini ditandai dengan MTBF dan untuk sistem yang tidak dapat diperbaiki ditandai dengan *Mean Time to Failure* (MTTF).

$$MTBF = \frac{\text{Waktu Operasi}}{\# \text{Kegagalan}} \quad (1)$$

$$\text{Keandalan } R_{(t)} = e^{-\lambda t} \quad (2)$$

di mana λ = Laju kegagalan = $1/MTBF$, dan t = waktu misi dalam siklus, jam, mil, dll.

Maintainability (M) atau keterpeliharaan adalah ukuran kemampuan suatu item untuk dipulihkan atau dipertahankan dalam kondisi tertentu. M berkaitan dengan durasi pemadaman perawatan. *Maintainability* adalah kemudahan dan kecepatan aktivitas perawatan yang dapat dilakukan pada aset. *Maintainability* adalah fungsi dari desain peralatan dan biasanya diukur dengan *Mean Time to Repair* (MTTR) atau tingkat perbaikan yang merupakan kebalikan dari MTTR (Gulati, 2013), (Birolini, 2007).

$$MTTR = \frac{\text{Total Waktu Perbaikan}}{\# \text{Kegagalan}} \quad (3)$$

Keterpeliharaan tidak sama dengan perawatan, di mana keterpeliharaan adalah parameter desain, sedangkan perawatan terdiri dari tindakan untuk memperbaiki atau mencegah kegagalan. *Maintainability* adalah fungsi dari fitur desain, seperti akses, pertukaran, standarisasi, dan modularitas.

Perawatan mencakup perancangan dengan mempertimbangkan elemen manusia dari sistem. Unsur manusia meliputi operator dan personel perawatan.

Availability (A) atau ketersediaan adalah fungsi dari keandalan dan perawatan aset. A diukur dengan sejauh mana item atau aset berada dalam kondisi yang dapat dioperasikan dan berkomitmen pada awal misi ketika misi dipanggil pada waktu yang tidak ditentukan (acak). Secara sederhana, A dapat dinyatakan sebagai probabilitas suatu aset dapat berada dalam kondisi operasi pada saat dibutuhkan (Gulati, 2013), (Biolini, 2007). Secara matematis, A didefinisikan sebagai:

$$Ketersediaan (A) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{Waktu Aktif}{Waktu Aktif + Waktu Henti} \quad (4)$$

Safety (S), sehubungan dengan risiko dan kerugian melalui kecelakaan atau insiden yang dihasilkan dari integrasi sistem yang kompleks, diprediksi, dinilai, dan dievaluasi untuk memastikan bahwa desain dapat memiliki risiko minimum yang dapat dipraktikkan secara wajar. Risiko berkaitan dengan kombinasi kemungkinan terjadinya bahaya dan tingkat keparahan hasil atau konsekuensinya. Kecelakaan atau insiden dapat dilihat sebagai peristiwa yang tidak diinginkan yang mengakibatkan kerugian kritis/non-kritis dan dapat mencakup peristiwa, seperti kematian/cedera pribadi, dan kerugian lingkungan atau keuangan, menurut skala relatif dari kekritisannya keselamatan (Stapelberg, 2009).

Menurut ICAO (2013), keselamatan adalah keadaan di mana risiko yang terkait dengan aktivitas sistem, terkait dengan, atau secara langsung mendukung operasi sistem, dikurangi dan dikendalikan ke tingkat yang dapat diterima. Kinerja keselamatan, sebagai pencapaian keselamatan penyedia layanan, ditentukan oleh target dan indikator kinerja

keselamatannya. Definisi ini memberikan indikasi yang baik tentang kompleksitas yang terkait dengan pengukuran kinerja keselamatan. Leite (2017) mendefinisikan *Safety Performance Index* (SPI) sebagai parameter berbasis data yang mengukur karakteristik tertentu dari kejadian, peristiwa, insiden, dan kecelakaan dari aset utilitas.

Untuk tujuan pengambilan keputusan perawatan berbasis kinerja, kinerja operasi mesin-mesin industri umum digunakan. Tujuan dari penggunaan analisis kinerja RAMS disajikan pada Tabel 2. Dari Tabel 2, dalam hal analisis keandalan, kita dapat fokus pada pengurangan kegagalan aset dan sistem untuk meningkatkan ketersediaan. Setelah itu, dalam hal analisis hasil perawatan, dapat ditingkatkan produktivitas dengan meminimalkan durasi waktu henti aset atau sistem selama pelaksanaan perawatan atau perbaikan. Untungnya, itu juga akan berdampak dapat mengurangi biaya perawatan. Dan tujuan dari analisis keselamatan adalah untuk menghilangkan risiko terkait keselamatan aset dan sistem.

Tabel 2. Tujuan Penggunaan Analisis Kinerja RAMS

Analisis RAMS	Aspek Analisis
Analisis Keandalan (<i>Reliability Analysis</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ● Memperkecil kegagalan aset dan sistem dalam jangka panjang. ● Keandalan sistem tergantung pada kekokohan desain, kualitas dan keandalan komponen-komponennya.
Analisis Ketersediaan (<i>Availability Analysis</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ● Memperbesar waktu pelayanan operasi aset dan sistem ● Meminimalkan <i>derating</i> untuk meningkatkan kapasitas output aset dan sistem. ● Memperkecil durasi perawatan terencana dan durasi henti aset selama perbaikan karena gangguan.

Analisis Keterpeliharaan <i>(Maintainability Analysis)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Meminimalkan waktu henti, mengurangi waktu perbaikan, • Mengurangi biaya perawatan.
Analisis Keamanan dan Bahaya Sistem <i>(System Safety and Hazard Analysis)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi, menghilangkan, atau mengurangi risiko terkait keselamatan sepanjang siklus hidupnya.

Istilah Kinerja RAMS dalam Praktik

Dalam konteks mesin industri, khususnya pada sistem pembangkit daya, istilah indikator kinerja RAMS memiliki definisi sendiri dan sudah digunakan secara luas untuk menunjukkan efektivitas hasil kinerja perawatannya. Acuan indikator kinerja RAMS dalam praktik dapat dilihat dari data *Generating Availability Data System (GADS)* yang dikeluarkan oleh *North American Electric Reliability Corporation (NERC)*. GADS yang diprakarsai oleh industri utilitas kelistrikan pada tahun 1982 memperluas kegiatan pengumpulan data yang dimulai sejak tahun 1963. Saat ini, GADS NERC telah mengumpulkan riwayat operasi pada lebih dari 5.000 unit pembangkit di Amerika Utara (www.nerc.com).

Equivalent Forced Outage Rate (EFOR), adalah indikator kinerja keandalan yang digunakan untuk mengukur tingkat pemadaman paksa yang setara, yang menunjukkan jumlah durasi pemadaman paksa dan juga penurunan daya (*derating*). EFOR mengukur tingkat ketidaksiapan unit pembangkit akibat pemadaman paksa yang disebabkan oleh pemadaman dan penurunan daya. Berikut ini adalah rumus untuk EFOR.

$$EFOR = \left[\frac{FOH}{FOH+SH} \right] \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

EFOR : Tingkat Pemadaman Paksa yang Setara (%)

- FOH : Jam Pemadaman Paksa (jam paksa/jam)
 SH : Jam Pelayanan (jam operasional/jam)

Equivalent Availability Factor (EAF) digunakan sebagai indikator kinerja ketersediaan praktis yang umum digunakan. EAF adalah ukuran untuk tingkat kesiapan unit yang umum dipakai pada industri utilitas pembangkitan tenaga listrik. Nilai EAF berupa perbandingan yang diperoleh dari kesiapan pembangkit untuk beroperasi (baik dalam kondisi *stand by* maupun operasi) dibagi waktu. Berikut ini adalah rumus untuk EAF.

$$EAF = \left[\frac{PH-PO-PD}{PH} \right] \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

- PH : *Plant Hour* (jam)
 PO : Pemadaman Pabrik (jam)
 PD : Durasi Selama Penurunan Daya Keluaran Mesin Industri (jam)

Indikator Kinerja RAMS dan EEP

Dua jenis metode pemantauan kinerja *lagging* perawatan yang telah berkembang pesat dengan kontribusi internet dan teknologi komunikasi akan dibahas di bagian ini. Yang pertama adalah kinerja berbasis keandalan (RAMS), dan yang kedua adalah kinerja berbasis efisiensi energi (EEP). Beberapa indikator kinerja dari kerangka *Reliability-Based Maintenance* (RBM), antara lain: indikator RAMS (Kumar et al., 2016). Sementara itu, Hoang et al. (2014a, 2014b, 2015, 2016, dan 2017) memperkenalkan *Energy Efficiency Index* (EEI) sebagai ukuran kinerja dari kerangka *Energy Efficiency-Based Maintenance* (EEBM).

Kriteria dan Tujuan dalam Perawatan Konvensional

Untuk menentukan perencanaan strategis dalam perawatan konvensional pada mesin industri, yang paling penting dilakukan adalah mendefinisikan semua kriteria dan tujuan perawatan yang relevan dan penting dalam proses analisis keputusan. Pada Tabel 3, kita dapat melihat daftar tujuan dan kriteria perawatan konvensional dalam level strategis dan taktis organisasi, sebagai berikut:

Dalam kriteria dan tujuan perawatan konvensional di atas, EEP belum disebutkan sebagai bagian dari indikator kinerja untuk perawatan. Dalam industri sistem pembangkit daya, EE memiliki korelasi langsung dengan biaya konsumsi bahan bakar sebagai komponen terbesar dari total biaya produksi. Selanjutnya dalam artikel ini akan berfokus pada penyertaan indikator EEP sebagai dasar Analisis Pengambilan Keputusan (APK) dalam perawatan mesin industri.

Tabel 3. Tujuan dan Kriteria Perawatan serta Pengukuran Indikator Kinerjanya

Kriteria	Pengukuran Indikator Kinerja
Biaya Perawatan	Biaya dan Nilai Perawatan
Aspek Fungsional dan Teknikal	<i>Availability, Reliability, dan Maintainability</i>
OEE	Produktivitas, Kualitas Output, dan Kualitas Perawatan
Umur Rancangan Pabrik	Keputusan Penggantian Modal dan Optimisasi Siklus Hidup
Dukungan	Inventori Suku Cadang dan Logistik
Personil dan Lingkungan	Dampak Lingkungan, Keamanan/Risiko/Kesehatan dan Manajemen Personil

EEP

Darabnia (2013) menggunakan model analisis efisiensi yang dikembangkan untuk mengukur dampak prosedur perawatan dan pengoperasian dalam hal penghematan energi atau efektivitas biaya. Model dapat dihitung sebagai *Continued Cost of Energy* (CCE) dan memperkirakan potensi pengurangan emisi gas rumah kaca (CO₂) adalah mungkin. CCE termasuk perawatan dan optimalisasi sistem operasi, yang diilustrasikan oleh Worrell et al. (2003) dan McKane & Hasanbeigi (2011) dan dapat dihitung menggunakan Persamaan (7) dan (8).

$$CCE = \frac{(Biaya\ modal\ tahunan + Perubahan\ tahunan\ dalam\ O\&M)}{Penghematan\ energi\ tahunan}. \quad (7)$$

Dengan formula untuk biaya modal tahunan:

$$Biaya\ modal\ tahunan = Biaya\ Modal * \left[\frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}} \right], \quad (8)$$

di mana biaya O&M adalah biaya perawatan dan operasi tahunan dalam €/y, penghematan energi tahunan dalam kWh/y, biaya modal tahunan dalam €/y, d adalah tingkat diskonto, dan n adalah masa pakai pengukuran EE dalam y. Dalam studi ini, tingkat diskonto riil d diasumsikan sama dengan 0,75% per tahun untuk mencerminkan hambatan investasi EE di industri untuk pembayaran pendek periode belakang sekitar tiga tahun. Analisis biaya bergantung pada keberadaan *database* yang menghubungkan biaya dengan kejadian kegagalan yang tidak diinginkan yang terkait dengan peralatan pabrik proses. Untuk analisis kali ini, biaya dibagi menjadi tiga kelas, yaitu (i) biaya operasional tetap; (ii) biaya operasional variabel; dan (iii) biaya ketidakersediaan, yang juga dibahas oleh Muchiri et al. (2011). Total biaya perawatan dan operasional dapat dihitung dengan jumlah biaya tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (9).

$$\text{Total O\&M Cost} = (\text{Biaya tetap} + \text{Biaya variabel} + \text{Biaya tidak tersedia}). \quad (9)$$

Indikator Praktis untuk EEP

Dalam sistem pembangkit daya, indikator EEP dalam praktik menggunakan efisiensi termal (η_{th}) dan laju panas atau *heat rate* (HR). Sebagai contoh, efisiensi keseluruhan untuk mesin pembangkit listrik termal dapat diketahui dengan mengukur laju panasnya. Laju panas adalah jumlah energi (jumlah energi primer) yang digunakan oleh pembangkit listrik untuk menghasilkan 1 kWh energi listrik.

Istilah laju panas mengacu pada efisiensi konversi energi, atau berapa banyak energi yang harus dikeluarkan untuk mendapatkan satu unit kerja yang berguna (IEA, 2017). Dalam proses pembangkitan energi listrik, bahan bakar adalah sumber energi primer, sedangkan kerja yang berguna adalah daya listrik yang dipasok ke jaringan, uap panas yang dipasok ke pelanggan industri, atau digunakan untuk pemanasan, atau keduanya. Karena kerja yang berguna biasanya didefinisikan sebagai listrik dan uap panas yang dikirim ke pelanggan akhir, para insinyur cenderung bekerja dengan *Net Plant Heat Rate* (NPHR). Di negara Amerika Serikat, laju panas biasanya dinyatakan dengan menggunakan satuan campuran *British* dan SI, yaitu: Btu/kWh. Meskipun pada awalnya membingungkan, ungkapan ini hanya menunjukkan berapa banyak Btu/jam energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kW kerja yang berguna. Negara lain biasanya menggunakan kJ/kWh, kCal/kWh, atau ukuran lainnya. Rumus untuk perhitungan laju panas adalah sebagai berikut:

$$\text{Laju Panas} = \frac{\text{Energi Panas Masuk}}{\text{Energi Listrik Keluar}}. \quad (10)$$

Konversi Laju Panas ke Efisiensi Termal

Mengingat bahwa sekitar 3.412 Btu/jam sama dengan 1 kW, efisiensi termodinamika pembangkit listrik dapat ditentukan dengan membagi 3.412 dengan laju panas. Sebagai contoh, pembangkit listrik tenaga batubara dengan laju panas 10.000 Btu/kWh memiliki efisiensi termal $3.412/10.000$ atau 0,3412 (34,12%). Rumus dasar untuk menghitung efisiensi termodinamika pembangkit listrik adalah:

$$\text{Efisiensi Termodinamika} = \frac{3.412}{\text{Laju Panas}} \quad (11)$$

Diskusi

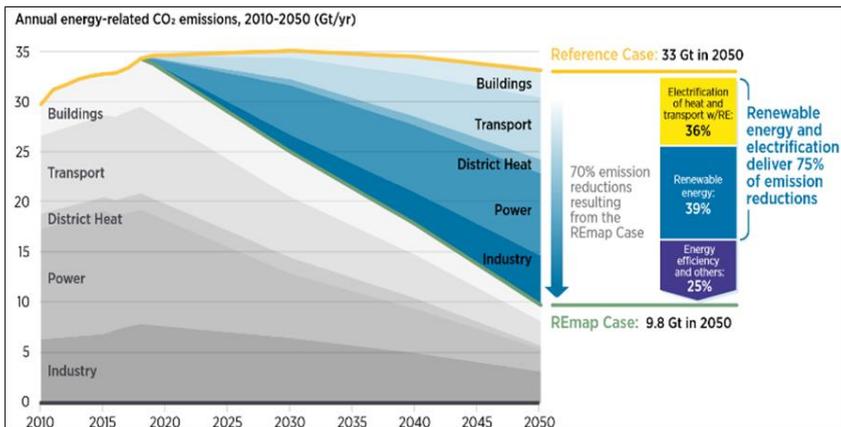
Pada narasi yang telah dijelaskan sebelumnya, berbagai indikator kinerja digunakan untuk mengukur kinerja hasil perawatan mesin industri. Beberapa studi dan pendekatan praktis umum dalam aplikasi industri menunjukkan bahwa kinerja utama didasarkan pada kerangka keandalan, dengan istilah kinerja RAMS. Dalam hal ini, EEP masih terabaikan sebagai acuan utama, terutama dalam proses pengambilan keputusan perawatan. Di akhir semua proses industri dan produksi, biaya keuangan menjadi faktor kunci untuk meningkatkan profitabilitas. Pembahasan selanjutnya berfokus pada indikator kinerja dan komponen *Levelized Cost of Electricity* (LCoE).

Sektor Industri yang Berkorelasi dengan Kelestarian Lingkungan

Emisi CO₂ sangat terkait dengan produksi energi tahunan di mana, di bawah kebijakan saat ini dan yang direncanakan, diharapkan tetap stabil pada 33 Gt CO₂/tahun sampai tahun 2050, yang harus dikurangi 70% untuk membawa kenaikan

suhu ke iklim di bawah 2°C, seperti yang termuat dalam REmap. Langkah-langkah elektrifikasi, energi terbarukan, dan EE diproyeksikan akan memberikan lebih dari 90% pengurangan yang dibutuhkan pada tahun 2050. Energi terbarukan dan elektrifikasi untuk sumber pemanasan dan transportasi saja dapat mengurangi emisi hingga 75% (IRENA, 2019).

Mengapa harus fokus pada energi listrik dan sektor ketenagalistrikan? Dimulai pada tahun 2018, masa depan dunia adalah menuju era elektrifikasi, di mana penggunaan energi listrik meningkat secara signifikan. Sesuai REmap 2010–2050, Gambar 2 menunjukkan bahwa sektor ketenagalistrikan dapat memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap pengurangan emisi dibandingkan sektor lainnya. Hingga tahun 2050, sumber energi baru dan terbarukan (EBT) dan elektrifikasi dapat memberikan 75% pengurangan emisi, termasuk pembangkit listrik yang ada tetap dapat berkontribusi melalui peningkatan EE.



Gambar 2. Emisi CO₂ Terkait dengan Produksi Energi Tahunan untuk Pengurangan dalam REmap, dengan Kontribusi Menurut Sektor, 2010–2050 (Gt/thn)

Sektor Industri yang Berkorelasi dengan Kelestarian Lingkungan

Untuk mengilustrasikan ukuran setiap komponen LCoE, referensi LCoE pada pengembangan pembangkit listrik di masa mendatang ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4. Angka-angka ini telah dianalisis oleh *Department for Business, Energy & Industrial Strategy* (BEIS), Inggris. Dalam bisnis pembangkitan listrik, LCoE biasa digunakan sebagai acuan dasar untuk penawaran energi dan *Power Purchasing Agreement* (PPA). Standar praktis komponen LCoE digunakan dalam komponen berikut: biaya penyusutan aset (A), biaya operasi dan perawatan tetap (B), biaya bahan bakar (C), biaya operasi dan perawatan variabel (D), dan opsional biaya transmisi (E). Selanjutnya, komponen yang memiliki kontribusi terbesar terhadap biaya produksi listrik dievaluasi seperti pada Gambar 4.

Dari bagan tornado pada Gambar 3, komponen LCoE dalam hal CCGT dan dari Gambar 4 dalam hal pengembangan CCGT fosil termal, perkiraan biaya bahan bakar (komponen-C) dapat menempati komponen terbesar dalam LCoE. Nilai rata-rata komponen biaya bahan bakar memiliki kontribusi sebesar 54% dari total LCoE. Komponen biaya bahan bakar tergantung pada volume dan nilai kalor konsumsi energi primer (bahan bakar). Konsumsi bahan bakar sangat dipengaruhi secara langsung oleh tingkat EE energi dari setiap operasi peralatan di pembangkit listrik. Dari argumen ini, EEP harus digunakan dengan percaya diri sebagai indikator kinerja penting dalam sistem pembangkit listrik.

Perbandingan Kinerja RAMS dan EEP untuk Analisis Pengambilan Keputusan

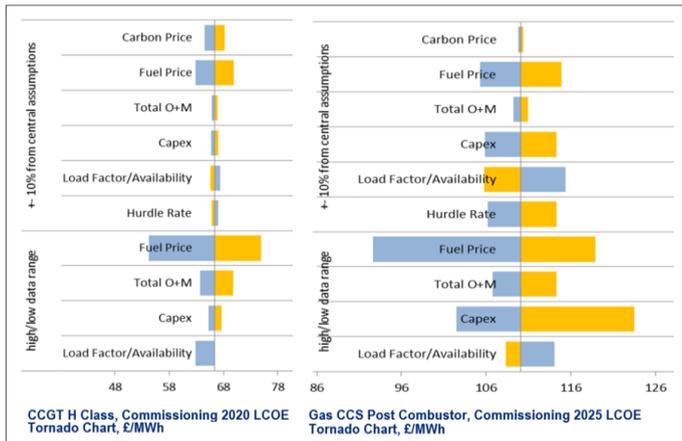
Perbedaan antara pengukuran kinerja RAMS dan EEP diklasifikasikan dalam kerangka perawatan, fokus, tujuan

pengukuran kinerja, dan KPI praktis. Penjelasan rinci dari kedua jenis perawatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

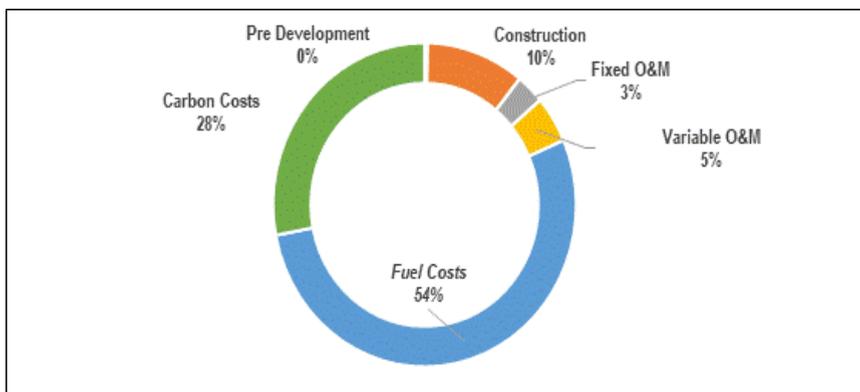
Setelah Hoang et al. (2014a, 2014b, 2015, 2016, 2017) memperkenalkan EEI dan *Remaining Energy Efficiency Lifetime* (REEL) dalam konteks prognosis berbasis EEP, ide baru untuk konsep APK akan dikembangkan dengan menggabungkan analisis dari indikator kinerja keandalan dan efisiensi energi. Kombinasi indikator kinerja berbasis keandalan dan efisiensi energi diharapkan dapat menghasilkan APK berbasis kinerja yang komprehensif. Ide kombinasi ini juga dapat mengoptimalkan jumlah lingkup kegiatan pelaksanaan perawatan.

Model Konsep Analisis Pengambilan Keputusan Perawatan yang Diusulkan

Elemen dasar dalam proses APK dalam perawatan meliputi: data, pra pemrosesan data, analisis pareto, algoritma prognosis, dan algoritma optimisasi. Perpaduan APK berbasis indikator kinerja RAMS dan APK berbasis EEP diharapkan dapat menghasilkan



Gambar 3. LCOE untuk Beberapa Pembangkit Listrik Berbahan Bakar Fosil Termal (Department for BEIS, UK, 2016)



Gambar 4. Contoh Komponen LCoE untuk Combined-Cycle Gas Turbine (CCGT) Berbahan Bakar Fosil Termal (Department for BEIS, UK, 2016)

Tabel 4. Perbandingan Penggunaan RAMS dan EEP untuk APK Berbasis Kinerja

Deskripsi	Kinerja RAMS	Kinerja Efisiensi Energi (EEP)
Kerangka Perawatan	Perawatan Berbasis Keandalan) (<i>Reliability-based Maintenance</i>)	Perawatan Berbasis Efisiensi Energi (<i>Energy Efficiency-based Maintenance</i>)
Fokus pada	<i>Reliability, Availability, Maintainability and Safety</i> (RAMS).	<i>Efficiency</i> (E) dalam konteks <i>Energy Efficiency Performance</i> (EEP) (Hoang, 2014).
Tujuan Pengukuran Kinerja	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk meningkatkan produktivitas pabrik dengan meningkatkan keandalan, ketersediaan, pemeliharaan, dan kinerja keselamatan. • Mengoptimalkan biaya perawatan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk meningkatkan produktivitas pabrik dengan meningkatkan efisiensi termal mesin industri atau mengurangi <i>net plant heat rate</i> (NPHR).

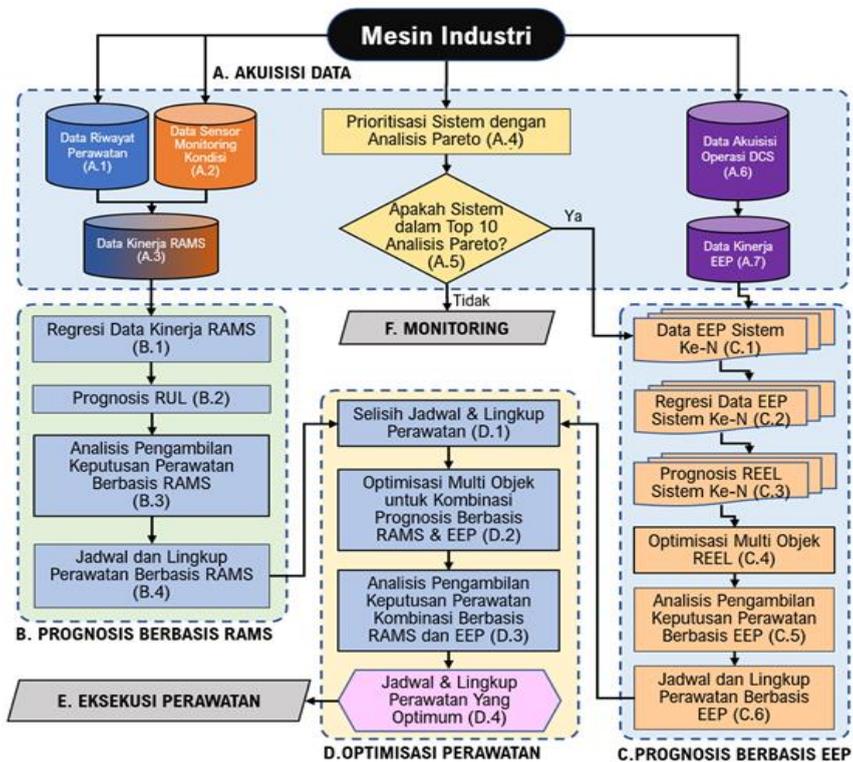
		<ul style="list-style-type: none"> • Untuk mengurangi biaya bahan bakar.
Referensi Practical Key Performance Indicators (KPIs)	Indikator keandalan dan ketersediaan: <ul style="list-style-type: none"> • Faktor ketersediaan yang setara (EAF) • Faktor pemadaman paksa yang setara (EFOR) • Frekuensi pemadaman mendadak (SdOF) • Overall Equipment Effectiveness (OEE) 	<i>Energy Efficiency Indicator (EEI):</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Plant thermal efficiency</i> • <i>Net plant heat rate (NPHR)</i> • <i>Fuel cost</i>

lingkup dan jadwal perawatan yang optimal. Pada langkah selanjutnya dalam proses pelaksanaan perawatan, ruang lingkup dan jadwal yang optimal diharapkan dapat mengurangi biaya perawatan dan meningkatkan kinerja sistem. Metode prognosis berbasis data yang diterapkan untuk memprediksi kondisi kesehatan sistem di masa depan adalah ide utama untuk konsep APK dalam model yang diusulkan. Dan untuk algoritma prognosis, kita dapat menggunakan algoritma *supervised machine learning* untuk regresi.

Penjelasan rinci tentang model APK yang diusulkan ditunjukkan pada Gambar 5, di mana model yang diusulkan memiliki enam langkah utama seperti pada Tabel 5.

Lingkup dan Jadwal Perawatan yang Optimal

Cakupan umum jenis perawatan pada sistem mesin industri menurut Malik (1979) dan kemudian dimodifikasi oleh Yan (2015) adalah: (a) *Minor Maintenance*, (b) *Medium Maintenance*, (c) *Overhaul*, dan (d) *Replacement* dengan penjelasan seperti pada Tabel 6.



Gambar 5. Diagram Alir dari Model Gabungan RAMS dan EEP yang Diusulkan untuk APK Berbasis Kinerja

Untuk memberikan gambaran awal tentang pengembangan konsep APK, sebuah contoh disajikan di bagian berikutnya. Jadwal perawatan berbasis kinerja RAMS yang umum digunakan, diidentifikasi terlebih dahulu. Kemudian, model pengembangan alternatif diusulkan berdasarkan kombinasi jadwal berbasis RAMS dengan EEP (Warsokusumo et al., 2021).

Berdasarkan Gambar 6, waktu pelaksanaan perawatan yang ditentukan oleh prognosisis berbasis kinerja RAMS dapat diidentifikasi sebagai berikut: Skenario *Minor Maintenance* (A_R), *Medium Maintenance* (B_R), *Overhaul* (C_R), dan *Replacement* (D_R) diekse-

Tabel 5. Enam Langkah Utama Model APK Berbasis RAMS dan EEP

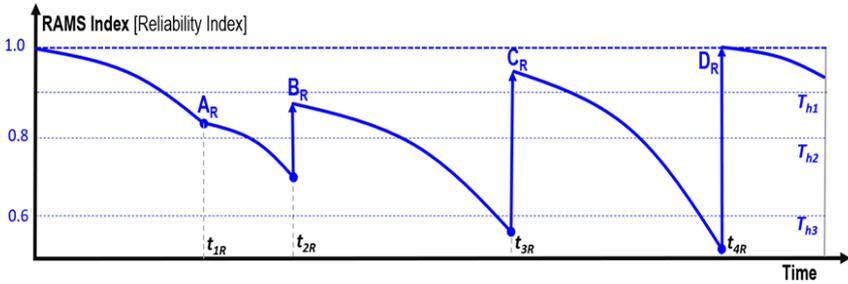
<p>A. Akuisisi Data</p>	<p>Tiga jalur utama dalam langkah akuisisi data: akuisisi data kinerja RAMS, prioritas sistem, dan akuisisi data kinerja EEP:</p> <p>Jalur-1: Data kinerja RAMS (A.3) akan dikumpulkan dari <i>database</i> riwayat perawatan (A.1) dan database pengukuran pemantauan kondisi yang diperoleh dari sensor peralatan sistem (A.2). Output dari Jalur-1 dari langkah akuisisi data dimasukkan ke dalam langkah prognosis berbasis RAMS (B).</p>
	<p>Jalur-2: Prioritas sistem (A.4), ada banyak sistem peralatan pada mesin industri, setiap sistem peralatan memiliki parameter operasi yang memiliki korelasi signifikan dengan pencapaian kinerja EEP dari mesin industri. Jadi, langkah utama untuk memprioritaskan adalah melakukan Analisis Pareto untuk memilih 10 Pareto teratas sistem peralatan yang memiliki dampak terbesar terhadap Kinerja EEP (A.5). Output dari Jalur-2 akan menjadi umpan tahap selanjutnya sesuai dengan hasil Analisis Pareto, sebagai berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jika hasilnya YA, output akan memberi umpan ke tahap proses prognosis berbasis EEP (C). • Jika hasilnya TIDAK, maka keluaran dari proses ini hanya untuk keperluan monitoring (F).
	<p>Jalur-3: Akuisisi data kinerja EEP (A.7), setelah analisis Pareto mem-prioritaskan sistem peralatan, data parameter operasi dapat direkam dari <i>Distributed Control System</i></p>

	(DCS) mesin (A.6). Keluaran Jalur-3 akan dimasukkan ke dalam langkah prognosis berbasis kinerja EEP (C).
B. Prognosis Berbasis Kinerja RAMS	Sertakan sub-langkah berikut: Pertama, memilih algoritma regresi untuk data kinerja RAMS (B.1). Algoritma ini akan digunakan untuk memodelkan tren deteriorasi. Setelah itu akan dilakukan proses prognosis untuk perhitungan RUL untuk memprediksi sisa waktu peralatan sistem sebelum terjadi kegagalan (B.2). Kemudian, melanjutkan proses APK berbasis kinerja RAMS (B.3). Dan akhirnya, lingkup & jadwal perawatan berbasis RAMS dapat diputuskan (B.4).
C. Prognosis Berbasis Kinerja EEP	Sertakan sub-langkah berikut: Setelah analisis Pareto dan akuisisi data EEP dilanjutkan dengan memilih data EEP Sistem #N (C.1). Analogi dengan langkah prognosis berbasis RAMS, kami juga memilih algoritma untuk pemodelan regresi data EEP Sistem #N (C.2). Setelah itu dilanjutkan dengan proses prognosis untuk perhitungan REEL Sistem #N (C.3). Optimalisasi multi objektif untuk berbasis data EEP (C.4) dilakukan untuk mengoptimalkan APK berbasis EEP (C.5). Lingkup & jadwal perawatan berbasis EEP dapat diputuskan (C.6).
D. Optimalisasi Perawatan untuk APK	Sertakan sub-langkah berikut: Pertama, Analisis kesenjangan lingkup perawatan dan penjadwalan perawatan antara hasil prognosis berbasis RAMS dan prognosis berbasis EEP (D.1). Kemudian, dilakukan optimasi multi objektif dari kombinasi RAMS & prognosis berbasis EEP (D.2) yang digunakan untuk menggabungkan APK

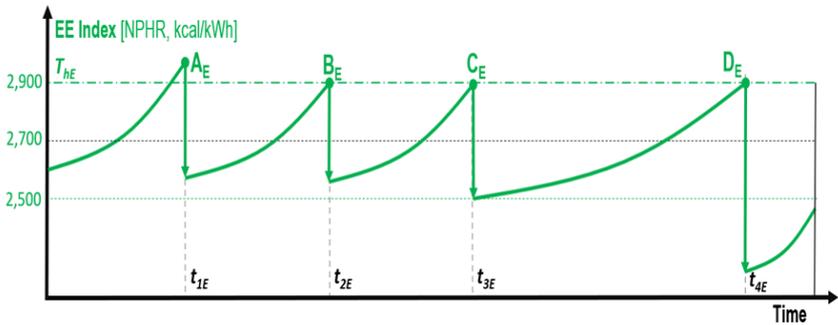
	berbasis RAMS & EEP (D.3). Dan terakhir, APK gabungan ini akan digunakan untuk menganalisis lingkup dan jadwal perawatan terbaik (D.4) untuk pelaksanaan perawatan mesin (E).
E. Eksekusi Perawatan	
F. Monitoring	

Tabel 6. Definisi Jenis Perawatan Mesin Industri [Malik (1979) dan Yan (2015)]

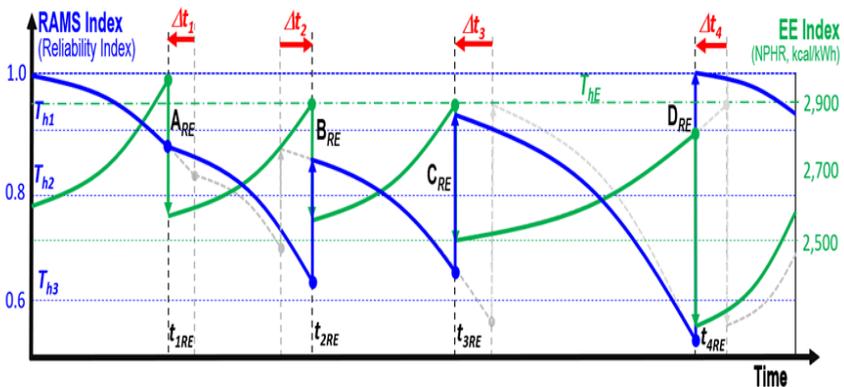
A	<i>Minor Maintenance</i>	Pembersihan, penyetelan, dan pelumasan fasilitas sistem peralatan. Lingkup ini memiliki efek peningkatan kecil pada keandalan fasilitas.
B	<i>Medium Maintenance</i>	Perbaikan atau penggantian beberapa komponen yang mengalami kerusakan paling parah. Keandalan fasilitas dapat ditingkatkan secara efektif setelah <i>medium maintenance</i> dilaksanakan.
C	<i>Overhaul</i>	Pemeriksaan terhadap semua komponen suatu fasilitas dan penggantian komponen yang kemungkinan besar akan mengalami kegagalan pada periode operasi berikutnya. Lingkup perawatan ini dapat meningkatkan keandalan tetapi tidak “sebagus yang baru.”
D	<i>Replacement</i>	Penggantian fasilitas dengan yang baru, agar fungsi operasi peralatan mesin dapat kembali seperti baru.



Gambar 6. Model APK Perawatan Konvensional Berdasarkan RAMS-Prognosis



Gambar 7. Model APK Perawatan yang Diusulkan Berdasarkan EEP-Prognosis



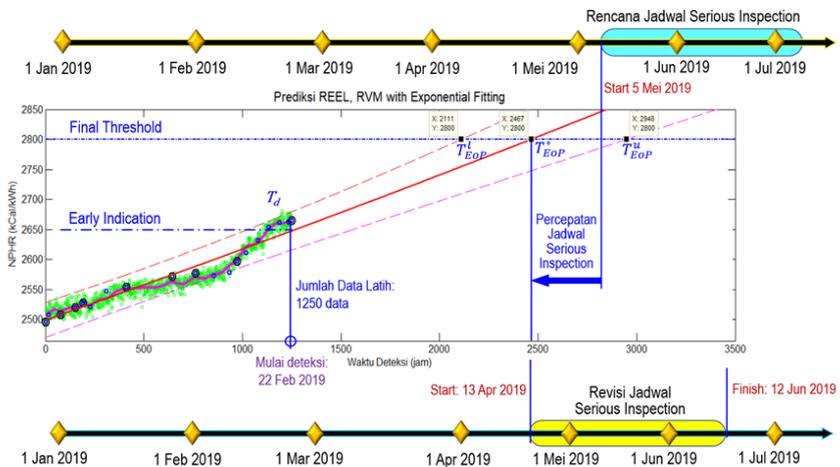
Gambar 8. Konsep Optimasi Penjadwalan Perawatan Berdasarkan Kombinasi RAMS & EEP-Prognosis

kusi pada waktunya masing-masing adalah t_{1R} , t_{2R} , t_{3R} , dan t_{4R} . Analisis keputusan perawatan didasarkan pada ambang batas (*threshold*) kinerja RAMS dari T_{h1} , T_{h2} , dan T_{h3} . Gambar 7 menunjukkan bahwa dari konsep perawatan berbasis EEP, skenario *Minor Maintenance* (A_E), *Medium Maintenance* (B_E), *Overhaul* (C_E), dan *Replacement* (D_E) dijalankan tepat pada waktunya masing-masing t_{1E} , t_{2E} , t_{3E} , dan t_{4E} . Batas keputusan untuk eksekusi perawatan di sini didasarkan pada ambang batas E_{E1} , T_{hE4} .

Dari Gambar 8, jadwal perawatan dapat dioptimalkan dengan menggabungkan APK perawatan berbasis kinerja RAMS dan EEP. Konsep optimal untuk pelaksanaan perawatan (jenis, ruang lingkup dan jadwal) dapat ditentukan dari hasil optimasi multi-objektif dari gabungan prognosis berbasis RAMS dan EEP. Misalnya, waktu optimum untuk *Minor Maintenance* (A_{RE}), *Medium Maintenance* (B_{RE}), *Overhaul* (C_{RE}), dan *Replacement* (D_{RE}) ditentukan berdasarkan proses optimasi. Dan dalam hal ini, setiap waktu optimum akan ditentukan dari masing-masing waktu: $\Delta t_{1RE} = t_{1R} - t_1$; $\Delta t_{2RE} = t_{2R} + t_2$; $\Delta t_{3RE} = t_{3R} - t_3$; dan $\Delta t_{4RE} = t_{4RE} - t_4$. Jika pelaksanaan perawatan mengikuti jenis, ruang lingkup dan jadwal yang telah ditentukan oleh APK ini, maka risiko kegagalan sesuai dengan penurunan kinerja RAMS masih dapat diminimalkan dan masih dapat berkompromi dengan pencapaian EEP yang optimal. Kombinasi pelaksanaan perawatan juga mampu menekan biaya perawatan dan meningkatkan produktivitas.

Studi Kasus: Aplikasi APK Berbasis RAMS & EEP- Prognosis

Untuk dapat memberikan gambaran yang aktual bagaimana prognosis berbasis RAMS & EEP dapat digunakan dalam analisis pengambilan keputusan untuk penajaman jadwal pemeliharaan mesin industri, berikut akan diberikan contoh aplikasinya pada sa-

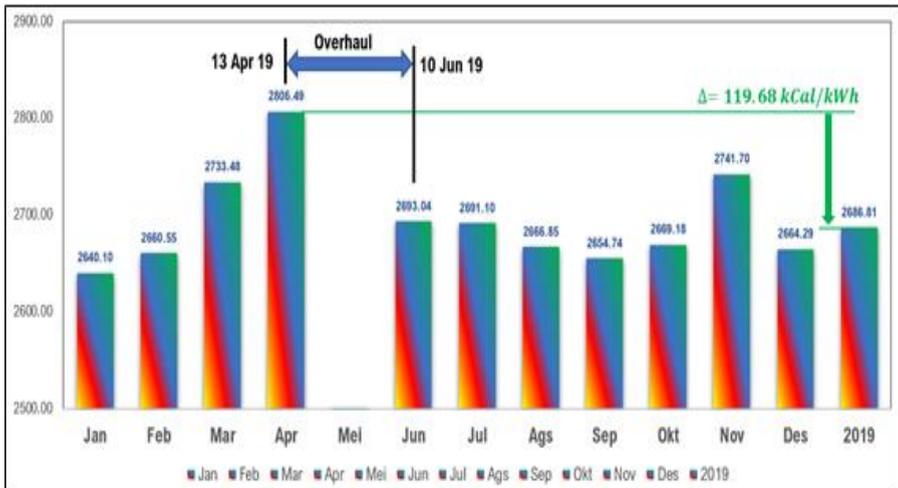


Gambar 9. Aplikasi Prognosis Berbasis EEP dalam Penajaman Jadwal Perawatan pada Mesin Pembangkit Daya Kapasitas 400MW

lah satu mesin pembangkit daya, PLTU batubara kapasitas 400MW. Data operasi diperoleh dari *Database DCS* yang dikumpulkan selama satu tahun operasi pada 2019.

Sebagai indikator utama kinerja utama EEP yang dipergunakan adalah data NPHR terhadap waktu. Model prognosis menggunakan algoritma regresi *data-driven Relevance Vector Machine (RVM)* dengan *supervisi exponential fitting* untuk memprediksi *Remaining Energy Efficiency Lifetime (REEL)* yang menjadi acuan dalam evaluasi jadwal perawatan mesin.

Seperti yang terlihat pada Gambar 9, dari skenario awal dengan basis indikator *reliability*, jadwal perawatan semula ditetapkan pada tanggal 5 Mei 2019. Setelah dilakukan analisis pengambilan keputusan dengan kombinasi prognosis berbasis EEP, maka hasil evaluasi jadwal perawatan mesin pembangkit dipercepat 21 hari atau menjadi pada tanggal 13 April 2019. Hasil perubahan jadwal eksekusi perawatan telah menghasilkan penghematan NPHR dari semula 2.806,49 kCal/kWh menjadi rata-rata 2.686,81 kCal/kWh (penurunan NPHR sebesar = 119,68 kCal/kWh selama 2019), seperti yang terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Realisasi Pencapaian NPHR Mesin Pembangkit 400MW Sebelum dan Setelah Dilakukan Penjadwalan Ulang dengan APK Berbasis Prognosis EEP

Simpulan

Selama ini referensi dalam APK untuk perawatan mesin industri hanya didasarkan pada indikator kinerja RAMS. Berdasarkan hasil pembahasan dan studi kasus dalam artikel ini, indikator kinerja EEP telah teridentifikasi secara langsung dapat

mempengaruhi komponen terbesar dari biaya produksi, yaitu biaya bahan bakar, yang dapat dilihat dari hasil prognosis indikator kinerja NPHR. Model yang diusulkan dengan menggabungkan indikator kinerja RAMS dan EEP membuka peluang untuk menawarkan konsep APK berbasis kinerja yang komprehensif. Tujuan akhir dari konsep ini adalah untuk meminimalkan risiko kegagalan sesuai dengan penurunan kinerja RAMS, dan saat yang sama dapat mempertahankan kinerja EE serta biaya perawatan yang optimal.

Rekomendasi

Mengingat pentingnya Kinerja EEP dalam memantau dan mengendalikan biaya produksi, EEP harus menjadi pertimbangan dalam melengkapi RAMS untuk APK. EEP dan data parameter operasi lainnya dapat diperoleh dari *database* DCS. Untuk analisis lebih mendalam, algoritma regresi berbasis data atau algoritma klasifikasi dapat digunakan, mis. Hoang (2015) yang mengembangkan prognosis berbasis EEP berbasis data untuk APK. Riset selanjutnya dapat mengembangkan algoritma optimisasi untuk integrasi prognosis berbasis RAMS dan EEP dalam perencanaan perawatan mesin-mesin industri.

Kesan Pesan

Pak Bambang Purwanggono merupakan salah satu dosen perintis berdirinya Departemen Teknik Mesin dan juga Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Saya pribadi tidak banyak diasuh oleh beliau selama kuliah di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Undip, karena saat itu beliau sedang menempuh Pendidikan S2 di Canada. Semangat belajar dan mengajar beliau patut diapresiasi, dan konsistensi dalam mentransfer ilmu kepada

generasi bangsa terbukti dengan *long time teaching & research* di Departemen Teknik Mesin dan Teknik Industri Undip.

Daftar Pustaka

- Arts, R. H. P. M., Knapp, G. M., & Mann, L. (1998). Some aspects of measuring maintenance performance in the process industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 4(1), 6–11.
- Birolini, A. (2007). *Reliability Engineering: Theory and Practice* (8th ed.). Springer-Verlag GmbH Germany.
- BSI (1984). *BS 3811: Glossary of Maintenance Management Terms in Terotechnology*, British Standard Institution (BSI), London.
- CEN (2011). *EN 13306: Maintenance Terminology*, European Committee for Standardization, Brussels.
- Chan, F., Lau, H., Ip, R., Chan, H., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95(1), 71-94.
- Crespo M.A., & Gupta, J. (2006). Contemporary maintenance management: process, framework and supporting pillars. *Omega*, 34(3), 313-326.
- Darapnia, B. & Demichela, M. (2013). Maintenance an Opportunity for Energy Saving, *Chemical Engineering Transaction*, 23.
- Dekker, R. (1996). Applications of maintenance optimization models: a review and analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, 51(3), 229-240. [https://doi.org/10.1016/0951-8320\(95\)00076-3](https://doi.org/10.1016/0951-8320(95)00076-3)
- Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS) United Kingdom, (2016), *Electricity Generating Costs*, November 2016.

<https://assets.publishing.service.gov.uk/>

Dwight, R. (1999). Searching for real maintenance performance measures. *Journal Of Quality In Maintenance Engineering*, 5(3), 258-275.

Endrenyi, J., & Anders, G.J. (2006). Aging, maintenance, and reliability. *IEEE Power and Energy Magazine*, 4(3), 59-67.

Endrenyi, J., Aboresheid, S., Allan, R.N., Anders, G.J. & Asgarpoor, S., et al. (2001). The present status of maintenance strategies and the impact of maintenance on reliability. *IEEE Transactions on Power Systems*, 16(4), 638-646.

Endrenyi, J., Anders, G.J., & Bertling, L. (2004). Comparison of two methods for evaluating the effects of maintenance on component and system reliability. *8th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems* (pp. 307-312). Iowa State University, Ames, Iowa, Sept 12-16.

Endrenyi, J., Anders, G., & Leite da Silva, A.M. (1998). Probabilistic evaluation of the effect of maintenance on reliability. An application. *IEEE Transactions On Power Systems*, 13(2), 576-583.

Geraerds, W. (1992). The EUT maintenance model. *International Journal Of Production Economics*, 24(3), 209-216. [https://doi.org/10.1016/0925-5273\(92\)90132-q](https://doi.org/10.1016/0925-5273(92)90132-q)

Gulati, R. (2013), *Maintenance and Reliability Best Practices* (2nd ed.). Industrial Press, New York.

Gulati, R. and Mears, C. (2014). *Maintenance and Reliability Best Practices* (2nd ed.). Industrial Press, Inc., Connecticut 06854.

Hoang, A. (2017). *Energy efficiency-based prognostics for optimizing the maintenance decision-making in industrial systems*, Thesis, Ecole doctorale IAEM Lorraine-

- Departement de Formation Doctorale en Automatique, Lorraine University, 2017.
- Hoang, A., Do, P., Iung, B. (2014). Integrating energy efficiency-based prognostic approaches into energy management system of base stations, *International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC'14)*.
- Hoang, A., Do, P., Iung, B. (2015). Prognostics on energy efficiency Performance for maintenance decision-making: Application to industrial platform TELMA, *Prognostics and System Health Management Conference-Beijing*.
- Hoang, A., Do, P., & Iung, B. (2017). Energy efficiency performance-based prognostics for aided maintenance decision-making: Application to a manufacturing platform. *Journal Of Cleaner Production*, 142, 2838-2857.
- Hoang, A., Do, P., & Iung, B. (2016). Investigation on the use of energy efficiency for condition-based maintenance decision-making. *IFAC-Papersonline*, 49(28), 73-78.
- Hoang, A., Do, P., Iung, B., Levrat, E., and Voisin, A. (2014). Prognostics and Energy efficiency: survey and investigations, *Annual Conference of PHM Society*. <https://www.iea.org/weo2018/>
- International Civil Aviation Organization (ICAO), (2015), Annex 19 Edition 1 and the *Safety Management International Collaboration Group (SM ICG) Safety Management Terminology Paper*.
- International Energy Agency (IEA) (2017), *Annual Energy Outlook 2017*.
- International Renewable Energy Agency (IRENA) (2019). *Global Energy Transformation-A Roadmap to 2050*. <https://www.irena.org/>

- Kelly, A. (1989). *Maintenance and its Management*, Conference Communication, Monks Hill, Surrey.
- Kelly, A. and Harris, M.J. (1998). *Gestion del Mantenimiento Industrial*, Fundacion REPSOL, Madrid.
- Kumar, U. (2006). Development and implementation of maintenance performance measurement system: issues and challenges, *Proceedings of the World Congress on Engineering Asset Management*, pp. 1-6.
- Kumar, U., Galar, D., Parida, A., Stenström, C., & Berges, L. (2013). Maintenance performance metrics: a state-of-the-art review. *Journal Of Quality In Maintenance Engineering*, 19(3), 233-277. <https://doi.org/10.1108/jqme-05-2013-0029>
- Leite, J. (2017). Safety Performance Indicators (SPI), Safety Performance Targets (SPT) and Measuring Criteria, *TAP Maintenance & Engineering*. www.tap-mro.com
- Maintenance Engineering Society of Australia (MESA) (1995). Maintenance Engineering Society of Australia Capability Assurance: *A Generic Model of Maintenance*, MESA.
- Malik, M.A.K. (1979). Reliable Preventive Maintenance Scheduling. *AIIE Transactions*, 11(3), 221-228.
- McKane A., Hasanbeigi A. (2011). Motor systems energy efficiency supply curves: A methodology for assesing the energy efficiency potential of industrial motor systems, *Energy Policy*, 39, 6595-6607.
- Muchiri P., Pintelton L., Gelders L., Martin H. (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators, *International Journal of Production Economics*, 131, 295-302.
- North American Electric Reliability Corporation (NERC) (1982), *Generating Availability Data System (GADS)*,

- [https://www.nerc.com/pa/RAPA/gads/Pages/GeneratingAvailabilityDataSystem-\(GADS\).aspx](https://www.nerc.com/pa/RAPA/gads/Pages/GeneratingAvailabilityDataSystem-(GADS).aspx)
- Oyebisi, T.O. (2000). On reliability and maintenance management of electronic equipment in the tropics. *Technovation*, 20, 517-522.
- Parida, A., & Kumar, U. (2006). Maintenance performance measurement (MPM): Issues and challenges. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12(3), 239-251.
- Pintelon, L. & Van Puyvelde, F. (1997). Maintenance performance reporting systems: Some experiences, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 3(1), 4-15.
- Pintelon, L. & Van Puyvelde, F. (2006). Maintenance Decision Making, ACCO, Leuven.
- Qingfeng W., Wenbin L., Xin Z., Jianfeng, Y., Qingbin Y. (2011). Development and application of equipment maintenance and safety integrity management system, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24, 321-332.
- Samat, H. A., Kamaruddin, S., Azid, I.A. (2010), Maintenance Performance Measurement: A Review Article, *Pertanika Journal Science & Technology*.
- Stapelberg, R.F. (2009), *Handbook of Reliability, Availability, Maintainability and Safety in Engineering Design*. Springer.
- Tsang, A.H.C., Jardine, A.K.S. and Kolodny, H. (1999). Measuring maintenance performance: A holistic approach, *International Journal of Operations & Production Management*, 19(7), 691-715.
- Tsang, AHC. (1998), A strategy approach to managing maintenance performance, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.

- U.S. Army (1981), Military Standard MIL-STD-721C, *Definition and Term of Reliability and Maintainability*, Department of Defence, Washington DC, 12 June 1981.
- Visser, J.K. and Pretorius, M.W. (2003). The development of a performance measurement system for maintenance, *SA Journal of Industrial Engineering*, 4(1), 83-97.
- Warsokusumo, T., Prahasto, T., W., Widodo, A. (2021). Combining RAMS with EEP for Performance-Based Maintenance: A Review, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- Wireman, T. (2015), *Benchmarking Best Practices in Maintenance, Reliability and Asset Management: Updated for ISO-55000*, Industrial Press.
- Worrel E., latner J.A., Ruth M., Finman H. (2003). Productivity benefits of industrial energy efficiency measures, *Energy*, 28, 1081-1098.
- Yan, J. (2015). *Machinery Prognostics and Prognostic Oriented Maintenance Management*, John Wiley & Sons.

Sustainable-VSM: Evaluasi Kinerja Keberlanjutan dengan Pendekatan Lean Manufacturing ²

Sri Hartini

Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro, Semarang,
Indonesia

E-mail: srihartini@lecturer.undip.ac.id

Pendahuluan

Perusahaan di berbagai sektor yang mengadopsi *lean manufacturing* (LM) dalam beberapa dekade terakhir mampu memperbaiki hasil dan daya saing (Moyano-Fuentes et al., 2012). Hal ini dikuatkan oleh pernyataan Sangwan et al. (2014) bahwa LM terbukti mampu meningkatkan kinerja operasional. Namun daya saing cenderung tidak bertahan dalam jangka panjang (Lucey et al., 2005). LM belum melibatkan isu-isu lingkungan (Martínez-Jurado & Moyano-Fuentes, 2014) sehingga belum mengantisipasi tuntutan yang terkait dengan lingkungan. Di sisi lain, *green manufacturing* lahir sebagai konsep manufaktur yang mempertimbangkan isu keberlanjutan dengan meminimasi dampak negatif manufaktur terhadap lingkungan (Dornfeld et al., 2013). Perusahaan yang menerapkan *lean* dan dengan mempertimbangkan indikator lingkungan secara bersamaan, terbukti secara empiris

² Cite this chapter (APA):

Hartini, S. (2022). Sustainable-VSM: Evaluasi kinerja keberlanjutan dengan pendekatan lean manufacturing. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 35-45). Undip Press.

mempunyai kinerja yang lebih baik dibanding ketika hanya menerapkan *lean* atau *green manufacturing* saja (Wiengarten et al., 2013). Penerapan teknik LM akan memicu pencapaian *green* dan sebaliknya. Misalnya, upaya mereduksi *defect* dapat meningkatkan kualitas dan mereduksi biaya produksi dalam perspektif *lean*, di sisi lain akan mereduksi limbah pada lingkungan. Sebaliknya, penggunaan kembali kemasan (*returnable packaging*) sebagai salah satu teknik dalam *green manufacturing* bisa memicu efisiensi penggunaan material dan mereduksi biaya sebagai salah satu tujuan LM. *Lean* dan *green* sangat potensial untuk diintegrasikan dalam mencapai kinerja yang maksimal (Bhattacharya et al., 2019). Kajian terdahulu mengindikasikan bahwa integrasi *lean* dan *green* mampu meningkatkan kinerja operasional, ekonomi dan lingkungan (Hartini & Ciptomulyono, 2015; Wu et al., 2015).

LM menggunakan *value stream mapping* (VSM) sebagai alat analisis sistem yang efektif untuk mendiagnosis permasalahan sistem manufaktur dan mengidentifikasi peluang perbaikan (Dadashnejad & Valmohammadi, 2019). VSM memotret aliran material, informasi dan pengambilan keputusan perusahaan (Ben Fredj-Ben Alaya, 2016; Seth et al., 2017) sehingga mampu mengidentifikasi aktivitas yang menambah nilai dan tidak menambah nilai. Aktivitas yang tidak menambah nilai menjadi dasar dalam melakukan perbaikan dan mendesain ulang sistem manufaktur (Lasa et al., 2009; Aguado et al., 2013; Ben Ruben et al., 2019). VSM mendiagnosis kinerja operasional diantaranya tingkat efisiensi waktu, cacat produk, produktivitas dan persediaan. Namun, VSM belum mengevaluasi aktivitas yang mempertimbangkan isu lingkungan dan sosial (Faulkner & Badurdeen, 2014). Indikator lingkungan mulai ditambahkan dalam VSM (*Environment-VSM/E-VSM*) oleh Simons & Mason (2003) yang kemudian diikuti oleh peneliti lainnya. Faulkner &

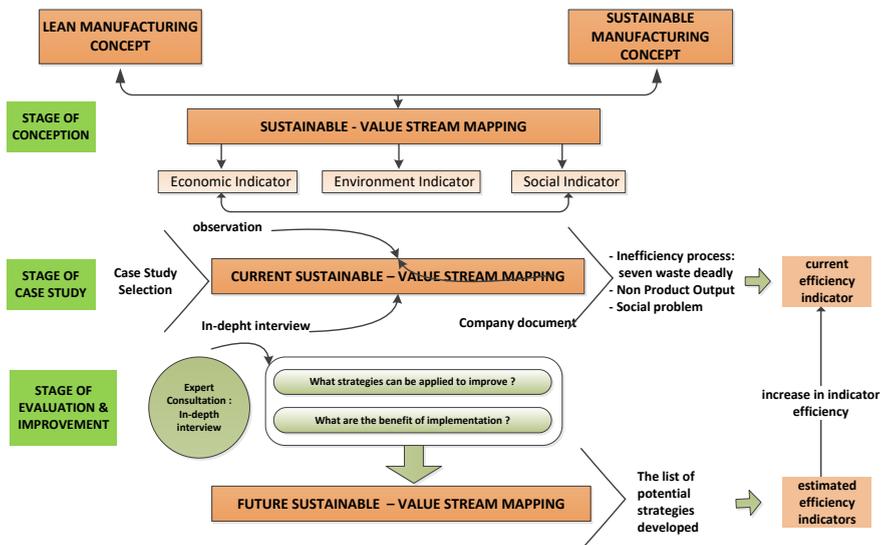
Badurdeen (2014) mengembangkan *Sustainable-VSM* dengan menambah indikator sosial secara visual dalam VSM. *Sustainable-VSM* divalidasi oleh Brown et al. (2014) dengan mengambil kasus di beberapa perusahaan. Hasil review menunjukkan bahwa *Sustainable-VSM* dapat menjadi alat analisis dalam rangka meningkatkan kinerja ekonomi, lingkungan dan sosial. Namun, *Sustainable-VSM* masih memiliki beberapa keterbatasan. Keterbatasan *Sustainable-VSM* terletak pada konten, lingkup evaluasi dan hasil evaluasi belum bisa merefleksikan kinerja perusahaan (Hartini et al., 2017).

Hartini et al (2017) telah mengembangkan model berbasis LM dengan mempertimbangkan indikator keberlanjutan sehingga mampu merefleksikan kinerja dari indikator keberlanjutan dengan pendekatan efisiensi. Artikel ini mencoba memaparkan hasil studi kasus model yang dikembangkan di beberapa perusahaan manufaktur.

Pembahasan

Kajian mengenai penerapan *Lean Manufacturing* dengan mempertimbangkan indikator keberlanjutan dikembangkan dengan metodologi seperti yang dijelaskan pada Gambar 1. Penelitian diawali dengan melakukan pemilihan indikator yang relevan dengan karakteristik perusahaan. Langkah selanjutnya mengembangkan model pengukuran kinerja dengan menggunakan efisiensi untuk setiap indikator yang terpilih. Kemudian dilakukan langkah pengukuran dan merancang *Current-VSM*. Evaluasi dan rekomendasi perbaikan dilakukan terutama pada indikator dengan kinerja belum maksimal. Hasil rancangan perbaikan divisualisasikan dalam *Future-VSM*.

Beberapa kajian telah dilakukan di perusahaan mebel (Hartini et al., 2020), perusahaan batik (Hartini et al., 2021) dan perusahaan pakan ternak (Hartini et al., 2021).



Gambar 1. Model Konseptual Penerapan *Lean Manufacturing* dengan Mempertimbangkan Indikator Keberlanjutan (Putri et al., 2021)

Pemilihan Indikator Relevan

Pemilihan indikator yang relevan pada indikator yang dilibatkan dalam rangka melakukan perbaikan. Pemilihan indikator pada perusahaan mebel menggunakan metode Delphi dengan melibatkan beberapa pakar mebel. Tahap ini berhasil menemukan 11 indikator yang relevan, yaitu efisiensi waktu, biaya, kualitas, persediaan, konsumsi material, konsumsi energi, kepuasan tenaga kerja, kesehatan tenaga kerja, keselamatan, dan peningkatan sumber daya tenaga kerja (Hartini et al., 2020). Karena perusahaan mempunyai karakteristik yang berbeda, maka tahap ini juga dilakukan pada perusahaan batik dan pakan ternak. Hanya saja, lingkup responden terbatas pada perusahaan. Pada perusahaan batik, ditemukan 12 indikator.

Indikator yang relevan dengan perusahaan batik relatif sama dengan mebel, yang membedakan pada indikator *green production*. *Green production* dibutuhkan karena proses batik menggunakan bahan kimia untuk beberapa aktivitasnya (Hartini et al., 2021). Sedangkan pada perusahaan pakan ternak, indikator yang dipertimbangkan adalah efisiensi waktu, biaya, kualitas, konsumsi energi, konsumsi air, konsumsi material, PLI, keselamatan kerja, dan tingkat kebisingan (Putri et al., 2021).

Pengukuran Indikator

Setelah indikator yang relevan ditentukan, maka tahap berikutnya adalah merumuskan penilaian kinerja dengan menggunakan pendekatan efisiensi. Indikator, rumusan dan hasil kinerjanya dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3. Hasil visualisasi pada *Sustainable-VSM* pada perusahaan mebel dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Indikator, Rumusan dan Hasil Kinerja Perusahaan Mebel

No	Indikator	Input	Formula	Nilai
1	<i>Time Efficiency</i> (TE)	TE : <i>Time efficiency</i> VAT : <i>Value added time</i> TT : <i>Total time</i> : <i>Non- value added time</i> n : <i>Process to n</i>	TE = VAT/TT VAT = $\sum_{i=1}^n (VATi)$ NVAT = $\sum_{i=1}^n (NVATi)$ TT = VAT + NVAT	0,82
2	<i>Inventory efficiency</i> (NI)	NI : <i>Number of inventory</i> TM : <i>Total material</i>	IE = NI/TM	0,77
3	<i>Quality efficiency</i> (QE)	ND : <i>Number of defect</i> TM : <i>Total material</i>	QE = 1 - ND/TM	0,40

4	<i>Cost efficiency (CE)</i>	CE : <i>Cost efficiency</i> VAC : <i>Value added cost</i> NVAC : <i>Non-value added cost</i> TC : <i>Total cost</i> n : <i>Activity to n</i>	CE = VAC/TC VAC = $\sum_{i=1}^n (VACi)$ NVAC = $\sum_{i=1}^n (NVACi)$ TC = VAC + NVAC	0,61
5	<i>Material efficiency (ME)</i>	ME : <i>Efficiency material</i> VAM : <i>Value added material</i> TM : <i>Total material used</i> : <i>Non-value added material</i> n : <i>Material to n</i>	ME = VAM/TM VAM = $\sum_{i=1}^n (VAMi)$ NVAM = $\sum_{i=1}^n (NVAMi)$ TM = VAM + NVAM	0,55
6	<i>Energy efficiency (EE)</i>	EE : <i>Energy efficiency</i> VAE : <i>Value added energy</i> : <i>Non-value added energy</i> ET : <i>Energy total</i> n : <i>Activity to n</i>	EE = VAE/TE VAE = $\sum_{i=1}^n (VAEi)$ NVAE = $\sum_{i=1}^n (NVAEi)$ TE = VAM + NVAM	100
7	<i>Efficiency of waste recycling</i>	TW : <i>Total waste</i> : <i>Number of waste to landfill</i>	WE = 1 - WL/TW	0,29
8	<i>Satisfaction level</i>	: <i>Number of employee turnover</i> : <i>Number of employee</i>	SE = 1 - TO/NE	0,90
9	<i>Health level</i>	: <i>Number of employees absent</i> : <i>Number of employee</i>	HE = 1 - NA/NE	0,85
10	<i>Risk of Safety level</i>	: <i>Number of activity with risk</i> Nac : <i>Number of activity</i>	RE = 1 - NR/Nac	0,60
11	<i>Employee training level</i>	: <i>Number of employee training</i> NE : <i>Number of employee</i>	E_HRD = NT/NE	0,10

Tabel 2. Indikator, Rumusan, dan Hasil Kinerja Perusahaan Batik

No	Indikator	Pemetaan	Nilai
1	<i>Time</i>	$\frac{\text{Value added time}}{\text{Cycle time}}$	0,86
2	<i>Quality</i>	$\frac{\text{Number of inputs} - \text{number of rejects}}{\text{Number of inputs}}$	1,00
3	<i>Inventory</i>	$\frac{\text{Value added time}}{\text{Value added time} + \text{Inventory time}}$	0,64
4	<i>Cost</i>	$\frac{\text{Value added cost}}{\text{Total cost}}$	0,83
5	<i>Green production</i>	$\frac{\text{Quantity of green raw material}}{\text{Quantity of raw material}}$	0,35
6	<i>Water consumption</i>	$\frac{\text{Ideal amount of water consumption}}{\text{Total amount of water consumption}}$	0,82
7	<i>Material waste</i>	$\frac{\text{Total amount of waste}}{\text{Total amount of input}}$	0,63
8	<i>Recovered waste</i>	$\frac{\text{Amount of waste recovered}}{\text{Total waste}}$	0
9	<i>Satisfaction Level</i>	$\frac{\text{Number of employees} - \text{number of resign}}{\text{Number of employees}}$	0,99
10	<i>Health level</i>	$\frac{\text{Number of employees} - \text{number of absent}}{\text{Number of employees}}$	0,97
11	<i>Employee training level</i>	$\frac{\text{Jumlah pegawai yang training}}{\text{Jumlah pegawai}}$	0,00
12	<i>Risk of Safety level</i>	Tabel resiko kerja	0,63

Kinerja Menggunakan Pendekatan *Lean Manufacture* dengan Indikator Keberlanjutan

Meskipun pengembangan *Sustainable-VSM* berkelanjutan tidak sepenuhnya praktis, *Sustainable-VSM* memuat aliran material dan aliran proses produksi. Dengan adanya indikator yang relevan di dalam VSM, aktivitas yang tidak bernilai tambah dan proses yang tidak efisien dapat diidentifikasi. Skoring indikator dalam VSM dengan pendekatan efisiensi

menghasilkan nilai yang objektif. *Sustainable-VSM* dapat menunjukkan adanya *value-added activity* dan *non-value added activity* di semua tahap. Hasil ini menegaskan penelitian sebelumnya bahwa VSM dapat mengevaluasi kinerja keberlanjutan pada aspek lingkungan dan sosial dari lini manufaktur, selain kinerja ekonomi (Faulkner & Badurdeen, 2014; Vinodh et al., 2016; Haupt & Hellweg, 2019; Helleno et al., 2017). Kekuatan penelitian ini adalah indikator-indikator yang terlibat dipilih oleh praktisi ahli dari industri terkait dan diukur kinerjanya dalam setiap proses dengan pendekatan efisiensi.

