



**KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
Nomor: 86/UN7.F3/HK/X/2023**

TENTANG

PENGANGKATAN PEMBIMBING TESIS/STUDI KASUS
MAHASISWA A.N. DIMAS AJI NUGRAHA, DKK. PADA PROGRAM STUDI
PROGRAM PROFESI INSINYUR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
DIPONEGORO SEMESTER GASAL TAHUN AKADEMIK 2023/2024

DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO,

- Menimbang :
- a. bahwa berdasarkan ketentuan Pasal 3 huruf a Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 52 Tahun 2015 tentang Statuta Universitas Diponegoro, Undip memiliki tujuan menghasilkan lulusan yang memiliki kemampuan akademik dan/atau profesional, kemahiran interpersonal dan jiwa kewirausahaan sehingga dapat mengembangkan dan menerapkan ilmu pengetahuan dan teknologi
 - b. bahwa berdasarkan ketentuan Pasal 24 ayat (1) Peraturan Rektor Universitas Diponegoro Nomor 5 Tahun 2020 tentang Peraturan Akademik Bidang Pendidikan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Rektor Universitas Diponegoro Nomor 29 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Peraturan Rektor Nomor 5 Tahun 2020 tentang Peraturan Akademik Bidang Pendidikan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Penyusunan tesis dan disertasi mahasiswa di bawah pantauan dan evaluasi dosen pembimbing;
 - c. bahwa guna menunjang kelancaran penyusunan dan bimbingan tesis/studi kasus periode semester gasal tahun akademik 2023/2024 pada Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, perlu mengangkat pembimbing tesis/studi kasus;
 - d. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a sampai dengan huruf c, perlu menetapkan Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro tentang Pengangkatan Pembimbing Tesis/Studi Kasus Mahasiswa a.n. Dimas Aji Nugraha, dkk. pada Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semester Gasal Tahun Akademik 2023/2024;
- Mengingat :
1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2003 Nomor 78, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4301);

2. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 158, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5336);
3. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 1961 tentang Pendirian Universitas Diponegoro (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1961 Nomor 25);
4. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 16, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5500);
5. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2014 tentang Penetapan Universitas Diponegoro sebagai Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 302);
6. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2015 tentang Bentuk dan Mekanisme Pendanaan Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2015 tentang Bentuk dan Mekanisme Pendanaan Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2020 Nomor 28, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6461);
7. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 52 Tahun 2015 tentang Statuta Universitas Diponegoro (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 170, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5721);
8. Keputusan Majelis Wali Amanat Universitas Diponegoro Nomor 03/UN7.1/HK/2019 tentang Pengangkatan Rektor Universitas Diponegoro Periode 2019-2024;
9. Peraturan Rektor Universitas Diponegoro Nomor 17 Tahun 2016 tentang Penghasilan Lain Pegawai Negeri Sipil dan Non Pegawai Negeri Sipil Di Lingkungan Universitas Diponegoro sebagaimana telah diubah terakhir kali dengan Peraturan Rektor Universitas Diponegoro Nomor 20 Tahun 2019 tentang Perubahan Ketiga Atas Peraturan Rektor Nomor 17 Tahun 2016 tentang Penghasilan Lain Pegawai Negeri Sipil dan Non Pegawai Negeri Sipil Di Lingkungan Universitas Diponegoro;
10. Peraturan Rektor Universitas Diponegoro Nomor 5 Tahun 2020 tentang Peraturan Akademik Bidang Pendidikan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Rektor Universitas Diponegoro Nomor 29 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Peraturan Rektor Nomor 5 Tahun 2020 tentang Peraturan Akademik Bidang Pendidikan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro;
11. Peraturan Rektor Universitas Diponegoro Nomor 6 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Unsur-unsur di bawah Rektor Universitas Diponegoro;
12. Peraturan Rektor Universitas Diponegoro Nomor 6 Tahun 2022 tentang Standar Biaya Umum Universitas Diponegoro;
13. Peraturan Rektor Universitas Diponegoro Nomor 22 Tahun 2022 tentang Rencana Kerja dan Anggaran Tahunan Universitas Diponegoro Tahun Anggaran 2023;

MEMUTUSKAN:

- Menetapkan : KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO TENTANG PENGANGKATAN PEMBIMBING TESIS/STUDI KASUS MAHASISWA A.N. DIMAS AJI NUGRAHA, DKK. PADA PROGRAM STUDI PROGRAM PROFESI INSINYUR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMESTER GASAL TAHUN AKADEMIK 2023/2024.
- KESATU : Mengangkat Pembimbing Tesis/Studi Kasus Mahasiswa a.n. Dimas Aji Nugraha, dkk. pada Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semester Gasal Tahun Akademik 2023/2024 sebagaimana tersebut dalam lampiran keputusan ini.
- KEDUA : Kepada pembimbing tesis yang berasal dari Universitas Diponegoro diberikan insentif kelebihan kinerja sebesar:
- pembimbing utama/ketua: Rp600.000,00 (enam ratus ribu rupiah) per mahasiswa lulus; dan
 - pembimbing pendamping: Rp500.000,00 (lima ratus ribu rupiah) per mahasiswa lulus.
- KETIGA : Insentif sebagaimana disebutkan pada Diktum Kedua diberikan sesuai kemampuan fakultas yang akan diatur dengan penetapan insentif kelebihan kinerja pada akhir semester oleh Dekan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- KEEMPAT : Segala biaya yang timbul akibat diterbitkannya keputusan ini dibebankan pada alokasi dana selain APBN Fakultas Teknik RKAT Universitas Diponegoro Tahun Anggaran 2023.
- KELIMA : Keputusan ini berlaku mulai tanggal 2 Juli 2023 sampai dengan 30 Desember 2023.

Ditetapkan di Semarang
pada tanggal 16 Oktober 2023

DEKAN FAKULTAS TEKNIK,

ttd

Prof. Ir. M. AGUNG WIBOWO, M.M., M.Sc., Ph.D.
NIP 196702081994031005

SALINAN disampaikan kepada:

1. Rektor Undip
2. Para Wakil Dekan Fakultas Teknik Undip
3. Ketua Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Undip
4. Supervisor Akademik dan Kemahasiswaan Fakultas Teknik Undip
5. Supervisor Sumber Daya Fakultas Teknik Undip
6. Yang bersangkutan

SALINAN SESUAI DENGAN ASLINYA
MANAJER TATA USAHA FAKULTAS TEKNIK



Ir. ARI EKO WIDYANTORO, S.T., M.Si., IPM
NIP 197510172003121004

LAMPIRAN
KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO
NOMOR : 86/UN7.F3/HK/X/2023
TENTANG :
PENGANGKATAN PEMBIMBING TESIS/STUDI KASUS MAHASISWA A.N.
DIMAS AJI NUGRAHA, DKK. PADA PROGRAM STUDI PROGRAM PROFESI
INSINYUR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMESTER
GASAL TAHUN AKADEMIK 2023/2024

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
1	Dr. Ir. Abdul Syakur, S.T., M.T., IPU.	Pembimbing Utama/Ketua	DIMAS AJI NUGRAHA	21000122220140	Evaluasi kWh Meter Terbakar Merk A pada Beberapa Pelanggan PT PLN (Persero) di DKI Jaya
			NURUL MAGHFIROH MUCHAROMAH	21000122220154	Analisis Pemasangan Multirod Grounding pada Ruas SUTT 70 kV Sunyaragi-Kuningan
			DENI SETYA APRIANTO	21000122220186	Evaluasi Kuat Tekan Jalan Beton Yang Pola Pembangunannya Dengan Pemberdayaan Masyarakat Di Desa Tambakrejo Kecamatan Pemalang – Kabupaten Pemalang
			DRYASMARA KUSUMASTUTY	21000122220209	Kajian Kondisi Pedestal Pondasi Turbin - Generator PLTU Terkait Adanya Vibrasi pada Turbin dan Generator
			HEINS CHRISTIAN TRINALDA	21000122220239	Evaluasi Perbandingan Berat Volume Tonase Aspal AC-Base memakai Parameter Tebal Aspal menggunakan Metode Pengukuran Data Survey, Metode Pengukuran Data CoreDrill dan Design (Shopdrawing) Di Proyek Jalan Tol Sigli – Banda Aceh
			EUGENIUS GUSTI PRANANDA	21000122220269	Overview Pelaksanaan Pembangunan Prasarana, Sarana dan Utilitas Umum (PSU) di Perumahan Pelangi Residence, Kabupaten Belitung, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung
		Pembimbing Pendamping	ROSYID FATCHURRAHMAN	21000122220192	Analisa Metode yang Berdampak Waktu dan Biaya Proyek FPLT Kawasan Medan
			MEIBORN SIMANJUNTAK	21000122220234	ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN APARTEMEN 10 LANTAI MENGGUNAKAN SOFTWARE SANSPRO V.5.20
			LYDIA RATNA DEWI	21000122220286	Analisis Job Safety Analysis (JSA) pada Pekerjaan Pemasangan Ring Manhole dengan Metode Caisson Pada Proyek Pembangunan Jaringan IPAL Kota Palembang
			VICTOR	21000122220312	Studi Identifikasi Kerusakan Bangunan Gedung SMPN 7 Kota Pekanbaru berdasarkan Surat Edaran DJCK No. 47 Tahun 2020

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
2	Ir. Agung Nugroho, M.Kom., IPU	Pembimbing Utama/Ketua	OKSA PRASETYAWAN WIJAYADI	21000122220179	PENGUJIAN KENAIKAN SUHU PADA TRANSFORMATOR TENAGA 275 kV
			MUHAMMAD SYOFUAN KARNADI	21000122220196	Pembangkit Listrik Tenaga Surya-Photovoltaics (PLT-PV) Add-on Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Dual Fuel, dengan Konsep Primary Energy Offset dan Avoided Cost -- Photovoltaic Add-on Dual Fuel Gas Engine Power Plant, with Primary Energy Offset and Avoided Cost Concept
			PUTRY PURWANTI	21000122220259	Implementasi Agile Methodology (Scrum) Pada Pekerjaan PMO Enhancement - Capex Dashboard PT PLN (Persero) Kantor Pusat
			RINTO	21000122220311	Tinjauan K3 Dengan Metode HIRARC Pada Pekerjaan Pemasangan Pipa HDPE 1200 mm Dengan Metode Horizontal Directional Drilling (HDD) Proyek Pembangunan IPAL Kota Palembang (Paket B2A)
		Pembimbing Pendamping	PUTU AGUS ADITYA PRAMANA	21000122220163	Analisa harmonisa grid tied inverter pada pembangkit listrik tenaga surya
			TIVA WINAHYU DWI HAPSARI	21000122220200	Uji Coba Operasi Co-firing Sawdust di PLTU Pulverizer Coal Boiler
			RIVA AMRULLOH	21000122220244	Evaluasi Efektivitas Pengamanan Stock BBM Solar untuk Fuel Terminal Regional Kalimantan dengan Penyediaan Ship to Ship (STS) Temporary Selama Periode Turn Around (TA) RU V Balikpapan
			MUHAMMAD TRI APRIANDI	21000122220250	Efisiensi Biaya Rencana Terhadap Biaya Aktual Pelaksanaan Proyek Pada Proyek Masjid Agung Batam Centre
			REZKI AHMALIANSYAH	21000122220306	Implementasi Pengembangan Safety Integrity Level (SIL) di Plant Polypropylene Chandra Asri Plant
			ISWAN PRAHASTONO	21000122220144	Analisa Teknis Penghapusan Bukuan Atas Usulan ATTB Eks Mesin Pembangkit Milik UID Banten (PLTD Pulo Panjang)
3	Dr. Ir. Agus Suprihanto, S.T, M.T., IPM	Pembimbing Utama/Ketua	M. Agus Mandala Putra	21000122220187	Rancang dan Fabrikasi Test Stand Wheel Boogie pada workshop Garbarata PT Bukaka Teknik Utama
			HARIANTO	21000122220198	Analisa Kegagalan Material Tube Superheater PLTU Tanjung Jati Unit 1
			HAMDAN HARTONO ALIF	21000122220212	Pengaruh AFR Terhadap Pemakaian Total Sray Flow di Zona Konveksi Superheater dan Reheater Pada Cofiring Sawdust Boiler Tipe Pulverized Coal
			MOHAMAD SAID KARTONO TONY SURYO UTOMO	21000122220316	Numerical Analysis of the Combustion of Palm Shell Kernel Biomass Co-firing In Stoker Boiler

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
		Pembimbing Pendamping	ALMAS APRILANA	21000122220136	Performance Test Co-Firing Pelet Sekam Padi Di PLTU Supercritical Boiler
			DANIEL	21000122220191	Penerapan Manajemen Risiko dalam Pengelolaan Proyek Konstruksi Transmisi dan Gardu Induk di Unit Pelaksana Proyek
			ARI WIBAWA BUDI SANTOSA	21000122220207	STUDI PERANCANGAN KAPAL PUSKESMAS KELILING UNTUK MENUNJANG PELAYANAN KESEHATAN DAERAH PESISIR
			ANANG PAMBUDI WIDODO	21000122220232	ANALISIS STABILITAS LONGSORAN DI AREA GENANGAN BENDUNGAN LEUWIKERIS
			EUGENIUS GUSTI PRANANDA	21000122220269	Overview Pelaksanaan Pembangunan Prasarana, Sarana dan Utilitas Umum (PSU) di Perumahan Pelangi Residence, Kabupaten Belitung, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung
4	Prof. Dr. Ir. Andri Cahyo Kumoro, S.T., M.T., IPU, ASEAN Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	DESY HARYANTI	21000122220158	Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan pada Industri Plywood PT Albisindo Timber Kabupaten Kudus
			DINDA KIRANA BESTARI	21000122220236	Optimasi Operasi Membran pada Unit Desalinasi
			EMANUEL FEBRY DJATMIKO ADJI	21000122220281	Pembangunan Jaringan Fiber Optic Dual Route Bagi Pelanggan Public Service Bandara Baru Ahmad Yani Semarang
			GREN DINATA	21000122220293	IMPLEMENTASI LAND ACQUISITION AND RESETLEMENT ACTION PLAN (LARAP) DI KEGIATAN SKALA KAWASAN NELAYAN II KELURAHAN SUNGAILIAT KABUPATEN BANGKA PROVINSI KEPULAUAN BANGKA BELITUNG
		Pembimbing Pendamping	ARI HINDARTO	21000122220208	Pengembangan dan penilaian uji potensi PLTA skala kecil dalam pengembangan sistem kelistrikan Wilayah Indonesia Timur
			ANDRIAWAN	21000122220260	POTENSI JALUR PIPA GAS SKG GUNUNG MEGANG - MUARA ENIM DALAM RANGKA MELAYANI JARINGAN DISTRIBUSI GAS BUMI UNTUK RUMAH TANGGA (JARGAS) DI KAB MUARA ENIM SUMATERA SELATAN
			DERIS TEGUH GUMELAR	21000122220280	Pemanfaatan Peta Foto Dalam Rangka Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap
			SANTOSO	21000122220285	KAJIAN EKONOMI PEMASANGAN GAS TURBINE GENERATOR PADA OLEFINS PLANT PT CHANDRA ASRI PERKASA
			Agung Respati Manis	21000122220174	Kelayakan Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir di Sungai Asam Kota Jambi
5	Dr. Ir. Anik Sarminingsih, M.T., IPM., ASEAN Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	TIVA WINAHYU DWI HAPSARI	21000122220200	Uji Coba Operasi Co-firing Sawdust di PLTU Pulverizer Coal Boiler

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
			ARI SURYONO	21000122220225	Pengendalaian Waktu dan Biaya Dengan Metode Analisis Varian dibandingkan Dengan pengendalian Waktu dan Biaya dengan Digitalisasi
			TRI SUSANTO	21000122220264	Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja dengan Metode Job Safety Analysis pada Produksi Precast Prestension
		Pembimbing Pendamping	AHMAD RIZALUL HARBI KHUNAERI	21000122220253	Review Desain Rehabilitasi Jaringan Irigasi Daerah Irigasi Surabaya di Kabupaten Lombok Tengah
			ADI WINARKO FEPBRIONO	21000122220263	IMPLEMENTASI DIGITAL KONSTRUKSI TEKNOLOGI BIM (BUILLDING INFORMATION MODELING) DENGAN SOFTWARE AUTODESK REVIT UNTUK MENGHITUNG VOLUME CUT AND FILL PADA PROYEK PEMBANGUNAN TPST (TEMPAT PENGOLAHAN SAMPAH TERPADU) KOTA DENPASAR PROVINSI BALI
			CHRISTINA SARI	21000122220270	Studi Manajemen Lalu Lintas Kawasan Stasiun Manggarai
			RITULAR	21000122220295	Pengaruh Pembangunan Infrastruktur Pengaman Pantai Terhadap Garis Pantai Timur Pangandaran
6	Prof. Dr. Ir. Aries Susanty, S.T., M.T., IPU	Pembimbing Utama/Ketua	AGUNG RAGIL PAMUNGKAS	21000122220139	Pengembangan Jaringan Intra Pemerintah Kabupaten Tegal Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network
			MUHAMAD ZAKI MUBAROK	21000122220176	Evaluasi Pelaksanaan Program Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Proyek Pembangunan Jaringan Perpipaan SPAM Semarang Barat Mendukung KPBU (PSN)
			BOBBY RIO INDRIYANTHO	21000122220183	Analisis Struktur Beton pada Jembatan Kalikuto di Ruas Jalan Tol Batang Semarang
			NIKO DARIATMO HASUGIAN	21000122220203	Analisa Penyebab Perubahan Desain Pondasi Pancang Proyek Pembangunan FPLT Kawasan Medan
			MOHAMAD HANDRI SAPUTRA	21000122220237	MANAJEMEN SUMBERDAYA DALAM PERCEPATAN PEMBANGUNAN HUNIAN TETAP (HUNTAP) PASCABENCANA LONGSOR DAN BANJIR DI PULAU SERASAN (PULAU TERLUAR INDONESIA)
			MUHAMMAD TRI APRIANDI	21000122220250	Efisiensi Biaya Rencana Terhadap Biaya Aktual Pelaksanaan Proyek Pada Proyek Masjid Agung Batam Centre
			MUHAMMAD FAJAR SIDIQ	21000122220266	Analisis Perbandingan Pekerjaan Uditch Precast Dan Cast In Situ Dalam Segi Waktu Dan Biaya (Proyek Pembangunan Pengaman Pantai di Jakarta Tahap 4 Paket 1)
			MUHAMMAD DANNY ACHDAN	21000122220292	KONSTRUKSI TIEBACK SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN DEFORMASI PADA STRUKTUR TANGGUL PENGAMAN PANTAI DI JAKARTA

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
			MUDAKIR	21000122220315	Resiko Pemasangan Bore Pile di Proyek Pekerjaan Perkuatan Lereng di STA 8.900 Pipa Flowline Wellpad Kedung Keris ExxonMobil cepu ltd. Kabupaten Bojonegoro - Jawa Timur
		Pembimbing Pendamping	ADIMAS	21000122220152	Studi Perbandingan Beton Lining Precast Dengan Beton Insitu Pada Proyek Irigasi Rentang Paket LSS-03 di Indramayu, Jawa Barat
			BUDI CAHYONO	21000122220189	ANALISIS PELAKSANAAN PENGADAAN TANAH BAGI PEMBANGUNAN UNTUK KEPENTINGAN UMUM TERHADAP PERSEPSI MASYARAKAT YANG TERKENA (STUDI KASUS PELAKSANAAN PENGADAAN TANAH UNTUK PEMBANGUNAN JALAN TOL DEPOK ANTASARI SEKSI III)
			FENDY HENDRATA	21000122220195	TAHAPAN PELAKSANAAN PEKERJAAN PLUGGING TEROWONGAN PENGELAK DENGAN SINGLE TUNNEL DAN DOUBLE TUNNEL PADA PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN
			FATCHI HANDOYO	21000122220204	Pembangunan Sabo Dam Sebagai Upaya Penanganan Banjir Debris DAS Milangodaa Kab. Bolaang Mongondow Selatan
			IQBAL ABDURROHMAN	21000122220206	EVALUASI PERENCANAAN PEMBANGUNAN RUMAH DINAS KPKNL CIREBON
			ISHAK ALVINE BUARAN MAPATON	21000122220219	Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Dangkal Menggunakan Hasil Uji Sondir dan SPT Pada Proyek Pembangunan Tower SUTT 150 kV
			RINTO	21000122220311	Tinjauan K3 Dengan Metode HIRARC Pada Pekerjaan Pemasangan Pipa HDPE 1200 mm Dengan Metode Horizontal Directional Drilling (HDD) Proyek Pembangunan IPAL Kota Palembang (Paket B2A)
			AGUNG SETIAWAN	21000122220319	EVALUASI KEMIRINGAN LERENG TUBUH BENDUNGAN TYPE URUGAN INTI TEGAK PADA BENDUNGAN LEUWIKERIS PROPINSI JAWA BARAT
7	Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	Dedy Rusmiyanto	21000122220149	Revitalisasi Pelabuhan Sebagai Prasarana Transportasi Air di IKN Balikpapan
			DIKKY PRASETYO	21000122220222	ANALISA RISIKO KECELAKAAN KERJA PADA PROYEK REVITALISASI HALTE CIKOKO-CAWANG MENGGUNAKAN METODE BOWTIE
			HAYADI AGUS MAWARDIANTO	21000122220229	Penetapan Tarif Sewa Rumah Susun Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2022 (Studi Kasus: Rumah Susun Dukuh Menanggal Kota Surabaya)

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
			FIQRI RANGGA	21000122220243	Analisa Value Engineering Dinding Penahan Tanah pada Proyek Gedung Kantor Presiden di Ibu Kota Negara
			ETIKA HERDIARTI	21000122220257	Implementasi Rekayasa Lalu Lintas Dampak Proyek Peningkatan Jalan Dalam Kota Gubug Kabupaten Grobogan
			NURUL HAFNI	21000122220318	hubungan loss of load probability dengan keandalan pembangkit dan potensi biaya tambahan yang harus disiapkan selama masa operasi
		Pembimbing Pendamping	Manontong Sondang Sianipar	21000122220142	REKAYASA DESAIN TOWER SLIM SUTT 150 KV UNTUK MENGATASI KETERBATASAN LAHAN DI PERKOTAAN DENGAN MEMANFAATKAN TAPAK TOWER SUTT 70 KV EKSISTING
			KUKUH WISNUAJI WIDIATMOKO	21000122220151	Analisis Tingkat Kecepatan Resapan Air Dengan Metode Pipa Resapan Horisontal Untuk Mengatasi Genangan Pasca Hujan di Kelurahan Sadeng, Gunungpati, Semarang
			Reynold Bagus Riyanto	21000122220213	Pemanfaatan Air Drainase Sebagai Sumber Air Baku dan Irigasi Desa Jetis Kecamatan Nusawungu Kabupaten Cilacap
			VEGIT RISANA HUGHES	21000122220287	Implementasi Konstruksi Modular Mobox (Mobile Box) Adhi Karya pada pembangunan di Indonesia
			RONA MEGANANDA MAHARANI PUTRI	21000122220291	ESTIMASI PELAKSANAAN PERBAIKAN TANAH LUNAK MENGGUNAKAN GEOTEKSTIL DAN TANPA GEOTEKSTIL (STUDI KASUS PEKERJAAN PEMBANGUNAN TERMINAL TIPE A PURWOREJO)
8	Dr. Ir. Budi Prasetyo Samadikun, ST, M.Si., IPM., ASEAN Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	ARDHIANTO GUTOMO WISNUPRADHONO	21000122220210	Pengaruh Perencanaan Keselamatan dan Pengendalian Keselamatan Terhadap Kinerja Keselamatan
			ANDI SULISTIONO	21000122220247	ANALISIS KINERJA SISTEM IRIGASI PADA PEKERJAAN REHABILITASI JARINGAN IRIGASI DAERAH IRIGASI LAKBOK UTARA
			IVAN DARMA A SIHITE	21000122220267	Pengawasan dan Pelaksanaan Konstruksi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Jalur Tayan - Sanggau (Sistem Khatulistiwa)
		Pembimbing Pendamping	ANGGA KUSUMADINATA	21000122220135	Perancangan Standardisasi Konstruksi Kelistrikan Gardu Distribusi Tiang PT PLN (Persero) di Seluruh Indonesia
			RICHARNOT BETANASIUS THOBAN	21000122220231	Implementasi Geo-BIM dengan Photogrammetry dalam perhitungan Volume Cut and Fill pada Project Jalan Toll Trans Sumatra Ruas Sigli-Banda Aceh
			MOHAMAD HANDRI SAPUTRA	21000122220237	MANAJEMEN SUMBERDAYA DALAM PERCEPATAN PEMBANGUNAN HUNIAN TETAP (HUNTAP) PASCABENCANA LONGSOR DAN BANJIR DI PULAU SERASAN (PULAU TERLUAR INDONESIA)

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
			GANISH EKO MAYNDRA	21000122220245	Project Implementation of Upgrade Material Tube Surface Condenser (EA-654) dengan Cu-Ni 70/30 untuk Meningkatkan Corrosion Resistance PT. Chandra Asri Petrochemical
9	Ir. Denis, S.T., M.Eng., IPM.	Pembimbing Utama/Ketua	ANGGA KUSUMADINATA	21000122220135	Perancangan Standardisasi Konstruksi Kelistrikan Gardu Distribusi Tiang PT PLN (Persero) di Seluruh Indonesia
			HANDREA BERNANDO TAMBUNAN	21000122220180	Perkembangan Riset Transisi Energi di Indonesia dari Perspektif Analisis Bibliometrik
		Pembimbing Pendamping	MOHAMAD WASKITA ADI PRANATA	21000122220215	Pengembangan Aplikasi Retail Banking Berbasis Perangkat Bergerak (Studi aplikasi XYZ by Bank ABC)
			EDI TRIADI	21000122220310	Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dengan Metode Bow Tie Analysis Pada Kegiatan Perawatan Dan Perbaikan Di UPT Resor Sintelis
10	Prof. Ir. Didi Dwi Anggoro, M.Eng., Ph.D., IPU, ASEAN Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	ISLAH PRABOWO	21000122220153	Peran Bendungan Kuwil Kawangkoan Mengendalikan Banjir dan Penyediaan Air Baku
			MEIRI TRIANI	21000122220175	Potensi Dekarbonisasi Pembangkit Listrik Berbahan Bakar Batubara Melalui Inisiatif Cofiring Biomassa dan Carbon Capture Utilization Storage
			Noer Abyor Handayani (Noera)	21000122220224	Penerapan Etika Profesi Dosen dan Keselamatan Kesehatan Kerja Lingkungan (K3L) bagi Sivitas Akademika dalam Melaksanakan Tugas Penelitian: Pembuatan Edible Film sebagai Pengemas Makanan
			FAHMI ARIFAN	21000122220323	Analisis Penggunaan CaOH ₂ untuk Proses Alkali Pretreatment pada Produksi Biogas dari Limbah Kulit Nanas
		Pembimbing Pendamping	SEPTRA NURCAHYANI	21000122220274	Analisis Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) Menggunakan Metode JSA (Job Safety Analysis) pada Pekerjaan Open Trench Proyek PCSP (Palembang City Sewerage Project) Paket B2 A di Perumahan Bari Kota Palembang
			SUDARNO	21000122220288	Strategi Pengendalian Gas Rumah Kaca di Kabupaten Boyolali.
			TITIK ISTIROKHATUN	21000122220297	Pemanfaatan Bahan Lokal sebagai Raw Materials Pembuatan Membran
			SAVIRA SALSABIELA PUTRI	21000122220298	Identifikasi Potensi Bahaya dan Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dengan Metode Job Safety Analysis (JSA) pada pelaksanaan pemasangan RCP 1.000 mm di proyek PCSP B2 A trase Jalan Merdeka

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
			SUGENG HARIANTO	21000122220322	Analisis Kebutuhan Early Release dan Optimasi Reduksi Banjir pada Bendungan Ameroro Kab. Konawe Provinsi Sulawesi tenggara
11	Prof. Ir. Dyah Hesti Wardhani, S.T., M.T., Ph.D., IPM	Pembimbing Utama/Ketua	SATRIYO AJI	21000122220194	Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dengan Teknologi Insinerasi pada Proyek Fasilitas Pengelolaan Limbah Terpadu (FPLT) Kawasan Medan
			SEPTRA NURCAHYANI	21000122220274	Analisis Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) Menggunakan Metode JSA (Job Safety Analysis) pada Pekerjaan Open Trench Proyek PCSP (Palembang City Sewerage Project) Paket B2 A di Perumahan Bari Kota Palembang
			SANTOSO	21000122220285	KAJIAN EKONOMI PEMASANGAN GAS TURBINE GENERATOR PADA OLEFINS PLANT PT CHANDRA ASRI PERKASA
			SAVIRA SALSABIELA PUTRI	21000122220298	Identifikasi Potensi Bahaya dan Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dengan Metode Job Safety Analysis (JSA) pada pelaksanaan pemasangan RCP 1.000 mm di proyek PCSP B2 A trase Jalan Merdeka
			Yohanes Pemandi Erick Ambarmoko	21000122220324	Penerapan Construction Safety Analysis (CSA) di Proyek Design and Build Pada Program Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) Danau Toba
		Pembimbing Pendamping	YASSER WAHYUDDIN	21000122220214	Analisis Ergonomi dan Antropometri Wahana Ekstrim Jembatan Kaca Tinjomoyo dalam Pemenuhan K3
			Wiharyanto Oktiawan	21000122220240	Optimalisasi Instalasi Pengolahan Air (IPA) Pucanggading PUDAM Tirta Moedal Kota Semarang Menggunakan Kolam Prasedimentasi
			YULINAR INTAN LESTARI	21000122220256	IMPROVE INTEGRITY AND REDUCE COST WITH RISK-BASED INSPECTION. Case Study: Rambutan Production Facilities in PT Medco E&P Indonesia
			YAHYA YOSHUA LEANDER	21000122220284	Kajian Pelaksanaan Operasi dan Pemeliharaan Irigasi Partisipatif di Daerah Irigasi Manganti dengan Melibatkan Peran Serta Perkumpulan Petani Pemakai Air
12	Ir. Ferry Hermawan, S.T., M.T., Ph.D., CSP., IPU	Pembimbing Utama/Ketua	ARI EKO WIDYANTORO	21000122220147	ANALISIS PERBANDINGAN DAYA DUKUNG PONDASI CAISSON MENGGUNAKAN PENGUJIAN STATIK DAN PENGUJIAN DINAMIK PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM KOMPUTER FAKULTAS TEKNIK UNDIP
			ANTHONY FERNANDUS WIJAYA	21000122220184	Pemasangan Pipa HDPE Diameter 1200 mm dengan Metoda Horizontal Directional Drilling di Area Perkotaan Palembang
			ANANG PAMBUDI WIDODO	21000122220232	ANALISIS STABILITAS LONGSORAN DI AREA GENANGAN BENDUNGAN LEUWIKERIS

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
			CHRISTINA SARI	21000122220270	Studi Manajemen Lalu Lintas Kawasan Stasiun Manggarai
		Pembimbing Pendamping	GINANJAR HADIWIJAYA	21000122220160	Analisis Biaya dan Waktu Pekerjaan Pemancangan pada Lokasi Pile Slab di Area Rawa dan Area Darat (Proyek Jalan Tol Kayu Agung - Palembang - Betung Paket 1 Seksi 1)
			FERNANDO DANIEL MULATOI TINDAON	21000122220193	Perbandingan Metode Resurfacing dan Cement Treated Recycling Base (CTRB) Pada Pemeliharaan Jalan Tol
			HENDI ISKANDAR	21000122220226	OPTIMALISASI LEAD TIME RELEASE FINISHED GOOD GROWING UP FORMULA DENGAN MENGGUNAKAN METODE QUALITY CONTROL CIRCLE DI PT KALBE MORINAGA INDONESIA
			FIQRI RANGGA	21000122220243	Analisa Value Engineering Dinding Penahan Tanah pada Proyek Gedung Kantor Presiden di Ibu Kota Negara
			HARTAWAN CHANDRA NST	21000122220248	Evaluasi Penyebab Defect pada Rigid Pavement pada Proyek Jalan Tol Ruas Sigli - Banda Aceh
13	Prof. Dr. Ir. Hadiyanto, S.T., M.Sc., IPU, ASEAN Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	DYAH ARI WULANDARI	21000122220131	IMPLEMENTASI ETIKA PROFESI DAN K3L PADA KEGIATAN OPERASI DAN PEMELIHARAAN BENDUNGAN JATIBARANG
			IWAN ARI SETIAWAN	21000122220148	Pemadatan Tanah Timbunan menggunakan Intelligent Compactor pada Proyek Pembangunan Jalan Toll IKN segmen 5A.
			KUKUH WISNUAJI WIDIATMOKO	21000122220151	Analisis Tingkat Kecepatan Resapan Air Dengan Metode Pipa Resapan Horisontal Untuk Mengatasi Genangan Pasca Hujan di Kelurahan Sadeng, Gunungpati, Semarang
			IQBAL ABDURROHMAN	21000122220206	EVALUASI PERENCANAAN PEMBANGUNAN RUMAH DINAS KPKNL CIREBON
			IKA BAGUS PRIYAMBADA	21000122220227	Evaluasi Dampak Lingkungan Hidup pada Kegiatan Pengendalian Banjir Sungai Loji - Banger Kota Pekalongan
		Pembimbing Pendamping	PRASETYO ADI WIBOWO	21000122220157	PEMETAAN GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN TANAH DI SEKITAR AREA TOWER TRANSMISI MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK
			YULIANSYAH	21000122220252	KINERJA FASILITATOR DALAM PENDAMPINGAN PEMBERDAYAAN MASYARAKAT PADA PROGRAM SANITASI PERDESAAN PADAT KARYA DI KOTA PALEMBANG
			TRI SUSANTO	21000122220264	Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja dengan Metode Job Safety Analysis pada Produksi Precast Prestension
			YOGA BAYU AJI PRADANA	21000122220273	Konstruksi U-Ditch Pracetak Saluran Pembuang Dalinan Menggunakan Metode Lifting Excavator PC-200 Proyek Modernisasi Daerah Irigasi Rentang Paket LSS-03 di Kabupaten Indramayu

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
			RAHMAN MOHAMMAD CASTRENANTO	21000122220294	PENANGANAN PERBAIKAN PONDASI PERMUKAAN DI BENDUNGAN SADAWARNA KABUPATEN SUBANG
14	Dr. Ir. Haryono Setiyo Huboyo, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	HARTAWAN CHANDRA NST	21000122220248	Evaluasi Penyebab Defect pada Rigid Pavement pada Proyek Jalan Tol Ruas Sigli - Banda Aceh
			ESTETIKA MATRA KHARISMA	21000122220255	Perubahan Struktur Beton Menjadi Kombinasi Baja (Kolom-Balok) dan Precast (Pelat) Untuk Percepatan dan Metode Pelaksanaan yang Lebih Aman di Lantai 13 Proyek Gedung Kantor Majelis Rakyat Papua
			DEDI HERMAWAN	21000122220279	PERENCANAAN KEBUTUHAN FASILITAS PEJALAN KAKI PADA AREA PENDIDIKAN JALAN PERJUANGAN CIREBON
			DIDIK TRIMO SUBANDI	21000122220307	Rekayasa Geoteknik Untuk Penanganan Sesar Naik Memotong Bangunan Konduit Pengelakan Pada Pembangunan Bendungan Sadawarna Kabupaten Subang
			DION KARTINO FARDIAZ	21000122220313	Studi Kasus Erection PC-T Girder Bentang 52.8 m
		Pembimbing Pendamping	RIZAL ADHI PRATAMA	21000122220202	Uji Ketelitian Horizontal Peta Foto Menggunakan Pesawat Udara Nirawak (PUNA) Sebagai Peta Dasar Pertanahan Pada Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL) Kelurahan Cempaka Kota Banjarbaru
			M. Arfan	21000122220289	Enhancing Workplace Safety: Utilizing CNNs to Detect Personal Protective Equipment
			KHAYRINA TRIMARENTA	21000122220299	Analisa Pemilihan Konstruksi Modular MOBOX ADHI dalam Percepatan Pembangunan Hunian Pekerja Konstruksi IKN
			SONY HARYONO	21000122220305	Kajian Biaya Lebih pada Pelaksanaan Pekerjaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan Jenis Kontrak EPC Studi Kasus Pekerjaan PLTU oleh PT. X
			RYAN HERNAWAN	21000122220308	PENGELOLAAN ASET DAN KINERJA SISTEM IRIGASI SECARA ELEKTRONIK DENGAN e-PAKSI DI DAERAH IRIGASI MANGANTI (Kabupaten Ciamis Kabupaten Pangandaran Provinsi Jawa Barat dan Kabupaten Cilacap Provinsi Jawa Tengah)
15	Dr. Ir. Jaka Windarta, M.T., IPU, ASEAN Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	Wahyul Amien Syafei	21000122220138	A Novel Phase Rotation Method Using Partial Transmit Sequence to Reduce PAPR of Mixed Format Preamble for Gigabit WLAN
			SRIYONO	21000122220159	Karakteristik distribusi tegangan pada transformator tenaga dengan mempertimbangkan fenomena resonansi

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
			PUTU AGUS ADITYA PRAMANA	21000122220163	Analisa harmonisa grid tied inverter pada pembangkit listrik tenaga surya
			RIVA AMRULLOH	21000122220244	Evaluasi Efektivitas Pengamanan Stock BBM Solar untuk Fuel Terminal Regional Kalimantan dengan Penyediaan Ship to Ship (STS) Temporary Selama Periode Turn Around (TA) RU V Balikpapan
			REZKI AHMALIANSYAH	21000122220306	Implementasi Pengembangan Safety Integrity Level (SIL) di Plant Polypropylene Chandra Asri Plant
		Pembimbing Pendamping	BRIAN TAUFIK MARDANDI	21000122210104	Analisa Implementasi Rumah Mandiri Energi PLTS Atap On Grid
			MUHAMMAD RIDWAN	21000122220172	Desain dan Simulasi Kendali Dual-Active Bridge untuk Solid State Transformer di Indonesia
			OKSA PRASETYAWAN WIJAYADI	21000122220179	PENGUJIAN KENAIKAN SUHU PADA TRANSFORMATOR TENAGA 275 kV
			KEVIN GAUSULTAN HADITH MANGUNKUSUMO	21000122220185	Evaluasi Aspek Safety Penggunaan Perangkat Home Charging Kendaraan Listrik di Indonesia
			PUTRY PURWANTI	21000122220259	Implementasi Agile Methodology (Scrum) Pada Pekerjaan PMO Enhancement - Capex Dashboard PT PLN (Persero) Kantor Pusat
			ANDI KURNIAWAN NUGROHO	21000122220290	Klasifikasi Stroke Intracerebral Haemorrhage (ICH) menggunakan Modified Layers Convolutional Neural Network (ML-CNN) berbasis Citra Diffusion Weighted – Magnetic Resonance Imaging (DW-MRI)
16	Prof. Dr. Ir. Luqman Buchori, S.T., M.T., IPM.	Pembimbing Utama/Ketua	GILANG AFRILIANTO	21000122220166	Peran Konsultan Manajemen Konstruksi Pada Proyek Swakelola (Study Kasus: Pembangunan Masjid Taqwa Gondosari, Kudus)
			HENDI ISKANDAR	21000122220226	OPTIMALISASI LEAD TIME RELEASE FINISHED GOOD GROWING UP FORMULA DENGAN MENGGUNAKAN METODE QUALITY CONTROL CIRCLE DI PT KALBE MORINAGA INDONESIA
			INSAN PRASASTI	21000122220233	PENILAIAN KINERJA DAN PENYUSUNAN ANGKA KEBUTUHAN NYATA OPERASI DAN PEMELIHARAAN (AKNOP) JARINGAN AIR BAKU
			DWI HANDAYANI	21000122220262	STRATEGI MENDAPATKAN EFISIENSI BIAYA DENGAN METODE KUANTITATIF UNTUK PEKERJAAN ALUMINIUM COMPOSITE PANEL di PROYEK PEMBANGUNAN HALTE BRT – TRANSJAKARTA PAKET C - 20 HALTE
			KHAYRINA TRIMARENTRA	21000122220299	Analisa Pemilihan Konstruksi Modular MOBOX ADHI dalam Percepatan Pembangunan Hunian Pekerja Konstruksi IKN

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
		Pembimbing Pendamping	SETYAWAN	21000122220169	PENANGANAN LONGSORAN TIMBUNAN BADAN JALAN DENGAN MENGGUNAKAN MATERIAL GEOFOAM (Pembangunan Jalan Tol Cisumdawu Seksi 5A)
			R. Dedik Suryanto	21000122220182	ANALISIS MANAJEMEN KONSTRUKSI PADA PROYEK PEMBANGUNAN UPTOWN MALL BSB CITY SEMARANG
			YAYAN SUGIYANTORO	21000122220265	Respon Masyarakat terhadap Program KPR Rumah Bersubsidi di Kabupaten Pangandaran (Studi Kasus: Perumahan Pesona Estetika Cikembulan)
			YUL KHAIDIR	21000122220276	Sikap Masyarakat Dalam Proyek Pembangunan Jaringan IPAL Kota Palembang Menggunakan Metode Perhitungan Chi Square
			ONNI LINOARFRINO SUYITNO	21000122220314	Analisa Struktur Konstruksi Modular MOBOX ADHI 6 m x 6 m dalam Percepatan Pembangunan Hunian Pekerja Konstruksi IKN
17	Prof. Ir. M. Arief Budihardjo, S.T., M.Eng.Sc, Env.Eng, Ph.D., IPM., ASEAN Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	R. Dedik Suryanto	21000122220182	ANALISIS MANAJEMEN KONSTRUKSI PADA PROYEK PEMBANGUNAN UPTOWN MALL BSB CITY SEMARANG
			ROSYID FATCHURRAHMAN	21000122220192	Analisa Metode yang Berdampak Waktu dan Biaya Proyek FPLT Kawasan Medan
			RIZAL ADHI PRATAMA	21000122220202	Uji Ketelitian Horizontal Peta Foto Menggunakan Pesawat Udara Nirawak (PUNA) Sebagai Peta Dasar Pertanahan Pada Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL) Kelurahan Cempaka Kota Banjarbaru
			Reynold Bagus Riyanto	21000122220213	Pemanfaatan Air Drainase Sebagai Sumber Air Baku dan Irigasi Desa Jetis Kecamatan Nusawungu Kabupaten Cilacap
			ANDI SYAH PUTRA S	21000122220246	Perencanaan Desain Tower Transposisi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Tayan - Sandai
		Pembimbing Pendamping	ARI EKO WIDYANTORO	21000122220147	ANALISIS PERBANDINGAN DAYA DUKUNG PONDASI CAISSON MENGGUNAKAN PENGUJIAN STATIK DAN PENGUJIAN DINAMIK PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM KOMPUTER FAKULTAS TEKNIK UNDIP
			MUHAMMAD DANNY ACHDAN	21000122220292	KONSTRUKSI TIEBACK SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN DEFORMASI PADA STRUKTUR TANGGUL PENGAMAN PANTAI DI JAKARTA
			MUDAKIR	21000122220315	Resiko Pemasangan Bore Pile di Proyek Pekerjaan Perkuatan Lereng di STA 8.900 Pipa Flowline Wellpad Kedung Keris ExxonMobil cepu ltd. Kabupaten Bojonegoro - Jawa Timur

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
18	Prof. Dr. Ir. Moh. Djaeni, S.T., M.Eng., IPM.	Pembimbing Utama/Ketua	Wiharyanto Oktiawan	21000122220240	Optimalisasi Instalasi Pengolahan Air (IPA) Pucanggading PUDAM Tirta Moedal Kota Semarang Menggunakan Kolam Prasedimentasi
			YULINAR INTAN LESTARI	21000122220256	IMPROVE INTEGRITY AND REDUCE COST WITH RISK-BASED INSPECTION. Case Study: Rambutan Production Facilities in PT Medco E&P Indonesia
			SUDARNO	21000122220288	Strategi Pengendalian Gas Rumah Kaca di Kabupaten Boyolali.
			TITIK ISTIROKHATUN	21000122220297	Pemanfaatan Bahan Lokal sebagai Raw Materials Pembuatan Membran
		Pembimbing Pendamping	MUHAMAD ZAKI MUBAROK	21000122220176	Evaluasi Pelaksanaan Program Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Proyek Pembangunan Jaringan Perpipaan SPAM Semarang Barat Mendukung KPBU (PSN)
			ANTHONY FERNANDUS WIJAYA	21000122220184	Pemasangan Pipa HDPE Diameter 1200 mm dengan Metoda Horizontal Directional Drilling di Area Perkotaan Palembang
			NIKO DARIATMO HASUGIAN	21000122220203	Analisa Penyebab Perubahan Desain Pondasi Pancang Proyek Pembangunan FPLT Kawasan Medan
			SAMUEL	21000122220211	ANALISA NUMERIK KARAKTERISTIK LAMBUNG PLANING HULL AKIBAT MODIFIKASI BURITAN
			ESTETIKA MATRA KHARISMA	21000122220255	Perubahan Struktur Beton Menjadi Kombinasi Baja (Kolom-Balok) dan Precast (Pelat) Untuk Percepatan dan Metode Pelaksanaan yang Lebih Aman di Lantai 13 Proyek Gedung Kantor Majelis Rakyat Papua
19	Prof. Ir. Nita Aryanti, S.T., M.T., Ph.D., IPM	Pembimbing Utama/Ketua	ARI HINDARTO	21000122220208	Pengembangan dan penilaian uji potensi PLTA skala kecil dalam pengembangan sistem kelistrikan Wilayah Indonesia Timur
			APRILINA PURBASARI	21000122220238	Pemanfaatan Abu Terbang sebagai Geopolimer untuk Adsorpsi Logam Berat Mn pada Air Limbah
			ANDRIAWAN	21000122220260	POTENSI JALUR PIPA GAS SKG GUNUNG MEGANG - MUARA ENIM DALAM RANGKA MELAYANI JARINGAN DISTRIBUSI GAS BUMI UNTUK RUMAH TANGGA (JARGAS) DI KAB MUARA ENIM SUMATERA SELATAN
			AJI PRASETYANINGRUM	21000122220301	APLIKASI EDIBLE FILM DARI EKSTRAK RUMPUT LAUT DAN TEPUNG BERAS TERSUBSTITUSI GINGER ESSENTIAL OIL PADA PRODUK COKLAT RUMPUT LAUT MBA FOOD JEPARA

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
		Pembimbing Pendamping	FAUZAN PUTRA	21000122220132	PEMETAAN TEMATIK OBYEK TANAH BERBASIS KEARIFAN LOKAL (TANAH ULAYAT) DI NAGARI V KOTO KECAMATAN KOTO VII KABUPATEN SIJUNJUNG SEBAGAI BENTUK PERENCANAAN PARTISIPATIF.
			Noer Abyor Handayani (Noera)	21000122220224	Penerapan Etika Profesi Dosen dan Keselamatan Kesehatan Kerja Lingkungan (K3L) bagi Sivitas Akademika dalam Melaksanakan Tugas Penelitian: Pembuatan Edible Film sebagai Pengemas Makanan
			DINDA KIRANA BESTARI	21000122220236	Optimasi Operasi Membran pada Unit Desalinasi
			EMANUEL FEBRY DJATMIKO ADJI	21000122220281	Pembangunan Jaringan Fiber Optic Dual Route Bagi Pelanggan Public Service Bandara Baru Ahmad Yani Semarang
			FAHMI ARIFAN	21000122220323	Analisis Penggunaan CaOH ₂ untuk Proses Alkali Pretreatment pada Produksi Biogas dari Limbah Kulit Nanas
20	Ir. Nurandani Hardyanti, ST, M.T., IPM., ASEAN Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	PRASETYO ADI WIBOWO	21000122220157	PEMETAAN GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN TANAH DI SEKITAR AREA TOWER TRANSMISI MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK
			SALIM ISFAYAMA AMRI	21000122220241	ANALISA PERBANDINGAN QUANTITY TAKE OFF (QTO) BETON MENGGUNAKAN METODE BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) DAN METODE KONVENSIONAL.
			RONA MEGANANDA MAHARANI PUTRI	21000122220291	ESTIMASI PELAKSANAAN PERBAIKAN TANAH LUNAK MENGGUNAKAN GEOTEKSTIL DAN TANPA GEOTEKSTIL (STUDI KASUS PEKERJAAN PEMBANGUNAN TERMINAL TIPE A PURWOREJO)
			RAHMAN MOHAMMAD CASTRENANTO	21000122220294	PENANGANAN PERBAIKAN PONDASI PERMUKAAN DI BENDUNGAN SADAWARNA KABUPATEN SUBANG
		Pembimbing Pendamping	IWAN ARI SETIAWAN	21000122220148	Pemadatan Tanah Timbunan menggunakan Intelligent Compactor pada Proyek Pembangunan Jalan Toll IKN segmen 5A.
			INDRA ARDHANAYUDHA ADITYA	21000122220188	Studi pemanfaatan biomassa sebagai bahan bakar PLTU batubara
			ARDHIANTO GUTOMO WISNUPRADHONO	21000122220210	Pengaruh Perencanaan Keselamatan dan Pengendalian Keselamatan Terhadap Kinerja Keselamatan

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
			MUHAMMAD FAJAR SIDIQ	21000122220266	Analisis Perbandingan Pekerjaan Uditch Precast Dan Cast In Situ Dalam Segi Waktu Dan Biaya (Proyek Pembangunan Pengaman Pantai di Jakarta Tahap 4 Paket 1)
21	Dr.-Ing. Ir. Paryanto, S.T., M.T. IPM, ASEAN Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	Ruly	21000122220165	Simulasi dan Analisis Performa Pembangkit Listrik Tenaga Gas (Studi kasus pada PLTG Jambi)
			SAMUEL	21000122220211	ANALISA NUMERIK KARAKTERISTIK LAMBUNG PLANING HULL AKIBAT MODIFIKASI BURITAN
			OJO KURDI	21000122220216	Performance Analysis of Steam Turbine Capacity of 35 MW Unit X At Geothermal Power Plant
			Rangsang Kusumadilaga	21000122220221	KAJIAN REPARASI PENGECATAN PADA LAMBUNG KAPAL (STUDI KASUS KMP. DORO LONDA)
			RIFKY ISMAIL	21000122220277	Design and Testing a Fabric-Based Portable Soft Exoskeleton Glove for Hand Grasping Assistance in Daily Activity
		Pembimbing Pendamping	MUNAWIR ROSYADI SIREGAR	21000122220161	Metode Steam Blowing untuk Pembersihan Pipa Alir Uap Utama pada Proyek Pembangkit Listrik Panas Bumi
			TEGAR KHARISMA PUTRA	21000122220170	Kajian Pemetaan Geologi dan Kerentanan Gerakan Tanah Di Sekitar Area T.02 dan T.03 SUTET 500kV Jalur Paiton - Grati
			VIVI FITRIANI	21000122220177	Analisa Unjuk Kerja Boiler dan Turbin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Batubara Sebalang
			NATALINA	21000122220197	KAJIAN PENGGUNAAN ADITIF GA 57 DI PT PLN (Persero) WILAYAH MALUKU DAN MALUKU UTARA
			MOHAMMAD ERSAL ABURIZAL	21000122220320	ANALISA KETERLAMBATAN PROYEK KONSTRUKSI MENGGUNAKAN TEORI POAC & METODE ROOT CAUSE ANALYSIS (RCA) PADA PEMBANGUNAN GEDUNG KANTOR PUSAT BANK BUMD DI JAWA TENGAH
22	Dr. Ir. Ratna Purwaningsih, MT, IPU, ASEAN Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	FAIZAL MAHMUD	21000122220134	Analisis Tingkat Kepatuhan Pekerja Terhadap Pelaksanaan K3 Pada Pekerjaan Ruang Rawat Inap RSUD Williambooth Semarang
			ALBERTA RIANITA AYUDINI	21000122220141	Method of workability Strengthening columnn with slanting prestressed cable and steel Beam
			AJI WIJANARKO	21000122220205	Penilaian Infrastruktur Jalan di Terminal Kontainer Pelabuhan: Studi Kasus Kawasan Petikemas Semarang
			AHMAD RIZALUL HARBI KHUNAERI	21000122220253	Review Desain Rehabilitasi Jaringan Irigasi Daerah Irigasi Surabaya di Kabupaten Lombok Tengah
			BUNGARAN ROY SATRIA TAMBUNAN	21000122220278	Pemetaan Partisipatif Masyarakat dalam Pembuatan Desa Lengkap Berbasis Bidang Tanah Menggunakan Mobile GIS

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
23		Pembimbing Pendamping	YULITA ARNI PRIASTIWI	21000122220171	Kumkang, Sistem Konstruksi Bekisting Alumunium Formwork dengan Konsep Green Construction
			WILLY PRADHANA	21000122220173	Analisa Penggantian Material Struktur Kayu OEM Douglas Fir dengan Substitusi Kayu Keruing di Cooling Tower Pertamina Refinery Unit III Plaju, Palembang.
			MUHAMMAD SYAIFUL ANAM	21000122220228	Perbandingan Layout Potongan Dan Pengadaan Besi Antara Desain Struktur Awal Dengan Desain Struktur Revisi 01 Menggunakan Program Opticutter (Studi Kasus: Pier Head 2 Lane Eksentris Dan Non Eksentris Proyek JORR Elevated Ruas Cikunir-Ulujami)
			SAMSUL MA'ARIF	21000122220321	METODE PELAKSANAAN PEMASANGAN LEAD RUBBER BEARING PADA PEMBANGUNAN GEDUNG ANUTAPURA MEDICAL CENTER RUMAH SAKIT ANUTAPURA PALU, SULAWESI TENGAH
	Prof. Dr. Ir. R. Rizal Isnanto, S.T., M.M., M.T., IPU., ASEAN Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	ARIONMARO ASI SIMAREMARE	21000122220190	Kajian Konsumsi Energi dan User Experience dalam Penggunaan Kompor Induksi Sehari-Hari
			MOHAMAD WASKITA ADI PRANATA	21000122220215	Pengembangan Aplikasi Retail Banking Berbasis Perangkat Bergerak (Studi aplikasi XYZ by Bank ABC)
			BUDI PRASETYO	21000122220283	Pengunaan metode diaphragm wall sebagai pengganti metode grouting tirai pada pelaksanaan pembangunan bendungan leuwikeris di kabupaten tasikmalaya dan kabupaten ciamis propinsi jawa barat.
			RYAN HERNAWAN	21000122220308	PENGELOLAAN ASET DAN KINERJA SISTEM IRIGASI SECARA ELEKTRONIK DENGAN e-PAKSI DI DAERAH IRIGASI MANGANTI (Kabupaten Ciamis Kabupaten Pangandaran Provinsi Jawa Barat dan Kabupaten Cilacap Provinsi Jawa Tengah)
		Pembimbing Pendamping	DYAH ARI WULANDARI	21000122220131	IMPLEMENTASI ETIKA PROFESI DAN K3L PADA KEGIATAN OPERASI DAN PEMELIHARAAN BENDUNGAN JATIBARANG
			Dedy Rusmiyanto	21000122220149	Revitalisasi Pelabuhan Sebagai Prasarana Transportasi Air di IKN Balikpapan
			KEMAS MUHAMMAD TOFANI HAYYU SALAM	21000122220162	Analisa Pengaruh Perubahan Tekanan Pada Tegangan Tembus di Udara
			DIKKY PRASETYO	21000122220222	ANALISA RISIKO KECELAKAAN KERJA PADA PROYEK REVITALISASI HALTE CIKOKO-CAWANG MENGGUNAKAN METODE BOWTIE