Tabel 3. Indikator, Rumusan, dan Hasil Kinerja di Pakan Ternak

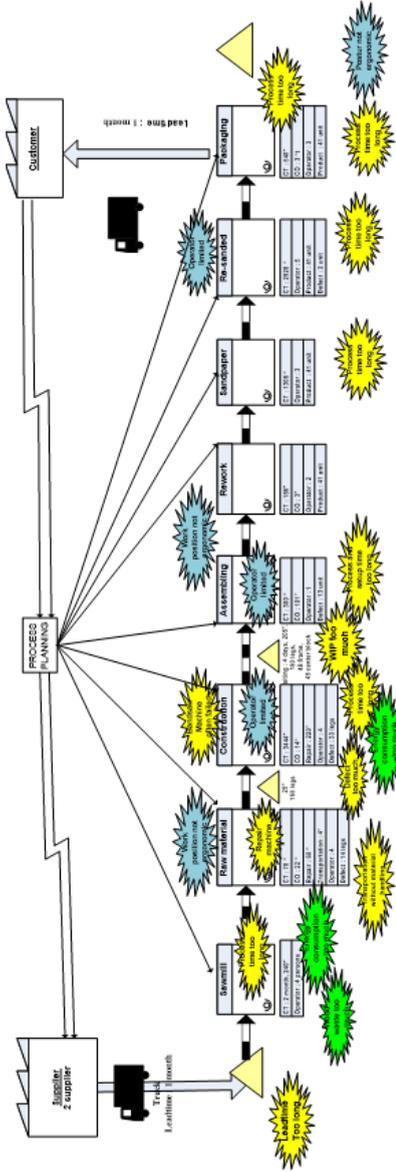
No	Indikator	Input	Formula	Nilai
1	<i>Time (TE)</i>	VAT : <i>Value added time</i> NVAT : <i>Non-value added time</i> TT : <i>Total time</i>	$TE = VAT/TT$ $VAT = \sum_{i=1}^n (VAT_i)$ $NVAT = \sum_{i=1}^n (NVAT_i)$ $TT = VAT + NVAT$	0,83
2	<i>Cost (CE)</i>	VAC : <i>Value added cost</i> NVAC : <i>Non-value added cost</i> TC : <i>Total cost</i>	$CE = VAC/TC$ $VAC = \sum_{i=1}^n (VAC_i)$ $NVAC = \sum_{i=1}^n (NVAC_i)$ $TC = VAC + NVAC$	0,84
3	<i>Quality (QE)</i>	ND : <i>Number of defects</i>	$QE = 1 - ND/TM$	0,99

		<p>TM : Total material</p> <p>QE : Quality efficiency</p>		
4	Energy Consumption (EE)	<p>VAE : Value added energy</p> <p>NVAE : Non value added energy</p> <p>TE : Total energy</p>	<p>EE = VAE/TE</p> <p>$VAE = \sum_{i=1}^n (VAE_i)$</p> <p>$NVAE = \sum_{i=1}^n (NVAE_i)$</p> <p>TE = VAE + NVAE</p>	0,87
5	Water Consumption (WE)	<p>VAW : Value added water</p> <p>NVAW : Non-value added water</p> <p>TW : Total water</p>	<p>WE = VAW/TW</p> <p>$VAW = \sum_{i=1}^n (VAW_i)$</p> <p>$NVAW = \sum_{i=1}^n (NVAW_i)$</p> <p>TW = VAW + NVAW</p>	0,90
6	Material Consumption (ME)	<p>VAM : Value added material</p> <p>NVAM : Non-value added material</p> <p>TM : Total material</p>	<p>ME = VAM/TM</p> <p>$VAM = \sum_{i=1}^n (VAM_i)$</p> <p>$NVAM = \sum_{i=1}^n (NVAM_i)$</p> <p>TM = VAM + NVAM</p>	0,99
7	Physical Load Index (PLI)	<p>RC : Relative contribution</p>	$RC = \frac{PLIS_i}{\sum_{i=1}^n PLIS_i} \times 100$	3 - 21
8	Work Risk (RE)	<p>NR : Number of</p>	<p>RE = 1 - NR/Nac</p>	Bahan kimia 1; Kecepatan

		<i>activity with risk</i> Nac : <i>Number of activity</i>		n tinggi 0,67
9	Noise	ND : <i>Noise dosage</i> MET : <i>Maximum exposure time</i> AT : <i>Actual time</i>	$ND = (AT/MET) \times 100\%$	85 – 93 dB

Studi kasus model di perusahaan mebel menemukan bahwa banyak inefisiensi terjadi terutama pada proses persiapan bahan dan konstruksi. Berdasarkan hasil *Sustainable-VSM*, rekomendasi perbaikan dapat lebih terarah. Dalam kasus di perusahaan mebel tersebut, indikator-indikator yang perlu diperbaiki adalah indikator waktu, biaya, kualitas, persediaan, konsumsi material, keselamatan, kesehatan dan pelatihan pekerja. Rekomendasi untuk peningkatan kinerja dapat dilakukan dengan menerapkan 5S, *Total Productive Maintenance* (TPM), pelatihan operator mesin, pengendalian kualitas terutama pada proses pembahanan, perbaikan kondisi lingkungan kerja yang ergonomis dan pelatihan K3 dapat mengurangi resiko kecelakaan. Secara eksternal perlu dibangun kerjasama antara asosiasi perusahaan mebel dan asosiasi pemasok kayu, kebijakan pemerintah untuk mengatur stabilitas perdagangan kayu, berbagi pengetahuan tentang budidaya kayu industri yang baik di masyarakat, mengajak masyarakat untuk menanam lebih banyak pohon industri sebagai pemasok alternatif, memanfaatkan limbah kayu menjadi produk yang lebih bernilai bekerjasama dengan perusahaan kerajinan.

Gambar 2. Sustainable-VSM di Perusahaan Mebel (Hartini et al., 2020)



Time	VA = 530.03, MA = 222.2, VAF RATIO = 60.7%	VAF RATIO = 208.4729 = 50.4%	VAF RATIO = 210.365 = 79%	VAF RATIO = 408.9131 = 83.1%	VAF RATIO = 15271884 = 88.8%	VAF RATIO = 11.9811893 = 82.7%
Quality	14.45% 85%	31 tpa, 83%	13 product, 77%	2 product, 95%	100%	47 tpa = 1 product, 40%
Inventory	63 tpa, 65%	68 tpa, 63 tpa, 48 tpa, 60%	100%	100%	100%	77%
Cost	Total cost = 34027 Non-value addition = 300k, Contribution = 9%	TC = 3000 defect cost	TC = 3000 defect cost	TC = 3000 defect cost	TC = 3000 defect cost	VAF Ratio = 13889.4257318879 = 65.8%
Material	122310 = 65%	1522.8 = 65%	810.07 = 78%	100%	90%	VAF Ratio = 145106 = 61.6%
Energy	20.34 kWh, 100%	10.07 kWh, 100%				100%
Waste recycling	59111 = 65%	22.25 = 80%	100%	100%	100%	88%
Risk of safety	4	3	2	1	3	max Risk = 1.5 = 65%
Self-reliance			90%			90%
Health			88%			88%
Employee training			10%			10%

Studi kasus model di perusahaan pakan ternak oleh Putri et al., (2021) menemukan bahwa kinerja aspek ekonomi dan lingkungan dikategorikan sangat baik, tetapi dimensi sosial dikategorikan sedang karena kondisi kerja yang buruk. Rekomendasi untuk meningkatkan kinerja keberlanjutan dalam proses produksi berdasarkan *Sustainable-VSM* saat ini adalah mengurangi waktu tunggu dan memperbaiki kondisi lingkungan kerja.

Studi kasus di perusahaan batik pewarna alam telah mampu mengidentifikasi sumber masalah yang terjadi. Aktivitas yang tidak efisien terjadi hampir sepanjang proses. Kajian ini memberikan rekomendasi 3R (*reduce, reuse* dan *recycle*) untuk meningkatkan efisiensi dari dimensi ekonomi dan lingkungan. Rekomendasi perbaikan dilakukan dengan mengurangi waktu *setup* dan waktu transportasi dengan memperbaiki lingkungan kerja dengan 5S dan penggunaan peralatan *material handling*. Penggunaan kembali (*reuse*) dilakukan dengan menggunakan kembali lilin dengan menggunakan gondorukem, sehingga mengurangi konsumsi material dan meningkatkan daur ulang limbah yang diperoleh kembali. Daur ulang dilakukan dengan mengolah air limbah sehingga mengurangi konsumsi air. Pada akhirnya, pengurangan waktu dan material berdampak pada pengurangan biaya produksi. Kinerja dimensi sosial ditingkatkan dengan perbaikan lingkungan kerja, kesadaran karyawan dalam menggunakan alat pelindung diri dan peningkatan program pelatihan.

Penutup

Prinsip dasar LM adalah perbaikan terus-menerus. Kajian ini memberikan pemaha-man yang lebih baik kepada akademisi dan praktisi dalam menyempurnakan dan me-ngukur indikator spesifik untuk aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial di tingkat

pabrik dengan cara yang praktis. Model dapat diterapkan pada perusahaan dengan karakteristik yang beda dengan menyesuaikan indikator yang relevan. Pihak manajer mendapatkan metode yang praktis dan operasional untuk memahami manufaktur ber-kelanjutan dan menerapkannya ke lini produksi. Dengan demikian, pihak manajer mendapatkan arah dalam membuat keputusan dalam meningkatkan kinerja keberlanjutan manufaktur.

Dalam hal nilai teoretisnya, pengembangan model ini melengkapi penelitian sebelumnya yang dilakukan dalam indikator keberlanjutan manufaktur dan LM untuk menilai proses manufaktur di tingkat pabrik (Faulkner & Badurdeen, 2014; Helleno et al., 2017; Huang & Badurdeen, 2018). Mengingat kelangkaannya penelitian sebelumnya tentang penggunaan VSM untuk penilaian kinerja keberlanjutan, dengan mempertimbangkan indikator yang relevan dengan jenis industri, ini memberikan petunjuk menarik untuk pekerjaan teoretis lebih lanjut.

Keterbatasan metode yang digunakan dalam penelitian ini terkait dengan penggunaan metode Delphi dan pemilihan kelompok penelitian. Metode Delphi bukanlah alat pengambilan keputusan, ini hanya membantu dalam analisis yang lebih akurat dari pemilihan indikator keberlanjutan yang relevan. Oleh karena itu, keputusan pemilihan indikator dilakukan dengan *joint cut-off* WA dan LC yang ditetapkan secara subyektif. Keterbatasan penelitian ini adalah jumlah perusahaan untuk studi kasus. Studi kasus ini hanya mengevaluasi kemampuan kerja model. Studi lebih lanjut untuk menerapkan metode yang diusulkan ke lebih banyak studi kasus untuk berbagai jenis industri manufaktur dapat membantu memvalidasi dan meningkatkannya lebih lanjut. Perlu analisis sensitivitas terhadap indikator yang paling berpengaruh. Serta perlu

mempelajari semua tahap siklus hidup produk untuk penilaian kinerja yang lebih komprehensif.

Kesan Pesan

Di mata saya, Pak Bambang merupakan sosok dengan karakter *leadership* yang sangat kuat. Sistematis, *visioner*, objektif dalam pengambilan keputusan dan seorang negosiator yang ulung. Sebagai seorang junior yang pernah menjadi asistennya, saya sangat terkesan dengan cara penyampaian beliau yang mudah dipahami. Saya bersyukur pernah menjadi sekretarisnya ketika beliau menjadi ketua jurusan, saya banyak belajar bahwa untuk membangun organisasi harus dimulai dari membangun sistemnya. Hubungan beliau yang sangat luas, banyak sekali memberi arti bagi Universitas Diponegoro, terkhusus Jurusan Teknik Industri. Banyak kerjasama dan organisasi yang diinisiasi oleh beliau, nasional maupun internasional. Mastan, mata kuliah Standarisasi, dan lain-lain. Beliau sangat aktif mengembangkan hal yang terkait dengan “Penjaminan Mutu” baik di internal UNDIP maupun eksternal. Bisa dikatakan bahwa pak Bambang adalah Bapak Mutu di UNDIP. Secara pribadi, saya banyak dibantu dalam mendapatkan perusahaan untuk objek penelitian dan mendapatkan responden yang tepat, bagi saya ini merupakan berkah tersendiri. Sebagai seorang senior, beliau sangat memotivasi kolega juniornya untuk terus maju mendapatkan pencapaian yang maksimal. Terimakasih pak Bambang. Tiada kata yang tepat untuk mewakilinya. Hanya doa dan salam hormat yang bisa saya berikan. Semoga Bapak senantiasa diberi kesehatan dan tetap berkarya. Kebaikan dan ilmu Bapak semoga menjadi sebab turunnya Rahmat dari Allah dan menjadi kunci pembuka pintu surga-Nya. Amin.

Daftar Pustaka

- Aguado, S., Alvarez, R., & Domingo, R. (2013). Model of efficient and sustainable improvements in a lean production system through processes of environmental innovation. *Journal of Cleaner Production*, 47, 141–148.
- Ben Fredj-Ben Alaya, L. (2016). VSM a powerful diagnostic and planning tool for a successful Lean implementation: A Tunisian case study of an auto parts manufacturing firm. *Production Planning and Control*, 27(7–8), 563–578.
- Ben Ruben, R., Vinodh, S., & Asokan, P. (2019). State of art perspectives of lean and sustainable manufacturing. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(1), 234-256.
- Bhattacharya, A., Nand, A., & Castka, P. (2019). Lean-green integration and its impact on sustainability performance: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 117697.
- Brown, A., Amundson, J., & Badurdeen, F. (2014). Sustainable value stream mapping (Sus-VSM) in different manufacturing system configurations: application case studies. *Journal of Cleaner Production*, 85, 164–179.
- Dadashnejad, A. A., & Valmohammadi, C. (2019). Investigating the effect of value stream mapping on overall equipment effectiveness: a case study. *Total Quality Management and Business Excellence*, 30(3–4), 466–482.
- Dornfeld, D., Yuan, C., Diaz-Elsayed, N., Zhang, T., & Vijayaraghavan, A. (2013). *Green Manufacturing*. Springer.
- Faulkner, W., & Badurdeen, F. (2014). Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. *Journal of Cleaner Production*, 85, 8–18.
- Hartini, S., & Ciptomulyono, U. (2015). The Relationship between Lean and Sustainable Manufacturing on Performance: Literature Review. *Procedia Manufacturing*, 4(Iess), 38–45.
- Hartini, S., Ciptomulyono, U., & Anityasari, M. (2017). Extended Value Stream Mapping to Enhance Sustainability: A

- Literature Review. *3rd International Materials, Industrial and Manufacturing Engineering Conference (MIMEC2017)*, 1902.
- Hartini, S., Ciptomulyono, U., Anityasari, M., & Sriyanto. (2020). Manufacturing sustainability assessment using a lean manufacturing tool A case study in the Indonesian wooden. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Haupt, M., & Hellweg, S. (2019). Measuring the environmental sustainability of a circular economy. *Environmental and Sustainability Indicators*, 1–2, 100005.
- Helleno, A. L., de Moraes, A. J. I., & Simon, A. T. (2017). Integrating sustainability indicators and Lean Manufacturing to assess manufacturing processes: Application case studies in Brazilian industry. *Journal of Cleaner Production*, 153, 405–416.
- Hartini, S., Manurung, J., & Rumita, R. (2021). Sustainable-value stream mapping to improve manufacturing sustainability performance: Case study in a natural dye batik SME's *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*.
- Huang, A., & Badurdeen, F. (2018). Metrics-based Approach to Evaluate Sustainable Manufacturing Performance at the Production Line and Plant Levels. *Journal of Cleaner Production*.
- Lasa, S. I., Castro, R. De, & Laburu, C. O. (2009). Extent of the use of Lean concepts proposed for a value stream mapping application. *Production Planning & Control*, 20(1), 82–98.
- Lucey, J., Bateman, N., & Hines, P. (2005). Why major lean transitions have not been sustained. *Management Services*, 49(2), 9–13.
- Martínez-Jurado, P. J., & Moyano-Fuentes, J. (2014). Lean Management, Supply Chain Management and Sustainability: A Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, 85, 134–150.
- Moyano-Fuentes, J., Sacristán-Díaz, M., & Martínez-Jurado, P. J. (2012). Cooperation in the supply chain and lean production adoption: Evidence from the Spanish

- automotive industry. *International Journal of Operations and Production Management*, 32(9), 1075–1096.
- Putri, A. A. A., Hartini, S., & Purwaningsih, R. (2021). Sustainable value stream mapping design to improve sustainability performance of animal feed production process. *Evergreen*, 8(1), 107–116.
- Sangwan, K. S., Bhamu, J., & Mehta, D. (2014). Development of lean manufacturing implementation drivers for Indian ceramic industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 63(5), 569–587.
- Seth, D., Seth, N., & Dhariwal, P. (2017). Application of value stream mapping (VSM) for lean and cycle time reduction in complex production environments: a case study. *Production Planning & Control*, 28(5), 398–419.
- Simons, D., & Mason, R. (2003). Firms are under pressure to prove their environmental credentials . Now a win-win way of weaving ‘ green ’ considerations into business decisions is emerging Lean and green : ‘ doing more with less .’ *Ecr*, 84–91.
- Vinodh, S., Ruben, R. B., & Asokan, P. (2016). Life cycle assessment integrated value stream mapping framework to ensure sustainable manufacturing : a case study. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18, 279–295.
- Wiengarten, F., Fynes, B., & Onofrei, G. (2013). Exploring synergetic effects between investments in environmental and quality/lean practices in supply chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, 18(2), 148–160.
- Wu, L., Subramanian, N., Abdulrahman, M. D., Liu, C., Lai, K. hung, & Pawar, K. S. (2015). The impact of integrated practices of lean, green, and social management systems on firm sustainability performance-evidence from Chinese fashion auto-parts suppliers. *Sustainability (Switzerland)*, 7(4), 3838–3858.

Implementasi Lean Manufacturing untuk Mereduksi Pemborosan pada Proses Produksi Mesin Hydrotiller³

Dewita Rahmadani

Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro, Semarang,
Indonesia

E-mail: dewitarahmadani041@gmail.com

Pendahuluan

Persaingan di industri manufaktur dewasa ini semakin ketat. Semua perusahaan berlomba-lomba agar tetap mampu bertahan dan bersaing di pasar global. Berdasarkan data yang diperoleh dari IMS Markit diketahui bahwa indeks manajer pembelian (*Purchasing Managers' Index/PMI*) Manufaktur Indonesia pada awal tahun 2021 rata-rata berada pada level di atas 50 atau menandakan sektor manufaktur tengah ekspansif. Hal ini kemudian menuntut industri manufaktur agar lebih produktif dan efisien dalam menghasilkan barang atau produk yang bermutu dan memiliki harga yang kompetitif. CV. Citra Dragon merupakan industri manufaktur yang bergerak di bidang produksi alat dan mesin pertanian (ALSINTAN) dengan produknya berupa mesin *hydrotyller*, *tresher*, *corn seller*, *grass chopper*, dan lain sebagainya.

Dalam melakukan kegiatan produksinya CV. Citra Dragon tidak lepas dari masalah produktivitas. Produktivitas

³ Cite this chapter (APA):

Rahmadani, D. (2022). Implementasi lean manufacturing untuk mereduksi pemborosan pada proses produksi Mesin Hydrotiller. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 47-59). Undip Press.

merupakan suatu ukuran yang menyatakan bagaimana sumber daya diatur dan dimanfaatkan untuk mencapai hasil yang optimal (Herjanto, 1999). Permasalahan produktivitas ini menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi seringnya terjadi keterlambatan pada proses produksi dimana *production lead time* melebihi *customer lead time*. Pada periode Januari 2019-Desember 2019 terdapat 41 kali pengiriman yang terdiri dari 29 kali pengiriman yang dilakukan *ontime delivery* dan 12 kali pengiriman yang selesai melewati waktu yang telah disepakati dengan pihak konsumen. Dalam upaya peningkatan produktivitas segala hal yang tidak efisien perlu dikurangi dan bahkan dihilangkan. Kegiatan yang tidak efisien ini seringkali disebabkan oleh non value added atau yang biasa disebut pemborosan (*waste*) (Pradana et al., 2017).

Berdasarkan observasi yang dilakukan pada CV. Citra Dragon, pemborosan yang terjadi pada aktivitas produksi dikarenakan peralatan produksi yang masih belum tertata dengan baik sehingga menyebabkan banyaknya gerakan mencari oleh operator yang tidak memberikan nilai tambah kepada proses produksi. Kemudian, terdapat banyak WIP yang tidak ditempatkan dengan baik sehingga memenuhi lantai produksi yang berakibat WIP tersebut rentan untuk rusak dan menghalangi proses transportasi di area produksi. Terakhir, CV. Citra Dragon juga belum memberikan program pelatihan kerja secara berkala untuk meningkatkan skill operator sehingga pada saat proses produksi berlangsung terdapat banyak aktivitas yang dilakukan berulang-ulang karena seringkali terjadi kesalahan oleh operator sehingga memicu terjadinya pemborosan pada proses produksi. Berdasarkan hal tersebut, CV. Citra Dragon diharapkan segera melakukan eliminasi *waste* dan melakukan *improvement* pada aktivitas produksinya.

Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan perusahaan untuk dapat mengurangi pemborosan yang terjadi adalah dengan mengimplementasikan *lean manufacturing*. Menurut Gaspersz (2011), *lean* adalah suatu filosofi bisnis yang meliputi penggunaan sumber daya yang termasuk sumber waktu dalam aktivitas perusahaan yang melalui perbaikan dan peningkatan terus-menerus, sehingga hanya berfokus pada eliminasi aktivitas yang tidak bernilai dalam desain produksi yang berhubungan dengan manufaktur atau operasi yang berkaitan langsung dengan pelanggan. Dengan strategi *lean*, perusahaan diharapkan mampu meningkatkan rasio nilai tambah (*value added*) terhadap pemborosan. Minimasi pemborosan akan sangat berguna bagi perusahaan dalam menghadapi persaingan yang semakin berat (Fanani & Singgih, 2011).

Identifikasi terhadap *waste* membutuhkan suatu model yang dapat mempermudah dan menyederhanakan proses pencarian permasalahan *waste*. Identifikasi *waste* pada penelitian ini menggunakan *Waste Assessment Model* (WAM) yang terdiri dari *Waste Relationship Matrix* (WRM) dan *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ). Kelebihan dari model ini adalah kesederhaan dari matrix dan kuisisioner yang mencakup banyak hal dan mampu memberikan kontribusi dalam mencapai hasil yang akurat dalam mengidentifikasi akar penyebab dari *waste* (Rawabdaeh, 2005). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pemborosan yang terjadi pada proses produksi CV Citra Dragon, mengeliminasi aktivitas tidak bernilai tambah, dan memberikan usulan perbaikan untuk menghilangkan pemborosan pada proses produksi CV Citra Dragon. Melalui penerapan *lean manufacturing* diharapkan CV Citra Dragon dapat lebih produktif dan efisien dalam proses produksinya, menghasilkan produk yang bermutu, dan memiliki harga yang kompetitif agar dapat meningkatkan penjualannya.

Pembahasan

CV. Citra Dragon merupakan industri yang bergerak pada bidang produksi ALSINTAN di mana produk alat dan mesin pertanian yang diproduksi terdiri dari *Tresher*, *Hydrotiller*, Perontok Jagung, *Handtractor*, *Grass Chopper* (pemotong Rumput Gajah), Mesin Kompos mini, Mesin kompos besar, dan lain sebagainya. Sistem produksi pada CV. Citra Dragon berdasarkan strateginya secara umum adalah *Make-to-Order* (MTO) dan berdasarkan aliran prosesnya adalah *job shop*, namun pada beberapa produk seperti *Hydrotiller*, *Tresher*, dan *Corn Seller* biasanya terdapat *stock* dengan jumlah yang sangat sedikit, yaitu hanya 1-2 produk saja masing-masing. Konsumen CV. Citra Dragon berasal dari beberapa toko yang ada di Kota Padang, Jambi, Bukittinggi, Agam, Solok, kemudian beberapa kelompok tani yang ada di Kabupaten Padang Pariaman.

Identifikasi dan Pengukuran Waste

Waste Relationship Matrix (WRM)

Pengukuran WRM diawali dengan pengisian kuisioner untuk mendapatkan hubungan keterkaitan antara satu *waste* dengan *waste* lainnya. Berdasarkan hasil perhitungan keterkaitan *waste*, maka dapat dilakukan analisa pengukuran kriteria hubungan antar *waste* menggunakan WRM. Hasil *waste relationship matrix* dapat dilihat pada Tabel 1.

Untuk menyederhanakan matriks, setiap huruf pada masing-masing baris dan kolom dikonversikan kedalam angka sesuai dengan nilai yang dijadikan acuan berdasarkan penelitian Rawabdaeh (2005). Untuk huruf A akan dikonversikan menjadi nilai 10, huruf E dikonversikan menjadi nilai 8, huruf I dikonversikan menjadi nilai 6, huruf O dikonversikan menjadi nilai 4, huruf U dikonversikan menjadi nilai 2, dan huruf X dikonversikan menjadi nilai 0. Hasil konversi huruf ke angka

pada WRM proses produksi *hydrotyller* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Waste Relationship Matrix

F/T	O	I	D	M	T	P	W
O	A	I	U	E	I	X	O
I	O	A	O	E	E	X	X
D	O	I	A	I	O	X	I
M	X	I	E	A	X	A	E
T	U	I	I	I	A	X	E
P	I	O	E	E	X	A	I
W	U	E	I	X	X	X	A

Tabel 2. Hasil Perhitungan WRM

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Skor	Persentase
O	10	6	2	8	6	0	4	36	14,17
I	4	10	4	8	8	0	0	34	13,39
D	4	6	10	6	4	0	6	36	14,17
M	0	6	8	10	0	10	8	42	16,54
T	2	6	6	6	10	0	8	38	14,96
P	6	4	8	8	0	10	6	42	16,54
W	2	8	6	0	0	0	10	26	10,24
Skor	28	46	44	46	28	20	42	254	100,00
Persentase	11	18,1	17,3	18,1	11	7,87	16,5	100	

Pada Tabel 2 terlihat bahwa nilai *from motion* dan *from process* memiliki persentase tertinggi yang mengindikasikan bahwa 2 *waste* ini memiliki pengaruh yang cukup besar untuk menyebabkan terjadinya *waste* yang lain. Kemudian nilai *to inventory* dan *to motion* memiliki persentase tertinggi yang mengindikasikan bahwa 2 *waste* ini menjadi *waste* yang paling dipengaruhi oleh *waste* lainnya.

Waste Assessment Questionnaire (WAQ)

Nilai *waste* yang didapat dari WRM akan digunakan untuk penilaian awal *Waste Assessment Questionnaire (WAQ)* berdasarkan jenis pertanyaan. Kuisisioner *assessment* terdiri atas 66 pertanyaan. Pertanyaan ditandai dengan tulisan "*from*" dan "*to*" dimana *from* berarti pertanyaan tersebut menjelaskan jenis *waste* ada saat ini yang dapat memicu munculnya jenis *waste* lainnya berdasarkan WRM dan *to* berarti pertanyaan tersebut menjelaskan tiap jenis *waste* yang ada saat ini dapat terjadi karena *waste* lainnya. Hasil perhitungan akhir *waste assessment* secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan hasil perhitungan akhir *waste assessment* didapat 2 jenis *waste* yang memiliki nilai tertinggi yaitu *waste motion* dengan persentase nilai 19,99% dan *waste inventory* dengan persentase nilai 18,98%.

Process Activity Mapping

Process Activity Mapping (PAM) digunakan untuk mengidentifikasi bagian-bagian proses yang dapat dilakukan perbaikan dengan dengan mengeliminasi aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah atau dengan menyederhanakan elemen kerja dengan menggabungkan beberapa aktivitas yang memungkinkan sehingga proses dapat berjalan lebih efisien. Penentuan aktivitas dilakukan menjadi 3 kategori, yaitu *Value Added Activity (VA)*, *Necessary Non Value Added Activity (NNVA)*, dan *Non Value Added Activity (NVA)*. Rekapitulasi *process activity mapping* pada proses produksi mesin *hydrotiller CV. Citra Dragon* ditunjukkan pada Tabel 4, di mana *n* adalah jumlah aktivitas.

Tabel 3. Hasil Perhitungan WAQ

	O	I	D	M	T	P	W
Skor (Y_j)	0,334	0,43	0,417	0,367	0,322	0,507	0,363
P_j Faktor	156,2	242,4	245,5	299,5	164,9	130,2	169,3
Y_j Final	52,11	104,2	102,4	109,8	53,15	66,02	61,52
Hasil akhir (%)	9,489	18,98	18,64	19,99	9,679	12,02	11,2
Rangking	7	2	3	1	6	4	5

Tabel 4. Rekapitulasi *Process Activity Mapping* pada Proses Produksi *Hydrotiller*

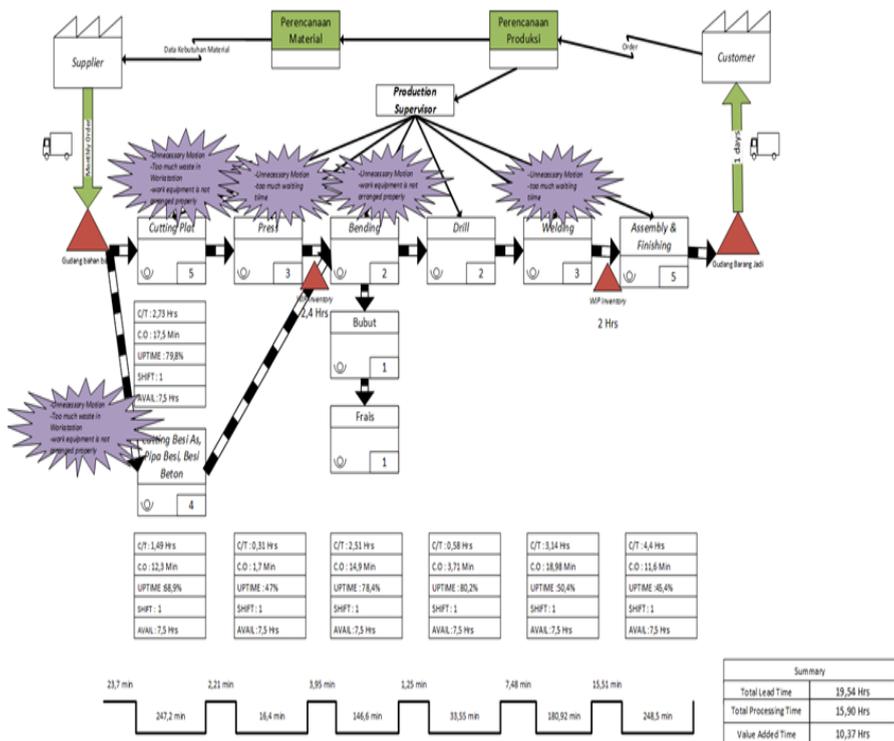
Workstation	Total waktu (s)	VA		NNVA		NVA	
		<i>n</i>	Total waktu (s)	<i>n</i>	Total waktu (s)	<i>n</i>	Total waktu (s)
<i>Cutting</i> Plat	9.831,9	37	7.847,9	21	1.031,87	17	1.052,13
<i>Cutting</i> Pipa Besi	5.375,54	46	3.704,6	7	933,38	12	737,56
<i>Press</i>	1.114,93	12	524,42	12	487,98	3	102,53
<i>Bending</i>	2.788,9	17	2.065,81	11	406,31	5	316,78
Bubut	4.197,43	50	3.466,79	11	378,99	7	351,65
<i>Drill</i>	2.008,11	16	1.611,45	7	173,79	4	222,87
<i>Frais</i>	2.066,69	13	1.570,98	5	272,91	2	222,8
<i>Welding</i>	11.318,28	30	9.330,75	11	848,61	7	1.138,93
<i>Assembly</i>	15.865,43	39	7.206,29	24	7.903,4	10	697,92
Total	54.509,25	261	36.355,08	107	12.271,5	69	4.882,67
Persentase (%)			68,52		22,51		8,97

Berdasarkan Tabel 4, maka total waktu proses produksi 54.509,25 detik atau 15 jam 9 menit, sedangkan total aktivitas produksi sebanyak 437 aktivitas yang terdiri atas 261 aktivitas yang memberikan nilai tambah (*Value Added*) dengan waktu selama 37.355,08 detik dan persentase sebesar 68,52%, 107

aktivitas yang dibutuhkan namun tidak memberikan nilai tambah (*NNVA*) dengan waktu selama 12.271,5 detik dan persentase sebesar 22,51%, dan terakhir, aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*NVA*) dengan waktu selama 4.882,67 detik dan persentase sebesar 8,97%.

Current Value Stream Mapping

Current value stream mapping (*VSM*) menggambarkan proses produksi mesin *hydrotyller* yang dihasilkan oleh CV. Citra Dragon. Dalam proses produksi satu unit *hydrotyller* didapat total *lead time* 19 jam 32 menit dimana aktivitas VA sebesar 37.355,08 detik. *Current VSM* proses produksi *hydrotyller* ditunjukkan pada Gambar 1.



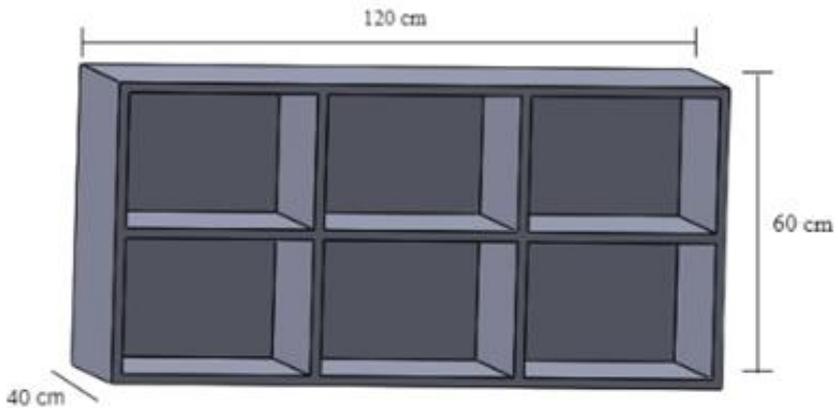
Gambar 1. *Current Value Stream Mapping*

Analisis Waste dan Saran Perbaikan

Motion

Waste pertama yang ditemukan pada proses produksi *hydrotiller* adalah *motion*. Pada *workstation cutting* plat dan *cutting* pipa besi, operator seringkali kesulitan dalam menemukan pita pengukur dan penanda yang digunakan untuk mengukur plat. Hal ini terjadi karena pita pengukur dan penanda tersebut disimpan dalam plastik-plastik kecil yang menggantung dan tidak ditata dengan baik serta tidak diberi label/penanda. Kemudian, hampir di semua *workstation*, peralatan kerja seperti palu, tang, dan lain sebagainya seringkali diletakkan di sembarang tempat pada rak penyimpanan maupun area kerja seperti di lantai dekat mesin dan tumpukan WIP sehingga tidak jarang peralatan tersebut tanpa sengaja tertutup oleh WIP maupun material yang bertumpuk yang mengakibatkan operator kesulitan menemukan peralatan setiap akan digunakan. Hal ini tentu menambah gerakan yang tidak diperlukan dan meningkatkan waktu proses produksi menjadi lebih lama.

Selain masalah penyimpanan peralatan yang kurang baik, pada CV Citra Dragon *waste motion* terjadi akibat masih rendahnya skill yang dimiliki oleh operator sehingga menyebabkan seringnya aktivitas merapikan part dilakukan. Pada *workstation cutting* plat dan *cutting* pipa besi operator melakukan aktivitas merapikan secara berulang-ulang karena kurangnya ketelitian saat memotong plat maupun pipa besi, kemudian pada *workstation press* saat melakukan proses pengerolan *part pontoon* beberapa kali terjadi



Gambar 2. Desain Usulan Rak Gantung


CV. CITRA DRAGON

Sahabat Petani

Klasifikasi	<ul style="list-style-type: none"> <li style="width: 33%; padding: 2px;">• Fasilitas <li style="width: 33%; padding: 2px;">• Material <li style="width: 33%; padding: 2px;">• sub material <li style="width: 33%; padding: 2px;">• Jigs and tools <li style="width: 33%; padding: 2px;">• Parts <li style="width: 33%; padding: 2px;">• Dokumen <li style="width: 33%; padding: 2px;">• Alat ukur <li style="width: 33%; padding: 2px;">• WIP
--------------------	---

Nama item : Palu

Nomor : -

Kegunaan : Alat bantu bending pipa besi/ besi beton

Posisi : Rak depan WS Bubut

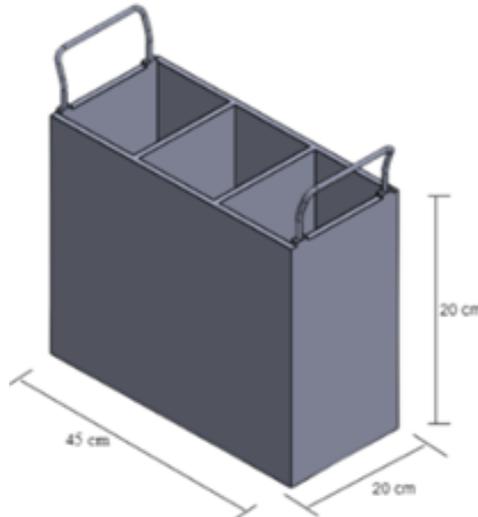
Jumlah : 9

Gambar 3. Usulan Desain Label Penanda

kesalahan pada ukuran kelengkungan yang diinginkan, sehingga operator harus mengulang kembali proses pengerolan untuk mendapatkan kelengkungan yang diinginkan. Selain itu pada *workstation* bubut juga sering terjadi kesalahan maupun kelalaian operator seperti pahat yang kurang tajam,

memposisikan part tidak pada posisi *centre* yang mengakibatkan operator harus mengulang proses pembubutan dan merapikan hasil pembubutan beberapa kali. Jika aktivitas di atas tidak dihilangkan, maka dapat mempengaruhi efektivitas dan efisiensi proses produksi. Oleh karena itu, diberikan rekomendasi perbaikan sebagai berikut.

- a. Menyediakan fasilitas rak gantung di sekitar area kerja *cutting* plat dan menambahkan label untuk menyimpan pita pengukur dan penanda tersebut. Desain usulan rak gantung ditunjukkan oleh Gambar 2 dan desain usulan label penanda diunjukkan pada Gambar 3.

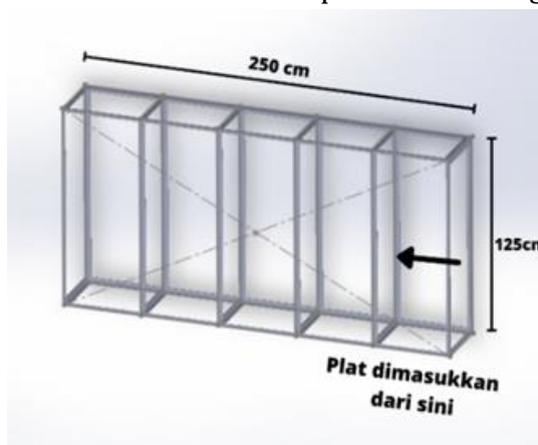


Gambar 4. Usulan Kotak Perkakas

- b. Meletakkan peralatan pendukung secara rapi pada rak yang disediakan dalam kotak perkakas yang diberi label masing-masing. Desain usulan kotak perkakas ditunjukkan oleh Gambar 4.
- c. Memberikan pelatihan kepada operator agar dapat meningkatkan *skill* yang dimilikinya.

Transportation

Waste selanjutnya yang ditemukan pada proses produksi *hydrotiller* adalah *transportation*. Pada *workstation cutting* plat terdapat banyak sisa *raw material* yang bertumpuk di lantai, hal ini membuat pekerja harus lebih berhati-hati saat memindahkan *part* dari satu tempat ke tempat lain agar pekerja tidak terjatuh dan sisa *raw material* menjadi rusak. Kondisi ini membuat operator menghabiskan waktu yang jauh lebih lama saat memindahkan *part* dari satu tempat ke tempat lain. Kemudian hal yang sama juga terjadi pada *workstation bending* dimana ketika operator akan mulai bekerja pada area kerja masing-masing, operator akan mengambil peralatan kerja menggunakan bekas kaleng cat kecil yang hanya mampu membawa sedikit barang, penggunaan alat bantu seperti gerobak juga tidak dapat dilakukan karena jalur transportasi sebagian besar tertutup oleh material maupun WIP yang menumpuk. Hal ini membuat operator harus mengambil alat dan bahan secara berulang yang menghabiskan waktu lebih lama. Jika aktivitas diatas tidak dihilangkan, maka dapat mempengaruhi efektivitas dan efisiensi proses produksi. Oleh karena itu, diberikan rekomendasi perbaikan sebagai berikut.



Gambar 5. Usulan Desain Partisi untuk Sisa Raw Material Plat

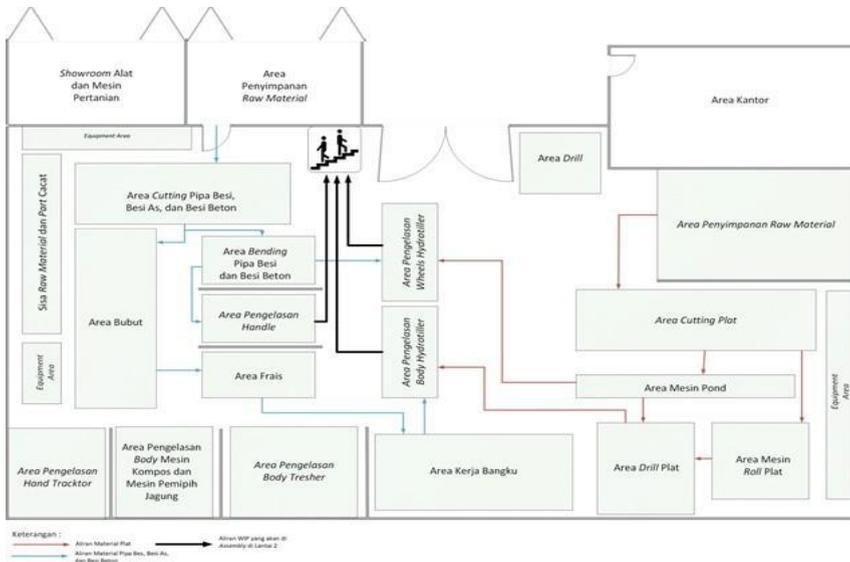
- a. Menata kembali *layout* area produksi dan membuat partisi untuk penyimpanan sisa *raw material* plat sehingga tidak berserakan di area kerja. Adanya partisi ini akan membuat *raw material* plat dalam posisi vertikal sehingga tidak menutupi area kerja. Usulan desain partisi ditunjukkan oleh Gambar 5 dan *layout* perbaikan area produksi ditunjukkan pada Gambar 6.
- b. Adanya kotak perkakas yang dapat menampung beberapa alat dalam sekali jalan sehingga operator tidak harus bolak balik saat mengambil peralatan. Desain usulan kotak perkakas ditunjukkan oleh Gambar 4.
- c. Ketentuan/SOP mengenai tempat penyimpanan material dan WIP agar tidak menghalangi jalur transportasi.

Waiting

Waste selanjutnya yang ditemukan pada proses produksi *hydrotiller* adalah *waiting*. Pada *workstation press* operator terlalu sering melakukan pengecekan pada mesin setiap akan digunakan untuk mengerol *part* yang baru karena bagian tuas sering macet dan tidak bisa diputar, hal ini tentu menghabiskan waktu yang lama. Kemudian, pada *workstation press* dan *bending* sebagian besar operator melakukan aktivitas inspeksi setiap menyelesaikan satu *part*, hal ini menghabiskan waktu yang lebih lama dari yang seharusnya sehingga proses pengerolan maupun pencetakan menjadi tidak efisien.

Selain masalah kurang baiknya jadwal pengecekan mesin dan aktivitas inspeksi yang dilakukan secara berulang, pada *workstation frais* saat sebelum memulai proses *frais* operator akan mempersiapkan mesin seperti melakukan proses penggantian *endmill* dan lain sebagainya. Saat aktivitas ini berlangsung operator beberapa kali mengulang proses penggantian karena kesalahan pada ukuran *collet* dan pisau.

Aktivitas ini menghabiskan waktu yang lebih lama saat proses produksi berlangsung. Selain itu, operator tidak selalu membersihkan mesin *frais* ketika telah selesai menggunakan mesin. Beberapa kali operator membiarkan mesin masih dalam keadaan kotor saat meninggalkan area kerja dan baru dibersihkan pada esok hari. Aktivitas ini membuat proses *frais* menjadi terlambat karena harus melakukan pembersihan mesin terlebih dahulu. Jika aktivitas di atas tidak dihilangkan, maka dapat mempengaruhi efektivitas dan efisiensi proses produksi. Oleh karena itu, diberikan rekomendasi perbaikan sebagai berikut.



Gambar 6. Usulan Layout Perbaikan Area Produksi

- a. Membuat SOP atau penjadwalan pengecekan/pengujian mesin secara berkala. Usulan form penjadwalan maintenance mesin ditunjukkan oleh Gambar 7.
- b. Memberikan pelatihan kepada operator agar meningkatkan *skill* yang dimilikinya.

- c. Adanya ketentuan/SOP mengenai pembersihan mesin setiap selesai menggunakannya.
- d. Menghilangkan adanya aktivitas menunggu pada WS *welding* dengan membuat SOP kerja sehingga setiap aktivitas memiliki pedoman yang dapat diikuti oleh operator.


 (Sahabat Perani)

JADWAL MAINTENANCE				
Nama alat/ mesin :				
Tanggal :				
Diperiksa oleh :				
No.	Identifikasi alat/ mesin	Tanggal Maintenance		Bagian yang di cek
		Rencana	Realisasi	

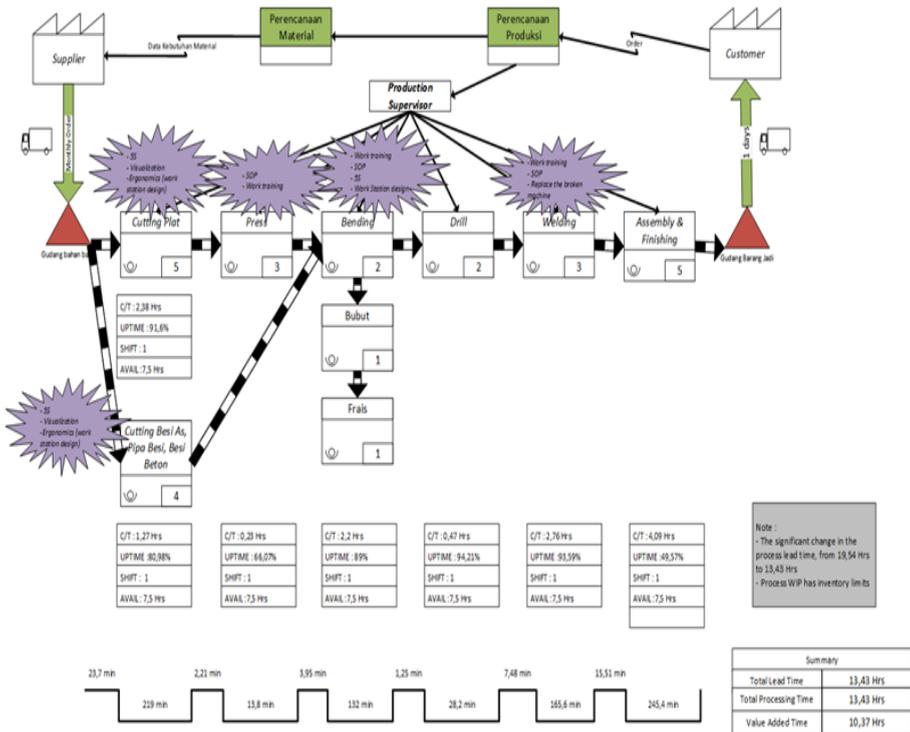
Gambar 7. Usulan Form Penjadwalan *Maintenance* Mesin pada CV Citra Dragon

Future Value Stream Mapping

Future VSM merupakan penggambaran proses produksi setelah dilakukan analisa dari *mapping tool* PAM dan eliminasi aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah (NVA). Tujuan penggambaran *future VSM* adalah untuk mengetahui perbedaan yang terjadi setelah adanya *improvement* yang terlihat dari *lead time* produksi yang semakin pendek. Minimasi *waste* dilakukan dengan mengoptimalkan aktivitas produksi dan meminimalkan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah di dalam aliran proses produksi. Berdasarkan Gambar 8 diketahui waktu total keseluruhan proses produksi mesin *hydrotyller* mengalami penurunan sebesar 6 jam 6 menit. Pada kondisi awal, total *lead time* produksi mesin *hydrotyller* adalah 19 jam 32 menit.

Kemudian, setelah dilakukan perbaikan dengan standarisasi kerja waktu total produksi menjadi 48.370,51 detik atau 13 jam 26 menit.

Adanya perbaikan yang dilakukan pada proses produksi mesin *hydrotyller* membuat produksi berjalan lebih cepat karena hilangnya aktivitas-aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dan menyebabkan terjadinya pemborosan. Pada kondisi awal, total *lead time* produksi mesin *hydrotyller* adalah 19 jam 32 menit. Kemudian, setelah dilakukan eliminasi aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah (NVA) waktu total produksi menjadi 48.370,51 detik atau 13 jam 26 menit. Waktu total keseluruhan proses produksi mesin *hydrotyller* mengalami penurunan sebesar 6 jam 6 menit.



Gambar 8. Future Value Stream Mapping (VSM)

Simpulan

Berdasarkan hasil perhitungan akhir WAM didapat 2 jenis *waste* yang memiliki nilai tertinggi yaitu *waste motion* dengan persentase nilai 19,99% dan *waste inventory* dengan persentase nilai 18,98%. Hal ini menunjukkan bahwa kedua *waste* ini merupakan *waste* yang paling dominan dalam proses produksi *hydrotiller* sehingga perbaikan harus difokuskan terutama kepada dua *waste* ini. Dari pemetaan aktivitas yang dilakukan dengan menggunakan tool PAM didapat persentase VA sebesar 68,52%, NNVA sebesar 22,51%, dan NVA sebesar 8,97%. Total *lead time* produksi adalah 19 jam 32 menit.

Usulan perbaikan diberikan untuk setiap *workstation* berdasarkan pemborosan yang terjadi pada *workstation* tersebut. Adanya usulan perbaikan ini berdasarkan perhitungan terjadi perubahan waktu total keseluruhan proses produksi mesin *hydrotiller* menjadi 48.370,51 detik atau 13 jam 26 menit. Waktu total keseluruhan proses produksi mesin *hydrotiller* mengalami estimasi penurunan sebesar 6 jam 6 menit.

Kesan Pesan

Pak Bambang adalah sosok dosen yang hangat dan bersahaja. Selama kuliah saya belajar mengenai standarisasi dan penilaian kesesuaian serta manajemen inovasi dari beliau. Dalam mengampu mata kuliah terutama mata kuliah standarisasi beliau memberikan penjelasan, membagi pengalaman, dan membuka cakrawala saya mengenai pentingnya standarisasi dalam dunia industri. Selain itu, selama beliau menjadi dosen pembimbing tugas akhir saya, beliau banyak sekali memberikan masukan, saran, dan bimbingan kepada saya dalam menyelesaikan laporan tugas akhir. Terima kasih banyak Pak Bambang atas semua dedikasi

yang telah diberikan, semoga Bapak selalu diberikan kesehatan dan dapat terus berkarya dan menjadi inspirasi bagi kami.

Daftar Pustaka

- Fanani, Z. & Singgih, M.L. (2011). Implementasi Lean Manufacturing Untuk Peningkatan Produktivitas (Studi Kasus pada PT Fortuna Malang). *In Proceeding of Seminar Nasional Manajemen Teknologi XIII MMT-ITS Surabaya 2011*.
- Gasperz, V. & Fontana, A. (2011). *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Bogor: Vinchristo Publication.
- Herjanto, E. (1999). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: PT. Gramedia Widia Sara Indonesia.
- Pradana, Y., Handayani, N.U., & Suliantoro, H. (2016). Analisis Pemborosan (Waste) Material Pada Proses Produksi Aqua Kemasan 240ml Di Pt. Tirta Investama Klaten. *Industrial Engineering Online Journal*, 6(2).
- Rawabdaeh, I.A. (2005). A Model for The Assessment of Waste in Job Shop Environment. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(8), 800-22. DOI: 10.1108/01443570510608619.

Penerapan Lean Manufacturing yang Menguntungkan Sebuah Organisasi⁴

Alya Az Zahraa

Program Studi S2 Teknik dan Manajemen Industri, Departemen
Teknik Industri,
Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia
E-mail: alyaazzahraa@gmail.com

Pendahuluan

Pembangunan dan kemajuan industri serta perdagangan baik secara nasional dan internasional, semakin zaman semakin berkembang dengan pesat dan kini dihadapkan pada persaingan yang tajam di era globalisasi. Setiap aktivitas proses produksi, produksinya selalu berusaha untuk menghasilkan produk yang berkualitas yaitu dengan menerapkan standar kualitas produk. Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada perusahaan adalah masih dijumpai banyak pemborosan (*waste*) pada proses produksi yang merupakan kegiatan yang menyita waktu, sumber daya dan ruang, tetapi tidak menambah nilai pada produk atau jasa dari perspektif pelanggan (*non-value added*) (Charron, dkk., 2015). Metode yang terbukti sangat bagus dalam mengurangi pemborosan (*waste*) adalah *Lean Manufacturing* (LM). Akhir-akhir ini sudah banyak perusahaan industri yang menerapkan sistem LM untuk pengembangan proses produksinya. Dengan menerapkan sistem LM perusahaan dapat

⁴ Cite this chapter (APA):

Zahraa, A. A. (2022). Penerapan lean manufacturing yang menguntungkan sebuah organisasi. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 61-67). Undip Press.

meningkatkan nilai tambah (*value added*), produk (barang/jasa), dan menghilangkan pemborosan (*waste*).

LM dapat didefinisikan sebagai sistem manufaktur terintegrasi yang bertujuan untuk memaksimalkan kapasitas dan pemanfaatan tanpa melibatkan biaya tambahan didalamnya dan juga meminimalkan persediaan penyangga dengan menerapkan teknik dalam meminimalkan sistem variabilitas (De Treville & Antonakis, 2006). LM dan sistem manajemen memperluas wilayah dengan mencakup hampir semuanya mulai dari pengembangan produk hingga distribusi produk pada pelanggan (Jasti & Kodali, 2014). LM adalah sistem yang membantu mengidentifikasi dan mengeliminasi dari pemborosan, meningkatkan kualitas, dan mengurangi waktu biaya produksi (Wilson, 2010). Aplikasi dari *lean* yaitu mengurangi waktu *lead time* dan meningkatkan *output* dengan meng-hilangkan pemborosan yang timbul dalam berbagai bentuk (Gaspersz, 2011). *Lean* berfokus pada peniadaan atau pengurangan pemborosan, dan juga peningkatan atau penafasan secara total aktivitas yang akan meningkatkan nilai ditinjau dari sudut pandang konsumen. Nilai sama artinya dengan segala sesuatu yang ingin dibayar oleh konsumen untuk suatu produk (Mekong, 2004). LM merupakan suatu konsep yang dapat meningkatkan kinerja lini produksi menjadi lebih baik, lebih cepat, dan lebih murah dengan ruang yang minim, inventori kecil, *labor hour* yang kecil, dan menghindari pemborosan (Womack, dkk., 1991).

Terdapat lima prinsip utama yang tertanam dalam sistem LM yaitu (Omogbai & Konstantinos, 2016):

- a. Menentukan nilai masing-masing spesifikasi produk dari mata pelanggan.
- b. Mengidentifikasi aliran nilai dari setiap produk.
- c. Membuat aliran nilai secara terus-menerus.

- d. Membiarkan pelanggan menarik nilai dari produsen.
- e. Penyempurnaan.

Pembahasan

Di dalam LM terdapat beberapa konsep dalam mengidentifikasi suatu pemborosan (*waste*). Implementasi sistem LM dapat menghilangkan 8 aktivitas yang tidak bernilai tambah (*Non-Value Added*) (Venkataraman, dkk., 2014). Konsep *Value Stream Mapping* (VSM) adalah langkah kedua dari *lean thinking*. VSM digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi ketidakefisienan yang terjadi pada suatu perusahaan, terutama pemborosan pada proses produksi (Salunke & Hebbar, 2014). VSM adalah teknik *lean* untuk menganalisis keadaan saat ini menuju keadaan masa depan yang diinginkan untuk rangkaian proses produk layanan dari awal sampai kepada pelanggan. *Value Stream Mapping Tools* (VALSAT) merupakan salah satu tools yang dapat melihat dan menggambarkan aliran bahan maupun informasi dari suatu proses bisnis dengan mengidentifikasi 7 jenis pemborosan (pemborosan produksi berlebih, inventori, proses berlebih, gerakan tidak perlu, menunggu, cacat produk, dan transportasi) (Steur, dkk., 2016).

Upaya sistematis untuk mereduksi pemborosan adalah hal yang mendasar untuk mengurangi buruknya kualitas dan mengeliminasi permasalahan manajemen. Upaya mengeliminasi pemborosan ini pun diyakini mampu meningkatkan keunggulan bersaing perusahaan terutama dalam peningkatan produktivitas dan kualitas (Li, 2014). Pemborosan dapat didefinisikan sebagai seluruh aktivitas untuk menghasilkan produk dari tahap awal hingga akhir dapat dikategorikan atas *value added* (yang memberikan nilai tambah dan *non value added* (tidak memberikan nilai tambah). Setiap proses yang *non-*

value added dari sudut pandang konsumen harus dieliminasi (Mekong, 2004).

Toyota telah mendefinisikan tujuh jenis *waste* yang tidak menambah nilai dalam proses bisnis atau manufaktur. Ketujuh *waste* tersebut adalah sebagai berikut (Liker & Meier, 2006):

1. *Waste of overproduction*

Produk yang diproduksi namun tidak dapat dijual karena merupakan *waste of overproduction*. *Waste* ini dapat berupa memproduksi sesuatu lebih awal dari yang dibutuhkan atau memproduksi dalam jumlah yang lebih besar daripada yang dibutuhkan pelanggan.

2. *Waste of motion*

Pergerakan karyawan dalam mengerjakan produk adalah keniscayaan yang memang harus terjadi. Namun apabila terjadi gerakan yang tidak memberikan nilai tambah bagi produk maka dapat dikategorikan sebagai *waste*. Gerakan yang tidak perlu antara lain mencari, memilih atau menumpuk komponen, alat dan lain sebagainya.

3. *Waste of transportation*

Pada sistem yang didesain dengan bagus, tempat kerja dan tempat penyimpanan berada berdekatan agar perpindahan bahan dekat. Peralatan diletakkan pada tempat alat tersebut digunakan. Material dipindahkan kedalam proses sesuai dengan kebutuhan.

4. *Waste of processing*

Proses yang tidak memberikan nilai tambah harus dihilangkan. Perubahan desain produk sering menyebabkan pengurangan beberapa *part* pada produk akhir. *Processing waste* dapat berupa melakukan proses yang tidak perlu, atau melaksanakan pemrosesan yang tidak efisien.

5. *Waste of time*

Waste time dapat dibagi ke dalam dua golongan yaitu *waiting time* dan *queuing time*. *Waiting time* terjadi apabila suatu *part* sudah selesai diproses, namun *part* yang lain yang akan dirakit bersamanya belum selesai. *Queuing time* terjadi apabila suatu *part* sudah selesai dikerjakan, namun mesin yang akan mengerjakan *part* tersebut masih mengerjakan pekerjaan lain.

6. *Waste of defective product*

Waste ini timbul akibat memproduksi produk atau komponen yang cacat, atau memerlukan perbaikan. Perbaikan atau pengerjaan ulang, *scrap*, memproduksi barang pengganti, dan inspeksi, berarti tambahan penanganan, waktu, dan upaya yang sia-sia.

7. *Waste of inventory*

Waste yang timbul akibat *inventory* yang berlebihan. Pengeluaran-pengeluaran akibat *waste* ini antara lain adalah biaya gudang, biaya karena produk menjadi usang, dan produk rusak.

VSM adalah teknik *lean* untuk menganalisa keadaan saat ini menuju keadaan masa depan yang diinginkan untuk rangkaian proses produk layanan dari awal sampai ke pelanggan. VSM merupakan sekumpulan dari aktivitas yang di dalamnya terdapat kegiatan yang memberikan nilai tambah dan yang tidak memberikan nilai tambah yang dibutuhkan untuk membawa produk melewati aliran utama, mulai dari raw material hingga sampai ke tangan konsumen (Hines & Taylor, 2000). VSM adalah suatu alat yang ideal sebagai langkah awal dalam melakukan proses perubahan untuk mendapatkan kondisi *lean manufacturing* atau *lean enterprises* (Goriwondo, dkk., 2011). VSM merupakan metode dalam LM yang memperbaiki dan

menunjukkan aliran persediaan dan informasi menggunakan simbol, metrik, serta panah untuk menghasilkan produk atau layanan yang dikirimkan ke konsumen (Venkataramana, dkk., 2014).

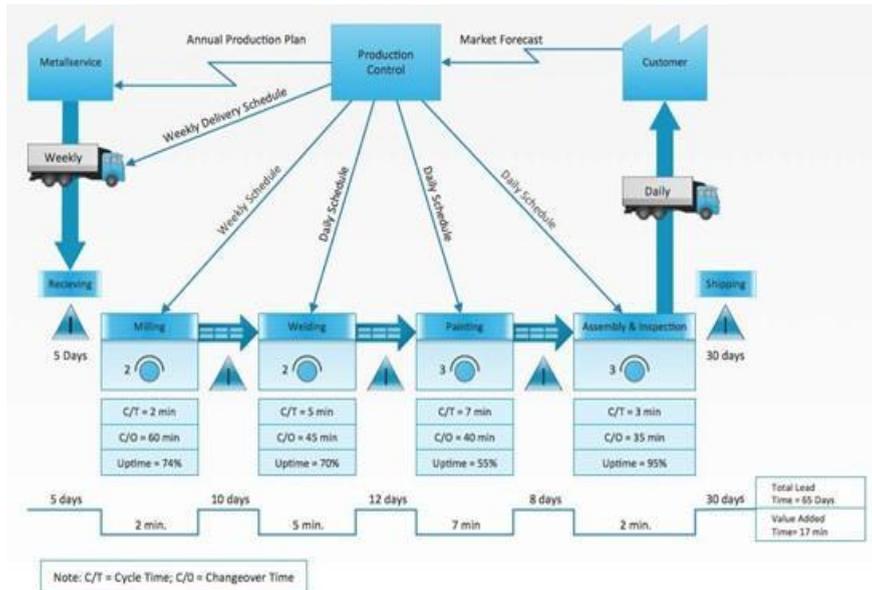
Pada aliran proses merupakan representasi visual untuk menentukan *waste* yang terjadi. Peta aliran nilai digunakan untuk menilai proses manufaktur yang ada pada kondisi saat ini dan menciptakan *future state mapping* dari sebuah perbaikan proses. VSM dimungkinkan perusahaan untuk memetakan aliran proses yang membantu dalam mengidentifikasi berbagai faktor seperti:

- a. *Value Added Time* (waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi suatu produk hingga jadi).
- b. *Non-Value Added* (waktu yang tidak memiliki kontribusi terhadap produksi produk hingga barang jadi).
- c. *Cycle Time* (waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu unit produk).
- d. *Takt Time* (waktu yang dibutuhkan untuk mengganti atau mengubah alat dan pemrograman dll) (Venkataraman, dkk., 2014).

Indeks pengukuran pada VSM dapat dijelaskan sebagai berikut (Simon & W, 2009):

- a. *First Time Through (FTT)* adalah persentase dari unit yang telah sempurna dan sesuai standar kualitas.
- b. *Build to schedule* adalah pembuatan penjadwalan untuk merencanakan pembuatan produk secara tetap pada waktu yang telah ditentukan.
- c. *Dock to time* adalah waktu yang diperlukan ketikan pembongkaran bahan baku sampai barang telah siap dikirimkan kepada pelanggan.
- d. *Value ratio* adalah keseluruhan aktivitas yang menghasilkan nilai tambah bagi pelanggan terhadap produk.

- e. *Available Time (A/T)* adalah perhitungan pengurangan waktu total kerja dengan waktu istirahat, sehingga dapat dikatakan waktu yang diperlukan setiap karyawan dalam menghasilkan suatu produk.



Gambar 1. Value Stream Mapping

- f. *Takt time* adalah waktu yang diperlukan oleh proses produksi untuk menghasilkan produk sesuai permintaan pelanggan.
- g. *Working time (W/T)* adalah waktu kerja yang dibutuhkan setiap operator.
- h. *Value added* adalah aktivitas yang dapat memberikan nilai tambah pada produk.
- i. *Non value added* adalah aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah bagi pelanggan.

Banyak peneliti yang memberikan kontribusi untuk perbaikan proses *supply chain* di sebuah organisasi dengan menggunakan VSM. *Value Stream tools* baru banyak bermunculan karena meningkatnya kompleksitas di bidang manufaktur. Banyak *tools* dalam LM yang telah dikembangkan dan sedang dalam proses untuk mendukung *Value Stream*. Pada Tabel 1 menunjukkan beberapa kontribusi besar yang diberikan oleh peneliti pada bidang VSM.

Selain kontribusi peneliti pada Tabel 1, Tabel 2 menunjukkan peneliti lainnya yang memberikan kontribusi besar pada sebuah organisasi dengan menggunakan VSM.

Tabel 1. Kontribusi Besar pada VSM

Kontribusi Besar	Area Kerja
Monden (1993)	Menentukan nilai dari sudut pandang pelanggan.
Jesop & Jones (1995)	Mengembangkan alat untuk mengerti <i>value stream</i> yang berbeda dan tumpang tindih secara alami.
Hines et al (1998); Hines (1999); Grewal & Sareen (2006); Grewal & Sigh (2006)	Mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan.
Brunt (2000); Abdulmalek & Rajagopal (2007); Seth et al (2008); McDonald (2002)	Meningkatkan produktifitas dari proses industri.
Emiliani & Stec (2004)	Meningkatkan kepemimpinan.
Mcmanus & Millard (2002)	Meningkatkan produk.
Seth & Gupta (2005)	Meningkatkan produktifitas pada <i>supplier</i> akhir.

Synder et al (2005)	Pusat kesehatan.
Seth et al (2008)	Menempatkan berbagai <i>waste</i> di <i>Supply Chain</i> pada industri minyak biji kapas.
Faisal et al (2006)	Menempatkan <i>Supply Chain</i> dari dua dimensi risiko dan kepuasan pelanggan.
Klotz et al (2008)	Menjelaskan pengaruh dari proses pemetaan kepada transportasi pada sesi <i>training</i> pegawai.
Lasa et al (2008)	VSM adalah alat untuk melakukan desain ulang pada sistem yang produktif.

Sumber: Manjunath et al. (2014)

Tabel 2. Kontribusi Besar pada Beberapa Peneliti Lainnya

Kontribusi Besar	Area Kerja
Abdulmalek & Jayant (2007)	Meningkatkan performa dari perusahaan <i>integrated steel mill</i> dengan mengidentifikasi area yang memiliki <i>value added & non-value added</i> .
Panat et al (2014)	Peningkatan efisiensi yang melebihi target dengan mene-rapkan <i>lean six sigma</i> dan peningkatan kepuasan <i>stakeholder</i> tanpa mengorbankan ketelitian teknik dan kontrol konfigurasi.
Patel et al (2015)	Peningkatan kualitas.
Nyata & Wiguna (2018)	Penghematan waktu atau meminimalisir keterlambatan.

Simpulan

Dengan menerapkan LM dalam sebuah organisasi guna meningkatkan kompleksitas terutama pada bidang manufaktur itu sangat penting. Singkatnya, LM merupakan sistem yang dapat membantu mengidentifikasi dan mengeliminasi dari pemborosan, meningkatkan kualitas, dan mengurangi waktu biaya produksi. Ada beberapa *tools* dalam menerapkan LM,

salah satunya ialah dengan menggunakan VSM. VSM merupakan *tools* dalam LM yang memper-baiki dan menunjukkan aliran persediaan dan informasi menggunakan simbol, metrik, serta panah untuk menghasilkan produk atau layanan yang dikirimkan ke konsumen. Sudah banyak peneliti yang memberikan kontribusi dalam penerapan LM terutama di bidang manufaktur guna perbaikan proses *supply chain* di sebuah organisasi dengan menggunakan VSM.

Kesan Pesan

Ilmu yang diberikan oleh Pak Bambang selama dua semester yang saya dapatkan sangat bermanfaat dan sangat *relatable* dalam dunia manufaktur. Akan selalu saya ingat dan terapkan dalam dunia pekerjaan. Semoga apa yang sudah Pak Bambang berikan kepada mahasiswa-mahasiswinya menjadi amalan jariyah beliau, menjadi ladang pahala beliau, selalu diberikan kesehatan dan keselamatan, dan tidak capek dalam membagi ilmu-ilmu yang beliau punya. Terimakasih Bapak.

Daftar Pustaka

- Abdulmalek, F., & Jayant, R. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *Journal Production Economic*, 107, 223-236.
- De Treville, S., & Antonakis, J. (2006). Could lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational, and levels-of-analysis issues. *Journal of Operations Management*, 24, 99-123.
- Gaspersz, V. (2011). *Lean Six Sigma For Manufacturing and Service Industries*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hines, P., & Taylor, D. (2000). *Going Lean*. UK: Lean Enterprise Research Canter.

- Jasti, N., & Kodali, R. (2014). Lean production: Literature review and trends. *IJ Prod Res*, 53, 867-885.
- Li, X. (2014). *A Literature Review On Value Stream Mapping With A Case Study of Applying Value Stream Mapping On Research Process*. Texas A&M University: Doctoral Dissertation.
- Liker, J., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook*. US: McGraw-Hill.
- Mekong, C. (2004). *Introduction To Lean Manufacturing*. Vietnam.
- Nyata, D., & Wiguna, I. (2018). Analisis keterlambatan pada proyek PT. Jatim Taman Steel di Gresik dengan menggunakan lean six sigma framework. *Journal Aplikasi Teknik Industri*, 16(1).
- Omogbai, O., & Konstantinos, S. (2016). Manufacturing System Lean Improvement Design Using Discrete Event Simulation. *Prodecia*, 57, 195-200.
- Salunke, S., & Hebbar, S. (2014). Value stream mapping: A continuous improvement tool for reduction in total lead time. *International Journal of Current Engineering*, 2, 931-934.
- Simon, H., & W. (2009). *Supply Chain Strategies, Issues, and Models*. London.
- Wilson, L. (2010). *How To Implement Lean Manufacturing*. USA: McGraw-Hill.

The Effect of Mixture Composition on the Characteristics of Briquette Products from Tea Waste: A Systematic Literature Review⁵

Eko Setiawan*, Rahmatullah, M. Kuntoro Cahyono Putro

Departemen Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Surakarta,
Surakarta, Indonesia

*E-mail: eko.setiawan@ums.ac.id

Introduction

Nonrenewable fossil fuels are among the energy sources used by Indonesians. Their usage on a regular basis will make them run out. These lead to the need of the development of alternative energy products. Agricultural products, among others, can be used to generate alternative energy (Papilo, 2012).

Tea (*Camellia sinensis*), apart from water, is the most consumed drink in the world (FAO, 2022b). Tea is also considered the furthestmost vital farming product in the world (Tzeng et al., 2015). According to FAO (2022a), Indonesia is the world's eighth-largest tea producer in year 2020. Export value of Indonesian tea reaches US\$ 96.3 million in year 2020 (BPS, 2021). Clearly, tea is one of the promising export commodities.

Tea production process consists of withering, milling, oxidation (fermentation), dry-ing, and packaging (Towaha & Balitri, 2013). Spent tea waste is the residue from the tea

⁵ Cite this chapter (APA):

Setiawan, E., Rahmatullah, & Putro, M. K. C. (2022). The effect of mixture composition on the characteristics of briquette products from tea waste: A systematic literature review. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 69-86). Undip Press.

production process and consumption (Krisnan, 2005; Towaha & Balittri, 2013). Tea waste has many benefits, two of which are as an important element in producing a certain product (Afdhol et al., 2019; Ayas & Esen, 2016; Debdoubi et al., 2005; Indira et al., 2018; Liu et al., 2018; Munda et al., 2012; Yücel & Göycincik, 2015) and for removing particular substance from another one (Arie et al., 2020; Cai et al., 2015; Fadhil et al., 2012; Tzeng et al., 2015).

Briquetting technology is considered, among other approaches available, an attractive alternative process used to convert the biomass to solid fuels (Debdoubi et al., 2005). Physical aspects that can affect the production of briquettes are the classification of raw materials, the heating system (temperature and cooking time), the particle shape of the raw materials, the classification and concentration of adhesives, and the pressing system (Purwanto, 2015).

Table 1. Quality Requirements For Charcoal Briquettes

No	Parameter	Amount (unit)
1.	Calorific value	≥ 5000 kal/g
2.	Water content	≤ 8%
3.	Ash content	≤ 8%
4.	Volatile substances	≤ 15%
5.	Bonded carbon	≥ 77%
6.	Density	0,5-0,6 gr/cm ³
7.	Compressive strength	≥ 25 kg/cm ²

Source: Badan Standarisasi Nasional (2000)

The chemical characteristics of charcoal briquettes can be determined by referring to the National Standardization Agency with SNI parameters 01-6235-2000 quality requirements of wood charcoal briquettes (see Table 1).

The motivation for this study is to convert tea waste into briquette products with economic worth and quality, as well as

to categorize changes in the composition of the mixture that affects the features of the charcoal briquettes produced. This research seeks to create an accurate source of literature studies on charcoal briquette products that are related to the effect of composition on the features of tea waste briquettes. The Systematic Literature Review (SLR) approach (see, for instance, Boell & Cecez-kecmanovic (2015); Kuckertz & Block (2021); Snyder (2019)) is used to find, classify, and analyze relevant literature papers about the subject under investigation.

The SLR technique has been applied to outlining the contributions of lean thinking for Industry 4.0 (Bittencourt et al., 2019); evaluating software (Yunanto & Rochimah, 2017); identifying platform and development method of information system in Indonesia (Triandini et al., 2019); synthesizing the body of knowledge on the behavioral reasoning theory (Sahu et al., 2020); and summarizing references on customer engagement (Ng et al., 2020), to name a few. The goal of this research is to find relevant literature studies on tea waste and to discover the parameters of variance in the composition of charcoal briquette mixtures that are good to use and have an impact on the briquettes' qualities.

Method

This study uses the SLR technique with the goal of identifying relevant search results related to the research topic, which is tea waste-based charcoal briquettes, as a means of developing and utilizing alternative fuels, particularly among Indonesian users. Kitchenham & Charters (2007) characterize the SLR approach as having several stages: identifying the research question, the search process, study selection, quality assessment, and data extraction outcomes.

The first step is to decide on a boundary formulation. The context of this study is provided by a research topic. Based on

this, the problem under concern is elaborated into numerous research questions, as follows:

- a. Research Question (RQ) 1: What are the characteristics of charcoal briquettes from tea waste (*Camellia sinensis*)?
- b. Research Question (RQ) 2: How does the composition of the mixture affect the quality of the charcoal briquettes from tea waste?
- c. Research Question (RQ) 3: What are the factors that can affect the improvement of the quality of briquettes from tea waste in accordance with the parameters of SNI.6235-2000 regarding the quality of wood charcoal briquettes?

The importance of the search method is to gather relevant literature study sources in order to answer the research question after identifying the boundary formulation. Using search engines from the database, such as Google Scholar, Science Direct, emerald insight, IEEE Xplore, and link springer, the search process can be linked directly to relevant references. The publication period is from 2001 to 2020, or the last 20 years, with journals, workshops, and conferences as the forms of published media. The keyword string "Briquette Characteristics" OR "Briquette Composition" OR "Briquette Waste Tea" OR "Briquette Factor" OR "Characteristics of Charcoal Briquettes" OR "Briquette Mix Composition" OR "Tea Waste Briquettes" OR "Briquette Factor" OR "Characteristics of Charcoal Briquettes" OR "Characteristics of Charcoal Briquettes" In the search form section, adding a string to make the search process easier.

The second stage, reviews, will be classified based on the journal's output as well as the exclusion criteria. Review two seeks to identify and examine the abstract side, keywords, and conclusions after acquiring the results from review one. In review three, an analysis was carried out by evaluating the

quality of the literature study using questions on Quality Assessment (QA). The information gathered will be saved in the Mendeley program. In addition, analysis is performed to answer issues raised during the formulation of the problem and to reach conclusions.

Table 2. Literature Search Results

<i>String</i>	<i>Google Scholar</i>	<i>Science Direct</i>	<i>Emerald Insight</i>	<i>IEEE Xplore</i>	<i>Link Springer</i>	Total	Year
Stage 1	995	68	70	26	6.430	7.589	2001-2020
Review 1	61	2	0	0	0	63	
Review 2	61	0	0	0	0	61	
Review 3	22	0	0	0	0	22	

Result and Discussion

Search Process Results

The results of the process of searching for sources of literature studies by entering keywords into search engines (Google Scholar, Science Direct, emerald insight, IEEE-Xplore and link springer) with a publication time span from 2001 to 2020 or the last 20 years. The results of the search process have collected as many as 22 titles of literature studies. Table 2 presents the results of the search for the literature study.

Study Selection Results

By applying exclusion and inclusion criteria, not all sources of literature research about charcoal briquettes obtained are further investigated. Inappropriate problem formulation, publication time before 2001, and literature studies unrelated to the research title are all exclusion factors. While the main focus of the literature study was only discussing the research title, the

inclusion criteria are literature studies in the form of journals, workshops, and conferences; the publication times are between 2001 and 2020; and relevance of the references to the problem under study. After doing so, 61 references go to the next stage.

Quality Assessment Results

The quality assessment aims to classify or assess literature studies based on certain research questions. At this stage, the following questions are used:

- a. (QA1): Is the reference source in conformity with the inclusion and exclusion criteria?
- b. (QA2): Does the literature contain the information needed?
- c. (QA3): Does the literature discuss the compositions used in developing the characteristics of briquette products from tea waste?

These questions are subsequently used to evaluate each of the literature, with two options of answers:

(Y): Yes, if it is related to the characteristics and composition already available in the journal.

(N): No, if there is no relationship with the characteristics and composition of the journal.

The results of this process are presented in Table 3.

Data Analysis Results

The search process yielded 7,589 literature studies after employing keywords and a publication span of 2001 to 2020. All of the literature papers were re-filtered, including the inclusion and exclusion criteria, yielding a total of 61 studies. Figure 1 presents the distribution of the 22 references by year of publication. Experimental research is the research method that has been gathered.

Table 3. Quality Assessment Results

No	Reference	QA1	QA2	QA3	Re-sult
1	Andriyono & Tjahjanti (2016)	Y	N	N	X
2	Anggoro et al. (2017)	Y	N	N	X
3	Ansar et al. (2020)	Y	N	N	X
4	Arbi & Irsad (2018)	Y	Y	Y	✓
5	Aridito & Cahyono (2019)	Y	N	N	X
6	Arfani et al. (2016)	Y	Y	Y	✓
7	Arifin & Noor (2016)	Y	Y	Y	✓
8	Ariwidyanata et al. (2019)	Y	Y	Y	✓
9	Asip et al. (2017)	Y	N	N	X
10	Asprila et al. (2019)	Y	N	N	X
11	Asri & Indrawati (2018)	Y	Y	Y	✓
12	Azhar (2018)	Y	Y	Y	✓
13	Efendi et al. (2020)	Y	N	N	X
14	Faizal et al. (2014)	Y	Y	Y	✓
15	Faiz et al. (2016)	Y	Y	Y	✓
16	Handayani et al. (2016)	Y	N	N	X
17	Handayani et al. (2019)	Y	N	N	X
18	Hapid et al. (2018)	Y	N	N	X
19	Harlan et al. (2020)	Y	N	N	X
20	Hasan & Ghofur (2019)	Y	N	N	X
21	Ihsan & T (2019)	Y	N	N	X
22	Indrawijaya et al. (2019)	Y	Y	Y	✓
23	Irawan et al. (2020)	Y	Y	Y	✓
24	Irhamni et al. (2019)	Y	N	N	X
25	Iriany et al. (2016)	Y	Y	Y	✓
26	E. W. Kurniawan et al. (2019)	Y	N	N	X
27	F. A. Kurniawan & Syukron (2019)	Y	N	N	X
28	Kustiawan et al. (2018)	Y	N	N	X
29	Lestari & Tjahjani (2015)	Y	Y	Y	✓
30	Florentino-Madiedo et al. (2019)	Y	N	N	X

Table 3. Quality Assessment Results (cont.)

No	Reference	QA1	QA2	QA3	Re-sult
31	Malik et al. (2017)	Y	N	N	X
32	Manisi et al. (2019)	Y	Y	Y	✓
33	Moeksin et al. (2017)	Y	N	N	X
34	Montiano et al. (2016)	Y	N	N	X
35	Muharyani et al. (2012)	Y	N	N	X
36	Nasruddin & Affandy (2011)	Y	N	N	X
37	Noorhakim et al. (2020)	Y	N	N	X
38	Novrizal et al. (2018)	Y	Y	Y	✓
39	Pell et al. (2017)	Y	N	N	X
40	Prabowo (2018)	Y	Y	Y	✓
41	A. A. Pratama et al. (2018)	Y	Y	Y	✓
42	K. B. Pratama et al. (2020)	Y	N	N	X
43	Prihono (2020)	Y	Y	Y	✓
44	Pujasakti & Widayat (2018)	Y	N	N	X
45	Purnawarman et al. (2015)	Y	N	N	X
46	H. P. Putra et al. (2013)	Y	Y	Y	✓
47	J. Putra et al. (2017)	Y	N	N	X
48	Rahman et al. (2019)	Y	Y	Y	✓
49	Sjarif (2017)	Y	N	N	X
50	Ristianingsih et al. (2015)	Y	N	N	X
51	Witjaksono et al. (2018)	Y	N	N	X

No	Reference	QA1	QA2	QA3	Re-sult
52	Sabitah et al. (2020)	Y	N	N	X
53	Samuel et al. (2017)	Y	Y	Y	✓
54	Sari et al. (2018)	Y	N	N	X
55	Shobar et al. (2020)	Y	Y	Y	✓
56	Siregar et al. (2015)	Y	Y	Y	✓
57	Smith & Idrus (2017)	Y	N	N	X
58	Sudiro & Suroto (2014)	Y	N	N	X
59	Sulistyaningkartti & Utami (2017)	Y	N	N	X
60	Syarief et al. (2020)	Y	N	N	X
61	Tarsito & Sutanto (2013)	Y	N	N	X

Symbol description:

(✓): The literature has a “Y” answer to all the three questions.

(X): The literature has at least a “N” answer to all the three questions

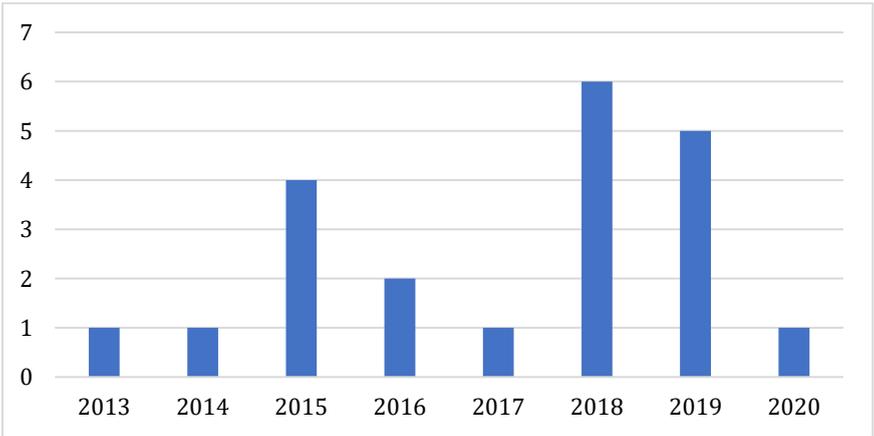


Figure 1. Distribution of Literature Studies by Year of publication

After reviewing 22 literature studies with good categories, data extraction was carried out. It aims to analyze data based on the author's name, aspects used and findings with important data that has been collected. Table 4 gives the results of the data extraction process.

Discussion

RQ1: What are the characteristics of charcoal briquettes from tea waste (*Camellia sinensis*)?

According to Indrawijaya et al., (2019), tea dregs can be used as a raw material for charcoal briquettes. The test findings on the four samples revealed that 20 grams of tea pulp and 15 grams of starch adhesive had the lowest water content of 4.69 percent and the lowest ash content of 2.7 percent, while the calorific value is at 3,960.69 calories per gram, still below the desired value of 5,000 calories per gram. Tea dregs, on the other hand, had the highest calorific value and the longest burn time, and produced the least smoke compared to other components.

Prabowo (2018) looked at a feasibility study on turning tea waste into new products with a high economic value. This feasibility study will determine whether or not a business, particularly briquettes made from tea waste, is viable. The feasibility study is separated into two parts: the financial aspect as financial and the technical component as technical. The findings of BEP, NPV, and IRR calculations are good and judged practical. The technical element of the non-financial aspect yielded the maximum calorific value of 5,665.83 cal/gr, with good water content of 3.5 percent, ash content of 11.7 percent, and bonded carbon of 60.03 percent.

Table 4. Results of Data Extraction Process

No.	Reference	Aspect	Findings
1	Indrawijaya et al. (2019)	Raw Material	Raw materials from tea waste produced alternative raw materials in the form of water content of 4.62% and ash content of 2.1%, and the calorific value of 3,960.69 cal/gr still does not meet the quality standard parameters.
2	Prabowo (2018)	Raw Material	The feasibility study of the characteristics of briquettes made from tea waste resulted in the largest calorific value of 5,655.83 cal/gr, parameter ash content of 11.7% and bound carbon content of 60.03% still needs improvement.
3	Azhar (2018)	Raw Material	Charcoal briquettes of tea waste have an effect on the optimum level given, the quantity of tea charcoal is 200 g, starch flour is 80 g and water is 80 ml, resulting in a calorific value of 5,682.1611 cal/gr.
4	Arfani et al. (2016)	Raw Material	Designing a tea waste briquette press with an average effective capacity of 2,907 kg/hour will produce a characteristic calorific value of 5,740,7010 cal/gr ash content of 6.35% and water content of 2.6%.

5	Samuel et al. (2017)	Raw Material	Modification of the tea waste briquette press had an effect on the highest effective capacity of 5,985 kg/hour will produce a calorific value of 6,677,9583 cal/gr and an IRR value of 38.83%
6	Ariwidyanata et al. (2019)	Mixed Composition	The composition of the mixture of tea waste trembesi wood powder was different, but tapioca flour adhesive and the same pressure gave a moisture content of 5.67% and an ash content of 4.3%, while the density was 0.72 g/cm ³ and the calorific value was 3,845,733 cal/gr. not meet quality standards.
7	Faiz et al. (2016)	Mixed Composition	A mixture of 50% corn cobs and 50% tea yielded 8,400.17 cal/gr calorific value, 3.62% ash content, and 3.53% water content, while the density value of 0.415 g/cm ³ did not meet the quality standard.
8	Siregar et al. (2015)	Mixed Composition	A mixture of 0% risk husk and 100% tea waste produced 5.661,41 cal/gr calorific value and 5,876% ash content; other parameters still did not meet the quality standard.
9	Irawan et al. (2020)	Mixed Composition	A mixture of 80% rice husk and tea waste and 20% tapioca starch adhesive give 11.638,112 cal/gr optimum calorific value.

Azhar (2018) discovered the factors that contribute to the improved quality of tea charcoal briquettes; the results of this experimental test analyzed the heat content contained in teas waste using three levels, namely the quantity of tea charcoal 100, 150, and 200 grams, the quantity of starch 7.5, 10, and 12.5 grams, and the quantity of hot water 80, 120, and 200 ml. With a composition of 20 grams of tea charcoal, 10 grams of starch, and 80 ml of hot water, these three levels generate a good optimum parameter value, resulting in the highest calorific value of 5,682.1611 cal/gr.

Arfani et al., (2016) tested briquette printing equipment and examined the properties of tea waste raw materials blended with a starch adhesive in their study. A screw press system with a lever to rotate the mould retaining plate and a jack with a pressure force of 10 tons is used in the pressing operation. The highest calorific value of 5,740,7010 cal/gr, the water content of 2.6 percent, and the ash content of 6.35 percent were found in testing of briquette printing equipment for tea waste raw materials with an average effective capacity of 2,907 kg/hour.

Samuel et al., (2017) replaced a hydraulic press system on a charcoal briquette press to boost the tool's effective capacity and improve the quality of the briquettes produced. Tea trash is made with charcoal briquettes and a 15 percent starch adhesive made from the whole weight of the briquettes, as well as water as an adhesive. With a calorific value of 6.677.9583 cal/gr and a compressive strength of 10.59 kg/cm², the printing results provided the highest calorific value and compressive strength. By looking at the significant investment returns to be attained, the Internal Rate of Return (IRR) of 38.83 percent indicates that the tea waste charcoal briquette business is reasonable to run.

RQ2: What effect does the composition of the combination have on the quality of the tea waste charcoal briquettes?

Ariwidyanata et al., (2019) used tea waste from tea production process and trembesi wood sawdust from the sawmill process. The mixture of tea waste, tamarind wood powder, and tapioca flour adhesive filtered through 60 mesh produces good briquette parameters with a moisture content of 5.62 percent and a 4.3 percent ash content, but the mass density parameter value of 0.72 g/ cm³ and the calorific value of 3,845.733 cal/gr did not meet the quality standards.

Faiz et al., (2016) compared the composition of a mixture of corn cobs and tea waste mixed with water and starch glue, weighing as much as 15 grams or 15% of the raw material, in an experiment. The ideal raw materials for creating briquettes are 50 percent maize cobs and 50 percent tea trash, resulting in good metrics such as 8,400.17 cal/gr, 3.62 percent ash content, and 3.53 percent water content, although the density value of 0.415 g/cm³ does not meet the quality level.

Siregar et al., (2015) combined charcoal briquettes with a prohibited drip flour adhesive made from a blend of rice husks and tea dregs in a five-treatment ratio. The mixture of 100 percent tea dregs and 0 percent rice husks with the highest calorific value of 5,661.41 cal/gr and the maximum water content of 5.80 percent won this test. Generated. Meanwhile, the ash content, density, and compressive strength are all below acceptable levels.

The research of Irawan et al., (2020) tested the composition of a mixture of rice husk briquettes and pulp added with tapioca flour adhesive, which is the most optimal adhesive mixture. Charcoal briquettes are cylindrical with a diameter of 50 mm in the middle with a hole of 12 mm, and a height of 40 mm. The comparison of variance that has been done has resulted in the

best briquette parameter values in the composition of a mixture of rice husks and tea dregs at 80% and tapioca flour adhesives at 20%, which is the highest calorific value of 11,638,112 cal/gr.

RQ3: What are the factors that can affect the improvement of the quality of briquettes from tea waste by the parameters of SNI.6235-2000 regarding the quality of wood charcoal briquettes?

a. Calorific value

The calorific value is the heat energy that can be liberated by fuel by a reaction or combustion process. The calorific value aims to determine the heat value of combustion that can be obtained by briquettes as an alternative fuel (Faizal et al., 2014). The effect of the calorific value is the particle size of the charcoal, the density and the raw material of the charcoal. The smaller the particle size, the greater the calorific value. Likewise, the smaller the particle size, the greater the density (Arbi & Irsad, 2018). The addition of too much adhesive can reduce the heating value and vice versa. Thus, in making briquettes, the ratio of the mass of raw materials and adhesives must be considered (Irawan et al., 2020).

b. Moisture content

In the manufacture of briquettes, the water content greatly affects the quality of the calorific value, the smaller the water content value, the better the calorific value produced and vice versa if the resulting content value is high, the calorific value will be lower, thus affecting the quality of the briquettes (Novrizal et al., 2018). In principle, water can evaporate on heating above 100 °C. Too much water content will cause the briquettes to be difficult to ignite or in this case difficult to use as fuel. Based on water content

parameters according to SNI, namely 8% (Arifin & Noor, 2016).

c. Ash content

Ash content is one of the parameters of good briquette quality. The more ash produced from the combustion process, the lower the quality of the briquettes. On the other hand, the amount of ash produced indicates that the quality of the briquettes is good. Ash is the remaining part of the combustion process that no longer contains carbon elements (Rahman et al., 2019). The higher the ash content, of course, it is less profitable because it can cause crusts which will cover the coals when the briquettes start burning (Pratama et al., 2018).

d. Volatile matter

The levels of volatile substances are compounds contained in charcoal other than water which are high and low due to the complete carbonization process, time and temperature. If the higher the vapor content of the substance, it will produce charcoal briquettes which cause excess smoke when ignited (Shobar et al., 2020). The high and low levels of volatile substances in the briquettes produced are influenced by the composition of the mixture of raw materials (Iriany et al., 2016). The volatile matter content is mentioned as part of the flying biomass content, if the biomass is heated to a temperature between 400-500°C (Asri & Indrawati, 2018).

e. Fixed carbon

Bound carbon content is one of the parameters used to determine the quality of briquettes, the higher the bound carbon content, the better the quality of the briquettes produced, because high levels of bound carbon will produce briquettes with minimal smoke when used. Vice versa if the

bound carbon content is low, the quality of the briquettes will be lower. In addition, the higher the bound carbon content, the higher the calorific value produced (Putra et al., 2013).

f. Density of briquettes

Density is the degree to which a fuel has been compressed. Density is obtained from the ratio between mass and volume which is influenced by the pressure given during the manufacture of briquettes (Prihono, 2020). The density test was carried out by measuring the height and diameter of the briquettes and weighing the mass of the briquettes. The density of briquettes affects the quality of briquettes, because a high density will increase the heating value of the briquettes (Manisi et al., 2019). Determination of briquette density is by weighing the dried briquettes, then calculating the briquette volume according to its shape. In this study the volume of the tube, after which the density was calculated (Lestari & Tjahjani, 2015).

g. Compressive strength test

Compressive strength shows the resistance of a briquette to external pressure, causing the briquette to break or crumble. The greater the compressive strength value, the better the durability of the briquettes (Iriany et al., 2016). Determination of the compressive strength of charcoal briquettes is carried out with the aim of knowing the strength of this briquette to withstand a given load, the optimum value of the compressive strength of a charcoal briquette in accordance with SNI is 6 kg/cm^2 (Samuel et al., 2017).

Conclusion

Tea waste can be used as charcoal briquettes with a composition of 20 grams of tea waste charcoal, 10 grams of starch adhesive and 80 ml of hot water to produce a calorific value of 5,682.1611 cal/gr. In addition, modifying the charcoal briquette press where tea waste, water and starch adhesive account for 15% of total weight of briquettes resulted in the highest heating value of 6677.9583 cal/gr, compressive strength of 10.59 kg/cm², and internal rate of return of 38.83%, meaning that the tea waste charcoal briquette business is feasible to run. Comparison of the composition of the mixture on the quality of tea waste charcoal briquettes obtained from tea waste, trembesi sawdust and tapioca flour adhesive resulted in a calorific value of 3,845.733 cal/gr, 50% corn cobs and 50% tea waste and 15% starch adhesive by weight of raw materials yielded a calorific value of 8,400.17 cal/gr, 80% rice husk and tea waste and 20% tapioca flour adhesive produced a calorific value of 11,638,112 cal/gr. It is therefore indicative that the raw materials of tea waste and rice husks can be used as a composition of charcoal briquette mixture. Factors that influence the quality of charcoal briquettes from tea waste include: high calorific value, least water and ash content, low volatile matter content, high bound carbon content, and higher density and higher compressive strength.

Impression

Industrial Engineering Department of Universitas Muhammadiyah Surakarta is founded in 1995. At the beginning of its existence, the department got support from many parties and individuals. One of the individuals whose contributions are invaluable is Pak Bambang Purwanggono. For this reason, this collaborative work is solely devoted to him.

There is nothing more we can say, Pak Bambang: Thank you very much.

References

- Afdhol, M. K., Lubis, H. Z., & Siregar, C. P. (2019). Production of bioethanol from spent tea and potential used in petroleum region. *Journal of Earth Energy Engineering*, 8(1), 21–26.
- Andriyono, H., & Tjahjanti, P. H. (2016). Analisa nilai kalor briket dari campuran ampas tebu dan biji buah kepuh. *Seminar Nasional Dan Gelar Produk*, 483–490.
- Anggoro, D. D., W., M. D. H., & Fathoni, M. Z. (2017). Pembuatan briket arang dari campuran tempurung kelapa dan serbuk gergaji kayu sengon. *Teknik*, 38(2), 76–80.
- Ansar, A., Setiawati, D. A., Murad, M., & Muliani, B. S. (2020). Karakteristik Fisik Briket Tempurung Kelapa Menggunakan Perekat Tepung Tapioka. *Jurnal Agritechno*, 13(1), 1–7.
- Arbi, Y., & Irsad, M. (2018). Pemanfaatan limbah cangkang kelapa sawit menjadi briket arang sebagai bahan bakar alternatif. *CIVED: Journal of Civil Engineering and Vocational Education*, 5(4), 1–8.
- Arfani, M. F., Harahap, L. A., & Rindang, A. (2016). Rancang Bangun Alat Pencetak Briket Arang Berbahan Dasar Limbah Teh. *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian*, 4(1), 109–115.
- Aridito, M. N., & Cahyono, M. S. (2019). Pengaruh Laju Pemanasan dan Laju Hisap Gas pada Proses Pirolisis Twin Retort Rocket Stove Terhadap Karakteristik Bioarang dari Briket Limbah Serbuk Kayu. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri*, 266–275.

- Arie, A. A., Tekin, B., Demir, E., & Demir-Cakan, R. (2020). Utilization of The Indonesian's Spent Tea Leaves as Promising Porous Hard Carbon Precursors for Anode Materials in Sodium Ion Batteries. *Waste and Biomass Valorization*, 11(6), 3121–3131.
- Arifin, N., & Noor, R. (2016). Pengaruh komposisi campuran briket arang alang-alang (*Imperata Cylindrica*) untuk meningkatkan nilai kalor. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(2), 61–72.
- Ariwidyanata, R., Wibisono, Y., & Ahmad, A. M. (2019). Karakteristik fisik briket dari campuran serbuk teh dan serbuk kayu trembesi (*Samanea Saman*) dengan perekat tepung tapioka. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 7(3), 245–252.
- Asip, F., Sandra, E., & Nurhasanah, S. (2017). Pengaruh Temperatur Karbonisasi dan Komposisi Arang Terhadap Kualitas Biobriket dari Campuran Cangkang Biji Karet dan Kulit Kacang Tanah. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(1), 28–38.
- Asprila, D., Radam, R., & Lusyani. (2019). Karakteristik briket arang campuran arang kulit sabut buah nipah (*Nypa fruticans* Wurmb) dan arang sekam padi (*Oryza sativa*). *Jurnal Sylva Scienteeae*, 02(1), 55–64.
- Asri, S., & Indrawati, R. T. (2018). Analisis Pengaruh Jenis Bahan Baku Pembentuk terhadap Karakteristik Briket Biomassa. Prosiding SNATIF Ke-5 Tahun 2018, 343–348.
- Ayas, N., & Esen, T. (2016). Hydrogen production from tea waste. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(19), 8067–8072.
- Azhar, R. (2018). *Optimalisasi Produk Briket Arang Teh dengan Pendekatan Taguchi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Badan Standarisasi Nasional. (2000). *Standar Nasional Indonesia Briket Arang Kayu* (p. ii + 4). Badan Standarisasi Nasional.
- Bittencourt, V. L., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2019). Lean Thinking contributions for Industry 4.0: a Systematic Literature Review. *IFAC PapersOnLine*, 52(13), 904–909.
- Boell, S. K., & Cecez-kecmanovic, D. (2015). On being “systematic” in literature reviews in IS. *Journal of Information Technology*, 30, 161–173.
- BPS. (2021). Statistik Teh Indonesia 2020.
- Cai, H., Chen, G., Peng, C., Zhang, Z., Dong, Y., Shang, G., Zhu, X., Gao, H., & Wan, X. (2015). Removal of fluoride from drinking water using tea waste loaded with Al/Fe oxides: A novel, safe and efficient biosorbent. *Applied Surface Science*, 328, 34–44.
- Debdoubi, A., Amarti, A. El, & Colacio, E. (2005). Production of fuel briquettes from esparto partially pyrolyzed. *Energy Conversion and Management*, 46, 1877–1884.
- Efendi, R., Hermanto, Makhud, A., & Sungkono. (2020). Analisis Karakteristik Briket dari Cangkang Kemiri Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *J-Move: Jurnal Teknik Mesin*, 2(2), 31–36.
- Fadhil, A. B., Dheyab, M. M., & Abdul-Qader, A. Q. Y. (2012). Purification of biodiesel using activated carbons produced from spent tea waste. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 11(1), 45–49.
- Faiz, T. A., Harahap, L. A., & Daulay, S. B. (2016). Pemanfaatan Tongkol Jagung dan Limbah Teh Sebagai Bahan Briket. *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian*, 4(3), 427–432.
- Faizal, M., Andynapratiwi, I., & Putri, P. D. A. (2014). Pengaruh komposisi arang dan perekat terhadap kualitas biobriket dari kayu karet. *Teknik Kimia*, 20(2), 36–44.

- FAO. (2022a). *Countries by commodity*.
- FAO. (2022b). *Markets and Trade: Tea*.
- Florentino-Madiedo, L., Díaz-Faes, E., & Barriocanal, C. (2019). The effect of briquette composition on coking pressure generation. *Fuel*, 258(August), 116128.
- Handayani, H. E., Bayuningsih, R. R. Y., & Septyani, A. (2016). Analisis Pengaruh Komposisi Terhadap Karakteristik Briket Biobatuara Campuran Ampas Tebu dan Oli Bekas. *Jurnal Teknik Kimia*, 22(3), 22–25.
- Handayani, H. E., Ningsih, Y. B., & Arifin, M. A. (2019). A study of coal upgrading in briquette making based on briquette characteristics using heated mechanical methods. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 620(1), 1–9.
- Hapid, A., Muthmainnah, & Ahmad. (2018). Karakteristik briket arang dari campuran tempurung kelapa dan serbuk gergaji kayu palapi (*Heritiera Sp.*). *J. ForestSains*, 15(2), 47–57.
- Harlan, Kadir, A., & Imran, A. I. (2020). Pengaruh Kompaksi Terhadap Karakteristik Briket Kulit Buah Kakao dan Kulit Biji Jambu Mete. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 5(1), 9–14.
- Hasan, I., & Ghofur, A. (2019). Karakteristik Briket Limbah Tongkol Jagung Dengan Perekat Tepung Biji Nangka Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 4(1), 27–36.
- Ihsan, I., & T, M. A. (2019). Pengaruh Komposisi terhadap Karakteristik Briket Kombinasi Arang Tempurung Kelapa Dan Arang Bambu. *JFT: Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 6(1), 55–62.

- Indrawijaya, B., Mursida, L., & Andini, N. D. (2019). Briket bahan bakar dari ampas teh dengan perekat lem kanji. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM*, 3(1), 23–28.
- Indira, D., Das, B., Bhawsar, H., Moumita, S., Johnson, E. M., Balasubramanian, P., & Jayabalan, R. (2018). Investigation on the production of bioethanol from black tea waste biomass in the seawater-based system. *Bioresource Technology Reports*, 4, 209–213.
- Irawan, H., Nurdin, H., & Nabawi, R. A. (2020). Analisis nilai kalor briket berbahan baku campuran sekam padi dan ampas teh menggunakan perekat tapioka. *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 2(2), 57–64.
- Irhamni, I., Saudah, S., Diana, D., Ernilasari, E., Suzanni, M. A., & Israwati, I. (2019). Karakteristik Briket yang Dibuat dari Kulit Durian dan Perekat Pati Janeng. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 41(1), 11–16.
- Iriany, Sibarani, F. A. S., & Meliza. (2016). Pengaruh perbandingan tempurung kelapa dan eceng gondok serta variasi ukuran partikel terhadap karakteristik briket. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(3), 56–61.
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering Version 2.3: EBSE Technical Report EBSE-2007-01*.
- Krisnan, R. (2005). Pengaruh Pemberian Ampas Teh (*Camellia sinensis*) Fermentasi dengan *Aspergillus niger* pada Ayam Broiler. *JITV*, 10(1), 1–5.
- Kuckertz, A., & Block, J. (2021). Reviewing systematic literature reviews: ten key questions and criteria for reviewers. *Management Review Quarterly*, 71(3), 519–524.

- Kurniawan, E. W., Rahman, M., & Pemuda, R. K. (2019). Studi Karakteristik Briket Tempurung Kelapa dengan Berbagai Jenis Perekat Briket. *Buletin Loupe*, 15(01), 31–37.
- Kurniawan, F. A., & Syukron, A. A. (2019). Karakteristik Briket Bioarang dari Campuran Limbah Baglog Jamur Tiram (*Pleurotus Ostreatus*) dan Sekam Padi. *Prosiding Seminar Nasional Unimus*, 9, 173–180.
- Kustiawan, E., Wijianti, E. S., & Saparin, S. (2018). Karakteristik Briket Berbahan Campuran Cangkang Buah Karet Dan Batang Senggani Dengan Tekanan Pencetakan 90 Psi. Machine: *Jurnal Teknik Mesin*, 4(1), 29–33.
- Lestari, P. A., & Tjahjani, S. (2015). Pemanfaatan bungkil biji kapuk (*Ceiba pentandra*) sebagai campuran briket sekam padi. *UNESA Journal of Chemistry*, 4(1), 69–74.
- Liu, L., Fan, S., & Li, Y. (2018). Removal behavior of methylene blue from aqueous solution by tea waste: kinetics, isotherms and mechanism. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 1321.
- Malik, C. A., Sutrisno, T., & Anggono, W. (2017). Pengaruh Komposisi, Ukuran Partikel, serta Tekanan Limbah Biji Alpukat dan Durian terhadap Karakteristik Briket. *Mechanova: Jurnal Mahasiswa Prodi Teknik Mesin*, 6.
- Montiano, M. G., Díaz-Faes, E., & Barriocanal, C. (2016). Effect of briquette composition and size on the quality of the resulting coke. *Fuel Processing Technology*, 148, 155–162.
- Manisi, L., Kadir, & Kadir, A. (2019). Pengaruh variasi komposisi terhadap karakteristik briket campuran sekam padi dan kulit jambu mete. *Enthalpy: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 4(2), 60–67.
- Moeksin, R., Ade, K. G. S., Pratama, A., & Tyani, D. R. (2017). Pembuatan briket biorang dari campuran limbah

- tempurung kelapa sawit dan cangkang biji karet. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(3), 146–156.
- Muharyani, R., Pratiwi, D., & Asip, F. (2012). Pengaruh Suhu Serta Komposisi Campuran Arang Jerami Padi dan Batubara Subbituminus pada Pembuatan Briket Bioarang. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1), 47–53.
- Munda, U. S., Pholane, L., Kar, D. D., & Meikap, B. C. (2012). Production of bioenergy from composite waste materials made of corn waste, spent tea waste, and kitchen waste co-mixed with Cow Dung. *International Journal of Green Energy*, 9(4), 361–375.
- Nasruddin, & Affandy, R. (2011). Karakteristik briket dari tongkol jagung dengan perekat tetes tebu dan kanji. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 22(2), 1–10.
- Ng, S. C., Sweeney, J. C., & Plewa, C. (2020). Customer engagement: A systematic review and future research priorities. *Australasian Marketing Journal (AMJ)*, 28(4), 235–252.
- Noorhakim, Y., Sunardi, S., & Arryati, H. (2020). Karakteristik briket bioarang campuran limbah serbuk kayu sungkai (*Peronema canascens* Jack.) dan sekam padi (*Oryza sativa*). *Jurnal Sylva Scientiae*, 03(1), 202–215.
- Novrizal, D., Rosidah, & Ulfah, D. (2018). Karakteristik briket arang dari campuran sabut buah nipah (*Nypa fruticans* Wurmb) dan arang alaban (*Vitex pubescens* Vahl). *Jurnal Sylva Scientiae*, 01(2), 204–214.
- Papilo, P. (2012). Briket pelepah kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 9(2), 67–78.
- Pell, Y. M., Tarigan, B. V., & Jhony. (2017). Analisis karakteristik briket dan pembakaran briket arang campuran

- tempurung kemiri dan tongkol jagung. *LTJMU*, 04(02), 30–35.
- Prabowo, M. J. (2018). *Analisis Studi Kelayakan Briket Ampas Teh (Studi Kasus: IKM Briket Serbuk Kayu Ceper Klaten)*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Pratama, A. A., Shadewa, D., & Muhyin. (2018). Pengaruh komposisi bahan dasar dan variasi jenis perekat terhadap nilai kalor, kadar air, kadar abu pada briket campuran sekam padi dan tempurung kelapa. *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya*, 1(2), 1–10.
- Pratama, K. B., Hendrawan, Y., & Lutfi, M. (2020). Pengaruh Ukuran dan Bahan Variasi Komposisi Sampah Organik Universitas terhadap Karakteristik Biobriket. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 8(1), 69–77.
- Prihono. (2020). Karakteristik briket campuran arang serbuk gergaji dengan arang cangkang kelapa. *Media Bina Ilmiah*, 14(9), 3117–3121.
- Pujasakti, D., & Widayat, W. (2018). Karakteristik Briket Cetak Panas Berbahan Kayu Sengon dengan Penambahan Arang Tempurung Kelapa. *Saintekno: Jurnal Sains dan Teknologi*, 16(1), 21–32.
- Purnawarman, P., Nurchayati, N., & Padang, Y. A. (2015). Pengaruh Komposisi Briket Biomassa Kulit Kacang Tanah dan Arang Tongkol Jagung terhadap Karakteristik Briket. *Dinamika Teknik Mesin*, 5(2), 131–139.
- Purwanto, D. (2015). Pembuatan briket arang tempurung sawit dengan perlakuan waktu pengarangan dan konsentrasi perekat. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 7(1), 1–8.
- Putra, H. P., Mokodompit, M., & Kuntari, A. P. (2013). Studi karakteristik briket berbahan dasar limbah bambu

- dengan menggunakan perekat nasi. *Jurnal Teknologi*, 6(2), 116–123.
- Putra, J., Efendi, R., & Hamzah, F. (2017). Karakteristik briket arang serpihan kayu dengan penambahan arang tempurung biji karet. *JOM Faperta UR*, 4(1), 1–8.
- Rahman, N. A., Anggorowati, D. A., Rastini, E. K., & Prasajo, B. J. (2019). Pengaruh Perlakuan Awal Partikel terhadap Karakteristik Briket Berbahan Dasar Ampas Tebu. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono XV "Teknologi Material Maju Ramah Lingkungan"* C.3-1-C.3-6.
- Ristianingsih, Y., Ulfa, A., & Syafitri K.S, R. (2015). Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Perekat terhadap Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Pirolisis. *Konversi*, 4(2), 45–51.
- Sabitah, A., Amrullah, A., & Syarief, A. (2020). Uji Ekspremental Karakteristik Briket Arang Berbahan Baku Limbah Sekam Padi Siam dan Pandak. *Info-Teknik*, 20(1), 47–58.
- Sahu, A. K., Padhy, R. K., & Dhir, A. (2020). *Envisioning the future of behavioral decision-making: A systematic literature review of behavioral reasoning theory*. 28, 145–159.
- Samuel, M., Harahap, L. A., & Munir, A. P. (2017). Modifikasi Alat Pencetak Briket Arang dengan Sistem Press Hidrolik Menggunakan Bahan Baku Limbah Teh. *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian*, 5(3), 586–591.
- Sari, S. D., Triantoro, A., & Riswan. (2018). Pengaruh komposisi briket batubara non-karbonisasi terhadap parameter kualitas dan karakteristik pembakaran. *Jurnal GEOSAPTA*, 4(2), 99–103.
- Shobar, Sribudiani, E., & Somadona, S. (2020). Karakteristik briket arang dari limbah kulit buah pinang dengan

- berbagai komposisi jenis perekat. *Jurnal Sylvia Lestari*, 8(2), 189–196.
- Siregar, A. R., Harahap, L. A., & Panggabean, S. (2015). Pemanfaatan Sekam Padi dan Limbah Teh Sebagai Bahan Briket Arang Dengan Perekat Tetes Tebu. *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian*, 3(3), 396–402.
- Sjarif, S. R. (2017). Karakteristik Briket dari Campuran Limbah Kulit Pisang dan Limbah Serbuk Gergaji. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 9(2), 97–106.
- Smith, H., & Idrus, S. (2017). Pengaruh Penggunaan Perekat Sagu dan Tapioka terhadap Karakteristik Briket dari Biomassa Limbah Penyulingan Minyak Kayu Putih di Maluku. *Majalah BIAM*, 13(2), 21–32.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104(August), 333–339.
- Sudiro, & Suroto, S. (2014). Pengaruh Komposisi dan Ukuran Serbuk Briket yang Terbuat dari Batubara dan Jerami Padi Terhadap Karakteristik Pembakaran. *Jurnal Sainstech Politeknik Indonesia Surakarta*, 2(2), 1–18.
- Sulistyaningkartti, L., & Utami, B. (2017). Pembuatan Briket Arang dari Limbah Organik Tongkol Jagung dengan Menggunakan Variasi Jenis dan Persentase Perekat. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 2(1), 43–53.
- Syarief, A., Satria, M. A., & Nugraha, A. (2020). Pengaruh ukuran partikel dan variasi komposisi briket pada campuran limbah arang kayu alaban dengan sekam padi terhadap karakteristik briket dan pembakaran. *Jurnal Mesin Industri dan Otomotif*, 1(2), 6–16.
- Tarsito, T., & Sutanto, H. (2013). Pengaruh Variasi Komposisi Briket Organik terhadap Temperatur dan Waktu Pembakaran. *Berkala Fisika*, 16(1), 21–26.

- Towaha, J., & Balittri. (2013). Kandungan Senyawa Kimia pada Daun Teh (*Camellia sinensis*). *Warta Penelitian Dan Pengembangan Tanaman Industri*, 19(3), 12–16.
- Triandini, E., Jayanatha, S., Indrawan, A., Werla Putra, G., & Iswara, B. (2019). Metode Systematic Literature Review untuk Identifikasi Platform dan Metode Pengembangan Sistem Informasi di Indonesia. *Indonesian Journal of Information Systems*, 1(2), 63–77.
- Tzeng, J. H., Weng, C. H., Huang, J. W., Lin, Y. H., Lai, C. W., & Lin, Y. T. (2015). Spent tea leaves: A new non-conventional and low-cost biosorbent for ethylene removal. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 104, 67–73.
- Witjaksono, F. R., Islam, N. L. R., & Muhyin. (2018). Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Dasar dan Variasi Tekanan Briket terhadap Nilai Kalor dan Temperatur pada Briket Campuran Sekam Padi dan Tempurung Kelapa. *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin*, 1(2), 1–9.
- Yücel, Y., & Göycincik, S. (2015). Optimization of ethanol production from spent tea waste by *Saccharomyces cerevisiae* using statistical experimental designs. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 5, 247–255.
- Yunanto, A. A., & Rochimah, S. (2017). Systematic Literature Review Terhadap Evaluasi Perangkat Lunak Tentang Serious Game. *Jurnal Informatika*, 4(1), 54–65.

Analisis QC Trade Insurance PT Asuransi Asei dengan Risk Management saat Pandemi⁶

Adam Fachreza*, Naniek Utami Handayani

Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro, Semarang,
Indonesia

*E-mail: adamfachreza@students.undip.ac.id

Pendahuluan

Dalam menghadapi era globalisasi, setiap perusahaan akan berusaha untuk meraih keuntungan yang sebesar mungkin dan berusaha untuk lebih unggul dari perusahaan kompetitornya. Terdapat banyak cara untuk mendapatkan keuntungan yang besar. Namun bila perusahaan ingin mendapatkan keuntungan yang besar juga tingkat kepuasan pelanggan yang tinggi agar tingkat pembelian kembali meningkat, maka perusahaan harus fokus kepada pengendalian kualitas.

PT Asuransi Asei Indonesia adalah perusahaan jasa yang bergerak pada bidang asuransi. Perusahaan ini memiliki beberapa jenis produk asuransi, yaitu asuransi perdagangan, asuransi umum, asuransi kredit, serta asuransi syariah. Konsumen dari PT Asuransi Asei Indonesia adalah nasabah yang menggunakan jasa asuransi dengan membayar premi tiap jangka waktu tertentu. Perusahaan ini memiliki banyak kompetitor, seperti Prudential, Allianz, AXA Mandiri, dan

⁶ Cite this chapter (APA):

Fachreza, A., & Handayani, N. U. (2022). Analisis QC trade insurance PT Asuransi Asei dengan risk management saat pandemi. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 87-95). Undip Press.

sebagainya. Salah satu penilaian terpenting agar perusahaan unggul dalam kompetisi pasar adalah melalui tingkat kepuasan pelanggan, terutama pada masa pandemi.

Menurut Garspersz (2002), mutu adalah totalitas dari karakteristik suatu produk barang dan jasa yang menunjang kemampuan untuk memenuhi kebutuhan yang dispesifikasikan dan mutu seringkali diartikan sebagai segala sesuatu yang memuaskan pelanggan atau kesesuaian terhadap persyaratan atau kebutuhan. Menurut Parasuraman et al. (1998), terdapat lima dimensi kualitas jasa yang dijadikan pedoman oleh pelanggan dalam menilai kualitas jasa, yaitu: Berwujud (*Tangible*), penampilan fasilitas fisik, peralatan, dan personil; Empati (*Empathy*), syarat untuk peduli, memberi perhatian pribadi bagi pelanggan; Keandalan (*Reliability*), kemampuan untuk melaksanakan jasa yang dijanjikan dengan tepat dan terpercaya; Keresponsifan (*Responsiveness*), kemauan untuk membantu pelanggan dan memberikan jasa dengan cepat atau tanggap; dan Keyakinan (*Assurance*), pengetahuan dan kesopanan karyawan serta kemampuan mereka untuk menimbulkan kepercayaan dan keyakinan.

Menurut Peraturan Menteri Keuangan Nomor 142/PMK.010/2009 tentang Manajemen Risiko Lembaga Pembiayaan Ekspor Indonesia, Manajemen Risiko adalah serangkaian prosedur dan metodologi yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengukur, memantau, dan mengendalikan risiko yang timbul dari kegiatan usaha. Menurut Darmawi Hermawan (2010), siklus manajemen risiko terdiri dari lima tahap, yaitu Identifikasi Risiko, Pengukuran Risiko, Pemetaan Risiko, Pengelolaan Risiko, serta Monitor dan Pengendalian Risiko.

Bow Tie Analysis (BTA) adalah sebuah teknik yang merujuk pada suatu diagram berbentuk dasi kupu-kupu yang

menggambarkan atau memvisualisasikan peristiwa risiko yang anda hadapi, secara sederhana. Visualisasi diagram dasi kupu-kupu, sisi kiri menggambarkan manajemen risiko yang bersifat proaktif, sedangkan sisi kanan menggambarkan manajemen risiko yang bersifat protektif. *Diagram Herringbone* atau *Ishikawa Diagram* ini dikembangkan untuk pertama kalinya oleh Dr. Kaoru Ishikawa, yang pada waktu itu adalah pakar kendali mutu dari Jepang, sebagai salah satu dari tujuh alat kualitas dasarnya. Pada saat itu, diagram tulang ikan digunakan untuk mengidentifikasi kemungkinan penyebab masalah, dan terutama ketika sebuah tim cenderung berpikir secara rutin. Fungsi utama dari diagram tulang ikan adalah untuk mengidentifikasi dan mengatur penyebab yang dapat berasal dari efek tertentu, kemudian memisahkan akar penyebabnya.

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah yang didapatkan adalah perubahan peraturan pada kegiatan ekspor impor yang dikarenakan pandemi menyebabkan banyak produk harus menunggu di pelabuhan dalam jangka waktu yang lama, kemungkinan produk menjadi “rusak” akan meningkat secara signifikan dan akan menyebabkan jumlah klaim asuransi meningkat, terdapat ancaman penurunan tingkat profit dikarenakan berkurangnya pendapatan per kapita secara drastis pada masa pandemi, serta terdapat ancaman penurunan tingkat kepuasan pelanggan dikarenakan operasi kerja perusahaan pada masa pandemi masih belum optimal.

Pertanyaan penelitian pada laporan ini adalah:

- a. Apa sajakah risiko-risiko yang dapat membahayakan PT Asuransi Asei Indonesia pada bidang kualitas dan kepuasan pelanggan?
- b. Bagaimana cara PT Asuransi Asei Indonesia dapat tetap menjaga kualitas produk yang ditawarkan namun juga

dapat meminimalisir dampak kerugian dari produk asuransi dagang?

Pembahasan

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah observasi langsung, data sekunder (data historis), dan wawancara pegawai. Untuk metode pengolahan data menggunakan metode berikut: *Identifying risks, Risk Assessment, Risk Catalogue, Risk Ranking, Risk Mapping, Bowtie-Tie Diagram, dan Fishbone Diagram.*

Identifying Risk

Tabel 1 merupakan risiko yang telah diidentifikasi serta proses penilaian keparahan risiko.

Tabel 1. *Identifying Risk Trade Insurance*

<i>Risk</i>	<i>Risk Factor</i>	<i>Dampak</i>	<i>Hasil</i>
Produk nasabah rusak dikarenakan proses <i>docking</i> saat pandemi membutuhkan waktu tambahan.	Peraturan Pemerintah, Protokol kesehatan.	Produk nasabah rusak.	Klaim. Penurunan pendapatan perusahaan.
Klaim atas kerusakan terlambat dibayarkan.	Pendapatan perusahaan, tingkat pertumbuhan ekonomi perusahaan.	Nasabah merasa diabaikan.	Penurunan kepuasan pelanggan.
Pegawai asuransi tidak profesional dalam	Pelatihan pegawai kurang optimal.	Nasabah merasa diabaikan.	Penurunan kepuasan pelanggan.

menangani nasabah/ calon nasabah.			
Terjadinya <i>undervalue</i> pada proses <i>underwriting</i> .	Pelatihan pegawai kurang optimal.	Nasabah membayar premi yang lebih murah dari seharusnya.	Penurunan pendapatan perusahaan. Kerugian saat klaim.
Terjadinya <i>overvalue</i> pada proses <i>underwriting</i> .	Pelatihan Pegawai kurang optimal.	Nasabah membayar premi yang lebih mahal dari seharusnya.	Penurunan kepuasan pelanggan.
Calon nasabah tidak menyetujui persyaratan premi.	Pembuatan persyaratan, kebijakan perusahaan.	Calon nasabah tidak jadi berlangganan pada perusahaan.	Penurunan pendapatan perusahaan.
Klaim terjadi sebelum nasabah membayar keseluruhan premi.	Kelalaian, faktor lingkungan.	Perusahaan tidak mendapatkan premi secara keseluruhan.	Klaim. Penurunan pendapatan perusahaan.
Pembatalan kegiatan ekspor impor nasabah.	Kebijakan pemerintah, pertumbuhan ekonomi nasabah.	Nasabah merasa tidak menggunakan premi yang telah dibayarkan.	Penurunan kepuasan pelanggan.

Tabel 1. Identifying Risk Trade Insurance (lanjutan)

Risk	Risk Factor	Dampak	Hasil
Barang impor nasabah tidak diterima <i>customs</i> .	Barang tidak sesuai peraturan <i>customs</i> .	Kegiatan impor gagal.	Penurunan kepuasan pelanggan. kerugian saat klaim.
Alat transportasi nasabah mengalami kerusakan.	Perawatan alat transportasi kurang memadai.	Kegiatan impor gagal, kerugian bagi nasabah.	Klaim.
Pegawai asuransi tidak profesional dalam menangani nasabah/ calon nasabah.	Pelatihan pegawai kurang optimal.	Nasabah merasa diabaikan.	Penurunan pendapatan perusahaan.
Penundaan karena adanya <i>cluster</i> baru pada proses ekspor impor.	Mutasi virus, Penularan virus, Jumlah kasus.	Kegiatan impor berkurang.	Klaim.
Nasabah tidak sanggup membayar saat subrogasi dilakukan.	Kondisi ekonomi perusahaan.	Pengurangan pendapatan perusahaan.	Penurunan pendapatan perusahaan.
Nasabah tidak melanjutkan layanan asuransi.	Kondisi ekonomi perusahaan, kepuasan nasabah.	Pengurangan jumlah nasabah.	Penurunan pendapatan perusahaan.
Perusahaan mengubah persyaratan pengajuan	Tingkat klaim asuransi, tingkat pertumbuhan	Pengurangan jumlah nasabah.	Penurunan kepuasan pelanggan. Pengu-rangan

produk asuransi.	ekonomi perusahaan.		kerugian perusahaan.
Nasabah tidak sanggup membayar premi.	Tingkat Pertumbuhan Ekonomi Nasabah.	Pengurangan pendapatan perusahaan.	Pengurangan pendapatan perusahaan.

Risk Assessment

Setelah risiko diidentifikasi, proses selanjutnya adalah melakukan penilaian berupa hasil kali *likelihood* dengan *consequences* yang tertera pada Tabel 2.

Risk Catalogue

Setelah risk assessment dilakukan proses risk catalogue berupa pengelompokan risiko risiko yang relevan dengan dimensi mutu perusahaan jasa. Tabel 3 merupakan risk catalogue dari penelitian.

Risk Ranking dan Risk Mapping

Setelah *risk catalogue* dibuat, dilakukan pemeringkatan berdasarkan nilai tertinggi. Risk ranking dari *trade insurance* terdapat pada Tabel 3. Sementara itu, Tabel 4 merupakan risk mapping dari *trade insurance*.

Tabel 2. Risk Assessment Trade Insurance

<i>Risk</i>	<i>Impact</i>	<i>Likelihood</i>	Hasil
Produk nasabah rusak dikarenakan proses <i>docking</i> saat pandemi membutuhkan waktu tambahan.	<i>Catastrophic</i> karena membutuhkan klaim.	<i>Almost certain</i> , sering terjadi pada masa pandemi.	25
	5	5	

Klaim atas kerusakan terlambat dibayarkan.	<i>Major</i> karena dapat menyebabkan pelanggan <i>unsubscribe</i> layanan asuransi.	<i>Likely</i> , karena perusahaan menjaga <i>cashflow</i> .	16
	4	4	
Pegawai asuransi tidak profesional dalam menangani nasabah/calon nasabah.	<i>Major</i> karena dapat menyebabkan pelanggan <i>unsubscribe</i> layanan asuransi.	<i>Unlikely</i> , karena perusahaan telah mengurangi pegawai.	8
	4	2	
Terjadinya <i>undervalue</i> pada proses <i>underwriting</i> .	<i>Moderate</i> karena akan sedikit merugikan perusahaan jika klaim terjadi.	<i>Unlikely</i> , karena perusahaan telah melakukan pelatihan kepada pegawai <i>underwriting</i> .	6
	3	2	
Terjadinya <i>overvalue</i> pada proses <i>underwriting</i> .	<i>Minor</i> karena akan sedikit merugikan konsumen jika klaim terjadi.	<i>Unlikely</i> , karena perusahaan telah melakukan pelatihan kepada pegawai <i>underwriting</i> .	4
	2	2	
Produk yang diasuransikan nasabah yang berharga sangat mahal mengalami kerusakan, namun perusahaan	<i>Catastrophic</i> karena membutuhkan klaim.	<i>Unlikely</i> , karena perusahaan sudah memahami perjanjian reasuransi.	10
	5	2	

asuransi tidak melakan proses reasuransi.			
Aplikasi perusahaan yang lambat menyebabkan nasabah kurang puas.	<i>Minor</i> karena akan sedikit merugikan konsumen jika terjadi.	<i>Possible</i> , karena aplikasi bisa saja tidak di <i>update</i> .	6
	2	3	
Nasabah tidak dapat menghubungi perusahaan.	<i>Moderate</i> karena sarana komunikasi merupakan salah satu kewajiban.	<i>Rare</i> , karena perusahaan menjaga reputasinya.	3
	3	1	
E-mail nasabah tidak dibalas oleh perusahaan.	<i>Moderate</i> karena sarana komunikasi merupakan salah satu kewajiban.	<i>Rare</i> , karena perusahaan menjaga reputasinya.	3
	3	1	
Nasabah tidak memiliki data yang lengkap.	<i>Minor</i> karena akan sedikit merugikan perusahaan dan konsumen jika terjadi.	<i>Almost Certain</i> , sering terjadi pada masa pandemi.	10
	2	5	

Tabel 2. Risk Assessment Trade Insurance (lanjutan)

Risk	Impact	Likelihood	Hasil
Perusahaan mengalami <i>understaffed</i> .	<i>Minor</i> karena akan sedikit merugikan	<i>Almost Certain</i> , sering terjadi	10

	perusahaan dan konsumen jika terjadi.	pada masa pandemi.	
	2	5	
Perusahaan tidak memiliki komputer yang <i>up to date</i> .	<i>Minor</i> karena akan sedikit merugikan perusahaan dan konsumen jika terjadi.	<i>Almost Certain</i> , sering terjadi pada masa pandemi.	10
	2	5	

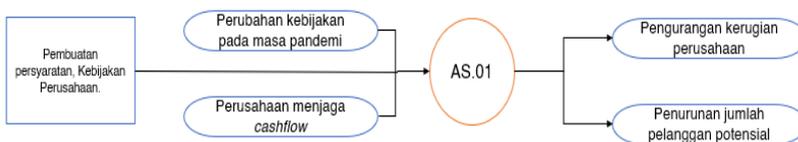
Tabel 3. Risk Catalogue dan Risk Ranking Trade Insurance

Dimensi	Risk	Skor	Kode
<i>Reliability</i>	Terjadinya <i>undervalue</i> pada proses <i>underwriting</i> .	6	RL.01
<i>Reliability</i>	Terjadinya <i>overvalue</i> pada proses <i>underwriting</i> .	4	RL.02
<i>Reliability</i>	Produk yang diasuransikan nasabah yang berharga sangat mahal mengalami kerusakan, namun perusahaan asuransi tidak melakukan proses reasuransi.	10	RL.03
<i>Responsiveness</i>	Klaim atas kerusakan terlambat dibayarkan.	16	RE.01
<i>Responsiveness</i>	Email nasabah tidak dibalas oleh perusahaan.	3	RE.02
<i>Assurance</i>	Calon nasabah tidak menyetujui persyaratan premi.	16	AS.01
<i>Assurance</i>	Nasabah tidak melanjutkan layanan asuransi.	15	AS.02
<i>Empathy</i>	Pegawai asuransi tidak profesional dalam menangani nasabah/calon nasabah.	8	EM.01

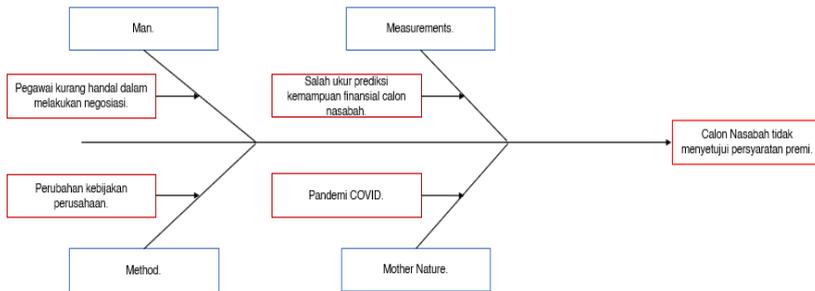
<i>Empathy</i>	Perusahaan mengubah persyaratan pengajuan produk asuransi.	8	EM.02
<i>Empathy</i>	Aplikasi perusahaan yang lambat menyebabkan nasabah kurang puas.	6	EM.03
<i>Tangible</i>	Nasabah tidak dapat menghubungi perusahaan.	3	TA.01
<i>Tangible</i>	Nasabah tidak memiliki data yang lengkap.	10	TA.02
<i>Tangible</i>	Perusahaan mengalami <i>understaffed</i> .	10	TA.03
<i>Tangible</i>	Perusahaan tidak memiliki komputer yang <i>up to date</i> .	10	TA.04

Tabel 4. Risk Mapping Trade Insurance

Likelihood	Impact				
	1	2	3	4	5
5		TA.02; TA.03; TA.04	AS.02		
4		EM.02		RE.01; AS.01	
3		EM.03			
2		RL.02	RL.01	EM.01	RL.03
1			RE.02; TA.01		



Gambar 1. Bowtie - Tie Diagram AS.01



Gambar 2. Fishbone Diagram AS.01

Analisis Perbaikan

Setelah diketahui bahwa kedua faktor risiko yang paling tinggi merupakan AS.01 dan RE.01, maka perlu dilakukan peninjauan lebih lanjut. Gambar 1 dan Gambar 2 merupakan *Bowtie – Tie diagram* dan *fishbone diagram* dari AS.01.

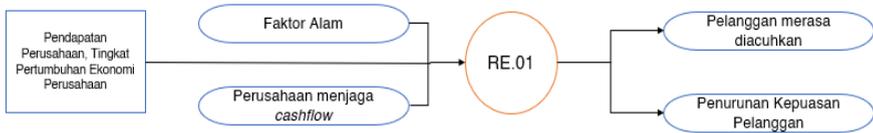
Berikut merupakan rekomendasi perbaikan dari AS.01, yaitu calon nasabah tidak menyetujui persyaratan premi.

- a. Melakukan proses negosiasi dengan calon nasabah.
- b. Menetapkan persyaratan lama untuk pelanggan lama.
- c. Membatasi jumlah nasabah atau harga produk asuransi dagang agar potensi kerugian berkurang.

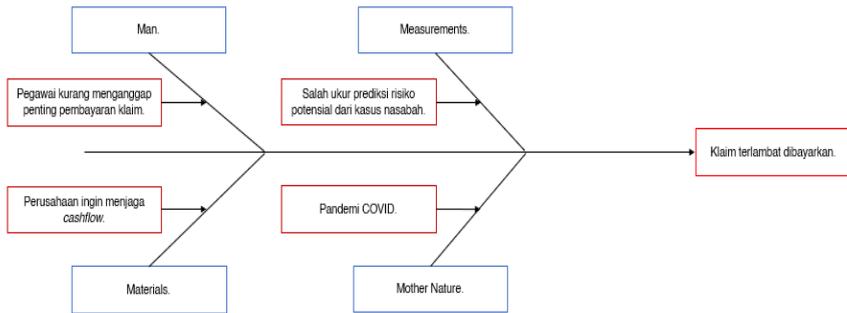
Gambar 3 dan Gambar 4 merupakan *Bowtie – Tie diagram* serta *fishbone diagram* dari RE.01.

Berikut merupakan rekomendasi perbaikan dari RE.01, yaitu Klaim atas kerusakan terlambat dibayarkan:

- a. Melakukan peminjaman kepada bank atau pihak reasuradur.
- b. Membuat perjanjian bahwa klaim bisa dilakukan secara bertahap.
- c. Memperpanjang durasi klaim pada kasus kasus khusus, seperti pada produk mewah atau berharga mahal.



Gambar 3. Bowtie - Tie Diagram RE.01



Gambar 4. Fishbone Diagram RE.01

Tabel 6. Risk Mapping Trade Insurance (Setelah Perbaikan)

Likelihood	Impact				
	1	2	3	4	5
5		TA.02; TA.03; TA.04	AS.02		
4		EM.02			
3		EM.03		RE.01; AS.01	
2		RL.02	RL.01	EM.01	RL.03
1			RE.02; TA.01		

Tabel 6 merupakan risk mapping setelah perbaikan. Tabel 7 merupakan peringkat risiko setelah perbaikan.

Penutup

Setelah penelitian dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan. Pertama, terdapat beberapa risiko-risiko yang dapat membahayakan PT Asuransi Asei Indonesia pada bidang kualitas dan kepuasan pelanggan, salah satunya adalah calon nasabah tidak menyetujui pembayaran premi serta klaim atas kerusakan terlambat dibayarkan.

Kedua, rekomendasi yang disarankan penulis untuk mengatasi risiko calon nasabah tidak menyetujui pembayaran premi tersebut adalah dengan melakukan proses negosiasi dengan calon nasabah, menetapkan persyaratan lama untuk pelanggan lama, serta membatasi jumlah nasabah atau harga produk asuransi dagang agar potensi kerugian berkurang. Sedangkan rekomendasi untuk risiko klaim atas kerusakan terlambat dibayarkan adalah melakukan peminjaman kepada bank atau pihak reasuradur, membuat perjanjian bahwa klaim bisa dilakukan secara bertahap, serta memperpanjang durasi klaim pada kasus kasus khusus, seperti pada produk mewah atau berharga mahal.