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
24	Prof. Dr.Ing. Ir. Silviana, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng	Pembimbing Utama/Ketua	ARY HARYAGUNG	21000122220164	EVALUASI PERENCANAAN GAPURA SARANA DAN PRASARANA KAWASAN PESANTREN BUNTET KABUPATEN CIREBON
			YULITA ARNI PRIASTIWI	21000122220171	Kumkang, Sistem Konstruksi Bekisting Alumunium Formwork dengan Konsep Green Construction
			HARRY PRASADYA	21000122220223	Pilot Project Kawasan Tuntas Sampah di Kota Bandung
			RICHARNOT BETANASIUS THOBAN	21000122220231	Implementasi Geo-BIM dengan Photogrammetry dalam perhitungan Volume Cut and Fill pada Project Jalan Toll Trans Sumatra Ruas Sigli-Banda Aceh
			HANGGORO ISKANDAR PUTRA WIJAYA	21000122220251	ANALISA RISIKO KECELAKAAN KERJA PADA PROYEK REVITALISASI PASAR GLADAG KENDAL
			ZULI PURWA HANDAKA	21000122220254	ANALISIS KETEPATAN WAKTU PENYELESAIAN PEKERJAAN PADA KEGIATAN PEMBANGUNAN TAMAN KULINER DI PROYEK DPUPR KABUPATEN KLATEN TAHUN ANGGARAN 2022
			ADITYA HERI SULISTIONO	21000122220271	Metode Pelaksanaan Pembangunan Embung Cikupa di Kabupaten Ciamis
			RITULAR	21000122220295	Pengaruh Pembangunan Infrastruktur Pengaman Pantai Terhadap Garis Pantai Timur Pangandaran
			SONY HARYONO	21000122220305	Kajian Biaya Lebih pada Pelaksanaan Pekerjaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan Jenis Kontrak EPC Studi Kasus Pekerjaan PLTU oleh PT. X
			SAMSUL MA'ARIF	21000122220321	METODE PELAKSANAAN PEMASANGAN LEAD RUBBER BEARING PADA PEMBANGUNAN GEDUNG ANUTAPURA MEDICAL CENTER RUMAH SAKIT ANUTAPURA PALU, SULAWESI TENGAH
		Pembimbing Pendamping	FAIZAL MAHMUD	21000122220134	Analisis Tingkat Kepatuhan Pekerja Terhadap Pelaksanaan K3 Pada Pekerjaan Ruang Rawat Inap RSUD Williambooth Semarang
			BENNARON SULANCANA SIDAURUK	21000122220178	Analisis Kondisi Lereng pada Area Tapak Tower Transmisi SUTT 70 kV (Studi Kasus Tower T.73 Jalur Nonohonis - Kefamenanu)
			AJI WIJANARKO	21000122220205	Penilaian Infrastruktur Jalan di Terminal Kontainer Pelabuhan: Studi Kasus Kawasan Petikemas Semarang
			AGUNG HARI WIBOWO	21000122220220	Perbandingan Kapasitas Dukung Tiang Pancang Rencana dengan Kapasitas Dukung Aktual Pada Konstruksi Pile Slab di Proyek Jalan Tol Semarang - Demak Seksi 2
			ANDI SYAH PUTRA S	21000122220246	Perencanaan Desain Tower Transposisi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Tayan - Sandai

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
			ANDI SULISTIONO	21000122220247	ANALISIS KINERJA SISTEM IRIGASI PADA PEKERJAAN REHABILITASI JARINGAN IRIGASI DAERAH IRIGASI LAKBOK UTARA
			EL ZEFANYA ROBERTH	21000122220275	PERBANDINGAN PEMBANGUNAN RUANG POMPA STRUKTUR BETON DENGAN STRUKTUR BAJA DITINJAU DARI SEGI BIAYA DAN WAKTU PADA PROYEK POLDER KELAPA GADING
25	Dr.Ling. Ir. Sri Sumiyati, S.T., M.Si., IPM., ASEAN Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	AGUS TRI WIBOWO	21000122220218	Evaluasi Desain Tanggul Pengaman Banjir di Sungai Cimeneng Kabupaten Cilacap Dilihat Dari Aspek Stabilitas
			MUHAMMAD SYAIFUL ANAM	21000122220228	Perbandingan Layout Potongan Dan Pengadaan Besi Antara Desain Struktur Awal Dengan Desain Struktur Revisi 01 Menggunakan Program Opticutter (Studi Kasus: Pier Head 2 Lane Eksentris Dan Non Eksentris Proyek JORR Elevated Ruas Cikunir-Ulujami)
			EL ZEFANYA ROBERTH	21000122220275	PERBANDINGAN PEMBANGUNAN RUANG POMPA STRUKTUR BETON DENGAN STRUKTUR BAJA DITINJAU DARI SEGI BIAYA DAN WAKTU PADA PROYEK POLDER KELAPA GADING
			ONNI LINOARFRINO SUYITNO	21000122220314	Analisa Struktur Konstruksi Modular MOBOX ADHI 6 m x 6 m dalam Percepatan Pembangunan Hunian Pekerja Konstruksi IKN
		Pembimbing Pendamping	SENO DARMANTO	21000122220230	Pembuatan Komposit berserat Skala Nanofibril dengan Teknik Tuang
			SALIM ISFAYAMA AMRI	21000122220241	ANALISA PERBANDINGAN QUANTITY TAKE OFF (QTO) BETON MENGGUNAKAN METODE BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) DAN METODE KONVENSIONAL.
			ZULI PURWA HANDAKA	21000122220254	ANALISIS KETEPATAN WAKTU PENYELESAIAN PEKERJAAN PADA KEGIATAN PEMBANGUNAN TAMAN KULINER DI PROYEK DPUPR KABUPATEN KLATEN TAHUN ANGGARAN 2022
			IVAN DARMA A SIHITE	21000122220267	Pengawasan dan Pelaksanaan Konstruksi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Jalur Tayan - Sanggau (Sistem Khatulistiwa)
26	Dr. Ir. Sulardjaka, S.T., M.T., IPU, ASEAN Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	FRANS MANAHARA SIHOMBING	21000122220150	Implementasi Axial Submersible Pump untuk Penanggulangan Banjir di Kawasan Artha Gading (Studi Kasus: Proyek Pembangunan/Rehabilitasi Polder Kelapa Gading)
			MUJAMMIL ASDHIYOGA RAHMANTA	21000122220167	Analisis PESTEL Pemanfaatan Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) untuk Mendukung Program Net Zero Emission di Indonesia
			SETYAWAN	21000122220169	PENANGANAN LONGSORAN TIMBUNAN BADAN JALAN DENGAN MENGGUNAKAN MATERIAL GEOFOAM (Pembangunan Jalan Tol Cisumdawu Seksi 5A)

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
			BENNARON SULANCANA SIDAURUK	21000122220178	Analisis Kondisi Lereng pada Area Tapak Tower Transmisi SUTT 70 kV (Studi Kasus Tower T.73 Jalur Nonohonis - Kefamenanu)
			AGUNG HARI WIBOWO	21000122220220	Perbandingan Kapasitas Dukung Tiang Pancang Rencana dengan Kapasitas Dukung Aktual Pada Konstruksi Pile Slab di Proyek Jalan Tol Semarang - Demak Seksi 2
			YULIANSYAH	21000122220252	KINERJA FASILITATOR DALAM PENDAMPINGAN PEMBERDAYAAN MASYARAKAT PADA PROGRAM SANITASI PERDESAAN PADAT KARYA DI KOTA PALEMBANG
			YAYAN SUGIYANTORO	21000122220265	Respon Masyarakat terhadap Program KPR Rumah Bersubsidi di Kabupaten Pangandaran (Studi Kasus: Perumahan Pesona Estetika Cikembulan)
			YUL KHAIDIR	21000122220276	Sikap Masyarakat Dalam Proyek Pembangunan Jaringan IPAL Kota Palembang Menggunakan Metode Perhitungan Chi Square
			FAJAR BUDI SULISTIONO	21000122220282	Analisis Persyaratan Laik Jalan kendaraan Bermotor Efisiensi Sistem Rem Utama pada alat uji Brake Tester BM 14200 di Balai Uji Prasarana Teknis Perhubungan Kota Tangerang
			MOHAMMAD ERSAL ABURIZAL	21000122220320	ANALISA KETERLAMBATAN PROYEK KONSTRUKSI MENGGUNAKAN TEORI POAC & METODE ROOT CAUSE ANALYSIS (RCA) PADA PEMBANGUNAN GEDUNG KANTOR PUSAT BANK BUMD DI JAWA TENGAH
		Pembimbing Pendamping	ISWAN PRAHASTONO	21000122220144	Analisa Teknis Penghapus Bukuan Atas Usulan ATTB Eks Mesin Pembangkit Milik UID Banten (PLTD Pulo Panjang)
			Agung Respati Manis	21000122220174	Kelayakan Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir di Sungai Asam Kota Jambi
			MUHAMMAD SYOFUAN KARNADI	21000122220196	Pembangkit Listrik Tenaga Surya-Photovoltaics (PLT-PV) Add-on Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Dual Fuel, dengan Konsep Primary Energy Offset dan Avoided Cost -- Photovoltaic Add-on Dual Fuel Gas Engine Power Plant, with Primary Energy Offset and Avoided Cost Concept
			HARIANTO	21000122220198	Analisa Kegagalan Material Tube Superheater PLTU Tanjung Jati Unit 1
			BRIAN BRAMANTYO SATRIAJI DWI ADIPUTRO HARSONO	21000122220201	Pengaruh Karakteristik Petir terhadap Kejadian Flashover dari Saluran Transmisi Udara milik PT PLN (Persero)

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
			OJO KURDI	21000122220216	Performance Analysis of Steam Turbine Capacity of 35 MW Unit X At Geothermal Power Plant
			ARDHIAN ELIA PATRIA	21000122220217	Metode Pekerjaan Dewatering pada Bangunan Sadap Saluran Sekunder di Proyek Irigasi Rentang LSS 03 Indramayu
			NABIL IZZA ABDULLAH	21000122220249	Penerapan Open Face Jacking Pemasangan RCP Diameter 600 mm pada Trase Lapisan Tanah Keras-Batuan (Studi Kasus: Trase Primer MH 3001 - MH 3002 pada Proyek Pembangunan Jaringan IPAL Kota Palembang Paket B2 B)
27	Ir. Sumardi, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	HAKIM HABIBI HIDAYATULLAH USMAN	21000122220156	Analisis Penyebab Kegagalan Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) 150 kV di Jembatan
			KEMAS MUHAMMAD TOFANI HAYYU SALAM	21000122220162	Analisa Pengaruh Perubahan Tekanan Pada Tegangan Tembus di Udara
			MUHAMMAD RIDWAN	21000122220172	Desain dan Simulasi Kendali Dual-Active Bridge untuk Solid State Transformer di Indonesia
			BRIAN BRAMANTYO SATRIAJI DWI ADIPUTRO HARSONO	21000122220201	Pengaruh Karakteristik Petir terhadap Kejadian Flashover dari Saluran Transmisi Udara milik PT PLN (Persero)
			ADI WINARKO FEPBRIONO	21000122220263	IMPLEMENTASI DIGITAL KONSTRUKSI TEKNOLOGI BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) DENGAN SOFTWARE AUTODESK REVIT UNTUK MENGHITUNG VOLUME CUT AND FILL PADA PROYEK PEMBANGUNAN TPST (TEMPAT PENGOLAHAN SAMPAH TERPADU) KOTA DENPASAR PROVINSI BALI
			BUDI SETIYONO	21000122220300	Pengembangan Sistem Monitoring Konsumsi Daya dan Tagihan Listrik Penghuni Rumah Kos berbasis Android
			AGHUS SOFWAN	21000122220302	Pengaruh Obstacle terhadap Kinerja Optical Network Terminal dalam Komunikasi Data
			MUHAMMAD HANIF MURTADLO	21000122220304	Sizing Control Valve Dengan Menggunakan Software Instrucalc Pada Saat Fase Tender Proyek EPC
			EDI TRIADI	21000122220310	Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dengan Metode Bow Tie Analysis Pada Kegiatan Perawatan Dan Perbaikan Di UPT Resor Sintelis
		Pembimbing Pendamping	AGUNG RAGIL PAMUNGKAS	21000122220139	Pengembangan Jaringan Intra Pemerintah Kabupaten Tegal Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
			DIMAS AJI NUGRAHA	21000122220140	Evaluasi kWh Meter Terbakar Merk A pada Beberapa Pelanggan PT PLN (Persero) di DKI Jaya
			NURUL MAGHFIROH MUCHAROMAH	21000122220154	Analisis Pemasangan Multirod Grounding pada Ruas SUTT 70 kV Sunyaragi-Kuningan
			ARY HARYAGUNG	21000122220164	EVALUASI PERENCANAAN GAPURA SARANA DAN PRASARANA KAWASAN PESANTREN BUNTET KABUPATEN CIREBON
			GILANG AFRILIANTO	21000122220166	Peran Konsultan Manajemen Konstruksi Pada Proyek Swaklola (Study Kasus: Pembangunan Masjid Taqwa Gondosari, Kudus)
			BOBBY RIO INDRIYANTHO	21000122220183	Analisis Struktur Beton pada Jembatan Kalikuto di Ruas Jalan Tol Batang Semarang
			ARIONMARO ASI SIMAREMARE	21000122220190	Kajian Konsumsi Energi dan User Experience dalam Penggunaan Kompor Induksi Sehari-Hari
			INSAN PRASASTI	21000122220233	PENILAIAN KINERJA DAN PENYUSUNAN ANGKA KEBUTUHAN NYATA OPERASI DAN PEMELIHARAAN (AKNOP) JARINGAN AIR BAKU
			M. Arfan	21000122220289	Enhancing Workplace Safety: Utilizing CNNs to Detect Personal Protective Equipment
28	Prof. Dr. Ir. Syafrudin, CES, M.T., IPM.	Pembimbing Utama/Ketua	RASGIANTI	21000122220155	Kajian Penanganan Lereng Tower Transmisi SUTT 150 kV akibat Galian Tanah
			WILLY PRADHANA	21000122220173	Analisa Penggantian Material Struktur Kayu OEM Douglas Fir dengan Substitusi Kayu Keruing di Cooling Tower Pertamina Refinery Unit III Plaju, Palembang.
			INDRA ARDHANAYUDHA ADITYA	21000122220188	Studi pemanfaatan biomassa sebagai bahan bakar PLTU batubara
			YASSER WAHYUDDIN	21000122220214	Analisis Ergonomi dan Antropometri Wahana Ekstrim Jembatan Kaca Tinjomoyo dalam Pemenuhan K3
			ISHAK ALVINE BUARAN MAPATON	21000122220219	Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Dangkal Menggunakan Hasil Uji Sondir dan SPT Pada Proyek Pembangunan Tower SUTT 150 kV
			BAYU PURNAMA	21000122220242	OPTIMASI KOMBINASI ALAT BERAT PADA PEKERJAAN TANAH PROYEK REVITALISASI SITU CIMANEUH
			NABIL IZZA ABDULLAH	21000122220249	Penerapan Open Face Jacking Pemasangan RCP Diameter 600 mm pada Trase Lapisan Tanah Keras-Batuan (Studi Kasus: Trase Primer MH 3001 - MH 3002 pada Proyek Pembangunan Jaringan IPAL Kota Palembang Paket B2 B)

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
			EDI MARWANTO S	21000122220258	Implementasi Teknik EVA pada Pemasangan Passive Fire Proofing di Proyek Unitisasi Gas Jambaran Tiung Biru, PT. Pertamina EP Cepu
			NOVIANTI CITRASARI	21000122220261	Tinjauan Pelaksanaan Pembuatan Starting Pit MH 2003 Proyek Pembangunan Jaringan IPAL Palembang Paket B2 A
			VEGIT RISANA HUGHES	21000122220287	Implementasi Konstruksi Modular Mobox (Mobile Box) Adhi Karya pada pembangunan di Indonesia
		Pembimbing Pendamping	DENI SETYA APRIANTO	21000122220186	Evaluasi Kuat Tekan Jalan Beton Yang Pola Pembangunannya Dengan Pemberdayaan Masyarakat Di Desa Tambakrejo Kecamatan Pemalang – Kabupaten Pemalang
			AGUS TRI WIBOWO	21000122220218	Evaluasi Desain Tanggul Pengaman Banjir di Sungai Cimeneng Kabupaten Cilacap Dilihat Dari Aspek Stabilitas
			ARI SURYONO	21000122220225	Pengendalian Waktu dan Biaya Dengan Metode Analisis Varian dibandingkan Dengan pengendalian Waktu dan Biaya dengan Digitalisasi
			ETIKA HERDIARTI	21000122220257	Implementasi Rekayasa Lalu Lintas Dampak Proyek Peningkatan Jalan Dalam Kota Gubug Kabupaten Grobogan
			ADITYA HERI SULISTIONO	21000122220271	Metode Pelaksanaan Pembangunan Embung Cikupa di Kabupaten Ciamis
			BUDI PRASETYO	21000122220283	Penggunaan metode diaphragm wall sebagai pengganti metode grouting tirai pada pelaksanaan pembangunan bendungan leuwikeris di kabupaten tasikmalaya dan kabupaten ciamis propinsi jawa barat.
			DION KARTINO FARDIAZ	21000122220313	Studi Kasus Erection PC-T Girder Bentang 52.8 m
29	Prof. Dr.rer.nat. Ir. Thomas Triadi Putranto, S.T., M.Eng., IPU., ASEAN Eng	Pembimbing Utama/Ketua	TEGAR KHARISMA PUTRA	21000122220170	Kajian Pemetaan Geologi dan Kerentanan Gerakan Tanah Di Sekitar Area T.02 dan T.03 SUTET 500kV Jalur Paiton - Grati
			BUDI CAHYONO	21000122220189	ANALISIS PELAKSANAAN PENGADAAN TANAH BAGI PEMBANGUNAN UNTUK KEPENTINGAN UMUM TERHADAP PERSEPSI MASYARAKAT YANG TERKENA (STUDI KASUS PELAKSANAAN PENGADAAN TANAH UNTUK PEMBANGUNAN JALAN TOL DEPOK ANTASARI SEKSI III)
			ARDHIAN ELIA PATRIA	21000122220217	Metode Pekerjaan Dewatering pada Bangunan Sadap Saluran Sekunder di Proyek Irigasi Rentang LSS 03 Indramayu
			YOGA BAYU AJI PRADANA	21000122220273	Konstruksi U-Ditch Pracetak Saluran Pembuang Dalinan Menggunakan Metode Lifting Excavator PC-200 Proyek Modernisasi Daerah Irigasi Rentang Paket LSS-03 di Kabupaten Indramayu

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
		Pembimbing Pendamping	DIONZA SURYA NUGRAHANTO	21000122220199	INVENTARISASI DAN ANALISIS PENYIAPAN DATA LAHAN PERTANIAN PANGAN BERKELANJUTAN (LP2B) DI KABUPATEN LAMANDAU PROVINSI KALIMANTAN TENGAH DENGAN MEMANFAATKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS
			HAYADI AGUS MAWARDIANTO	21000122220229	Penetapan Tarif Sewa Rumah Susun Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2022 (Studi Kasus : Rumah Susun Dukuh Menanggal Kota Surabaya)
			DWI HANDAYANI	21000122220262	STRATEGI MENDAPATKAN EFISIENSI BIAYA DENGAN METODE KUANTITATIF UNTUK PEKERJAAN ALUMINIUM COMPOSITE PANEL di PROYEK PEMBANGUNAN HALTE BRT – TRANSJAKARTA PAKET C - 20 HALTE
			DEDI HERMAWAN	21000122220279	PERENCANAAN KEBUTUHAN FASILITAS PEJALAN KAKI PADA AREA PENDIDIKAN JALAN PERJUANGAN CIREBON
			MUHAMMAD HANIF MURTADLO	21000122220304	Sizing Control Valve Dengan Menggunakan Software Instrucalc Pada Saat Fase Tender Proyek EPC
			DIDIK TRIMO SUBANDI	21000122220307	Rekayasa Geoteknik Untuk Penanganan Sesar Naik Memotong Bangunan Konduit Pengelakan Pada Pembangunan Bendungan Sadawarna Kabupaten Subang
30	Prof. Dr. Ir. Widayat, S.T., M.T., IPM, ASEAN.Eng.	Pembimbing Utama/Ketua	EKO SUPRIYANTO	21000122220133	Karakteristik Jeda Penyalaan B30 dan B100 pada Sistem Burner dengan Variasi Buka-an Blower Damper
			ALMAS APRILANA	21000122220136	Performance Test Co-Firing Pelet Sekam Padi Di PLTU Supercritical Boiler
			ARIYANA DWIPUTRA NUGRAHA	21000122220137	Pengembangan Material Chain Grate PLTU Stoker dengan Menggunakan Bahan Baku Lokal
			Manontong Sondang Sianipar	21000122220142	REKAYASA DESAIN TOWER SLIM SUTT 150 KV UNTUK MENGATASI KETERBATASAN LAHAN DI PERKOTAAN DENGAN MEMANFAATKAN TAPAK TOWER SUTT 70 KV EKSISTING
			ADIMAS	21000122220152	Studi Perbandingan Beton Lining Precast Dengan Beton Insitu Pada Proyek Irigasi Rentang Paket LSS-03 di Indramayu, Jawa Barat
			DANIEL	21000122220191	Penerapan Manajemen Risiko dalam Pengelolaan Proyek Konstruksi Transmisi dan Gardu Induk di Unit Pelaksana Proyek
			ARI WIBAWA BUDI SANTOSA	21000122220207	STUDI PERANCANGAN KAPAL PUSKESMAS KELILING UNTUK MENUNJANG PELAYANAN KESEHATAN DAERAH PESISIR
			MEIBORN SIMANJUNTAK	21000122220234	ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN APARTEMEN 10 LANTAI MENGGUNAKAN SOFTWARE SANSPRO V.5.20

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
			GANISH EKO MAYNDRA	21000122220245	Project Implementation of Upgrade Material Tube Surface Condenser (EA-654) dengan Cu-Ni 70/30 untuk Meningkatkan Corrosion Resistance PT. Chandra Asri Petrochemical
			YAHYA YOSHUA LEANDER	21000122220284	Kajian Pelaksanaan Operasi dan Pemeliharaan Irigasi Partisipatif di Daerah Irigasi Manganti dengan Melibatkan Peran Serta Perkumpulan Petani Pemakai Air
			LYDIA RATNA DEWI	21000122220286	Analisis Job Safety Analysis (JSA) pada Pekerjaan Pemasangan Ring Manhole dengan Metode Caisson Pada Proyek Pembangunan Jaringan IPAL Kota Palembang
			VICTOR	21000122220312	Studi Identifikasi Kerusakan Bangunan Gedung SMPN 7 Kota Pekanbaru berdasarkan Surat Edaran DJCK No. 47 Tahun 2020
			ARIF INDRA NUGRAHA	21000122220317	Rekayasa Line Proses Long Residue Bottom Column Destilasi Melalui Metoda Hot Tap pada Manhole High Temperature Pressure Vessel di Column 1-2 CDU IV PT Kilang Pertamina Internasional RU III Plaju
			SUGENG HARIANTO	21000122220322	Analisis Kebutuhan Early Release dan Optimasi Reduksi Banjir pada Bendungan Ameroro Kab. Konawe Provinsi Sulawesi tenggara
		Pembimbing Pendamping	Wahyul Amien Syafei	21000122220138	A Novel Phase Rotation Method Using Partial Transmit Sequence to Reduce PAPR of Mixed Format Preamble for Gigabit WLAN
			ALBERTA RIANITA AYUDINI	21000122220141	Method of workability Strengthening columnn with slanting prestressed cable and steel Beam
			FEFRIA TANBAR	21000122220143	Model Perancangan Mini-Organic Rankine Cycle (ORC) dari Single-Separator Dengan Variasi Tekanan Fluida Kerja pada Outlet Heat Exchanger
			RASGIANTI	21000122220155	Kajian Penanganan Lereng Tower Transmisi SUTT 150 kV akibat Galian Tanah
			FICKY FIRMAN AJI	21000122220181	Kajian Penggunaan Bahan Bakar Nabati (BBN) untuk Operasi Mesin Diesel
			BAYU PURNAMA	21000122220242	OPTIMASI KOMBINASI ALAT BERAT PADA PEKERJAAN TANAH PROYEK REVITALISASI SITU CIMANEUH
			NOVIANTI CITRASARI	21000122220261	Tinjauan Pelaksanaan Pembuatan Starting Pit MH 2003 Proyek Pembangunan Jaringan IPAL Palembang Paket B2 A
			AGHUS SOFWAN	21000122220302	Pengaruh Obstacle terhadap Kinerja Optical Network Terminal dalam Komunikasi Data

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
31	Ir. Yosua Alvin Adi Soetrisno, S.T., M.Eng., IPM	Pembimbing Utama/Ketua	FICKY FIRMAN AJI	21000122220181	Kajian Penggunaan Bahan Bakar Nabati (BBN) untuk Operasi Mesin Diesel
			HARRY RACHMAWAN	21000122220268	ANALISIS ARC FLASH UNTUK MENENTUKAN JENIS APD (ALAT PELINDUNG DIRI) KESELAMATAN PEKERJA BESERTA PERALATAN LISTRIK
			ANDI KURNIAWAN NUGROHO	21000122220290	Klasifikasi Stroke Intracerebral Haemorrhage (ICH) menggunakan Modified Layers Convolutional Neural Network (ML-CNN) berbasis Citra Diffusion Weighted – Magnetic Resonance Imaging (DW-MRI)
		Pembimbing Pendamping	SRIYONO	21000122220159	Karakteristik distribusi tegangan pada transformator tenaga dengan mempertimbangkan fenomena resonansi
			SATRIYO AJI	21000122220194	Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dengan Teknologi Insinerasi pada Proyek Fasilitas Pengelolaan Limbah Terpadu (FPLT) Kawasan Medan
			BUDI SETIYONO	21000122220300	Pengembangan Sistem Monitoring Konsumsi Daya dan Tagihan Listrik Penghuni Rumah Kos berbasis Android
			MUHAMMAD HANIF MURTADLO	21000122220304	Sizing Control Valve Dengan Menggunakan Software Instrucalc Pada Saat Fase Tender Proyek EPC
			NURUL HAFNI	21000122220318	hubungan loss of load probability dengan keandalan pembangkit dan potensi biaya tambahan yang harus disiapkan selama masa operasi
32	Prof. Dr. Ir. Bambang Waluyo Hadi Eko Prasetiyono, M.S., M.Agr., IPU.	Pembimbing Utama/Ketua	MUNAWIR ROSYADI SIREGAR	21000122220161	Metode Steam Blowing untuk Pembersihan Pipa Alir Uap Utama pada Proyek Pembangkit Listrik Panas Bumi
			NATALINA	21000122220197	KAJIAN PENGGUNAAN ADITIF GA 57 DI PT PLN (Persero) WILAYAH MALUKU DAN MALUKU UTARA
		Pembimbing Pendamping	ARIYANA DWIPUTRA NUGRAHA	21000122220137	Pengembangan Material Chain Grate PLTU Stoker dengan Menggunakan Bahan Baku Lokal
			Ruly	21000122220165	Simulasi dan Analisis Performa Pembangkit Listrik Tenaga Gas (Studi kasus pada PLTG Jambi)
			HAMDAN HARTONO ALIF	21000122220212	Pengaruh AFR Terhadap Pemakaian Total Sray Flow di Zona Konveksi Superheater dan Reheater Pada Cofiring Sawdust Boiler Tipe Pulverized Coal
			Rangsang Kusumadilaga	21000122220221	KAJIAN REPARASI PENGECATAN PADA LAMBUNG KAPAL (STUDI KASUS KMP. DORO LONDA)

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
33	Dr. Ir. Limbang Kustiawan Nuswantara, S.Pt., M.P., IPU.	Pembimbing Utama/Ketua	VIVI FITRIANI	21000122220177	Analisa Unjuk Kerja Boiler dan Turbin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Batubara Sebalang
			SENO DARMANTO	21000122220230	Pembuatan Komposit berserat Skala Nanofibril dengan Teknik Tuang
		Pembimbing Pendamping	EKO SUPRIYANTO	21000122220133	Karakteristik Jeda Penyalaan B30 dan B100 pada Sistem Burner dengan Variasi Buka-an Blower Damper
			RIFKY ISMAIL	21000122220277	Design and Testing a Fabric-Based Portable Soft Exoskeleton Glove for Hand Grasping Assistance in Daily Activity
			MOHAMAD SAID KARTONO TONY SURYO UTOMO	21000122220316	Numerical Analysis of the Combustion of Palm Shell Kernel Biomass Co-firing In Stoker Boiler
			ARIF INDRA NUGRAHA	21000122220317	Rekayasa Line Proses Long Residue Bottom Column Destilasi Melalui Metoda Hot Tap pada Manhole High Temperature Pressure Vessel di Column 1-2 CDU IV PT Kilang Pertamina Internasional RU III Plaju
34	Prof. Ir. Vitus Dwi Yudianto Budi Ismadi, M.S., M.Sc., Ph.D., IPU.	Pembimbing Utama/Ketua	FAUZAN PUTRA	21000122220132	PEMETAAN TEMATIK OBYEK TANAH BERBASIS KEARIFAN LOKAL (TANAH ULAYAT) DI NAGARI V KOTO KECAMATAN KOTO VII KABUPATEN SIJUNJUNG SEBAGAI BENTUK PERENCANAAN PARTISIPATIF.
			ALBERT	21000122220272	Strategi Pengembangan Usaha Sayuran Hidroponik Di Hidroponik Binjai
			DERIS TEGUH GUMELAR	21000122220280	Pemanfaatan Peta Foto Dalam Rangka Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap
			ALVIN FRINANDY	21000122220296	Analisa Hasil Pemantauan Instrumentasi Geoteknik Sebagai Keamanan Tubuh Bendungan Sadawarna pasca satu Bulan Impounding
		Pembimbing Pendamping	DESY HARYANTI	21000122220158	Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan pada Industri Plywood PT Albisindo Timber Kabupaten Kudus
			MEIRI TRIANI	21000122220175	Potensi Dekarbonisasi Pembangkit Listrik Berbahan Bakar Batubara Melalui Inisiatif Cofiring Biomassa dan Carbon Capture Utilization Storage
			APRILINA PURBASARI	21000122220238	Pemanfaatan Abu Terbang sebagai Geopolimer untuk Adsorpsi Logam Berat Mn pada Air Limbah
			EDI MARWANTO S	21000122220258	Implementasi Teknik EVA pada Pemasangan Passive Fire Proofing di Proyek Unitisasi Gas jambaran Tiung Biru, PT. Pertamina EP Cepu

No	Nama Pembimbing	Jabatan	Nama Mahasiswa	NIM	Judul
35	Dr. Ir. Yoyok Budi Pramono, S.Pt., M.P., IPM.	Pembimbing Utama/Ketua	FEFRIA TANBAR	21000122220143	Model Perancangan Mini-Organic Rankine Cycle (ORC) dari Single-Separator Dengan Variasi Tekanan Fluida Kerja pada Outlet Heat Exchanger
		Pembimbing Pendamping	FRANS MANAHARA SIHOMBING	21000122220150	Implementasi Axial Submersible Pump untuk Penanggulangan Banjir di Kawasan Artha Gading (Studi Kasus: Proyek Pembangunan/Rehabilitasi Polder Kelapa Gading)
			MUJAMMIL ASDHIYOGA RAHMANTA	21000122220167	Analisis PESTEL Pemanfaatan Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) untuk Mendukung Program Net Zero Emission di Indonesia
			M. Agus Mandala Putra	21000122220187	Rancang dan Fabrikasi Test Stand Wheel Boogie pada workshop Garbarata PT Bukaka Teknik Utama
			FAJAR BUDI SULISTIONO	21000122220282	Analisis Persyaratan Laik Jalan kendaraan Bermotor Efisiensi Sistem Rem Utama pada alat uji Brake Tester BM 14200 di Balai Uji Prasarana Teknis Perhubungan Kota Tangerang

SALINAN SESUAI DENGAN ASLINYA
MANAJER TATA USAHA FAKULTAS TEKNIK



Ir. ARI EKO WIDYANTORO, S.T., M.Si., IPM
NIP 197510172003121004

Semarang, 16 Oktober 2023

DEKAN FAKULTAS TEKNIK,

ttd

Prof. Ir. M. AGUNG WIBOWO, M.M., M.Sc., Ph.D.
NIP 196702081994031005

**ANALISA NUMERIK KARAKTERISTIK LAMBUNG
PLANING HULL AKIBAT MODIFIKASI BURITAN**



KARYA ILMIAH

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Insinyur Pada
Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur

Oleh :

Samuel

2100012220211

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN PROFESI INSINYUR

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

TAHUN 2023

LEMBAR PENGESAHAN

Karya Ilmiah atas nama:

Mahasiswa : Samuel

NIM : 21000122220211

Program Studi : Program Profesi Insinyur

Judul : Analisa Numerik Karakteristik Lambung Planing Hull Akibat Modifikasi Buritan

Telah memenuhi persyaratan kaidah Karya Ilmiah di Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Semarang, 5 Juni 2023

Pembimbing 1

Pembimbing 2



Dr.-Ing. Ir. Paryanto, S.T., M.T. IPM
NIP. 198509092018081001



Prof. Dr. Ir. Moh. Djaeni, S.T., M.Eng., IPM
NIP. 197102071995121001

LEMBAR PERSETUJUAN

Karya Ilmiah

ANALISA NUMERIK KARAKTERISTIK LAMBUNG PLANING HULL AKIBAT
MODIFIKASI BURITAN

Disusun Oleh:

Samuel

21000122220211

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji

Pada Tanggal: 5 Juni 2023

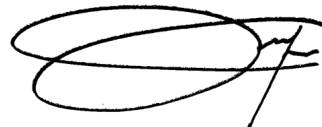
Tim penguji,

Penguji 1



Dr.-Ing. Ir. Paryanto, S.T., M.T. IPM
NIP. 198509092018081001

Penguji 2



Prof. Dr. Ir. Moh. Djaeni, S.T., M.Eng., IPM
NIP. 197102071995121001

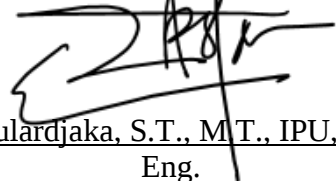


Penguji 3



Prof. Dr. Ir. Hadiyanto, S.T., M.Sc., IPU, ASEAN
Eng.
NIP. 197510281999031004

Penguji 4

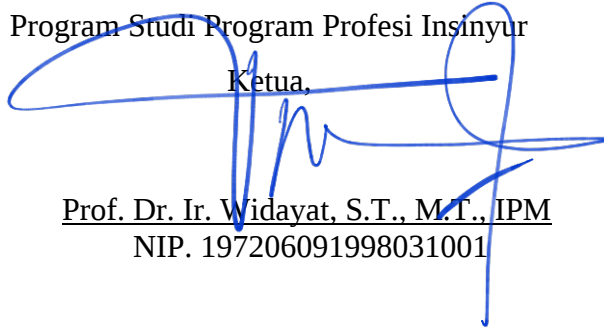


Dr. Ir. Sulardjaka, S.T., M.T., IPU, ASEAN
Eng.
NIP. 197104201998021001

Karya Ilmiah ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh
gelar Insinyur Tanggal: 5 Juni 2023

Program Studi Program Profesi Insinyur

Ketua,



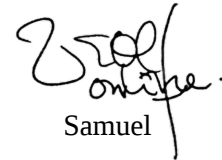
Prof. Dr. Ir. Widayat, S.T., M.T., IPM
NIP. 197206091998031001

PERNYATAAN ORISIONALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Karya Ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Karya Ilmiah ini akan saya publikasikan pada Engineering Journal.

Semarang, 5 Juni 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Samuel' with a stylized flourish.

21000122220211

ABSTRAK

S. Samuel, Parlindungan Manik, P. Paryanto, M. Djaeni, Tuswan, Rizal Kurnia Praja, Muryadin

Karakteristik planing hull bergantung pada sudut trim, kecepatan, titik berat dan sudut dead rise. Sudut trim kapal akan mempengaruhi kinerja dari hambatan kapal. Salah satu cara untuk memperbaiki hambatan kapal adalah memodifikasi badan kapal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja hambatan kapal deep-v planing hull dengan menggunakan modifikasi extended stern. Prediksi resistance performance dan gerakan kapal disimulasikan berdasarkan persamaan Reynold Average Navier Stroke (RANS) untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Hasil simulasi modifikasi stern menunjukkan hambatan berkurang pada kecepatan $Fr\ 0.58 - 0.87$. Extended stern dengan sudut 30° menunjukkan hasil yang terbaik dengan persentase pengurangan hambatan sebesar 26% pada $Fr\ 0.58$.

Kata kunci: extended stern, planing hull, resistance performance, trim

INTRODUCTON

Isu mengenai efisiensi energi yang dikeluarkan oleh International Maritime Organisation Energy Efficiency Design Index (IMO EEDI) mendorong para peneliti untuk meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar [1]. Seluruh klasifikasi di dunia ikut berpartisipasi mengacu pada kebijakan tersebut, seperti Badan Klasifikasi Indonesia (BKI), Nippon Kaiji Kyokai (NK), Indian Register of shipping (IR), dan Bureau Veritas (BV).

Planing hull adalah kapal berkecepatan tinggi dengan karakteristik hidrodinamik yang relatif kompleks. Penambahan stern appendage seperti interceptor, stern flap atau trim tab, dan hull vane merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dengan mengurangi hambatan pada planing hull. Day and Cooper mempelajari pengaruh dari penggunaan interceptor terhadap pengurangan hambatan pada sailing yachts. Interceptor menunjukkan pengurangan hambatan 10-18% pada rentang kecepatan 8-20 knots [2]. Evaluasi interceptor diamati terhadap posisi yang efektif untuk mengurangi hambatan kapal. Dilaporkan bahwa interceptor akan mengurangi hambatan dengan cara mengontrol moment yang disebabkan oleh interceptor [3]. Yaakob et al. melakukan pengujian pada kapal planing hull menggunakan stern flap yang dilaporkan terjadi pengurangan hambatan rata-rata sebesar 4.5% [4]. Hal serupa juga pernah dilakukan untuk mengamati kinerja dari stern flap atau trim tab [5]–[8]. Song et al. menganalisis kombinasi interceptor dan stern flap yang menunjukkan peningkatan signifikan untuk mengurangi hambatan pada $Fr\ 0.334 - 0.058$ [9]. Penelitian lain yang terkait dengan kontrol trim adalah hull vane, foil transversely fixed at the transom bottom of ships. Tujuan simulasi hull vane mendesain energy-saving appendage untuk mengurangi hambatan kapal dengan bantuan Machine Learning dan Artificial Neural Network [10]. Penambahan stern appendage seperti interceptor, stern flap atau trim tab, dan hull vane bertujuan untuk mengontrol trim agar mengurangi hambatan kapal.

Upaya untuk memperbaiki hambatan tidak selalu menggunakan stern appendage, tetapi bisa juga dengan memodifikasi bentuk pada lambung. Hingga saat ini berbagai konfigurasi seperti chine [11]–[13], step hull [14]–[17], spray rail [18]–[20], stern wedges [21] dan tunnel [22], [23] telah diteliti untuk meningkatkan performa kapal. Kim et al. mengembangkan tiga model lambung kapal cepat

dengan metode eksperimen. Deep-V Planing Straight (VPS), Deep-V Wave-piercing Concave (VWC) dan Deep-V wave-piercing Straight (VWS) dilaporkan untuk melihat efek badan kapal terhadap motion. Extend stern dilakukan pada setiap kapal, namun tidak fokus pada modifikasi badan kapal [24].

Yousefi et al. mengungkapkan metode CFD yang paling populer terkait planing hull, yaitu Finite Volume Method (FVM), Finite Element Method (FEM), dan Boundary Element Method (BEM). FVM merupakan metode yang paling dominan untuk memprediksi karakteristik planing hull karena akurasi turbulensi yang lebih baik dibandingkan metode lain [25]. Sukas et al. [26] melakukan penelitian menggunakan metode empiris, eksperimental, dan CFD. Mereka melaporkan bahwa metode CFD dengan teknik overset mesh dapat memprediksi gerakan kapal.

Pertimbangan keuangan dan lingkungan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar menjadi kebutuhan. Berdasarkan penelitian sebelumnya, upaya memperbaiki hambatan kapal dilakukan dengan menambah stern appendage dan memodifikasi hull form. Penambahan stern appendage bertujuan untuk memberikan gaya angkat pada buritan di kecepatan tertentu. Bentuk extend buritan dengan hambatan terendah bukanlah bentuk extend terbaik karena faktor lain seperti kecepatan kapal juga berperan. Perancang kapal dapat menggunakan pengetahuan ini untuk menemukan trade-off yang memadai antara hambatan dan bentuk lambung. Tujuan penelitian ini adalah memodifikasi buritan kapal dengan cara menambah extend stern. Penambahan panjang kapal pada buritan akan mempengaruhi sudut trim, sehingga akan memperbaiki hambatan pada kecepatan tertentu. Pada penelitian ini akan mengkaji pengaruh bentuk extended stern pada kapal planing hull. Verifikasi hasil simulasi numerik vs eksperimen dilakukan dari penelitian sebelumnya. Simulasi numerik menggunakan persamaan Reynold Average Navier Stroke (RANS) dilakukan untuk menyelesaikan dinamika fluida. Aliran udara-air di sekitar lambung berkerja pada air tenang dan diasumsikan fixed in roll and free in heave and pitch directions.

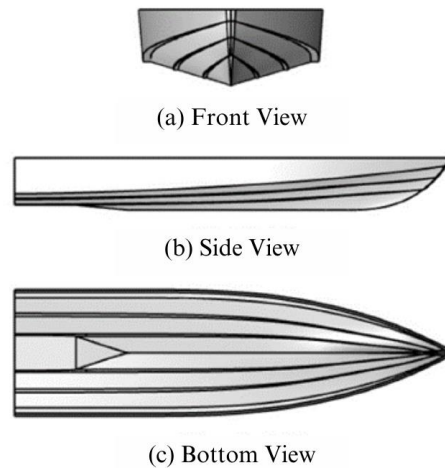
MATERIAL AND METHOD

Research Object

Pada studi ini memakai lambung Deep- V yang sudah diuji secara eksperimen dalam keadaan air tenang yang telah berstandar ITTC. Aragon 2 ialah pengembangan hull generasi ke 6 dari Kim et al [27]. Kapal ini didesain tanpa penumpang dengan skala penuh oleh Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering (KRISO) guna keperluan militer. Pengujian turning characteristic sudah dicoba oleh Kim et al [28]. Riset berikutnya dilakukan oleh Park et al dengan menerapkan interceptor [29]. Ukuran dimensi utama Aragon 2 ditampilkan pada tabel 1. 3D modelling, experimental, dan full scale aragon 2 ditampilkan pada gambar 1. Penelitian ini dibatasi pada kapal Aragon 2 pada kondisi calm water di perairan dalam. Simulasi numerik dilakukan pada fixed in roll and free in heave and pitch directions. Pengujian ini diasumsikan pada kondisi muatan penuh, sehingga berpotensi mendapatkan hambatan paling besar.

Tabel 1. Ukuran utama kapal planing hull [29]

Dimensi	Full Scale	Model Scale 1/5.33	Unit
LOA	8.00	1.50	Meter
LWL	7.53	1.41	Meter
B	2.20	0.41	Meter
T	0.41	0.07	Meter
Δ	3000	19.78	Kg
LCG	2.64	0.49	Meter
C.G from baseline	0.80	0.15	Meter
Deadrise angle	16 at transom, 24 at midship		Degree



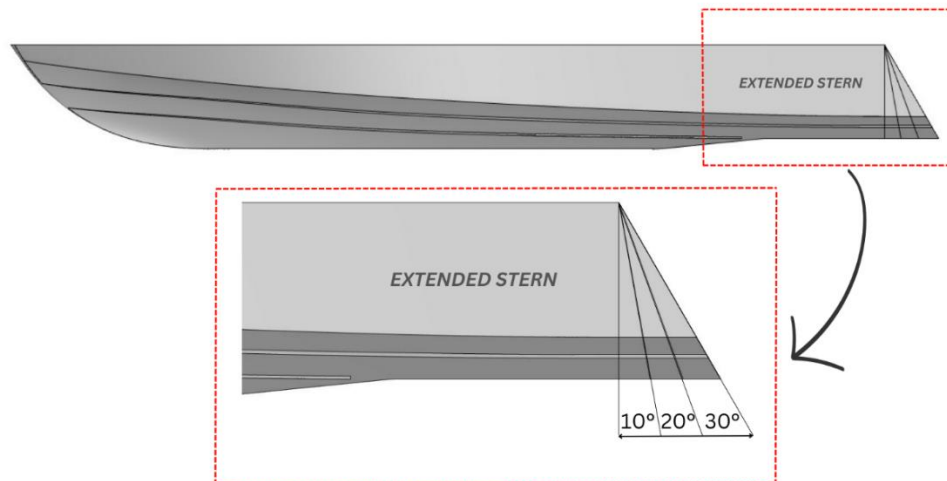
Gambar 1. 3D modelling kapal Aragon 2 [29]

Model Variation

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis drag, trim, dan heave kapal akibat bentuk extended stern yang berbeda. Variasi extended stern menggunakan sudut yang berbeda divisualisasikan pada gambar 2. Bagian bawah buritan diperpanjang merupakan suatu modifikasi pada bagian buritan kapal untuk mengurangi hambatan total kapal dan sudut trim yang dibutuhkan pada kecepatan tinggi sehingga bisa meningkatkan performa kapal. Variasi model penelitian ditunjukkan pada table 2.

Tabel 2. Parameter studi

Parameter	Variabel
Extended Stern	10° 20° 30°
Froude Number	0.29; 0.58; 0.87; 1.16; 1.45



Gambar 2. Sketsa sudut extended stern

Governing Equation

Fluida diasumsikan mempunyai kekentalan tetap dan *Newtonian fluid*. Simulasi dilakukan pada dua fase yang berbeda, yaitu air (*w*) dan udara (*a*) yang terdapat pada satu *domain*. Fluida pada kondisi *incompressible* menggunakan pendekatan *Eulerian model* yang persamaan yang mengatur gerakan fluida ditetapkan sebagai berikut:

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0 \quad (1)$$

$$\partial_t(\gamma) + \nabla \cdot (\mathbf{u}\gamma) = 0 \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \partial_t(\rho_c \mathbf{u}) + \nabla(\rho_c \mathbf{u}) \mathbf{u}^t \\ = \\ -\nabla \rho + \nabla \cdot (\mu_c + \mu_t)[\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T] + \rho_c f_b \end{aligned} \quad (3)$$

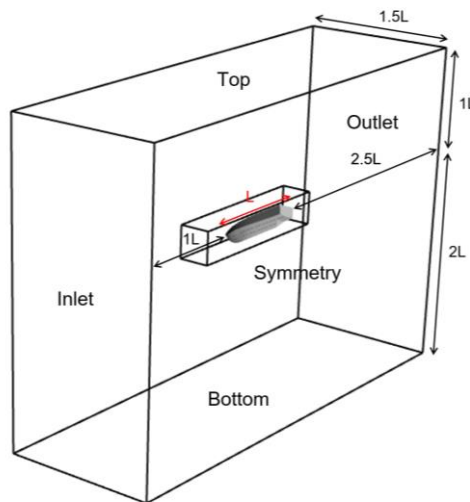
Dimana $\mathbf{u}$ adalah vektor kecepatan aliran. ρ_c dan μ_c masing-masing adalah densitas dan viskositas aliran. μ_c adalah tekanan dan $f_b = (-g \ 0 \ 0)$ mengindikasikan gaya eksternal yang timbul dari gravitasi. γ adalah fraksi fasa fluida yang nilainya berkisar antara 0 hingga 1. μ_c adalah viskositas campuran dan μ_t adalah *eddy viscosity*. Nilai μ_t bervariasi dari satu titik ke titik lainnya, dan merupakan fungsi dari gerakan fluida dan dapat ditemukan dengan menggunakan model turbulensi yang berbeda.

Setiap campuran air dan udara dapat mengambil nilai *phase fraction* $\gamma \in (0,1)$. Nilai dari setiap parameter fisik di bawah campuran udara dan air, ditentukan dengan:

$$\phi_c = \phi_a(1 - \gamma) + \gamma\phi_w \quad (4)$$

Untuk memproduksi *physical problem* secara numerik, massa jenis air dan viskositas ditentukan pada nilai 997.561 kg/m^3 dan $8.8871 \times 10^{-4} \text{ Pa-s}$ (kondisi air tawar). Massa jenis dan viskositas udara ditentukan pada nilai 1.18415 kg/m^3 dan $1.855 \times 10^{-5} \text{ Pa-s}$.

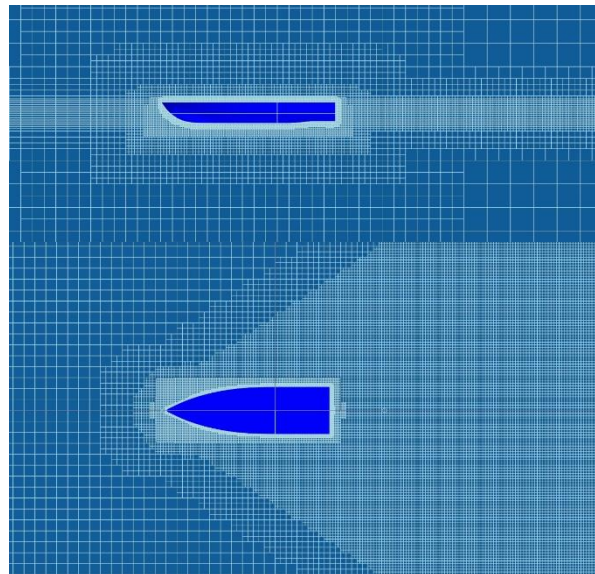
Pada penelitian ini komputasi domain mengacu pada rekomendasi ITTC[30] yaitu satu Panjang kapal (L) di depan haluan hingga batas inlet, $2.5L$ di belakang transom sampai batas outlet, $2L$ dibawah lunas hingga batas bawah, $1L$ untuk masing-masing bagian atas dan sisi lambung kapal seperti ditunjukkan pada gambar 3. Batas aliran masuk, bawah, samping dan atas dideskripsikan dengan velocity inlet, batas keluar digunakan pressure outlet yang ditempatkan cukup jauh untuk memastikan tidak terjadi pantulan aliran dan fluida dapat berkembang sepenuhnya. Body surface menggunakan kondisi batas no-slip. Dengan bentuk simetri kapal, hanya setengah badan kapal dan domain yang masuk ke bidang longitudinal yang dipertimbangkan dalam analisis CFD, untuk mengurangi upaya waktu komputasi. Normal velocity dan normal gradient semua variable yang digunakan adalah nol pada kondisi symmetry plane.



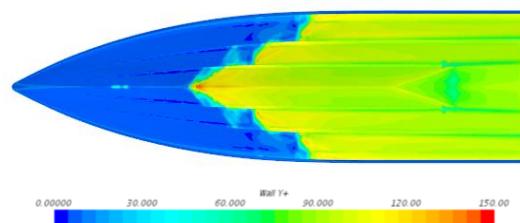
Gambar 3. Ilustrasi domain komputasi dengan boundary condition

Meshing pada riset ini memakai metode overset mesh. Overset mesh ialah metode mesh dengan metode donor– acceptor cells. Dimana terdapat 2 geometri, background selaku pendonor, serta overset selaku

penerima donor. Overset grid ialah metode keakuratan yang baik dari metode diskrit lain semacam morphing grid serta moving grid. Riset De Luca et al. pada tahun 2016 membandingkan antara metode overset grid dan moving grid. Hasilnya overset grid menampilkan hasil yang lebih baik daripada moving grid [31]. Pada tahun 2017 De Marco et al membandingkan metode overset grid dengan morphing grid. Hasil keduanya menampilkan hasil yang baik, namun overset grid sedikit lebih baik dalam keakuratan memprediksi hasil [1]. Tetapi overset mesh membutuhkan waktu yang lama sebab terdapat dua boundary yang saling berhubungan. Konsentrasi mesh dilakukan berdasarkan koordinat x, y, z menggunakan metode isotropic atau anisotropic. Semakin rapat konsentrasi mesh maka akan menambah waktu komputasi, sehingga kerapatan mesh hanya dilakukan pada bagian tertentu saja. Visualisasi kerapatan mesh pada penelitian ini ditampilkan pada gambar 4.



Gambar 4. Kerapatan mesh



Gambar 5. Visualisasi y^+

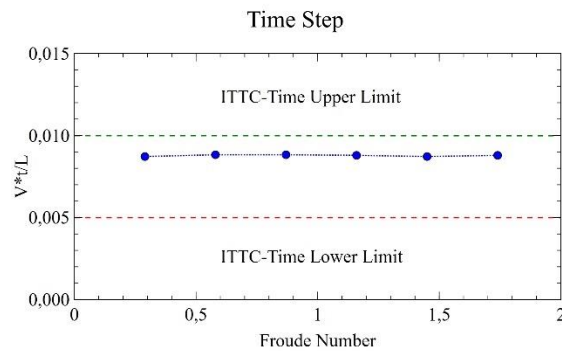
Prism layers dibuat berdekatan dengan lambung kapal dengan tujuan untuk menangkap aliran boundary layer secara akurat dan 6 prism layers digunakan pada penelitian ini. Wall function (y^+) digunakan untuk mengurangi ketidakakuratan dalam perhitungan. Nilai y^+ antara 30-130 untuk mendapatkan hasil yang akurat [32]. Sedangkan menurut rekomendasi ITTC nilai y^+ dapat dihitung dengan Persamaan 5.

$$\frac{y}{L} + \frac{y^+}{Re \sqrt{\frac{C_f}{2}}} \quad (5)$$

Dimana y adalah tebal layer pertama, L adalah panjang objek, C_f adalah estimasi dari koefisien gesek permukaan objek dan Re adalah Reynold Number. Gambar 5 menunjukkan visualisasi nilai y^+ pada kapal, dimana nilai y^+ rata-rata berada pada kisaran 50-60. Time step merupakan interval periode

untuk setiap perhitungan iterasi. Time step yang digunakan untuk simulasi ini adalah fungsi dari kecepatan kapal (V) dan panjang garis air (L) sesuai Persamaan 6, sebagaimana yang direkomendasikan oleh ITTC. Untuk menentukan time-step pada penelitian ini tergantung angka Courant-Friedrichs-Lewy (CFL). Angka CFL menunjukkan jumlah titik yang ditempuh oleh partikel fluida dalam interval waktu. Semakin cepat kapal maka semakin kecil time-step yang digunakan. Penelitian ini diambil nilai time step rata-rata pada 0,008 yang ditunjukkan pada gambar 6.

$$\Delta t_{ITTC} = 0.005 \sim 0.01 \frac{L}{V} \quad (6)$$



Gambar 6. Ilustrasi time step

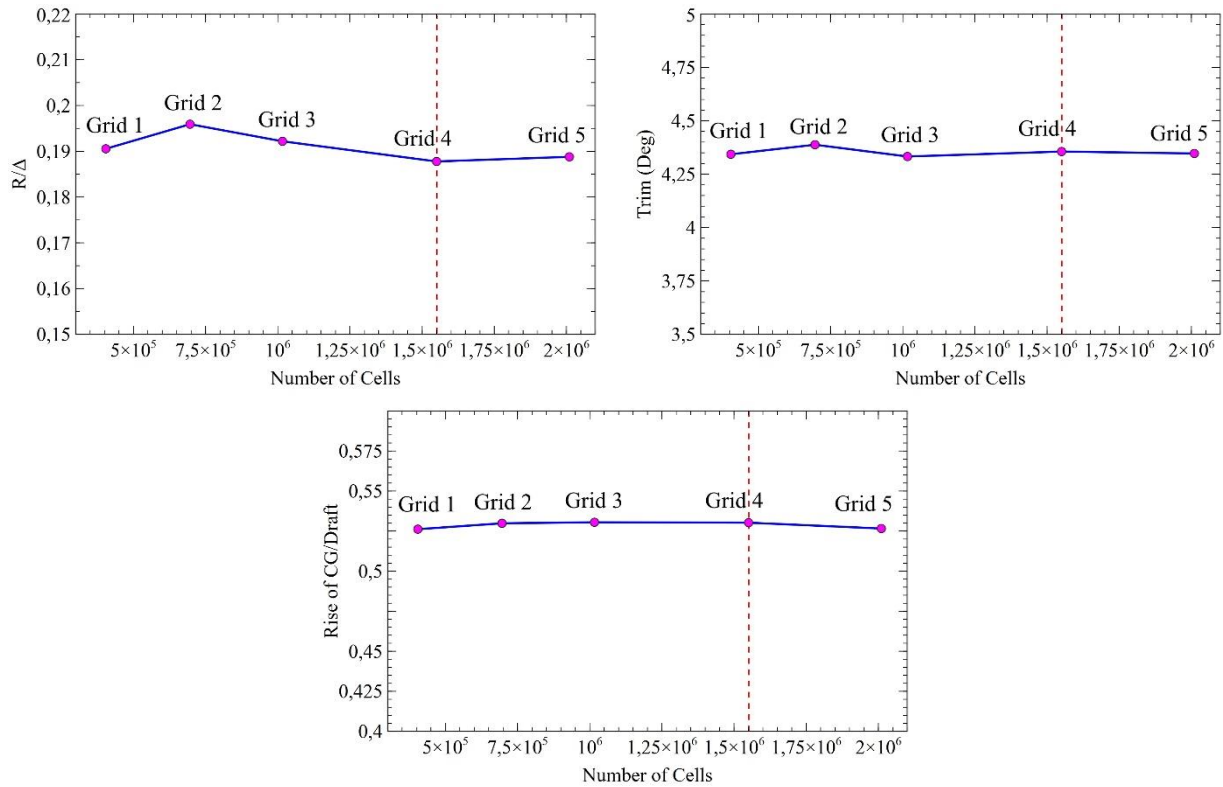
RESULT AND DISCUSSION

Convergenesse Assesment

Grid memerankan peranan yang penting untuk merepresentasikan aliran air di dekat badan kapal. Hasil simulasi sangat bergantung pada kualitas grid, terutama pada permukaan bebas. Jumlah elemen merupakan faktor penting dalam kualitas hasil simulasi. Jumlah elemen yang lebih tinggi menghasilkan hasil yang lebih akurat pada batasan tertentu, hal ini merupakan titik temu antara waktu pemrosesan dan akurasi. Terdapat 5 grid kuantitas mesh dengan jumlah 0.40; 0.69; 1.02; 1.55; 2.01 dalam satuan juta sel dengan Froude number 1.45 yang ditunjuk pada table 3. Hambatan divisualisasikan dengan satuan non-dimensional R/Δ , trim dengan degree, dan heave dengan satuan non-dimensional rise of cg/draft. Tabel 3 menunjukkan studi dari grid independency yang bertujuan untuk pemilihan kualitas grid. Hal ini dilakukan untuk memastikan data yang didapat telah konvergen sehingga penelitian ini dapat dinyatakan valid.