Tabel 7. Risk Ranking Trade Insurance (Setelah Perbaikan)

Dimensi	Risk	Skor	Kode
<i>Assurance</i>	Nasabah tidak melanjutkan layanan asuransi.	15	AS.02
<i>Responsiveness</i>	Klaim atas kerusakan terlambat dibayarkan.	12	RE.01
<i>Assurance</i>	Calon nasabah tidak menyetujui persyaratan premi.	12	AS.01
<i>Reliability</i>	Produk yang diasuransikan nasabah yang berharga sangat mahal mengalami kerusakan, namun perusahaan asuransi tidak melakukan proses reasuransi.	10	RL.03

<i>Tangible</i>	Nasabah tidak memiliki data yang lengkap.	10	TA.02
<i>Tangible</i>	Perusahaan mengalami <i>understaffed</i> .	10	TA.03
<i>Tangible</i>	Perusahaan tidak memiliki komputer yang <i>up to date</i> .	10	TA.04
<i>Empathy</i>	Pegawai asuransi tidak profesional dalam menangani nasabah/calon nasabah.	8	EM.01
<i>Empathy</i>	Perusahaan mengubah persyaratan pengajuan produk asuransi.	8	EM.02
<i>Reliability</i>	Terjadinya <i>undervalue</i> pada proses <i>underwriting</i> .	6	RL.01
<i>Empathy</i>	Aplikasi perusahaan yang lambat menyebabkan nasabah kurang puas.	6	EM.03
<i>Reliability</i>	Terjadinya <i>overvalue</i> pada proses <i>underwriting</i> .	4	RL.02
<i>Responsiveness</i>	E-mail nasabah tidak dibalas oleh perusahaan.	3	RE.02
<i>Tangible</i>	Nasabah tidak dapat menghubungi perusahaan.	3	TA.01

Kesan Pesan

Selama diajar oleh Bapak Bambang Purwanggono, saya selalu diajari untuk selalu up to date terhadap ilmu dan tidak pernah merasa cukup dalam bersikap ingin tahu. Semoga Bapak Bambang Purwanggono sehat selalu dan selalu diberikan kebahagiaan.

Daftar Pustaka

Darmawi, H. (2010). *Manajemen Risiko*. Jakarta: Bumi Aksara.

Gaspersz, V. (2002). *TQM: Total Quality Management*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Parasuraman, A. Z. 1998. SERVQUAL: a multiple item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing*, 64, 12-40.

Standardisasi untuk Masa Depan Berkelanjutan⁷

Ike Permata Sari

Badan Standardisasi Nasional/International Organization for
Standardization, Jenewa, Swiss

E-mail: sari.ikepermata@gmail.com

Pendahuluan

Masyarakat global, termasuk Indonesia diyakini sedang menghadapi tantangan yang meningkat, dan mencari solusi untuk merealisasikan keamanan dan hak asasi manusia, sumber daya alam dan kemakmuran yang berkelanjutan.

United Nations (2015) *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development* merupakan rencana aksi untuk manusia, planet dan kemakmuran. Seluruh negara dan pemangku kepentingan beraksi dalam kemitraan kolaboratif, akan meng-implementasikan rencana dimaksud. Tujuh belas Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB) dan 169 target mendemonstrasikan skala dan ambisi dari agenda universal ini. Tujuan dan target dimaksudkan untuk menstimulus aksi selama 15 tahun ke depan untuk area kritis penting bagi kemanusiaan dan planet.

Paper memuat informasi mengenai peran standardisasi yang dapat meliputi sebagai katalis untuk mencapai TPB dan mendukung masa depan yang berkelanjutan. Informasi yang

⁷ Cite this chapter (APA):

Sari, I. P. (2022). Standardisasi untuk masa depan berkelanjutan. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 97-103). Undip Press.

dimuat dalam paper ini berasal dari tinjauan literatur. Adapun opini yang tertuang dalam paper ini adalah murni dari penulis dan bukan merupakan bagian dari instansi/ organisasi tertentu.

Pembahasan

Standardisasi dapat dipandang sebagai bentuk kemitraan kolaboratif yang memiliki potensi mendukung pencapaian TPB. UU No. 20 tahun 2014 mendefinisikan standardisasi sebagai “proses merencanakan, merumuskan, menetapkan, menerapkan, memberlakukan, memelihara, dan mengawasi standar yang dilaksanakan secara tertib dan bekerja sama dengan semua pemangku kepentingan”. Kata kuncinya adalah “bekerja sama dengan semua ‘pemangku kepentingan’” yaitu “pihak yang mempunyai kepentingan terhadap kegiatan standardisasi dan penilaian kesesuaian, yang terdiri atas unsur konsu- men, pelaku usaha, asosiasi, pakar, cendekiawan, kementerian, lembaga pemerintah non-kementerian, dan/atau pemerintah daerah” (UU No. 20, 2014).

Standar merupakan “persyaratan teknis atau sesuatu yang dibakukan, termasuk tata cara dan metode yang disusun berdasarkan konsensus semua pihak/pemerintah/ keputusan internasional yang terkait dengan memperhatikan syarat keselamatan, keamanan, kesehatan, lingkungan hidup, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, pengalaman, serta perkembangan masa kini dan masa depan untuk memperoleh manfaat yang sebesar-besarnya” (UU No. 20, 2014). Dengan demikian penting untuk memahami dan merealisasikan peran standardisasi untuk mencapai TPB sehingga mewujudkan masa depan yang berkelanjutan.

Brundtland (1987) menjelaskan pengertian pembangunan berkelanjutan sebagai pembangunan yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan masa kini tanpa meng-kompromikan

kemampuan generasi masa depan untuk memenuhi kebutuhannya. Tiga pilar pembangunan berkelanjutan yaitu ekonomi, sosial, dan lingkungan. Masa depan berkelanjutan dapat berarti menyeimbangkan kebutuhan sistem lingkungan, sosial, dan ekonomi. Standardisasi dikembangkan oleh dan untuk pemangku kepentingan. Standar yang dikembangkan oleh para pemangku kepentingan merefleksikan solusi terhadap suatu masalah yang akan terselesaikan dengan adanya standar.

Peran standar sebagai katalis dengan memberikan solusi terhadap tantangan-tantangan pencapaian TPB. Berikut ini dipaparkan peran standar dalam mendukung pencapaian TPB.

SNI ISO 20400 Pengadaan berkelanjutan – Panduan mendukung pencapaian TPB 1 yaitu mengakhiri kemiskinan dalam segala bentuk di mana pun dengan membantu organisasi melakukan praktik pengadaan berkelanjutan dan etis serta mendatangkan manfaat kepada masyarakat di mana organisasi tersebut beroperasi (ISO, 2018). Standar tersebut juga berisi panduan untuk mengimplementasikan proses yang etis di sepanjang rantai pasok. Selain itu, SNI ISO 37001 Sistem manajemen anti penyuapan - Persyaratan dengan panduan penggunaan, mendukung pelaku usaha dan pemerintah dalam usahanya untuk membangun integritas dan memerangi korupsi (ISO, 2018). Menurut referensi, dengan menanamkan budaya anti penyuapan di dalam organisasi, hal ini membantu mengurangi kesenjangan kekayaan yang besar yang menjadi penyebab utama kemiskinan di banyak negara di seluruh dunia.

Seri standar SNI ISO 22000 terkait manajemen keamanan pangan mendukung pencapaian TPB 2 yaitu mengakhiri kelaparan, mencapai ketahanan pangan dan nutrisi yang lebih baik dan mendukung pertanian berkelanjutan, dengan membantu organisasi mengidentifikasi dan mengendalikan bahaya keamanan pangan (ISO, 2018). Selain itu, seri standar

SNI ISO 34101 terkait biji kakao yang berkelanjutan dan ketertelusuran menspesifikasi persyaratan sistem manajemen pertanian biji kakao serta memuat pedoman untuk praktik pertanian ramah lingkungan, peningkatan ketertelusuran biji kakao dan untuk meningkatkan kondisi sosial dan mata pencaharian petani serta semua yang terlibat dalam rantai pasok kakao (ISO, 2018).

Penyediaan akses kesehatan berkualitas merupakan hak asasi manusia yang esensial dan merupakan bagian dari TPB 3 yaitu memastikan kehidupan yang sehat dan mendukung kesejahteraan untuk semua usia. Beberapa standar yang mendukung penyediaan kesehatan yang berkualitas di antaranya standar terkait metode sterilisasi, perangkat medis, instrumen dan implan operasi, informasi kesehatan dan produk terkait dengan contohnya adalah seri SNI ISO 11137 mengenai sterilisasi produk kesehatan dengan radiasi dan SNI ISO 7153 mengenai material untuk instrumen operasi (ISO, 2018).

SNI ISO 21001 Organisasi pendidikan — Sistem manajemen organisasi pendidikan — Persyaratan dengan panduan penggunaan, merupakan standar sistem manajemen yang pertama mengenai Pendidikan dan mendukung pencapaian TPB 4 yaitu memastikan pendidikan yang inklusif dan berkualitas setara, juga mendukung kesempatan belajar seumur hidup bagi semua (ISO, 2018). Standar ini bertujuan meningkatkan proses dan kualitas institusi Pendidikan dalam memenuhi kebutuhan dan harapan pengguna pelayanan. Selain itu, referensi juga menyebutkan SNI ISO 29993 menjelaskan persyaratan bagi penyedia jasa pembelajaran di luar edukasi formal.

Kontribusi standar terhadap TPB 5 yaitu mencapai kesetaraan gender dan memberdayakan semua perempuan dan anak perempuan dapat diamati dalam SNI ISO 26000 Panduan

tanggung jawab sosial, yang bertujuan menghilangkan bias dan mendorong kesetaraan di antara wanita dan pria dalam struktur tata Kelola dan manajemen, memastikan keduanya diperlakukan dengan setara dalam hal perekrutan, peluang karir dan gaji, serta memastikan kebutuhan pria dan wanita dipertimbangkan sama rata dalam keputusan dan kegiatan perusahaan (ISO, 2018).

Standar seperti ISO 24518 membantu komunitas mengelola layanan air minum dan limbah air di saat krisis pemanfaatan air dan mendukung pencapaian TPB 6 yaitu memastikan ketersediaan dan manajemen air bersih yang berkelanjutan dan sanitasi bagi semua (ISO, 2018). Referensi menjelaskan bahwa secara global, lebih dari 80% limbah air yang dihasilkan oleh masyarakat kembali ke ekosistem tanpa melalui perlakuan atau digunakan kembali. Sebanyak 40% populasi dunia tidak memiliki cukup air untuk mempertahankan kebutuhannya. Selain itu, ISO 24521 memberikan pedoman praktik manajemen dan pemeliharaan layanan limbah air domestik dasar di lokasi (ISO, 2018).

Standar terkait energi terbarukan dan efisiensi energi memastikan interoperabilitas perangkat dan sistem, sehingga mendorong transisi ke sumber energi terbarukan dan membuka peluang inovasi untuk mengatasi tantangan energi global, sebagaimana yang diharapkan dari TPB 7 yaitu memastikan akses terhadap energi yang terjangkau, dapat diandalkan, berkelanjutan dan modern bagi semua (ISO, 2018). Referensi menjelaskan SNI ISO 50001 Sistem manajemen energi - Persyaratan dengan pedoman penggunaan, membantu organisasi semua tipe untuk menggunakan energi lebih efisien melalui implementasi sistem manajemen energi.

SNI ISO 45001 Sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) - Persyaratan dan pedoman

penggunaan, dirancang untuk membantu perusahaan dan organisasi untuk melindungi kesehatan dan keselamatan para pekerja serta berkontribusi terhadap pencapaian TPB 8 yaitu mendukung pertumbuhan ekonomi yang inklusif dan berkelanjutan, tenaga kerja penuh dan produktif dan pekerjaan yang layak bagi semua (ISO, 2018).

ISO 44001 *Collaborative business relationship management systems – Requirements and framework* memberikan platform umum untuk memaksimalkan manfaat bekerja kolaboratif dan membantu perusahaan menetapkan hubungan bisnis yang sehat, baik di dalam maupun antar organisasi. ISO/TS 37151 (*performance metrics*) mendefinisikan 14 kategori kebutuhan komunitas dasar (energi, air, transportasi, dll) untuk mengukur performansi infrastruktur komunitas cerdas. Selanjutnya seri standar ISO 50500 terkait manajemen inovasi memberikan kerangka kerja percobaan dan pengujian yang membantu organisasi melancarkan potensi inovasinya. Ketiga standar tersebut berkontribusi mendukung pencapaian [TPB 9 yaitu membangun infrastruktur yang tangguh, mendukung industrialisasi yang inklusif dan berkelanjutan serta membantu perkembangan inovasi](#) (ISO, 2018).

SNI ISO 26000 Panduan tanggung jawab sosial, menyediakan panduan bagaimana bisnis dan organisasi dapat beroperasi secara bertanggung jawab sosial, yang meliputi prinsip non-diskriminasi dan kesempatan yang sama sehingga mendukung pencapaian TPB 10 yaitu mengurangi ketimpangan di dalam dan antarnegara (ISO, 2018). Sumber juga menjelaskan subjek dan isu inti yang dibahas dalam standar dimaksud terdiri dari hak asasi manusia, praktik perburuhan, lingkungan, praktik operasional yang adil, isu konsumen dan keterlibatan komunitas.

ISO 37101 membantu komunitas menetapkan tujuan pembangunan berkelanjutan dan implementasi strategis untuk mencapainya. Standar inti tersebut digabungkan dengan serangkaian standar indikator kota seperti SNI ISO 37120 (indikator untuk layanan perkotaan dan kualitas hidup), SNI ISO 37122 (indikator kota cerdas) dan SNI ISO 37123 (indikator kota Tangguh) mendukung pencapaian [TPB 11 yaitu membangun kota dan pemukiman yang inklusif, aman, tangguh dan berkelanjutan](#) (ISO, 2018).

SNI ISO 14020 memberikan pedoman prinsip untuk pengembangan dan penggunaan label lingkungan dan swadeklarasi, serta mempersiapkan program sertifikasi pihak ketiga, yang membantu memvalidasi klaim lingkungan dan mendorong konsumen untuk membuat pilihan yang lebih baik sehingga mendukung [TPB 12 yaitu memastikan pola konsumsi dan produksi yang berkelanjutan](#) (ISO, 2018).

Kontribusi standar terhadap TPB 13 yaitu mengambil aksi segera untuk memerangi perubahan iklim dan dampaknya dapat diamati pada seri SNI ISO 14000 untuk sistem manajemen lingkungan menjelaskan instrumen praktis bagi organisasi untuk mengelola dampak kegiatannya terhadap lingkungan (ISO, 2018). SNI ISO 14001 Sistem manajemen lingkungan - Persyaratan dan panduan penggunaan, mencakup keseluruhan kerangka kerja, audit, komunikasi, pelabelan, Analisa daur hidup dan metode adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Sejalan dengan protokol Gas Rumah Kaca (GRK) dan kompatibel dengan sebagian besar program GRK, SNI ISO 14064 memberikan spesifikasi untuk kuantifikasi, monitoring dan validasi/verifikasi emisi GRK. SNI ISO 14067 berisi spesifikasi prinsip, persyaratan dan panduan pengukuran dan kuantifikasi jejak karbon suatu produk. SNI ISO 14080 memberikan

organisasi kerangka kerja untuk mengembangkan metodologi aksi iklim yang konsisten, dapat dibandingkan dan ditingkatkan.

ISO/TC 234, komite teknis ISO untuk perikanan dan budidaya, menyediakan forum untuk berpartisipasi dalam pengembangan perikanan dan budidaya yang menghormati pembangunan berkelanjutan serta berkontribusi terhadap TPB 14 yaitu mengkonservasi dan memanfaatkan secara berkelanjutan sumber daya laut, samudra dan maritim untuk pembangunan yang berkelanjutan (ISO, 2018). Referensi juga menjelaskan ISO/TC 8 *Ship and marine technology* telah mengembangkan lebih dari 250 standar terkait keberlanjutan untuk rancangan, konstruksi, peralatan, teknologi dan masalah lingkungan laut yang terkait dengan pembuatan kapal.

ISO 38200 *Chain of custody of wood and wood-based products*, mempromosikan ketertelusuran dalam rantai pasok kayu dengan mendorong penggunaan kayu dari sumber yang berkelanjutan, serta merupakan instrument esensial untuk membantu memerangi penebangan liar dan mendukung pencapaian [TPB 15 yaitu melindungi, memulihkan dan mendukung penggunaan yang berkelanjutan terhadap ekosistem daratan, mengelola hutan secara berkelanjutan, memerangi desertifikasi \(penggurunan\), dan menghambat dan membalikkan degradasi tanah dan menghambat hilangnya keanekaragaman hayati](#) (ISO, 2018).

SNI ISO 19600 Sistem manajemen kepatuhan — Pedoman dan ISO 37000 *Governance of organizations — Guidance* mendorong organisasi semua tipe dan ukuran ke arah tata Kelola dan kendali yang baik dan berkontribusi terhadap [TPB 16 yaitu mendukung masyarakat yang damai dan inklusif untuk pembangunan berkelanjutan, menyediakan akses terhadap keadilan bagi semua dan membangun institusi-institusi yang efektif, akuntabel dan inklusif di semua level](#) (ISO, 2018).

Referensi mendefinisikan tata kelola sebagai sistem di mana organisasi diarahkan, dikendalikan, dan bertanggung jawab untuk mencapai tujuan intinya dalam jangka panjang. Masyarakat dan lembaga yang efektif, akuntabel, dan inklusif bergantung pada tata kelola yang baik di semua tingkatan, dari perusahaan kecil hingga perusahaan multinasional dan pemerintah (ISO, 2018).

TPB 17 yaitu menguatkan ukuran implementasi dan merevitalisasi kemitraan global untuk pembangunan yang berkelanjutan. Sistem standardisasi nasional contohnya yang ada di Indonesia terhubung dengan dan mengikuti ketentuan yang ada di internasional. Partisipasi dalam pengembangan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan juga ISO memberikan kesempatan kepada pemangku kepentingan untuk berkolaborasi dan bekerja sama sehingga menghasilkan solusi [standar] dikembangkan berdasarkan kesepakatan dan konsensus.

Penutup

Sebagaimana pembahasan di atas, standar mendukung dan dapat berkontribusi sebagai katalis untuk mencapai TPB dan menciptakan masa depan yang berkelanjutan. Standar membantu mengatasi isu-isu keberlanjutan melalui proses yang inovatif. Standar memberikan efek pengganda yang kuat dengan menyediakan ketentuan sebagai dasar yang stabil dalam mengakses teknologi. Pelaku usaha, organisasi dan individu disediakan platform untuk mengembangkan standar yang diperlukan untuk mendukung inovasi.

Salah satu kekuatan standar, adalah standar dikembangkan oleh pemangku kepentingan—pihak-pihak yang membutuhkan dan menggunakan standar. Contohnya standar ISO, Pakar pemangku kepentingan mendorong semua aspek

dalam proses pengembangan standar, mulai dari memutuskan apakah standar baru diperlukan hingga mendefinisikan konten teknis yang masuk di dalamnya. Semakin awal pemangku kepentingan terlibat dalam pengembangan standar, semakin awal dalam memperoleh akses informasi yang dapat membentuk pasar di masa depan dan juga kesempatan untuk membangun jejaring dengan pemangku kepentingan lain di tingkat internasional. Dengan kata lain, pemangku kepentingan mempelajari praktik terbaik dan berkontribusi membentuk praktik terbaik.

Agenda 2030-TPB merupakan hal yang perlu diantisipasi dan dilihat sebagai peluang negara-negara berkembang, termasuk Indonesia, untuk melakukan *leapfrogging* praktik-praktik yang tidak berkelanjutan agar tercipta pembangunan yang berkelanjutan.

Kesan Pesan

Dr. Bambang Purwanggono adalah dosen yang mengenal saya dengan subjek Standardisasi, mata kuliah di Teknik Industri UNDIP yang saya ikuti pada tahun 2008. Sejak itu ketertarikan saya terhadap subjek standardisasi semakin bertambah. Alasannya sangat sederhana, karena manfaat standardisasi dalam memberikan kepastian. Hal-hal yang pasti akan membuat perencanaan lebih baik, kemudahan dalam memprediksi, meminimalkan risiko dan meningkatkan peluang.

Sekarang sudah memasuki tahun 2022, yang mana sudah 14 tahun sejak saya berkenalan dengan standardisasi. Saya menjadi ASN di BSN sejak Desember 2009. BSN merupakan instansi yang mewakili Indonesia dalam keanggotaan di ISO. Saat ini saya sedang dalam penugasan di kantor ISO di Jenewa, Swiss sebagai Koordinator Regional Asia Pasifik. Walaupun penugasan di ISO hanya untuk periode tertentu, namun ini

merupakan bentuk suatu pengalaman dan pergerakan untuk terus maju dan berkembang.

Saya berterima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Bambang Purwanggono atas bimbingan dan bantuan yang diberikannya hingga saya dapat mencapai posisi saat ini. Harapan saya agar beliau selalu diberikan kesehatan dan kebahagiaan, serta sukses dalam setiap kegiatannya di masa yang akan datang.

Daftar Pustaka

- Brundtland, G. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. United Nations General Assembly document A/42/427
- ISO. (2018). *Contributing to the Sustainable Development Goals with ISO ...* Retrieved April 16, 2022, from <https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100429.pdf>
- UU No. 20 (2014). *Undang-undang Republik Indonesia No. 20 tahun 2014 tentang Standardisasi dan Penilaian Kesesuaian*.
- United Nations. (2015). *The 2030 agenda for sustainable development*. Retrieved April 16, 2022, from <https://sdgs.un.org/sites/default/files/publications/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>
- <https://www.sdg2030indonesia.org/page/1-tujuan-sdg>
<https://pesta.bsn.go.id>

Design for Smart Quality: Strategi Meraih Keunggulan Bersaing di Era Industri 4.0⁸

Ronald Sukwadi^{1*}, Ching-Chow Yang², Riana Magdalena Silitonga^{1,2}, Yung-Tsan Jou², Ming-Chang Lin³

¹Program Studi Teknik Industri, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta, Indonesia

²Department of Industrial & Systems Engineering, Chung Yuan Christian University, Taiwan

³Motion Technology Electric and Machinery, Co., Ltd. (MTM), Taiwan
*E-mail: ronald.sukwadi@atmajaya.ac.id

Pendahuluan

Dengan kematangan dan penerapan generasi baru teknologi informasi, babak baru revolusi industri sedang berjalan. Posisi strategis industri manufaktur menjadi penting bagi banyak negara. Dalam beberapa tahun terakhir, banyak negara maju telah merumuskan dan meluncurkan strategi pengembangan manufaktur negara mereka sendiri, seperti “*Industry 4.0*” dan “*National Industrial Strategy 2030*” negara Jerman, “*Europe 2020 Strategy*” negara Eropa, “*Advanced Manufacturing Partnership (AMP)*” negara Amerika Serikat and “*Made in China 2025*” negara Tiongkok (Li et al., 2022).

Banyak negara juga melakukan segala upaya untuk mengembangkan Industri 4.0 dan mempromosikan *smart*

⁸ Cite this chapter (APA):

Sukwadi, R., Yang, C.-C., Silitonga, R. M., Jou, Y.-T., Lin, M.-C. (2022). Design for smart quality: Strategi meraih keunggulan bersaing di era Industri 4.0. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 105-112). Undip Press.

manufacturing (manufaktur cerdas) yang telah menjadi tren bagi industri manufaktur global. Industri hijau dan humanisasi umumnya dianggap sebagai salah satu tujuan inti dan karakteristik pengembangan manufaktur cerdas (Kusiak, 2019; Tabaa et al., 2020). Pengembangan manufaktur cerdas didasarkan pada sistem otomasi terintegrasi berbasis ICT dengan menerapkan sejumlah perangkat teknologi, seperti *information-physical systems*, *Internet of Things* (IoT), komputasi awan, *big data*, dan kecerdasan artifisial (Yao et al. 2019; Lin et al. 2020; Kotsiopoulos et al., 2021; Bu et al., 2021). Dalam menerapkan manufaktur cerdas, sistem kontrol kualitas harus dibangun ke dalam peralatan mesin (Kusiak, 2018; Tao et al., 2018; Abubkr et al., 2020). Dengan cara ini, peralatan mesin dapat secara otomatis mengontrol parameter dan kondisi produksi yang optimal, sehingga mencapai kualitas output yang baik (Galindo-Salcedo et al., 2022). Kita dapat menyebut '*built-in quality control system*' itu kontrol kualitas cerdas (*smart quality control*).

Prasyarat untuk kontrol kualitas cerdas yaitu dengan membangun sistem kontrol kualitas yang solid dan efektif untuk manufaktur cerdas. Membangun sistem manufaktur cerdas atau sistem kontrol kualitas cerdas cukup rumit dan menantang, serta tidak dapat diselesaikan dalam waktu singkat. Oleh karena itu, pengembangan kerangka kerja yang lengkap untuk perencanaan dan perancangan sistem kendali mutu yang cerdas sangat diperlukan. Tulisan ini menjelaskan lebih lanjut bagaimana membangun kerangka kerja ini, yang kami sebut "*Design for Smart Quality*" (DFSQ).

Dalam tulisan ini, kami akan menjelaskan poin-poin kunci implementasinya secara rinci dalam tahapan operasionalnya. Jika perusahaan dapat merencanakan dan merancang sistem kontrol kualitas cerdas sesuai dengan kerangka kerja ini

diharapkan dapat membentuk suatu sistem operasi manufaktur cerdas berkualitas tinggi.

Evolusi Manufaktur Cerdas

Pada tahun 2010, Presiden Obama menandatangani "Undang-Undang Promosi Manufaktur Amerika" (Obama, 2010), dan kemudian mengajukan strategi "reindustrialisasi" (yaitu, kembalinya manufaktur). Desainnya menggunakan teknologi baru yang berkembang pesat seperti kecerdasan buatan, robot cerdas, dan manufaktur digital untuk mengembangkan manufaktur canggih dan membangun kembali keunggulan kompetitif manufaktur untuk Amerika Serikat. Kemudian pada Maret 2012, Obama mengajukan rencana untuk membangun "*National Network of Manufacturing*" untuk mewujudkan manufaktur cerdas di industri manufaktur. Jerman tidak mau kalah dengan memperkenalkan konsep *Industry 4.0* pada tahun 2011, dan secara aktif mempromosikannya untuk mengembangkan konsep manufaktur cerdas (Kang et al. 2016). *Industry 4.0* Jerman telah menarik perhatian global dan bahkan disebut sebagai revolusi industri keempat, yang juga menyebabkan berkembangnya manufaktur cerdas di dunia, terutama di negara-negara maju (Lin et al., 2020).

Smart manufacturing atau manufaktur cerdas mengintegrasikan mesin dan peralatan secara otomatis dan otonom tanpa tenaga manusia. Item terkait akan secara otomatis mengalir di jalur produksi selama produksi, dan mesin serta peralatan akan secara otomatis memprosesnya, dan juga mengontrol parameter dan kondisi produksi untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan sangat baik. Kita menyebut produksi yang sepenuhnya otomatis dan otonom itu sebagai "kecerdasan" (Lin et al, 2020; Kotsiopoulos et al., 2021; Bu et al., 2021).

Kecerdasan merupakan sublimasi dari “otomatisasi” dan kecerdasan otomatisasi. Pada awal tahun 1870-an, industri menggunakan listrik untuk mengotomatisasi produksi massal. Toyota secara bertahap menggunakan banyak mesin otomatis dalam proses produksinya. Untuk menekan biaya, Toyota menggunakan satu orang untuk mengendalikan beberapa mesin, sehingga telah berkembang menjadi “otonom”. Artinya, mesin produksi otomatis akan secara otomatis mendeteksi produk cacat, dan ketika produk cacat terdeteksi, mesin akan otomatis berhenti. Pada tahun 1970-an, teknologi informasi dan komunikasi (ICT) membuat produksi otomatis lebih baik. Pada tahap ini, kontrol otomatis mesin otomatis lebih cepat dan tepat. Oleh karena itu, "manufaktur cerdas" merupakan transisi dari “otomatisasi” ke “otonomisasi”, dan berkembang menjadi “otomatisasi cerdas”.

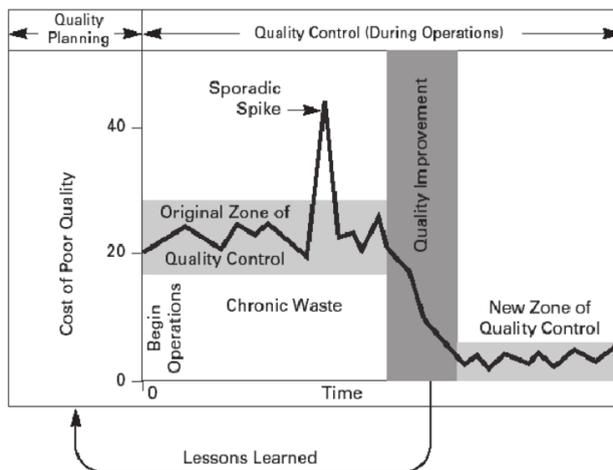
Banyak industri manufaktur yang secara aktif mengembangkan manufaktur cerdas. Sejak tahun 1970-an, banyak teknologi informasi dan komunikasi telah digunakan dalam produksi dan manufaktur, dan bahkan beberapa teknologi, seperti *barcode*, sensor gambar, RFID, robot, dll. Pengembangan manufaktur cerdas saat ini perlu didasarkan pada teknologi informasi dan komunikasi. Selain itu, di lingkungan jaringan 5G, perlu dibangun sistem integrasi virtualnya, *Manufacturing Execution System* (MES), dan aplikasi yang menggabungkan teknologi terkini, seperti *Internet of Things* (IoT), komputasi awan, *big data*, dan kecerdasan artifisial (AI) (Yao et al. 2019; Lin et al. 2020; Bu et al., 2021). Dalam pembangunan manufaktur cerdas, terdapat tiga struktur perlu diintegrasikan:

- a. Koneksi dan integrasi otomatis antara mesin, peralatan, dan robot di lini produksi
- b. Faktor kunci dan parameter jalur produksi sebelum dan sesudah proses dan parameternya, keluaran proses,

kualitas produk, koneksi informasi, integrasi, analisis dan pengambilan keputusan, pengukuran otomatis, dll.

- c. Koneksi dan integrasi informasi seperti M2M (*Material to Machine, Machine to Machine*), IoT, internet, *cloud* dan *edge computing*. Analisis informasi produksi dilakukan secara real-time dan akurat.

Dalam membangun sistem manufaktur cerdas yang terintegrasi, bagaimana kita membangun sistem kontrol kualitas yang cerdas? Ini merupakan hal yang sangat penting karena tanpa membangun dan mengoperasikan sistem kontrol kualitas cerdas, manufaktur cerdas tidak dapat beroperasi dengan lancar. Dalam membangun sistem kendali mutu yang cerdas, terlebih dahulu harus dilakukan perencanaan, kemudian dilakukan analisis, desain, optimasi, dan verifikasi lebih lanjut. Oleh karena itu, tulisan ini menjelaskan kerangka kerja yang dikembangkan untuk membantu dunia usaha dalam “membangun sistem pengendalian kualitas cerdas” yang disebut DFSQ, sebagai strategi untuk bersaing di era Industri 4.0.



Gambar 1. Juran Quality Trilogy

Konsep Dasar *Design for Smart Quality* (DFSQ)

“Kualitas cerdas” mengacu pada tingkat kualitas produk yang dihasilkan dalam proses manufaktur cerdas. Mesin dan peralatan lini produksi manufaktur cerdas perlu mengendalikan parameter dan kondisi produksi secara tepat untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memiliki tingkat kualitas yang tinggi, bahkan sampai 100% bagus. Kualitas cerdas mengacu pada tingkat “kecerdasan” yang dapat dicapai oleh proses manufaktur cerdas, seperti pengaturan parameter sangat akurat, peralatan mesin yang dapat menyesuaikan diri ketika ada variasi, dan pemantauan kualitas secara otomatis.

Tujuan dari perencanaan, desain dan konstruksi sistem kendali kualitas cerdas adalah untuk memastikan bahwa sistem manufaktur cerdas, mesin produksi, dan peralatan yang dibangun dapat sepenuhnya bekerja secara otomatis. Parameter proses dan kondisi produksi dapat dikontrol secara akurat, dan deteksi dilakukan secara otomatis. Apabila terdapat variasi dalam kualitas *output*, faktor-faktor yang mempengaruhi dapat segera ditemukan. Penyesuaian dapat segera dilakukan untuk memastikan bahwa *output* dari setiap proses dan produk jadi adalah 100% baik. Dari sini kita dapat melihat pentingnya sistem kendali mutu yang cerdas. Oleh karena itu, perlu dikembangkan langkah-langkah terstruktur dalam perencanaan dan membangun sistem kendali kualitas yang baik, yang diperkenalkan sebagai “*Design for Smart Quality*” (DFSQ).

Dalam *Juran Quality Trilogy* (Gambar 1) dijelaskan dengan jelas bahwa setiap sistem yang dibangun secara tidak benar akan menimbulkan banyak masalah pada proses selanjutnya, yang dapat mengakibatkan banyak pemborosan dan biaya yang tinggi (Juran, 1986).

Penerapan DFSQ yang tidak tepat akan menyebabkan banyak kesulitan dalam implementasi. Oleh karena itu,

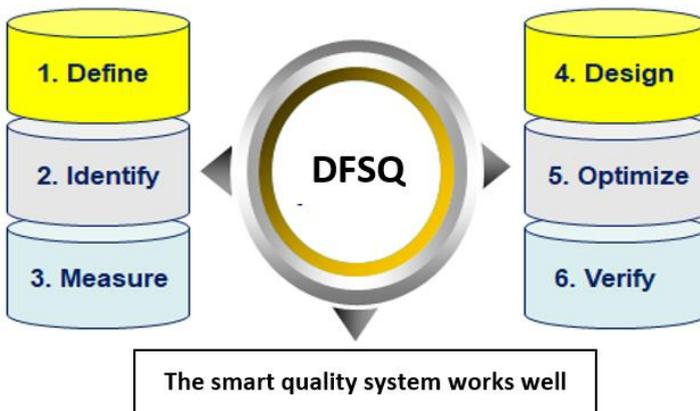
bagaimana membangun arsitektur DFSQ yang ideal sangat penting. Motorola memperkenalkan program Six Sigma pada tahun 1987 dengan dua jenis tahapan operasional: DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) dan DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design, Verify*; Yang, 2004). DMAIC diterapkan sebagai peningkatan kualitas dan proses, yang juga merupakan langkah perbaikan berkelanjutan yang banyak digunakan oleh para peneliti (Yang, 2004; De Mast & Lokkerbol, 2012; Srinivasan et al., 2014; Smętkowska & Mrugalska, 2018; Ranade et al., 2020; Sukwadi et al., 2021). Sedangkan DMADV digunakan untuk perancangan proses, dan bahkan beberapa peneliti menerapkan DMADV dalam merancang produk baru atau perencanaan sistem (Shahin, 2008; Huang et al., 2010; Baptista et al., 2020).

Karena pengaruh trilogi Juran, para peneliti lebih memperhatikan perancangan produk baru, berharap dapat memprediksi masalah yang mungkin terjadi pada tahap desain, dan dapat menghilangkan semua kemungkinan masalah dalam tahap desain produk sehingga produk dapat mencapai tingkat kualitas six sigma. Oleh karena itu, banyak peneliti dan ahli kualitas mengusulkan tahapan desain produk baru, yang disebut "*Design for Six-Sigma*" (DFSS). Beberapa ahli menganggap DMADV sebagai tahapan proses DFSS, namun karena DMADV diterapkan pada desain proses, maka harus disesuaikan dengan desain produk atau sistem baru.

Berbekal 40 tahun lebih pengalaman sebagai konsultan perusahaan untuk implementasi TQM dan Six Sigma, serta banyak menulis artikel dan buku di bidang kualitas, Professor Ching-Chow Yang, mantan presiden Chinese Society for Quality Taiwan dan juga professor teknik industri Chung Yuan Christian University Taiwan memperkenalkan struktur dan langkah-langkah DFSQ. Tahapan DFSQ mencakup enam langkah: *Define*,

Identify, Measure, Design, Optimize, dan Verify (Gambar 2). Deskripsi singkatnya adalah sebagai berikut:

- a. *Define*: Melaksanakan perencanaan awal sistem kontrol kualitas cerdas dan juga sistem manufaktur cerdas, menentukan aplikasi dan konstruksi alat teknologi baru yang digunakan, mengatur proyek dan tim proyek.
- b. *Identify*: Melakukan identifikasi terhadap elemen kualitas kritis (*Critical to Quality, CTQ*) yang merupakan persyaratan pelanggan dan perencanaan sistem, dan kemudian terkait dengan elemen proses kritis (*Critical to Process, CTP*). Kemudian digunakan analisis I-P-O (*Input-Process-Output*) untuk menentukan faktor kunci proses, teknologi proses yang dibutuhkan, dan faktor input kunci.
- c. *Measure*: Untuk mengontrol proses dan kualitas perlu dikembangkan suatu sistem pengukuran untuk CTQ, CTP, kualitas output proses, faktor kunci proses, dan input kunci.
- d. *Design*: Tahap ini sangat penting. Pertama, bangun lingkungan jaringan 5G yang lengkap, sistem integrasi virtual-nyata (VR), dan alat teknologi yang diperlukan. Kemudian atur faktor kontrol, kembangkan teknologi proses, pasang sensor, alat ukur otomatis, dll.



Gambar 2. Kerangka Konsep DFSQ

- e. *Optimize*: Optimasi diperlukan untuk ketangguhan desain. Manfaatkan DFMEA (*Design Failure Modes and Effects Analysis*) dengan baik untuk mencegah kesalahan desain sebelumnya, dan tingkatkan batch pengujian untuk mengidentifikasi dan menghilangkan masalah. Optimalkan parameter kontrol proses, evaluasi kemampuan rekayasa proses dan kualitas output.
- f. *Verify*: Perlu adanya konfirmasi lebih lanjut terhadap seluruh sistem kontrol kualitas cerdas, karena sistem manufaktur cerdas pun masih memiliki kekurangan dan masih perlu memastikan bahwa sistem bekerja dengan baik. Selain itu, perlu dibangun juga sistem pengendalian preventif.

Penutup

Keunggulan metode DFSQ adalah adanya jaminan kualitas yang dapat menjadi keunggulan kompetitif bagi suatu perusahaan. Modifikasi metode dan proses penjaminan mutu DFQS dilakukan berdasarkan pengalaman konsultan dan banyak rujukan artikel yang terkait. Secara bersamaan, pemanfaatan teknologi informasi dan perangkat lunak berkualitas dapat menghasilkan sistem manajemen mutu efektif dan efisien. Tanpa mengganti sistem lama, teknologi digital dan analitis terkini memudahkan tim kualitas untuk mengakses dimanapun dan kapanpun.

Terlepas dari keunggulan DFSQ, terdapat juga kelemahan metode tersebut seperti biaya konsolidasi dan modernisasi sistem teknologi informasi mahal dan terlalu mengandalkan proses dan alur kerja yang disediakan oleh perangkat lunak siap pakai tanpa melihat kebutuhan perusahaan. Perusahaan dapat mendesain ulang proses kualitas dengan menggunakan strategi

DFSQ ini, yang mencakup 1) metodologi pemikiran desain (untuk membuat proses lebih efisien dan ramah pengguna), 2) otomatisasi dan digitalisasi (untuk memberikan kecepatan dan transparansi), dan 3) analisis lanjutan (untuk memberikan wawasan mendalam tentang kemampuan proses dan kinerja produk). Selain itu, untuk mengembangkan produk dan layanan berkualitas tinggi, perusahaan juga sangat perlu memeriksa kualitas bahan dari pemasok. Di era saat ini di mana implementasi mata uang kripto dan NFT sedang naik daun, perlu dilakukan studi lanjutan tentang bagaimana menghubungkan sistem DFSQ dengan teknologi *blockchain*.

Kesan Pesan

Terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya disampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Bambang Purwanggono Sukarsono, M. Eng. atas ilmu dan pengabdianya pada Teknik Industri Undip selama 36 tahun. Pak Bambang telah banyak memberikan insight mengenai industri manufaktur dan perancangan produk sebagai bekal saya sebagai pengajar. Kesan terhadap beliau yang mendalam secara personal adalah cara beliau mengajar dengan contoh aplikasi di dunia industri, tegas dan memiliki karakter kuat. Hal ini yang membuat saya menaruh hormat kepada beliau. Selamat menjalani masa purna tugas Pak Bambang, sukses dan sehat, serta selalu dalam lindungan-Nya.

Daftar Pustaka

- Baptista, A., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, S., & Pinto, G. (2020). Applying DMADV on the industrialization of updated components in the automotive sector: a case study. *Procedia Manufacturing*, 51, 1332-1339.
- Bu, L., Zhang, Y., Liu, H., Yuan, X., Guo, J., & Han, S. (2021). An IIoT-driven and AI-enabled framework for smart

- manufacturing system based on three-terminal collaborative platform. *Advanced Engineering Informatics*, 50, 101370.
- De Mast, J., & Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*, 139(2), 604-614.
- Galindo-Salcedo, M., Pertúz-Moreno, A., Guzmán-Castillo, S., Gómez-Charris, Y., & Romero-Conrado, A. R. (2022). Smart manufacturing applications for inspection and quality assurance processes. *Procedia Computer Science*, 198, 536-541.
- Huang, C. T., Chen, K. S., & Chang, T. C. (2010). An application of DMADV methodology for increasing the yield rate of surveillance cameras. *Microelectronics Reliability*, 50(2), 266-272.
- Juran, J.M. (1986). The quality trilogy—A universal approach to managing for quality. *40th ASQC Annual Quality Congress*, May 20, 1986, Anaheim, California, USA.
- Kusiak, A. (2018). Smart manufacturing. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 508-517.
- Kotsiopoulos, T., Sarigiannidis, P., Ioannidis, D., & Tzovaras, D. (2021). Machine learning and deep learning in smart manufacturing: the smart grid paradigm. *Computer Science Review*, 40, 100341.
- Kusiak, A. (2019). Fundamentals of smart manufacturing: A multi-thread perspective. *Annual Reviews in Control*, 47, 214-220.
- Li, L., Lei, B., & Mao, C. (2022). Digital twin in smart manufacturing. *Journal of Industrial Information Integration*, 26, 100289

- Lin, T.C., Wang, K.J., & Sheng, M. L. (2020). To assess smart manufacturing readiness by maturity model: A case study on Taiwan enterprises. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 33(1), 102-115.
- Obama, B. (2010). Obama Signs Manufacturing Enhancement Act into Law. August 11, 2010, Real Clear Politics.
- Ranade, P. B., Reddy, G., Koppal, P., Paithankar, A., & Shevale, S. (2021). Implementation of DMAIC methodology in green sand-casting process. *Materials Today: Proceedings*, 42, 500-507.
- Shahin, A. (2008). Design for six sigma (DFSS): lessons learned from world-class companies. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 4(1), 48-59.
- Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process: a case study. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 238, 590-596.
- Srinivasan, K., Muthu, S., Prasad, N. K., & Satheesh, G. (2014). Reduction of paint line defects in shock absorber through Six Sigma DMAIC phases. *Procedia Engineering*, 97, 1755-1764.
- Sukwadi, R., Harijanto, L., Inderawati, M. W., & Huang, P. T. B. (2021). Reduction in Rejection Rate of Soy Sauce Packaging via Six Sigma. *Jurnal Teknik Industri*, 22(1), 57-70.
- Tabaa, M., Monteiro, F., Bensag, H., & Dandache, A. (2020). Green Industrial Internet of Things from a smart industry perspectives. *Energy Reports*, 6, 430-446.
- Tao, F., Qi, Q., Liu, A., & Kusiak, A. (2018). Data-driven smart manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 48, 157-169.

- Yang, C.C. (2004). An integrated model of TQM and GE-Six Sigma. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 1(1), 97-111.
- Yao, X., Zhou, J., Lin, Y., Li, Y., Yu, H., & Liu, Y. (2019). Smart manufacturing based on cyber-physical systems and beyond. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(8), 2805-2817.

Analisis Manajemen Risiko pada Proyek Database Server Hardware PT X Menggunakan Metode HOR⁹

Adam Fachreza*, Bambang Purwanggono Sukarsono
Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro, Semarang,
Indonesia

*E-mail: adamfachreza@students.undip.ac.id

Pendahuluan

Risiko didefinisikan sebagai ketidakpastian dan menghasilkan distribusi berbagai hasil dengan berbagai kemungkinan. Selain itu, risiko merupakan kerugian yang diakibatkan oleh event atau beberapa event yang dapat menghambat tujuan perusahaan (Monahan, 2008). Seringkali risiko dimaknai sebagai sesuatu kejadian negatif seperti kehilangan, bahaya, dan konsekuensi lain yang cenderung merugikan. Risiko lebih dikaitkan dengan kerugian yang diakibatkan oleh kejadian yang mungkin terjadi dalam waktu tertentu, padahal risiko memiliki makna ganda yaitu risiko dengan efek positif yang disebut kesempatan atau *opportunity*, dan risiko yang membawa efek negatif yang disebut ancaman atau *threat* (Frosdick, 1997).

Menurut Floyd (1991) dalam penelitiannya mengenai ancaman dari manajemen risiko, manajemen risiko merupakan

⁹ Cite this chapter (APA):

Fachreza, A., & Sukarsono, B. P. (2022). Analisis manajemen risiko pada proyek database server hardware PT X menggunakan metode HOR. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 113-119). Undip Press.

proses identifikasi dari berbagai pilihan kebijakan berdasarkan bahaya atau ancaman yang telah diberikan karakteristik. Sedangkan manajemen risiko menurut The Standards Australia New Zealand merupakan suatu proses yang logis dan sistematis dalam mengidentifikasi, menganalisis, mengevaluasi, mengendalikan, mengawasi dan mengkomunikasikan risiko yang berhubungan dengan segala aktivitas, fungsi atau proses dengan tujuan perusahaan mampu meminimalisir kerugian dan memaksimalkan kesempatan.

PT X adalah suatu perusahaan yang bergerak di bidang sistem informasi. Perusahaan ini merupakan salah satu perusahaan *start up* serta belum memiliki konfigurasi ruangan yang khusus untuk tiap departemen. Seiring berkembangnya perusahaan, departemen IT menyadari bahwa ruangan *database server* harus segera dibuat karena data-data pelanggan sudah berjumlah ratusan sampai ribuan serta permintaan klien yang naik secara signifikan. Pihak IT melaporkan permasalahan yang dihadapi departemen kepada petinggi perusahaan. Namun, petinggi perusahaan meminta peta risiko yang dibuat untuk proyek tersebut sebagai pertimbangan seputar pembuatan ruangan *database server hardware* perusahaan.

Berdasarkan latar belakang sebagaimana yang telah dijelaskan, permasalahan yang dihadapi PT. X adalah belum tersedianya pemetaan risiko yang memadai untuk proyek pembuatan *database server hardware* perusahaan, padahal biaya yang dikeluarkan apabila perusahaan mengalami kerugian dalam proyek ini tidak sedikit sehingga perlu dilakukan pemetaan risiko dengan melakukan identifikasi risiko serta penanganan risiko dengan menggunakan metode House of Risk.

Berikut ini merupakan pertanyaan penelitian dari penelitian ini.

- a. Apakah agen risiko yang memiliki risiko paling tinggi dalam proyek pembuatan *database server* perusahaan?
- b. Apa rekomendasi dari mitigasi risiko tersebut?
- c. Bagaimana performansi metode House of Risk terhadap penelitian?

Metode yang digunakan untuk penelitian adalah metode House of Risk (HOR). House of Risk adalah pengembangan metode QFD (Quality Function Deployment) dan FMEA (Failure Modes and Effect Analysis) yang digunakan untuk menyusun suatu framework dalam mengelola risiko. Metode ini bertujuan tidak hanya melakukan penanggulangan risiko tetapi juga melakukan penanggulangan terhadap penyebab risiko atau *risk agent* (Pujawan & Geraldin, 2009). HOR memiliki dua fase yaitu pertama identifikasi risiko, keluarannya berupa peringkat prioritas *risk agent*. Fase kedua adalah penanganan risiko, keluarannya berupa rencana tindakan pencegahan terjadinya *risk agent*.

Pembahasan

House of Risk adalah pengembangan metode QFD (Quality Function Deployment) dan FMEA (Failure Modes and Effect Analysis) yang digunakan untuk menyusun suatu *framework* dalam mengelola risiko. Metode ini bertujuan tidak hanya melakukan penanggulangan risiko tetapi juga melakukan penanggulangan terhadap penyebab risiko atau *risk agent* (Pujawan & Geraldin, 2009). HOR memiliki dua fase yaitu pertama identifikasi risiko, keluarannya berupa peringkat prioritas *risk agent*. Fase kedua adalah penanganan risiko, keluarannya berupa rencana tindakan pencegahan terjadinya *risk agent*.

Metode HOR Fase 1

House of Risk (HOR) fase 1 merupakan tahapan awal yang bertujuan untuk mengidentifikasi kejadian risiko serta agen risiko yang menyebabkannya. Selanjutnya akan dibahas tentang pengukuran nilai korelasi (R_{ij}) dan perhitungan nilai indeks prioritas risiko/*Aggregate Risk Potential* (ARP). Nilai inilah yang akan digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan prioritas penanggulangan risiko yang akan menjadi input untuk HOR fase 2. Tabel 1 merupakan identifikasi dari kejadian resiko. Tabel 2 merupakan identifikasi dari agen resiko.

Dengan menggunakan risk event dan risk agent yang sama, dapat didapatkan tabel HOR 1 yang tertera pada Tabel 3. Rumus perhitungan HOR 1 dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 3, didapatkan perhitungan ARP berdasarkan hubungan suatu *risk agent* dengan *risk event*. Perhitungan ARP akan menentukan prioritas dari pelaksanaan perbaikan. Tabel 5 memperlihatkan *risk agent* yang menjadi prioritas.

Tabel 1. Risk Event Proyek

No	Risk Event (E_i)	Severity of Risk (S_i)
E1	Biaya yang dikeluarkan lebih besar dari estimasi	3
E2	Keterlambatan selesainya renovasi ruangan untuk ruangan <i>database</i>	4
E3	Tidak adanya peralatan keselamatan, seperti sumber air serta <i>hydrant</i>	5
E4	Kegagalan negosiasi dengan <i>supplier</i>	4
E5	Keterlambatan sampainya <i>hardware</i>	4
E6	Harga <i>hardware</i> lebih mahal dari kemungkinan <i>supplier</i> lainnya	3
E7	<i>Hardware</i> yang diterima rusak / cacat	5
E8	Terganggunya proses pemasangan <i>hardware</i>	2
E9	<i>Supplier</i> menahan <i>hardware</i>	3
E10	<i>Hardware</i> yang dipesan tidak <i>compatible</i> dengan <i>hardware</i> lain di perusahaan	5

Tabel 2. Risk Agent Proyek

No	Risk Agent (A_i)	Occurrence (O_i)
A1	Error pada estimasi <i>budget</i>	2
A2	Kurangnya pengawasan	3
A3	Proses pendataan kebutuhan awal kurang teliti	4
A4	<i>Supplier</i> memiliki posisi yang lebih kuat	2
A5	Kemacetan/ hambatan infrastruktur	5
A6	Tidak membuka kemungkinan untuk menghubungi <i>supplier</i> lain	4
A7	Proses inspeksi tidak dilengkapi peralatan yang mendukung	5
A8	Minimnya kompetensi sumber daya	4
A9	Tidak terdapat kontrak dengan <i>supplier</i>	4
A10	Kurangnya koordinasi antara perusahaan dengan <i>supplier</i>	2

Tabel 3. HOR 1 Proyek

Risk Event (E_j)	Risk Agent (A_i)										Severity of Risk (S_j)
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	
E1	9	9	9			3	3	1		1	3
E2	3	9	3		1		1		3	9	4
E3			9				9	3			5
E4				9		3			3		4
E5					9			9	3	3	4
E6	3			3		9			3		3
E7		3					9				5
E8		3						9			2
E9				9		1			9	3	3
E10			3				9			9	5
Occ (O_j)	2	3	4	2	5	4	5	4	4	2	
ARP	90	288	480	168	200	192	775	176	252	250	
Priority	10	3	2	9	6	7	1	8	4	5	

Tabel 4. HOR Fase 1

<i>Business processes</i>	<i>Risk event E_i</i>	<i>Risk agents (A_j)</i>							<i>Severity of risk event i (S_i)</i>
		<i>A₁</i>	<i>A₂</i>	<i>A₃</i>	<i>A₄</i>	<i>A₅</i>	<i>A₆</i>	<i>A₇</i>	
<i>Plan</i>	<i>E₁</i>	<i>R₁₁</i>	<i>R₁₂</i>	<i>R₁₃</i>					<i>S₁</i>
	<i>E₂</i>	<i>R₂₁</i>	<i>R₂₂</i>						<i>S₂</i>
<i>Source</i>	<i>E₃</i>	<i>R₃₁</i>							<i>S₃</i>
	<i>E₄</i>	<i>R₄₁</i>							<i>S₄</i>
<i>Make</i>	<i>E₅</i>								<i>S₅</i>
	<i>E₆</i>								<i>S₆</i>
<i>Delivery</i>	<i>E₇</i>								<i>S₇</i>
	<i>E₈</i>								<i>S₈</i>
<i>Return</i>	<i>E₉</i>								<i>S₉</i>
<i>Occurrence of agent j</i>		<i>O₁</i>	<i>O₂</i>	<i>O₃</i>	<i>O₄</i>	<i>O₅</i>	<i>O₆</i>	<i>O₇</i>	
<i>Aggregate risk potential j</i>		<i>ARP₁</i>	<i>ARP₂</i>	<i>ARP₃</i>	<i>ARP₄</i>	<i>ARP₅</i>	<i>ARP₆</i>	<i>ARP₇</i>	

Sumber: Pujawan & Geraldin (2009).

Metode HOR Fase 2

Pada tahap ini dilakukan penindaklanjutan terhadap agen risiko prioritas yang akan diberikan aksi mitigasi untuk meminimalisir dampak dari agen resiko tersebut. Langkah awal yang dilakukan adalah identifikasi aksi mitigasi yang ideal untuk menanggulangi agen risiko prioritas. Tabel 6 memaparkan identifikasi aksi mitigasi proyek. Saran perbaikan A3 dan A7 kemudian dilaksanakan dan nilai ETD didapatkan berdasarkan keefektifan dari saran perbaikan tersebut. Tabel 7 merupakan rangkuman nilai ETD.

Tabel 5. Ranking ARP Proyek

<i>Risk Agent</i>	<i>Rank</i>	<i>ARP</i>	<i>Kumulatif ARP</i>	<i>Persen ARP</i>	<i>Kumulatif Persen</i>	<i>Kategori</i>
A7	1	775	775	26,99%	26,99%	<i>Priority</i>
A3	2	480	1255	16,71%	43,7%	
A2	3	288	1543	10,03%	53,73%	<i>Non-Priority</i>
A9	4	252	1795	8,77%	62,50%	
A10	5	250	2045	8,70%	71,20%	
A5	6	200	2245	6,96%	78,16%	
A6	7	192	2437	6,68%	84,84%	
A8	8	176	2613	6,13%	90,97%	
A4	9	168	2781	6,04%	97,01%	
A1	10	90	2871	3,13%	100,00%	

Tabel 6. Saran Perbaikan Risk Agent Prioritas

<i>Risk Agent</i>	<i>Mitigation Action</i>	<i>Code</i>
A7	Pengadaan alat inspeksi	PA1
	Penggunaan pihak ketiga dalam inspeksi	PA2
	Peminjaman alat inspeksi ke pihak ketiga	PA3
A3	Pelatihan pendataan awal	PA4
	Penggunaan konsultan dalam proses pendataan awal	PA5
	Pengecekan kembali daftar pendataan	PA6

Tabel 7. Rangkuman Nilai ETD

<i>Risk Agent</i>	<i>Aksi Mitigasi (PAk)</i>						<i>ARP</i>
	<i>PA1</i>	<i>PA2</i>	<i>PA3</i>	<i>PA4</i>	<i>PA5</i>	<i>PA6</i>	
A7	3	5	1	1	1	0	775
A3	0	3	0	5	5	3	480
Tk	2325	5315	775	3175	3175	1440	
Dk	5	3	4	4	3	3	
ETD	465	1771,667	193,75	793,75	1058,333	480	
Rank	5	1	6	3	2	4	

Perhitungan HOR fase 2 dapat dilihat pada Tabel 8. Berdasarkan Tabel 8, ini dapat disimpulkan bahwa aksi mitigasi yang paling ideal untuk diterapkan perusahaan saat ini adalah penggunaan pihak ketiga untuk inspeksi (PA₂). Aksi mitigasi diurutkan dari yang memiliki nilai ETD yang terbesar hingga yang terkecil karena menandakan bahwa nilai ETD yang tinggi lebih mudah diterapkan aksi mitigasinya dibanding dengan nilai ETD yang lebih rendah.

Tabel 8. HOR Fase 2

To be treated risk agent (A _j)	Preventive action (PA _k)					Aggregate risk potential (ARP _j)
	PA ₁	PA ₂	PA ₃	PA ₄	PA ₅	
A ₁	E ₁₁					ARP ₁
A ₂						ARP ₂
A ₃						ARP ₃
A ₄						ARP ₄
Total effectiveness of action k	TE ₁	TE ₂	TE ₃	TE ₄	TE ₅	
Degree of difficulty performing action k	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	
Effectiveness to difficulty ratio	ETD ₁	ETD ₂	ETD ₃	ETD ₄	ETD ₅	
Rank of priority	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	

Sumber: Pujawan & Geraldin (2009).

Penutup

Berikut ini merupakan kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini:

- a. Agen risiko yang memiliki resiko paling tinggi dalam proyek pembuatan database server perusahaan adalah “proses

- inspeksi tidak dilengkapi peralatan yang mendukung” serta “proses pendataan kebutuhan awal kurang teliti”.
- b. Rekomendasi dari mitigasi resiko tersebut untuk “proses inspeksi tidak dilengkapi peralatan yang mendukung” adalah pengadaan alat inspeksi, penggunaan pihak ketiga dalam inspeksi, serta peminjaman alat inspeksi kepada pihak ketiga, sedangkan untuk “proses pendataan kebutuhan awal kurang teliti” adalah pelatihan pendataan awal, penggunaan konsultan dalam proses pendataan awal, serta pengecekan kembali daftar pendataan.
 - c. Performansi metode House of Risk terhadap penelitian cukup baik, namun metode ini akan lebih akurat apabila risk agent dan risk event yang digunakan lebih banyak sehingga analisis akan menjadi lebih dinamis dan lebih mewakili kondisi nyata.

Kesan Pesan

Selama diajar oleh Bapak Bambang Purwanggono, saya selalu diajari untuk tetap berpikir kritis dan memiliki komitmen yang kuat pada proses belajar serta disiplin diri. Semoga Bapak Bambang Purwanggono sehat selalu dan selalu diberikan kebahagiaan.

Daftar Pustaka

- Kyle, Robert C. & Baird, Floyd M. (1991). *Property Management. Fourth Edition*. US: Dearborn Real Estate Education.
- Monahan, G. (2008). *Enterprise Risk Management*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Pujawan, N. & Geraldin, L. (2009). House of Risk: A Model for Proactive Supply Chain Risk. *Business Process Management Journal*, 15, 6, 953-967.

Steve, Frosdick. (1997). *The Techniques of Risk Analysis Are Insufficient in Themselves. Disaster Prevention and Management: An International Journal*. UK: University of Bradford Management Centre and Director.

Penerapan Pendidikan Standar dan Standardisasi di Fakultas Teknik Universitas Diponegoro ¹⁰

**Arfan Bakhtiar*, Muhammad Alifian*, Chaterine Alvina
Prima Hapsari**

Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro, Semarang,
Indonesia

*E-mail: arfanbakhtiar@lecturer.undip.ac.id,
alifiannnn@students.undip.ac.id

Pendahuluan

Pada era revolusi industri 4.0 saat ini, masih banyak masyarakat yang belum menyadari akan pentingnya suatu standar atau standardisasi, walaupun standar telah memberikan dampak yang nyata pada kehidupan saat ini. Standar adalah spesifikasi atau sesuatu yang dibakukan mencakup prosedur dan metode yang disusun atas kesepakatan semua pemangku kepentingan dengan memperhatikan persyaratan keselamatan, keamanan, kesehatan, lingkungan, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta pengalaman. Hal ini dapat dikembangkan sekarang dan di masa yang akan datang guna mendapatkan manfaat yang maksimal (Purwanggo et al., 2009).

Standar diketahui telah ada sejak 7000 sebelum Masehi, ketika batu silinder digunakan sebagai satuan berat di mesir

¹⁰ Cite this chapter (APA):

Alifian, M., Bakhtiar, A., & Hapsari, C, A. P. (2022). Penerapan pendidikan standar dan standardisasi di Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 121-133). Undip Press.

(Breitenberg, 1987). Standar merupakan model yang diterima sebagai benar oleh adat, persetujuan atau otoritas (Dinovo & MacCollum, 2019). Sehingga standar memiliki beberapa elemen yang perlu diperhatikan, yakni pada entitas tertentu diberikan standar yang berbeda dan terkadang bertentangan dengan standar yang ada, bahkan untuk istilah standardisasi ada beberapa definisi yang saling bertentangan. De Vries (1997) mengusulkan empat elemen untuk mendefinisikan standardisasi:

- a. Entitas standardisasi yang termasuk ke dalamnya
- b. Sektor yang mengaplikasikan standardisasi
- c. Tujuan dari standardisasi
- d. Bagaimana cara pengguna terlibat dalam standardisasi

Menurut Khan & Raouf (2005) Pengembangan standar ditangani oleh organisasi yang memiliki otoritas yang diakui untuk menetapkan standar, sebuah organisasi pengembangan standar terakreditasi melakukan fungsinya dalam pengembangan standar, kecuali organisasi tersebut tidak memiliki piagam untuk menyebarkan standar. Pembentukan organisasi standar juga dipicu dengan banyaknya perdagangan bahan baku dari suatu negara ke negara lain, sehingga membuat kesulitan dalam ekspansi perdagangan dan perselisihan antar negara, Perselisihan ini disebabkan karena ketidaksesuaian antara produk dalam perdagangan internasional (Ping, 2011).

Pada konferensi *internationally coordinated and unified industrial standards* di London pada tahun 1946, perwakilan dari 25 negara membuat keputusan tentang organisasi internasional baru, sehingga didirikanlah ISO (*International Standards Organization*) sebagai organisasi standar internasional yang menetapkan standar internasional di bidang industri dan komersial dunia (Ping, 2011). Salah satu contoh standardisasi yakni ada dalam produk diskrit, dimana produk

diskrit pada dasarnya adalah hasil dari aplikasi mekanika padat, mekanika fluida, dan termodinamika. Produk-produk ini dioperasikan baik secara manual atau dengan menggunakan teknik otomatis berdasarkan prinsip-prinsip sistem kontrol (Khan & Raouf, 2005).

Di Indonesia, standardisasi dimulai pada masa penjajahan sebagai sarana pendukung pada kegiatan ekonomi kolonial agar berjalan lancar. Sehingga pada tahun 1923 diterbitkan Ordonasi Tera 1923 sebagai penyeragam alat ukur dengan satuan Sistem Internasional (SI). Pada tahun 1951 didirikan Yayasan Dana Normalisasi Indonesia (YDNI) dan bergabung menjadi anggota *International Organization for Standardization* (ISO) di tahun 1955 dan menjadi anggota *International Electrotechnical Commission* (IEC) 1966 (Komala, dkk, 2014). Capaian ini menunjukkan bahwa Indonesia sudah mulai memperhatikan standardisasi di Indonesia, hal ini juga dapat dilihat dengan diterbitkannya UU No. 10 Tahun 1961 tentang Peraturan Pemerintah Pengganti UU NO. 9 tahun 1961 tentang undang-undang barang. Tahun 1982 dibentuk panitia pembentukan dewan standardisasi nasional yang bertugas menyiapkan pembentukan dewan standardisasi nasional. Pada tahun 1977 dibentuk Badan Standardisasi Nasional (BSN) melalui Keputusan Presiden nomor 13 tahun 1977, dan disahkan Undang-Undang No. 20 tahun 2014 tentang standardisasi dan penilaian kesesuaian.

Pendidikan merupakan suatu kegiatan yang lumrah dalam kehidupan manusia, karena di setiap tempat dan setiap waktu di dunia ini terdapat proses pendidikan. Pendidikan pada dasarnya adalah usaha untuk membudayakan atau memuliakan manusia. Untuk dapat menyelenggarakan pendidikan dengan baik dan tepat, diperlukan suatu ilmu yang mendalam tentang bagaimana pendidikan dilakukan. Pengetahuan yang menjadi dasar harus

sudah terbukti kebenarannya. Pengetahuan ini yakni ilmu pendidikan, pendidikan tanpa ilmu pendidikan akan mengakibatkan gagalnya pencapaian tujuan pendidikan (Hasan et al., 2021).

Ilmu teknik yang biasa disebut dengan keteknikan ataupun *engineering* merupakan induk atau batang pokok dari disiplin teknik. Secara definitif ilmu teknik, keteknikan ataupun *engineering* bisa dinyatakan sebagai profesi yang memahami ilmu matematika dan ilmu alam yang didapatkan dengan belajar, pengalaman, dan latihan yang diaplikasikan dengan tujuan mengembangkan cara-cara memanfaatkan material dan lingkungan alam untuk kepentingan manusia (Wignjoesuebrototo, 2003). Dari definisi sebelumnya dapat dikatakan bahwa profesi keteknikan ini akan banyak mengaplikasikan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk memenuhi kebutuhan manusia, Proses *engineering* pada prinsipnya akan banyak melibatkan langkah-langkah analisis dan sintesis. Berikut gambaran mengenai langkah-langkah dasar dari proses *engineering*.

Pendidikan standardisasi merupakan salah satu pendidikan yang penting diterapkan dalam Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (UNDIP). Hal ini dikarenakan pada beberapa mata kuliah yang diajarkan kepada mahasiswa Fakultas Teknik UNDIP mengandung unsur-unsur standardisasi. Sebagai contoh di Departemen Teknik Industri pada mata kuliah sistem manajemen mutu, pada mata kuliah sistem manajemen mutu terdapat standar yang digunakan yakni ISO 9001:2015. Pada ISO 9001:2015 ini memuat persyaratan-persyaratan yang telah disepakati melalui konsensus internasional sebagai praktik bisnis yang baik dalam menerapkan sistem manajemen mutu. Contoh lain terdapat pada mata kuliah penyesuaian standardisasi, pada mata kuliah ini lebih luas cakupan standar-

disasinya, di mana pada mata kuliah ini terdapat standar seperti pada ISO, IEC, ASTM, dll.

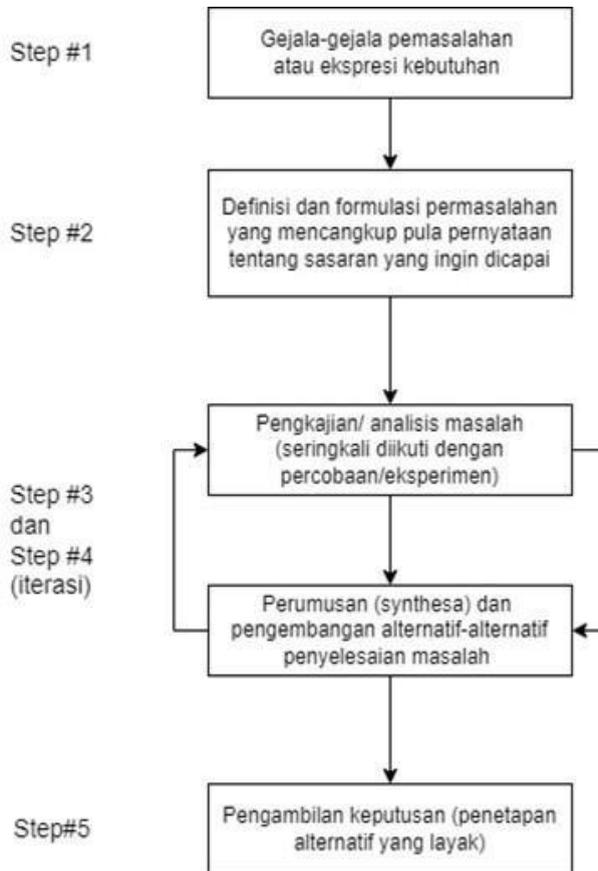
Berdasarkan hal diatas, maka beberapa pertanyaan terkait penerapan pendidikan standard dan standardisasi di Fakultas Teknik Undip dapat dirangkum sebagai berikut:

- a. Bagaimana topik standar dan standardisasi diajarkan di Fakultas Teknik UNDIP?
- b. Apakah perlu mata kuliah khusus terkait standar yang diajarkan di Fakultas Teknik UNDIP?
- c. Bagaimana strategi yang diterapkan dalam penyampaian mata kuliah standar di Fakultas Teknik UNDIP?

Studi Literatur

Standar dan Standardisasi

Standar merupakan model yang diterima sebagai benar oleh adat, persetujuan atau otoritas (Dinovo & MacCollum, 2019). Sedangkan menurut Jang & Lee (1998) standardisasi merupakan sejauh mana aturan kerja, kebijakan dan prosedur operasi diterapkan, diformalkan dan diikuti. Dalam rekayasa teknik, standar dikembangkan untuk memastikan bahwa perusahaan dalam industri tertentu mematuhi tingkat tertentu dari praktik yang diterima sehubungan dengan desain, manufaktur, teknik konstruksi, pemeliharaan, dan keselamatan pribadi. Standar tersebut biasanya dipandang sebagai pedoman sukarela yang dikembangkan melalui konsensus anggota industri, perwakilan pemerintah, dan lainnya. Perusahaan didorong untuk mengikuti standar untuk memberikan standar perawatan minimum tertentu (Dinovo & MacCollum, 2019).