Tabel 3. Jumlah elemen total mesh

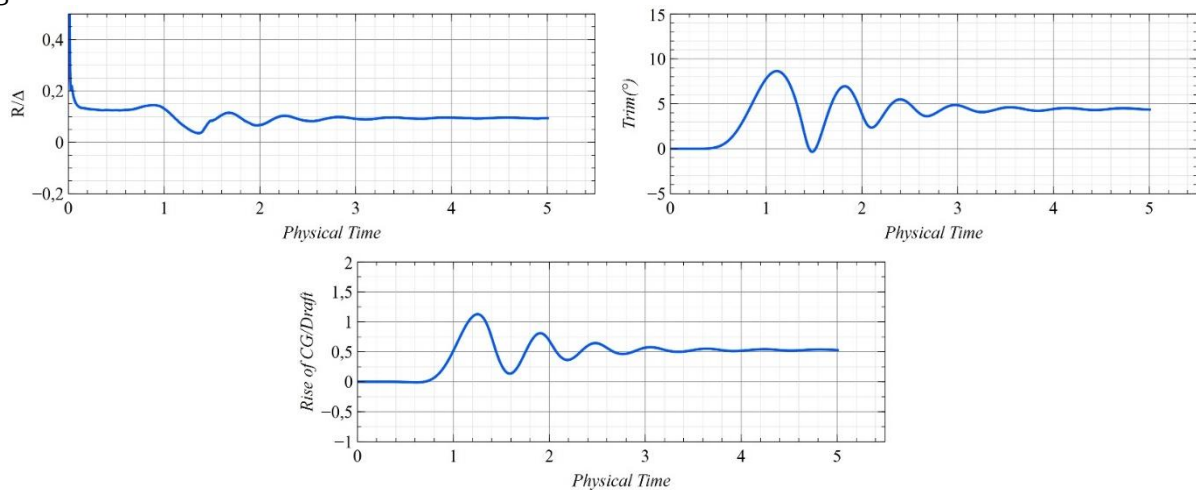
Grid	Kualitas Grid	Jumlah Elemen Total
1	Very Coarse	404474
2	Coarse	696084
3	Medium	1016192
4	Fine	1550408
5	Very Fine	2010230



Gambar 7. Grid independency untuk hambatan, trim, dan heave

Dari grafik menunjukkan seiring bertambahnya jumlah mesh, data yang didapat semakin konvergen seperti pada Gambar 7. Hasil dari grid 4 dan grid 5 menunjukkan kestabilan nilai yang baik. Namun grid 5 memerlukan waktu komputasi yang lebih lama. Oleh karena itu simulasi pada penelitian ini menggunakan grid 4 dengan total mesh 1.55M dan besar persentase error untuk hambatan sebesar 8.89%, trim 5.97%, dan heave 12.97%. Dengan tetap mempertimbangkan waktu komputasi yang lebih singkat dengan hasil yang telah konvergen.

Konvergensi data model untuk nilai hambatan, trim, dan heave dievaluasi dengan time yang menunjukkan data telah konvergen setelah 4 detik. Konvergensi data terhadap time ditunjukkan pada gambar 8.

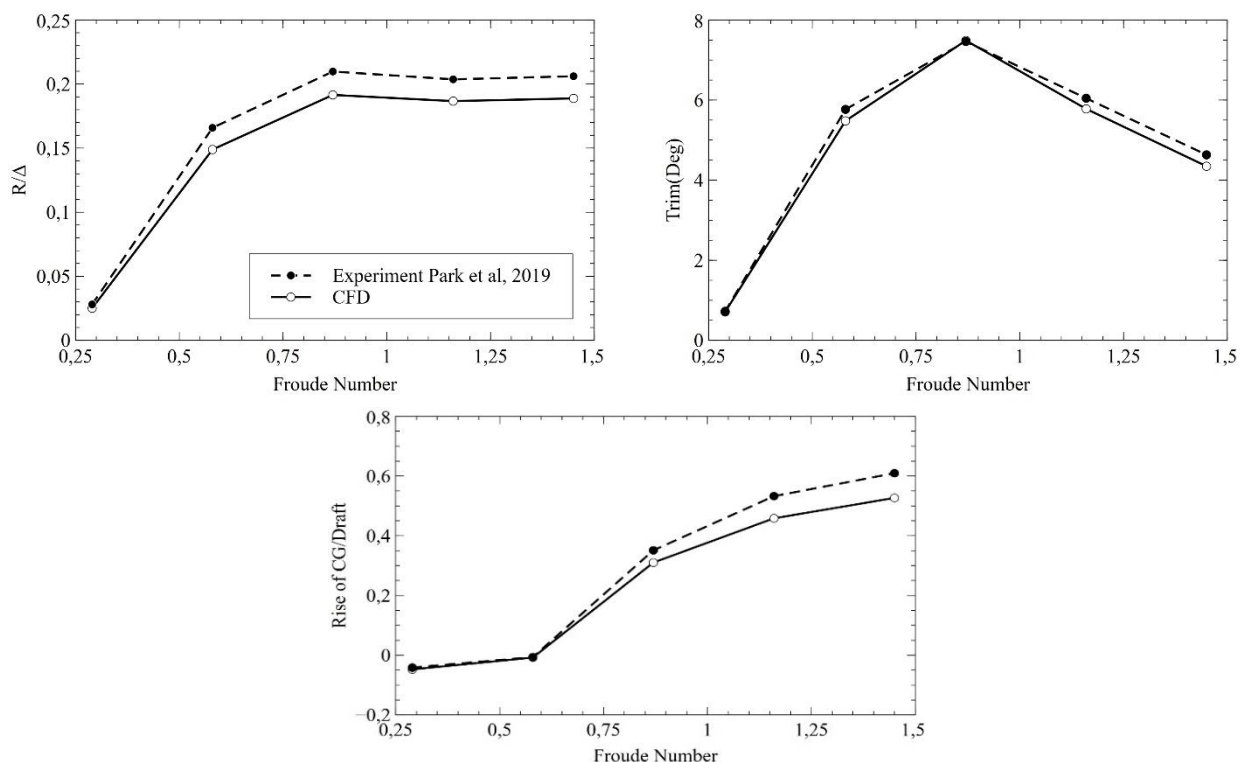


Gambar 8. Konvergensi CFD untuk hambatan, trim, dan heave

RESULT AND DISCUSSION

Validation and Benchmark

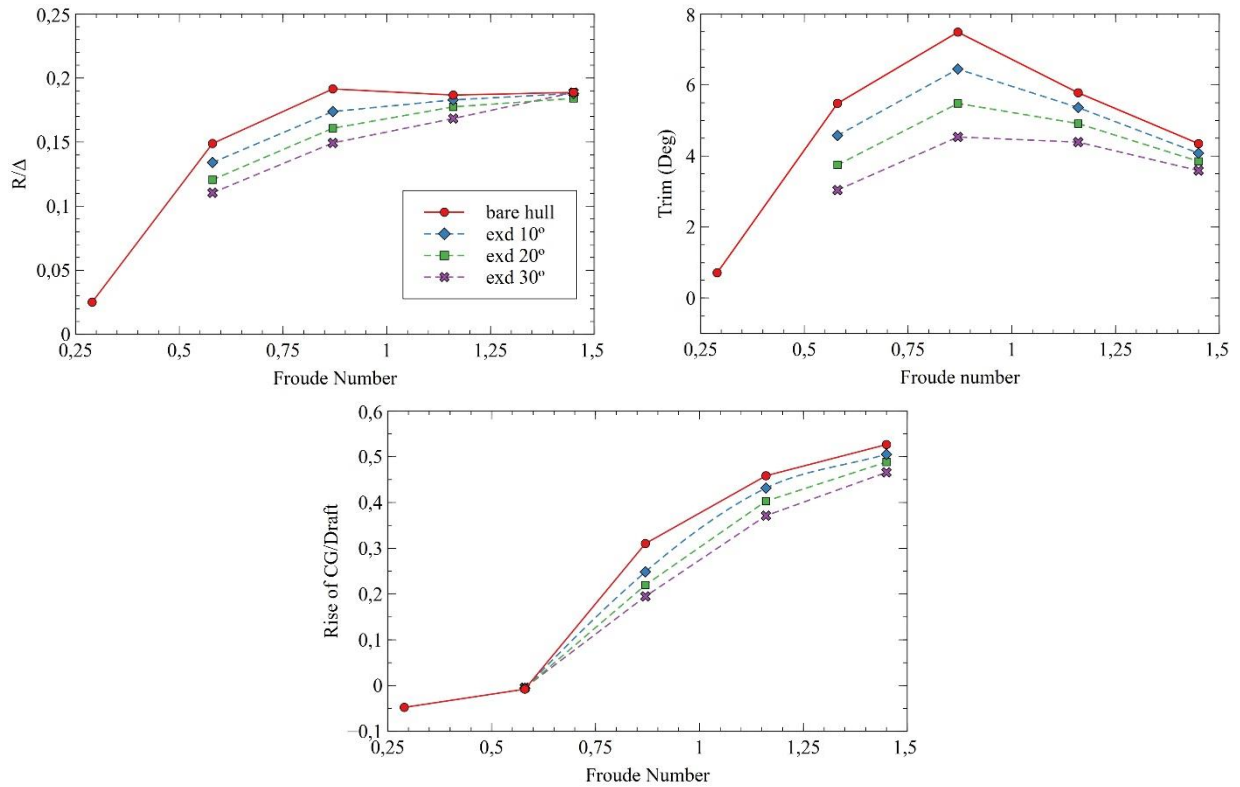
Untuk memastikan tingkat kepastian simulasi CFD maka pengujian ini akan dibandingkan dengan hasil eksperimen pada setiap kecepatan. Pattern yang terbentuk antara hasil simulasi CFD dan eksperimen menunjukkan hasil telah sesuai yang disajikan pada gambar 9. Namun masih terdapat selisih perhitungan (error) dengan hasil experiment, hal ini terjadi karena keterbatasan memodelkan suatu objek dalam komputasi numerik dengan kondisi saat experiment di towing tank. Hal serupa juga terjadi pada penelitian Song et al, dengan rata-rata error untuk hambatan 2.65% serta trim dan sinkage masing-masing 9.45% dan 7.96% [9]. Pada penelitian ini terdapat rata-rata error untuk hambatan sebesar 8.92% serta trim dan heave masing-masing 3,80% dan 12.3% pada semua variasi kecepatan.



Gambar 9. Validasi experiment dan CFD

Hasil simulasi numerik

Kapal bergerak diatas air akan menciptakan fenomena aliran air dari bagian depan mengarah ke buritan (stern hull). Gelombang yang dihasilkan akibat dari aliran air yang menimpa bagian depan kapal akan melewati bagian tengah kapal setelah itu mengarah ke bagian belakang kapal yang membuat fenomena aliran air dibagian balik kapal akibat pergantian dari kecepatan aliran yang dihasilkan dari bagian depan kapal. Oleh karena itu pemilihan bentuk bagian buritan kapal (stern hull) pula sangat mempengaruhi terhadap aliran air dibelakang kapal, disamping itu penentuan bentuk stern hull nantinya akan sangat berakibat pada besarnya nilai hambatan kapal. Gambar 10 menampilkan hasil simulasi numerik pada nilai hambatan, trim, serta heave karena perubahan bentuk extended stern dengan sudut 10°, 20°, dan 30°. Simulasi numerik menunjukkan pola grafik yang sama, artinya extend stern pada sudut 30° menjadi yang paling efektif untuk memperkecil hambatan kapal. Hal ini menjadi kabar baik untuk desainer kapal bahwa diperlukan pengamatan awal dalam merencanakan kapal. Semakin tinggi trim kapal maka akan menyebabkan hambatan bertambah, hal ini diikuti dengan penambahan heave. Simulasi ini dilakukan hanya pada kecepatan tertentu, sehingga ada kemungkinan terjadi penambahan hambatan kapal. Perlu ada pengamatan lebih lanjut pada kecepatan tinggi.



Gambar 10. Grafik hambatan, trim, dan heave dari bentuk extended stern yang berbeda

Hambatan kapal yang dihitung dengan menggunakan RANS solver menghasilkan gaya sebagai tangensial dan normal yaitu *frictional resistance* (R_F) dan *pressure resistance* (R_P). R_F merupakan gaya – gaya yang bekerja secara tangensial terhadap permukaan kapal dan R_P merupakan gaya normal yang bekerja terhadap permukaan kapal. R_P dapat diuraikan lagi menjadi *wave making resistance* (R_W) dan *viscous resistance* (R_{VP}). Untuk hambatan total didefinisikan seperti yang ditunjukkan pada persamaan dibawah ini:

$$R_T = R_F + R_P \quad (7)$$

$$R_T = R_F + (R_W + R_{VP}) \quad (8)$$

$$C_T = R_T / 0.5 \times \rho \times WSA \times Vs^2 \quad (9)$$

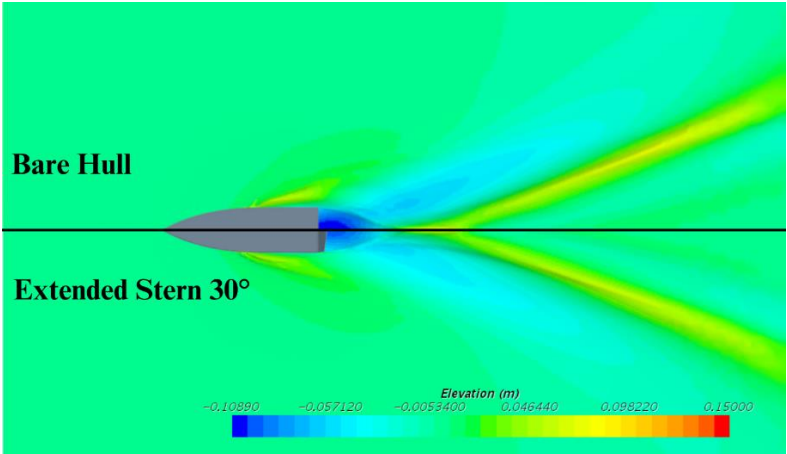
Sedangkan untuk koefisien resistansi berdasarkan ITTC ditunjukkan pada persamaan (9). Dimana R_T adalah dimensional resistansi untuk komponen hambatan total, ρ adalah densitas fluida, WSA adalah *wetted surface area* dan Vs adalah kecepatan kapal.

Tabel 4. Efek Extended Stern pada komponen hambatan

	R_F [N]	R_{VP} [N]	R_W [N]	R_T [N]
Bare Hull	4.07	11.08	14.18	29.33
Extended Stern 30°	4.51	6.71	10.55	21.77
Difference(%)	+11%	-39%	-26%	-26%

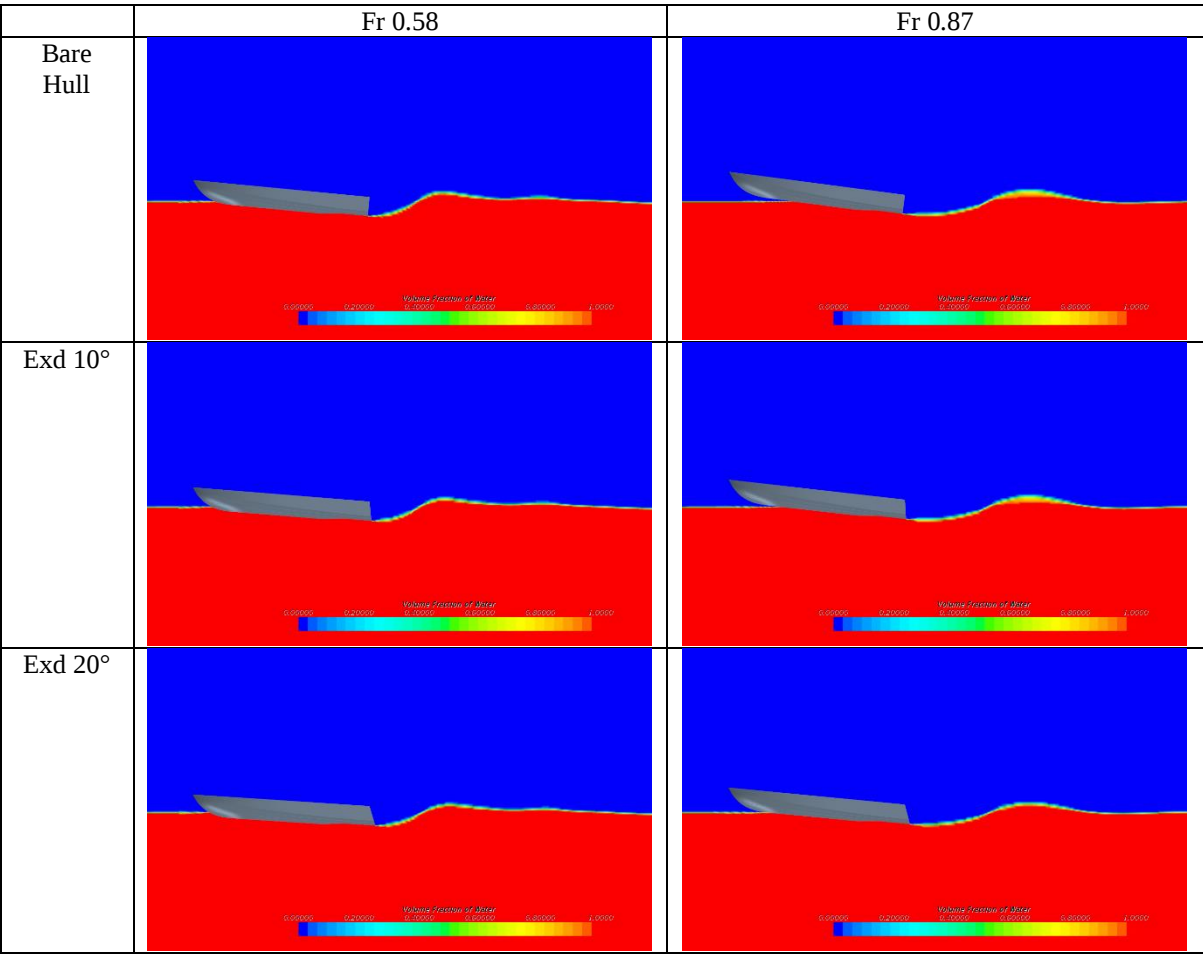
Dari tabel 4 hambatan total kapal beserta komponennya dibandingkan dalam skala model, bare hull dan extended stern 30° pada Fr 0.58. Frictional Resistance (R_F) meningkat 11% akibat dari penambahan wetted surface area (WSA) dengan extended stern pada kapal planing hull. Di sisi lain diamati bahwa *wave making resistance* (R_W) dan *viscous resistance* (R_{VP}) menurun karena extended stern. Karena adanya distribusi tekanan yang merata pada badan kapal maka akan mengurangi wave elevation yang terjadi di buritan kapal. Perubahan wave elevation pada buritan akibat pengaruh

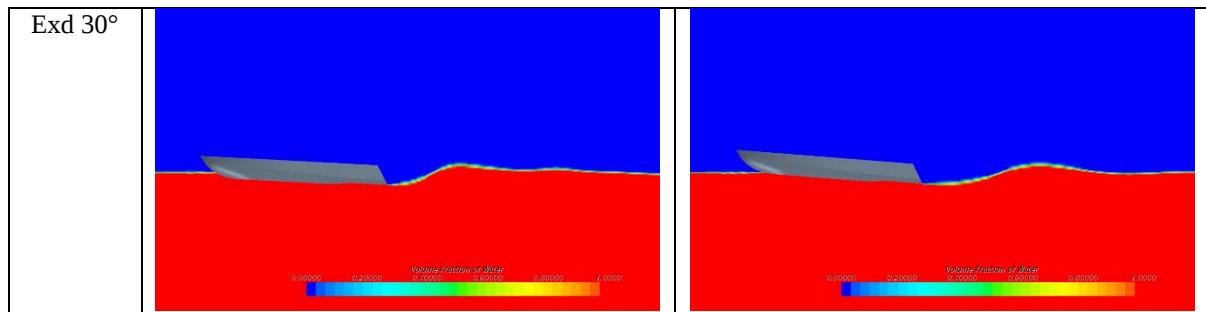
extended stern digambarkan pada gambar 11. Akibatnya *wave making resistance* (R_W) dan hambatan total (R_T) berkurang sebesar 26%.



Gambar 11. Tinggi gelombang bare hull dan extended stern

Dari gambar 10 menunjukkan pengurangan yang efektif terjadi pada fase transition mode/semi planing kapal planing hull, yaitu antara $Fr\ 0.58 - 0.87$. Extended stern dengan sudut 30° menunjukkan hasil terbaik dari dua model lainnya dengan persentase pengurangan hambatan dan trim masing-masing 26% dan 45% pada $Fr\ 0.58$, serta heave persentase pengurangannya sebesar 37% pada $Fr\ 0.87$.

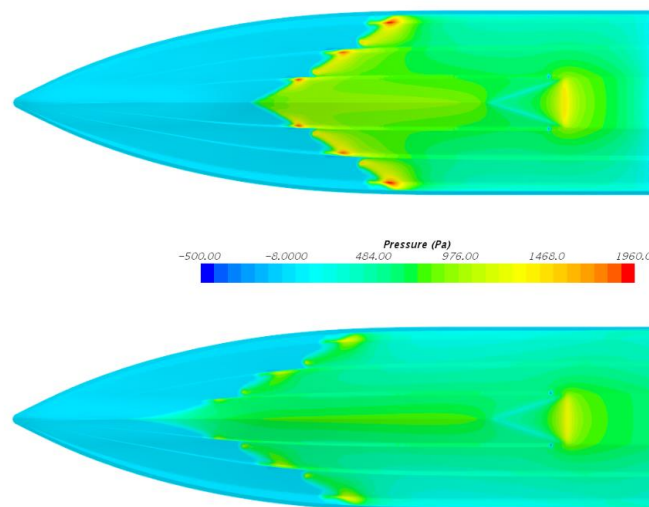




Gambar 12. Bentuk perubahan permukaan air pada buritan kapal

Shape of the water surface buritan kapal pada Fr 0.58 – 0.87 ditunjukkan pada gambar 12. Ditunjukkan perubahan sudut trim yang cukup signifikan seiring bertambahnya kecepatan. Penambahan extend stern mengakibatkan pengurangan sudut trim, sehingga Shape of the water surface buritan kapal juga berubah. Semakin besar sudut extend stern maka kecenderungan untuk mengurangi hambatan, trim, dan heave semakin baik. Akan tetapi akan menimbulkan masalah dalam kecepatan tinggi atau $Fr > 1.45$ sehingga perlu pengamatan lebih lanjut tentang kajian pada kecepatan tinggi. Seperti yang sudah dibahas diatas bahwa pada kecepatan tinggi akan menambah hambatan kapal sehingga akan kehilangan efektifitasnya.

Distribusi tekanan pada kapal bare hull dan kapal dengan extended stern ditampilkan pada gambar 13. Diamati bahwa tekanan pada kapal dengan extended stern lebih merata sementara pada barehull distribusi tekanan terletak pada ujung stagnation line. Distribusi tekanan berpindah dari daerah stagnation line menuju ke seluruh bagian kapal sehingga mempengaruhi sudut trim. Perubahan tekanan pada menimbulkan gaya angkat pada buritan dan mengurangi trim kapal. Hal ini mengakibatkan hambatan kapal jadi berkurang pada Fr 0.58 – 0.87.



Gambar 13. Distribusi tekanan pada barehull dan extended stern

CONCLUSION & FUTURE WORK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh bentuk extended stern terhadap kerja hidrodinamik kapal. Penelitian ini mengungkapkan bahwa semakin besar sudut extended stern maka semakin besar pengaruhnya terhadap hambatan, trim, dan heave kapal. Performa kapal terbaik pada fase semi planing/transition mode pada Fr 0.58 – 0.87. Hasil penelitian menunjukkan kapal dengan sudut extended stern 30° mengindikasikan persentase pengurangan hambatan hingga 26%, trim 45% pada fr 0.58 dan heave 37% pada Fr 0.87. Pengujian dilakukan hanya sebatas pada kecepatan $0.29 < Fr < 1.45$, sehingga perlu peninjauan lebih lanjut pada $Fr > 1.45$. Perlu menjadi perhatian bahwa penelitian ini terbatas pada kapal aragon 2. Penggunaan extend stern dapat memberikan solusi pengurangan bahan bakar yang berkaitan dengan koefisien EEDI yang dipertimbangkan pada tahap desain kapal, setidaknya

selalu baik untuk mengurangi paparan Karbon dioksida. Penelitian ini merupakan kajian awal untuk memprediksi hambatan kapal yang akan menggunakan interceptor pada bentuk buritan yang berbeda. Hal ini akan menunjukkan hubungan antara interceptor dan bentuk kapal yang sudah dibahas diatas.

Acknowledgements

-

REFERENCES

- [1] A. De Marco, S. Mancini, S. Miranda, R. Scognamiglio, and L. Vitiello, "Experimental and numerical hydrodynamic analysis of a stepped planing hull," *Appl. Ocean Res.*, vol. 64, pp. 135–154, 2017, doi: 10.1016/j.apor.2017.02.004.
- [2] A. H. Day and C. Cooper, "An experimental study of interceptors for drag reduction on high-performance sailing yachts," *Ocean Eng.*, vol. 38, pp. 983–994, 2011, doi: 10.1016/j.oceaneng.2011.03.006.
- [3] S. Samuel, O. Mursid, S. Yulianti, Kiryanto, and M. Iqbal, "Evaluation of Interceptor Design To Reduce Drag on Planing Hull," *Brodogradnja*, vol. 73, no. 3, pp. 93–110, 2022, doi: 10.21278/brod73306.
- [4] O. Yaakob, S. Shamsuddin, and K. K. Koh, "Stern Flap for Resistance Reduction of Planing Hull Craft: A Case Study with a Fast Crew Boat Model," *J. Teknol.*, vol. 41, pp. 43–52, 2012, doi: 10.11113/jt.v41.689.
- [5] U. Budiarto, S. Samuel, A. A. Wijaya, S. Yulianti, K. Kiryanto, and I. Iqbal, "Stern Flap Application on Planing Hulls to Improve Resistance," *Int. J. Eng. Trans. C Asp.*, vol. 35, no. 12, pp. 2313–2320, 2022.
- [6] E. Jadmiko, I. S. Arief, and L. Arif, "Comparison of Stern Wedge and Stern Flap on Fast Monohull Vessel Resistance," *Int. J. Mar. Eng. Innov. Res.*, vol. 3, no. 2, pp. 41–49, 2018, doi: 10.12962/j25481479.v3i2.4601.
- [7] K. W. Song, C. Y. Guo, J. Gong, P. Li, and L. Z. Wang, "Influence of interceptors, stern flaps, and their combinations on the hydrodynamic performance of a deep-vee ship," *Ocean Eng.*, vol. 170, pp. 306–320, 2018, doi: 10.1016/j.oceaneng.2018.10.048.
- [8] M. Mansoori and A. C. Fernandes, "Interceptor and trim tab combination to prevent interceptor's unfit effects," *Ocean Eng.*, vol. 134, pp. 140–156, 2017, doi: 10.1016/j.oceaneng.2017.02.024.
- [9] K. wei Song, C. yu Guo, J. Gong, P. Li, and L. zhou Wang, "Influence of interceptors, stern flaps, and their combinations on the hydrodynamic performance of a deep-vee ship," *Ocean Eng.*, vol. 170, pp. 306–320, 2018, doi: 10.1016/j.oceaneng.2018.10.048.
- [10] C. Çelik, D. B. Danişman, S. Khan, and P. Kaklis, "A reduced order data-driven method for resistance prediction and shape optimization of hull vane," *Ocean Eng.*, vol. 235, no. October 2020, 2021, doi: 10.1016/j.oceaneng.2021.109406.
- [11] A. Hosseini, S. Tavakoli, A. Dashtimanesh, P. K. Sahoo, and M. Körgesaar, "Performance prediction of a hard-chine planing hull by employing different CFD models," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 9, no. 5, 2021, doi: 10.3390/jmse9050481.
- [12] M. P. Wheeler, K. I. Matveev, and T. Xing, "Numerical study of hydrodynamics of heavily loaded hard-chine hulls in calm water," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 9, no. 2, pp. 1–18, 2021, doi: 10.3390/jmse9020184.
- [13] F. De Luca and C. Pensa, "The Naples warped hard chine hulls systematic series," *Ocean Eng.*, vol. 139, no. April, pp. 205–236, 2017, doi: 10.1016/j.oceaneng.2017.04.038.
- [14] A. Najafi, H. Nowruzi, M. J. Ameri, and M. Karami, "An experimental study of the wetted surfaces of two- stepped planing hulls," *Ocean Eng.*, vol. 222, no. 424, 2021, doi: 10.1016/j.oceaneng.2021.108589.
- [15] A. Najafi, H. Nowruzi, and M. J. Ameri, "Hydrodynamic assessment of stepped planing hulls using experiments," *Ocean Eng.*, vol. 217, no. 424, 2020, doi: 10.1016/j.oceaneng.2020.107939.
- [16] S. Park *et al.*, "Single- and two-phase CFD V&V for high-speed stepped planing hulls," *Ocean Eng.*, vol. 261, no. August, 2022, doi: 10.1016/j.oceaneng.2022.112047.
- [17] L. Vitiello, S. Mancini, R. N. Bilandi, A. Dashtimanesh, F. De Luca, and V. Nappo, "A

- comprehensive stepped planing hull systematic series: Part 1 - Resistance test,” *Ocean Eng.*, vol. 266, no. August, pp. 1–22, 2022, doi: 10.1016/j.oceaneng.2022.112242.
- [18] L. Olin, M. Altimira, J. Danielsson, and A. Rosén, “Numerical modelling of spray sheet deflection on planing hulls,” *Proc. Inst. Mech. Eng. Part M J. Eng. Marit. Environ.*, vol. 231, no. 4, pp. 811–817, 2017, doi: 10.1177/1475090216682838.
 - [19] S. Samuel, A. Trimulyono, P. Manik, and D. Chrismianto, “A Numerical Study of Spray Strips Analysis on Fridsma Hull Form,” *Fluids*, vol. 6, no. 11, pp. 1–17, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/fluids6110420>.
 - [20] L. Castaldi, F. Osmak, M. Green, M. Fürth, and J. Bonoli, “The effect of spray deflection on the performance of high speed craft in calm water,” *Ocean Eng.*, vol. 229, no. February, 2021, doi: 10.1016/j.oceaneng.2021.108892.
 - [21] A. Z. Ashkezari and M. Moradi, “Three-dimensional simulation and evaluation of the hydrodynamic effects of stern wedges on the performance and stability of high-speed planing monohull craft,” *Appl. Ocean Res.*, vol. 110, no. October 2020, 2021, doi: 10.1016/j.apor.2021.102585.
 - [22] M. Atlar, K. Seo, R. Sampson, and D. B. Danisman, “Anti-slamming bulbous bow and tunnel stern applications on a novel Deep-V catamaran for improved performance,” pp. 302–312, 2013.
 - [23] R. Yousefi, R. Shafaghat, and M. Shakeri, “High-speed planing hull drag reduction using tunnels,” *Ocean Eng.*, vol. 84, pp. 54–60, 2014, doi: 10.1016/j.oceaneng.2014.03.033.
 - [24] D. J. Kim, K. P. Rhee, Y. G. Kim, S. Y. Kim, S. H. Kim, and Y. J. You, “Design of high-speed planing hulls for the improvement of resistance and seakeeping performance,” *Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 161–177, 2013, doi: 10.2478/ijnaoe-2013-0124.
 - [25] R. Yousefi, R. Shafaghat, and M. Shakeri, “Hydrodynamic analysis techniques for high-speed planing hulls,” *Appl. Ocean Res.*, vol. 42, pp. 105–113, 2013, doi: 10.1016/j.apor.2013.05.004.
 - [26] O. F. Sukas, O. K. Kinaci, F. Cakici, and M. K. Gokce, “Hydrodynamic assessment of planing hulls using overset grids,” *Appl. Ocean Res.*, vol. 65, pp. 35–46, 2017, doi: 10.1016/j.apor.2017.03.015.
 - [27] D. J. Kim and S. Y. Kim, “Comparative Study on Manoeuvring Performance of Model and Full-scale Waterjet Propelled Planing Boats,” in *FAST*, 2017, pp. 126–135.
 - [28] D. J. Kim and S. Y. Kim, “Turning characteristics of waterjet propelled planing boat at semi-planing speeds,” *Ocean Eng.*, vol. 143, no. July, pp. 24–33, 2017, doi: 10.1016/j.oceaneng.2017.07.034.
 - [29] J.-Y. Park *et al.*, “An experimental study on vertical motion control of a high-speed planing vessel using a controllable interceptor in waves,” *Ocean Eng.*, vol. 173, pp. 841–850, 2019.
 - [30] ITTC, “Practical Guidelines for Ship CFD Applications,” 2011.
 - [31] F. De Luca, S. Mancini, S. Miranda, and C. Pensa, “An extended verification and validation study of CFD simulations for planing hulls,” *J. Sh. Res.*, vol. 60, no. 2, pp. 101–118, 2016, doi: 10.5957/JOSR.60.2.160010.
 - [32] J. Suneela, P. Krishnankutty, and V. A. Subramanian, “Hydrodynamic performance of planing craft with interceptor-flap hybrid combination,” *J. Ocean Eng. Mar. Energy*, vol. 7, no. 4, pp. 421–438, 2021, doi: 10.1007/s40722-021-00211-0.

LAMPIRAN
DOKUMENTASI PENERAPAN ETIKA PROFESI DAN K3L
pada pelaksanaan kegiatan dalam rangka pembuatan artikel ilmiah dengan judul: Analisa Numerik
Karakteristik Lambung Planing Hull Akibat Modifikasi Buritan

1. Penerapan Etika Profesi

The screenshot shows a Turnitin feedback report in a web browser. The document title is "Analisa numerik karakteristik lambung planing hull akibat modifikasi buritan". The author is "Samuel Samuel". The report shows a match overview of 13%. The abstract is titled "Extended Stern Design For Minimum Resistance Of Planing Hull" and lists authors: S. Samuel, Partindungan Manik, P. Paryanto, M. Djaeni, Tuswan, Rizal Kurnia Praja, Muryadin. The main text discusses the characteristics of planing hulls and the use of extended sterns to reduce resistance. The key words are: extended stern, planing hull, resistance performance.

Extended Stern Design For Minimum Resistance Of Planing Hull

Analisa numerik karakteristik lambung planing hull akibat modifikasi buritan

ABSTRAK

S. Samuel, Partindungan Manik, P. Paryanto, M. Djaeni, Tuswan, Rizal Kurnia Praja, Muryadin

Karakteristik planing hull bergantung pada sudut trim, kecepatan, titik berat dan sudut dead rise. Sudut trim kapal akan mempengaruhi kinerja dari hambatan kapal. Salah satu cara untuk memperbaiki hambatan kapal adalah memodifikasi badan kapal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja hambatan kapal deep-v planing hull dengan menggunakan modifikasi extended stern. Prediksi resistance performance dan gerakan kapal disimulasikan berdasarkan persamaan Reynold Average Navier Stroke (RANS) untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Hasil simulasi modifikasi stern menunjukkan hambatan berkurang pada kecepatan $Fr\ 0.58 - 0.87$. Extended stern dengan sudut 30° menunjukkan hasil yang terbaik dengan persentase pengurangan hambatan sebesar 26% pada $Fr\ 0.58$.

Kata kunci: extended stern, planing hull, resistance performance

Match Overview	13%
1	ejournal.undip.ac.id 3%
2	repository.its.ac.id 2%
3	S. Samuel, Serlana Yuli... 1%
4	ojs.balibanghub.deph... 1%
5	rekayasainsin.ub.ac.id 1%
6	coek.info 1%
7	repository.mut.ac.ke.8... 1%
8	Submitted to Pukyong... <1%
9	ejurnal.its.ac.id <1%
10	Abbas Zarenezhad Ash... <1%

Etika dosen terkait dengan publikasi, salah satunya adalah bersikap jujur dan tidak menjiplak pekerjaan orang lain. Turnitin adalah perangkat lunak berbasis web yang dapat mengidentifikasi unsur plagiasi dalam karya tulis atau karya ilmiah. Hal ini terkait selaras dengan kode etik insinyur yang mensyaratkan kejujuran.

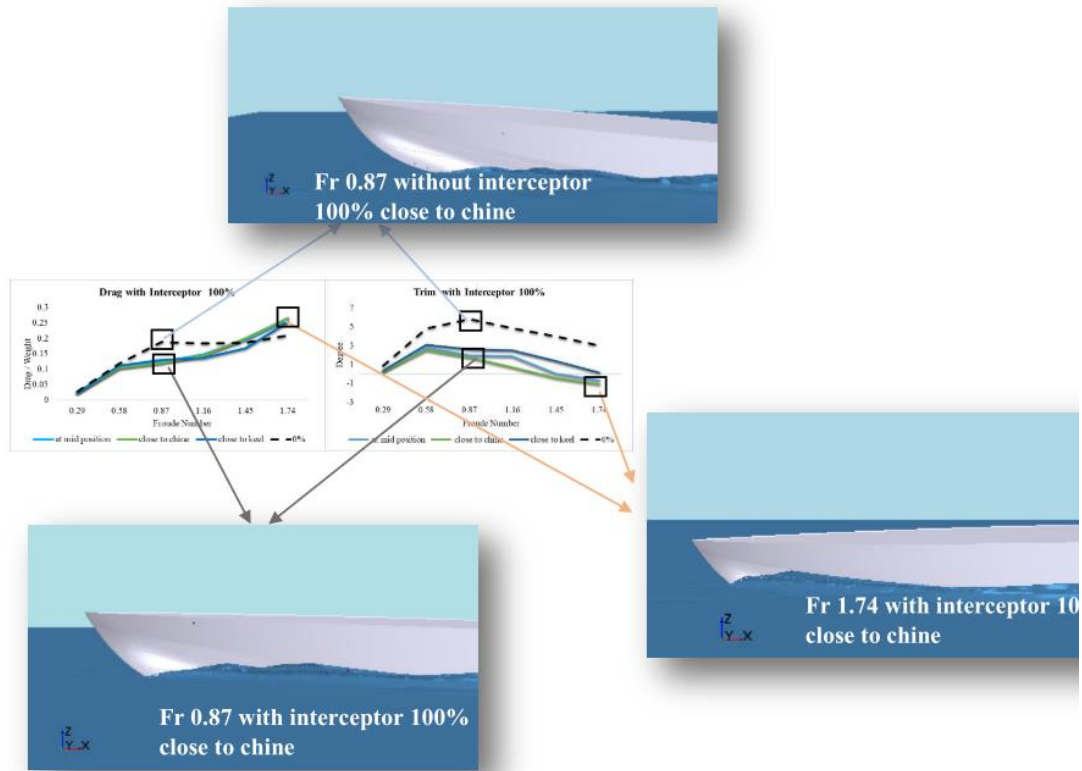


Desain menjamin keselamatan pada saat operasional, maka sebelum melakukan pengujian skala sebenarnya maka pengujian eksperimen menjadi opsi yang paling mungkin digunakan terkait keselamatan. Hal ini akan menjamin bahwa kapal tersebut dapat beroperasi dengan baik. Keselamatan Kapal adalah keadaan kapal yang memenuhi persyaratan material, konstruksi, bangunan, permesinan, perlistrikan, dan stabilitas yang dibuktikan dengan sertifikat setelah dilakukan pemeriksaan dan pengujian.

2. Penerapan K3L



Pengujian komputasi pada laboratorium komputer di teknik perkapalan. Pemasangan APAR pada dinding dengan jarak minimal 15 cm dari atas lantai atau idealnya 125 cm dari atas lantai. Tanda APAR yang dapat dipasang tepat di atas APAR.



Penerapan interceptor mempengaruhi gerakan kapal, semakin tinggi interceptor yang digunakan, semakin besar tekanan momen yang terbentuk. Apabila gaya interceptor lebih besar dari gaya pada haluan kapal maka haluan akan menekuk ke bawah permukaan air. Untuk memprediksi hal tersebut maka perlu analisa untuk mengupayakan keselamatan ABK dan penumpang.

Simulasi dan Analisis Performa Pembangkit Listrik Tenaga Gas (Studi kasus pada PLTG Jambi)



KARYA ILMIAH

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Insinyur Pada
Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur

Oleh :

Ruly Bayu Sitanggang

21000122220165

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN PROFESI INSINYUR

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

TAHUN 2023

LEMBAR PENGESAHAN

Karya Ilmiah atas nama :

Mahasiswa : Ruly Bayu Sitanggang

NIM : 21000122220165

Program Studi : Program Profesi Insinyur

Judul : Simulasi dan Analisis Performa Pembangkit Listrik Tenaga Gas
(Studi Kasus pada PLTG Jambi)

Telah memenuhi persyaratan kaidah Karya Ilmiah di Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Semarang, Juni 2023

Pembimbing 1



Dr.-Ing. Ir. Paryanto, S.T., M.T., IPM.,
ASEAN Eng.
NIP : 198509092018081001

Pembimbing 2



Prof. Dr. Ir. Bambang Waluyo Hadi Eko
Prasetiyono, M.S., M.Agr., IPU.
NIP : 196311021989021001

LEMBAR PERSETUJUAN

Karya Ilmiah

SIMULASI DAN ANALISIS PERFORMA PEMBANGKIT LISTIK TENAGA GAS

(STUDI KASUS PADA PLTG JAMBI)

Disusun Oleh :

Ruly Bayu Sitanggang

21000122220139

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji

Pada Tanggal : Juni 2023

Penguji 1

Tim
Penguji,

Penguji 2

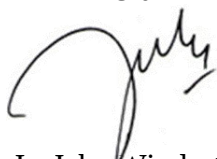


Dr.-Ing. Ir. Paryanto, S.T., M.T., IPM.,
ASEAN Eng.
NIP : 198509092018081001



Prof. Dr. Ir. Bambang Waluyo Hadi Eko
Prasetyono, M.S., M.Agr., IPU.
NIP : 196311021989021001

Penguji 3



Dr. Ir. Jaka Windarta, M.T., IPU,
ASEAN Eng.
NIP : 196405261989031002

Penguji 4



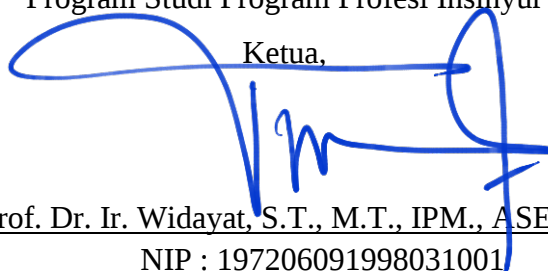
Dr. Ir. Anik Sarminingsih, MT., IPM.,
ASEAN Eng.
NIP : 196704011999032001

Karya Ilmiah ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Insinyur

Tanggal : Juni 2023

Program Studi Program Profesi Insinyur

Ketua,



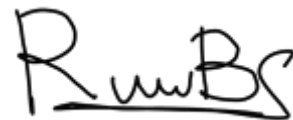
Prof. Dr. Ir. Widayat, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIP : 197206091998031001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam karya ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Karya Ilmiah ini akan saya publikasikan pada Jurnal Jurnal ROTASI yang diterbitkan oleh Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Semarang, Juni 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ruly Bayu Sitanggang', with a horizontal line underneath the signature.

Ruly Bayu Sitanggang

Simulasi dan Analisis Performa Pembangkit Listrik Tenaga Gas (Studi kasus pada PLTG Jambi)

Rully Bayu Sitanggang^{a,b *}, Paryanto^b, Bambang Waluyo Hadi Eko Prasetyono^b

^a Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedharto, SH, Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^b Bidang Riset Sistem Pembangkitan, PT PLN (Persero), Jakarta

Jl. Duren Tiga Raya No.102, Jakarta 12760, Indonesia

*E-mail: rully.bs@pln.co.id

Abstract

In addressing future energy challenges, monitoring and optimizing the performance of gas turbines will become increasingly crucial to achieving clean, efficient, and sustainable energy sources. The purpose of this research is to analyze and compare the performance of gas turbine (GT) power plant unit 1 and 2 based on simulation results and tests in terms of heat rate, identify factors causing a decrease in gas turbine performance, and provide recommendations to enhance the performance of the gas turbine. The study was conducted on the GT units in Jambi, Indonesia. In this location, there are two identical GT units with a capacity of 34.25 Megawatts electric (MWe). The analysis was conducted through three methods, namely performance test of GT Unit 1 and 2, inspecting measurement instruments, and simulating thermodynamic performance using GT-Pro software. From the simulation results and performance tests of GTCC Unit 1 and 2, it was concluded that the lowest simulated plant heat rate achieved for GTCC Unit 1 at a load of 29.94 MW was 2,877.5 kCal/kWh, whereas the test result showed a value of 3,142.29 kCal/kWh. The lowest simulated plant heat rate for GTCC Unit 2 achieved at base load was 2,768.3 kCal/kWh, whereas the test result showed a value of 2,922.06 kCal/kWh. To improve the performance of the gas turbine, it is necessary to clean the compressor blades, among other things with online compressor washing or manual deposit cleaning on the compressor blades during the overhaul, calibrate manometers and inspect the piping line of the DP Air Inlet Filter, and also carry out inspection and calibration of the exhaust gas thermocouple on numbers 1,2,5, and 8 of GTCC Unit 2. Let me know if you have finished reading this.

Kata kunci: *Gas turbine, thermodynamic simulation, open cycle*

Abstrak

Dalam menghadapi tantangan energi masa depan, pemantauan dan optimasi kinerja turbin gas akan menjadi semakin penting untuk mencapai sumber energi yang bersih, efisien, dan berkelanjutan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan performa dua pembangkit listrik tenaga gas berdasarkan hasil simulasi dan pengujian heat rate, mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan penurunan performa gas turbin, serta memberikan rekomendasi untuk meningkatkan performa gas turbin. Studi dilakukan pada unit PLTG di Jambi, Indonesia. Pada lokasi tersebut terdapat dua unit PLTG yang identik dengan kapasitas 34,25 Megawatt electric (MWe). Analisis performa dilakukan melalui tiga metoda yaitu pengujian heat rate PLTG unit 1 dan 2, pemeriksaan instrumen alat ukur dan simulasi performa termodinamika menggunakan software GT-Pro. Plant heat rate PLTG Unit 1 hasil simulasi terendah dicapai pada beban 29,94 MW adalah sebesar 2.877,5 kkal / kwh sedangkan hasil pengujian menunjukkan nilai 3.142,29 kKal/kWh. Nilai plant heat rate PLTG Unit 2 hasil simulasi terendah terendah dicapai pada beban base load adalah sebesar 2.768,3 kKal/kWh sedangkan hasil pengujian menunjukkan nilai 2.922,06 kKal/kWh. Untuk meningkatkan performa dari gas turbin perlu dilakukan pembersihan sudu kompresor antara lain dengan online compressor washing atau pembersihan deposit pada sudu kompresor secara manual saat overhaul, kalibrasi manometer dan pemeriksaan saluran piping DP Air Inlet Filter serta melakukan pemeriksaan dan kalibrasi Thermocouple gas buang pada nomor 1,2,5 dan 8 PLTG Unit 2.

Kata kunci: *Gas turbin, simulasi termodinamik, siklus terbuka*

1. Pendahuluan

Turbin gas menjadi semakin populer dalam beberapa tahun terakhir karena efisiensi, kehandalan, dan fleksibilitas tinggi [1]. Turbin gas digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pembangkit listrik, penerbangan, dan industri proses [2].

Gas turbin juga merupakan peralatan yang ideal untuk menyeimbangkan sumber energi terbarukan variabel seperti angin dan surya pada sistem ketenagalistrikan karena kemampuannya untuk dengan cepat mengubah daya keluaran [3], [4]. Teknologi turbin gas banyak digunakan sebagai pembangkit listrik, terutama dalam kondisi di mana waktu start-up yang cepat dibutuhkan. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) sering digunakan sebagai pembangkit peaker untuk melengkapi produksi dari sumber energi lain, atau sebagai pembangkit base load pada daerah di mana sumber daya gas alam melimpah. Kinerja turbin gas dipengaruhi oleh kualitas bahan bakar, desain turbin, dan kondisi operasi. Bahan bakar berkualitas tinggi seperti gas alam akan menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi, sementara desain turbin yang modern dan sistem siklus kombinasi dapat meningkatkan efisiensi secara signifikan. Faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban juga mempengaruhi kinerja turbin gas. [5]. Bahan bakar berkualitas lebih tinggi, seperti gas alam akan menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar berkualitas lebih rendah dapat menyebabkan efisiensi yang lebih rendah dan emisi yang lebih tinggi [6], [7]. Desain turbin adalah faktor kunci lain yang mempengaruhi kinerja pembangkit listrik turbin gas [8]. Desain turbin menentukan seberapa banyak energi yang dapat dikonversi dari bahan bakar dan diubah menjadi listrik. Desain turbin yang modern, seperti sistem yang menggunakan siklus kombinasi yang memanfaatkan panas dari gas buang untuk menghasilkan listrik tambahan, dapat meningkatkan efisiensi pembangkit listrik turbin gas secara signifikan [9]. Selain efisiensi, faktor-faktor lain yang penting untuk kinerja pembangkit listrik turbin gas meliputi keandalan, daya tahan, dan keselamatan. Faktor-faktor ini dapat memengaruhi kelangsungan hidup dan profitabilitas jangka panjang dari pembangkit serta terhadap lingkungan dan masyarakat sekitarnya [10]. Pemantauan parameter seperti keluaran daya, efisiensi, laju gas buang, temperatur gas buang, temperatur udara masuk turbin gas, rasio tekanan, dan laju aliran udara diperlukan untuk mengukur kinerja turbin gas [11]–[13]. Parameter-parameter ini memberikan informasi berharga tentang kondisi turbin gas, memungkinkan operator untuk mengoptimalkan kinerjanya dan mengidentifikasi masalah penurunan efisiensi [14]. Kemajuan dalam teknologi sensor, analisis data, dan sistem kontrol telah merevolusi pemantauan dan optimasi kinerja turbin gas [15]. Turbin gas modern dilengkapi dengan berbagai sensor yang menyediakan data kinerja real-time, sehingga memungkinkan operator untuk dengan cepat mendeteksi dan menyelesaikan masalah [16]. Dalam beberapa tahun terakhir, teknik analisis data dan optimasi juga telah berkembang pesat, memungkinkan operator untuk memprediksi dan mendiagnosis kerusakan sebelum terjadi dan mengoptimalkan kinerja turbin gas dalam berbagai kondisi operasi. Di antara teknik-teknik ini adalah algoritma machine learning [17], analisis data canggih, dan kecerdasan buatan [18], [19]. Dengan monitoring operasi dan pemeliharaan teratur, unit pembangkit dapat mencegah kegagalan mesin yang dapat mengakibatkan kecelakaan atau kerusakan yang lebih besar. Selain itu, pemantauan kinerja turbin gas juga dapat membantu operator dalam pengambilan keputusan, seperti waktu pelaksanaan pemeliharaan rutin atau pemeliharaan periodik [20]. Dalam menghadapi tantangan energi masa depan, pemantauan dan optimasi kinerja turbin gas akan menjadi semakin penting untuk mencapai sumber energi yang bersih, efisien, dan berkelanjutan [21]. Studi ini akan dilakukan pada unit PLTG siklus terbuka di Jambi, Indonesia. Lokasi ini memiliki dua unit PLTG dengan kapasitas 34,25 MWe yang beroperasi pada frekuensi 50 Hz dan menggunakan bahan bakar gas alam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan performa PLTG unit 1 dan 2 berdasarkan hasil simulasi dan pengujian dari segi heat rate, mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan penurunan performa gas turbin, serta memberikan rekomendasi untuk meningkatkan performa gas turbin. Penelitian ini terbagi menjadi empat bagian: pendahuluan, material, metodologi, dan hasil. Bagian pendahuluan menjelaskan latar belakang penelitian, bagian material mengevaluasi penelitian sebelumnya, bagian metodologi menjelaskan metode penelitian yang digunakan, dan bagian hasil menyajikan temuan penelitian. Bagian pembahasan menginterpretasikan hasil, dan kesimpulan merangkum poin-poin utama dari penelitian yang telah dilakukan.

2. Material dan metode penelitian

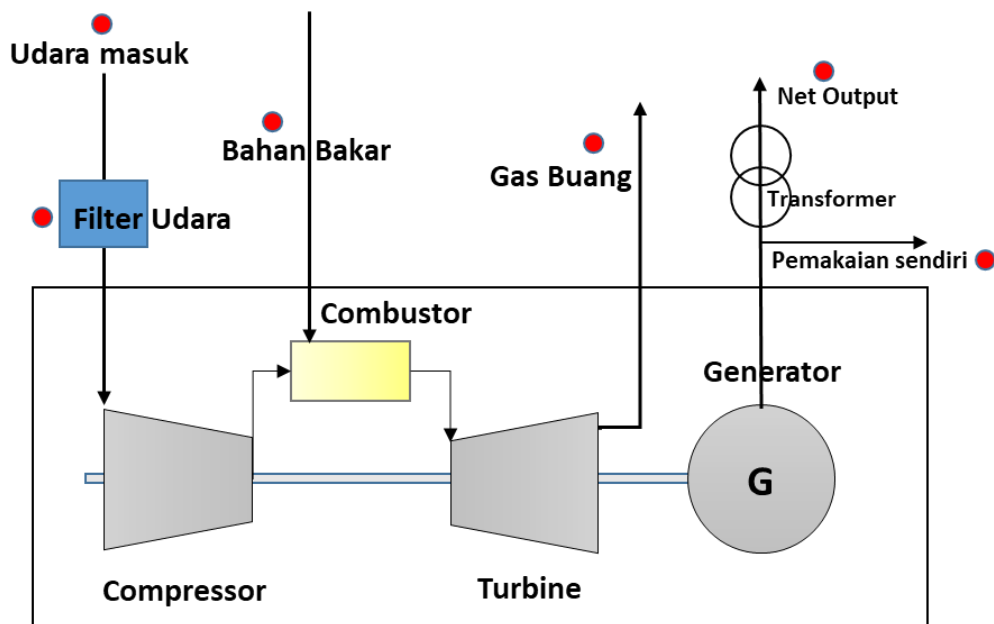
Tabel 1. Spesifikasi unit PLTG

Turbin		Generator		Transformator	
Type	General Electric MS 6001 B	Type	General Electric GA 3 Open	Type	AEG TL UN 7752
Daya	34.250 kW	Kapasitas	46.863 kVA	Kapasitas	45.000 kVA
Speed	5094 rpm	Speed	3000 RPM	Sistem Pendingin	ONAN / ONAF
Base Exhaust Temp.	549 °C	Rated Voltage	11.500 Volt	Rated Voltage	11.5 / 150 kV
Tekanan udara masuk	2,5 in H2O	Power Factor	0,8	Temperatur oli maksimum	100 °C
Jumlah tingkat compressor	17	Frekuensi	2 Kutub 3 fasa 50 Hz	Rasio	2500 / 2 A
Jumlah tingkat turbin	3	Tegangan eksitasi	125 Volt	Arus rating	400 A
Tahun Operasi	1994	Tahun Operasi	1994	Tahun Operasi	1994

PLTG unit 1 dan 2 merupakan unit yang identik dengan kapasitas terpasang 34.250 kW dan menggunakan kompresor tipe aksial dan memiliki sepuluh ruang bakar. Pada filter air inlet terdapat sistem pembersihan filter otomatis yang beroperasi saat differential pressure di filter terdeteksi tinggi. Pada penelitian ini analisis performa dilakukan melalui tiga metoda yaitu pengujian heat rate PLTG unit 1 dan 2 dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 1, pemeriksaan instrumen alat ukur dan simulasi performa termodinamika menggunakan software GT-Pro.