Gambar 1. Langkah Dasar dari Proses *Engineering*
 Sumber: Wignjoesuebrotto (2003)

Bagian dari sejarah standardisasi di USA dimulai pada seri artikel ASTM *Standardization News*, Vol. 26 (1998) saat perayaan seratus tahun *American Society for Testing and Materials* di Perancis, *La Villette-Centre de reherche en historie des sciences et des technique*, Paris, diadakan program seminar sejarah standardisasi, 1996-1997 yang menghasilkan seri dari sejarah penelitian tentang standardisasi. Sejarah dari standardisasi dapat lebih banyak diungkap mengenai deskripsi dan analisis *trend*. Sebagai contoh ketika muncul kecenderungan

untuk mendirikan badan standardisasi untuk alasan efisiensi dan efektivitas. Tetapi beberapa tahun setelah pendirian, beberapa organisasi dituduh menjadi birokratis sehingga terbentuklah organisasi baru. Contohnya adalah *European Telecommunication Standards Institute* (ETSI) dibentuk karena ketidakpuasan dari organisasi standardisasi formal CEN dan CENELEC. Semenjak itu, grup baru telah dibentuk ETSI menjadi dianggap formalistik. Pembentukan ini hasil dari proliferasi dari tubuh dengan keterkaitan yang rumit (Vries, 1997).

Pendidikan Standar

Menurut Hasan (2003) pendidikan dapat digambarkan melalui dua perspektif. Sudut pandang pertama yakni pandangan masyarakat. Masyarakat menganggap pendidikan sebagai suatu proses pewarisan budaya yang mengandung nilai budaya dari generasi tua kepada generasi muda secara permanen sehingga suatu masyarakat dapat tetap eksis. Sudut pandang kedua lebih bersifat individu. Dimana pada sudut pandang individu, pendidikan adalah proses mengembangkan dan mencapai potensi yang benar-benar ada pada diri manusia, sehingga potensi tersebut menciptakan kapasitas tertentu untuk menjamin kehidupan manusia yang seimbang dan normal.

Standar merupakan model yang diterima sebagai benar oleh adat, persetujuan, atau otoritas. Dalam rekayasa, standar dikembangkan untuk memastikan bahwa perusahaan dalam industri tertentu mematuhi tingkat tertentu dari praktik yang diterima sehubungan dengan desain, manufaktur, teknik konstruksi, pemeliharaan, dan keselamatan pribadi. Standar tersebut biasanya dipandang sebagai pedoman sukarela yang dikembangkan melalui konsensus anggota industri, perwakilan pemerintah, dan lainnya. Perusahaan didorong untuk mengikuti

standar untuk memberikan standar perawatan minimum tertentu (Dinovo & MacCollum, 2019).

Dari definisi sebelumnya dapat dikatakan bahwa pendidikan standar merupakan suatu proses membangun dan menggapai potensi yang berada dalam diri manusia, berkaitan dengan model yang dapat diterima oleh adat, persetujuan, atau otoritas dalam mengembangkan perusahaan industri tertentu guna mematuhi tingkat tertentu dari praktik yang diterima sehubungan dengan desain manufaktur, teknik konstruksi, pemeliharaan, dan keselamatan pribadi.

Pendidikan Teknik

Ilmu teknik yang biasa disebut dengan keteknikan ataupun *engineering* merupakan induk atau batang pokok dari disiplin teknik. Secara definitif ilmu teknik, keteknikan ataupun *engineering* bisa dinyatakan sebagai profesi yang memahami ilmu matematika dan ilmu alam yang didapatkan dengan belajar, pengalaman, dan latihan yang diaplikasikan dengan tujuan mengembangkan cara-cara memanfaatkan material dan lingkungan alam untuk kepentingan manusia (Wignjoesoebroto, 2003). Dalam skala internasional terdapat lembaga non-profit yakni ABET (*Accreditation Board for Engineering Technology*). Standar yang diatur oleh ABET bermaksud untuk membangun standar lebih aman, efisien, nyaman dan berkelanjutan. ABET mengakreditasi Perguruan Tinggi dan Universitas dalam disiplin pengaplikasian ilmu alam, rekayasa dan rekayasa teknologi dalam lingkup level sarjana dan gelar master. ABET memulai edukasi standar pada ahli rekayasa di United States untuk mendapatkan lisensi. Keberlanjutan standar ini ada pada peran fundamental dan telah menjadi dasar kualitas untuk disiplin STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) pada seluruh dunia.

Di Indonesia sendiri berdiri sebuah organisasi independen nirlaba yang didirikan sebagai bagian dari lembaga Persatuan Insinyur Indonesia (PII), yakni IABEE (*Indonesian Accreditation Board for Engineering*). IABEE mempunyai tujuan menumbuhkembangkan budaya mutu dalam pengelolaan pendidikan tinggi di bidang teknik dan *computing*. Hal ini diwujudkan dengan cara menjamin pihak ketiga untuk memvalidasi program studi tersebut telah memenuhi bakuan minimum dan dengan mempergiat peningkatan mutu yang berkesinambungan dalam lembaga pendidikan tinggi penyelenggara. IABEE diakui oleh Kementerian, Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi sebagai badan yang bertanggungjawab terhadap akreditasi program studi yang memberikan gelar sarjana akademik di bidang teknik dan *computing*. IABEE dibina oleh JABEE (*Japan Accreditation Board for Engineering Education*), yang berstatus sebagai penandatanganan perjanjian multilateral yang mengatur kesetaraan berbagai lembaga akreditasi mandiri dari mancanegara untuk program studi keteknikan.

Standard for Engineering

Istilah *engineering* sendiri berasal dari bahasa latin yakni "*ingenium*" atau dengan kata lain "*ingeniators*", kata ini memiliki arti senjata legiun tentara Romawi yang digunakan untuk menerobos pertahanan musuh. Kata ini kemudian diubah menjadi "*engineer*" merujuk pada orang yang tertarik pada penciptaan teknologi perang atau yang terkait erat dengan "*military engineering*". Dalam perkembangannya, istilah itu diterapkan pada operasi non militer yang biasa disebut "*civil engineering*" (Wignjoesoebroto, 2003).

Engineering sendiri memiliki hubungan erat dengan desain, dimana hal ini dilakukan untuk membuat objek dengan tangan atau dengan menggunakan mesin dalam jumlah besar dari

desain yang dihasilkan sebelumnya disebut memproduksi. Dengan evolusi desain rekayasa multidisiplin dan manufaktur dari revolusi industri hingga saat ini, kebutuhan untuk menstandarisasi prosedur untuk mengembangkan produk diskrit telah meningkat berlipat ganda. Kebutuhan ini mencakup bidang-bidang seperti metodo-logi terkait dengan fungsi desain dan transfer data geometri ke semua fungsi lain dalam *computer-integrated manufacturing* (CIM) (Khan & Raouf, 2005).

Metodologi

Pada penelitian ini, data yang digunakan yakni data sekunder. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah tabel rekapitulasi hubungan standar dengan mata kuliah tiap departemen pada Fakultas Teknik UNDIP, yang terdiri dari 12 departemen yaitu: Arsitektur, Elektro, Geologi, Komputer, Kapal, Sipil, Planologi, Industri, Mesin, Lingkungan, Kimia, dan Geodesi. Pada tabel ini berisikan hubungan mata kuliah dari tiap departemen dan deskripsi tiap mata kuliah, yang nantinya dari tiap mata kuliah akan dihubungkan dengan standar terkait.

Pembahasan

Fakultas teknik UNDIP terdiri dari 12 departemen, untuk mengetahui urgensi pentingnya pendidikan standar di Fakultas Teknik UNDIP, maka diperlukan data untuk memvalidasi bahwa standar benar dibutuhkan pada 12 departemen teknik UNDIP.

Data yang telah dikumpulkan guna memvalidasi urgensi dari standar dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa pada silabus mata kuliah tiap departemen pada fakultas teknik UNDIP, terdapat standardisasi yang mengacu pada mata kuliah tersebut. Rincian kaitan mata kuliah dengan standardisasi terkait sebagai berikut:

1. Arsitektur
 - Gambar Arsitektur: ISO/CD 7519, ISO 128-1:2020
 - Struktur Konstruksi 1: ISO 15673:2016, ISO 128-1:2020
 - Struktur Konstruksi 2: ISO/CD 7519
 - Studio Perancangan Arsitektur 1,2,3: ISO/CD 7519, ISO 128-1:2020, ISO 15928-3:2015
2. Elektro
 - Pengantar Teknik Elektro: IEC60027
 - Rangkaian Listrik:
 - Medan Elektromagnetik: ISO/TR 10305-2:2003
 - Dasar Tenaga Listrik: ISO 50001:2018
 - Dasar Sistem Telekomunikasi: ISO/IEC 9594-1:2020
3. Geologi
 - Petrologi: ISO 14689:2017
 - Perpetaan Topografi: ISO 25178-600:2019
 - Gambar Teknik Geologi: ISO 128-1:2020
 - Geologi Teknik: ISO 14689:2017
 - Geologi Minyak Gas dan Bumi: ISO 10423:2009
 - Teknik Pengeboran: ISO 22476-15:2016, ISO 21467:2004, ISO 6165:2012
4. Komputer
 - Jaringan Komputer: ISO/IEC 19637:2016, ISO/IEC 10026-6:1995
 - Robotika: ISO 8373:2021
 - Jaringan Komputer 2: ISO/IEC 19637:2016, ISO/IEC 10026-6:1995
 - Rekayasa Perangkat Lunak : ISO/IEC/IEEE 32430:2021
5. Kapal
 - Menggambar Teknik: ISO 128-1:2020
 - Teori Bangun Kapal 1: ISO 3674:1976, ISO 10303-216:2003

- Konstruksi Kapal 1: ISO 10303-218:2004, ISO 15401:2000
 - Desain Kapal: ISO 128-1:2020, Solas 1974
 - Teori Bangun Kapal 2: ISO 13643-3:2017, Solas 1974
 - Konstruksi Kapal 2: ISO 10303-218:2004
 - Teknologi Las: ISO 15614
 - Praktek Las: ISO 15614
 - Tugas Desain Kapal 1,2: ISO 128-1:2020
 - Inspeksi Las: ISO 15614
 - Teknik Galangan & Reparasi Kapal: ISO 10303-218:2004
 - Desain Kapal dibantu Komputer: ISO 128-1:2020
 - Tugas Desain Kapal 3: ISO 128-1:2020, ISO 10303-218:2004
6. Sipil
- Gambar Struktur Bangunan: ISO 128-1:2020, ISO 15928-3:2015
 - Teknologi Bahan: ISO 14689:2017, ISO 12439:2010
 - Analisis Struktur 1,2: ISO 15673:2016
 - Pemrograman Komputer: ISO/IEC TS 19570:2018
 - Struktur Beton Bertulang: ISO 15673:2016, ISO 18408:2019
 - Struktur Baja: ISO 10721-1:1997, ISO 10721-2:1999, ISO 6929:2013
 - Struktur Beton Bertulang 2: ISO 15673:2016, ISO 6897:1984, ISO 18408:2019
 - Perancangan Bangunan Struktur: ISO 128-1:2020, ISO 15673:2016
7. PWK
- Teknologi Informasi : ISO/IEC 2382:2015
8. Industri
- Material Teknik: ISO 18457:2016
 - Menggambar Teknik: ISO 128-1:2020

- Proses Manufaktur: ISO 128-1:2020, ISO 298:1973, ISO 1708:1989
 - Praktikum Prosman: ISO 128-1:2020, ISO 298:1973, ISO 1708:1989
 - Pengendalian & Penjaminan Mutu: ISO 9001:2015
 - Rekayasa Produk: SNI (Standar Nasional Indonesia)
 - Standardisasi: ISO, ATM, IEC
 - Sistem Manufaktur Terintegrasi: ISO 8373:2021, ISO 11807-2:2021
 - Proyek Teknik Industri: ISO 9001:2015
9. Mesin
- Material Teknik: ISO 18457:2016
 - Gambar Mesin: ISO 10721-1:1997
 - Struktur & Sifat Material: ISO 10721-1:1997
 - Elemen Mesin 1: ISO 447:1984
 - Elemen Mesin 2: ISO 447:1984, ISO 50001:2018
 - Teknik Pembentukan Logam: ISO 5755:2012, ISO 3252:2019, ISO 23472-3:2021
 - CAD/CAM: ISO 128-1:2020
10. Geodesi
- Teknologi Informasi : ISO/IEC 2382:2015
11. Lingkungan
- Menggambar Teknik: ISO 128-1:2020
 - Drainase Lingkungan: ISO 6594:2006
12. Kimia
- Termodinamika 1: ISO/TS 23565:2021
 - Termodinamika 2: ISO 80000-5:2019
 - Perpindahan panas: ISO 9251:1987

Dengan melihat hasil pengumpulan data pada tabel sebelumnya, hal ini menunjukkan bahwa topik standar pada Fakultas Teknik UNDIP ada pada tiap departemen, tetapi pada tiap departemen memiliki bobot yang berbeda terkait standar

dan standardisasi. Hal ini dapat terlihat dari jumlah hubungan mata kuliah dengan standar terkait tiap departemen berbeda.

Untuk mata kuliah khusus terkait standar pada Fakultas Teknik UNDIP, dengan mengacu pada data yang telah dikumpulkan, hal ini diperlukan dikarenakan pada tiap departemen memiliki keterkaitan dengan standar dan standardisasi. Mata kuliah ini diperlukan agar mahasiswa memahami standar dan standardisasi dengan harapan lulusan Fakultas Teknik UNDIP menguasai standar-standar yang ada.

Mengenai strategi yang digunakan dalam penyampaian mata kuliah terkait standar pada Fakultas Teknik UNDIP, dapat berupa pembentukan mata kuliah khusus dengan pendidikan standar terkait. Meninjau dari hasil pengumpulan data yang menunjukkan bahwa bobot standar pada tiap departemen berbeda dikarenakan jumlah mata kuliah terkait standar tiap departemen berbeda, dapat dilakukan pembedaan pokok pembelajaran pada tiap-tiap departemen. Pada pembentukan mata kuliah tentang pendidikan standar pada Fakultas Teknik UNDIP maka diperlukan Rencana Pembelajaran Semester (RPS) untuk mengkonversi pendidikan standar yang ada, agar dapat diimplementasikan pada mata kuliah. Rencana Pembelajaran Semester (RPS) merupakan proyeksi kegiatan (aktivitas) yang akan dilakukan oleh dosen dengan mahasiswa dalam melakukan proses pembelajaran atau perkuliahan di kelas (Nurdin, 2017).

Tabel 1. Data Materi Pembelajaran Standar dan Standardisasi pada Fakultas Teknik UNDIP

	Semester 1	Semester 2	Semester 3	Semester 4	Semester 5	Semester 6
Program Studi						
Arsitektur	Gambar Arsitektur; Struktur Konstruksi	Desain Komputer Grafis; Struktur Konstruksi 2	Studio Perancangan Arsitektur; Struktur Konstruksi 3 Rangkaian Listrik	Praktikum Perancangan Arsitektur 2; Struktur Konstruksi 4 Medan Elektromagnetik	Praktikum Perancangan Arsitektur 3	Praktikum Perancangan Arsitektur 4
Elektro	Pengantar Teknik Elektro				Dasar Tenaga Listrik; Dasar Sistem Telekomunikasi	
Geologi		Petrologi	Perpetaan Topografi	Gambar Teknik Geologi; Geologi Teknik		Geologi Minyak dan Gas Bumi; Teknik Pengeboran
Komputer	Dasar Komputer dan Pemrograman			Jaringan Komputer 1	Robotika; Jaringan Komputer 2; Rekayasa Perangkat Lunak	
PWK	Teknologi Informasi; Teknik Komunikasi					
Kapal	Menggambar Teknik	Teori Bangunan Kapal 1; Konstruksi Kapal 1	Desain Kapal; Teori Bangunan Kapal 2; Konstruksi Kapal 2	Teknologi Las; Praktek Pengelasan; Tugas Desain Kapal 1	Inspeksi Las; Tugas Desain Kapal 2; Teknik Galangan & Reparasi Kapal	Desain Kapal Dibantu Komputer; Tugas Desain Kapal 3
Sipil	Gambar Struktur Bangunan; Teknologi Bahan		Analisis Struktur 1; Pemrograman Komputer	Struktur Beton Bertulang; Struktur Baja; Analisis Struktur 2	Struktur Beton Bertulang 2; Struktur Baja 2	Perancangan Bangunan Struktur
Geodesi	Teknologi Informasi	Pemrograman Komputer				

Tabel 1. Data Materi Pembelajaran Standar dan Standardisasi pada Fakultas Teknik UNDIP (lanjutan)

	Semester 1	Semester 2	Semester 3	Semester 4	Semester 5	Semester 6
Program Studi Industri	Materi Teknik; Menggambar Teknik; Pengantar Teknik Industri	Proses Manufaktur	Praktikum Proses Manufaktur		Pengendalian & Penjaminan Mutu; Rekayasa Produk; Standardisasi; Sistem Manufaktur Terintegrasi	Proyek Teknik Industri
Mesin		Materi Teknik; Gambar Mesin	Struktur & Sifat Material	Elemen Mesin 1	Elemen Mesin 2; Teknik Pembentukan Logam; Teknik Pengukuran; CAD/CAM	
Lingkungan		Menggambar Teknik			Drainase Lingkungan	
Kimia	Termodinamika 1		Dasar-Dasar Bioproses; Termodinamika 2	Perpindahan Panas		

Simpulan

Standar dan standardisasi sudah ada sejak lama, hal ini dibuktikan dengan adanya batu silinder digunakan sebagai satuan berat di Mesir. Seiring dengan berkembangnya zaman, standar dan standardisasi mulai digunakan dalam perdagangan internasional. Hal ini dipicu dengan banyaknya perdagangan bahan baku dari suatu negara ke negara lainnya, sehingga membuat kesulitan dalam hal ekspansi perdagangan dan perselisihan negara. Organisasi standar muncul untuk menengahi permasalahan standar yang ada, antara lain yakni ISO (*International Standards Organization*), IEC (*International Electrotechnical Commission*), ATSM (*American Standard Testing and Material*) dan lain-lain. Sedangkan di Indonesia sendiri terdapat badan organisasi yang mengatur standar dan standardisasi yakni BSN (Badan Standardisasi Nasional).

Pendidikan standar merupakan suatu proses membangun dan menggapai potensi yang berada dalam diri manusia, berkaitan dengan model yang dapat diterima oleh adat, persetujuan, atau otoritas dalam mengembangkan perusahaan industri tertentu guna mematuhi tingkat tertentu dari praktik yang diterima sehubungan dengan desain manufaktur, teknik konstruksi, pemeliharaan, dan keselamatan pribadi. Untuk mengetahui pendidikan standar dan standardisasi pada fakultas Teknik UNDIP, maka dilakukan pengambilan data dengan cara memvalidasi mata kuliah dari tiap jurusan yang dikaitkan dengan standar terkait.

Kesimpulan yang didapatkan pada data yang telah dikumpulkan dari 12 departemen, dengan menghubungkan mata kuliah tiap departemen dengan standar terkait. Maka mendapatkan data bahwa terdapat standar pada tiap departemen Fakultas Teknik UNDIP. Hal ini membuat mata kuliah khusus terkait standar diperlukan pada Fakultas Teknik

UNDIP. Dengan menimbang pembagian bobot yang berbeda pada tiap departemen, hal ini dapat dilihat dari jumlah mata kuliah terkait tiap departemen berbeda-beda. Sehingga tiap departemen pada Fakultas Teknik UNDIP dapat mencakup kebutuhan pendidikan standar untuk mahasiswa pada departemen masing-masing. Dengan harapan lulusan Fakultas Teknik UNDIP memahami standar-standar yang ada.

Kesan Pesan

Dr. Ir. Bambang Purwanggono Sukarsono, M.Eng merupakan salah satu dosen pada Teknik Industri UNDIP dengan jabatan struktural yakni Direktur Kerjasama Riset dan Industri UNDIP, selama masa pengabdian sebagai dosen pengajar, beliau dikenal sebagai dosen yang baik dan tegas, hal ini dapat dilihat ketika di kelas, beliau menjelaskan secara runtut materi yang dibawakan dengan tegas tetapi mudah dipahami dan selalu membuka pertanyaan di akhir kelas dan membuka ruang diskusi dengan mahasiswanya. Kiprah beliau dalam pengembangan Pendidikan standard maupun standardisasi di tingkat nasional dan internasional telah diakui dan ditunjukkan dengan kegiatan kegiatan yang telah dilaksanakan melalui organisasi Forstan (Forum Pendidikan Standardisasi) dan ICES (*Internasional Cooperation of Education about Standardization*).

Daftar Pustaka

- Breitenberg, M.A. (1987). *The ABC's of Standards-related Activities in the United States*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.
- Dinovo, T.J., & MacCollum, D.V. (2019). The Breadth of Engineering Standards. *Engineering Standards for Forensic Application*.

- Hasan, L. (2003). *Asas-Asas Pendidikan Islam* (5th ed.). Jakarta: Pustaka Al Husna Baru.
- Hasan, M. et al. (2021). *Landasan Pendidikan*. Tahta Media Group.
- Jang, Y., & Lee, J. (1998). Factors influencing the success of management consulting projects. *International Journal of Project Management*, 16.
- Khan, W.A., & Raouf, A. (2005). *Standards For Engineering*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Komala, D.O. et al. (2014). *Pengantar Standardisasi* (2nd ed.). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Nuridin, S. (2017). Pengembangan Kurikulum dan Rencana Pembelajaran Semester (RPS) Berbasis KKNI di Perguruan Tinggi. *Jurnal al-fikrah*, V.
- Ping, W. (2011). A Brief History of Standards and Standardization Organizations: A Chinese Perspective.
- Purwanggono, B. et al. (2009). *Pengantar Standardisasi*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Vries, H.d. (1997). Standardization-What's in a name. In Terminology. *International Journal of Theoretical and Applied Issues in Specialized Communication*, 55-83. John Benjamins Publishing Company.
- Wignjoesebroto, S. (2003). *Pengantar Teknik & Manajemen Industri* (1st ed.). Surabaya: Penerbit Guna Widya.

Perancangan Standard Operating Procedure Berdasarkan ISO 9001:2015 pada Laboratorium Sistem Produksi Teknik Industri Universitas Diponegoro¹¹

Ronatio Dinauli Lubis*, Singgih Saptadi, Yusuf Widharto

Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro, Semarang,
Indonesia

*E-mail: ronatiodynamy@gmail.com

Pendahuluan

Bahaya didefinisikan sebagai sumber yang berpotensi menyebabkan cedera atau penyakit pada manusia, kerusakan harta benda, dan gangguan lainnya (Ramli, 2010). Bahaya juga didefinisikan sebagai proses yang mempresentasikan kondisi tidak aman yang menyebabkan potensi kecelakaan. Bahaya dapat terjadi dimana saja dan kapan saja seperti pada lingkungan perusahaan, bidang kesehatan, maupun institusi pendidikan. Sehingga bahaya dapat menyebabkan kecelakaan kerja terhadap aktivitas manusia dan kerusakan pada benda atau material tersebut.

Salah satu hal yang perlu diperhatikan untuk meminimalisir kecelakaan kerja adalah penerepan program Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Pengertian K3 menurut OHSAS

¹¹ Cite this chapter (APA):

Lubis, R. D., Saptadi, S., & Widharto, Y. (2022). Perancangan standard operating procedure berdasarkan ISO 9001:2015 pada Laboratorium Sistem Produksi Teknik Industri Universitas Diponegoro. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 135-140). Undip Press.

18001:2007 adalah dimana semua kondisi dan faktor dapat berdampak pada keselamatan dan kesehatan tenaga kerja maupun orang lain (kontraktor, pemasok, dan konsumen) di tempat kerja. K3 menerapkan adanya penjaminan seluruh aset yang dimiliki oleh individu terkait seperti dalam institusi pendidikan salah satunya adalah Universitas Diponegoro (UNDIP). Hal tersebut membuat K3 menjadi kebutuhan dan kewajiban yang harus diterapkan pada institusi pendidikan.

Salah satu sarana dan prasarana di suatu institusi yang berpotensi adanya sumber bahaya yang tinggi dibandingkan tempat lain adalah laboratorium. Sebagai contoh kegiatan di laboratorium yang menimbulkan kecelakaan kerja terjadi di Laboratorium Terpadu, UNDIP. Musibah tersebut terjadi ketika mahasiswa melakukan penelitian biodiesel untuk tugas akhir, kemudian mahasiswa tersebut memasukan cairan methanol ke dalam alat minplant sehingga menimbulkan percikan apa yang mengenai tubuh mahasiswa hingga badannya terbakar (Arfianto, 2020). Hal tersebut merupakan contoh dari kecelakaan yang terjadi di laboratorium akibat dari kurangnya perhatian mengenai K3 dan pemahaman akan prosedur operasi standar selama menggunakan atau melakukan aktivitas di laboratorium.

Salah satu laboratorium di Departemen Teknik Industri UNDIP yang memiliki potensi bahaya yang tinggi adalah Laboratorium Sistem Produksi (LSP). LSP bertujuan untuk mendukung kegiatan perkuliahan yang berhubungan dengan produksi. Kegiatan yang dilakukan di laboratorium ini yaitu merancang proses manufaktur hingga menentukan harga jual suatu produk, sehingga LSP menyediakan fasilitas berupa mesin yang digunakan oleh mahasiswa saat praktikum seperti mesin turning, mesin milling, mesin drilling, mesin welding, mesin grinding, mesin milling CNC, dan peralatan kerja bangku lainnya serta menyediakan juga berbagai jenis bahan-bahan atau

material yang digunakan saat praktikum. Tetapi pada penerapannya, masih terdapat kekurangan seperti belum adanya prosedur tertulis untuk penggunaan mesin saat praktikum, dan belum adanya prosedur tertulis penggunaan bahan-bahan yang ada di laboratorium.

Kekurangan yang ada di LSP tersebut, dapat menyebabkan terjadinya bahaya saat kegiatan praktikum berlangsung, misalnya saat menggunakan mesin turning jika salah dalam proses pengoperasian berisiko pada operatornya sehingga dapat menyebabkan luka gores, anggota tubuh dapat terjepit atau terperangkap. Sehingga perlu diterapkannya *standard operating procedure* (SOP) di LSP yang bertujuan untuk memudahkan dalam penggunaan mesin dan bahan-bahan yang ada, serta mencegah atau mengurangi bahaya yang menimbulkan kecelakaan kerja.

Pembahasan

ISO 9001:2015 memberikan panduan dan alat bagi perusahaan dan organisasi yang ingin memastikan bahwa produk dan layanan mereka konsisten memenuhi persyaratan pelanggan, dan kualitas tersebut terus ditingkatkan secara konsisten (ISO, 2015). Standar ini didasarkan pada sejumlah prinsip manajemen mutu termasuk fokus pelanggan, motivasi dan implikasi manajemen puncak, pendekatan proses, dan perbaikan berkelanjutan. Sehingga, hal ini dapat menjaga keselarasan dengan semua standar manajemen sistem yang ada serta memberikan pemikiran berbasis risiko yang bertujuan untuk mengidentifikasi risiko yang terjadi.

Penilaian risiko (*risk assessment*) adalah proses mengevaluasi risiko-risiko kerja yang disebabkan oleh adanya bahaya-bahaya dan menentukan apakah risiko tersebut dapat

ditolerir atau tidak. Penilaian terhadap potensi bahaya dilakukan untuk menentu-

LABORATORIUM CNC		ITATS	Tanggal berlaku : Mulai : 11 Nopember 2009	
		STANDARD OPERATING AND PROCEDURE (S O P)		No Revisi 00
No.SOP : 04-SOP-LABCNC- XI-2009		MENJALANKAN MESIN CNC	Kode	
Hal	1 s/d 3		Dist	
<p>1. TUJUAN</p> <p>A. Membuat prosedur baku sebagai acuan bagi programmer dan operator dalam menjalankan mesin CNC Turning Tipe VT-15 L.</p> <p>B. Menjaga keselamatan kerja programmer, operator dan mesin CNC.</p> <p>2. RUANG LINGKUP Hanya berlaku bagi mesin CNC Turning Tipe VT-15 L..</p> <p>3. REFERENSI - Operation Manual CNC Turning Tipe VT-15 L.</p> <p>4. KEBIJAKAN</p> <p>A. SOP menjalankan mesin harus ditaati oleh programer dan operator yang menggunakan mesin CNC ini.</p> <p>B. Utamakan keselamatan kerja.</p> <p>5. DEFINISI DAN ISTILAH</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ CNC merupakan singkatan dari Computer Numerically Controlled. ▪ Mesin yang dimaksud adalah mesin CNC Turning Tipe VT-15 L. <p>6. PENANGGUNG JAWAB Ketua Laboratorium CNC</p> <p>7. PROSEDUR</p> <ol style="list-style-type: none"> i. Tutup seluruh pintu dan panel elektrik mesin. ii. Pastikan ada suplai listrik ke panel listrik (lihat trafo). iii. Pastikan seluruh cover dan perlengkapan telah berada pada posisinya. iv. Kompresor udara mensuplai udara ke mesin (optional). v. Cek tekanan kompresor udara ke mesin. vi. Pastikan lantai sekitar mesin bersih dan bebas dari minyak. vii. Putar tombol utama di belakang mesin pada posisi ON. viii. Cek tekanan di unit hidrolik. ix. Pastikan kipas pendingin dalam panel-panel operasi bekerja dengan baik. x. Putar tombol EMERGENCY STOP searah jarum jam. xi. Tekan switch POWER ON yang berada di samping mesin. xii. Pastikan semua menu telah ditampilkan di CRT screen. xiii. Putar mode select ke posisi REFF. xiv. Tekan sumbu X, pastikan lampu hijau menyala. xv. Tekan sumbu Z, pastikan lampu hijau menyala. xvi. Mesin telah siap, selanjutnya tekan tombol sesuai kebutuhan. 				

Gambar 1. Contoh Bagian SOP Menjalankan Mesin CNC

kan tingkat risiko (*risk rating*) dari bahaya tersebut. Penilaian risiko dilakukan dengan berpedoman pada Standards Association of Australia – Standard New Zealand. (2004). Setelah penilaian risiko dilakukan, kemudian dilakukan *risk register*. *Risk Register* merupakan daftar risiko yang dapat dilihat

oleh manajer perusahaan maupun manajer suatu proyek sehingga dapat melakukan *monitoring* proses manajemen risiko pada perusahaan atau proyek. Menurut Balfe et al. (2014) *risk register* memiliki pemahaman dasar tentang konsep risiko, melalui identifikasi dan ruang lingkup bahaya yang akan dimasukkan, hingga pengumpulan data dan populasi otomatis dari daftar risiko. Dengan adanya risk register memudahkan pengendalian risiko yang lebih diprioritaskan.

Pada penelitian ini setelah ditemukan bahaya dan risiko yang teridentifikasi, kemudian akan dilakukan perancangan SOP. Prosedur didefinisikan sebagai informasi terdokumentasi yang menjabarkan aktivitas operasional yang dilaksanakan sehari-hari dengan tujuan agar pekerjaan tersebut dilaksanakan secara benar, tepat, dan konsisten untuk menghasilkan produk sesuai standar yang telah ditetapkan sebelumnya (Tathagati, 2015). Menurut Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi (MenPAN dan RB) No. 35 Tahun 2012 SOP adalah serangkaian instruksi tertulis yang dibakukan mengenai berbagai proses penyelenggaraan aktivitas organisasi, bagaimana dan kapan harus dilakukan, dimana dan oleh siapa dilakukan.

Dalam penyusunan dokumen SOP, menurut MenPAN dan RB No. 35 Tahun 2012 Tentang Pedoman Penyusunan Standar Operasional Prosedur Administrasi Pemerintah-an, didasarkan pada format SOP yang telah disusun. Format SOP dipengaruhi oleh tujuan pembuatan SOP. Apabila tujuan pembuatan SOP yang berbeda, maka format SOP juga berbeda. SOP berisi prosedur-prosedur yang distandarkan dan membentuk satu kesatuan proses, maka informasi yang dimuat dalam dokumen SOP terdiri dari 2 macam unsur, yaitu unsur dokumentasi dan unsur prosedur. Gambar 1 merupakan contoh SOP pada mesin CNC dan Gambar 2 merupakan bagian *flowchart* yang berisi

mengenai langkah-langkah (prosedur) kegiatan beserta mutu baku dan keterangan yang diperlukan.

APPENDIX A

Design and Product Development Procedure (1)		
Process Flow	Process Description	Record
<p>Start</p> <p>1. Director, PDND, dan and PRD manager Conduct meetings determination of product design and development input</p> <p>2. PDND Creating a product design engineering drawings</p> <p>3. Head of PDND Conduct a review of the engineering drawings</p> <p>4. Director Perform verification and validation of input products</p> <p>5. Asstant Manager of PRD, Assistant Manager of Machining Preparation of production</p> <p>6. Manager of PRD Perform verification and validation Form Production</p> <p>A</p>	<p>1.a. Director of design input determination to conduct meetings and joint product development PDND and Manager of PRD. Input design specification form, function, and forms of products</p> <p>1.b. Design products based on receipt of customer orders</p> <p>1.c. The results of this meeting will be documented in the Form Designer and Product Development, then submitted to PDND to be made the product design.</p> <p>2. PDF create engineering drawings of product designs that will be made based on the design and development input, using Solidworks software.</p> <p>3.a. Head of PDND reviewing engineering drawings whether in accordance with design input.</p> <p>3.b. If there are changes in technical drawing will be recorded to the Form Design and Product Development and then returned to the second process.</p> <p>3.c. If the engineering drawings have been completed then will be done verification and validation to ensure that the input meet the requirements and the use is desired.</p> <p>4.a. If the product input does not match then back to process 1.</p> <p>4.b. If the input of products have been appropriate, the Director approved the form and then handed over to assistant manager of PRD, assistant manager of machining, and head of PDND.</p> <p>5.a. Asman PRD and Asman Machining make preparations for the planned production of material needs, machinery, mold of products, and production operators.</p> <p>5.b. Needs are recorded in Form Production Preparation.</p> <p>5.c. Form submitted to the Human Resources Manager to be verified and validated</p> <p>6.a. Manager of PRD verify and validate Form Production Preparation.</p> <p>6.b. Form made copies, and handed over to the PRD and Asman machining, PMTC, and warehouse's PIC</p>	<p>1. Design & Product Development Form</p> <p>2.a. Engineering Drawing of Design Product</p> <p>2.b. Design and Product Development Form</p> <p>3.a. Engineering Drawing of Design Product</p> <p>3.b. Design and Product Development Form</p> <p>4. Design and Product Development Form</p> <p>5. Production Preparation Form</p> <p>6. Production Preparation Form</p>

Gambar 2. Contoh Bagian Flowchart SOP

Pengolahan Data

Data-data yang dikumpulkan dalam penelitian ini diperoleh dengan menggunakan pendekatan kualitatif. Data kualitatif diperoleh dari hasil wawancara dengan pihak laboratorium seperti asisten laboratorium. Selain itu, data juga diperoleh dari survei langsung atau melakukan pengamatan secara langsung terhadap objek yang ingin diteliti sehingga mengetahui kondisi laboratorium yang sebenarnya.

Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui potensi bahaya dan risiko yang ada di laboratorium sistem produksi. Tahap awal yang dilakukan dalam pengolahan data ini yaitu mengetahui dan menyesuaikan kondisi sebenarnya yang ada di laboratorium sistem produksi TI UNDIP dengan persyaratan ISO 9001:2015. Dari hasil tersebut didapatkan *gap* analisis dan daftar aktivitas untuk identifikasi risiko, kemudian dari daftar aktivitas tersebut dilakukan pertimbangan risiko yang mungkin terjadi dari setiap aktivitas dan fasilitas yang digunakan. Pertimbangan risiko ini dilakukan dengan menggunakan proses penilaian risiko (*risk assement*) yang bertujuan untuk mengetahui risiko apa saja yang paling berpengaruh dan juga menentukan apakah risiko tersebut dapat ditolerir atau tidak. Dari hasil proses penilaian risiko tersebut, selanjutnya akan dilakukan *risk register* (daftar risiko) dimana dengan adanya *risk register* akan memudahkan pengendalian risiko yang lebih diprioritaskan, sehingga *risk register* dan identifikasi *gap* akan menjadi masukan dalam perancangan SOP. Perancangan SOP disusun berdasarkan ISO 9001:2015, sehingga SOP dapat digunakan sebagai pedoman standar untuk setiap proses atau kegiatan praktikum serta dapat mendukung dan mengembangkan kegiatan operasional di laboratorium yang lebih baik.

Penutup

Penelitian dalam artikel ini bertujuan untuk mencetuskan atau merancang ide penelitian mengenai SOP berdasarkan ISO 9001:2015. Dari hasil perancangan ini diharapkan LSP Teknik Industri UNDIP memiliki SOP yang digunakan sebagai pedoman standar untuk setiap proses atau kegiatan praktikum serta dapat mendukung dan mengembangkan kegiatan operasional di laboratorium yang lebih baik. Dengan adanya hal tersebut, maka diharapkan dapat meminimalkan bahaya serta disesuaikan dengan prosedur operasi standar yang sudah ada.

Kesan Pesan

Dr. Ir. Bambang Purwanggono merupakan salah satu dosen yang sederhana, akrab, dan bersahabat dilingkungan kampus. Bapak Bambang juga memiliki peranan penting di Teknik Industri dalam memberikan pendidikan, khusus seperti mata kuliah analisis estimasi biaya, standardisasi dan penilaian kesesuaian yang membuat mahasiswa mengerti tentang matakuliah tersebut. Untuk kontribusi beliau selama 36 tahun mengabdikan menjadi dosen di Universitas Diponegoro, saya hanya dapat menyampaikan penghargaan dan terima kasih setinggi-tingginya. Semoga Tuhan selalu memberikan kesehatan dan sukacita sehingga dapat terus berkarya.

Daftar Pustaka

- Balfe, N., Leva, M. C., McAleer, B., & Rocke, M. (2014). Safety risk registers: Challenges and guidance. *Chemical Engineering Transactions*, 36, 571–576.
- ISO. (2015). *Sistem Manajemen Mutu – Persyaratan*.
- OHSAS 18001. (2007). *Pengertian (K3) Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Diakses dari

- <http://www.sucofindo.co.id/2/22/32/layanansertifikasi/219/sertifikasi-ohsas->
- Ramli, Soehatman. (2010). *Pedoman Praktis Manajemen Risiko Dalam Preseptif K3 OHS Risk Management*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Standards Association of Australia – Standard New Zealand. (2004). *Risk Management Guidelines Companion to AS/NZS 4360:2004*. Sydney/Wellington: Standards Australia/Standards New Zealand.
- Tathagati, Arini. 2015. *Step by Step membuat SOP*. Yogyakarta: Efata Publishing.
- Arfianto, Iwan. (2020, Agustus 27). 2 Mahasiswa Teknik Kimia Undip Alami Luka Bakar Saat Garap Tugas Akhir, Laboratorium Terbakar [Halaman web]. Diakses dari <https://jateng.tribunnews.com/2020/08/27/2-mahasiswa-kimia-undip-semarang-alami-luka-bakar-saat-garap-tugas-akhir-laboratorium-terbakar>.

Optimasi Rute Pengiriman Produk dengan Perhitungan MILP untuk MTVRP *with Time Windows*¹²

Abdurohman Atsar Qadarullah

Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro, Semarang,
Indonesia

E-mail: abdatsar@gmail.com

Pendahuluan

Gunung Ciremai terletak di antara Kabupaten Majalengka dan Kabupaten Kuningan dengan ketinggian 3078 meter di atas permukaan laut. Gunung Ciremai merupakan daerah tangkapan air yang sangat penting, yang mana air tersebut di antaranya digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik semen di Palimanan-Majalengka, kebutuhan pertanian di Kabupaten Kuningan dan kebutuhan air bersih bagi masyarakat Kota Cirebon. (Noerdjito & Mawardi, 2008).

CV Surya Nedika Isabella adalah satu di antara beberapa perusahaan Air Minum Dalam Kemasan (ADMK) yang memanfaatkan mata air Kabupaten Kuningan dari Gunung Ciremai sebagai sumber utama bahan bakunya. Air minum *cup* adalah produk utama dari perusahaan dan akan menjadi fokus utama pada penelitian ini. Air minum *cup* tersebut dikirimkan kepada pelanggan dalam bentuk dus menggunakan armada truk.

¹² Cite this chapter (APA):

Qadarullah, A. A. (2022). Optimasi rute pengiriman produk dengan perhitungan MILP untuk MTVRP with time windows. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 141-150). Undip Press.

Perusahaan ini melakukan pengiriman produknya ke pelanggan menggunakan kendaraan truk sebagai armadanya. Armada hanya mampu memenuhi satu permintaan pelanggan dalam sekali perjalanan, ini terjadi karena jumlah produk yang dikirim selalu sama persis dengan kapasitas satu armada. Armada bisa mengirim ke lebih dari satu pelanggan setiap harinya asalkan pelanggan tersebut masih bersedia menunggu kiriman barang. Masih atau tidaknya pelanggan bersedia menunggu kiriman barang bisa dilihat dari waktu buka dan waktu tutup pelanggan tersebut. Umumnya pelanggan yang dilayani oleh perusahaan ini buka pukul 8:00 dan tutup pukul 17:00. Waktu buka dan waktu tutup ini disebut juga *time windows*.

Rumusan Masalah

Masalah yang dihadapi oleh perusahaan ini yaitu jumlah permintaan pelanggan yang tidak selalu berpola konstan melainkan akan tinggi pada bulan-bulan tertentu. Permintaan produk akan meningkat di sekitar bulan Ramadhan, bulan berikutnya (Syawal) dan tiga bulan setelahnya (Dzulhijjah). Jumlah armada berupa truk yang dialokasikan untuk mendistribusikan produk sudah disesuaikan dengan kondisi permintaan pada kondisi normal, tetapi belum siap ketika dipertemukan dengan kondisi ketika periode permintaan sedang tinggi.

Sekitar 25% dari permintaan pelanggan yang ada terlambat diantarkan ketika berada di periode yang permintaannya sedang tinggi. Terlambat dalam artian pengiri-mannya ditunda sampai keesokan harinya. Kerugiannya, umumnya pelanggan pasti akan kecewa ketika produk pesanannya diantarkan terlambat sampai satu hari, sehingga reputasi perusahaan akan memburuk dan bisa jadi di masa depan pelanggan enggan melakukan *repeat order*. Kepala pabrik dari perusahaan ini

meyakini bahwa apabila rute pengiriman produk dapat dibuat optimal, jumlah pelanggan yang mampu dilayani tanpa terlambat diharapkan bisa lebih banyak dari kondisi ketika rutenya belum optimal.

Penelitian ini akan membandingkan rute buatan perusahaan dan rute hasil optimasi untuk melihat apakah jumlah keterlambatan bisa diminimalisir. Ada tiga hal yang digunakan dalam penelitian ini yaitu model matematis, metode perhitungan penyelesaian masalah yang sudah dimodelkan dan *software* yang digunakan untuk menjalankan perhitungan tersebut.

Model Matematis

Pada umumnya optimasi rute pengiriman suatu barang masih dimodelkan menggunakan teori permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP), tetapi dengan kondisi nyata di lapangan berupa situasi jumlah rit armada yang lebih dari satu ditambah lagi dengan situasi waktu buka dan waktu tutup pelanggan yang bervariasi, maka haruslah digunakan varian VRP yang bernama *Multi-Trip Vehicle Routing Problem with Time Windows* (MTVRPTW). Varian *Multi-Trip* akan mengakomodir situasi armada yang melakukan rit lebih dari satu kali dalam sehari. Varian *Time Windows* akan mengakomodir situasi jam buka dan jam tutup pelanggan yang berbeda-beda.

Formulasi MTVRPTW yang digunakan dalam penelitian ini adalah yang dikembangkan oleh Cattaruzza (2016). Formulasi yang digunakan tidak persis seperti yang ada di *paper* tersebut, melainkan ada perubahan fungsi tujuan dan penambahan fungsi kendala urutan ke (13). Hal ini dilakukan agar luaran yang dihasilkan sesuai dengan masalah yang dihadapi di lapangan. Berikut adalah formulasi MTVRPTW yang digunakan dalam penelitian ini.

Notasi awal

- n = jumlah titik yang mencakup depot dan pelanggan
- v = jumlah armada yang tersedia

Set

- $N = \{0, 1, \dots, n\}$: semua titik mencakup depot dan pelanggan
- $A = \{i, j \in N\}$: arc dari titik i ke j
- $V = \{0, 1, \dots, v\}$: armada
- $R = \{0, 1, \dots, N - 1\}$: trip

Parameter

- T_{ij} = waktu perjalanan dari titik i ke j (jam)
- T_H = batas maksimum perjalanan tiap armada (jam)
- Q_i = jumlah barang yang harus dikirim ke titik i (dus)
- Q = kapasitas angkut armada (dus)
- S_i = durasi pelayanan di titik i (jam)
- M = konstanta asal cukup besar
- E_i = waktu awal pelanggan mulai bisa menerima kiriman barang (jam)
- L_i = waktu akhir pelanggan masih bisa menerima kiriman barang (jam)

Variabel Keputusan

- $x_{ij}^{vr} = \{1 \text{ jika } \text{trip } r \in R \text{ dari kendaraan } v \in V \text{ mengemudi melalui arc } (i, j) \in A, 0 \text{ selain itu } \}$
- $y_i^{vr} = \{1 \text{ jika } \text{trip } r \in R \text{ dari kendaraan } v \in V \text{ mengunjungi titik } i \in N, 0 \text{ selain itu } \}$
- $t_i^{vr} =$
Kapan sebuah kendaraan v dari trip r memulainya pelayanan di titik i .

Fungsi Tujuan

$$\min \sum t_i^{vr} \forall v \in V, r \in R, i \in N \quad (1)$$

Fungsi Kendala

$$\sum_{v \in V} \sum_{r \in R} y_i^{vr} = 1 \forall i \in N \setminus \{0\}, \quad (2)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ij}^{vr} = \sum_{j \in N} x_{ji}^{vr} = y_i^{vr} \forall i \in N, v \in V, r \in R, \quad (3)$$

$$\sum_{i \in N \setminus \{0\}} Q_i y_i^{vr} \leq Q \forall v \in V, \forall r \in R, \quad (4)$$

$$t_i^{vr} + S_i + T_{ij} \leq t_j^{vr} + M(1 - x_{ij}^{vr}) \forall i \in N, j \in N \setminus \{0\}, v \in V, r \in R, \quad (5)$$

$$t_i^{vr} + S_i + T_{i0} \leq t_{N+1}^{vr} + M(1 - x_{i0}^{vr}) \forall i \in N \setminus \{0\}, v \in V, r \in R, \quad (6)$$

$$t_{N+1}^{vr} \leq t_0^{v,r+1} \forall v \in V, r \in R \setminus \{n-1\}, \quad (7)$$

$$E_i y_i \leq t_i^{vr} \leq L_i y_i \forall i \in N \setminus \{0\}, v \in V, r \in R, \quad (8)$$

$$t_{N+1}^{vr} \leq T_H \forall v \in V, r \in R, \quad (9)$$

$$t_i^{vr} \geq 0 \forall v \in V, r \in R, i \in N \cup \{n+1\}, \quad (10)$$

$$x_{ij}^{rv} \in \{0,1\} \forall v \in V, r \in R, (i,j) \in A, \quad (11)$$

$$y_i^{rv} \in \{0,1\} \forall v \in V, r \in R, i \in N \quad (12)$$

$$t_i^{vr} \leq t_{N+1}^{vr} \forall v \in V, r \in R, i \in N \quad (13)$$

Metode Perhitungan Penyelesaian Masalah

Metode perhitungan yang akan digunakan adalah *Mixed Integer Linear Program-ming* (MILP). MILP adalah *Integer Linear Programming* dengan kondisi hanya sebagian variabelnya saja yang bersifat *integer* (bilangan bulat) (Imah et al., 2012). Formulasi MTVRPTW yang dibuat oleh Cattaruzza et al. (2016) memiliki variabel yang bersifat biner dan kontinyu, sementara fungsi tujuan dan fungsi kendalanya bersifat linear, maka dari itu bisa disimpulkan permasalahan ini cocok diselesaikan dengan *Mathematical Programming* yang bersifat MILP.

Software yang akan digunakan untuk membantu menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini adalah Pyomo dan Gurobi. Penjelasan lebih detail mengenai kedua software tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pyomo (*Python Optimization Modeling Objects*)

Pyomo akan digunakan dalam penelitian ini untuk menterjemahkan model matematis MTRPTW sehingga dapat dimengerti oleh komputer.

2. Gurobi

Gurobi adalah sebuah *software* yang mampu menyelesaikan permasalahan Linear Programming. Gurobi akan membaca permasalahan MTRPTW yang sudah dimodelkan Pyomo untuk kemudian diselesaikan komputasinya menggunakan perhitungan MILP sehingga didapat output berupa nilai tertentu untuk variabel variabel yang ada.

Pembahasan

Bagian pembahasan akan menampilkan pengumpulan data, hasil pengolahan data dan analisis yang menjelaskan bagaimana luaran tersebut menjawab masalah yang ada.

Pengumpulan Data

Perusahaan ini memiliki truk yang kapasitas masing-masingnya 650 dus *cup* air mineral sebanyak 14 unit. Data pelanggan ditampilkan pada Tabel 1. Data durasi perjalanan ditampilkan pada Tabel 2. Pelanggan yang masih berada di area sama diasumsikan memiliki lokasi yang persis sama, asumsi ini dibuat karena keterbatasan data yang diberikan oleh perusahaan. Satu pelanggan atau lebih yang memiliki lokasi yang sama ditandai dengan penamaan yang sama ditambah huruf abjad sebagai pembeda. Contohnya, Pasar Baru Pelanggan A dan Pasar Baru pelanggan B memiliki lokasi yang sama. Rute

yang dibuat oleh perusahaan untuk nantinya dibandingkan dengan hasil optimasi ditampilkan pada Tabel 3.

Hasil Pengolahan Data

Rute hasil optimasi menggunakan program ditampilkan pada Tabel 4.

Analisis

Bagian analisis menjelaskan hasil pengolahan data berupa rute yang dibuat oleh program dan perusahaan, dan perbandingan keduanya untuk melihat apakah tujuan penelitian berupa minimalnya jumlah pelanggan yang terlambat diantarkan dapat tercapai. Semisal diasumsikan semua jam tutup pelanggan adalah pukul 10:40. Asumsi ini dibuat agar lebih mudah membandingkan rute yang dibuat oleh perusahaan dan rute yang dibuat oleh program. Jika semua jam tutup pelanggan adalah pukul 10:40, maka semua armada harus sampai di lokasi pelanggan sebelum 10:40 agar tidak terlambat. Prediksi waktu sampainya armada di lokasi pelanggan baik ketika menggunakan rute yang dibuat oleh perusahaan atau yang dibuat oleh program, telah ditampilkan pada Tabel 5 dan Tabel 6 secara berturut turut. Prediksi waktu tersebut terletak pada kolom ke-4 dan kolom ke 8 dari kedua tabel tersebut.

Dengan asumsi jam tutup adalah pukul 10:40, rute yang dibuat oleh perusahaan mengakibatkan armada 1, 2, 4, dan 5 terlambat mengantarkan produk ke pelanggan ke-2 mereka karena baru tiba pukul 10:53, 10:54, 10:49 dan 10:49 secara berturut-turut. Empat waktu tersebut ditampilkan pada Tabel 5 dengan *highlight* warna kuning. Ini artinya dari 20 pesanan pelanggan yang ada, empat di antaranya baru sampai setelah lewat pukul 10:40.

Tabel 1. Data Pelanggan

Lokasi	Kota/ Kabupaten	Demand (dus)	Time Windows (jam)		Service Time (menit)
			Buka	Tutup	
Pabrik / Depot	Kuningan	-	06:40	18:00	20
Pasar Kepuh	Kuningan	650	08:00	17:00	60
Pasar Baru Pelanggan A	Kuningan	650	08:00	17:00	60
Pasar Baru Pelanggan B	Kuningan	650	08:00	17:00	60
Kec. Darma	Kuningan	650	08:00	17:00	60
Kec. Luragung Pelanggan A	Kuningan	650	08:00	17:00	60
Kec. Luragung Pelanggan B	Kuningan	650	08:00	17:00	60
Kec. Luragung Pelanggan C	Kuningan	650	08:00	17:00	60
Kec. Luragung Pelanggan D	Kuningan	650	08:00	17:00	60
Kec. Ciawigebang Pelanggan A	Kuningan	650	08:00	17:00	60
Kec. Ciawigebang Pelanggan B	Kuningan	650	08:00	17:00	60
Ciledug Pelanggan A	Cirebon	650	08:00	17:00	60
Ciledug Pelanggan B	Cirebon	650	08:00	17:00	60
Karangampel	Indramayu	650	07:00	17:00	60
Pasar Bangkir	Indramayu	650	08:00	17:00	60
Kec. Terisi Pelanggan A	Indramayu	650	08:00	17:00	60
Kec. Terisi Pelanggan B	Indramayu	650	08:00	17:00	60
Kec. Terisi Pelanggan C	Indramayu	650	08:00	17:00	60
Kec. Terisi Pelanggan D	Indramayu	650	08:00	17:00	60
Pasar Bugel	Indramayu	650	08:00	17:00	60
Losarang	Indramayu	650	08:00	17:00	60

Tabel 2. Durasi Perjalanan (menit)

Alamat	Dari Pabrik ke Pelanggan	Dari Pelanggan ke Pabrik
Pabrik / Depot	0	0
Pasar Kepuh	22	22
Pasar Baru Pelanggan A	23	24
Pasar Baru Pelanggan B	23	24
Kec. Darma	44	44
Kec. Luragung Pelanggan A	44	45
Kec. Luragung Pelanggan B	44	45
Kec. Luragung Pelanggan C	44	45
Kec. Luragung Pelanggan D	44	45
Kec. Ciawigebang Pelanggan A	32	34
Kec. Ciawigebang Pelanggan B	32	34
Ciledug Pelanggan A	66	65
Ciledug Pelanggan B	66	65
Karangampel	90	96
Pasar Bangkir	120	121
Kec. Terisi Pelanggan A	151	159
Kec. Terisi Pelanggan B	151	159
Kec. Terisi Pelanggan C	151	159
Kec. Terisi Pelanggan D	151	159
Pasar Bugel	139	174
Losarang	121	128

Tabel 3. Rute Buatan Perusahaan

Armada	Destinasi			
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat
1	Lokasi 12	Pabrik	Lokasi 2	Pabrik
2	Lokasi 13	Pabrik	Lokasi 3	Pabrik
3	Lokasi 4	Pabrik	Lokasi 5	Pabrik
4	Lokasi 6	Pabrik	Lokasi 7	Pabrik

5	Lokasi 8	Pabrik	Lokasi 9	Pabrik
6	Lokasi 10	Pabrik	Lokasi 11	Pabrik
7	Lokasi 14	Pabrik		
8	Lokasi 15	Pabrik		
9	Lokasi 16	Pabrik		
10	Lokasi 17	Pabrik		
11	Lokasi 18	Pabrik		
12	Lokasi 19	Pabrik		
13	Lokasi 20	Pabrik		
14	Lokasi 21	Pabrik		

Tabel 4. Rute Hasil Optimasi

Armada	Destinasi			
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat
1	Lokasi 2	Pabrik	Lokasi 8	Pabrik
2	Lokasi 15	Pabrik		
3	Lokasi 5	Pabrik	Lokasi 16	Pabrik
4	Lokasi 3	Pabrik	Lokasi 9	Pabrik
5	Lokasi 14	Pabrik		
6	Lokasi 12	Pabrik		
7	Lokasi 10	Pabrik	Lokasi 7	Pabrik
8	Lokasi 21	Pabrik		
9	Lokasi 19	Pabrik		
10	Lokasi 11	Pabrik	Lokasi 6	Pabrik
11	Lokasi 13	Pabrik		
12	Lokasi 17	Pabrik		
13	Lokasi 18	Pabrik		
14	Lokasi 4	Pabrik	Lokasi 20	Pabrik

Rute yang dibuat oleh program mengakibatkan armada 3 dan 14 terlambat mengantarkan produk ke pelanggan ke-2 mereka karena baru tiba pukul 12:35 dan 12:03 secara berturut turut. Dua waktu tersebut ditampilkan pada Tabel 6 dengan *highlight* warna kuning. Ini artinya dari 20 pesanan pelanggan yang ada, dua diantaranya baru sampai setelah lewat pukul 10:40.

**Tabel 5.
Linimasa
Rute Armada
yang Dibuat
Perusahaan**

Armada	Mulai Memuat Barang	Berangkat dari Pabrik Menuju Pelangan Pertama	Tiba di Pelangan Pertama dan Memulai Bongkar Muat	Selesai Pelayanan Pertama dan Memulai Perjalanan kembali ke Pabrik	Tiba di Pabrik dan Mulai Mengisi Ulang Muatan (Jika ada Pelangan Kedua)	Selesai Mengisi Ulang Muatan dan Mulai Berangkat ke Pelangan Kedua	Tiba ke Pelangan Kedua dan Memulai Bongkar Muat	Selesai Pelayanan di Pelangan Kedua dan Mulai Pulang ke Pabrik	Tiba di Pabrik
1	06:40	07:00	08:06	09:06	10:11	10:31	10:53	11:53	12:15
2	06:40	07:00	08:06	09:06	10:11	10:31	10:54	11:54	12:18
3	06:40	07:00	08:00	09:00	09:24	09:44	10:28	11:28	12:12
4	06:40	07:00	08:00	09:00	09:45	10:05	10:49	11:49	12:34
5	06:40	07:00	08:00	09:00	09:45	10:05	10:49	11:49	12:34
6	06:40	07:00	08:00	09:00	09:34	09:54	10:26	11:26	12:00
7	06:40	07:00	08:30	09:30	11:06	-	-	-	-
8	06:40	07:00	09:00	10:00	12:01	-	-	-	-
9	06:40	07:00	09:31	10:31	13:10	-	-	-	-
10	06:40	07:00	09:31	10:31	13:10	-	-	-	-
11	06:40	07:00	09:31	10:31	13:10	-	-	-	-
12	06:40	07:00	09:31	10:31	13:10	-	-	-	-
13	06:40	07:00	09:31	10:31	13:10	-	-	-	-

**Tabel 6.
Linimasa
Rute
Armada
Hasil
Optimasi**

Armada	Mulai Memuat Barang	Berangkat dari Pabrik Menuju Pelangan Pertama	Tiba di Pelangan Pertama dan Memulai Bongkar Muat	Selesai Pelayanan di Pelangan Pertama dan Memulai Perjalanan kembali ke Pabrik	Tiba di Pabrik dan Mulai Mengisi Ulang Muatan (jika ada Pelangan Kedua)	Selesai Mengisi Ulang Muatan dan Berangkat ke Pelangan Kedua	Tiba ke Pelangan Kedua dan Memulai Bongkar Muat	Selesai Pelayanan di Pelangan Kedua dan Mulai Pulang ke Pabrik	Tiba di Pabrik
1	06:40	07:00	08:00	09:00	09:22	09:42	10:26	11:26	12:11
2	06:40	07:00	09:00	10:00	12:01	-	-	-	-
3	06:40	07:00	08:00	09:00	09:44	10:04	12:35	13:35	16:14
4	06:40	07:00	08:00	09:00	09:24	09:44	10:28	11:28	12:13
5	06:40	07:00	08:30	09:30	11:06	-	-	-	-
6	06:40	07:00	08:06	09:06	10:11	-	-	-	-
7	06:40	07:00	08:00	09:00	09:34	09:54	10:38	11:38	12:23
8	06:40	07:00	09:01	10:01	12:09	-	-	-	-
9	06:40	07:00	09:31	10:31	13:10	-	-	-	-
10	06:40	07:00	08:00	09:00	09:34	09:54	10:38	11:38	12:23
11	06:40	07:00	08:06	09:06	10:11	-	-	-	-
12	06:40	07:00	09:31	10:31	13:10	-	-	-	-
13	06:40	07:00	09:31	10:31	13:10	-	-	-	-
14	06:40	07:00	08:00	09:00	09:24	09:44	12:03	13:03	15:57

Simpulan

Rute yang dibuat oleh program menyebabkan dua pesanan baru sampai ke pelanggan setelah melewati pukul 10:40. Dengan kata lain rute yang dibuat oleh program berhasil mengurangi jumlah pesanan pelanggan yang diantarkan setelah lewat 10:40 dari empat menjadi dua. Ini artinya program optimasi yang dibuat telah berhasil meminimalisir jumlah keterlambatan.

Kesan Pesan

Pak Bambang adalah dosen pembimbing Tugas Akhir saya yang juga diambil intisarinya dalam bentuk paper dibawah ini.

Saya pertama kali melihat beliau ketika menghadiri seminar proposal seorang kakak tingkat, dari situ sudah terlihat gaya bicara formal yang berkelas dari beliau. Ruang sidang Teknik Industri menjadi terasa ruang sidang pejabat publik. Komentar sebagai penguji dalam seminar tersebut selalu konstruktif tanpa ada kata menjatuhkan sedikitpun. Dalam kesempatan lain ketika saya menjadi koordinator mata kuliah beliau, saya melihat bahwa kemampuan beliau saat mengoreksi kesalahan seorang mahasiswa dengan tetap menjaga wibawa mahasiswa tersebut sangatlah patut dijadikan contoh oleh dosen-dosen lain. Dua kejadian tersebut telah membuktikan bahwa beliau adalah sosok berharga yang mampu menghargai orang lain.

Terimakasih pak Bambang atas jasa dan bimbingannya selama berada di Departemen Teknik Industri, semoga menjadi amal jariah yang memberatkan timbangan amal di akhirat nanti.

Daftar Pustaka

- Cattaruzza, D., Absi, N., Feillet, D. (2016). Vehicle routing problems with multiple trips. *4OR - A Quarterly Journal of Operations Research*, 14(3), 223-259.
- Imah, E. M., Hutomo, A., Fitrananda, A., Marshadiany, A., & Prikarti, G. (2012). Implementasi algoritma integer linear programming untuk sistem informasi penjadwalan di fakultas ilmu komputer universitas indonesia. *Jurnal Sistem Informasi*, 7(1), 25-33.
- Noerdjito, M., & Mawardi, S. (2008). Kawasan Lindung Gunung Ciremai dan Kemungkinan Pengelolaannya. *Jurnal Biologi Indonesia*, 4(5), 289-307.

Penerapan Strategic Purchasing Melalui Peningkatan Kemampuan Personil dan Dampaknya Terhadap Kinerja Keuangan¹³

Baby Monica I. Simanjuntak, Hery Suliantoro*

Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro, Semarang,
Indonesia

*E-mail: suliantoro_hery@yahoo.com

Pendahuluan

Industri makanan dan minuman merupakan salah satu sektor industri yang perkembangannya paling besar pada tahun 2018. Pada triwulan II tahun 2018, Menteri Perindustrian, Angga Hartato, mengatakan bahwa perkembangan industri makanan dan minuman mencapai 8,67% dan angka tersebut melampaui pertumbuhan ekonomi nasional 5,27%. Hal tersebut dikarenakan industri makanan dan minuman adalah industri yang akan terus berkembang seiring bertambahnya populasi masyarakat di Indonesia pada saat ini. Salah satu jenis usaha yang paling berkembang dan berkontribusi dalam industri makanan dan minuman adalah jenis usaha restoran atau rumah makan.

Kota Semarang sebagai salah satu ibukota provinsi Jawa Tengah merupakan salah satu kota dengan jumlah penduduk

¹³ Cite this chapter (APA):

Simanjuntak, B. M. I., & Suliantoro, H. (2022). Penerapan strategic purchasing melalui peningkatan kemampuan personil dan dampaknya terhadap kinerja keuangan. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 151-164). Undip Press.

kurang lebih 1.500.000 orang merupakan salah satu daerah yang pesat perkembangan jumlah restorannya. Namun dengan seiring berkembangnya jumlah restoran di Kota Semarang, muncul permasalahan yang dihadapi yaitu kinerja finansial restoran yang tidak meningkat.

Ketersediaan bahan baku yang baik dan tepat merupakan keharusan dalam menjalankan usaha dengan lancar. Sehingga dibutuhkan sebuah strategi yang dapat mengatur efektivitas dan efisiensi sehingga kinerja restoran bisa meningkat. Salah satunya adalah dengan mengoptimalkan fungsi *supply chain* dalam organisasi. *Supply chain* memegang posisi penting dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi dari kinerja organisasi. Dalam negara berkembang seperti Indonesia, biaya *supply chain* meraup sekitar 14,08% dari total penjualan dan 25% dari GDP (Hartono et al., 2015), sehingga dibutuhkan sebuah strategi yang dapat mengatur efektivitas dan efisiensi sehingga kinerja restoran bisa meningkat.

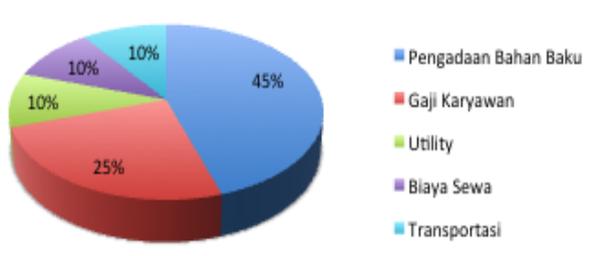
Salah satu strategi yang dapat diterapkan dalam *supply chain* adalah dengan memperhatikan fungsi *strategic purchasing*. Keitany & Riwo-Abudho (2014) mengatakan bahwa dengan adanya *strategic purchasing* yang diterapkan dalam fungsi *supply chain* dapat membantu organisasi dalam mendapatkan sumber kebutuhan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Carr & Pearson (2002) berharap bahwa *strategic purchasing* dapat menjadi alat yang meminimalisasi biaya dan menaikkan profit organisasi.

Kinerja yang baik tentu didapatkan dari berbagai faktor. Faktor yang paling besar adalah kemampuan atau *skill* dari pegawai untuk melaksanakan aktivitas pengadaan. Apabila pegawai sudah memiliki kemampuan tinggi maka akan mudah untuk membuat rencana pengadaan yang efektif dan efisien. Maka dari itu kemampuan pengadaan atau *purchasing skill* juga

merupakan faktor yang penting didalam meningkatkan kinerja restoran.

Untuk dapat melakukan aktivitas pengadaan dengan baik terutama dibutuhkan kinerja yang baik pula dari *supplier*. Restoran seharusnya dapat mengintegrasikan sumber daya eksternal yang berasal dari *supplier* diintegrasikan dengan sumber daya internalnya untuk meningkatkan daya saing kompetitif (Jogaratnam, 2017). Integrasi dengan *supplier* menyatakan adanya kolaborasi antar *supplier* dengan pembeli untuk mencapai tujuan yang telah disepakati bersama guna meningkatkan kinerja *supply chain* pada Restoran. Serta dengan melihat hubungan yang dijalin dengan *supplier* akan meningkatkan kinerja finansial dari restoran. Untuk menjalin hubungan antar pemasok dan pembeli yang baik harus memiliki rasa kepercayaan, pendekatan, komunikasi, berbagi nilai, empati dan hubungan timbal balik.

Salah satu alasan mengapa aktivitas pengadaan didalam restoran merupakan suatu aktivitas yang harus dianggap penting karena dari data yang didapatkan didalam suatu Restoran, biaya untuk pengadaan bahan baku merupakan bagian biaya yang mengambil persentase terbesar dari keseluruhan rancangan biaya. Untuk itu penelitian ini dilakukan agar menambah kesadaran dan memberikan saran positif kepada unit usaha Restoran di Kota Semarang agar dapat meningkatkan kinerjanya dengan mempertimbangkan variabel *purchasing skills, strategic purchasing, supplier integration*, terhadap *restaurant performances* dengan menggunakan metode *Structural Equation Model – Partial Least Square*.