2.1 Pengujian Heat Rate

Pada saat pengujian heat rate dilakukan pengambilan data dengan mengacu pada standard ASME PTC 22 untuk pengujian performa pada turbin gas. Data – data yang diambil antara lain adalah temperatur udara masuk, perbedaan tekanan filter udara, flow bahan bakar, temperatur gas buang, energi listrik pemakaian sendiri dan energi listrik produksi seperti ditunjukkan oleh titik merah pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema titik pengambilan data saat pengujian [22]

Pengujian heat rate PLTG unit 1 dan 2 dilakukan pada waktu pengujian yang berbeda dan dengan kondisi pengujian sebagai berikut :

- Pola pembebanan dan waktu pengujian seperti ditunjukkan pada tabel Tabel 2.

Tabel 2. Pola Pembebanan pengujian PLTG

No	Unit	Hari	Waktu (WIB)	Load Setting
				MW
1	#2	1	10.00 – 11.00	15
2			11.30 – 12.30	22,5
3			13.30 – 14.30	30
4			15.00 – 16.00	Base Load (33,7)
5	#1	2	10.00 – 11.00	15
6			11.30 – 12.30	22,5
7			13.30 – 14.30	30

- Bahan bakar gas yang digunakan selama pengujian berlangsung adalah gas alam dengan komposisi yang ditunjukkan pada Tabel 3. Bahan bakar gas yang tercantum dalam spesifikasi unit pembangkit adalah gas alam dengan rentang nilai kalor 800 – 1200 Btu/scft atau 7.119- 10.600 kcal/kg dan tekanan 361 psi [23].
- Data Produksi Energi Netto diambil dari kWh-meter transaksi di ruang GAC (Generator Auxiliary Control) sedangkan data produksi energi gross diambil dari kWh-meter gross di Local Control Room dan energi untuk pemakaian sendiri (UAT) diperoleh kWhmeter PS (Pemakaian Sendiri) di Ruang MCC (Motor Control Center).
- Pada pengujian unit 1 tidak dilakukan pengujian pada load setting base load karena proteksi temperature limit dari gas turbin telah tercapai sehingga beban tidak bisa naik. Setting base load pada unit PLTG merupakan setting beban yang bergantung pada proteksi temperatur exhaust. Pada spesifikasi unit PLTG Jambi dengan tipe GE MS-6001B beban maksimum (peak load) yang dapat dihasilkan adalah sebesar 34.250 kW.

- e) Pengambilan sampel bahan bakar gas dilakukan selama pengujian berlangsung selama dua kali untuk unit 1 dan unit 2 yang diambil dari scrubber outlet sebelum masuk Turbin Gas.

Tabel 3. Komposisi gas pada saat pengujian

Parameter	Senyawa	Nilai	
		Hari 1	Hari 2
Komposisi (%v)	Methane	88,83	88.45
	Ethane	4,15	4,02
	Propane	2,02	1,98
	i-Butane	0,39	0,37
	n-Butane	0,46	0,44
	i-pentane	0,11	0,1
	n-pentane	0,06	0,06
	Nitrogen	0,33	0,35
	Carbon Dioxide	3,56	4,13
HHV	Btu/scf	1037,0404	1033,4953

- f) Perhitungan heat rate pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode energi input – energi output dengan persamaan (1). Sedangkan perhitungan efisiensi kompresor dilakukan dengan menggunakan persamaan (2).

$$\text{Net Plant Heat Rate (NPHR)} = \frac{\text{Laju Bahan Bakar} \times \text{Nilai kalor bahan bakar}}{\text{Nett Power Output}} \quad (1)$$

Dimana

Net Plant Heat Rate : Tara kalor PLT (kkal / kWh)
 Laju bahan bakar : Laju pemakaian bahan bakar gas (kg/jam)
 Nilai kalor bahan bakar : Energi spesifik bahan bakar (kkal / kg)
 Net Power Output : Energi listrik keluaran PLTG setelah dikurangi pemakaian sendiri (kWh)

$$\eta_c = \frac{T_{1c} + 273,15}{T_{2c} - T_{1c}} \times \left[\left(\frac{P_{cs} + P_a}{P_a} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right] \times 100 \quad (2)$$

Dimana

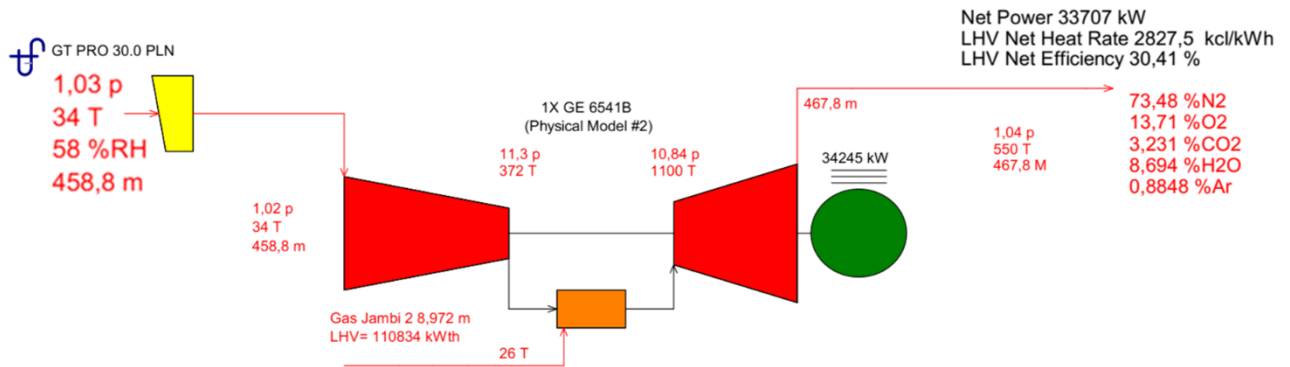
T_{1c} : Temperatur udara masuk kompresor
 T_{2c} : Temperatur udara keluar kompresor
 P_{cs} : Tekanan udara keluar kompresor
 P_a : Tekanan udara ambient
 K : Spesific heat ratio

2.2 Pemeriksaan instrumen alat ukur

Pada penelitian ini dilakukan analisis keluaran nilai instrumen alat ukur differensial filter pressure (DP), profil temperatur sisi exhaust gas turbin dan temperatur keluaran kompresor (PCS).

2.3 Simulasi performa turbin gas

Untuk mengetahui performa turbin gas dan melakukan perbandingan dengan desain pabrikan maka dilakukan simulasi performa termodinamika gas turbin dengan menggunakan software GTPro dari ThermoFlow Inc [24]. Adapun model gas turbin yang digunakan menggunakan model database turbin gas General Electric type GE6541B yang ada pada software tersebut. Komposisi udara yang digunakan pada simulasi adalah nitrogen (N₂) 75,30%, Oxygen (O₂) 20,20%, CO₂ 0,02%, air (H₂O) 3,55% dan Argon (Ar) 0,90%.



Gambar 2. Model simulasi gas turbin pada thermoflow.

2.4 Penerapan Etika Profesi dan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan (K3L)

Penerapan professional seorang Insinyur di pelaksanaan pekerjaan di pelaksanaan pengujian dan analisis performa PLTG antara lain dengan melakukan perencanaan yang efektif dan efisien serta dapat mengidentifikasi risiko dan kendala yang mungkin terjadi dalam pekerjaan. Kesehatan dan keselamatan kerja itu penting karena pasti setiap pekerja menginginkan lingkungan kerja yang dapat memberikan rasa aman. Dalam menjalankan pekerjaan sehari-hari terdapat beberapa faktor yang bisa saja menyebabkan kecelakaan kerja. Sebelum melakukan pekerjaan agar dilakukan rapat koordinasi persiapan pelaksanaan seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dan pemeriksaan kelengkapan alat pelindung diri (APD) dan pemenuhan prosedur K3 yang berlaku. Pada saat pelaksanaan pekerjaan perlu dipastikan juga pemenuhan hasil pekerjaan terhadap peraturan lingkungan yang berlaku.



Gambar 3. Rapat koordinasi dan penggunaan APD saat pelaksanaan pengujian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis hasil pengujian Heat Rate

Hasil perhitungan plant heat rate pada PLTG unit 1 ditunjukkan pada Tabel 4 dan PLTG Unit 2 ditunjukkan pada Tabel 5. Nilai Net plant heat rate (NPHR) PLTG Unit 1 terendah dicapai pada pengujian beban 29,94 MW adalah sebesar 3.155,36 kKal/kWh. Nilai Gross plant heat rate (GPHR) PLTG Unit 1 terendah dicapai pada pengujian beban 29,94 MW adalah sebesar 3.142,29 kKal/kWh. Nilai Net plant heat rate (NPHR) PLTG Unit 2 terendah dicapai pada pengujian beban 33,78 MW (Base Load) adalah sebesar 2.933,87 kKal/kWh. Nilai Gross plant heat rate (GPHR) PLTG Unit 2 terendah dicapai pada pengujian beban 33,78 MW (Base Load) adalah sebesar 2.922,06 kKal/kWh.

Nilai Heat Rate hasil pengujian yang lebih tinggi dari hasil simulasi menunjukkan bahwa telah terjadi degradasi performa pada kedua unit. Namun asumsi yang digunakan pada simulasi adalah kondisi turbin gas yang baru sedangkan pada unit PLTG yang diuji telah beroperasi selama 20 tahun sehingga sudah terjadi degradasi performa.

Perbandingan performa compressor PLTG unit 1 terhadap unit 2 terutama pada tekanan keluaran kompresor (PCS) mengindikasikan bahwa sudu kompresor PLTG unit 1 telah kotor sehingga perlu dilakukan pembersihan sudu kompresor antara lain dengan online compressor washing atau pembersihan deposit pada sudu kompresor secara manual saat overhaul [25].

Tabel 4. Hasil perhitungan performa PLTG unit 1

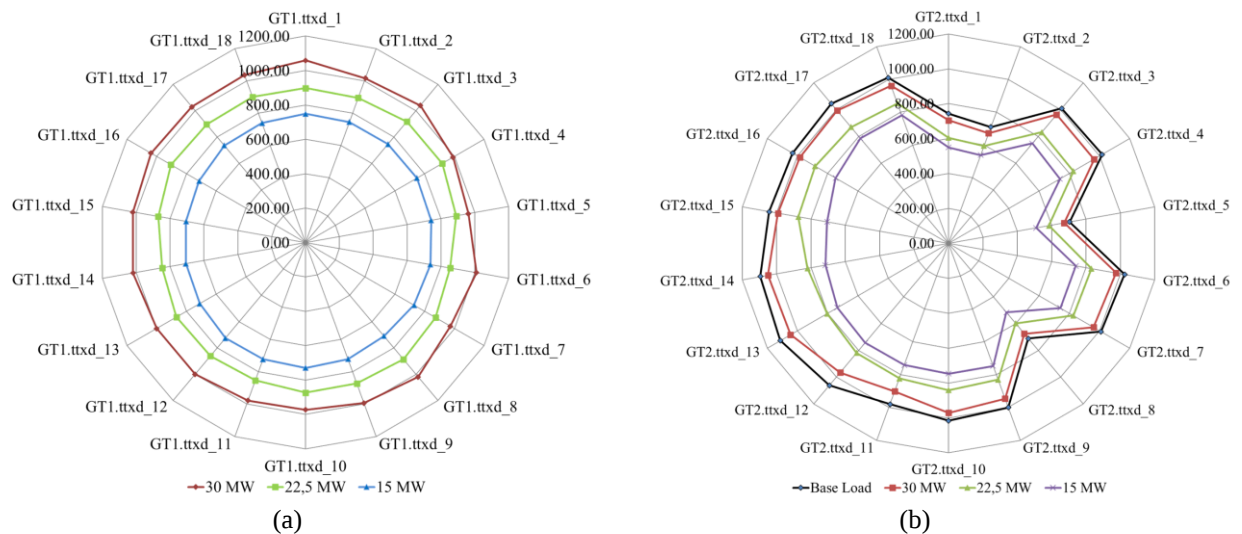
Item	Code	Unit	Beban (MW)		
			15	22.5	30
Gross heat rate	HR _{GTG}	BTU/kWh	15,643.26	13,242.55	12,469.42
		kCal/kWh	3,942.10	3,337.12	3,142.29
Net heat rate	HR _{GTN}	BTU/kWh	15,770.41	13,312.34	12,521.28
		kCal/kWh	3,974.14	3,354.71	3,155.36
Gas flow rate	Gfgas	MSCF/h	232.00	302.00	360.00
Gas Fuel Gross heating value	HV _{gas}	btu/scf	1,037.04	1,037.04	1,037.04
Gas turbine gross power output	GTKWG	MWH	15.38	23.65	29.94
Gas turbine net power output	GTKWN	MWH	15.26	23.53	29.82
UAT	GTKWU	KWH	124.00	124.00	124.00
Specific Fuel Consumption	SFC	scf/kWh	15.085	12.770	12.024
Frequency	F	Hz	50.07	50.14	50.07
Exhaust Temperature	TTX	°C	385.53	470.11	539.99
Efisiensi GT	η_{GT}	%	21.81	25.77	27.36
GT compressor efficiency	η_c	%	81.98	82.57	83.01
GT compressor inlet air temperature	T1C	°C	28.64	31.31	33.55
GT compressor outlet air temperatur	T2C	°C	342.07	356.75	367.64
GT compressor outlet air pressure	PCS	kg/cm ² (A)	8.89	9.42	9.78
Ambien pressure	Pa	kg/cm ² (A)	1.03	1.03	1.03
Specific heat ratio	K		1.40	1.40	1.40
Air Inlet Differential Pressure	ΔP	kg/cm ² (A)	0.0055	0.0053	0.0050

Pada sensor lain, data penunjukan tekanan differensial pada unit 2 di tiap beban tidak menunjukkan perbedaan. Hal ini mengindikasikan kemungkinan instrumen tersebut mengalami kerusakan atau adanya kotoran pada saluran pemipaan diffrential pressure filter.

Tabel 5. Hasil perhitungan performa PLTG unit 2

Item	Code	Unit	Beban (MW)			Base Load (33,7)
			15	22.5	30	
Gross heat rate	HR _{GTG}	BTU/kWh	15,124.32	12,862.08	11,913.20	11,595.46
		kCal/kWh	3,811.33	3,241.24	3,002.13	2,922.06
Net heat rate	HR _{GTN}	BTU/kWh	15,253.02	12,939.19	11,966.64	11,642.33
		kCal/kWh	3,843.76	3,260.68	3,015.59	2,933.87
Gas flow rate	Gfgas	MSCF/h	222.00	284.00	351.00	379.00
Gas Fuel Gross heating value	HV _{gas}	btu/scf	1,033.50	1,033.50	1,033.50	1,033.50
Gas turbine gross power output	GTKWG	MWH	15.17	22.82	30.45	33.78
Gas turbine net power output	GTKWN	MWH	15.04	22.68	30.31	33.64
UAT	GTKWU	KWH	128.00	136.00	136.00	136.00
Specific Fuel Consumption	SFC	scf/kWh	14.634	12.445	11.527	11.220
Frequency	F	Hz	50.10	50.14	50.24	50.20
Exhaust Temperature	TTX	°C	395.72	447.89	524.80	556.00
Efisiensi GT	η_{GT}	%	22.56	26.53	28.64	29.43
GT compressor efficiency	η_c	%	81.84	82.44	83.02	83.00
GT compressor inlet air temperature	T1C	°C	30.26	31.21	32.67	32.10
GT compressor outlet air temperature	T2C	°C	336.48	359.27	371.42	374.81
GT compressor outlet air pressure	PCS	kg/cm ² (A)	8.45	9.50	10.05	10.28
Ambien pressure	Pa	kg/cm ² (A)	1.03	1.02	1.02	1.02
Specific heat ratio	K		1.40	1.40	1.40	1.40
Air Inlet Differential Pressure	ΔP	kg/cm ² (A)	0.0045	0.0045	0.0045	0.0045

3.2 Pemeriksaan instrumen alat ukur



Gambar 4. Distribusi temperatur gas buang pada PLTG (a) unit 1 dan (b) unit 2.

Pada PLTG unit 1 dan 2 terdapat 18 sensor thermocouple yang berfungsi untuk mengukur temperatur ga buang pada sisi exhaust PLTG. Perbandingan distribusi temperature gas buang pada PLTG unit 2 dengan PLTG unit 1 menunjukkan distribusi temperatur gas buang yang tidak seragam pada setiap beban terutama pada thermocouple nomor 1,2,5 dan 8 yang menunjukkan nilai yang lebih rendah dari thermocouple yang lain seperti dapat dilihat pada Gambar 4. Hal ini menunjukkan fungsi sensor yang mengalami kegagalan sehingga perlu dilakukan pemeriksaan dan kalibrasi pada thermocouple nomor 1,2,5 dan 8.

3.3 Simulasi performa turbin gas

Dengan menggunakan model turbin gas seperti ditunjukkan pada Gambar 2, dilakukan simulasi dengan merubah beberapa parameter input pada modul ELINK yang tersedia di software GT-Pro. Pada GT, input simulasi yang dimasukkan adalah persentase beban, tekanan differensial filter dan temperatur udara ambien. Output dari simulasi ditunjukkan pada Tabel 6. Sedangkan output dari simulasi pada GT unit 2 ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 6. Hasil simulasi performa PLTG unit 1

ELINK 30.0 (Save-ALL) Copyright (c) 1999 - 2022 Base Case: D:\Eviden IR\Makalah\PLTG Batang Hari\GTPro\GTPRO-Jambi unit 1.GTP Loaded: 04-21-2023 : 17:31:23		Base Case	Case 1	Case 2	Case 3
Computation Message ->		OK	OK	OK	OK
INPUT VARIABLE DESCRIPTION	Units	Input	Input	Input	Input
Ambient temperature	C	33.5	28.64	31.31	33.55
GT generator output power (per GT)	kW	34250	15380	23650	29940
Inlet filter pressure loss	cm H2O	5.0	5.5	5.3	5.0
OUTPUT VARIABLE DESCRIPTION	Units	Output	Output	Output	Output
Plant gross output	kW	34,245	15,383	23,652	29,943
Plant gross LHV heat rate	kcal/kWh	2,783.0	3,536	3,083	2,877.5
GT gross LHV eff	%	30.9	24.32	27.89	29.88
GT compressor discharge (per GT) Temperature	C	372.1	312.5	326.5	342.6
GT compressor discharge (per GT) Pressure	ata	11.3	8.449	9.055	9.904
GT exhaust, after turbine diffuser (per GT) Temperature	C	549.8	425.1	531.8	571.3

Tabel 7. Hasil simulasi performa PLTG unit 2

 ELINK 30.0 (Save-ALL) Copyright (c) 1999 - 2022 Base Case: D:\Eviden IR\Makalah\PLTG Batang Hari\GTPPro\GTPRO-Jambi unit 2.GTP Loaded: 04-21-2023 : 17:20:29		Base Case	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
Computation Message ->		OK	OK	OK	OK	OK
INPUT VARIABLE DESCRIPTION	Units	Input	Input	Input	Input	Input
GT generator output power (per GT)	kW	34250	15170	22820	30450	33780
Ambient temperature	C	33.5	30.26	31.21	32.67	32.1
Inlet filter pressure loss	cm H ₂ O	5.0	4.5	4.5	4.5	4.5
OUTPUT VARIABLE DESCRIPTION	Units	Output	Output	Output	Output	Output
GT gross power	kW	34,233	15,173	22,823	30,453	33,783
GT gross LHV heat rate	kcal/kWh	2,783.3	3,557	3,113	2,859.2	2,768.3
GT gross LHV eff	%	30.89	24.18	27.63	30.07	31.06
GT compressor discharge (per GT) Temperature	C	372.0	314.2	325.3	342.5	357.1
GT compressor discharge (per GT) Pressure	ata	11.29	8.407	8.997	10.01	10.9
GT exhaust, after turbine diffuser (per GT) Temperature	C	549.9	425.9	521.2	569.8	556.0

Perbandingan hasil simulasi dengan data pengujian menunjukkan bahwa penurunan performa turbin gas unit 1 dan unit 2 disebabkan oleh dari penurunan performa kompresor yang ditunjukkan dari kenaikan heat rate, penurunan tekanan discharge compressor dan kenaikan temperatur exhaust [26]. Penurunan tekanan discharge compressor dan kenaikan temperatur pada sisi exhaust disebabkan oleh penumpukan kontaminan seperti debu pada sudu kompresor sehingga terjadi penurunan aliran massa udara masuk sehingga terjadi peningkatan pada temperatur di ruang bakar dan menyebabkan temperatur exhaust meningkat [27].

4. Kesimpulan

Hasil simulasi menunjukkan plant heat rate PLTG Unit 1 terendah dicapai pada beban 29,94 MW sebesar 2.877,5 kkal / kwh sedangkan hasil pengujian menunjukkan nilai 3.142,29 kKal/kWh. Nilai plant heat rate Unit 2 terendah dicapai pada beban base load sebesar 2.768,3 kKal/kWh sedangkan hasil pengujian menunjukkan nilai 2.922,06 kKal/kWh. Penurunan performa dari gas turbin disebabkan oleh menurunnya performa kompresor. Distribusi temperature gas buang pada unit 2 tidak merata dibandingkan dengan unit 1. Untuk meningkatkan performa dari gas turbin perlu dilakukan pembersihan sudu kompresor, kalibrasi manometer dan pemeriksaan saluran piping DP Air Inlet Filter serta melakukan kalibrasi Thermocouple gas buang pada nomor 1,2,5 dan 8 Unit 2.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Program Profesi Insinyur (PSPPI) UNDIP dan PT PLN (Persero) Puslitbang Ketenagalistrikan atas dukungan yang telah diberikan pada penulisan makalah ini.

Daftar Pustaka

- [1] C. Redl, "A word on flexibility: The German Energiewende in practice: how the electricity market manages flexibility challenges when the shares of wind and PV are high," *Agora*: <https://www.agora-energiewende.de/en/publications/a-word-on-flexibility>, 2018.
- [2] H. I. H. Saravanamuttoo, G. F. C. Rogers, and H. Cohen, *Gas turbine theory*, Seventh edition. Harlow, England ; New York: Pearson, 2017.
- [3] K. Abudu, U. Igie, O. Minervino, and R. Hamilton, "Gas turbine efficiency and ramp rate improvement through compressed air injection," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, vol. 235, no. 4, pp. 866–884, Jun. 2021, doi: 10.1177/0957650920932083.
- [4] D. Roddy, *Advanced power plant materials, design and technology*. Elsevier, 2010.
- [5] Mohammadreza Tahan, "Performance-based health monitoring, diagnostics and prognostics for condition-based maintenance of gas turbines: A review," *Applied Energy*, vol. 198, pp. 122–144, Jul. 2017, doi: 10.1016/J.APENERGY.2017.04.048.
- [6] R. Jones, J. Goldmeier, and B. Monetti, "Addressing Gas Turbine Fuel Flexibility," p. 20.
- [7] D. Burnes and A. Camou, "Impact of Fuel Composition on Gas Turbine Engine Performance," *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, vol. 141, no. 10, Jul. 2019, doi: 10.1115/1.4044238.

- [8] P. P. Walsh and P. Fletcher, *Gas turbine performance*. Blackwell science, 2004.
- [9] R. K. Bhargava, M. Bianchi, A. De Pascale, G. Negri di Montenegro, and A. Peretto, "Gas Turbine Based Power Cycles - A State-of-the-Art Review," in *Challenges of Power Engineering and Environment*, K. Cen, Y. Chi, and F. Wang, Eds., Berlin, Heidelberg: Springer, 2007, pp. 309–319. doi: 10.1007/978-3-540-76694-0_56.
- [10] N. Kumar, P. Besuner, S. Lefton, D. Agan, and D. Hilleman, "Power plant cycling costs," National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States), 2012.
- [11] F. J. Brooks, "GE Gas Turbine Performance Characteristics," p. 21.
- [12] R. Kurz and K. Brun, "Gas Turbine Performance," 2016, doi: 10.21423/R1W112.
- [13] S. L. Dixon and C. Hall, *Fluid mechanics and thermodynamics of turbomachinery*. Butterworth-Heinemann, 2013.
- [14] M. P. Boyce, *Gas turbine engineering handbook*, 4th ed. Amsterdam ; Boston: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2012.
- [15] "Power Plant Instrumentation and Control Handbook," in *Power Plant Instrumentation and Control Handbook*, Elsevier, 2019, pp. i–ii. doi: 10.1016/B978-0-12-819504-8.09011-9.
- [16] M. Zedda, "Gas turbine engine and sensor fault diagnosis," Cranfield, 1999. Accessed: Apr. 12, 2023. [Online]. Available: <https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/9117>
- [17] Y. G. Li, "A Genetic Algorithm Approach to Estimate Performance Status of Gas Turbines," presented at the ASME Turbo Expo 2008: Power for Land, Sea, and Air, American Society of Mechanical Engineers Digital Collection, Aug. 2009, pp. 431–440. doi: 10.1115/GT2008-50175.
- [18] H. Hanachi, C. Mechefske, J. Liu, A. Banerjee, and Y. Chen, "Performance-Based Gas Turbine Health Monitoring, Diagnostics, and Prognostics: A Survey," *IEEE Transactions on Reliability*, vol. 67, no. 3, pp. 1340–1363, Sep. 2018, doi: 10.1109/TR.2018.2822702.
- [19] Z. Liu and I. A. Karimi, "Gas turbine performance prediction via machine learning," *Energy*, vol. 192, p. 116627, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.energy.2019.116627.
- [20] S. O. T. Ogaji, S. Sampath, R. Singh, and S. D. Probert, "Parameter selection for diagnosing a gas-turbine's performance-deterioration," *Applied Energy*, vol. 73, no. 1, pp. 25–46, Sep. 2002, doi: 10.1016/S0306-2619(02)00042-9.
- [21] X. Zhang, H. Sugishita, W. Ni, and Z. Li, "Economics and performance forecast of gas turbine combined cycle," *Tsinghua Science and Technology*, vol. 10, no. 5, pp. 633–636, Oct. 2005, doi: 10.1016/S1007-0214(05)70131-0.
- [22] "ASME PTC 22 - Gas Turbine." ASME, 2013.
- [23] "GEI 41040G - Specification for Fuel Gases for Combustion in Heavy-Duty Gas Turbines." GE, Jan. 2002.
- [24] "Thermoflow Software Suite User Manual." Thermoflow Inc, Jan. 2022.
- [25] C. B. Meher-Homji, M. A. Chaker, and H. M. Motiwala, "Gas Turbine Performance Deterioration.," 2001, doi: 10.21423/R19Q1P.
- [26] N. Aldi, N. Casari, M. Morini, M. Pinelli, P. R. Spina, and A. Suman, "Gas Turbine Fouling: A Comparison Among 100 Heavy-Duty Frames," *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, vol. 141, no. 3, Art. no. 3, Oct. 2018, doi: 10.1115/1.4041249.
- [27] C. B. Meher-Homji and A. Bromley, "Gas Turbine Axial Compressor Fouling And Washing.," 2004, doi: 10.21423/R1S66R.

LAMPIRAN
DOKUMENTASI PENERAPAN ETIKA PROFESI DAN K3L

Pada pelaksanaan kegiatan dalam rangka pembuatan artikel ilmiah dengan judul: “Simulasi dan Analisis Performa Pembangkit Listrik Tenaga Gas (Studi kasus pada PLTG Jambi)”

Mendasari kurikulum Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur (PSPPI) Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, maka dengan ini saya:

Nama	: Ruly Bayu Sitanggang
NIM	: 21000122220165
Kejuruan	: Teknik Mesin
Institusi	: PT PLN (Persero)

melaporkan penerapan Etika Profesi serta Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) khususnya di bidang Teknik Mesin. Adapun penerapan sebagaimana tersebut pada pokok laporan adalah sebagai berikut:

A. Etika Profesi

Penerapan etika profesi di PT PLN (Persero) Puslitbang antara lain adalah menjamin dan memastikan pekerjaan sesuai dengan rencana, menjaga kualitas produk maupun layanan yang diberikan/dikerjakan, serta memperhatikan untuk tidak merugikan pihak lain dalam melaksanakan pekerjaan seperti berkoordinasi dengan pihak terkait dalam pelaksanaan performance test.



Gambar 1. Rapat koordinasi performance test

B. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD).