Gambar 1. Anggaran Biaya Restoran

Strategic Purchasing

Setiap jenis usaha membutuhkan sumber daya untuk bahan baku yang digunakan untuk membuat *finished goods* mereka. Mereka harus memastikan bahwa seluruh bahan baku terpenuhi dengan tepat waktu dan dengan jumlah yang tepat sehingga proses produksi dapat berjalan tanpa hambatan. Untuk menjaga konsistensi dari pengadaan bahan baku tersebut perusahaan membutuhkan strategi yang baik. (Carr & Pearson, 2002) memperkenalkan konsep *strategic purchasing* sebagai sebuah proses mulai dari perencanaan, penilaian, penerapan dan pengendalian dalam pengambilan keputusan pengadaan bahan baku. *Strategic purchasing* memiliki tujuan yaitu pengadaan bahan baku agar dapat memenuhi keinginan konsumen akhir. Perusahaan yang menerapkan *strategic purchasing* memiliki hubungan jangka panjang dengan pemasoknya sehingga banyak kesepakatan yang dibuat berlandaskan kepercayaan dan komitmen internal dibandingkan harus menggunakan pihak eksternal seperti perjanjian resmi di pengadilan. Keuntungan lainnya adalah perusahaan yang memiliki hubungan baik dengan pemasoknya cenderung lebih menghemat biaya dan menaikkan keuntungannya. *Strategic purchasing* juga berfokus pada komunikasi dan bagaimana integrasi antar fungsi pengadaan dengan fungsi lainnya dalam perusahaan sehingga

dapat menghasilkan suatu kolaborasi yang menghasilkan kinerja perusahaan yang optimal.

Purchasing Skills

Kemampuan/skill merupakan sesuatu yang didapatkan dari pengetahuan dan latihan. Kemampuan setiap pegawai yang ada didalam suatu bisnis sudah dibuktikan berpengaruh besar terhadap kinerja usaha tersebut. Kemampuan didalam bidang pengadaan dipandang penting dalam mencapai target bisnis yang telah ditentukan dan sepenuhnya bergantung pada standar kemampuan dari manajer pengadaan (Carr & Pearson, 2002). Killen & Kamauff (1995) mengatakan bahwa kegiatan inti dari fungsi pengadaan merupakan membeli atau mengadakan produk dan jasa dengan harga paling rendah dengan tetap memenuhi standar kualitas yang telah ditentukan dan menjaga hubungan yang baik dengan *supplier*. Maka dari itu banyak penelitian yang mulai melakukan pencarian tentang kemampuan apa saja yang seharusnya dimiliki oleh seorang manajer pengadaan.

Dari berbagai penelitian yang dilakukan terhadap pencarian *purchasing skills* dihasilkan tiga kategori umum yaitu sifat analitis, sifat manajerial, dan pengetahuan teknis. '*Analytic skills*/kemampuan analitis' yang mencakup kemampuan untuk mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah. '*Managerial skills*/kemampuan manajerial' termasuk motivasi, evaluasi dan perencanaan untuk mencapai tujuan bisnis. '*Technical Knowledge*/kemampuan teknis' yang mencakup kemampuan tentang teknologi internal dan dampaknya terhadap eksternal perusahaan.

Meningkatnya kompleksitas dan ketidakpastian dalam lingkungan bisnis menyebabkan tantangan baru dalam aktivitas pengadaan. Hal tersebut mengakibatkan evolusi dalam

kemampuan pengadaan yang mencakup pemikiran strategis dan manajemen yang berorientasi hubungan/*relation-oriented management* (Giunipero & Pearcy, 2000).

Supplier Integration

Pada tahun 2017, Jogaratnam pada penelitiannya menjelaskan kesulitan yang dihadapi oleh restoran dengan ukuran bisnis kecil. Dia menyatakan bahwa restoran seharusnya mengintegrasikan sumber daya eksternal yang berasal dari supplier, dengan sumber daya internalnya untuk bisa berkompetisi dalam pasar yang kompetitif. Integrasi dipandang sebagai penggambaran kolaborasi antara supplier dan pembeli untuk mencapai tujuan bisnis yang sama. Mendukung pernyataan tersebut (Cho et al., 2017) memberikan bukti bahwa restoran memang mendapatkan keuntungan dari integrasi dengan supplier dan hubungan yang saling ketergantungan satu sama lain. Integrasi dengan supplier termasuk peran dari pembeli dan supplier untuk saling membagi informasi yang digunakan untuk pengembangan strategi seperti persediaan, logistik, peramalan, pengembangan produk baru dan manajemen kualitas (Nakandala et al., 2017).

Supplier Integration merupakan hubungan yang terjalin antara pembeli dan pemasok. (Damlin et al., 1966) pada penelitiannya mengatakan terdapat tiga level yang dipengaruhi oleh supplier integration yaitu level strategi, level taktis, dan level operasional. Pada level strategi, supplier-buyer relationship memberikan dukungan pada pencapaian tujuan jangka panjang dan menambah keuntungan pada masa yang akan datang. Pada level taktis, supplier-buyer relationship membantu dalam peningkatan fleksibilitas dan efisiensi alokasi sumber daya karena sudah memiliki hubungan yang baik. Sedangkan pada level operasional harus dimiliki target aktivitas

harian untuk mengurangi ketidakpastian dan memberikan kemampuan untuk mengontrol situasi.

Buyer-Supplier Relationship

Buyer-Supplier Relationship merupakan hubungan yang terjalin antara pembeli dan pemasok. Damlin et al., (1996) pada penelitiannya mengatakan terdapat tiga level yang dipengaruhi oleh supplier-buyer relationship yaitu level strategi, level taktis, dan level operasional. Pada level strategi, supplier-buyer relationship memberikan dukungan pada pencapaian tujuan jangka panjang dan menambah keuntungan pada masa yang akan datang. Pada level taktis, supplier-buyer relationship membantu dalam peningkatan fleksibilitas dan efisiensi alokasi sumber daya karena sudah memiliki hubungan yang baik. Sedangkan pada level operasional harus dimiliki target aktivitas harian untuk mengurangi ketidakpastian dan memberikan kemampuan untuk mengontrol situasi.

Dalam supplier-buyer relationship, kedua pihak ingin meminimasi biaya sementara ingin mencapai keuntungan yang lebih tinggi lagi. Karena hal tersebut, kepentingan bersaing juga akan membahayakan hubungan mereka. Untuk mencapai kesuksesan dan kemakmuran dalam sebuah supplier-buyer relationship, dibutuhkan komitmen yang sama dari kedua belah pihak dalam hal visi dan misi kedepannya. Saat ini, hubungan mutualisme banyak digunakan karena memberikan keuntungan yang seimbang bagi kedua belah pihak. Beberapa perusahaan sudah mengerti bahwa kesuksesan salah satu dalam hubungan tersebut akan memberi dampak terhadap kesuksesan partnernya juga.

Mohanty & Gahan (2012) menyimpulkan bahwa supplier-buyer relationship seharusnya didasari kepercayaan dimana kedua pihak didalam hubungan saling memiliki komitmen untuk

percaya satu sama lain sehingga ada pembagian informasi yang dilakukan dengan jujur untuk kepentingan hubungannya. Lalu didasari kekuatan dan ketergantungan yang berarti harus ada keseimbangan kekuatan antara pembeli dan pemasok sehingga tidak ada salah satu pihak yang mendominasi sehingga pihak lainnya memiliki ketergantungan berlebihan. Hubungan yang tidak seimbang antara pemasok dan pembeli akan menghasilkan lingkungan yang tidak sehat, tidak produktif dan umur hubungan yang pendek. Kemudian juga harus didasari kapasitas dan kapabilitas supplier yang berarti ketika memilih pemasok, perusahaan sudah menentukan dengan jelas seperti apa proses produksi dan apa saja yang dibutuhkan oleh perusahaan pembeli sehingga mereka bisa mencari pemasok yang dapat memenuhi kebutuhan mereka sesuai dengan kapasitas dan kapabilitasnya sehingga ketika berhubungan bisa terjalin produktivitas yang baik. Lalu yang terakhir adalah komunikasi dua arah dalam hubungan yang bisa merupakan perjanjian di awal, spesifikasi teknis, jenis produk dan pasar yang akan dimasuki sehingga pembeli dan pemasok memiliki tingkat pengertian yang sama mengenai bisnis yang akan mereka lakukan bersama. Semakin baik hubungan antara pembeli dan pemasok, maka keuntungan yang akan didapatkan oleh keduanya juga semakin meningkat tidak hanya dalam jangka pendek namun juga dalam jangka panjang.

Restaurant Performance

Kinerja perusahaan merupakan pengukuran antara input, proses, dan output yang dihasilkan dari perusahaan. Seluruh kegiatan manajemen mulai dari perencanaan hingga eksekusi dan evaluasi dilihat sebagai sebuah kinerja perusahaan. Hasil tersebut dapat dilihat dari evaluasi atau peninjauan kinerja yang dilakukan secara rutin. Menurut (Chen, Paulraj, & Lado, 2004)

dalam penelitiannya terdapat dua cara mengukur kinerja perusahaan yaitu kinerja finansial dan kinerja operasional. Kinerja finansial dapat dilihat dari laporan keuangan yang merupakan akumulasi dari biaya yang dikeluarkan perusahaan dalam melaksanakan kegiatan produksinya. Sedangkan kinerja operasional dilihat dari bagaimana perusahaan tersebut menjalankan kegiatan produksinya. Kinerja finansial juga dapat dilihat dari bagaimana kinerja operasional perusahaan tersebut. Pada penelitian Vij & Bedi (2016) dikatakan bahwa pengukuran kinerja bisnis dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pengukuran subjektif dan objektif. Pengukuran objektif dilakukan dengan menggunakan data seperti data finansial yang didapatkan dari laporan keuangan. Sedangkan pengukuran dengan cara subjektif dilakukan dengan menggunakan data primer yang didapatkan dengan kuesioner yang diisi oleh responden tertentu. Didapatkan bahwa tidak ada metode yang lebih superior antara objektif dan subjektif. Namun, ditemukan bahwa pengukuran objektif memiliki korelasi yang lebih tinggi dan lebih dianggap krusial dalam pencapaian tujuan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan model yang dibuat oleh Cho et al. (2019), sedangkan untuk variabel buyer-supplier relationship diambil dari penelitian (Semuel, et al., 2018). Pada model ini dijelaskan mengenai hubungan yang dihasilkan dari satu variabel ke variabel lainnya serta pada akhirnya dampak variabel-variabelnya terhadap kinerja Restoran tersebut. Pengumpulan data dilakukan dengan penyebaran kuesioner online dan offline dimana didalam kuesioner tersebut terdapat 41 pertanyaan mengenai setiap variabel yang diteliti. Dimana setiap pertanyaan memiliki 5 pilihan jawaban ada yang

berbentuk pernyataan pilihan maupun lima skala dari “Sangat Tidak Setuju” sampai “Sangat Setuju”.

Setiap indikator dari variabel yang ada telah diubah menjadi pernyataan didalam kuesioner dimana untuk jawabannya terdapat 5 pilihan. Kuesioner dapat dilihat pada lampiran. Jawaban-jawaban dari pernyataan tersebut akan diolah untuk mengetahui hubungan dari model yang digunakan.

Dari model tersebut didapatkan hipotesis penelitian :

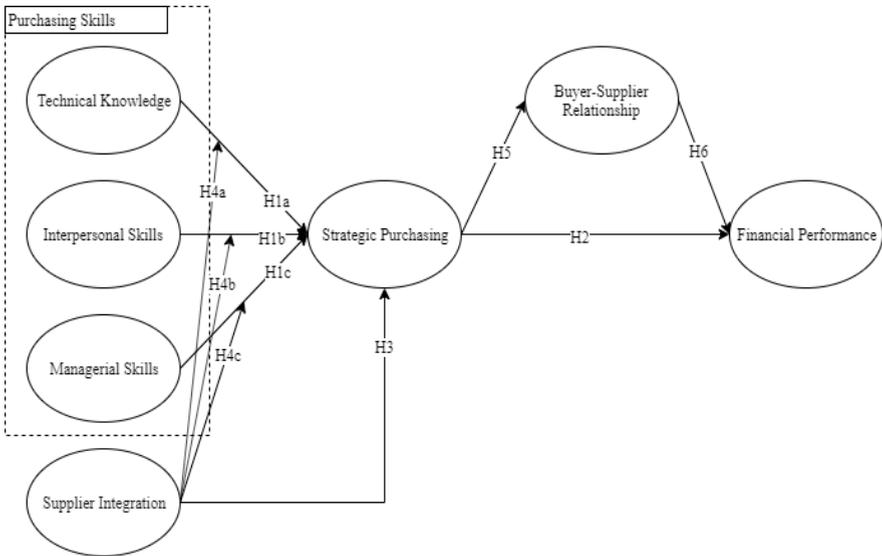
- a. Hipotesis 1a: Technical Knowledge berpengaruh positif terhadap Strategic Purchasing
- b. Hipotesis 1b: Interpersonal Skills berpengaruh positif terhadap Strategic Purchasing
- c. Hipotesis 1c: Managerial Skills berpengaruh positif terhadap Strategic Purchasing
- d. Hipotesis 2: Strategic Purchasing berpengaruh positif terhadap Restaurant Performances
- e. Hipotesis 3: Supplier Integration berpengaruh positif terhadap Strategic Purchasing
- f. Hipotesis 4a: Supplier Integration memberikan efek moderasi terhadap hubungan antara Technical Knowledge dengan Strategic Purchasing
- g. Hipotesis 4b: Supplier Integration memberikan efek moderasi terhadap hubungan antara Interpersonal Skills dengan Strategic Purchasing
- h. Hipotesis 4c: Supplier Integration memberikan efek moderasi terhadap hubungan antara Managerial Skills dengan Strategic Purchasing
- i. Hipotesis 5: Strategic Purchasing berpengaruh positif terhadap Buyer-Supplier Relationship
- j. Hipotesis 6: Buyer-Supplier Relationship berpengaruh positif terhadap Restaurant Performances

Tabel 1. Indikator Variabel dari Model Penelitian

Variabel	Indikator
<i>Technical Knowledge/</i> Pengetahuan Teknis	Mengetahui seluruh produk didalam Restoran
	Mengetahui harga seluruh produk didalam Restoran
	Mengetahui supplier utama yang diajak bekerjasama
	Mengetahui standard kualitas setiap produk
	Mengetahui kebutuhan bahan baku untuk setiap produk
	Mengetahui peran fungsi pengadaan didalam aktivitas bisnis
	Mengetahui program marketing
	Mengetahui manajemen finansial yang dijalankan
<i>Interpersonal Skills/</i> Kemampuan Interpersonal	Memiliki kerja sama yang baik dengan supplier
	Menjaga komunikasi yang baik dengan supplier
	Memiliki hubungan positif dengan supplier
	Kemampuan untuk mengatasi konflik dengan supplier
	Memiliki sifat persuasif ketika bekerja sama dengan supplier
<i>Managerial Skills/</i> Kemampuan Manajerial	Mengembangkan dan menerapkan rencana pengadaan
	Membuat penjadwalan pengadaan yang efektif
	Mengatur dan menyesuaikan aktivitas bisnis agar sejalan dengan rencana pengadaan
	Mengembangkan tujuan dan strategi pengadaan sesuai tujuan umum restoran
	Mengatur pengadaan bagi produk baru
	Orang yang bertanggungjawab terhadap fungsi pengadaan
	Memiliki komunikasi yang baik dengan supplier mengenai kebutuhan bahan baku

<i>Strategic Purchasing</i>	Fungsi pengadaan memiliki rencana pengadaan yang baik
	Rencana dan strategi pengadaan disesuaikan dengan strategi inti restoran
	Memiliki rencana pengadaan yang terdiri dari jenis dan jumlah produk
	Memiliki jenis hubungan yang bervariasi dengan supplier
	Strategi pengadaan disesuaikan agar mendukung strategi inti restoran
	Memiliki perencanaan proses bisnis
<i>Supplier Integration/ Integrasi dengan Supplier</i>	Pembagian informasi jadwal produksi dari supplier utama
	Pemberitahuan kapasitas produksi dari supplier utama
	Pemberian informasi ketersediaan bahan baku yang dimiliki supplier utama
	Memberikan informasi rencana produksi kepada supplier utama
	Memberikan peramalan permintaan kepada supplier utama
<i>Buyer-Supplier Relationship/ Hubungan Pem-beli dan Pemasok</i>	Kepercayaan terhadap pemasok
	Hubungan yang kuat dengan semua pemasok
	Memenuhi permintaan yang dibuat
	Spesifikasi bahan baku yang sesuai
<i>Restaurant Performances / Kinerja Restoran</i>	Jumlah penjualan
	Pangsa pasar
	Keuntungan
	Keuntungan atas investasi
	Pendapatan sebelum pajak

Sumber: Cho et al. (2019) dan Semuel et al. (2018)



Gambar 1. Model Penelitian

(Sumber: Cho et al., 2019 dan Semuel et al., 2018)

Pengolahan hasil kuesioner akan menggunakan software Smart-PLS dan Microsoft Office Excel. Hasil kuesioner dihitung rata-ratanya lalu diuji menggunakan software untuk menganalisis inner dan outer modelnya dan hubungan antara variabel. Lalu dilihat dari tiap indikator apakah ada indikator yang tidak valid sehingga harus dibuang sebelum pengujian model keseluruhannya. Setelah diuji model keseluruhan dilihat hipotesis mana yang didukung dan tidak didukung. Lalu dianalisis bagaimana hasil hipotesis tersebut serta kemungkinan alasan hal tersebut terjadi. Rekomendasi disusun berdasarkan hasil analisis hubungan apa yang paling kuat dan paling lemah.

Hasil dan Analisis

Uji Validitas dan Realibilitas

Uji validitas merupakan suatu uji yang dilakukan terhadap data kuesioner untuk mengukur seberapa tepat alat ukur yang digunakan terhadap apa yang sebenarnya menjadi tujuan pengukuran tersebut. Sedangkan uji realibilitas merupakan uji yang terkait dengan tingkat stabilitas kuesioner, yang berarti kuesioner yang disusun mampu memberikan jawaban yang konsisten dari waktu ke waktu. Dengan bantuan software SPSS terlihat bahwa seluruh item pertanyaan sudah valid. Hal tersebut dapat dilihat dari membandingkan nilai kritis (rtabel) Product Moment dengan jumlah $N = 60$ responden dan taraf signifikansi 5% yaitu 0.254. Nilai kritis tersebut dibandingkan dengan hasil uji Pearson dari seluruh indikator dan didapatkan seluruh pernyataan telah memiliki nilai yang lebih besar dari nilai kritisnya. Maka dari itu, pernyataan dalam kuesioner telah memenuhi syarat uji validitas. Berdasarkan hasil uji SPSS juga dapat dilihat bahwa nilai Cronbach's Alpha lebih besar dari 0.7 sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diandalkan (reliabel).

Uji Validitas PLS

Uji validitas konvergen (convergent validity) merupakan pengujian yang mengukur korelasi antar variabel manifest / indikator dengan variabel laten. Dimana indikator merupakan alat yang mengukur variabel laten tersebut. Pengujian ini dinilai berdasarkan korelasi antara item score dan construct score yang dapat diestimasi dari nilai outer loading setiap indikatornya. Hasil nilai outer loading pada Tabel 2 menghasilkan bahwa semua indikator dalam penelitian nilainya ≥ 0.5 , maka dari itu seluruh indikator dinyatakan lulus uji validitas konvergen.

Tabel 2. Uji Validitas PLS

Variabel	Indikator	Nilai <i>Outer Loading</i>
<i>Technical Knowledge / Pengetahuan Teknis</i>	TK1	0.855
	TK2	0.785
	TK3	0.521
	TK4	Dikeluarkan
	TK5	0.735
	TK6	0.759
	TK7	0.848
	TK8	0.850
<i>Interpersonal Skills / Kemampuan Interpersonal</i>	IS1	0.803
	IS2	Dikeluarkan
	IS3	0.833
	IS4	0.937
	IS5	0.936
	IS6	0.822
<i>Managerial Skills / Kemampuan Manajerial</i>	MS1	0.658
	MS2	0.801
	MS3	0.567
	MS4	Dikeluarkan
	MS5	0.887
	MS6	0.880
	MS7	0.778
<i>Strategic Purchasing</i>	SP1	0.941
	SP2	0.934
	SP3	0.849
	SP4	Dikeluarkan
	SP5	0.638
	SP6	0.827
<i>Supplier Integration / Integrasi dengan Supplier</i>	SI1	Dikeluarkan
	SI2	0.900
	SI3	0.875
	SI4	0.729
	SI5	0.911
<i>Buyer-Supplier Relationship / Hubungan Pembeli dan Pemasok</i>	BSR1	Dikeluarkan
	BSR2	Dikeluarkan
	BSR3	0.838

Variabel	Indikator	Nilai <i>Outer Loading</i>
	BSR4	0.575
<i>Restaurant Performances /</i> Kinerja Restoran	P1	0.835
	P2	0.792
	P3	0.855
	P4	0.911
	P5	0.856

Tabel 3. Uji Realibilitas PLS

Variabel Laten	<i>Cronbach's Alpha</i>		<i>Composite Reliability</i>		AVE	
	Hasil	Nilai Kritis	Hasil	Nilai Kritis	Hasil	Nilai Kritis
<i>Technical Knowledge</i>	0.883	0.6	0.910	0.7	0.597	0.5
<i>Interpersonal Skills</i>	0.917	0.6	0.938	0.7	0.754	0.5
<i>Managerial Skills</i>	0.857	0.6	0.896	0.7	0.594	0.5
<i>Strategic Purchasing</i>	0.896	0.6	0.925	0.7	0.714	0.5
<i>Supplier Integration</i>	0.876	0.6	0.882	0.7	0.734	0.5
<i>Buyer-Supplier Relationship</i>	0.710	0.6	0.770	0.7	0.517	0.5
<i>Restaurant Performances</i>	0.904	0.6	0.929	0.7	0.724	0.5

Uji Realibilitas PLS

Pengujian composite reliability atau reliabilitas komposit merupakan pengujian untuk membuktikan ketepatan dari indikator untuk mengukur variabel latennya. Untuk menilai reliabilitas model dilihat dari dua jenis pengujian yaitu dengan Cronbach's Alpha dan Composite Reliability. Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa seluruh variabel laten memiliki nilai ronbach's alpha lebih besar dari 0.6 dan nilai composite reliability lebih besar dari 0.7. Maka dari itu, seluruh variabel dianggap reliabel.

Koefisien Determinasi

Nilai koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk menunjukkan apakah pengaruh yang diberikan variabel laten independen terhadap variabel laten dependen memberikan pengaruh yang substantive atau tidak. Dari Tabel 4 diatas dapat dilihat bahwa besar pengaruh variabel laten strategic purchasing dan variabel performance merupakan model yang baik atau dapat dikatakan memberikan banyak pengaruh substansial yang signifikan terhadap variabel dependennya.

Prediktif Relevansi

Prediktif Relevansi (Q^2) digunakan untuk mengukur seberapa baik nilai observasi dan estimasi dari konstruk. Nilai $Q^2 > 0$ menunjukkan bahwa model memiliki predictive relevance sedangkan apabila $Q^2 < 0$ model kurang memiliki predictive relevance.

$$\begin{aligned} Q^2 &= 1 - (1 - R_1^2)(1 - R_2^2)(1 - R_n^2) \\ &= 1 - (1 - 0.953)(1 - 0.849) = 0.993 \end{aligned}$$

Tabel 4. Koefisien Determinasi

	R^2	R^2 - Adjusted	Keterangan
<i>Strategic Purchasing</i>	0.953	0.946	Model Baik
<i>Restaurant Performance</i>	0.849	0.846	Model Baik

Tabel 5. Effect Size

Hubungan	SP	P	Keterangan
TK	0.480		Besar
IS	0.177		Menengah
MS	0.386		Besar
SI	0.029		Kecil
BSR		0.100	Kecil
SP		0.560	Besar

Dengan nilai Q^2 sebesar 0.993 maka dapat dikatakan bahwa model memiliki prediktif relevansi yang baik.

Effect Size

Effect Size (f^2) merupakan evaluasi yang digunakan untuk menunjukkan apakah variabel endogen memiliki pengaruh terhadap variabel eksogen. Nilai f^2 sebesar 0.020, 0.15 serta 0.35 menunjukkan bahwa pengaruh variabel endogen terhadap eksogen adalah kecil, menengah dan besar (Ghozali, 2014). Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa variabel *strategic purchasing*, *technical knowledge* dan *managerial skills* memberikan pengaruh besar sedangkan variabel *interpersonal skills* memberikan pengaruh menengah dan variabel *supplier integration* dan *buyer-supplier relationship* memberikan pengaruh kecil.

Goodness of Fit

Goodness of fit merupakan ukuran fit indexes yang untuk mengevaluasi model pengukuran, model struktural, dan pengukuran sederhana untuk keseluruhan dari prediksi model. Menurut Tenenhaus pada tahun 2005 nilai GoF 0,100 termasuk kedalam kategori kecil, nilai 0,250 termasuk kedalam kategori medium dan nilai 0,35 termasuk kedalam kategori besar.

$$GoF = \sqrt{AVE \times R^2} = \sqrt{0.686 \times 0.901} = 0.786$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai Goodness of fit sebesar 0.786 yang termasuk didalam kategori large (besar).

Tabel 6. Pengujian Hipotesis

Hipotesis	<i>Original Sample</i>	T-stat	P-value	Kesimpulan
H1a	0.468	3.836	0.000	Diterima*
H1b	0.238	1.670	0.095	Diterima**
H1c	0.406	3.109	0.002	Diterima*

H2	0.922	31.419	0.000	Diterima*
H3	-0.098	0.936	0.349	Ditolak
H4a	0.092	0.590	0.555	Ditolak
H4b	0.084	0.575	0.565	Ditolak
H4c	-0.223	1.539	0.124	Diterima***
H5	-0.209	1.519	0.129	Diterima***
H6	0.005	0.056	0.955	Ditolak

*taraf signifikansi = 5%, t-statistic > 1.96, p-value < 0.05,

**taraf signifikansi = 10%, t-statistic > 1.65, p-value < 0.10,

***taraf signifikansi = 15%, t-statistic > 1.44, p-value < 0.15

Pengujian Hipotesis

Pada pengujian hipotesis digunakan metode resampling bootstrapping yang menggunakan seluruh sampel asli untuk dilakukan resampling kembali. Number of bootstrapping yang dianjurkan adalah sebesar 5000 dengan catatan jumlahnya harus lebih besar dari sampel asli (Ghozali & Latan, 2014). Pengujian hipotesis dilakukan dengan membandingkan nilai tstat dengan nilai ttabel pada taraf signifikansi sebesar 5%. Nilai tabel pada taraf signifikansi 5%, 10% dan 15% adalah sebesar 1.96, 1.65, dan 1.44 sehingga nilai tstat harus lebih dari nilai tersebut agar mendapatkan hasil yang signifikan (Hair et al., 2011).

Dari hasil pengujian hipotesis dapat dilihat pada Tabel 6 bahwa terdapat 4 hipotesis yang ditolak yaitu H3, H4a, H4b, dan H6 dengan nilai t-statistic < nilai t-tabel. Sisanya adalah 6 hipotesis yang diterima yaitu H1a, H1b, H1c, H2, H4a, H4c, dan H5 karena nilai t-statistic >t-tabel dan nilai p-value sudah signifikan.

Penutup

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Faktor yang paling besar peranannya adalah kemampuan pengetahuan teknis (technical knowledge) yang akan meningkatkan penerapan strategic purchasing serta secara tidak langsung meningkatkan kinerja finansial Restoran secara keseluruhan.
- b. Kemampuan pengadaan dari pegawai di dalam sebuah restoran dibagi menjadi tiga yaitu technical knowledge yang merupakan pengetahuan teknis mengenai menu, harga, dan lain-lain. Lalu interpersonal skills yang mencakup kemampuan komunikasi antar personal dan kepada supplier. Dan yang terakhir adalah managerial skills atau kemampuan personal untuk menjadi pemimpin dan merancang rencana pengadaan serta mengevaluasinya. Dari hasil pengolahan data dapat dilihat bahwa ketiga hal tersebut dapat meningkatkan penerapan strategic purchasing di dalam restoran. Dengan kemampuan teknis yang baik yaitu mengetahui informasi-informasi mendasar didalam Restoran, membina hubungan yang positif dengan supplier, dan membuat jadwal pengadaan yang efektif dan fleksibel serta mengimplementasikannya maka akan membantu penerapan strategic purchasing.
- c. Integrasi dengan supplier merupakan penyelarasan kerja sama dengan supplier melalui cara seperti pembagian informasi penting antar supplier dengan restoran. Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa dengan menerapkan supplier integration tidak akan menaikkan penerapan strategic purchasing. Dilihat juga apakah supplier integration dapat meningkatkan hubungan antara technical knowledge, interpersonal skills, dan

managerial skills terhadap strategic purchasing. Didapatkan bahwa dengan technical knowledge dan interpersonal skills tidak akan meningkatkan hasil sedangkan dengan managerial skills justru akan menurunkan hasil terhadap strategic purchasing.

- d. Menjalini hubungan dengan baik terhadap supplier ternyata memberikan dampak yang sama dengan integrasi dengan supplier yaitu tidak memberikan peningkatan penerapan strategic purchasing maupun kinerja finansial restoran.
- e. Dengan penerapan strategic purchasing di dalam usaha, dinyatakan bahwa restoran memiliki rencana pengadaan yang baik dan terstruktur serta mendukung strategi dari restoran itu sendiri. Di dalam penelitian ini, dilihat hasil dari pengaruh strategic purchasing akan meningkatkan restaurant performance. Hal tersebut berarti dengan memiliki rencana pengadaan yang baik dan terstruktur serta menerapkan strategic purchasing maka akan meningkatkan kinerja finansial Restoran tersebut.

Daftar Pustaka

- Carr, A. S., & Pearson, J. N. (2002). The impact of purchasing and supplier involvement on strategic purchasing and its impact on firm's performance. *International Journal of Operations and Production Management*, 22(9-10), 1032-1053.
- Chen, I. J., Paulraj, A., & Lado, A. A. (2004). Strategic purchasing, supply management, and firm performance. *Journal of Operations Management*, 22(5), 505-523.
- Cho, M., Bonn, M. A., Giunipero, L., & Divers, J. (2019). Restaurant purchasing skills and the impacts upon strategic purchasing and performance: The roles of supplier integration. *International Journal of Hospitality*

- Management*, 78(March), 293–303.
- Cho, M., Bonn, M. A., Giunipero, L., & Jaggi, J. S. (2017). Contingent effects of close relationships with suppliers upon independent restaurant product development: A social capital perspective. *International Journal of Hospitality Management*, 67(February), 154–162.
- Damlin, A., Dietersdottir, K., Fornander, D., Brykt, Moen, J., Polyantseva, E., & Sundquist, D. (1966). Measuring Buyer Supplier Relationship Performance. *The British Journal of Psychiatry*, 112(483), 211–212.
- Ghozali, I., & Latan, H. (2014). Partial Least Squares Konsep, Metode dan Aplikasi Menggunakan Program WarpPLS 4.0. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro
- Giunipero, L. C., & Percy, D. H. (2000). World-Class Purchasing Skills : *The Journal of Supply Chain Management*, 36(4), 4–13.
- Hair, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2011). PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 19(2), 139–151.
- Hartono, Y., Astanti, R. D., & Ai, T. J. (2015). Enabler to Successful Implementation of Lean Supply Chain in a Book Publisher. *Procedia Manufacturing*, 4(Iess), 192–199.
- Jogarotnam, G. (2017). The effect of market orientation, entrepreneurial orientation and human capital on positional advantage: Evidence from the restaurant industry. *International Journal of Hospitality Management*, 60, 104–113.
- Keitany, P., & Riwo-Abudho, M. (2014). Effects of lean production on organizational performance: A case study of flour producing company in Kenya. *European Journal of Logistics Purchasing and Supply Chain Management*, 2(2), 1–14.

- Killen, K. H., & Kamauff, J. W. (1995). *Managing purchasing: Making the supply team work*. National Association of Purchasing Management.
- Mohanty, M. K., & Gahan, P. (2012). Buyer supplier relationship in manufacturing industry-findings from Indian manufacturing sector. *Business Intelligence Journal*, 5(2), 319-333.
- Nakandala, D., Lau, H., & Zhao, L. (2017). Development of a hybrid fresh food supply chain risk assessment model. *International Journal of Production Research*, 55(14), 4180-4195.

Penelitian Pemetaan SCOR – Penggunaan Risk Management, Analisis Kinerja Rantai Pasok¹⁴

Adam Fachreza*, Aries Susanty

Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro, Semarang,
Indonesia

*E-mail: adamfachreza@students.undip.ac.id

Pendahuluan

Saat ini, sebagian besar transaksi dilakukan secara *online*. Hal ini terjadi karena situasi pandemi (COVID-19) yang membuat interaksi manusia menjadi kurang disukai. Meskipun transaksi *online* bisa menimbulkan banyak kontra, terdapat beberapa keuntungan dalam menggunakan transaksi *online*. Di sisi pelanggan, transaksi *online* itu dapat mengurangi kemungkinan mereka tertular virus, sedangkan di sisi perusahaan (produsen), transaksi *online* membuat banyak perusahaan memunculkan banyak ide menarik dan radikal tentang bagaimana memikat pelanggan dan mempertahankannya.

Salah satu cara untuk membuat pelanggan senang adalah *quick delivery*. *Quick delivery* berarti bahwa pelanggan menginginkan produk yang mereka beli dikirimkan kepada mereka tanpa *lead time* yang tidak perlu. Bahkan jika produk memiliki cacat di dalamnya, pelanggan kebanyakan tidak akan

¹⁴ Cite this chapter (APA):

Fachreza, A. & Susanty, A. (2022). Penelitian pemetaan SCOR – Penggunaan risk management, analisis kinerja rantai pasok. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 165-175). Undip Press.

keberatan karena mereka akan mendapatkan produk pengganti (garansi) bahkan sebelum mereka tahu apa yang salah dengan produk mereka. Pengiriman cepat dapat dilakukan oleh perusahaan yang mengelola rantai pasokannya dengan baik. Metode rantai pasokan juga meningkat karena kondisi tersebut.

Terdapat banyak cara untuk menilai kinerja rantai pasok, model *Supply Chain Operation References* (Model SCOR) adalah salah satunya. Metode ini mencoba menilai kinerja rantai pasok dengan menggunakan proses, yaitu *proses plan – source – make – delivery – enable*. Dalam penelitian ini, penulis mencoba melakukan analisis bibliometrik pada model referensi operasi rantai pasok (Model SCOR), mengidentifikasi topik penelitian terkemuka tentang SCOR, dan melakukan analisis mendalam pada sub topik tertentu yang menjadi salah satu topik penelitian, yaitu manajemen risiko.

Tabel 1. Parameter Sampel Penelitian

Kategori	Items (N)
Tipe Dokumen	Article (339); Conference Paper (240); Conference Review (30); Book Chapter (18); Review (14); Book (5); Erratum (2); Editorial (1); Note (1); Retracted (1)
Bahasa	Inggris (615); Cina (24); Spanyol (5); Jerman (4); Portugis (2); Italia (1); Polandia (1)

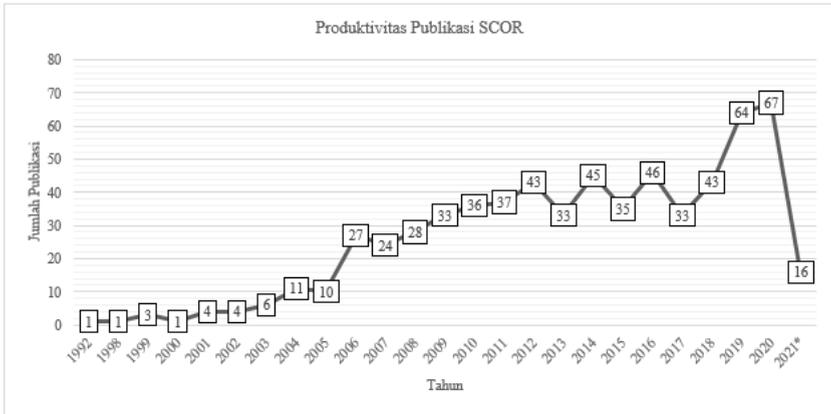
Pembahasan

Scopus digunakan sebagai sumber data bibliometrik untuk pengambilan sampel penelitian. Scopus diluncurkan pada tahun 2004 dan dianggap sebagai database bibliometrik terkemuka di dunia dan berkembang secara dinamis (Schotten, 2017). Metode pemetaan jaringan sains meliputi: analisis *citation*, analisis *co-citation*, *bibliographic coupling*, analisis *co-author*, dan analisis *co-word*. Dalam penelitian, penulis menggunakan kata kunci dari

analisis *co-occurrence*, yang mirip dengan analisis *co-word*, untuk mengidentifikasi dan mengeksplorasi topik utama dan yang muncul. Analisis *co-word* adalah “teknik analisis konten yang menggunakan pola kemunculan bersama dari pasangan item (yaitu, kata atau frasa kata benda) dalam kumpulan teks untuk mengidentifikasi hubungan antara ide dalam area subjek yang disajikan dalam teks-teks tersebut. Indeks berdasarkan frekuensi kemunculan bersama item, seperti indeks inklusi dan indeks kedekatan, digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antar item. Berdasarkan indeks ini, item dikelompokkan ke dalam kelompok dan ditampilkan dalam peta jaringan”. Tabel 1 merupakan parameter sampel penelitian penulis pada Scopus.

Produktivitas Riset

Gambar 1 merupakan produktivitas riset publikasi SCOR dari tahun 1992. Dari Gambar 1 terlihat bahwa publikasi tentang Model *Supply Chain Operations Reference* (Model SCOR) dimulai pada tahun 1992 dengan satu publikasi. Tidak ada publikasi lagi sampai 6 tahun kemudian pada tahun 1998 dengan satu publikasi. Publikasi mulai muncul setiap tahun sejak saat itu hingga sekarang. Pada gambar terlihat bahwa pertumbuhan dimulai pada tahun 2001 dengan 4 publikasi dan berlanjut ke tahun 2002 dengan 4 publikasi dan tren menjadi lebih stabil dari tahun ke tahun. Pada tahun 2013, 2015, dan 2017 publikasi turun dari tahun sebelumnya, tetapi kemudian naik pada tahun berikutnya. Lonjakan terbesar adalah dari tahun 2019 sebanyak 43 publikasi hingga 2020 dengan 64 publikasi dan total 15 publikasi lagi hanya dalam satu tahun. Tabel 2 merupakan profil publikasi umum dari model SCOR.



Gambar 1. Produktivitas Ilmiah Penelitian Model SCOR Diukur dengan Jumlah Publikasi

Tabel 2. Profil Publikasi Umum dari Bidang Penelitian Model Referensi Operasi Rantai Pasokan (Model SCOR).

Kategori	Peringkat 10 Terbesar (Jumlah Publikasi)
Bidang Studi	Teknik (303); Ilmu Komputer (264); Bisnis, Manajemen dan Akuntansi (238); Ilmu Keputusan (185); Matematika (70); Ilmu Sosial (59); Ilmu Lingkungan (36); Ilmu Material (34); Ekonomi, Ekonometrika dan Keuangan (31); Fisika dan Astronomi (26)
Negara	China (135); United States (74); Internasional (52); Taiwan (35); Germany (33); France (30); Brazil (29); Italy (27); United Kingdom (27); Thailand (21)
Lembaga Penelitian	Universitas Islam Internasional (11); Chiang Mai University (10); Huazhong University of Science and Technology (10); Universidade de Sao Paulo – USP (9); Université de Lorraine (7); Universidade Tecnológica Federal do Parana (6); Telkom University (6); National Kaohsiung University of

	Science and Technology (6); Università degli Studi del Sannio (5); CNRS Centre National de la Recherche Scientifique (5)
Sumber Judul	Iop Conference Series Materials Science and Engineering (23); Internasional Journal of Production Economics (16); Production Planning and Control (14); IFIP Advances in Information and Communication Technology (13); Internasional Journal of Supply Chain Management (10); Internasional Journal of Production Research; Jisuanji Jicheng Zhizao Xitong Computer Manufacturing System CIMS (8); Industrial Management and Data Systems (7); Internasional Journal of Logistics Research and Applications (7); 18 th Americas Conference on Information Systems 2012 Amcis 2012 (6)
Penulis	Carpinetti, L. C. R. (7); Kusrini, E. (7); Persson, F. (6); Panetto, H. (5); Wang, C. N. (5); Chakpitak, N. (4); Huang, S. H. (4); Kanlayanarat, S. (4); Masruroh, N. A. (4); Mezouar, H. (4)

Pada bidang studi, terdapat Teknik (303); Ilmu Komputer (264); Bisnis, Manajemen dan Akuntansi (238); Ilmu Keputusan (185); Matematika (70); Ilmu Sosial (59); Ilmu Lingkungan (36); Ilmu Material (34); Ekonomi, Ekonometrika dan Keuangan (31); Fisika dan Astronomi (26), dengan jurusan Teknik sebagai bidang studi terbesar.

Pada negara, terdapat Cina (135); Amerika Serikat (74); Internasional (52); Taiwan (35); Jerman (33); Prancis (30); Brasil (29); Italia (27); Inggris Raya (27); Thailand (21), dengan Cina sebagai negara paling produktif.

Pada lembaga penelitian, terdapat Universitas Islam Internasional (11); Chiang Mai University (10); Huazhong University of Science and Technology (10); Universidade de Sao Paulo - USP (9); Université de Lorraine (7); Universidade Tecnológica Federal do Parana (6); Telkom University (6); National Kaohsiung University of Science and Technology (6); Università degli Studi del Sannio (5); CNRS Centre National de la Recherche Scientifique (5).

Pada sumber judul, terdapat Iop Conference Series Materials Science and Engineering (23); Internasional Journal of Production Economics (16); Production Planning and Control (14); IFIP Advances in Information and Communication Technology (13); Internasional Journal of Supply Chain Management (10); Internasional Journal of Production Research; Jisuanji Jicheng Zhizao Xitong Computer Manufacturing System CIMS (8); Industrial Management and Data Systems (7); Internasional Journal of Logistics Research and Applications (7); 18th Americas Conference on Information Systems 2012 Amcis 2012 (6).

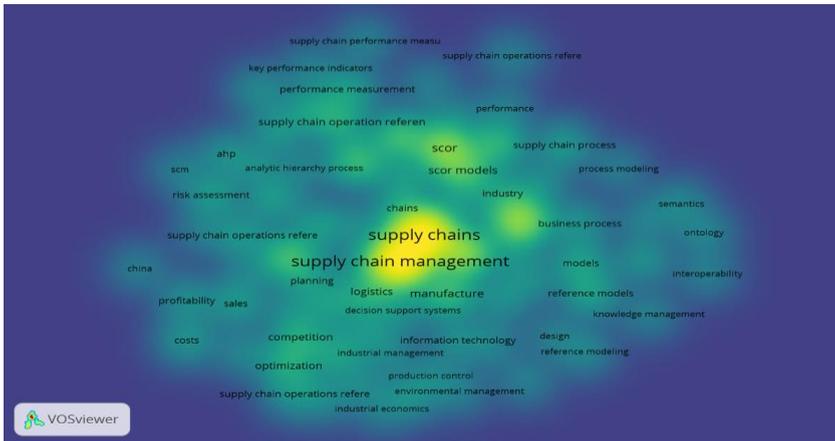
Pada penulis, terdapat Carpinetti, L. C. R. (7); Kusriani, E. (7); Persson, F. (6); Panetto, H. (5); Wang, C. N. (5); Chakpitak, N. (4); Huang, S. H. (4); Kanlayanarat, S. (4); Masrurroh, N. A. (4); Mezouar, H. (4).

Mengidentifikasi Topik Penelitian Utama

Topik utama penelitian SCOR bisa dipahami dengan menggunakan visualisasi kepadatan. Gambar 2 merupakan visualisasi kepadatan SCOR. Berdasarkan Gambar 2, topik industri, logistik, dan perencanaan sering diulas dalam penelitian. Artinya Model SCOR sebagian besar berkisar pada perencanaan dan logistik pada departemen industri. Visualisasi kepadatan ini hanya konsep keseluruhan, topik dapat dengan

mudah diperhatikan jika kita mengatur topik tersebut pada cluster dan menganalisis cluster tersebut. Tabel 3 merupakan cluster gugus topik tersebut.

Pada VOSviewer, terdapat enam kelompok kata dengan komposisi tinggi yang terhubung satu sama lain. Penulis mencoba untuk mengurai hubungan masing masing *cluster* dengan mengacu pada kata-kata yang terkandung dalam satu *cluster* tersebut.



Gambar 2. Visualisasi Kepadatan Item Kata Kunci Frekuensi Tinggi di Bidang Penelitian Model SCOR

Cluster 1 bernama “Teknologi Informasi pada Manajemen Rantai Pasok”, *Cluster* 2 adalah “Rantai Pasok dan Pengukuran Kinerja”, *Cluster* 3 adalah “SCOR pada Desain dan Proses”, *Cluster* 4 adalah “AHP dan Simulasi Komputer”, *Cluster* 5 adalah “Teknik Industri pada SCOR”, sedangkan *Cluster* 6 adalah “Pemodelan”.

Cluster 1 berisi “perdagangan”, “persaingan”, “biaya”, “kepuasan pelanggan”, “pengambilan keputusan”, “sistem pendukung keputusan”, “perdagangan elektronik”, “pengelolaan lingkungan”, “ekonomi industri”, “manajemen industri”, “manajemen informasi”, “teknologi informasi”, “internet”, “logistik”, “manufaktur”, “model matematika”, “riset operasi”,

"optimasi", "perencanaan", "kontrol produksi", "profitabilitas", "penjualan", "pe-rencanaan strategis", "manajemen rantai pasokan", "model referensi (skor) operasi rantai pasokan", dan "analisis sistem". Kemunculan tertinggi dan total kekuatan tautan pada cluster ini adalah "*supply chain management*" dengan 244 kejadian dan 896 total kekuatan tautan.

Cluster 2 berisi "proses hierarki analitis", "perbandingan", "rantai", "penelitian industri", "indikator kinerja utama", "pengukuran kinerja", "pengukuran kinerja", "penilaian risiko", "manajemen risiko", "skor model", "model skor", "referensi operasi rantai pasokan", "referensi operasi rantai pasokan", "kinerja rantai pasokan", "pengukuran kinerja rantai pasokan", "rantai pasokan, pembangunan berkelanjutan", dan "rekanan sistem". Kemunculan dan total kekuatan tautan tertinggi pada *cluster* ini adalah "*supply chains*" dengan 241 kejadian serta total kekuatan tautan 1086.

Tabel 3. Komposisi Cluster Kata Kunci Frekuensi Tinggi di Bidang Penelitian Model SCOR

Nomor Cluster/ Nama/ Warna	Item (N)	Kata Kunci (Kejadian, Tautan, Total Kekuatan Tautan)
C1/ Teknologi Informasi tentang Manajemen Rantai Pasokan/ Merah	26	perdagangan (13;28;54); kompetisi (31;50;143); biaya (20;33;79); kepuasan pelanggan (13;41;74); pengambilan keputusan (52;67;262); sistem pendukung keputusan (15;38;78); perdagangan elektronik (17;40;78); pengelolaan lingkungan (11;27;46); ekonomi industri (10;26;46); manajemen industri (12;34;51); manajemen informasi (13;39;68); teknologi informasi (16;37;68); internet (11;27;45); logistik (36;52;160); manufaktur

		(47;66;229); model matematika (26;47;121); riset operasi (18;46;96); optimalisasi (31;47;122); perencanaan (17;49;108); pengendalian produksi (11;28;47); profitabilitas (17;28;70); penjualan (22;45;103); perencanaan strategis (13;35;61); manajemen rantai pasokan (244;79;896); model referensi (skor) operasi rantai pasokan (19;33;63); analisis sistem (13;34;53)
C2/ Rantai Pasokan dan Pengukuran Kinerja/ Hijau	18	proses hierarki analitis (15;37;89); perbandingan (21;45;119); rantai (23;50;122); penelitian industri (16;44;95); indikator kinerja utama (11;32;69); pengukuran kinerja (25;45;126); pengukuran kinerja (23;43;142); penilaian risiko (23;41;101); manajemen risiko (23;36;91); model skor (49;64;219); model skor (55;66;339); referensi operasi rantai pasokan (31;48;153); referensi operasi rantai pasokan (41;58;227); kinerja rantai pasokan (48;62;257); pengukuran kinerja rantai pasokan (11;28;72); rantai pasokan (241;79;1086); pembangunan berkelanjutan (23;43;95); rekayasa sistem (10;29;52)
Model C3/ SCOR pada Desain dan Proses/ Biru	17	proses bisnis (19;41;97); desain (10;21;36); rencana sumber daya perusahaan (16;45;91); sistem informasi (18;36;97); interoperabilitas (11;24;76); manajemen pengetahuan (11;29;62); model (27;45;178); ontologi (13;29;94); pemodelan proses (10;24;49); pemodelan referensi (14;31;55); model referensi (27;49;168); semantik (14;31;85); rantai pasokan (93;75;408); jaringan rantai pasokan (11;29;58); operasi rantai pasokan (16;42;110); model referensi operasi rantai pasokan (98;75;506); proses rantai pasokan (22;48;144)

C4/ AHP dan Simulasi Komputer/ Kuning	10	ahp (16;36;81); proses hierarki analitis (11;32;60); cina (10;14;24); simulasi komputer (22;49;108); analisis selubung data (10;28;36); sistem hierarkis (14;44;92); evaluasi kinerja (10;36;60); manajemen proyek (10;33;66); scm (10;22;38); model referensi operasi rantai pasokan (21;35;76)
C5/ Teknik Industri pada SCOR / Ungu	8	teknik industri (16;34;72); industri (22;53;128); manajemen (13;37;68); kinerja (11;26;47); metrik kinerja (12;40;80); skor (81;73;371); simulasi (20;40;105); referensi operasi rantai pasokan (10;14;21)
C6/ Pemodelan/ Toska	1	pemodelan (13;30;68)

Cluster 3 berisi "proses bisnis, desain", "rencana sumber daya perusahaan", "sistem informasi", "interoperabilitas", "manajemen pengetahuan", "model", "ontologi", "pemodelan proses", "pemodelan referensi", "referensi model", "semantik", "rantai pasokan", "jaringan rantai pasokan", "operasi rantai pasokan", "model referensi operasi rantai pasokan", dan "proses rantai pasokan". Kemunculan tertinggi dan total kekuatan tautan pada *cluster* ini adalah "model referensi operasi rantai pasokan" dengan 98 kemunculan serta total kekuatan tautan 506.

Cluster 4 berisi "ahp", "proses hierarki analitis", "china", "simulasi komputer", "analisis data envelopment, sistem hierarkis", "evaluasi kinerja", "manajemen proyek", "scm", dan "operasi rantai pasokan model referensi". Kemunculan dan total kekuatan tautan tertinggi pada *cluster* ini adalah "simulasi komputer" dengan 22 kejadian serta total kekuatan tautan 81.

Cluster 5 berisi "rekayasa industri", "industri", "manajemen", "kinerja", "metrik kinerja", "skor", "simulasi", dan

“referensi operasi rantai pasokan”. Kemunculan dan total kekuatan tautan tertinggi pada *cluster* ini adalah “scor” dengan 81 kejadian serta total kekuatan tautan 371. *Cluster* 6 hanya berisi “pemodelan” yang memiliki 13 kemunculan dan total kekuatan tautan 68.

Tabel 4 merupakan 10 kata dalam Model SCOR dengan jumlah kemunculan dari 2016 hingga 2020. Pada tabel 4 terdapat kata-kata yang sering muncul setiap tahun, seperti “*supply chain*”, “*supply chain management*”, “*supply chain performance*”, “scor”, “scor model”, “*decision making*”, dan “penilaian risiko”. Berdasarkan Tabel 4 di atas, penulis memilih untuk melanjutkan penelitian dengan sub topik “manajemen risiko”.

Analisis Makalah Manajemen Risiko

Tabel 5 merupakan hasil analisis penulis sendiri pada makalah manajemen risiko berbasis SCOR. Tabel 5 merupakan analisis penulis pada makalah manajemen risiko berbasis SCOR dengan metode, objek, variabel, sub variabel, langkah dan proses. Tabel 5 berisi lima makalah dari database Scopus dengan kata kunci “model referensi operasi rantai pasokan”, “manajemen risiko”, dan “studi kasus”. Penulis membatasi makalah untuk akses terbuka saja, dan terus mempersempit pencarian dengan membaca setiap makalah dan menilai secara subyektif relevansi makalah tersebut.

Berdasarkan makalah-makalah tersebut, terlihat bahwa sebagian besar makalah di atas menggunakan *House of Risk* (HOR) dan Model SCOR. HOR memiliki dua fase, fase pertama digunakan untuk mengidentifikasi peristiwa risiko, agen risiko, dan menentukan nilai keparahan dan kejadian, dan menghitung Potensi Risiko Agregat (ARP), sedangkan fase kedua diterapkan untuk mitigasi risiko. Perhitungan Potensi Risiko berdasarkan *Severity Value* dan *Occurrence Value* menggunakan *Severity Rating* dan *Occurrence Rating* (Pujawan, 2009).

**Tabel 4.
Sepuluh
Kata Kunci
Frekuensi
Tinggi
Teratas
dalam
Bidang
Penelitian
Model SCOR
(diurutkan
berdasarkan
jumlah
kemunculan)**

Peringkat	2020		2019		2018		2017		2016	
	Kata kunci	n	Kata kunci	n						
1	supply chains	17	supply chains	29	supply chains	14	supply chains	11	supply chains	16
2	supply chain management	14	supply chains management	17	supply chain management	12	supply chain management	9	supply chain management	15
3	decision making	12	supply chain performance	10	supply chain operations reference model	7	supply chain	6	scor model	6
4	supply chain	9	supply chain operations references	9	supply chain	7	scor model	5	scor	6
5	supply chain operations reference model	8	supply chain operations reference model	9	scor	5	scor	5	decision making	5
6	sales	7	scor	8	supply chain operations references	5	supply chain operations reference model	4	logistics	5
7	manufacture	7	decision making	7	benchmarking	4	supply chain performance	4	supply chain operation references	5
8	sustainable development	6	risk assessment	7	decision making	4	scor models	3	scor models	4
9	supply chain performance	5	supply chains operations references	6	monitoring system	3	risk assessment	3	supply chain operations reference models	4
10	scor model	5	supply chain performance measurements	5	hierarchical system	3	sustainable development	3	supply chain operations references	4

**Tabel 5.
Variabel dan Sub Variabel pada Makalah Metode Manajemen Risiko**

Penulis	Metode	Objek (Negara)	Tingkat	Proses	Variabel	Sub variabel	Langkah
Johanna et al. (2020)	RM	Rantai Pasokan Anggur (Afrika Selatan)	1	Rencana	Pemasok	Break Event Point	Key Attributes
	SCOR			Membuat	Perusahaan	Price, Materials	Processes Risks
				Pengiriman	Penyedia Logistik	Inventory, Time	
				Kembali	Pelanggan	Refunds	
Nalhadhi et al. (2019)	HOR 1	Produksi Kaos Katun (Indonesia)	2	Memungkinkan	Perusahaan	Management	Risk Identification
	HOR 2			Pelanggan, Perusahaan	Fluctuation	Risk Mitigation	
	FMEA			Pemasok, Perusahaan	Delay, Materials	HOR 1	
	SCOR			Perusahaan	Quality, Lead Time	HOR 2	
Nguyen et al. (2018)	HOR 1	Rantai Pasokan Perikanan (Vietnam)	2	Membuat	Penyedia Logistik	Damage, Time	Risk Identification
	HOR 2			Pelanggan	Delay	Risk Evaluation	
	SKOR			Pemasok	Contracts	Risk Mitigation	
	ISM			Perusahaan	Price, Materials	SCOR	
Helmi et al. (2017)	HOR 1	UKM Produk Pakakan (Indonesia)	2	Membuat	Perusahaan	Quality, Lead Time	HOR
	HOR 2			Penyedia Logistik	Errors, Lead Time	HOR	
	SKOR			Pelanggan	Refunds	ISM	
	SCRM			Pemasok, Perusahaan	Fluctuation, Stock	Risk Identification	
Anggrahni et al. (2015)	HOR 1	Rantai Pasokan Udarang Beku (Indonesia)	2	Kembali	Pelanggan	Dependence, Qualification	HOR
	HOR 2			Pelanggan	Hazard, Inaccuracy	Risk Mapping	
	SKOR			Pemasok	Delivery Errors	Risk Mitigation	
	SCRM			Perusahaan	Refunds	Assessment	
Anggrahni et al. (2015)	HOR 1	Rantai Pasokan Udarang Beku (Indonesia)	2	Rencana	Pelanggan	Fluctuation	SC Mapping
	HOR 2			Pemasok	Productivity, Materials	Risk Identification	
	SKOR			Penyedia Logistik	Storage, Lead Time	Risk Evaluation	
	SKOR			Perusahaan	Quality, Lead Time	Risk Mitigation	

Selain HOR, kita juga dapat melihat bahwa sebagian besar makalah ini menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Dalam konsep HOR, penilaian risiko menggunakan FMEA. Penilaian kejadian dilakukan untuk mengetahui tingkat probabilitas dari agen risiko dan tingkat keparahan yang terkait dengan kejadian risiko, yaitu untuk menilai tingkat keparahan kejadian risiko (Shahin, 2004).

Dari proses *Supply Chain Operations Reference Model* (SCOR Model), proses yang digunakan pada analisis dari setiap paper bervariasi mulai dari *plan – source – make* sampai *plan – source – make – delivery – return – enable*. Penulis menyimpulkan bahwa semakin banyak proses SCOR yang digunakan, semakin mendalam dan dinamis metode manajemen risiko tersebut. Hal ini terjadi karena proses SCOR dimaksudkan untuk mewakili peran yang berbeda dalam kehidupan nyata. Pada setiap makalah, peran setiap proses SCOR cukup mirip. Proses "*Plan*" dan "*Source*" ditafsirkan oleh pemasok, proses "*Make*" ditafsirkan oleh perusahaan (produsen), proses "*Deliver*" ditafsirkan oleh penyedia logistik, proses "*Return*" ditafsirkan oleh pelanggan, dan proses "*Enable*" ditafsirkan oleh perusahaan (produsen).

Variabel dan sub variabel yang digunakan pada masing-masing makalah juga serupa. Faktor risiko "*Plan*" berkisar pada perencanaan sumber daya perusahaan, Faktor risiko "*Source*" berkisar pada kemampuan pemasok, Faktor risiko "*Make*" berkisar pada kemampuan manufaktur perusahaan, Faktor risiko "*Deliver*" berkisar pada kemampuan penyedia logistik untuk mengakomodasi pengiriman produk, Faktor risiko "*Enable*" berkisar pada kemampuan perusahaan untuk mengelola iklim tempat kerja internalnya.

Diskusi

Analisis literatur memungkinkan penulis untuk mengidentifikasi topik penelitian utama tentang Model SCOR, yang meliputi “Teknologi Informasi tentang Manajemen Rantai Pasokan”, “Rantai Pasokan dan Pengukuran Kinerja”, “Model SCOR tentang Desain dan Proses”, “AHP dan Simulasi Komputer”, “Teknik Industri pada SCOR”, dan “Pemodelan”. Salah satu fokus penelitian dalam Model SCOR adalah pada penilaian risiko. Artinya, manajemen risiko dan SCOR memiliki hasil sinergis yang dapat digunakan dengan banyak cara.

Dalam analisis penulis, proses SCOR digunakan secara berbeda sesuai dengan ruang lingkup penelitian masing-masing makalah dan proses perusahaan yang menjadi fokusnya. Meskipun kita bisa melihat perbedaan pada proses SCOR, variabel dan sub variabel yang peneliti gunakan adalah serupa. Faktor risiko biasanya mencakup faktor yang “tidak dapat diprediksi” dan “dapat diprediksi tetapi tidak dapat dihilangkan”. Faktor-faktor ini saja bisa menjadi interpretasi hipotetis dari rantai pasokan dunia nyata, tetapi juga kurang dinamis untuk benar-benar representatif terhadap kondisi nyata.

Penutup

Berdasarkan penelitian di atas, kita dapat menyimpulkan bahwa ada banyak cara untuk menggabungkan Model SCOR dengan metode lain, dan Manajemen Risiko hanyalah salah satunya. Manajemen Risiko dapat digunakan untuk menilai risiko rantai pasokan, tetapi juga dapat digunakan untuk mengurangi risiko tersebut. Proses Model SCOR juga membantu peneliti untuk menentukan peran perusahaan yang seharusnya dan untuk merancang faktor risiko dan mitigasi risiko yang relevan dengan perannya dalam proses SCOR. Pada penelitian-

penelitian selanjutnya, penulis merekomendasikan peran yang lebih rinci pada proses SCOR.

Kesan Pesan

Selama diajar oleh Bapak Bambang Purwanggono, saya tidak pernah melihat beliau marah saat proses pengajaran. Hal ini mengajarkan saya untuk selalu bersikap sabar dan melihat sesuatu dengan kepala dingin. Semoga Bapak Bambang Purwanggono sehat selalu dan selalu diberikan kebahagiaan.

Daftar Pustaka

- A Nalhadi et al. (2019). Supply chain risk assessment of cotton shirt production using the house of risk method. *Journal of Physics Conference Series*, 1381, 1.
- Dewanti Anggrahini et al. 2015. Managing quality risk in a frozen shrimp supply chain: a case study. *Procedia Manufacturing*, 4, 252-260.
- Helmi, M. N., & Masri, M. N. (2017). Risk mapping and mitigation design of small and medium enterprises clothing products using supply chain risk management. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 277.
- Nguyen, T L T et al. (2018). Managing risks in the fisheries supply chain using House of Risk Framework (HOR) and Interpretive Structural Modeling (ISM). *International Conference on Industrial and System Engineering*, 337.
- Pujawan, I N dan Geraldine, L H. (2009). House of Risk: A Model for Proactive Supply Chain Risk Management. *Business Process Management Journal*, 15(6), 953-967.
- Schotten, M.; El Aisati, M.; Meester, W.J.N.; Steinginga, S.; Ross, C.A. (2017). "A Brief History of Scopus: The World's Largest Abstract and Citation Database of Scientific Literature." *Research Analytics: Boosting University Productivity and*

Competitiveness through Scientometrics; Cantú-Ortiz,
31-58.

Shahin A. (2004). Integration of FMEA and the Kano model: an exploratory examination. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 21, 7, 731-46.

Pengembangan Indikator Penilaian Keberlanjutan Pariwisata Budaya¹⁵

Febrina Agusti, Ratna Purwaningsih*, Bambang Purwanggono Sukarsono, Faradhina Azzahra

Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

*E-mail: ratna.tiundip@gmail.com

Pendahuluan

Pariwisata adalah perpaduan berbagai industri yang menawarkan produk dan layanan mulai dari perjalanan, kapal pesiar, makanan, hiburan, souvenir, safari, liburan dan rekreasi (Presbury & Edwards, 2010). Seiring dengan perkembangan ekonomi dan industri, pariwisata saat ini bertransformasi ke dalam kelompok industri terbesar dunia (Lin, 2019; Sugiarto, 2019). Pariwisata merupakan salah satu sektor yang memiliki efek berganda (Mai & Smith, 2015) terbesar dalam perekonomian, dimana ditopang beragam subsektor mulai dari transportasi, akomodasi, hingga industri Usaha Mikro, Kecil dan Menengah (CNN Indonesia, 2020).

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki banyak jenis pariwisata. Berdasarkan lokasi yang dituju terdapat jenis pariwisata yaitu laut, agama, politik, sosial, penyembuhan, olahraga, komersial, dan budaya (Suweno & Widyatmaja, 2017). Pariwisata budaya adalah pariwisata yang mana daya tarik

¹⁵ Cite this chapter (APA):

Agusti, F., Purwaningsih, R., Sukarsono, B. P., & Azzahra, F. (2022). Pengembangan indikator penilaian keberlanjutan pariwisata budaya. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 177-193). Undip Press.

terletak pada seni, budaya (Suweno & Widyat-maja, 2017), atraksi budaya ataupun acara di suatu daerah (Vareiro, et al., 2020). Salah satu pariwisata budaya yang akrab di masyarakat adalah museum (Vareiro, et al., 2020).

Menurut UNEP dan WTO (2005), pariwisata berkelanjutan merupakan pariwisata yang memperhitungkan dampak ekonomi, sosial, lingkungan saat ini dan masa depan untuk mengetahui kebutuhan wisatawan, industri, lingkungan serta masyarakat sekitar. Pariwisata berkelanjutan dipengaruhi oleh hubungan antara pemangku kepentingan (Ellis & Sheridan, 2014; Lee & Hsieh, 2016; Nguyen, et al., 2019; Gallego & Font, 2019), kerjasama (Beritelli, 2011; Fyall, et al, 2012; Czernek, 2013;) daya saing (Damayanti, et al., 2017), dan konflik (Kuvan & Akan, 2012). Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa penilaian pariwisata berkelanjutan bertujuan untuk melihat potensi yang dimiliki, mengetahui kebutuhan wisatawan dan meningkatkan daya saing (Dwyer & Edwards, 2010; Oyola, et al., 2012; Muhammad, et al., 2018). Pariwisata menghadapi tantangan dalam pengembangan berkelanjutan untuk meningkatkan citra dan kualitas (Perez, et al., 2013; Blancas, et al., 2015; Purwaningsih, et al., 2020a).

Tulisan ini bertujuan untuk melakukan identifikasi indikator penilaian keberlanjutan industri pariwisata budaya dengan melakukan studi literatur dan studi lapangan. Pembahasan akan difokuskan pada dimensi dan indikator penilaian keberlanjutan se-buah wisata budaya yang dikembangkan dari indikator penilaian keberlanjutan destinasi wisata alam yang telah dilakukan sebelumnya (Purwaningsih, 2016). Perlunya penam-bahan indikator khusus wisata budaya karena ada beberapa aspek terkait situs budaya yang tidak ditemukan dalam penilaian keberlanjutan wisata obyek lainnya. Selain itu, peningkatan aktifitas wisata membuat munculnya berbagai ancaman kerusakan alam dan obyek wisata secara

ekologi maupun sosial. Lebih lanjut, keberlanjutan pada pariwisata budaya berperan sangat penting untuk melestarikan dan menjaga warisan tetap ada dan tetap dalam bentuk yang otentik (Ngamsomsuke, et al., 2011; Oyola, et al., 2012).

Tulisan ini akan terbagi dalam empat bagian, bagian pertama membahas definisi pariwisata berkelanjutan, dilanjutkan bagian kedua tentang dampak negatif dan positif dari pertumbuhan industri pariwisata, kemudian masuk ke pengertian dari pariwisata budaya pada bagian ketiga adalah indikator penilaian keberlanjutan pariwisata budaya.

Pembahasan

Dampak Pertumbuhan Industri Pariwisata

Berdasarkan Dwyer & Edwards (2010), bidang ekonomi, dampak positif yaitu berkontribusi pada standar hidup, menghasilkan investasi bisnis baru, pertumbuhan bisnis lokal, peluang kerja, pendapatan nasional; dampak negatif yaitu meningkatkan pajak pemerintah, meningkatkan harga barang, tuntutan atas layanan dan fasilitas publik, ketergantungan suatu industri, kerentanan ekonomi suatu daerah.

Bidang sosial, dampak positif yaitu menghapus prasangka sosial, keterlibatan dan kebanggaan lokal, pendukung untuk perdamaian, menumbuhkan kebanggaan tradisi, meningkatkan kualitas hidup penduduk, meningkatkan ketersediaan fasilitas; dampak negatif yaitu meningkatkan kejahatan sosial, konflik antara wisatawan dan penduduk, perilaku wisatawan yang mengganggu.

Bidang lingkungan, dampak positif yaitu mewujudkan industri yang bersih, konservasi dan pelestarian sumber daya, menaikkan anggaran kualitas lingkungan hidup dan revitalisasi; dampak negatif yaitu berkontribusi pada pemanasan global, merugikan kuantitas udara dan air, produksi limbah, dan kualitas situs alam menurun.

Tujuan Pariwisata Berkelanjutan

Terdapat beberapa tujuan dari pariwisata berkelanjutan menurut UNEP dan WTO (2005). Tujuan-tujuan penerapan pariwisata berkelanjutan yaitu:

- a. Kelangsungan ekonomi, memastikan daya saing pariwisata dan perusahaan, sehingga terus memberikan keuntungan jangka panjang.
- b. Kemakmuran lokal, memaksimalkan kontribusi pariwisata terhadap kemakmuran ekonomi dan belanja wisatawan dipertahankan secara lokal.
- c. Kualitas pekerjaan, memperkuat jumlah dan kualitas pekerjaan daerah yang diciptakan dan didukung oleh pariwisata.
- d. Kontrol lokal, melibatkan masyarakat lokal dalam perencanaan dan pengambilan keputusan pengembangan pariwisata masa depan.
- e. Pemenuhan layanan wisatawan, memberikan pengalaman yang aman dan memuaskan bagi wisatawan, tersedia untuk semua tanpa diskriminasi.
- f. Kesejahteraan komunitas, memelihara dan memperkuat kualitas hidup masyarakat, meliputi struktur social, akses terhadap sumber daya, dan fasilitas.
- g. Kekayaan budaya, menghormati dan meningkatkan warisan sejarah, budaya asli.
- h. Keanekaragaman hayati, mendukung konservasi kawasan alam, habitat dan satwa liar, dan minimalkan kerusakan pada mereka.
- i. Efisiensi sumber daya, meminimalkan penggunaan sumber daya langka.
- j. Kemurnian lingkungan, meminimalkan pencemaran limbah dan daur ulang.

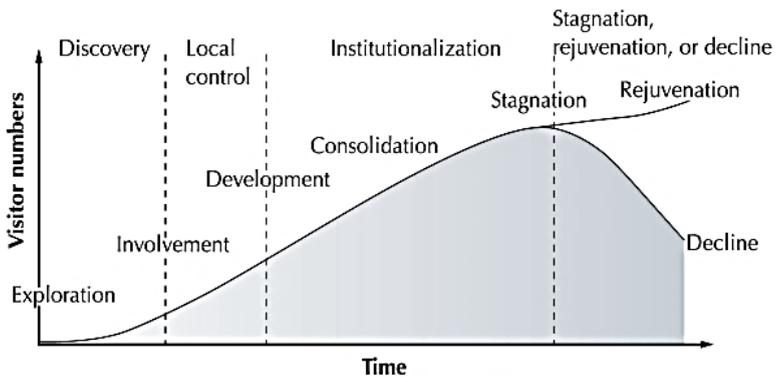
Pariwisata berkelanjutan memiliki beberapa tahap agar suatu wisata dapat terus berlanjut. *Discovery*: menemukan hal baru dengan mencari objek dan daya tarik wisata, *Local Control*: destinasi mulai dikembangkan dengan mencakup empat komponen pariwisata yaitu *attraction, accessibilities, amenities, dan ancillary*, *Institutionalism*: tahap melem-bagikan suatu pengembangan tempat wisata dimana pemerintah sangat berperan. *Consolidation* sangat penting dalam tahap ini, yaitu pemeliharaan dari berbagai pihak sehingga menjadi pariwisata berkelanjutan, *Stagnation/rejuvenation/decline*. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing tahapan perkembangan pariwisata berke-lanjutan pada Gambar 1.

Pariwisata Budaya

Pada laporan *Our Creative Diversity, The UNESCO* sebagai *World Commission on Culture and Development* menyatakan bahwa budaya sebagai cara hidup bersama. Menurut Bank Dunia, budaya didefinisikan sebagai keseluruhan kompleks dari ciri-ciri spiritual, material, intelektual dan emosional yang khas yang menjadi ciri masyarakat atau kelompok sosial. Hal ini mencakup seni dan huruf, tetapi juga mode kehidupan, hak dasar manusia, sistem nilai, tradisi, dan kepercayaan (Dorcheh & Mohammed, 2013).

Wisata budaya atau *cultural tourism* didefinisikan sebagai daya tarik wisatawan kepada atraksi budaya tertentu, seperti situs warisan, perwujudan seni dan budaya, seni dan drama pada daerah atau kota tertentu baik dalam negeri maupun luar negeri (UNEP & WTO, 2005; Panich, et al., 2014). Pariwisata budaya adalah pariwisata yang bertumpu pada sumber daya warisan lokal, antara lain situs arkeologi, *landmark*, galeri, tempat ke-agamaan, dan kediaman kerajaan (Madden & Shipley, 2012; Dorcheh & Mohammed, 2013), sebagai pilihan penting

untuk menjamin keuntungan masyarakat (Hughes & Carlsen, 2010; Green, 2010) dan dapat mengurangi kemiskinan di suatu negara (UNEP & WTO, 2004).



Gambar 1. Life Cycle Destination

Sumber: Sugiama (2011)

Berdasarkan kesepakatan industri pariwisata diseluruh dunia, pariwisata budaya adalah hal yang sangat sulit untuk didefinisikan dan dipisahkan dari "warisan" sebab keduanya terkait erat (Dorcheh & Mohammed, 2013; Benediktsson, 2014). Warisan (*heritage*), merupakan salah satu bentuk pariwisata yang masuk kedalam jenis pariwisata budaya (Marcinkiewicz & Kowalski, 2012; Szromek, et al., 2020). Penunjukan sebagai *World Heritage Sites* oleh UNESCO dianggap sebagai "*branding*" (Timothy, 2011) atau "pelabelan" (Yang et al., 2010), juga memperkuat perlindungan warisan dan memiliki daya tarik yang kuat bagi wisatawan, sehingga meningkatkan rekomendasi global dan kunjungan wisatawan (Poria et al., 2013). Pariwisata budaya yang menawarkan warisan harus memiliki kemampuan untuk konvensi, juga mewujudkan manfaat ekonomi dan

masyarakat melalui penggunaan yang berkelanjutan (Totten, 2016; Mendoza, 2017; Asmelash & Kumar, 2018; Weng et al., 2019).

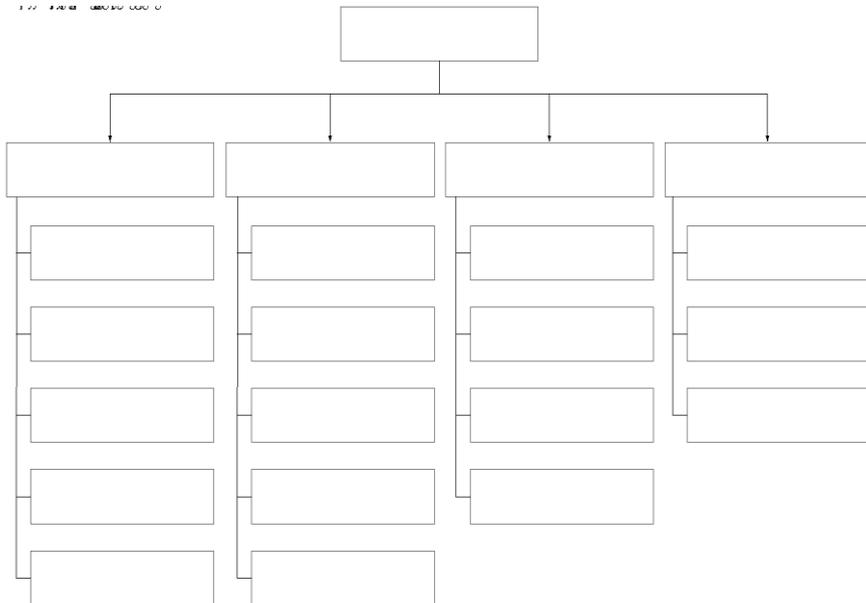
Asosiasi Kota dan Wilayah Bersejarah Eropa menunjukkan prinsip-prinsip pariwisata budaya yang berkelanjutan yaitu (Dorcheh & Mohammed, 2013):

- a. Perhatian perubahan iklim sebagai masalah global, yaitu mengurangi emisi karbon.
- b. Menunjukkan rasa hormat dan kekaguman pada kebenaran, hak dan kepercayaan budaya lokal, dan pendekatan terhadap dukungan untuk pariwisata budaya.
- c. Pariwisata budaya sebagai kegiatan yang penting secara ekonomi harus berkontribusi pada keseluruhan jadwal dan agenda pembangunan berkelanjutan.
- d. Melestarikan dan melestarikan aset warisan budaya dan berkontribusi.
- e. Memperhatikan kebutuhan masyarakat lokal, dimana keduanya juga harus terlibat dalam pembangunan dan perencanaan pariwisata berkelanjutan.
- f. Pariwisata budaya harus memberikan manfaat yang setara bagi seluruh masyarakat.
- g. Manajemen yang efisien dan efektif membutuhkan tindakan yang terorganisir dengan baik serta semua pemangku kepentingan.
- h. Pariwisata budaya harus bereaksi dan menanggapi terhadap kekurangan wisatawan dan membantu mencapai pengalaman wisatawan yang berkualitas.
- i. Dampak pariwisata harus dinilai menurut nilai konsumen dan produsen.
- j. Manajemen pengembangan pariwisata budaya harus tanggap terhadap perubahan.

Museum merupakan pariwisata budaya yang unik (Solihat & Ary, 2016). Keunikan yang dimaksud karena museum menawarkan fasilitas yang mendidik sekaligus tempat berekreasi bagi masyarakat (Zhang et al., 2017; Dahlan, 2017). Terkait dengan menawarkan fasilitas pendidikan, museum dapat memberikan tiga kebutuhan masyarakat yang dapat dipenuhi selama berkunjung ke museum yaitu pertemuan dengan suasana tertentu yang berbeda dari kehidupan biasa, pengalaman interaktif dengan orang lain, serta melalui informasi yang ditampilkan menjadi nilai-nilai pribadi. Museum sebagai pariwisata budaya dipandang sebagai identitas masyarakat sekitar dan merefleksikan suatu kegiatan atau tempat tertentu yang tidak mungkin diamati di tempat lain (Vareiro et al., 2020).

Indikator Penilaian Keberlanjutan Budaya

Indikator dipahami sebagai seperangkat pengukuran digunakan untuk menyediakan data yang akan menjelaskan tautan antara pariwisata berkelanjutan dan industri serta dampaknya pada lingkungan alam dan budaya (Tanguay et al., 2011; Perez et al., 2013). Pada tahun 1996, WTO menyediakan seperangkat indikator inti untuk mengelola dan merencanakan suatu destinasi pariwisata. Pedoman tersebut merupakan bagian dari kerangka umum untuk mengembangkan kelompok indikator yang sesuai untuk pariwisata budaya. Indikator tersebut dikelompokkan dalam tiga dimensi pembangunan berkelanjutan: sosial, ekonomi dan lingkungan (UNEP & WTO, 2005). Pada



Gambar 2. Struktur Dimensi dan Aspek Penilaian Keberlanjutan Pariwisata Budaya

indikator untuk pariwisata budaya juga harus tetap melestarikan budaya disamping ekonomi, sosial, dan lingkungan (Lempert, 2016; Vecco & Srakar, 2018).

Beberapa penelitian yang menjadi sumber pustaka dalam menyusun indikator untuk pariwisata budaya berkelanjutan adalah Ngamsomsuke et al. (2011), Oyola et al. (2012), Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016), UNESCO (2019), Purwaningsih et al. (2020a). Terdapat empat dimensi pengembangan indikator penilaian seperti Gambar 2. Dimensi penilaian serta indikatornya ini diperoleh dari hasil studi literatur dan studi lapangan ke obyek wisata budaya museum Trinil dan museum Sangiran di Ngawi. Validasi indikator dilakukan dengan melakukan penyebaran kuisisioner dengan metode Delphi 2 putaran. Validasi indikator mengacu pada penelitian Oyola et al. (2012). Kuisisioner tersebut ditujukan

kepada pihak-pihak yang bertanggungjawab, berkompeten, dan memahami pengembangan pariwisata budaya berkelanjutan. Hasil dari tahap validasi adalah dimensi dan indikator penilaian keberlanjutan pariwisata budaya seperti pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 4.

Tabel 1. Indikator Penilaian Keberlanjutan Pariwisata Budaya Dimensi Lingkungan

No	Indikator	Definisi	Referensi
Aspek Perlindungan Lingkungan			
1.	Pengelolaan dan perlindungan lingkungan	Kebijakan atau prosedur untuk melindungi dan mengelola lingkungan wisata	Oyola et al. (2012); UNESCO (2019); Purwaningsih et al. (2020a)
2.	Konservasi alam	Adanya kebijakan menangani risiko lingkungan yang teridentifikasi, konsisten, dan dilakukan evaluasi serta mitigasi	Masukan dari responden ahli
3	<i>Expose</i> flora lokal	Adanya kebijakan untuk melindungi dan melakukan pendataan flora lokal serta membudidayakan di lokasi	Masukan dari responden ahli
4	<i>Expose</i> flora lokal	Adanya kebijakan untuk melindungi dan melakukan pendataan flora lokal serta membudidayakan di lokasi	Masukan dari responden ahli
Aspek Fasilitas Publik			
3.	Penggunaan transportasi ramah lingkungan	Program untuk meningkatkan penggunaan transportasi ramah lingkungan	UNESCO (2019); Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)

No	Indikator	Definisi	Referensi
4.	Daya tarik penggunaan transportasi	Program untuk membuat wisatawan tertarik menggunakan transportasi aktif	Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
5.	Fasilitas Ruang Publik	Menilai sejauh mana ruang terbuka publik, sifat ruang dan tingkat penggunaan publik	UNESCO (2019)
Aspek Pengelolaan Air			
6.	Pengelolaan air	Program pendampingan untuk membantu mengukur, memonitor, mengurangi dan melaporkan penggunaan air	Oyola et al. (2012); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
7.	Keamanan air	Sistem pengelolaan untuk memastikan bahwa air yang digunakan oleh perusahaan dan yang dibutuhkan oleh masyarakat lokal telah seimbang	Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
8.	Pengelolaan kualitas air	Sistem pengelolaan untuk memonitor dan melaporkan kualitas air minum dan rekreasi kepada publik	Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
9.	Tanggap isu kualitas air	Sistem untuk menanggapi isu kualitas air dengan tepat	Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)

Tabel 1. Indikator Penilaian Keberlanjutan Pariwisata Budaya Dimensi Lingkungan (lanjutan)

No	Indikator	Definisi	Referensi
Aspek Emisi Gas Rumah Kaca dan Polusi			
10.	Program gas rumah kaca	Program pendampingan untuk membantu perusahaan dalam mengukur, memonitor, meminimalkan dan melaporkan kepada publik mengenai emisi gas rumah kaca	Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
11.	Minimalisasi polusi cahaya dan suara	Panduan dan peraturan untuk meminimalkan polusi cahaya dan suara	Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
Aspek Pengolahan Limbah			
14.	Minimalisasi limbah cair	Program untuk memastikan pengolahan limbah yang baik, aman untuk digunakan kembali atau dibuang dengan efek kerugian yang minimal bagi warga lokal dan lingkungan	Oyola et al. (2012); Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
15.	Pencatatan limbah padat	Sistem pengumpulan limbah padat dilakukan dengan mencatat jumlah limbah yang dihasilkan	Oyola et al. (2012); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
16.	Perencanaan pengelolaan limbah padat	Perencanaan pengelolaan limbah padat, meminimalkan dan memastikan pembuangan secara aman dan berkelanjutan, serta tidak digunakan kembali maupun didaur ulang	Oyola et al. (2012); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
17.	Penggunaan botol air plastik	Program untuk mengurangi penggunaan botol air kemasan plastik oleh perusahaan dan wisatawan	Oyola et al. (2012); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)

Tabel 2. Indikator Penilaian Keberlanjutan Pariwisata Budaya Dimensi Ekonomi

No	Indikator	Definisi	Referensi
Aspek Partisipasi Masyarakat			
1.	Keterlibatan pemangku kepentingan	Sistem yang melibatkan pemangku kepentingan baik dari pemerintahan, industri, dan masyarakat dalam perencanaan manajemen destinasi dan pengambilan keputusan	Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
2.	Diskusi masyarakat	Pertemuan setiap tahun dengan masyarakat untuk mendiskusikan tentang isu manajemen destinasi	Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
3.	Edukasi sadar wisata	Program untuk meningkatkan kesadaran akan peran dan potensi berkontribusi dalam pariwisata dari masyarakat, sekolah dan institusi pendidikan tinggi	Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)

Tabel 2. Indikator Penilaian Keberlanjutan Pariwisata Budaya Dimensi Ekonomi (lanjutan)

No	Indikator	Definisi	Referensi
Aspek Opini dan Akses Masyarakat Lokal			
4.	Pelaporan aspirasi	Pengumpulan, <i>monitoring</i> , pencatatan dan pelaporan tentang data mengenai aspirasi, keprihatinan dan kepuasan penduduk tentang manajemen destinasi dilakukan secara berkala	Oyola et al. (2012); UNESCO (2019); Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)

5.	Kepuasan Wisatawan	Tingkat kepuasan wisatawan terhadap situs budaya di destinasi	Oyola et al. (2012) dan masukan responden ahli
6.	Akses publik	Program untuk memonitor, melindungi dan merehabilitasi atau mengembalikan akses publik kepada masyarakat lokal dan wisatawan domestik kepada situs alam dan budaya	Oyola et al. (2012); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
Aspek Mendukung Keadilan Usaha Lokal			
7.	Mendukung pengusaha kecil dan menengah	Program yang mendukung dan membangun kapasitas penduduk lokal, pengusaha kecil dan menengah	UNESCO (2019); Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
8.	Mendukung produk lokal	Program yang mendorong industri untuk membeli produk dan pelayanan dari area setempat	UNESCO (2019); Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
9.	Keterlibatan usaha lokal	Program yang melibatkan perajin, petani dan penyedia lokal di dalam rantai nilai pariwisata	UNESCO (2019); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
10.	Promosi produk lokal	Program destinasi mendukung adanya atraksi pertunjukan berkaitan dengan promosi produk lokal dan kebudayaan sekitar	UNESCO (2019); Purwaningsih et al. (2020a);

			Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
Aspek Kontrol Pengembangan			
11.	Pendanaan budaya	Proporsi belanja untuk kegiatan budaya dan anggaran tahunan	Oyola et al. (2012); UNESCO (2019)
12.	Dukungan masyarakat	Program bagi industri, wisatawan, dan masyarakat untuk berkontribusi donasi terhadap inisiatif konservasi dan pengembangan infrastruktur	Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
13.	Perencanaan area destinasi	Adanya perencanaan penggunaan lahan, termasuk pariwisata	Oyola et al. (2012)
14.	Promosi Wisata	Adanya <i>website</i> yang memberikan informasi mengenai destinasi wisata	Oyola et al. (2012)

Tabel 2. Indikator Penilaian Keberlanjutan Pariwisata Budaya Dimensi Ekonomi (lanjutan)

No	Indikator	Definisi	Referensi
Aspek Daya Saing dan Distribusi Wisata			
15.	Akomodasi resmi	Akomodasi resmi yang beroperasi di destinasi	Oyola et al. (2012)
16.	Distribusi wisata lain	Rencana perjalanan dalam kotamadya (wisata lain yang akan dikunjungi)	Oyola et al. (2012)
17.	Rute wisata	Seberapa banyak rute wisata yang menyertakan destinasi (warisan budaya) dalam wisatanya	Oyola et al. (2012)
18.	Eksplorasi rute	Banyaknya pemandu turis yang ahli	Oyola et al. (2012)

Tabel 3. Indikator Penilaian Keberlanjutan Pariwisata Budaya Dimensi Sosial Budaya

No	Indikator	Definisi	Referensi
Aspek Perlindungan Atraksi Wisata			
1.	Perlindungan alam dan budaya	Sistem pengelolaan untuk melindungi situs alam dan budaya, termasuk bangunan bersejarah serta pemandangan pedesaan dan perkotaan	Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
2.	Pengawasan situs dan atraksi wisata	Sistem untuk mengawasi, mengukur dan melakukan mitigasi terhadap dampak pariwisata pada situs dan atraksi wisata	Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
3.	Administratif pengelolaan wisatawan	Kebijakan untuk mengelola wisatawan termasuk mengatur masalah <i>ticketing</i> , alur kunjungan, serta penyediaan fasilitas untuk kenyamanan	Purwaningsih et al. (2020a) Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
4.	Jenis perjalanan wisatawan	Jenis kunjungan wisatawan ke destinasi (<i>outbound, studytour, family gathering</i>)	Purwaningsih et al. (2020a)
Aspek Perilaku Wisatawan			
5.	Manajemen perilaku wisatawan	Panduan budaya dan lingkungan untuk perilaku wisatawan pada situs sensitif	Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
6.	Kode pemandu wisata	Tata laksana (<i>code of practice</i>) bagi pemandu wisata dan <i>tour operator</i>	Oyola et al. (2012); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
7.	Keamanan wisatawan	Evaluasi wisatawan terhadap keamanan destinasi	Oyola et al. (2012)

No	Indikator	Definisi	Referensi
Aspek Perlindungan Warisan Budaya			
8.	Peraturan perlindungan artefak	Hukum dan peraturan untuk melindungi artefak bersejarah dan arkeologi termasuk yang berada di bawah air serta bukti tindakan penegakannya	Oyola et al. (2012); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)

Tabel 3. Indikator Penilaian Keberlanjutan Pariwisata Budaya Dimensi Sosial Budaya (lanjutan)

No	Indikator	Definisi	Referensi
9.	Perlindungan warisan seni	Program melindungi warisan seni budaya tak berbentuk (lagu, drama, keterampilan dan kerajinan)	Oyola et al. (2012); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
10.	Peningkatan populasi muda	Presentase populasi muda (jumlah populasi muda dibandingkan total populasi)	Oyola et al. (2012)
11.	Hak kekayaan intelektual	Hukum, peraturan dan program untuk melindungi hak kekayaan intelektual individu dan masyarakat	Oyola et al. (2012); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
Aspek Intepretasi Tapak			
12.	Informasi budaya lokal	Informasi interpretatif sesuai dengan budaya setempat	Oyola et al. (2012); Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)

13.	Informasi kolaborasi	Informasi interpretatif ini dikembangkan secara kolaborasi bersama masyarakat	Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
14.	Informasi multibahasa	Informasi ini tersedia dalam bahasa yang relevan dengan wisatawan	Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
15.	Fasilitas pelatihan	Pelatihan bagi pemandu wisata dalam penggunaan informasi yang tepat	Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)

Tabel 4. Indikator Penilaian Keberlanjutan Pariwisata Budaya Dimensi Kelembagaan

No	Indikator	Definisi	Referensi
Aspek Strategi Destinasi Berkelanjutan			
1.	Strategi pengembangan	Strategi pengembangan destinasi berfokus pada pariwisata berkelanjutan, mempertahankan isu-isu lingkungan, ekonomi, sosial, budaya, kualitas, kesehatan dan keselamatan	Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
2.	Strategi atraksi	Strategi spesifik untuk memasarkan <i>events</i> dan atraksi pada musim sepi guna menarik wisatawan	Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
3.	Inventarisasi	Inventarisasi dan klasifikasi aset dan atraksi pariwisata terkini (situs alam dan budaya)	Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)

Tabel 4. Indikator Penilaian Keberlanjutan Pariwisata Budaya Dimensi Kelembagaan (lanjutan)

No	Indikator	Definisi	Referensi
4.	Kesesuaian organisasi	Organisasi pariwisata sesuai dengan ukuran/skala destinasi dan memiliki dana yang memadai	Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
Aspek Aksesibilitas dan Perencanaan			
5.	Kesamaan akses situs	Kebijakan yang mendukung akses ke situs dan fasilitas wisata (situs alam dan budaya) bagi individu penyandang disabilitas dan individu berkebutuhan khusus	Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
6.	Pertimbangan masyarakat	Kebijakan yang mempertimbangkan hak masyarakat, konsultasi publik dan memberikan otoritas untuk pemukiman jika ada persetujuan/kompensasi	Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
7.	Pelaporan kepuasan wisatawan	Pengumpulan dan pelaporan mengenai data kepuasan wisatawan kepada publik	Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
8.	Sistem meningkatkan kepuasan wisatawan	Sistem untuk mengambil tindakan dalam meningkatkan kepuasan wisatawan berdasarkan hasil <i>monitoring</i>	Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
Aspek Manajemen Darurat			
9.	Pelatihan tanggap darurat	Rencana tanggap darurat menyediakan sumber daya dan	Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan

		pelatihan untuk staf, wisatawan dan penduduk lokal	Menteri Pariwisata No 14 (2016)
10.	Inspeksi properti pariwisata	Kewajiban inspeksi terhadap kebakaran, kesehatan makanan, dan keamanan listrik pada properti pariwisata secara terus menerus	Purwaningsih et al. (2020a); Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
11.	Keselamatan pada situs	Penanganan keselamatan seperti pos pertolongan pertama di situs dan cepat tanggap kejahatan	Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)
12.	Perijinan transportasi	Perijinan transportasi dengan tarif jelas dan terorganisir di pintu masuk wisatawan	Peraturan Menteri Pariwisata No 14 (2016)

Ketika digunakan dalam penelitian tentunya variabel-variabel pada Tabel 1 hingga Tabel 4 perlu disesuaikan dengan obyek atau destinasi wisata yang akan dinilai. Variabel variabel tersebut telah melalui proses validasi ekspert dan sebagian besar variabel telah digunakan untuk mengukur keberlanjutan destinasi wisata pada 8 destinasi wisata di Jawa Tengah. Variabel yang bersifat khusus untuk wisata budaya dapat ditemukan pada penilaian dimensi sosial budaya.

Penutup

Berdasarkan hasil penelitian terdapat 4 indikator baru yang dapat digunakan untuk penilaian pariwisata budaya yaitu indikator *expose* flora lokal, *expose* fauna lokal, konservasi alam, dan kepuasan wisata. Sedangkan terdapat 6 indikator yang tidak valid yaitu indikator sistem penanganan risiko lingkungan, program gas rumah kaca, minimalisasi polusi cahaya dan suara, pengelolaan limbah cair, pengolahan limbah cair, informasi

kolaborasi yang mana tidak sesuai dengan keadaan di museum maupun sudah dapat diwakilkan oleh indikator lain yang sejenis.

Acknowledgment

Publikasi ini adalah publikasi penelitian PDUPT (Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi) tahun 2022 yang didanai dari Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional dengan judul “Penyusunan Model Pengukuran dan Sistem Informasi Untuk Menilai Tingkat Keberlanjutan Destinasi Wisata di Jawa Tengah”. Terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini terutama kepada tim dosen dan mahasiswa anggota penelitian dari Departemen Teknik industri FT Undip, Dinas Pariwisata Provinsi Jawa Tengah, Dinas Pariwisata, kebudayaan, pemuda dan olah raga Kab. Ngawi, dan pihak Manajemen Museum Trinil dan Museum Sangiran, serta Ibu Af'idatul Lathifah, S.Ant., M.A dosen anthropologi sosial FIB UNDIP sebagai salah satu responden pakar dalam penelitian ini.

Kesan Pesan

Dr. Ir. Bambang Purwanggono S, M.Eng. adalah salah satu sosok di Prodi Magister Teknik dan Manajemen Industri yang berperan dalam membentuk dan membuka pola pikir baru dalam menanggapi sebuah permasalahan khususnya dalam penelitian. Beliau adalah role model bagi saya dalam melihat suatu permasalahan dan bagaimana mempermudahnya (Febrina Agusti, mahasiswa bimbingan thesis yang lulus pada 2021).

Dr. Ir. Bambang Purwanggono S, M.Eng memiliki kemampuan untuk melihat aspek aspek dalam penelitian yang

memperluas wawasan kita karena keluasan pengalaman beliau, mampu memberikan masukan masukan yang segar dan unik (Dr. Ir. Ratna Purwaningsih, ST, MT, IPM, kolega dan patner riset tourism yang menjadi materi dalam bunga rampai ini).

Daftar Pustaka

- Asmelash, A.G. & Kumar, S. (2018). The structural relationship between tourist satisfaction and sustainable heritage tourism development in Tigray, Ethiopia. *Heliyon*, 5.
- Benediktsson, K. (2014). Nature in the 'neoliberal laboratory'. *Dialogues in Human Geography*, 4(2), 141-146.
- Beritelli, P., & Laesser, C. (2011). Power dimensions and influence reputation in tourist destinations: Empirical evidence from a network of actors and stakeholders. *Tourism Management*, 32(6), 1299-1309.
- Blancas, F.J., Oyola, M.L., & Gonzalez, M. (2015). A European sustainable tourism labels proposal using a composite indicator. *Environmental Impact Assessment Review*, 54, 39-54.
- Cable News Network (CNN) Indonesia. (2020). *Menghitung Kontribusi Sektor Pariwisata Bagi Ekonomi RI*. Diakses melalui:
<https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20200226121314-532-478265/menghitung-kontribusi-sektor-pariwisata-bagi-ekonomi-ri>.
- Czernek, K. (2013). Determinants of cooperation in a tourist region. *Annals of Tourism Research*, 40, 83-104.
- Dahlan, J. (2017). *Museum Sebagai Sarana Edukasi dan Rekreasi - Museum Kebangkitan Nasional*. Diakses melalui:
<https://kebudayaan.kemdikbud.go.id/mkn/museum-sebagai-sarana-edukasi-dan-rekreasi/>.

- Damayanti, M., Scott, N., & Ruhanen, L. (2017). Coopetitive behaviours in an informal tourism economy. *Annals of Tourism Research*, 65, 25–35.
- Dorcheh, S.A., & Mohammed, B. (2013). Local Perception of Tourism Development: A Conceptual Framework for The Sustainable Cultural Tourism. *Journal of Management and Sustainability*, 3(2), 31-39.
- Dwyer, L. & Edwards, D. (2010). *Understanding the Sustainable Development of Tourism*. Oxford: Goodfellow Publishers Limited. Hal. 45. Diedit oleh: Liburd, J.J dan Edwards, D.
- Ellis, S., & Sheridan, L. (2014). A critical reflection on the role of stakeholders in sustainable tourism development in least-developed countries. *Tourism Planning & Development*, 11(4), 467–471.
- Fyall, A., Garrod, B., & Wang, Y. (2012). Destination collaboration: A critical review of theoretical approaches to a multi-dimensional phenomenon. *Journal of Destination Marketing & Management*, 1(1), 10–26.
- Gallego, I. & Font, X. (2019). Measuring the vulnerability of tourism destinations to the availability of air transport, using multi-criteria composite indexes. *Journal of Destination Marketing & Management*, 14, 1-11.
- Green, B. (2010). *Heritage Tourism Handbook: A How-to-Guide for Georgia*, Speno, L. (Ed.). Atlanta.
- Hughes, M. & Carlsen, J. (2010). The business of cultural heritage tourism: critical success factors. *J Herit Tour*, 5 (1).
- Kuvan, Y., & Akan, P. (2012). Conflict and agreement in stakeholder attitudes: residents' and hotel managers' views of tourism impacts and forest-related tourism development. *Journal of Sustainable Tourism*, 20(4), 571–584.

- Lee, T.H. & Hsieh, H. (2016). Indicators of sustainable tourism: a case study from a Taiwan's wetland. *Ecological Indicator*, 67, 779-787.
- Lempert, D. (2016). A sustainable (culture protecting) tourism indicator for cultural and environmental heritage tourism initiatives. *Asian Journal of Tourism Research*, 1(2), 103-146.
- Lin, C.L. (2019). The analysis of sustainable development strategies for industrial tourism based on IOA-NRM approach. *Journal of Cleaner Production*, 241, 1-20.
- Madden, M., Shipley, R., (2012). An analysis of the literature at the nexus of heritage, tourism, and local economic development. *J Herit Tour*, 7(2), 1-31.
- Mai, T., & Smith, C. (2015). Addressing the threats to tourism sustainability using systems thinking: A case study of Cat Ba Island, Vietnam. *Journal of Sustainable Tourism*, 23(10), 1504–1528.
- Marcinkiewicz, C., & Kowalski, S. (2012). *Marketing turystyczny: (elementy norm postępowania i etyki dla zarządzających)*. Humanitas: Oficyna Wydawnicza.
- Mendoza, H.M., Talavera, A.S., & Chirino, J.B. (2017). Perception of governance, value and satisfaction on museum from the point of view of visitors. Preservation-use and management model. *Journal of Cultural Heritage*, 41, 178-187.
- Muhammad, A., Aisjah, S., & Rofiq, A. (2018). Penilaian *memorable tourism experience* sebagai faktor penentu daya saing destinasi wisata dengan menggunakan pendekatan *rapid appraisal* (rap). *Jurnal Ilmiah Manajemen*, 8(2), 272-291.
- Ngamsomsuke, W., Hwang, T.C., & Huang, C.J. (2011). Sustainable culture heritage tourism indicators.

- International Conference on Social Science and Humanity*, 5, 516-519.
- Nguyen, T.Q.T., Young, T., Johnson, P., & Wairing, S. (2019). Conceptualising networks in sustainable tourism development. *Tourism Management Perspectives*, 32, 1-11.
- Oyola, M.L., Blancas, F.J., Gonzalez, M., & Caballero, R. (2012). Sustainable tourism indicators as planning tools in cultural destinations. *Ecological Indicators*, 18, 659-675.
- Panich, W., Maneenetr, T., Kunarucks, T., & Sakolnakorn, T.P.N. (2014). The management strategy of cultural tourism: A case study of sakon nakhon province, Thailand. *Asian Social Science*, 10(15), 48.
- Peraturan Menteri Pariwisata Republik Indonesia. (2016). Pedomani Destinasi Pariwisata Berkelanjutan Nomor 14 tahun 2016. Jakarta: Menteri Pariwisata Republik Indonesia.
- Perez, V., Guerrero, F., Gonzalez, M., Perez, F., & Caballero, R. (2013). Composite indicator for the assessment of sustainability: The case of Cuban nature-based tourism destinations. *Ecological Indicators*, 29, 316-324.
- Poria, Y., Reichel, A., & Cohen, R. (2013). Tourists perceptions of world heritage site and its designation. *Tourism Management*, 35, 272-274.
- Presbury R & Edwards, D. (2010). *Understanding the Sustainable Development of Tourism*. Oxford: Goodfellow Publishers Limited. Hal. 45. Diedit oleh: Liburd, J.J dan Edwards, D.
- Purwaningsih, R., Yudha, M.C., & Susanto, N. (2016). Penilaian keberlanjutan ukm batik kota semarang dengan metode product service system. *Jurnal Teknik Industri*, 18(1), 31-42.

- Purwaningsih, R., Santoso, H., & Khasanah, U. (2020a). Rap-tourism method to assess tourism objects sustainability. *IOP Conf. Series: Material Science and Engineering*, 722.
- Solihat, A & Ari, M. (2016). Analisis minat wisata museum kota Bandung. *Jurnal Pariwisata*, 3(2).
- Suweno, I.K. & Widyatmaja, I.G.N. (2017). *Pengetahuan Dasar Ilmu Pariwisata*. Denpasar: Pustaka Larasan.
- Szromek, A.R., Herman, K., & Naramski, M. (2020). Sustainable development of industrial heritage tourism-a case study of the industrial monuments route in Poland. *Tourism Management*, 83, 1-12.
- Tanguay, G.A., Rajaonson, J., & Therrien, M.C. (2011). Sustainable touris indicator: selection Criteria for policy implementation and scientific recognition. *Scientific Series*, 60, 1-23.
- Timothy, D. J. (2011). *Cultural heritage and tourism: An introduction*. Bristol: Channel View Publications.
- Totten, E., (2016). *National Heritage Areas as a Sustainable Heritage Tourism and Preservation Tool*. University of Maryland.
- United Nations Environment Programme (UNEP) & World Tourism Organization (WTO)*. (2004). *Indicators of Sustainable Development for Tourism Destinations: A Guidebook*.
- United Nations Environment Programme (UNEP) & World Tourism Organization (WTO)*. (2005). Making Tourism More Sustainable—a Guide for Policy Makers, 11-12. (online akses) <https://www.unwto.org/sustainable-development>.
- Vareiro, L., Sousa, B.B., & Silva, S.S. (2020). The importance of museum in the tourist development and the motivations of their visitors: an analysis of the Costume Museum in

- Viana de Castelo. *Journal of Cultural Heritage management and Sustainable Development*.
- Vecco, M. & Srakar, A. (2018). The unbearable sustainability of cultural heritage: an attempt to create an index of cultural heritage sustainability in conflict and war regions. *Journal of Cultural Heritage*, 33, 291-2302.
- Weng, L., He, B.J., Liu, L., Li, C., & Zhang, X. (2019). Sustainability assessment of cultural heritage tourism: case study of Pingyao ancient city in China. *Sustainability*, 11(1392).
- Yang, C. H., Lin, H. L., & Han, C. C. (2010). Analysis of international tourist arrivals in china: the role of world heritage sites. *Tourism Management*, 31(6), 827–837.
- Zhang, H., Xu, F., Lu, L., & Yu, P. (2017). The spatial agglomeration of museums, a case study in London. *J. Herit. Tourism*, 12(2), 172–190.

Perancangan Model Pemilihan Supplier yang Mempertimbangkan Sustainability (Studi Kasus: CV Intan Karya Mandiri)¹⁶

Purnawan Adi Wicaksono*, Realdito Yasmin, Chaterine
Alvina Prima Hapsari

Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro, Semarang,
Indonesia

*E-mail: purnawan@ft.undip.ac.id

Pendahuluan

Menurut Heizer & Render (2005), industri manufaktur adalah sebuah perusahaan yang membuat sesuatu dengan tangan atau dengan mesin untuk dapat menghasilkan suatu barang. Agar proses pembuatan barang tersebut berjalan lancar, diperlukan kerjasama antar pihak-pihak yang terlibat di dalam proses tersebut, mulai dari *supplier* hingga jaringan distribusi (Pujawan & Mahendrawathi, 2017). Pengelolaan kerja sama antar pihak-pihak yang terlibat di dalam proses tersebut disebut juga manajemen rantai pasokan (*supply chain management*) (Oliver & Webber, 1982).

Salah satu komponen *supply chain* adalah *supplier* yang bertugas untuk menyediakan bahan baku atau jasa yang dibutuhkan suatu industri. Dalam memilih *supplier*, industri-

¹⁶ Cite this chapter (APA):

Wicaksono, P. A., Yasmin, R., & Hapsari, C. A. P. (2022). Perancangan model pemilihan supplier yang mempertimbangkan sustainability (Studi kasus: CV Intan Karya Mandiri). In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 195-207). Undip Press.

industri manufaktur pada zaman sekarang perlu mempertimbangkan aspek *sustainability*. Perlu diketahui bahwa rantai pasokan yang berfokus pada keberlanjutan (*sustainable supply chain*) adalah perpanjangan dari rantai pasokan hijau di mana mempertimbangkan kriteria sosial bersama dengan kriteria ekonomi dan hijau dari konteks rantai pasokan (Luthra et al., 2017). Menurut Esfahbodi et al., (2016), *sustainable supply chain management* terdiri dari *sustainable procurement*, *sustainable production*, dan *sustainable distribution*. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan prinsip *sustainability* dalam aktivitas produksi saja tidak cukup apabila tidak diikuti dengan pengadaan (*procurement*) dan distribusi yang *sustainable*. Pemilihan *supplier* erat kaitannya dengan *sustainable procurement*. Dengan demikian, *sustainable supplier selection* (SSS) adalah keputusan strategis utama dalam pengelolaan rantai pasokan yang berfokus pada keberlanjutan (Amindoust et al., 2012). Pemilihan *supplier* yang ramah lingkungan dan berkelanjutan adalah keputusan penting dalam rantai pasokan industri untuk meningkatkan kinerja bisnis dan keunggulan kompetitif (Govindan et al., 2013; Grimm et al., 2014).

Sustainability dapat ditingkatkan melalui penggunaan bahan daur ulang, menggunakan kembali peralatan, memperbaiki komponen dan mengurangi penggunaan *material* atau bisa disebut juga 4R (*recycle, reduce, reuse, repair*) (*Sustainability in Engineering Design*, 2014). Industri fabrikasi logam merupakan industri manufaktur yang sangat mampu untuk menerapkan prinsip 4R tersebut karena pada dasarnya, lembaran plat baja yang menjadi bahan baku utama dalam industri ini merupakan bahan yang 100% *recyclable* sehingga dapat diproses kembali menjadi *material* yang sama hingga berulang kali dengan kualitas yang tetap sama (*World Steel Association*, 2012). Bahan yang dapat didaur ulang merupakan serpihan atau kepingan

baja yang berasal dari *material* berlebih hasil produksi maupun produk jadi yang sudah mencapai akhir usia pakai.

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa kerangka *sustainability supplier selection* cocok untuk diterapkan di perusahaan manufaktur, seperti penelitian oleh Luthra et al. (2017) dan Jauhar & Pant (2017). Luthra et al. (2017) mengusulkan kerangka untuk mengevaluasi *sustainable supplier selection* berdasarkan 22 subkriteria *sustainable supplier selection* dan tiga dimensi kriteria (ekonomi lingkungan sosial) menggunakan integrasi metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *VIšekriterijumsko KOMpromisno Rangiranje* (VIKOR). Studi kasus dilakukan di salah satu industri otomotif di India. Sedangkan Jauhar & Pant (2017) mengembangkan sistem yang efisien untuk *sustainable supplier selection* dengan mengintegrasikan alat evaluasi kinerja multi kriteria tradisional *Data Envelope Analysis* (DEA) dengan algoritma DE dan selanjutnya dengan MODE untuk mengatasi kelemahan inheren DEA. Studi kasus dilakukan pada industri otomotif India yang merupakan salah satu yang terbesar di dunia dengan produksi mencapai 23,96 juta mobil pada tahun 2015-2016.

CV Intan Karya Mandiri merupakan salah satu industri fabrikasi logam skala menengah di wilayah Kabupaten Tangerang yang berdiri sejak tahun 2007. Perusahaan yang berfokus pada pembuatan berbagai fabrikasi produk *metal sheet processing* seperti *Box Panel*, *Box Hydrant*, maupun *Box APAR* ini belum memiliki Standar Operasional Prosedur (SOP) maupun kriteria yang baku dalam memilih *supplier*. Keadaan tersebut menimbulkan kerancuan bagi CV Intan Karya Mandiri karena selama ini mereka memilih *supplier* hanya berdasarkan intuisi. Di sisi lain, CV Intan Karya Mandiri juga ingin bekerjasama dengan *supplier* yang sejalan dengan prinsip *sustainable* yang sudah mulai diterapkan oleh mereka, seperti penerapan prinsip

zero waste pada lini produksi mereka serta menyediakan dan mewajibkan para pekerja untuk menggunakan Alat Pelindung Diri yang lengkap ketika bekerja, mulai dari kacamata khusus, masker, sepatu khusus, sarung tangan hingga topi. Selain itu, dua konsumen utama mereka adalah instansi pemerintahan yaitu PLN dan Pemadam Kebakaran Kab. Tangerang di mana pada proses pengadaannya memperhatikan nilai-nilai *sustainability* melalui *sustainability public procurement* seperti yang dimuat dalam PP No. 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah.

Pada penelitian ini, peneliti dan pihak perusahaan sepakat untuk membatasi *supplier* yang akan dievaluasi hanya pada *supplier* jasa *powder coating*. Alasannya karena pihak CV Intan Karya Mandiri cenderung sering melakukan kontak langsung dengan para *supplier* jasa *powder coating* bila dibandingkan dengan *supplier* komponen lain serta telah memahami bagaimana cara kerja dan performanya. Selain itu, mereka sering mengalami berbagai permasalahan dengan *supplier* jasa *powder coating* seperti kualitas pengecatan yang kurang baik dan waktu selesai pengecatan yang molor dari perjanjian awal.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan di atas, penelitian ini mencoba untuk merancang suatu model pemilihan *supplier* beserta kriteria dan subkriteria yang sesuai dan mempertimbangkan aspek-aspek *sustainability*. Kriteria pemilihan *supplier* berasal dari teori *Triple Bottom Line* (TBL) yang dikembangkan Elkington (1998), sedangkan subkriteria yang digunakan peneliti berasal dari berbagai jurnal internasional seperti dari Zhou & Xu (2018), Luthra et al. (2017), Grimm et al. (2014), Tahriri et al. (2014), Hashemi et al. (2015), Sarkis & Dhavale (2015) dan lain-lain. Pemilihan *supplier* yang mempertimbangkan aspek-aspek *sustainability* atau disebut juga kerangka *sustainable supplier selection* (SSS) adalah

keputusan strategis utama dalam pengelolaan rantai pasokan yang berfokus pada keberlanjutan (*sustainability supply chain management*) (Amindoust et al., 2012). Beberapa penelitian terdahulu juga telah menunjukkan bahwa kerangka *sustainability supplier selection* cocok untuk diterapkan di perusahaan manufaktur, seperti penelitian oleh Kuo, Hsu, & Li (2015), Luthra et al. (2017) dan Jauhar & Pant (2017).

Tujuan umum dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk merancang model pemilihan *supplier* yang mempertimbangkan *sustainability* di CV Intan Karya Mandiri dan memilih *supplier* jasa *powder coating* yang paling *sustainable* untuk CV Intan Karya Mandiri berdasarkan model yang telah disusun.

Metode Penelitian

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di CV Intan Karya Mandiri. Perusahaan ini beralamat di Jl. Raya Rajeg No. 61, Kampung Periuk, Kelurahan Mekar Sari, Kecamatan Rajeg, Kabupaten Tangerang 15540, Banten. Penelitian dilakukan mulai Bulan Januari 2020-selesai.

Pengumpulan Data

Wawancara

Wawancara dilakukan terhadap *stakeholder* yang menjadi *decision makers* dalam pemilihan *supplier* di CV Intan Karya Mandiri. Terdapat beberapa pertanyaan yang ditanyakan dalam wawancara ini. Pertanyaan pertama adalah apakah CV Intan Karya Mandiri telah menerapkan prinsip-prinsip *sustainability* dan bagaimana penerapannya. Pertanyaan kedua adalah mengenai bagaimana mekanisme CV Intan Karya Mandiri dalam memilih *supplier*. Pertanyaan ketiga adalah mengenai proses-proses yang terjadi di CV Intan Karya Mandiri. Wawancara

dilanjutkan dengan pertanyaan mengenai jumlah *supplier* yang ingin dievaluasi oleh CV Intan Karya Mandiri.

Kuesioner

Penelitian ini menggunakan tiga kuesioner. Adapun kuesioner pertama yaitu kuesioner validasi terkait variabel-variabel yang diperlukan dalam mempertimbangkan *supplier* yang akan dipilih berdasarkan prinsip *triple bottom line*. Para stakeholder diminta untuk memberikan *ranking* atau penilaian akan relevansi masing-masing variabel terhadap penelitian dengan skala ordinal 1 hingga 4 (1 = tidak relevan, 2 = agak relevan, 3 = cukup relevan, 4 = sangat relevan). Untuk kuesioner kedua yaitu kuesioner perbandingan berpasangan kriteria dan subkriteria pemilihan *supplier* jasa *powder coating* berdasarkan kerangka *sustainable supplier selection*. Kuesioner ketiga merupakan kuesioner perbandingan berpasangan antara alternatif *supplier* dan subkriteria-subkriteria *sustainable supplier selection*. Kuesioner ini berguna untuk menilai performansi setiap alternatif *supplier* berdasarkan subkriteria-subkriteria yang ada.

Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini dimulai dengan validasi setiap *item* (kriteria dan subkriteria) menggunakan metode *Content Validity Index* (CVI). Setelah peneliti mendapatkan hasil dari kuesioner terkait, peneliti perlu menghitung dua jenis CVI. Tipe pertama melibatkan validitas isi *item individual* (i-CVI) dan yang kedua melibatkan validitas konten dari skala keseluruhan (s-CVI).

Untuk setiap *item*, I-CVI dihitung sebagai jumlah ahli yang memberikan penilaian baik yaitu 3 atau 4 (dengan demikian dikotomisasi skala ordinal menjadi relevan = 1 dan tidak

relevan= 0), dibagi dengan jumlah total ahli. Sedangkan perhitungan S-CVI adalah dengan menghitung I-CVI untuk setiap *item* pada skala, dan kemudian menghitung rata-rata I-CVI di seluruh *item* (Lynn, 1986).

Tabel 1. Nilai Konsistensi *Random Index* (Saaty, 1994)

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,23	1,32	1,41	1,45	1,49

Selanjutnya adalah pemilihan *supplier* terbaik menggunakan integrasi antara dua metode dalam *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) yaitu *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *VIšekriterijumsko KOMpromisno Rangiranje* (VIKOR). Berikut adalah penjelasan mengenai pembobotan menggunakan AHP (Saaty dan Kearns, 1985).

1. Melakukan penyebaran kuesioner perbandingan berpasangan kriteria dan subkriteria yang berpengaruh kepada responden yang telah ditentukan dan kriteria-subkriteria yang sudah divalidasi sebelumnya.
2. Mencari nilai rata-rata geometris hasil perbandingan berpasangan dari setiap kriteria dan subkriteria dari berbagai responden sebagaimana di dalam Persamaan 1:

$$G = \sqrt[n]{A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n} \quad (1)$$

3. Mengestimasi bobot relatif. Pada tahap ini, proses matematis dimulai untuk menormalkan dan mencari nilai bobot relatif dari setiap matriks. Bobot relatif didapatkan dengan menghitung nilai *eigen* (w) sesuai dengan nilai *eigen* terbesar (λ_{max}) sebagaimana di dalam Persamaan 2:

$$A_w = \lambda w \quad (2)$$

4. Melakukan evaluasi dengan cara menghitung dan melakukan pengecekan rasio konsistensi. Jika perbandingan berpasangan konsisten, maka matriks A memiliki $rank$ 1 dan $\lambda_{max} = n$. Jika demikian, bobot dapat diperoleh dengan menormalkan semua baris dan kolom matriks A . AHP harus memenuhi syarat bahwa matriks A konsisten. Nilai konsistensi didefinisikan sebagai hubungan antara A : $a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik}$.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Rasio konsistensi (CR) digunakan untuk menentukan apakah evaluasi yang dilakukan sudah cukup konsisten. Nilai CR didapat dari rasio perbandingan CI dengan nilai *Random Index* (RI), sebagaimana dijabarkan pada Tabel 1 nilai konsistensi random index untuk 1 sampai 10 kriteria.

5. Melakukan perhitungan bobot global kriteria dan subkriteria jika nilai $CR < 0,1$. Untuk bobot global kriteria sama dengan bobot relatifnya, sedangkan perhitungan bobot global subkriteria dengan mengalikan bobot *relative* kriteria dan bobot *relative* subkriteria.

Tahapan selanjutnya adalah pemilihan *supplier* terbaik menggunakan VIKOR (Luthra et al., 2017).

1. Menetapkan nilai tingkat untuk variabel linguistik dalam kaitannya dengan alternatif pemasok. Skala linguistik digunakan untuk mengembangkan perbandingan berpasangan di antara alternatif dan kriteria. Berdasarkan ini, matriks untuk alternatif sehubungan dengan setiap kriteria dibangun.
2. Mengembangkan matriks keputusan. Peringkat agregat dari alternatif-alternatif *supplier* berasal dari peringkat yang diberikan para responden. Matriks keputusan dibentuk dari Persamaan 4.

$$A = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k A_k \quad (4)$$

3. Menentukan nilai f_b^+ dan f_b^- dari setiap subkriteria $b = 1, 2, \dots, n$ berdasarkan Persamaan 5 dan 6.

$$f_b^+ = \text{Max} (f_{ab}) \quad (5)$$

$$f_b^- = \text{Min} (f_{ab}), \quad (6)$$

Di mana f_b^+ Adalah solusi positif ideal dari subkriteria b dan f_b^- adalah solusi *negative* ideal dari kriteria b.

4. Menghitung nilai S_a dan R_a untuk nilai $a = 1, 2, \dots, m$ menggunakan Persamaan 7 dan 8.

$$S_a = \sum_{b=1}^n W_b \left[\frac{f_b^+ - f_{ab}}{f_b^+ - f_b^-} \right] \quad (7)$$

$$R_a = \text{Max}_b \left[W_b \left(\frac{f_b^+ - f_{ab}}{f_b^+ - f_b^-} \right) \right], \quad (8)$$

di mana S_a merupakan tingkat jarak dari alternatif a terhadap solusi ideal positif atau disebut juga maksimum "utilitas kelompok mayoritas." R_a mengindikasikan tingkat jarak dari alternatif a terhadap solusi ideal *negative* atau disebut juga minimum "penyesalan individu terhadap lawan" dalam metode pemrograman kompromi yang membantu menentukan solusi kompromi berdasarkan preferensi yang dinegosiasikan dari para pembuat keputusan. W_b merupakan bobot dari setiap subkriteria yang berasal dari perhitungan metode AHP yang sudah dilakukan sebelumnya.

5. Menentukan indeks agregasi, yaitu solusi akhir Q_a untuk $a = 1, 2, \dots, m$ menggunakan Persamaan 9. Alternatif yang memiliki nilai Q_a terendah adalah alternatif yang terbaik.

$$Q_a = v \frac{S_a - S^+}{S^- - S^+} + (1 - v) \frac{R_a - R^+}{R^- - R^+}, \quad (9)$$

di mana $S^- = \text{Max}_a S_a$, $S^+ = \text{Min}_a S_a$, $R^- = \text{Max}_a R_a$, $R^+ = \text{Min}_a R_a$. Nilai maksimum S_a menunjukkan "mayoritas kelompok maksimum" sedangkan nilai minimum R_a menunjukkan "penyesalan individu minimum" dari

alternatif. Bobot tindakan atau utilitas himpunan maksimum diwakili oleh v dan $(1-v)$ menunjukkan bobot penyesalan individu. Dalam hal ini nilai v diambil sebagai 0,5.

6. Mengurutkan alternatif berdasarkan nilai Q_a
7. Mencari nilai minimum Q yang merupakan solusi optimal apabila kedua kondisi ini dipenuhi secara bersamaan.

a. Kondisi 1 (Persamaan 10):

$$Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \geq \frac{1}{n-1} \quad (10)$$

Di mana $A^{(2)}$ merupakan alternatif *supplier* kedua terbaik, $A^{(1)}$ merupakan alternatif *supplier* terbaik dan n merupakan jumlah alternatif *supplier*.

b. Kondisi 2: Alternatif $Q(A^{(1)})$ konstan dan stabil dalam pengambilan keputusan dengan memiliki nilai S_a dan R_a yang terbaik pula.

8. Membedakan alternatif terbaik dengan memilih $(A(m))$ sebagai solusi terbaik dengan nilai Q_a minimum dan m merepresentasikan alternatif-alternatif yang dievaluasi.

Hasil dan Pembahasan

Model Pemilihan *Supplier* untuk CV Intan Karya Mandiri

Di dalam penelitian ini, peneliti merancang suatu model pemilihan *supplier* untuk CV Intan Karya Mandiri dengan mengintegrasikan dua metode yang termasuk di dalam *Multicriteria Decision Making* yaitu *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Višekriterijumsko KOMpromisno Rangiranje* (VIKOR). Metode AHP digunakan untuk mengetahui bobot dari setiap kriteria dan subkriteria dengan menggunakan *software Expert Choice* untuk perhitungan bobot *relative* dan manual untuk perhitungan bobot global. Hasil dari perhitungan bobot dengan metode AHP tersebut selanjutnya digunakan untuk

mengevaluasi kinerja para *supplier* dan memilih alternatif *supplier* terbaik dengan metode VIKOR.

Setelah itu, peneliti perlu merancang kriteria dan subkriteria pemilihan *supplier* yang sesuai dengan industri fabrikasi logam serta prinsip-prinsip *sustainability*. Berdasarkan studi berbagai literatur seperti dari Zhou & Xu (2018), Luthra et al. (2017), Grimm et al. (2014), Tahriri et al. (2014), Hashemi et al. (2015) dan Sarkis & Dhavale (2015), peneliti menemukan tiga kriteria dan 21 subkriteria yang kemungkinan besar cocok untuk digunakan di dalam penelitian ini (lihat Tabel 1).

Kelebihan dari model pemilihan *supplier* ini adalah adanya perhatian lebih pada aspek-aspek *sustainability* di industri fabrikasi logam yang mana belum pernah ada penelitian terdahulu yang berfokus pada hal ini. Selain itu, metode AHP cenderung mudah untuk diaplikasikan dalam perhitungan bobot kepentingan karena memiliki jumlah perbandingan berpasangan yang lebih sedikit dibandingkan metode sejenis seperti *Analytical Network Process* (ANP). Terakhir, metode VIKOR yang digunakan untuk menentukan peringkat alternatif *supplier*, dalam perhitungan solusi akhirnya telah mempertimbangkan kepentingan *relative* dari jarak suatu alternatif terhadap solusi ideal dan *negative* ideal sehingga alternatif dengan peringkat terbaik sudah dipastikan merupakan alternatif yang memiliki jarak terdekat ke kondisi ideal. Sedangkan kelemahan dari model pemilihan *supplier* ini adalah evaluasi setiap alternatif *supplier* cenderung bersifat kualitatif karena hanya berdasarkan pemahaman para *stakeholder* yang terlibat di dalam penelitian dan tidak memiliki parameter yang baku untuk setiap subkriteria penilaiannya.

Validasi Kriteria dan Subkriteria Pemilihan *Supplier* Jasa *Powder Coating*

Validasi dilakukan dengan melihat relevansi dari setiap *item* (kriteria dan subkriteria) terhadap penelitian ini menggunakan metode *Content Validity Index* (CVI). Tiga *stakeholder* yang terlibat adalah Direktur Utama (responden 1), Manajer Produksi (responden 2) dan Manajer Pengadaan (responden 3) CV Intan Karya Mandiri. Para *stakeholder* diminta untuk memberikan *ranking* atau penilaian akan kesesuaian masing-masing *item* dengan skala ordinal 1 hingga 4. Setelah itu, perlu dilakukan perhitungan I-CVI dan S-CVI/Ave. I-CVI adalah validitas konten *item* individual, yaitu jumlah *stakeholder* yang memberikan penilaian baik yaitu 3 atau 4 (dengan demikian dikotomisasi skala ordinal menjadi relevan = 1 dan tidak relevan = 0) untuk masing-masing *item* per jumlah total *stakeholder*. Sedangkan S-CVI/Ave adalah validitas konten dari skala keseluruhan berdasarkan metode rata-rata, yaitu jumlah skor I-CVI per jumlah *item*. Berdasarkan hasil perhitungan I-CVI, terdapat tiga *item* yang tidak *valid* untuk dimasukkan ke dalam penelitian yaitu Biaya Transportasi (A9), Keterbukaan Informasi (C5) dan Penghindaran Pekerja Anak (C6) karena memiliki skor I-CVI di bawah 1 karena nilai I-CVI harus 1,00 bila ada lima atau lebih sedikit penilai (Lynn, 1986). Sedangkan hasil perhitungan S-CVI/Ave menunjukkan bahwa seluruh nilai S-CVI/Ave telah berada di ambang batas penerimaan menurut Waltz dkk. (2005) yaitu 0,9 atau di atasnya.

Ketiga *stakeholder* tidak menyetujui subkriteria Biaya Transportasi (A9) karena menurut mereka, biaya transportasi tidak memengaruhi pemilihan *supplier* jasa *powder coating* karena *supplier-supplier* berada pada satu kawasan yang sama yaitu pada radius 15 km dari CV Intan Karya Mandiri sehingga biaya transportasinya juga hampir sama. Terkait dengan

subkriteria Keterbukaan Informasi (C5), para *stakeholder* beralasan bahwa para *supplier* jasa *powder coating* belum mampu untuk memberikan informasi mengenai jumlah emisi karbon dan kadar racun yang dilepas selama proses produksi karena keterbatasan *instrument* yang dimiliki oleh mereka. Sedangkan, terkait dengan subkriteria Penghindaran Pekerja Anak (C6), para *stakeholder* beralasan bahwa para *supplier* jasa *powder coating* tidak mempekerjakan pekerja di bawah umur.

Bobot Kepentingan Kriteria dan Subkriteria Pemilihan *Supplier* Jasa *Powder Coating*

Data perbandingan berpasangan antar kriteria maupun antar subkriteria pemilihan *supplier* diolah dengan *software Expert Choice v11* untuk mendapatkan bobot kepentingan dari setiap kriteria dan subkriteria. Untuk setiap subkriteria perlu dilakukan perhitungan nilai bobot global subkriteria dengan mengalikan bobot *relative* subkriteria dengan bobot *relative* kriterianya. Tabel 2 merupakan hasil rekapitulasi seluruh bobot *relative* dan bobot global.

Berdasarkan rekapitulasi bobot relatif dan global di Tabel 2, kriteria Ekonomi memiliki bobot relatif yang paling tinggi yaitu 0,485, disusul oleh kriteria Lingkungan dengan bobot 0,356 dan kriteria Sosial dengan bobot 0,159. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun CV Intan Karya Mandiri telah mulai menerapkan aspek-aspek *sustainability* di dalam berbagai aktivitasnya, aspek ekonomi masih menjadi prioritas utama mereka dalam memilih *supplier*. Keberadaan bobot kriteria lingkungan yang di atas kriteria sosial juga menunjukkan bahwa mereka sudah memiliki inisiatif untuk tidak mengesampingkan aspek lingkungan dan fokus untuk memperhatikannya, yang berarti hal ini sejalan dengan inisiatif mereka untuk menerapkan prinsip *zero waste* dalam aktivitasnya.

Bobot kepentingan yang menjadi *output* dari penelitian ini adalah bobot global. Bobot global dihitung berdasarkan perkalian antara bobot relatif dari kriteria terkait dan masing-masing subkriteria. Perhitungan bobot global dapat dilakukan apabila nilai inkonsistensi dari seluruh matriks perbandingan berpasangan, baik antar kriteria maupun antar subkriteria, bernilai di bawah 0,1. Berdasarkan output *Expert Choice* v11, nilai inkonsistensi dari seluruh matriks perbandingan berpasangan, baik antar kriteria maupun antar subkriteria, bernilai di bawah 0,1 sehingga perhitungan bobot global dapat dilakukan.

Secara umum, berdasarkan nilai bobot global, lima subkriteria yang memiliki nilai bobot global tertinggi adalah Manajemen Limbah (B3) dengan bobot global sebesar 0,133, diikuti oleh Harga (A1) dengan bobot global sebesar 0,103, *Green Manufacturing* (B4) dengan bobot global sebesar 0,273, Kualitas (A2) dengan bobot global sebesar 0,09 dan Keuntungan pada Produk (A3) dengan bobot global sebesar 0,083.

Hasil perhitungan bobot global menunjukkan bahwa subkriteria dengan bobot global tertinggi merupakan subkriteria dari kriteria Lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa aspek lingkungan menjadi salah satu hal yang paling diperhatikan oleh CV Intan Karya Mandiri dalam memilih *supplier* jasa *powder coating*. Alasannya adalah karena walaupun *supplier* jasa *powder coating* tidak menghasilkan limbah yang membahayakan lingkungan, limbah yang dihasilkan oleh mereka yaitu bahan cat yang berlebih dapat dimanfaatkan kembali apabila dikelola dengan baik. Harga menjadi prioritas kedua mereka karena bagaimanapun juga setiap perusahaan pasti ingin bekerjasama dengan *supplier* yang memberikan harga terendah walaupun diiringi juga dengan faktor-faktor lain.

Tabel 2. Rekapitulasi Bobot Relatif dan Global

No	Kriteria	Bobot Relatif	Subkriteria	Bobot Relatif	Bobot Global
1	Ekonomi (A)	0,485	Harga (A1)	0,212	0,103
			Kualitas (A2)	0,186	0,09
			Keuntungan pada Produk (A3)	0,172	0,083
			Kemampuan Teknologi dan Finansial (A4)	0,06	0,03
			Kapasitas dan Fasilitas Produksi (A5)	0,06	0,03
			Pengiriman dan Servis Produk (A6)	0,106	0,051
			Relationship (A7)	0,043	0,021
			Fleksibilitas (A8)	0,053	0,026
			Waktu Tunggu (Lead Time) yang Dibutuhkan (A10)	0,108	0,052
2	Lingkungan (B)	0,356	Kemampuan Lingkungan (B1)	0,086	0,031
			Konsumsi Sumber Daya (B2)	0,112	0,04
			Manajemen Limbah (B3)	0,385	0,133
			Green Manufacturing (B4)	0,273	0,1
			Biaya Lingkungan (B5)	0,143	0,051
3	Sosial (C)	0,159	Hak-hak Pemangku Kepentingan (C1)	0,072	0,011
			Sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (C2)	0,455	0,072
			Ketaatan terhadap Hukum dan Kebijakan (C3)	0,264	0,042
			Pelatihan Pekerja (C4)	0,208	0,033

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Akhir VIKOR

Variabel	Nilai	Variabel	Nilai	Variabel	Nilai
S1	0.232	R1	0.083	Q1	0
S2	0.81	R2	0.133	Q2	1
S3	0.474	R3	0.103	Q3	0.403
S4	0.569	R4	0.103	Q4	0.485

Hasil Pemilihan Alternatif *Supplier* Jasa *Powder Coating*

Pemilihan alternatif *supplier* jasa *powder coating* terbaik menggunakan metode VIKOR. Hasil dari perhitungannya berupa nilai S_a , R_a dan Q_a untuk setiap alternatif *supplier* jasa *powder coating*. Menurut Luthra et al. (2017), alternatif *supplier* terbaik dilihat dari nilai Q_a yang paling minimum. Tabel 3 menampilkan hasil perhitungan VIKOR, dengan Alternatif 1 adalah CV Berkah *Powder Coating*; Alternatif 2 adalah CV Wandi *Powder Coating*; Alternatif 3 adalah CV Maneka *Powder Coating*; dan Alternatif 4 adalah CV Sukiban *Powder Coating*.

Berdasarkan hasil perhitungan di Tabel 3, alternatif *supplier* jasa *powder coating* yang memiliki nilai Q_a minimum adalah alternatif 1 (CV Berkah *Powder Coating*) dengan nilai Q_a sebesar 0. Alternatif terbaik kedua dan ketiga secara berturut-turut adalah alternatif 3 (PT Maneka *Powder Coating*) dengan nilai Q_a sebesar 0,403 dan alternatif 4 (CV Sukiban *Powder Coating*) dengan nilai Q_a sebesar 0,485. Alternatif *supplier* jasa *powder coating* terburuk untuk CV Intan Karya Mandiri adalah alternatif 2 (CV Sukiban *Powder Coating*) dengan nilai Q_a sebesar 1.

Suatu alternatif *supplier* valid untuk dikatakan terbaik apabila telah memenuhi dua kondisi seperti yang telah dijelaskan di Bagian Pengolahan Data. Di bawah ini akan dipaparkan perhitungan terkait pemenuhan kondisi pertama

yang berdasarkan Persamaan 10 (nilai $Q(A^{(2)})$ adalah 0,403, nilai $Q(A^{(1)})$ adalah 0, nilai n adalah 4).

$$Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \geq \frac{1}{n-1}$$

$$0,403 - 0 \geq \frac{1}{4-1}$$

$$0,403 \geq 0,333$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, terlihat bahwa $Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)})$ yang bernilai 0,403 lebih besar dari $1/n-1$ yang bernilai 0,333 sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian ini memenuhi kondisi pertama dari syarat pemilihan alternatif *supplier* terbaik.

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat pula bahwa alternatif 1 (CV Berkah *Powder Coating*) juga memiliki nilai S_a dan R_a terendah. Secara umum, peringkat akhir dari alternatif *supplier* jasa *powder coating* untuk CV Intan Karya Mandiri adalah Alternatif 1 (CV Berkah *Powder Coating*) > Alternatif 3 (PT Maneka *Powder Coating*) > Alternatif 4 (CV Sukiban *Powder Coating*) > Alternatif 2 (CV Wandi *Powder Coating*). Sehingga dapat disimpulkan bahwa alternatif 1 (CV Berkah *Powder Coating*) merupakan alternatif *supplier* jasa *powder coating* terbaik yang juga konstan dan stabil di dalam pengambilan keputusan sehingga memenuhi kondisi kedua.

Kesimpulan

Di dalam penelitian ini, peneliti merancang suatu model pemilihan *supplier* untuk CV Intan Karya Mandiri menggunakan integrasi metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *VIšekriterijumsko KOMpromisno Rangiranje* (VIKOR) beserta kriteria dan subkriteria pemilihan *supplier* yang sesuai dengan prinsip-prinsip *sustainability*. Terdapat tiga kriteria dan 21 subkriteria yang digunakan dalam penelitian ini. Kriteria dan

subkriteria ini disusun oleh peneliti berdasarkan beberapa referensi jurnal seperti dari Zhou & Xu (2018), Luthra et al. (2017), Grimm et al. (2014), dan lain-lain.

Pada penelitian ini, peneliti dan pihak perusahaan sepakat untuk membatasi *supplier* yang akan dievaluasi hanya pada *supplier* jasa *powder coating*. Berdasarkan model pemilihan *supplier* yang telah dirancang, alternatif *supplier* jasa *powder coating* yang paling *sustainable* adalah Alternatif 1 (CV Berkah Powder Coating) karena berdasarkan perhitungan dengan metode VIKOR, alternatif ini memiliki nilai S, R dan Q yang paling rendah (lihat Tabel 3) dan memenuhi kondisi $Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \geq 1/n-1$ ($0,403 \geq 0,333$). Peringkat akhir dari alternatif *supplier* jasa *powder coating* untuk CV Intan Karya Mandiri adalah Alternatif 1 (CV Berkah Powder Coating) > Alternatif 3 (PT Maneka Powder Coating) > Alternatif 4 (CV Sukiban Powder Coating) > Alternatif 2 (CV Wandu Powder Coating).

Daftar Pustaka

- Amindoust, A. et al. (2012). Sustainable supplier selection: A ranking model based on fuzzy inference system. *Applied Soft Computing*, 12(6), 1668–1677.
- Elkington, J. (1998). *Cannibals With Forks: The Triple Bottom Line in 21st Century Business*. Gabriola Island, BC: New Society Publishers
- Esfahbodi, A., Zhang, Y., Watson, G. (2016). Sustainable supply chain management in emerging economies: Trade-offs between environmental and cost performance. *International Journal of Production Economics*, 181, B, 350–366.
- Govindan, K., Khodaverdi, R., Jafarian, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. *Journal of Cleaner Production*, 47, 345-354.

- Grimm, J.H., Hofstetter, J.S., Sarkis, J. (2014). Critical factors for sub-supplier management: a sustainable food supply chains perspective. *International Journal of Production Economics*, 152, 159-173.
- Hashemi, S.H., Karimi, A., Tavana, M. (2015). An integrated green supplier selection approach with analytic network process and improved Grey relational analysis. *International Journal of Production Economics*, 159, 178-191.
- Heizer J., Render B., 2005. *Operations Management*. Jakarta: Salemba Empat.
- Luthra, S. et al. (2017). An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 140, 1686-1698.
- Oliver, R.K. & Webber, M.D. (1982). *Supply chain management: Logistic catches up with strategy*. Outlook.
- Pujawan, I.N., & Mahendrawathi. (2017). *Supply Chain Management*, (3rd ed.). Surabaya: Guna Widya.
- Saaty, T.L., & Kearns, K.P. (1985). *Analytical Planning: The Organization of System*. Great Britain: Pergamon Press
- Saaty, T.L. (1994). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. Pittsburgh: RWS Publication.
- Sarkis, J., Dhavale, D.G. (2015). Supplier selection for sustainable operations: a triple-bottom-line approach using a Bayesian framework. *International Journal of Production Economics*, 166, 177-191.
- Tahriri, F. et al. (2014). The application of fuzzy Delphi and fuzzy inference system in supplier ranking and selection. *Journal of Industrial Engineering International*, 10, 66.
- World Steel Association. (2012). *Sustainable Steel: at the Core of a Green Economy*.

Optimalisasi Pelayanan dengan Penerapan Lean Service¹⁷

Arfan Bakhtiar, Widhiyaningrum*

Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro, Semarang,
Indonesia

*E-mail: ningrumwidhiya@yahoo.com

Pendahuluan

Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara *output* dan *input* yang digunakan untuk menghasilkan suatu *output* berupa produk atau layanan jasa. Secara umum, produktivitas merupakan konsep objektif, untuk mengukur seberapa efisien sumber daya yang digunakan dalam proses produksi. Pada sektor industri, produktivitas dinyatakan dengan efisiensi untuk mengubah *input* seperti investasi, bahan baku, energi dan tenaga kerja menjadi produk (Nallusamy et al., 2016). Suatu organisasi yang melakukan kegiatan peningkatan produktivitas pasti akan menghadapi tantangan dalam sebuah organisasi tersebut. Tantangan umum yang dihadapi organisasi adalah persaingan pasar, peningkatan tekanan pada inventaris, peningkatan layanan, dan pengurangan pekerjaan dalam proses (*reduce work in process*).

Fokus terhadap peningkatan layanan menjadi salah satu tantangan yang dihadapi suatu organisasi. Persaingan pasar

¹⁷ Cite this chapter (APA):

Bakhtiar, A, & Widhiyaningrum (2022). Optimalisasi pelayanan dengan penerapan lean service. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 209-214). Undip Press.

yang kompetitif, sehingga mendorong suatu organisasi untuk memahami kebutuhan pelanggan dan memenuhinya dengan menawarkan layanan yang berkualitas tinggi. Secara umum, memberikan kualitas layanan yang memenuhi atau melampaui ekspektasi pelanggan merupakan dasar yang signifikan dari keunggulan kompetitif bagi banyak organisasi karena mampu meningkatkan efisiensi harga dan secara tidak langsung dapat mengarah ke loyalitas pelanggan (Bradley & Wang, 2021). Dalam hal meningkatkan kualitas pelayanan, maka suatu organisasi diperlukan untuk melakukan evaluasi terhadap proses bisnis yang terjadi di organisasi tersebut. Tujuan dari evaluasi tersebut adalah meminimalisasi kegiatan pemborosan sehingga dapat memaksimalkan waktu kerja dengan baik. Prinsip yang biasa digunakan untuk meminimalisasi kegiatan pemborosan adalah penerapan prinsip *lean*.

Lean adalah metodologi perbaikan proses yang berfokus pada menghilangkan berbagai bentuk pemborosan atau aktivitas tanpa nilai. Metodologi *lean* berasal dari sistem produksi (TPS) yang digunakan di Toyota Jepang yang memungkinkannya menjadi pemimpin dunia dalam kualitas dan efisiensi proses (Malik, 2016). Konsep *lean* berfokus pada mengidentifikasi dan menghilangkan tujuh bentuk pemborosan termasuk produksi berlebih, menunggu, transportasi, pemrosesan, persediaan berlebih, pergerakan yang tidak perlu, dan cacat (Cudney et al., 2018). Peluang perbaikan proses yang diberikan oleh filosofi *lean* dan prosedur manajemenya secara luas dipertimbangkan dan diadopsi sebagai program peningkatan ke dalam organisasi baik layanan atau manufaktur, publik maupun swasta. Prinsip yang biasa dilakukan pada *lean* yakni mengidentifikasi pemborosan dan melakukan eliminasi terhadap pemborosan tersebut (Klein et al., 2021). Strategi produksi *lean* organisasi menekankan pada peningkatan

efisiensi, peningkatan kualitas dan pengurangan waktu siklus dengan menghilangkan kegiatan yang tidak bernilai tambah (*non-value added activities*) (Azadeh et al., 2015). Di dalam organisasi berbasis pelayanan jasa, maka konsep *lean* yang diterapkan adalah *lean service*.

Lean service merupakan konsep terbaru yang menjadi penjabaran luas dari *lean manufacturing*. Pemanfaatan *lean service* berguna bagi organisasi di sektor jasa yang digunakan sebagai pendekatan dalam hal perbaikan serta inovasi berkelanjutan dalam proses kerja. Pada organisasi berbasis sektor jasa, *lean service* biasanya diadopsi dalam hal pelatihan karyawan yang mengembangkan perilaku dan keterampilan yang berpusat pada layanan. Selain itu, *lean service* juga menciptakan sebuah kolaborasi dan partisipasi dalam penciptaan nilai bersama untuk jaminan kualitas pelayanan. Konsep kolaborasi yakni sebuah mekanisme organisasi keterlibatan dan partisipasi karyawan dalam tim maupun individu. Tujuan dari hal tersebut adalah untuk menciptakan jaminan kualitas pelayanan secara internal maupun eksternal (Suarez-Barraza et al., 2012). Beberapa penelitian terdahulu yang menerapkan konsep *lean service* seperti (Andres-Lopez et al., 2015) yang mempertimbangkan skenario ekonomi terhadap pemotongan anggaran dan pengurangan biaya. Penelitian tersebut mendefinisikan konsep *value and waste* yang berfokus pada karakteristik layanan yakni *intangibility*, *perishability*, *inseparability*, variabilitas, dan kurangnya kepemilikan. Akhirnya konsep *lean service* diterapkan untuk memperluas penilaian terhadap lingkungan pelayanan. Kemudian (Morales-Contreras et al., 2020) mengidentifikasi kegiatan yang menambah biaya tetapi tidak memiliki nilai dari perspektif pelanggan. Penelitiannya dilakukan di restoran cepat saji di Spanyol, lalu mengidentifikasi tujuh kategori yakni *defects*,

movements, process, inventory, over-production, transport, dan delay. Penelitian terdahulu berikutnya yakni (Gong & Janssen, 2015) yang bertujuan untuk menyelidiki manfaat dan risiko dari *lean* untuk inovasi pelayanan. Temuan yang didapatkan bahwa risiko dapat mengakibatkan ketidakmampuan untuk mengikuti prinsip *lean* dan dapat menghambat realisasi pemanfaatan *lean*. Berdasarkan beberapa referensi penelitian terdahulu, peneliti juga menerapkan *lean service* untuk mengidentifikasi *waste* serta evaluasi untuk perbaikan pelayanan per-mohonan hak atas tanah. Hal-hal yang dibutuhkan peneliti yakni jumlah berkas yang masuk di masa lalu dan jumlah pegawai yang bertugas. Peneliti menggunakan data di masa lalu untuk mengidentifikasi keterlambatan produk akhir yang diserahkan. Kemudian konsep untuk evaluasi perbaikan, peneliti dapat menggunakan tools seperti *Value Stream Mapping (VSM)*, *5S*, *root cause analysis*, *hoshin kanri*, *poka-yoke*, *quality function deployment*, *takt time*, dan *A3 report*.

Pembahasan

Lean service menekankan terhadap peran aktif pelanggan serta mengintegrasikan pelanggan ke dalam penyedia layanan. Di dalam aktivitas pelayanan, *value* ditentukan langsung oleh pelanggan. Ekspektasi dan kepuasan pelanggan sifatnya sangat subjektif, sehingga tidak dapat diukur melalui indikator, hal ini berbeda dengan lingkungan manufaktur. Oleh karena itu, *lean service* memiliki lima prinsip fundamental terhadap kegiatan pelayanan, yakni diantaranya (Andres-Lopez et al., 2015): (1) *Specify what creates value* yakni tentang *value* dapat dipertimbangkan dalam lingkungan layanan sebagai kebutuhan yang dapat dicakup oleh layanan kepada *the end-customer*. Hal ini diartikan bahwa *service value* ditentukan oleh pelanggan; (2) *Identify the value stream* membahas tentang urutan aktivitas

yang memungkinkan memberi kepuasan pelanggan; (3) *Flow*, berfokus pada optimalisasi kegiatan berkelanjutan melalui urutan aktivitas layanan yang dapat menghasilkan *value*; (4) *Pull* diartikan sebagai kegiatan pendistribusian permintaan pelanggan di sepanjang *value stream*. Harapannya dapat memberikan sesuatu yang sesungguhnya diminta oleh pelanggan; dan (5) *Strain for perfection*, berfokus terhadap perspektif pelanggan yang mampu memberikan sesuatu yang diinginkan pelanggan. Setelah memahami prinsip dari *lean service*, selanjutnya adalah mengetahui *waste* yang terdapat pada *service* sehingga muncul tindakan penerapan *lean service*. Ada tujuh *waste* yakni (Asnan, Nordin, & Othman, 2015): (1) *Overproduction* yang berupa *output* layanan yang dihasilkan melebihi dari kebutuhan saat ini; (2) *Waiting* yang berkaitan dengan keterlambatan dalam menyelesaikan *output* layanan; (3) *Over Processing* merupakan suatu bentuk penambahan prosedur yang tidak dibutuhkan pada proses layanan; (4) *Motion* berkaitan dengan kegiatan yang tidak perlu dilakukan saat proses layanan; (5) *Inventories* tentang kelebihan pekerjaan dalam proses yang dicontohkan seperti antrian dan permintaan yang tertunda; (6) *Transport* berupa kegiatan transfer material dan informasi yang tidak perlu; dan (7) *Defect or Error* dapat dicontohkan sebagai kesalahan dalam entri data.

Pada dasarnya, *lean service* dirancang untuk meningkatkan proses dengan berfokus pada eliminasi *non-added-value activities*. Organisasi yang bergerak di bidang jasa, sangat didorong untuk menerapkan *lean service* agar dapat meningkatkan kinerjanya serta mengurangi pemborosan, melakukan perubahan budaya untuk fokus pada kebutuhan pelanggan, perbaikan secara terus-menerus, dan mencari kualitas layanan yang lebih baik. Ada beberapa faktor pendorong untuk menerapkan *lean service*, diantaranya adalah (1) Eliminasi

limbah; (2) Eliminasi kegiatan *non-added-value*; (3) Mengurangi biaya; (4) Meningkatkan efisiensi operasional; (5) Mengurangi terjadinya error; (6) Meningkatkan proses pelayanan; (7) Meningkatkan kualitas layanan; (8) Meningkatkan kepuasan pelanggan; (9) Memperkenalkan jenis layanan baru; (10) Membuat proses inovatif baru; (11) Meningkatkan penyampaian layanan dengan mengurangi penundaan, waktu tunggu, dan waktu operasional; dan (12) Transformasi budaya organisasi. Berdasarkan faktor-faktor pendorong untuk penerapan *lean service*, ada beberapa *tools* yang digunakan untuk menganalisis penerapan *lean service*. Berikut Tabel 1 menjelaskan tentang *tools* yang digunakan pada *lean service* (Lizarelli et al. 2022).

Berdasarkan faktor-faktor pendorong penerapan *lean service* pada organisasi dan jenis-jenis *tools* yang digunakan pada penerapan *lean service*, maka menurut penelitian yang telah dilakukan oleh (Lizarelli et al., 2022) mensurvey tentang hal-hal apa saja yang menjadi dominan terhadap faktor-faktor pendorong penerapan *lean service*. Menurut *survey* yang telah dilakukan, tiga teratas faktor pendorong pendorong penerapan *lean service* adalah kegiatan pengurangan biaya (*reduce costs*), meningkatkan kepuasan pelang-

Tabel 1. *Tools* pada *Lean Service*

<i>Tools</i>	Definisi
5S	<i>Tools</i> tersebut digunakan untuk menyortir, menyederhanakan, menstandarisasi, dan mempertahankan keadaan
<i>Mistake proofing/ Poka-Yoke</i>	<i>Tools</i> atau prosedur untuk mencegah terjadinya error

<i>Policy deployment/ Hoshin Kanri</i>	<i>Tools</i> untuk penyebaran strategi perusahaan ke tujuan utama dengan menentukan sumber daya, aktivitas harian, dan tenggat waktu
<i>Quality function deployment</i>	Proses yang digunakan untuk menggabungkan keinginan pelanggan dengan perantara dan pengguna akhir dalam hal desain barang atau jasa
<i>Value stream mapping</i>	Representasi visual dari urutan operasi rinci dan aliran proses. Mudah digunakan untuk mencari peluang dalam minimasi <i>waste</i>
<i>Takt time</i>	<i>Tools</i> yang menggunakan tingkatan permintaan pelanggan dan aktivitas di tempat kerja
<i>Root cause analysis</i>	Metode yang digunakan untuk menentukan akar penyebab masalah serta mengidentifikasi tindakan pencegahan. Alat utamanya adalah 5 <i>whys</i> , dan diagram sebab akibat (<i>fishbone diagram</i>)
<i>A3 report</i>	Sebuah formulir terstruktur untuk melakukan perbaikan

gan, dan meningkatkan kualitas layanan. Kemudian faktor pendorong tiga terendah yakni pengenalan layanan baru (*introduce new services*), transformasi budaya organisasi serta eliminasi limbah/*waste*, dan menciptakan proses inovasi baru serta eliminasi kegiatan *non-value-added*. Kemudian *tools* yang digunakan pada penerapan *lean service* pada tingkatan pertama adalah *root cause analysis*, sedangkan *Spaghetti Diagram* menjadi *tools* pada tingkatan terendah. Oleh karena itu, kebutuhan penggunaan *tools* tersebut dapat berubah-ubah, sesuai dengan keadaan organisasi yang dihadapinya.

Kesimpulan

Berdasarkan dari literatur penelitian ini, terdapat beberapa faktor pendorong untuk mengimplementasikan *lean service*.

Faktor-faktor utama yang menjadi pendorong implementasi *lean service* adalah kegiatan pengurangan biaya (*reduce costs*), meningkatkan kepuasan pelanggan, dan meningkatkan kualitas layanan. Secara umum, *lean service* merupakan konsep pembaruan dari *lean manufacturing* yang ditujukan untuk dapat diimplementasikan di sebuah organisasi yang bergerak di bidang jasa pelayanan. *Lean service* sama seperti dengan konsep *lean* lainnya yang bertujuan untuk mengurangi kegiatan *non-added-value*. Sesuai dengan konsepnya, *lean* memiliki konsep untuk mengidentifikasi dan menghilangkan tujuh bentuk pemborosan termasuk produksi berlebih, menunggu, transportasi, pemrosesan, serta menekankan persediaan yang berlebih. Pada penerapannya, *lean service* memiliki macam-macam *tools*, biasanya *root cause analysis* diminati di berbagai organisasi untuk menyelesaikan permasalahan. Namun, penggunaan *tools* yang berkaitan dengan implementasi *lean service* dapat berbeda, karena disesuaikan dengan bentuk organisasi pelayanan. Harapan dari penerapan *lean service* adalah mampu meningkatkan kualitas pelayanan, sehingga pelayanan dapat berjalan sesuai dengan peraturan yang ada. Selain itu, kegiatan pelayanan jasa akan lebih teratur ketika sudah dievaluasi menggunakan *tools* dari *lean service*.

Kesan Pesan

Terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Bambang Purwanggono Sukarsono, M.Eng., yang telah membimbing kami. Ada banyak hal yang berkenang saat pembelajaran di kelas bersama bapak. Hal yang paling menarik ketika dulu yakni Bapak selalu memberikan gambaran kehidupan nyata, sehingga kami belajar tidak secara teori saja, tetapi kami juga diajak untuk membayangkan bagaimana materi tersebut diimplementasikan di kehidupan. Ilmu yang telah diberikan oleh Bapak Bambang

sangat bermanfaat, karena mencontohkan kegiatan di dunia nyata juga khususnya pada lingkup manufaktur serta proses bisnis suatu perusahaan.

Semoga Bapak selalu memberikan inspirasi kepada orang-orang di sekitar dengan ilmu-ilmu yang bermanfaat, serta senantiasa diberikan keberkahan dalam kehidupan Bapak. Terima kasih Bapak, atas segala ilmu yang pernah diberikan kepada kami semua.

Daftar Pustaka

- Andres-Lopez, E., Gonzalez-Requena, I., & Sanz-Lobera, A. (2015). Lean Service: Reassessment of Lean Manufacturing for Service Activities. *Procedia Engineering*, 132, 23-30.
- Asnan, R., Nordin, N., & Othman, S. N. (2015). Managing change on lean implementation in service sector. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 211, 313-319.
- Azadeh, A., Zarrin, M., Abdollahi, M., Noury, S., & Farahmand, S. (2015). Leanness assessment and optimization by fuzzy cognitive map and multivariate analysis. *Expert Systems with Applications*, 42, 6050-6064.
- Bradley, G. T., & Wang, W. (2021). Development and validation of a casino service quality scale: A holistic approach. *Tourism Management*, 88.
- Cudney, E. A., Venuthurumili, S. S., Materla, T., & Antony, J. (2018). Systematic review of Lean and Six Sigma approaches in higher education. *Total Quality Management & Business Excellence*.
- Gong, Y., & Janssen, M. (2015). Demystifying the benefits and risks of Lean service innovation: a banking case study. *Journal of Systems and Information Technology*, 17(4), 364-380.

- Klein, L. L., Tonetto, M. S., Avila, L. V., & Moreira, R. (2021). Management of lean waste in public higher education institution. *Journal of Cleaner Production*, 125386(286).
- Lizarelli, F. L., Chakraborty, A., Antony, J., Jayaraman, R., Carneiro, M. B., & Furterer, S. (2022). Lean and its impact on sustainability performance in service companies: result from a pilot study. *The TQM Journal*, 1754-2731.
- Malik, M. H. (2016). Prioritizing lean management practice in public and private hospitals. *Journal of Health Organization and Management*, 30(3).
- Morales-Contreras, M. F., Suarez-Barraza, M., & Leporati, M. (2020). Identifying Muda in a fast food service process in Spain. *Int. Journal of Quality and Service Sciences*, 12(2), 201-226.
- Nallusamy, S., Umarmukdhar, A. M., & Rekha, R. S. (2016). A proposed supply chain model for productivity ehancement in medium scale foundry industries. *Int. Journal of Engineering Research in Africa*, 20, 248-258.
- Suarez-Barraza, M. F., Smith, T., & Dahlgaard-Park, S. M. (2012). Lean Service: A literature analysis and classification. *Total Quality Management*, 23(4), 358-380.

Efisiensi vs. Efektivitas¹⁸

M. Mujiya Ulkhaq

Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro, Semarang,
Indonesia

E-mail: ulkhaq@live.undip.ac.id

Pendahuluan

Saya diminta dan saya bersedia untuk ikut berpartisipasi pada bunga rampai yang bertajuk “*Several perspectives in Industrial Engineering*” dalam rangka persembahan kepada Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono yang telah mengabdikan sebagai dosen di Universitas Diponegoro selama tiga puluh enam tahun. Sebagai bentuk partisipasi, izinkan saya membahas mengenai konsep *efisiensi* dan *efektivitas*, yang merupakan dua kata kunci yang sering diulang-ulang pada pengajaran di teknik industri. Saya yakin para pembelajar di bidang teknik industri, baik yang masih duduk di bangku perkuliahan, bapak dan ibu dosen, maupun praktisi lulusan teknik industri, sudah sangat familiar dengan konsep efisiensi dan efektivitas, yang merupakan dua kata kunci dan sering diulang-ulang baik pada tataran praktis maupun teoretis. Kalau kita melihat definisi klasik yang menghubungkan antara efisiensi dengan efektivitas, kita akan menemukan definisi dari Peter Drucker dalam bukunya “*The Effective Executive*”; yakni bahwa efisiensi adalah *doing things right* (melakukan hal dengan benar) dan efektivitas adalah *doing*

¹⁸ Cite this chapter (APA):

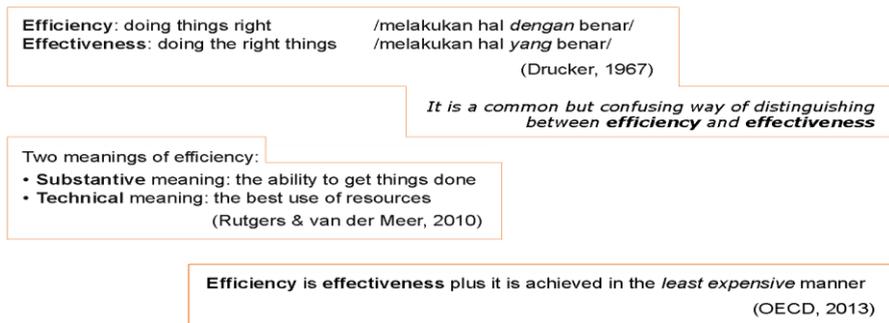
Ulkhaq, M.M. (2022). Efisiensi vs. Efektivitas. In M. M. Ulkhaq (Ed.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 215-224). Undip Press.

the right things (melakukan hal yang benar) (Drucker, 1967). Dahulu ketika saya duduk di bangku kuliah, saya hanya mengamini saja—*I took it for granted*; namun kondisi sudah berbeda sekarang.

Menurut saya definisi tersebut membingungkan: siapa yang bisa membedakan melakukan hal *dengan* benar dan melakukan hal *yang* benar? Dahulu ketika saya kuliah, dosen memberi contoh “membasmi nyamuk dengan bom”. Contoh tersebut dianggap tindakan yang efektif karena tujuannya tercapai, yaitu nyamuknya mati; tetapi dianggap tidak efisien karena boros sumber daya. Dalam contoh singkat tersebut, perbedaan efektivitas dan efisiensi terletak pada penggunaan sumber daya, yaitu bahwa efisiensi memperhitungkan penggunaan sumber daya, sedangkan efektivitas tidak seperti itu, yang penting tujuannya tercapai. Seseorang mungkin akan berkesimpulan bahwa “melakukan hal dengan benar” adalah dengan minimasi sumber daya, sedangkan “melakukan hal yang benar” adalah agar tujuannya tercapai. Seseorang juga mungkin akan bertanya, “Apa hubungan antara ‘melakukan hal dengan benar’ *dengan* penggunaan sumber daya yang seminimal mungkin?” Apakah secara tiba-tiba kita sudah tahu bahwa “*doing things right*” itu artinya adalah penggunaan sumber daya yang minimal? Saya akan menantang pembaca yang mempunyai teman seorang *English native speaker* untuk mengkonfirmasi hal ini.

Pertanyaan selanjutnya adalah, “Kalau efisiensi dianggap *hanya* memperhitungkan penggunaan sumber daya, maka apakah tidak menjadi soal kalau tujuannya tidak tercapai?” Atau, “*Is it OK*, tujuan tidak tercapai asalkan irit dalam penggunaan sumber daya?” Tentu saja tidak seperti seperti itu. Kita pasti berkeinginan kalau tujuannya tercapai dengan mempergunakan sumber daya seminimal mungkin. Nah, kalau seperti itu, maka efisiensi seharusnya mempunyai dua arti: (i) *substantive*

meaning, yaitu *the ability to get things done* (kemampuan untuk mencapai tujuan); dan (ii) *technical meaning*, yaitu *the best use of resources* (penggunaan sumber daya sebaik mungkin) (Rutgers & van der Meer, 2010). Dengan dua arti tersebut, seseorang bisa jadi akan berkesimpulan bahwa efektivitas adalah bagian dari efisiensi, mengingat efektivitas mempunyai pengertian yang sama dengan arti yang pertama dari efisiensi (*substantive meaning*). Seseorang tersebut tidak salah. Di dalam salah satu publikasi OECD yg berjudul “*OECD Review on Policies to Improve the Effectiveness of Resource Use in Schools*”, dituliskan bahwa “*efficiency is effectiveness plus it is achieved in the least expensive manner*” atau terjemahan bebasnya efisiensi adalah efektivitas ditambah dicapai dengan cara yang *paling murah* (OECD, 2013). Ringkasan dari berbagai pendapat mengenai perbedaan efisiensi dan efektivitas ini disarikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Beberapa Pendapat Mengenai Perbedaan Efisiensi dan Efektivitas

Efisiensi dan Efektivitas dalam Kerangka Proses Produksi

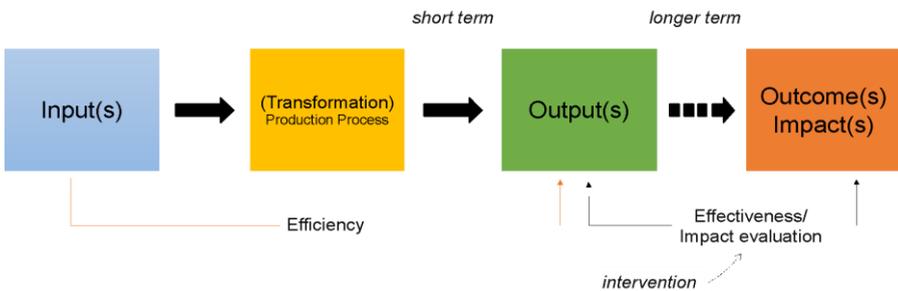
Secara singkat, proses produksi dapat diartikan sebagai rangkaian kegiatan atau aktivitas memproduksi barang

dan/atau jasa; atau dengan kata lain memanfaatkan faktor produksi menjadi output. Contoh proses produksi adalah aktivitas menghasilkan produk di perusahaan manufaktur, petani menanam padi yang nantinya akan memanennya, dokter yang membuka praktik kesehatan, jasa servis kendaraan bermotor, dan lain sebagainya. Faktor produksi sering disebut dengan input atau sumber daya yang dapat digunakan dalam proses produksi untuk menghasilkan output. Secara singkat, faktor produksi dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu faktor produksi tetap (*fixed input*) dan faktor produksi variabel (*variable input*). Sebuah faktor produksi dikatakan faktor produksi tetap apabila produsen tidak dapat mengontrol atau mengatur atau mengubah-ubah tingkat penggunaannya selama periode produksi. Atau dengan kata lain, faktor produksi tetap merupakan faktor produksi yang jumlahnya tidak dapat diubah secara cepat, misalnya mesin dan gedung. Sebuah faktor produksi dikatakan faktor produksi variabel jika produsen dapat mengontrol atau mengatur atau mengubah-ubah tingkat penggunaannya; atau faktor produksi yang jumlahnya dapat diubah dalam waktu relatif singkat sesuai dengan jumlah produk yang dihasilkan, misalnya tenaga kerja dan bahan mentah. Di sisi yang lain, output bisa merupakan barang jadi atau barang setengah jadi (untuk perusahaan manufaktur), dan jasa (untuk perusahaan jasa).

Secara umum, fungsi produksi adalah suatu fungsi yang menghubungkan faktor produksi (input) dengan hasil produksi (output). Secara matematis, fungsi produksi dituliskan sebagai $Y = f(X)$, di mana Y adalah vektor output dan X adalah vektor input, dan $f(\bullet)$ adalah fungsi produksi yang menghubungkan input dan output. Terdapat beberapa fungsi produksi di literatur, seperti fungsi linier, fungsi polinomial, fungsi Cobb-Douglas, transcendental (Halter et al., 1957), translog (Christensen et al.,

1971), dan lain sebagainya. Fungsi produksi diasumsikan memenuhi kriteria sebagai berikut (Chambers, 1988):

1. $f(\mathbf{X})$ adalah berhingga (*finite*), non-negatif, bernilai real, dan bernilai tunggal untuk semua nilai \mathbf{X} yang non-negatif dan berhingga;
2. $f(\mathbf{0}) = \mathbf{0}$, berarti bahwa tidak ada output tanpa input;
3. $f(\mathbf{X}) \geq f(\mathbf{X}')$ untuk $\mathbf{X} \geq \mathbf{X}'$ (kriteria *monotonicity*);
4. $f(\mathbf{X})$ adalah kontinu dan dapat diturunkan dua kali (*twice-differentiable*) di mana pun;
5. Himpunan input $V(\mathbf{Y}) = \{\mathbf{X} | f(\mathbf{X}) \geq \mathbf{Y}\}$ adalah himpunan konveks, yang berimplikasi *quasi-concavity* untuk $f(\mathbf{X})$; dan
6. Himpunan $V(\mathbf{Y})$ adalah tertutup dan tak-kosong untuk setiap $y > 0$.



Gambar 2. Efisiensi dan Efektivitas dalam Ruang Lingkup Proses Produksi

Ketika mengacu pada pengertian efisiensi yang mempunyai dua macam arti (*substantive* dan *technical meaning*), maka efisiensi secara simultan berhubungan (atau menghubungkan) dengan output dan input; output di sini diartikan sebagai pencapaian suatu tujuan, sedangkan input diartikan sebagai sumber daya yang digunakan.

Efektivitas, di sisi yang lain, karena tidak berhubungan dengan sumber daya, maka hanya terkait dengan output atau *outcome* atau *impact* (lihat Gambar 2). Dalam literatur, output

didefinisikan pada hasil yang dicapai segera setelah mengimplementasikan suatu kegiatan. Output bisa berarti jasa yang diberikan atau produk yang dihasilkan. Output sangat mudah untuk diukur dan dikuantifikasikan, misalnya jumlah tempat sampah yang dihasilkan oleh perusahaan pembuat tempat sampah. *Outcome* adalah hasil yang diharapkan bisa dicapai pada jangka waktu menengah (lebih panjang dari output) dari suatu kegiatan yang dilakukan. *Outcome* lebih sukar diukur daripada output, misalnya jumlah lapangan pekerjaan yang dihasilkan, jumlah produk yang didaur ulang, dan lain sebagainya. Selanjutnya, jangka waktu *impact* adalah yang paling lama dibandingkan lainnya. Contohnya adalah kualitas air yang membaik, perbaikan kualitas hidup untuk orang berkebutuhan khusus, dan lain sebagainya. Para ahli masih berdebat mengenai berapa batasan jangka waktu untuk output, *outcome*, dan *impact*: apakah satu tahun sudah merupakan jangka panjang, atau disebut jangka panjang kalau sudah mencapai sepuluh tahun? Konsekuensinya—dan yang membuat hal ini menjadi lebih problematis—adalah tidak ada cara formal untuk menyebut apakah suatu hasil adalah output, *outcome*, atau *impact*; ini semua bergantung pada bagaimana perspektif atau cara pandang kita (OECD, 2020; Roche, 1999). Saya tidak akan berpayah-payah membahas hal tersebut di sini. *There is no objective way of saying whether something is an output, an outcome, or an impact; It depends partly on which angle you look at it from.*

Cara Mengukur Efisiensi

Dahulu para ahli kesulitan mengenai bagaimana cara (formal) mengukur efisiensi, sampai ketika Farrell mempublikasikan artikelnya yang berjudul “*The Measurement of Productive Efficiency*” pada tahun 1957. Pada artikel tersebut,

efisiensi dinyatakan sebagai rasio antara output dengan input (Farrell, 1957)

$$\text{Efisiensi} = \text{Output/Input.} \quad (1)$$

Efisiensi adalah ukuran relatif, yang artinya untuk mengukur efisiensi kita harus membandingkannya dengan yang lain. Misalkan mengukur efisiensi bank dengan membandingkan dengan bank yang lain dalam satu provinsi. Kita tidak bisa mengukur efisiensi “sendirian” alias tanpa komparasi; sehingga, *the most efficient one* mengandung arti yang paling efisien di antara yang dibandingkan, bukan yang paling efisien di antara semuanya (secara mutlak atau absolut).

Mengapa harus relatif? Apakah tidak ada ukuran efisiensi yang absolut? Jawabannya adalah bahwa para ahli tidak tertarik untuk membahas pengukuran efisiensi secara absolut. Pertama, mari kita bahas dari sisi teoretis. Formula untuk mengukur efisiensi adalah output/input; artinya, untuk mendapatkan angka paling besar (atau *the most efficient one*), maka pembilang harus besar atau penyebut harus kecil. Dengan kata lain, output yang dihasilkan harus besar atau menggunakan input yang kecil. Mari kita bahas yang kedua terlebih dahulu (menggunakan input yang paling kecil). Pertanyaannya adalah: yang paling kecil itu berapa? Jawaban paling gampang adalah 0 (nol)—kalau diasumsikan input tidak boleh negatif. Kalau input sama dengan 0, maka nilai efisiensi akan menjadi tidak terdefinisi berapa pun pembilangnya (outputnya). Selain itu, ini akan menyalahi kodrat manusia karena kita dianggap memproduksi sesuatu dari tanpa sesuatu (*producing something out of nothing*)—hanya Tuhan yang bisa melakukan itu. Hukum kekekalan energi pun menyatakan kalau energi tidak bisa diciptakan, hanya dapat diubah dari bentuk satu ke bentuk yang lain; artinya, apa pun itu,

input tetap harus ada (tidak bisa nol). Kemudian mari kita bahas yang pertama (menghasilkan output yang paling besar). Untuk mendapatkan nilai efisiensi yang paling besar, maka pembilang harus besar. Pertanyaan yang sama dengan sebelumnya: yang paling besar itu berapa? Apakah satu juta, satu milyar, satu triliun? Silakan jawab sendiri.

Selanjutnya, mari kita bahas dari sisi praktis. Misalkan suatu perusahaan roti M mampu membuat 10 donat dengan input 1 kg gula dan 1 kg tepung (ini saya ngasal saja, supaya mudah; jadi tidak perlu diperdebatkan contoh ini). Pimpinan Perusahaan M ingin meningkatkan efisiensi dengan cara menurunkan input menjadi setengahnya (menggunakan 5 ons gula dan 5 ons tepung) dengan output tetap 10 donat. Mungkin manajer produksi akan komplain keras dan mengatakan kalau hal tersebut tidak dapat dilakukan; atau kalau pun bisa, kualitasnya tidak akan sama dengan yang biasanya. Namun, yang tidak mungkin itu akan berubah menjadi “mungkin” tatkala pimpinan tersebut berseloroh bahwa Perusahaan U, yang besarnya sama dengan Perusahaan M, dengan alat yang sama dengan Perusahaan M, mampu membuat 10 donat dengan input setengah dari input yang dipakai di Perusahaan M. Dari situ manajer produksi sudah tidak berpikir mengenai ketidakmampuan produksi, namun dari mana letak ketidakefisiensian-nya? *In sum, secara filosofis, we will never know how fast a human can run 100 meters, we just observe and compare to previous results or other runners' results.*

Metode yang paling populer untuk mengukur efisiensi adalah metode *frontier*. Pada literatur *benchmarking*, sebagai mana pada literatur statistika, metode *frontier* dibedakan menjadi dua pendekatan, yaitu parametrik dan non-parametrik. Pada pendekatan parametrik, karakteristik fungsi produksinya harus didefinisikan terlebih dahulu, sedangkan pada model non-

parametrik, kita bahkan tidak perlu mendefinisikan fungsi produksinya. Selanjutnya, metode *frontier* juga dapat dibedakan menjadi dua model, yaitu: model deterministik dan model stokastik. Pada model stokastik, kita mengasumsikan bahwa observasi dapat dipengaruhi oleh *random noise* sehingga deviasi yang timbul bukan hanya karena ada ke-tidakefisiensi-an pada proses, namun juga karena ada *random noise*. Sedangkan pada model deterministik, deviasi yang timbul murni karena inefisiensi pada proses. Untuk lebih jelasnya, pembagian metode *frontier* dapat dilihat pada Tabel 1. Di sini saya tidak akan membahas mengenai metode-metode tersebut. Pembaca yang tertarik bisa mengacu pada referensi yang sudah disertakan pada Tabel 1. Pertanyaan paling menggelitik untuk ditanyakan adalah dari berbagai metode tersebut, metode mana yang paling mudah?

Tabel 1. Taksonomi Metode *Frontier*

	Deterministik	Stokastik
Parametrik	<i>Corrected ordinary least squares</i> (COLS) Aigner & Chu (1968); Greene (2008); Deutsch et al. (2013)	<i>Stochastic frontier analysis</i> (SFA) Aigner et al., (1977); Meeusen & van den Broeck (1977); Ulkhaq (2021a, b)
Non-parametrik	<i>Data envelopment analysis</i> (DEA) Charnes et al. (1978); Cooper et al. (2006)	<i>Stochastic data envelopment analysis</i> (SDEA) Fethi et al. (2001); Olesen & Petersen (1995)

Cara Mengevaluasi Dampak

Ketika efisiensi *diukur*, maka efektivitas *dievaluasi*. Pada literatur, istilah yang digunakan adalah *impact evaluation* (evaluasi dampak), bukan evaluasi efektivitas—jangan tanya saya, saya tidak tahu mengapa. Evaluasi dampak merupakan jenis evaluasi yang dapat menjawab pertanyaan sebab-akibat (*cause-and-effect*), yakni apakah terdapat dampak dari program atau intervensi yang dilakukan terhadap hasil (bisa output, *outcome*, atau *impact*) (Imbens & Rubin, 2008; Rubin, 1974). Secara matematis, jawaban atas pertanyaan apakah ada dampak Δ dari suatu program P terhadap hasil Y adalah adalah (Gertler et al., 2016):

$$\Delta = (Y|P=1) - (Y|P=0). \quad (2)$$

Persamaan (2) menyatakan bahwa dampak yang diestimasi dari suatu program adalah selisih antara hasil ketika program dilaksanakan ($Y|P=1$) dengan hasil ketika program tidak berjalan ($Y|P=0$).

Kelihatannya sederhana tetapi praktiknya tidak semudah yang dibayangkan. Misalkan diberikan contoh seorang peneliti ingin meneliti dampak dari pemberian program pelatihan terhadap pendapatan yang didapatkan oleh seorang pekerja. Dalam contoh ini, peneliti harus mengukur pendapatan pekerja yang mendapatkan pelatihan dan pendapatan pekerja—yang sama dalam waktu yang sama pula—namun tidak mendapatkan pelatihan. Hal ini tidaklah mungkin dapat dilakukan karena bagaimana mungkin seseorang dalam waktu yang sama mendapatkan pelatihan sekaligus tidak mendapatkannya. Hal ini disebut sebagai permasalahan *counterfactual*, yakni apa yang akan terjadi pada suatu hasil apabila suatu unit analisis tidak berpartisipasi dalam suatu program. Secara matematis,

counterfactual adalah ($Y|P=0$). Dalam evaluasi dampak, seorang peneliti dapat dengan mudah mengukur hasil dari unit analisis yang mendapatkan program atau ($Y|P=1$) namun tidak dapat secara langsung mengukur ($Y|P=0$) (Khandker et al., 2010); sehingga perlu untuk mengestimasi *counterfactual*.

Untuk mengestimasi *counterfactual*, kita dapat mengukur dampak dari suatu kelompok, bukan individu. Apabila dalam satu kelompok jumlah individunya besar, maka secara rata-rata statistik, karakteristik dari tiap individu dapat dianggap mewakili karakteristik kelompoknya—*the law of large number*. Kelompok akan dibagi menjadi dua, yaitu kelompok perlakuan dan kelompok kontrol atau pembanding. Kelompok yang berpartisipasi dalam program disebut kelompok perlakuan, dengan *outcome* ($Y|P=1$); sedangkan kelompok yang tidak ikut serta dalam program disebut kelompok kontrol, dengan *outcome* ($Y|P=0$).

Salah satu tantangan dalam evaluasi dampak adalah menemukan kelompok kontrol dengan karakteristik yang sama—secara statistik—dengan kelompok perlakuan. Lebih lanjut, kelompok perlakuan dan kontrol sebaiknya memiliki tiga kondisi sebagai berikut. Yang pertama adalah karakteristik kelompok perlakuan dan kelompok kontrol secara rata-rata adalah sama ketika program belum berjalan. Yang kedua adalah intervensi (atau program) tidak mempengaruhi kelompok kontrol, baik secara langsung maupun tidak langsung. Yang ketiga adalah hasil dari kedua kelompok seharusnya berubah dalam arah yang sama apabila diberikan program (atau pun tidak). Apabila ketiga kondisi tersebut dapat dijalankan, maka perbedaan dari keduanya hanyalah apakah suatu kelompok mendapatkan intervensi atau tidak, sehingga peneliti dapat berkeyakinan bahwa perbedaan pada hasil yang terjadi berasal dari intervensi yang diberikan. Sebaliknya, apabila kondisi

tersebut tidak ditemukan, maka dampak yang diestimasi akan tidak valid atau bias.

Terdapat beberapa metode dalam evaluasi dampak yang ada di literatur, seperti *randomized control trial* (RCT), *instrumental variables* (IV), *regression discontinuity design* (RDD), *difference-in-differences* (DiD), dan *matching*. Tentu saja, saya tidak akan membahas metode-metode tersebut di sini. Pembaca bisa mengacu pada referensi seperti Gertler et al. (2016) dan Khandker et al. (2010). Penelitian mengenai evaluasi dampak (yang bersifat kuantitatif) terbilang minim karena penelitian biasanya berskala besar dan membutuhkan dana yang tidak sedikit. Publikasi mengenai evaluasi dampak di Indonesia juga tidak banyak dan seringkali bersifat kualitatif. Saya pernah menjadi seorang konsultan pada salah satu kementerian yang diberi tugas untuk mengevaluasi dampak dari penggunaan alat *internet of things* (IoT) di sektor pertanian dan perikanan budidaya. Jadi, pemerintah memberi bantuan alat IoT ke petani dan petambak sekaligus ingin menilai apakah bantuan yang diberikan memberikan dampak buat petani atau petambak. Proyek dilaksanakan di beberapa kabupaten dengan melibatkan ratusan responden (petani dan petambak) yang dilaksanakan selama kurang lebih delapan bulan. Ya, seperti sudah saya tuliskan sebelumnya, penelitian evaluasi dampak sangat menguras tenaga, waktu, dan tentu saja materi (sebut saja uang); dan belum tentu juga program yang dilakukan akan memberikan dampak.

Penutup

Secara singkat, suatu program dikatakan efektif apabila tujuan dari program tersebut tercapai. Selanjutnya, suatu program dinyatakan efisien apabila tujuan dari program tersebut tercapai dengan menggunakan sumber daya seminimal

... mungkin. Dalam kerangka proses produksi, efisiensi berkaitan dengan hubungan antara output dan input, sehingga efisiensi diukur sebagai rasio antara output dan input. Efektivitas, pada sisi yang lain, hanya berkaitan dengan output atau *outcome* atau *impact*, sehingga sering kali, input atau sumber daya tidak dimasukkan ke dalam model. *Finally*, konsep efisiensi dan efektivitas serta bagaimana cara mengukur dan mengevaluasinya sudah dibahas secara ringkas namun padat sehingga diharapkan pembaca dapat lebih memahami dua konsep yang berbeda namun berkaitan tersebut. Mengenai metode untuk mengukur efisiensi atau pun mengevaluasi dampak, pembaca dapat mengacu pada referensi yang sudah tertera. Saya sangat terbuka apabila ada pembaca yang tertarik untuk berdiskusi mengenai salah satu atau pun kedua konsep tersebut, misalkan ingin melakukan kolaborasi penelitian atau hanya berbincang singkat saja sebagai teman minum kopi. *You can always reach me by e-mail.*

Daftar Pustaka

- Aigner, D., Lovell, C.A.K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21–37.
- Aigner, D.J., & Chu, S.F. (1968). On estimating the industry production function. *The American Economic Review*, 58(4), 826-839.
- Chambers, R.G. (1988). *Applied Production Analysis: A Dual Approach*. Cambridge University Press.
- Charnes, A., Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.

- Christensen, L.R., Jorgenson, D.W., & Lau, L.J. (1971). Conjugate duality and transcendental logarithmic function. *Econometrica*, 39, 255–256.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2006). *Introduction to data envelopment analysis and its uses: with DEA-solver software and references*. Springer Science & Business Media.
- Deutsch, J., Dumas, A., & Silber, J. (2013). Estimating an educational production function for five countries of Latin America on the basis of the PISA data. *Economics of Education Review*, 36, 245-262.
- Drucker, P.F. (1967). *The Effective Executive*.
- Farrell, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253-281.
- Fethi, M.D., Jackson, P.M., & Weyman-Jones, T.G. (2001). European airlines: A stochastic dea study of efficiency with market liberalisation. Technical report, University of Leicester Efficiency and Productivity Research Unit.
- Gertler, P.J., Martinez, S., Premand, P., Rawlings, L.B., & Vermeersch, C.M.J. (2016). *Impact Evaluation in Practice* (2nd ed.). Washington, D.C.: Inter-American Development Bank and World Bank.
- Greene, W.H. (2008) *Econometric Analysis* (6th ed.). Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
- Halter, A.N., Carter, H.O., & Hocking, J.G. (1957). A note on the transcendental production function $y = c x_1^{a_1} e^{b_1 x_1} x_2^{a_2} e^{b_2 x_2}$. *Journal of Farm Economics*, 39, 966-974.

- Imbens, G.W. & Rubin, D.B. (2008). Rubin causal model. In S.N., Durlauf & L.E., Blume (Eds.). *The New Palgrave Dictionary of Economics* (2nd ed.).
- Khandker, S.R., Koolwal, G.B., & Samad, H.A. (2010). *Handbook on Impact Evaluation: Quantitative Methods and Practices*. Washington, D.C.: World Bank.
- Meeusen, W., & van den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, 18(2), 435–444.
- OECD (2010). *Glossary of Key Terms in Evaluations and Results Based Management*. OECD, 2002, re-printed in 2010.
- OECD (2013). *OECD Review on Policies to Improve the Effectiveness of Resource Use in Schools*.
- Olesen, O.B., & Petersen, N.C. (1995). Chance constrained efficiency evaluation. *Management science*, 41(3), 442-457.
- Roche, C. (1999). *Impact Assessment for Development Agencies*. Oxford: Oxfam/NOVIB.
- Rubin, D.B. (1974). Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies. *Journal of Educational Psychology*, 66(5), 688–701.
- Rutgers, M.R., & Van Der Meer, H. (2010). The origins and restriction of efficiency in public administration: Regaining efficiency as the core value of public administration. *Administration & Society*, 42(7), 755-779.
- Ulkhag, M. M. (2021a). Metode stochastic frontier analysis untuk mengukur efisiensi di sektor pendidikan. *Sainteknologi: Jurnal Sains dan Teknologi*, 19(2), 65-73.

Ulkhaq, M. M. (2021b). Efficiency analysis of Indonesian schools: A stochastic frontier analysis using OECD PISA 2018 data. In *2nd International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Asia Pacific Conference, Surakarta, Indonesia*.

CURRICULUM VITAE

1. Full Name : Bambang Purwanggono
2. Place & Date of Birth : Semarang, 22 April 1957
3. Religion : Islam
4. Permanent Job : Industrial Engineering Dept.
Diponegoro University
5. Residence : Jl. Singosari VI/ 9 Semarang
INDONESIA 50242
Telp. (+6224) 8313251;
Mobile: +62811289839
e-mail: b.purwanggono@gmail.com
b.purwanggono@lecturer.undip.ac.id

II. EDUCATION

2.1 Program:	Undergrad	Master	Doctorate
2.2 University	Institut Teknologi Bandung	University of Toronto, Canada	Universitas Diponegoro
2.3 Major	Industrial Engineering	Production System	Management Science
2.4 Year of Start	1976	1989	2009
2.5. Year of Completion	1981	1991	2014

III. TRAININGS

No.	Training	Year	Place
1	Pre-departure Training Canadian International Development Agency (CIDA)	1989	Yogyakarta
2	Training on CNC and Flexible Manufacturing System	1992	Austria
3	Training of Fasilitator ISO 9000, Departemen Perindustrian	1996	Jakarta
4	Consultancy Skills Training, Proyek DAPATI -Depperindag	1997	Jakarta
5	Training on Business Network Program, Depperindag dan AusIndustry (Australia),	1998	Jakarta
6	Training on Business Network Program (<i>advanced skills workshop</i>), Depperindag dan AusIndustry (Australia),	1999	Jakarta
7	Training on Management Consultation for Small - Medium Enterprises Depperindag Koperasi & PKM dan Japan International Cooperation Agency (JICA)	1999	Jakarta
8	Advanced Training for Small-Medium Enterprises Management Development Programme funded by SIDA (Swedish International Development Agency)	2002	Sri Lanka
9	Pelatihan Pengembangan System Penjaminan Mutu di	2004	Yogyakarta

	Perguruan Tinggi (Training on Academic Quality Assurance), Universitas Gadjah Mada		
10	Training on Engineering Procurement Constructrion and Comissioning (EPCC), PT Rekayasa Industri	2007	Semarang
11	Pelatihan dan Sertifikasi Keahlian Pengadaan Barang & Jasa (Training on Government Procurement), Angkatan I, Universitas Diponegoro,	2005	Semarang
12	Training on Feasibiliy Study, University Teknologi Eindhoven (TU/e), the Netherlands	2010	Eindhoven, the Netherlands
13	Training of Trainers Pendamping Sertifikasi SNI dan HACCP (Kementrian Koperasi dan UMKM)	2012	Jakarta
14	Training on Capacity Building Pembimbing Penerapan SNI ISO 9001:2008, SNI CAC/CRP1:2011 dan SNI Produk Bagi UKM	11-12 April 2013	Jakarta
15	Training on SNI Award Fasilitator	19-20 April 2013	Jakarta
16	Training on Risk Management Competency Assessor	March 2018	Jakarta

IV. POSITIONS HELD:

1. Secretary of Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Diponegoro University: 1987-1989 dan 1992-1993
2. Head of Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Diponegoro University: 1993-1997
3. Member of Local Project Implementation Unit (LPIU) CNC and FMS Austria, 1992-1995
4. Senate Member Faculty of Engineering, Diponegoro University: 1993-1996 and 1998-now
5. Project Leader LPIU (Local Project Implementation Unit) Gas Engine Diponegoro University: 1995-2000
6. Consultant for Production Technology Pada Klinik Konsultan Bisnis (KKB) Departemen Koperasi dan PKM Propinsi Jawa Tengah :1996-1999
7. Supervisory Consultant for Proyek Pembinaan Industri Kecil dan Menengah Yang Potensial, Kanwil Departemen Perindustrian dan Perdagangan Propinsi Jawa Tengah:1996-1999
8. Representative Officer for Indonesia, *Sayed Incorporated*, New Jersey, USA:1996-2008
9. Consultant Business Network Program (BNP) Departemen Perindustrian dan Perdagangan: 1998-2001
10. Caretaker Dean of Faculty of Engineering Universitas Muhammadiyah Magelang:1998-2001
11. Vice Chair Yayasan Lembaga Pengembangan Bisnis dan Teknologi "TAKARU": 1999-sekarang
12. Vice Rector for Academic, Universitas Muhammadiyah Magelang:2001-2005
13. Head of Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Diponegoro University: 2001-2005

14. Head of Quality Assurance Office Universitas Diponegoro, 2005-2007
15. Chair of Badan Kerjasama Pendidikan Tinggi Teknik Industri (BKSTI) Jawa Tengah & DIY Region, 2002-2006
16. Team Leader of Quality Assurance Universitas Muhammadiyah Magelang, 2004-2006
17. Member of Task Force Team Implementasi Penjaminan Mutu Universitas Diponegoro Semarang, 2004-2007
18. Team Member Reviewer Program Fasilitasi Perguruan Tinggi Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Propinsi Jawa Tengah, 2004 - 2010
19. Coordinator Program Kewirausahaan Mahasiswa Program Fasilitasi Perguruan Tinggi Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Propinsi Jawa Tengah, 2005
20. Member of Board of Editors Majalah Teknik, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
21. Chief of Board of Editors Majalah *Refleksi* Universitas Muhammadiyah Magelang
22. Reviewer on Bulletin Penelitian dan Pengembangan Industri Balai Riset dan Standardisasi Industri dan Perdagangan Semarang, 2005-2009
23. Vice Dean Faculty of Engineering, Diponegoro University for Cooperation and Development, 2007-2011
24. Chair of Pusat Layanan Riset dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Bidang Pengembangan dan Kerjasama, 2007-2011
25. Vice Chair Masyarakat Standardisasi (MASTAN) Koordinator Wilayah Jawa Tengah Tahun 2005-2010
26. Chair Dewan Pengurus Wilayah Masyarakat Standardisasi Indonesia (MASTAN) Wilayah Jawa

Tengah Tahun 2010-2015 (<i>Chairman of Central Java Standardization Society</i>)
27. Chair of Academic Senate Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang: 2011-2014
28. Chair of Badan Kerjasama Pendidikan Tinggi Teknik Industri (BKSTI) Wilayah Jawa Tengah: 2011-2014
29. Head of Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Diponegoro University: 2011-2014
30. Member of Forum Industri Kreatif Jawa Tengah, BPSDM Dinas Perindustrian dan Perdagangan Jawa Tengah, 2010-2013
30. Director of Industrial and Research Collaboration, Diponegoro University, 2016-2021
31. Member of Board of Trustee, Diponegoro University, 2016-2021
32. Penanggung Jawab Orange Knowledge Project IZCM Kerjasama Nuffic Belanda 2019-2022
33. Anggota Tim Percepatan ICM Propinsi Jawa Tengah 2020-2022

INTERNATIONAL DELEGATION:

1. Member Indonesia's Delegation for ICES Workshop and WSC Academic Day, Tokyo, Japan, 2009.
2. Member Indonesia's Delegation for ICES Workshop and WSC Academic Day, Geneve, Swiss, 2010.
3. Member Indonesia's Delegation for ICES Workshop and WSC Academic Day, Hangzou, China, 2011.
4. Member Indonesia's Delegation and Session Chair dalam ICES Workshop and WSC Academic Day, Bali, Indonesia, 2012
5. Member Indonesia's Delegation for ICES Workshop and WSC Academic Day, Seoul, Korea, 2013

Organisasi Profesi:

- Ketua Umum Forum Pendidikan Standardisasi Indonesia (FORSTAN) 2017-2021
- Wakil Ketua Umum Masyarakat Standardisasi Indonesia (MASTAN) 2015-2021
- Anggota Persatuan Insinyur Indonesia (PII) 2015-sekarang
- Anggota Indonesia Risk Management Professional Association (IRMAPA) 2028-sekarang

Pesan dan Kesan
dari
Sivitas Akademika Teknik Industri
Universitas Diponegoro
untuk
Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono

Selamat menjalani masa pensiun Bapak Bambang Purwanggono. Kami sangat menghormati bapak sebagai rekan kerja kami. Dan kami ucapkan terima kasih telah menjadi rekan kerja yang baik. Semoga masa pensiun ini bapak diberi kesehatan lebih dan kesuksesan. Amin

Teknik Industri UNDIP
Angkatan 1998

Di hari purna tugas ini, kami ucapkan selamat untuk Bapak Bambang Purwanggono. Semoga acara ini bisa menjadi berkah untuk Pak Bambang serta seluruh keluarga. Sehat terus ya pak. Amin

Teknik Industri UNDIP
Angkatan 2000

Tidak ada yang dapat kami berikan kecuali ucapan selamat atas purna tugas yang Bapak Bambang jalani. Teruslah menebar kebaikan dengan ilmu yang bermanfaat, dan menjadi sosok yang senantiasa dicontoh semua orang.

Teknik Industri UNDIP
Angkatan 2001

Assalamualaikum wr wbr



Pak Bambang yang saya hormati,
Salam hormat dan salam sejahtera,
ijinkan sy mewakili angkatan 99 untuk menyampaikan kesan dan pesan

kami kepada Bapak

Pertama, tentunya merupakan suatu kebanggaan dan kenangan yang sangat berkesan bagi kami karena Pak Bambang adalah salah satu dosen wali di angkatan 99. Kedua, kami juga merasakan proses pembentukan karakter di masa2 awal studi yang beraneka ragam dengan segala dinamika dan tingkah polah yang pada akhirnya berproses dengan baik dan mulai menemukan kunci kesuksesan dari masing2 individu yang tentunya tidak lepas dari didikan, arahan dan bimbingan dari para dosen wali di angkatan 99, termasuk pak Bambang yang turut terlibat disini. Hal ini merupakan suatu jasa Bapak yg besar bagi perjalanan studi kami di masa lalu dan semoga Allah SWT membalasnya dengan pahala berlipat...Aamiin YRA

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pak Bambang, semoga Bapak selalu sehat dan sukses serta tetap berbahagia dalam memasuki masa purnabakti serta mohon maaf atas segala salah dan kekurangan kami selama berinteraksi dengan bapak

Wassalamualaikum wr wbr

Vino H Saputra
Komting TI 99

Selamat menjalani masa pensiun Bapak Bambang Purwanggono. Hari ini bukan berarti karir anda sebagai guru telah berakhir, namun anda dapat menjadi guru dimanapun dan untuk siapapun. Sehat terus pak Bambang dan sukses. Amin

Teknik Industri UNDIP
Angkatan 2002

Selamat menjalani masa pensiun Bapak Bambang Purwanggono. Selamat atas semua pencapaian Bapak selama ini, dan terima kasih telah mengabdikan dalam waktu yang tidak sebentar ini. Semoga Allah membalas semua kebaikan Bapak menjadi keberkahan hidup serta pahala yang melimpah. Amin.

Teknik Industri UNDIP
Angkatan 2003

Terimakasih telah membimbing kami selama ini pak Bambang Purwanggono. Semoga bapak diberi kesehatan dan keselamatan selamanya. Terus berkarya pak Bambang.

Teknik Industri UNDIP
Angkatan 2004

Banyak hal yang kita terima dari Pak Bambang, insight dan knowledge. Sosok yang penuh wibawa. Being honoured bisa dapat Pak Bambang sebagai dosen penguji Tugas Akhir waktu itu. Awalnya deg deg an banget, hehe.. tapi semua lancar, beliau banyak memberi masukan dan dukungan s.d tugas terselesaikan. Sukses selalu untuk Pak Bambang, masa purna bakti pastinya tidak akan menghentikan pak Bambang dengan segala kontribusi di dunia akademis. Semoga sehat selalu Bapak..😊

Teknik Industri UNDIP
Angkatan 2005

Terimakasih telah membimbing kami sehingga menjadikan kami seperti ini. Semoga Pak Bambang Purwanggono selalu diberi kesehatan dan diberi kemudahan dalam hal apapun. Amin

Teknik Industri UNDIP
Angkatan 2006

Terimakasih pak Bambang atas bimbingannya selama ini. Kami sangat mengagumi bapak sebagai ayah kami sendiri. Semoga Pak Bambang selalu sehat dan Bahagia bersama keluarga. Amin

Teknik Industri UNDIP
Angkatan 2009

Pak Bambang bagi saya merupakan sosok yang dewasa kebabakan dan sebagai pendiri Teknik industri UNDIP tentulah mempunyai visi yang hebat dimana beliau selalu mengajarkan kebijaksanaan serta ilmu lmu enterpreuner ke kami yang masih awam. Motivasi untuk selalu maju selalu terngiang di angkatan kami. Semoga selalu diberikan kesehatan kesuksesan dan keberkahan dalam perjalanan nanti pak kami selalu mendoakan Bapak untuk tetap bijaksana sama seperti pak Bambang yang kami kenal Sehat Sukses selalu pak TI Jaya!!!

Teknik Industri UNDIP
Angkatan 2007



Semoga sukses dalam berkarir dimanapun dan kapanpun.. tetap sehat Pak Bambang dan keluarga.

Teknik Industri UNDIP
Angkatan 2008

Terimakasih pak Bambang untuk selama ini.
Semoga bapak dan keluarga diberikan kesehatan dan keberkahan. Amin

Teknik Industri UNDIP
Angkatan 2010



Terimakasih yang sebesar-besarnya kami ucapkan kepada Pak Bambang atas ilmu, pengalaman, serta nasihat-

nasihat yang diberikan pada kami. Apa yang kami capai hari ini, tentu tak lepas dari kontribusi yang telah Bapak berikan bagi Teknik Industri Undip. Mudah-mudahan kebaikan tersebut bernilai Pahala dan Amal Jariyah bagi Bapak. Aamiin.. Selamat purna tugas ya Pak! Sehat-sehat dan Bahagia Selalu.

Teknik Industri UNDIP
Angkatan 2011

Terimakasih pak Bambang Purwanggono untuk selama ini. Kami sangat mengagumi bapak sebagai dosen. Harapan kami yaitu semoga bapak dan keluarga diberikan kesehatan dan keberkahan. AMIN

Teknik Industri UNDIP
Angkatan 2013



Dapat menimba ilmu dan pengalaman dari Pak Bambang adalah sebuah kesempatan yang sangat berharga bagi kami semua. Belajar dengan Pak Bambang selalu membuka wawasan baru sekaligus mengingatkan jati diri kami sebagai insan Industrial Engineering. Pesan : Selamat menikmati masa purna tugas Bapak,, Semoga Bapak selalu sehat, semangat, bahagia bersama keluarga, dan senantiasa dalam lindungan Allah SWT,, Aamiin Ya Robbal 'Alamiin,,, Salam hormat dari kami, mahasiswa Magister Teknik dan Manajemen Industri,,

Magister Teknik dan Manajemen Industri UNDIP
Angkatan 2017



Laboratorium Optimasi dan Perencanaan Sistem Industri
Teknik Industri Universitas Diponegoro 2021/2022



Segenap Dosen dan Asisten Laboratorium Optimasi dan Perencanaan Sistem Industri
mengucapkan

SELAMAT PURNA TUGAS

DR. IR. BAMBANG PURWANGGONO, M. Eng.

Terima kasih atas dedikasi dan pengabdian Bapak
sebagai bagian dari Teknik Industri Universitas Diponegoro



*Masih ada kesempatan bagi kita untuk bertemu suatu saat nanti
Meski berat untuk melepaskan, tapi kami berharap yang terbaik
Semoga Bapak tidak berhenti menciptakan sesuatu
yang bermanfaat untuk sekitar*

@labopsi.undip

@491glwrp

OPSI LAB UNDIP



Laboratorium Rekayasa Sistem Kerja dan Ergonomi
Teknik Industri Universitas Diponegoro

Selamat Memasuki Masa Purna Bakti,

Dr. Ir. Bambang Purwanggono, M. Eng

Terima kasih atas semua karya dan karsa bapak untuk kami. Semoga menjadi ibadah
dan mendapatkan timbal balik dari Allah, Tuhan YME. Teriring doa yang tulus untuk
kesehatan, kesejahteraan, serta kebahagiaan dimasa yang akan datang.

- Keluarga Besar Lab RSKE -



rskelabundip

Laboratorium RSKE Undip

@xst2207m

linkedin.com/company/rskelabundip



SELAMAT PURNA TUGAS

TERIMA KASIH ATAS PENGABDIAN DAN DEDIKASINYA
KEPADA TEKNIK INDUSTRI UNIVERSITAS DIPONEGORO

"Akan tiba saatnya untuk setiap orang beristirahat setelah sekian lama bekerja. Hanya saja inilah saatnya untuk Anda. Terima kasih telah bekerja dengan penuh dedikasi dan loyalitas. Anda telah menjadi inspirasi bagi kita semua. Semoga perjalanan anda selanjutnya menjadi yang terbaik untuk Anda sekeluarga"



Segecap Dosen dan Asisten Laboratorium Sistem Produksi



DR. IR. BAMBANG PURWANGGONO
SUKARSONO, M.ENG.

LSPUNDIP @291svolu

SELAMAT PURNA TUGAS

DR. IR. BAMBANG PURWANGGONO SUKARSONO, M.ENG.

Terima kasih atas pengabdian dan dedikasinya kepada Teknik Industri
Universitas Diponegoro

"Congratulations on your retirement! Wishing you the best of health,
happiness, and success on your new journey in life.
Best wishes as you retire. Congratulations on the next phase of your life."



Decision Support System Laboratory DSS Laboratory @138tvtp



Congratulations on your retirement!

"Thank you for all your dedication and hard work. May this next chapter of your life be everything you want it to be, and may whatever comes next to you bring you happiness and health. Good luck on your new journey!"



**Dr. Ir. Bambang Purwanggono
Sukarsono, M.Eng.**



Studio Manajemen dan Kewirausahaan
Teknik Industri Universitas Diponegoro

 studio.manajemen

 @qth78061



Laboratorium
Perancangan Teknik Industri

CONGRATULATIONS ON YOUR RETIREMENT!

DR. IR. BAMBANG PURWANGGONO SUKARSONO, M.ENG.

"Thank you for your dedication, inspiration, and innovation. You're off to great places! You're off and away! As you go into this next phase of your life, may you enjoy the very best that life has to offer. Happy Retirement!"



SELAMAT MEMASUKI PURNAH TUGAS KEPADA BAPAK DR. IR. BAMBANG PURWANGGONO, M.ENG.



CV JAVATECH AGRO PERSADA

About Company :

CV. Javatech Agro Persada was established on November 9, 2015. Center production CV. Javatech Agro Persada is addressed at Jl. Raya Pati-Gembong km 5 Pati, central java. This company is in the field of tools manufacturer and agricultural machines, both pre-harvest and post-harvest machines

Pre-Harvest Machines:

Corn Seeder (Corn Planter), Corn Seeder (Corn Planter)Push Type, 3 Inch Water Pump, 4 Wheel Tractor, 4 Inch Water Pump, 6 Inch Water Pump, 2 Inch Water Pump, Cultivator, RiceTransplanter.

Post-Harvest Machines:

Vertical Dryer, Medium Corn Combine Harvester, Power Thresher, Multipurpose Power Thresher, Multipurpose Power Thresher Mobile Multicrop Combine Harvester, Corn Planter, Large Combine Harvester, Paddy Husker, Rice Polisher, Corn Sheller Kelobot, Corn Sheller Mobile, Integrated Rice Milling Unit, Color Sorter, Packing And Automatic Measurer, Rice Grader Moisture Tester

To ensure our production machines run effectively in the community or in the field, we provide the following facilities:

Pre-Sale Service

Provide a real picture to prospective buyers regarding the business prospects of our machines, especially Machines rice dryer, Combine Harvester Machine, Rice Milling Unit, Packing Machine etc.

Training Services

In the form of theoretical training in class and direct practice in the field, for this purpose we provide a Training Center Integrated, for theory in the classroom, practice in the field, lodging, places of worship and others in one unit in Pati-Central Java.

After-sales Service & Warranty for 1 year including spare parts

Regular regular visits to customers to help overcome problems that arise in the field and mutuallyexchange information.



....

SEVERAL PERSPECTIVES IN INDUSTRIAL ENGINEERING

Volume I : A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono



Beliau dosen yg tinggalnya paling dekat dengan rumah saya..pun merupakan Ayah dari teman SD saya.. Selamat memasuki masa purna bakti..semoga sehat selalu dan terimakasih atas bimbingan yang telah diberikan..
Terimakasih

Rizky Jati Nugroho
Alumni Teknik Industri 2002

Pak Bambang adalah long-life learning dosen yang menjadi role model bagi saya dan rekan- rekan '99, beliau mengajarkan ketangguhan, kerja keras dan tanggung jawab bagi kami untuk menyelesaikan studi dan menjadi karakter yang sukses dengan caranya masing-masing
Semoga pak Bambang sehat selalu, sukses dan bahagia dalam memasuki masa purnabakti

Vino Harsaditya Saputra
Alumni Teknik Industri 1999

Pak Bambang telah menjadi teladan bagi saya sebagai dosen yang mampu menjalin kerjasama strategis dengan stakeholder. Beliau sangat baik dengan sering mengajak saya membantu program-program beliau di Teknik maupun International O! ce

Buna Rizal Rachman
Alumni Teknik Industri 2006

Pak Bambang adalah seorang karismatik leader yg membawa TI UNDIP ke arah yang semakin maju dan terus berkembang hingga saat ini...

Terima kasih Pak Bambang..

Happy retirement Pak, wishing you wonderful days after retirement!!
Your influence on our lives can never die down..

Andita Wiwaha
Alumni Teknik Industri 2001



diterbitkan oleh :
**UNDIP PRESS
SEMARANG**



ISBN 978-979-097-923-9



9 789790 979239