APD digunakan pada petugas dan atau pekerja saat melaksanakan pekerjaan yang memiliki risiko bahaya. Pada pekerjaan outdoor, APD yang digunakan pada PT PLN (Persero) antara lain helm, wearpack, full body harness, serta sepatu safety.



Gambar 2. Penggunaan APD pada saat pelaksanaan pengambilan data.

2. Penyediaan Alat Pemadam Api Ringan (APAR).

PT PLN (Persero) menyediakan APAR yang berbahan serbuk kimia (*Dry Chemical Powder*). APAR ini ditujukan untuk memadamkan api jika terjadi kebakaran pada area kantor. APAR ukuran kecil disimpan di dalam ruangan sedangkan APAR yang berukuran besar disimpan di luar ruangan.



Gambar 3. APAR yang digunakan di PT PLN (Persero) Puslitbang.

3. Penyediaan perangkat Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan (P3K) dan tabung oksigen.

Perangkat P3K disediakan dalam box yang terpasang pada dinding yang mudah dijangkau yang dapat digunakan sebagai pertolongan pertama jika terjadi kecelakaan kerja ringan. Tabung oksigen disediakan di dekat box P3K untuk pertolongan jika ada pegawai yang membutuhkan.



Gambar 4. Kotak P3K dan tabung oksigen yang digunakan di PT PLN (Persero) Puslitbang.

**PERFORMANCE ANALYSIS OF STEAM TURBINE
CAPACITY OF 35 MW AT GEOTHERMAL POWER PLANT**



KARYA ILMIAH

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Insinyur Pada
Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur

**Oleh :
Ojo Kurdi
21000122220216**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN PROFESI INSINYUR
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
TAHUN 2023**

LEMBAR PENGESAHAN

Karya Ilmiah atas nama :

Mahasiswa : Ojo Kurdi

NIM : 21000122220216

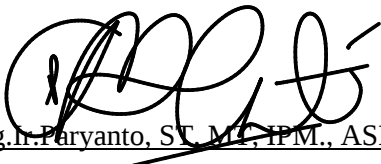
Program Studi : Program Profesi Insinyur

Judul : Performance Analysis of Steam Turbine Capacity of 35 Mw At
Geothermal Power Plant

Telah memenuhi persyaratan kaidah Karya Ilmiah di Program Studi Program
Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Semarang, Juni 2023

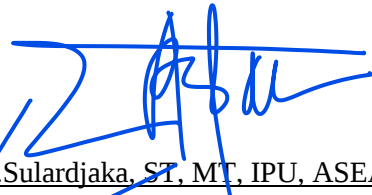
Pembimbing 1



Dr.-Ing. Ir. Paryanto, ST, MT, IPM., ASEAN. Eng

NIDN : 0009098506

Pembimbing 2



Dr. Ir. Sulardjaka, ST, MT, IPU, ASEAN. Eng

NIP : 197104201998021001

LEMBAR PERSETUJUAN

Karya Ilmiah

PERFORMANCE ANALYSIS OF STEAM TURBINE CAPACITY OF 35 MW AT GEOTHERMAL POWER PLANT

Disusun Oleh :

Nama Mahasiswa

21000121210013

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji

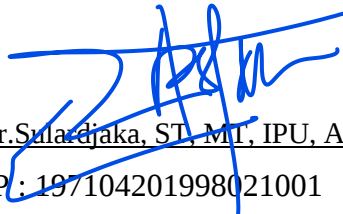
Pada Tanggal : Juni 2023

Penguji 1

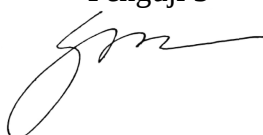

Dr.-Ing.Ir.Paryanto, ST, MT, IPM, ASEAN. Eng
NIDN : 0009098506

Tim Penguji,

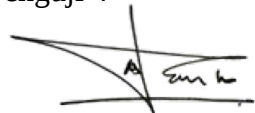
Penguji 2


Dr.Ir.Sulardjaka, ST, MT, IPU, ASEAN. Eng
NIP : 197104201998021001

Penguji 3


Ir. Agung Nugroho, M. Kom., IPU
NIP : 195901051987031002

Penguji 4

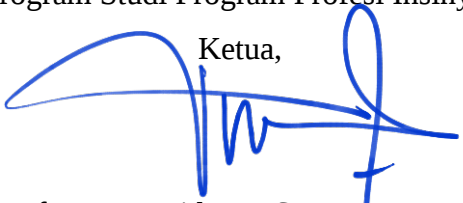

Dr. Ir. Agus Suprihanto, S.T, M.T., IPM..
NIP : 197108181997021001

Karya Ilmiah ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh

gelar Insinyur Tanggal : Juni 2023

Program Studi Program Profesi Insinyur

Ketua,


Prof. Dr. Ir. Widayat, S.T., M.T., IPM.
NIP : 197206091998031001

PERNYATAAN ORISIONALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Karya Ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Karya Ilmiah ini akan saya publikasikan pada *International Research Journal of Innovations in Engineering and Technology* (IRJIET).

Semarang, Juni 2023



Ojo Kurdi

NIM : 21000122220216

Performance Analysis of Steam Turbine Capacity of 35 MW at Geothermal Power Plant

¹*Ojo Kurdi, ²Paryanto, ³Sulardjaka, ⁴Reza Poerwandito

^{1,2,4}Mechanical Engineering Department, Diponegoro University, Semarang, Indonesia

^{1,2,3}Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas JPII, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

*Corresponding Author: ojokurdi@ft.undip.ac.id

Abstract - Geothermal Power Plant has the main component, namely turbines. The decrease in turbine performance will affect the reliability of the plant and the generation power. The writing of this report aims to find out the main processes and components in the power plant. Then find out the performance of the turbine in the geothermal power plant to find out the performance of the turbine. After obtaining the turbine performance results, the authors identified parameters that affect turbine performance, and then to conclude the current performance conditions, the authors made a comparison between actual performance and performance by design. During operation, it is estimated that the efficiency of the turbine has decreased due to several factors such as frequent derating (decrease in load) or trip (unit shutdown), factors of length of maintenance, errors in operation and maintenance and other factors. Therefore, it is necessary to analyze the efficiency of the turbine whether the turbine is still within the limits of reliable conditions or not.

The results of the analysis by taking samples for 16 days obtained the average efficiency of turbines at unit X plants is currently 74.40%. When compared to turbine efficiency by design of 75.28%, the turbine efficiency value is currently decreasing by $\pm 0.88\%$.

Keywords: Turbines, Efficiency, Geothermal.

I. INTRODUCTION

Geothermal power plants are one of the environmentally friendly alternatives to power generation [1]. In general, geothermal is distributed and filtration is carried out to remove impurities contained in hot steam so that clean hot steam is used to drive turbines, then the steam can be converted into electrical energy using a generator [2]. Thus, one of the important components in geothermal power plants is the steam turbine. A steam turbine is a device that can convert hot steam into mechanical energy in the form of rotation of the turbine shaft which will then drive the generator so that it produces electrical energy [3]. There are things that need to be considered to keep the electricity generation process running

normally is to look at the performance of each tool used, because when the performance of the tool decreases, it will affect the process that occurs and the electrical energy produced [4].

At this time, there was no research related to the efficiency of the steam turbine on the previous X unit. Therefore, this practical work is carried out as one of the author learning systems in order to be able to analyze and solve problems regarding the Performance Analysis of Steam Turbines with a Capacity of 35 MW Unit X at Geothermal Power Plant.

In conclusion later, the writer hopes the maximum value of turbine efficiency either for other parameters, and find a conclusion which lead to a way to improvise the work of turbine to produce output at its best working condition [1] [2].

1.1 Method

This study is completed by calculating the performance of the steam turbine in actual conditions, design, and optimization that can be done. Performance is something that is achieved; demonstrated achievements; workability (equipment). Thus, the performance of a steam turbine is the working ability of a tool, namely a steam turbine. To interpret the performance of the steam turbine is to consider the efficiency of the steam turbine [1]. When the efficiency value is high, the performance of the steam turbine is still very good, but if the efficiency decreases, the working ability of the steam turbine decreases and loses energy [2].

▪ Calculating the Vapor Fraction

The vapor fraction or vapor quality is calculated by interpolating from the entropy value entering the turbine. Here is the formula used:

$$x = \frac{s_4 - s_{f5}}{s_{g5} - s_{f5}} \quad (1)$$

Information:

x = Vapor fraction

s_4 = Turbine inlet steam entropy (kJ/kg. K)

s_{f5} = Entropy of the turbine outgoing fluid (kJ/kg. K)

s_{f5} = Entropy of the turbine outgoing steam (kJ/kg. K)

▪ Calculating the Work of the Ideal Turbine

The work of an ideal turbine or the work of an isentropic turbine can be obtained from the following equation:

$$w_{ts} = h_4 - h_{s5} \quad (2)$$

h_{s5} (Isentropic enthalpy) can be searched on the steam coming out of the turbine with using the formula:

$$h_{s5} = h_f + x h_{fg} \quad (3)$$

Information:

h_{fg} = Enthalpy of the isentropic mixture out of the turbine (kJ/kg)

h_f = Enthalpy of isentropic fluid out of the turbine (kJ/kg)

h_{s5} = Turbine outgoing isentropic enthalpy (kJ/kg)

h_4 = Turbine inlet steam enthalpy (kJ/kg)

w_{ts} = ideal/isentropic turbine work (kJ/kg)

▪ Calculating the Actual Turbine Work

The work of the turbine at the actual condition can be calculated by the following equation:

$$w_{ta} = h_4 - h_5 \quad (4)$$

To be able to find the value of the turbine outgoing steam enthalpy (h_5) at the actual condition can use the formula:

$$h_s = \frac{h_4 - A \left[1 - \left(\frac{h_{f5}}{h_{g5} - h_{f5}} \right) \right]}{1 + \frac{A}{h_{g5} - h_{f5}}} \quad (5)$$

Where

$$A = 0,45 \times (h_4 - h_{s5}) \quad (6)$$

The enthalpy value at the vapor condition can be searched by the equation:

$$h_{fg5} = h_{g5} - h_{f5} \quad (7)$$

$$h_{g5} = h_{fg5} + h_{f5} \quad (8)$$

Information:

h_5 = Turbine outgoing steam enthalpy (kJ/kg)

h_{f5} = Enthalpy of turbine outgoing fluid (kJ/kg)

h_{g5} = Turbine outgoing steam enthalpy (kJ/kg)

w_{ta} = Actual turbine work (kJ/kg)

▪ Calculating Turbine Isentropic Efficiency

Turbine isentropic efficiency or thermodynamic efficiency of a steam turbine is a measured parameter of the magnitude of steam expansion in terms of actual decrease in enthalpy compared to ideal enthalpy. The isentropic efficiency of the turbine can be calculated by the standard CEI / IEC 60953-3 [5]:

$$\eta_{\text{turbine isentropis}} = \frac{W_{\text{turbine aktual}}}{W_{\text{turbine ideal}}} \times 100\% \quad (9)$$

▪ Calculating Isentropic Turbine Power

The calculation of the power of the isentropic turbine can use the equation:

$$\dot{W}_t = \dot{m}(h_4 - h_5) = \dot{m} \times w_{ts} \quad (10)$$

Information:

$\dot{W}_t$ = Isentropic turbine power (kW)

$\dot{m}$ = Turbine inlet steam mass flow rate (kg/s)

▪ Calculating the Turbine Specific Steam Consumption Value

Turbine-specific steam consumption or turbine steam rate is the quantity of steam required to generate each kilowatt hour (kWh) of electricity by comparing the ratio of the mass flow rate of steam to the output power. The value of the turbine steam rate in units (kg/kWh) can be obtained from the following equation:

$$\text{Turbine Steam Rate} = \frac{\dot{m}}{\dot{w}} \quad (11)$$

Information:

$\dot{W}$ = Output power/ generated power (kW)

▪ Calculating the Heat Rate

Turbine heat rate is the amount of heat needed to produce electricity of 1 (kWh) then expressed in units (kJ / kWh). The heat rate value can be calculated by the equation:

$$\text{Turbine Heat Rate} = \text{TSR} \times h_4 \quad (12)$$

Information:

TSR = Turbine Steam Rate (kg/kWh)

▪ Calculating Turbine Thermal Efficiency

The thermal efficiency of the turbine shows how well the energy conversion is carried out on the steam turbine. The

thermal efficiency of the turbine can be searched by the equation CEI/IEC 953-1 [5]:

$$\text{Thermal Efficiency } (\eta_{th}) = \frac{3600}{\text{Turbine Heat Rate}} \times 100\% \quad (13)$$

Turbine specifications that the author examined are shown in table 1 below.

Table 1: Turbine Specification

Categories	Value
Manufactured	Fuji Electric
Type	Single casing multi-stage condensing type
Rated Output	37260 kW
Inlet Steam Pressure	6.5 bar
Inlet Steam Temperature	166.8
Exhaust Pressure	0.10 bar
Rated Speed	3000 rpm
Direction of Rotation	Counter Clockwise (view from generator side)
Number of Blading Stage	Reaction stage 7

1.2 Theoretics

Maintenance of geothermal power plant uses a single flash steam system [6] [7]. The flow chart below is a flow chart of the power plant process that follows the process that occurs in the temperature-entropy diagram on the single flash steam system shown in Figure 1 below.

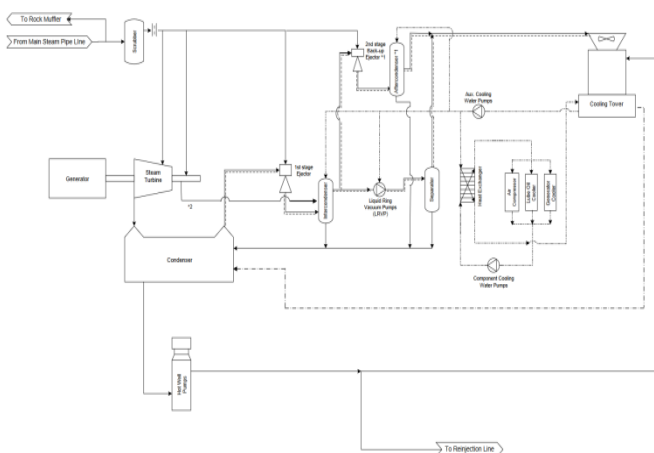


Figure 1: Process Flow Diagram of PLTP Unit X

The following is a temperature-entropy diagram shown in Figure 2 below as a depiction of the processes occurring in steam turbines.

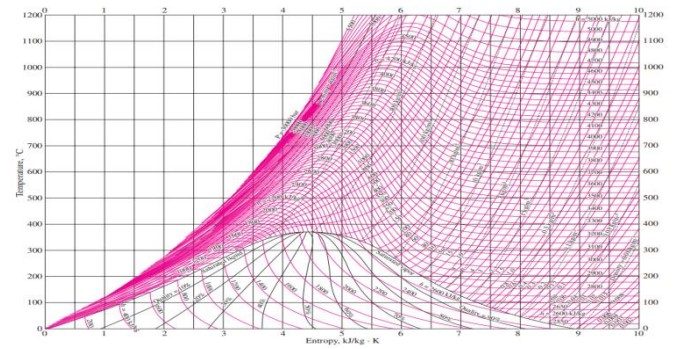


Figure 2: Diagram T-S [8]

The following is an energy balance scheme in a steam turbine by describing the incoming energy and outgoing energy that occurs in the turbine system shown in Figure 3 below.

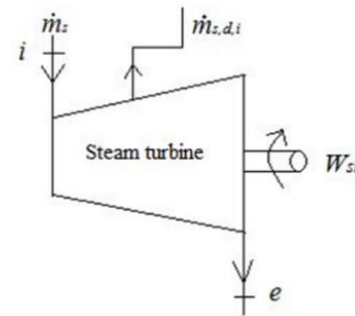


Figure 3: Steam Turbine Energy Balance [9]

In the illustration of the energy balance of a steam turbine, there are parameters that are measured when steam enters the turbine, namely inlet temperature, inlet pressure and steam mass flow rate which then steam thermal energy is converted into mechanical energy so that it can drive the generator to generate electricity, while the parameters measured when steam comes out of the turbine are outlet temperature and outlet pressure. However, according to law II of thermodynamics, not all thermal energy can be converted into mechanical energy so that there is heat or heat that is wasted into the environment.

II. STEAM TURBINE PERFORMANCE CALCULATION

In calculating the performance of the steam turbine, there are steps that must be taken to be able to find out the efficiency of the steam turbine. In addition, observation data is needed by measuring parameters such as: steam mass flow rate, inlet temperature, inlet pressure, and outlet temperature and outlet pressure to be elaborated in the calculation of steam turbine performance as follows.

▪ Calculating the Vapor Fraction

To be able to calculate the fraction of steam or the quality of steam entering the turbine, data is needed in the form of an entropy value when it enters the turbine and an entropy value when it exits the turbine. To obtain the entropy value, interpolation is carried out in table A-3 (pressure table) thermodynamics [10]. Then, it can be known that

Using equation 1, the vapor fraction can be calculated as follows:

$$x = \frac{s_4 - s_{f5}}{s_{g5} - s_{f5}}$$

$$x = 0,77$$

▪ Calculating the Work of the Ideal/Isentropic Turbine

Isentropic turbine work is a mechanical effort produced when the turbine blades move now when steam enters. This occurs isentropic ally, namely at the entropy value that remains between the steam in and out of the turbine. The incoming vapor enthalpy value can be calculated using the thermodynamic A-3 (pressure table) table [10].

As for obtaining the isentropic enthalpy value out of the turbine, the process occurs isentropic ally (fixed entropy value) using table A-3 (pressure table) thermodynamics is carried out comparison and interpolation [10].

Using equation 3, the value of the turbine outgoing isentropic enthalpy can be calculated.

$$h_{s5} = h_f + x h_{fg}$$

$$h_{s5} = 2054,04 \text{ kJ/kg}$$

After obtaining the isentropic enthalpy value out of the turbine, it can be calculated the work of the turbine ideally / isentropic ally using the following equation 2.

$$w_{ts} = h_4 - h_{s5}$$

$$w_{ts} = 542,55 \text{ kJ/kg}$$

▪ Calculating the Turbine Work

The work of the turbine in actual conditions does not occur isentropic ally, because there is a change in the entropy value between the incoming steam and the steam out of the turbine. The enthalpy value can be calculated in the liquid phase and the steam phase when exiting the turbine using the thermodynamic A-3 (pressure table) table [10].

Using equations 5 and 6, it can be calculated the overall enthalpy value of steam coming out of the turbine.

$$h_s = \frac{h_4 - A \left[1 - \left(\frac{h_{f5}}{h_{g5} - h_{f5}} \right) \right]}{1 + \frac{A}{h_{g5} - h_{f5}}}$$

$$h_s = 2183,06 \text{ kJ/kg}$$

After obtaining the value of h_5 , the actual turbine work can be calculated using the following equation 4.

$$w_{ta} = h_4 - h_5$$

$$w_{ta} = 413,53 \text{ kJ/kg}$$

▪ Calculating Turbine Isentropic Efficiency

The performance of the steam turbine can be seen from the isentropic efficiency of the turbine, where the isentropic condition is the condition of the turbine to operate without friction causing power losses. Calculating the efficiency value using equation 9 which is a calculation formula based on the CEI/IEC 60953-3 [5] standard such as:

$$\eta_{\text{turbine isentropic}} = \frac{W_{\text{turbine actual}}}{W_{\text{turbine ideal}}} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{turbine isentropic}} = 76,22\%$$

▪ Calculating Isentropic Turbine Power

To be able to calculate the power of an isentropic turbine, equation 10 is used as follows:

$$\dot{W}_t = \dot{m}(h_4 - h_5) = \dot{m} \times w_{ts}$$

$$\dot{W}_t = 105671136,2 \text{ kW}$$

▪ Calculating Turbine Specific Steam Consumption

To find out the quantity of steam needed to be able to generate electricity every hour (kWh) equation 11 is used as follows.

$$\text{Turbine Steam Rate} = \frac{\dot{m}}{\dot{w}}$$

$$\text{Turbine Steam Rate} = 7,7868 \text{ kg/kWh}$$

▪ Calculating the Heat Rate

Using equation 12, it can calculate the amount of heat required to produce electricity by 1 (kWh) below.

$$\text{Turbine Heat Rate} = \text{TSR} \times h_4$$

Turbine Heat Rate = 20219,17 kJ/kWh

■ Calculating Turbine Thermal Efficiency

To find out the energy conversion carried out on the turbine thermally can use equation 13 which is a calculation of the thermal efficiency formula based on the CEI / IEC 953-1 standard [5]:

$$\text{Thermal Efficiency } (\eta_{th}) = \frac{3600}{\text{Turbine Heat Rate}} \times 100\%$$

$$\text{Thermal Efficiency } (\eta_{th}) = 17,80\%$$

III. RESULTS AND DISCUSSIONS

The maximum deviation of the parameter variables that the author examined based on the American Society of Mechanical Engineering is shown in Table 2 below.

Table 2: Variable Allowance [11]

Variable		Permissible Deviation From Design Condition
Main	Temperature	±30 °F from design
	Pressure	±3.0% of the absolute pressure
Initial Steam Quality		±0.5% points of quality for turbine
Exhaust Pressure		±2.5% of the absolute pressure
Primary Flow		Not specified

The profile of the inlet pressure to the isentropic efficiency of the turbine, is illustrated is show in Figure 4 below.

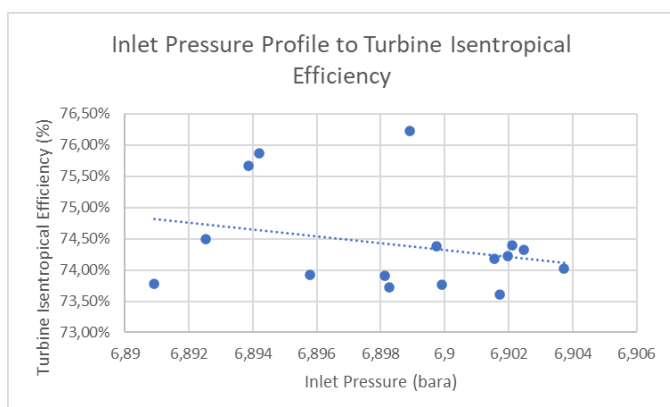


Figure 4: Inlet Pressure Profile to Turbine Isentropic Efficiency

In the profile of the inlet pressure to the isentropic efficiency of the turbine, it is illustrated that when the pressure enters the turbine about 6.894 to 6.899 absolute bar, the turbine isentropic efficiency ranges from 75.60% to 76.25% while when the inlet pressure is 6.901 to 6.904 bar absolutely produces a lower turbine isentropic efficiency ranging from 73.50% to 74.50%. This happens because the incoming steam

with a pressure of 6,894 to 6,899 coals is a pressure that is more in line with the specifications of the turbine, namely the inlet pressure of 6.5 coals, but when the incoming steam pressure exceeds the turbine specification, it causes the efficiency of the turbine to decrease so that the performance of the turbine decreases. Pressure that exceeds specifications also results in the quality of steam entering the turbine decreases as well. This overpressure increases steam condensation at the final level of the turbine so that it can damage the turbine blades.

The profile of the outlet pressure to the isentropic efficiency of the turbine, is illustrated is show in Figure 5 below.

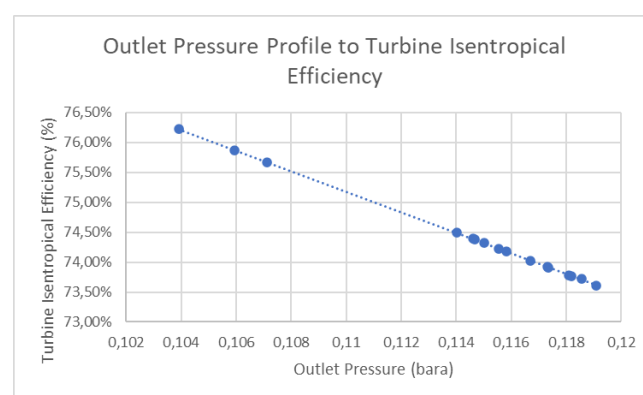


Figure 5: Outlet Pressure Profile to Turbine Isentropic Efficiency

In the above profile it is seen that the magnitude of the turbine's outgoing pressure value is inversely proportional to the turbine's isentropic efficiency value. When the turbine discharge pressure is of low value results in a high value of turbine efficiency. The value of the steam pressure when it exits the turbine is smaller than the pressure of the steam in the turbine because in the turbine, the steam is isentropic ally expanding and drives the turbine blades so that the kinetic energy of the steam produces work to drive the generator, then the pressure of the steam coming out of the turbine becomes lower. When the turbine exit pressure is more than 0.114 coals, the turbine isentropic efficiency decreases while when the pressure value is around 0.104 coals, it produces large turbine efficiency. This happens because when the steam enters the pressure is more pressure, it will produce a high-pressure value from the turbine due to a decrease in the vacuum pressure of the condenser so that the turbine performance decreases and requires steam consumption to generate power.

The profile of the steam rate to the steam rate applied vapor mass rate, is illustrated is show in Figure 6 below.

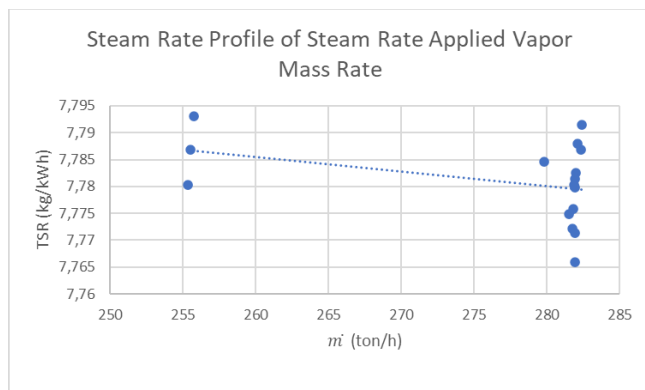


Figure 6: Steam Rate Profile of Steam Rate Applied Vapor Mass Rate

Turbine Steam Rate is the turbine-specific steam consumption required to generate electricity (kWh) [12]. In this case, the flow rate of steam mass is inversely proportional to the turbine steam rate which is proven in the profile above that when the flow rate of low steam mass is around 255 tons/h then the specific steam consumption to generate 1 kWh is higher up to 7,794 kg/kWh. This is due to the large pressure of incoming steam, when the incoming vapor pressure is low; it requires a high steam mass flow rate to produce a high steam rate turbine. However, it is said that it is good when the turbine steam rate is low to generate 1 kWh so that the required steam mass flow rate is also low with a higher pressure.

The profile of the inlet pressure to the thermal efficiency of the turbine, is illustrated in Figure 7 below.

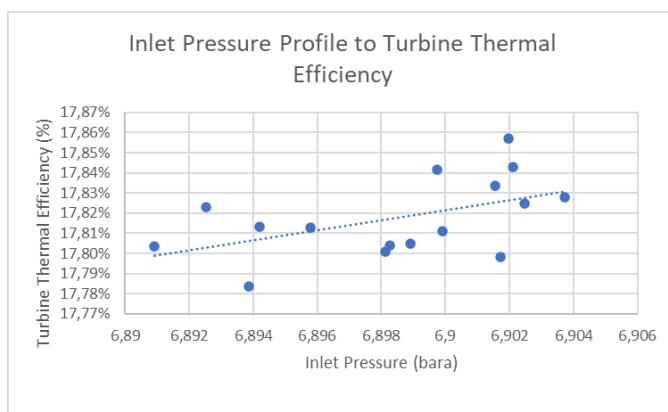


Figure 7: Inlet Pressure Profile to Turbine Thermal Efficiency

In the above profile can be seen that the low pressure of the incoming steam causes the thermal efficiency value of the turbine to also be low. Thermal efficiency is a good interpretation of whether energy conversion is carried out in steam turbines in terms of thermals. At an inlet steam pressure of about 6,894 bar produces a low thermal efficiency of the turbine while at an inlet steam pressure of 6,902 bara it produces a high thermal efficiency value of the turbine. This

happens because the incoming steam pressure affects the turbine heat rate because the low incoming steam pressure requires a larger amount of heat to generate 1 kWh of electricity so that the thermal efficiency in the turbine becomes smaller. It is different when the steam turbine enters is already high, to generate electricity only requires a low amount of heat to produce a large thermal efficiency [13], because in its calculation the value of the turbine heat rate is inversely proportional to the thermal efficiency of the turbine.

The comparison profile of the actual efficiency and the design condition efficiency of the turbine, is illustrated in Figure 8 below.

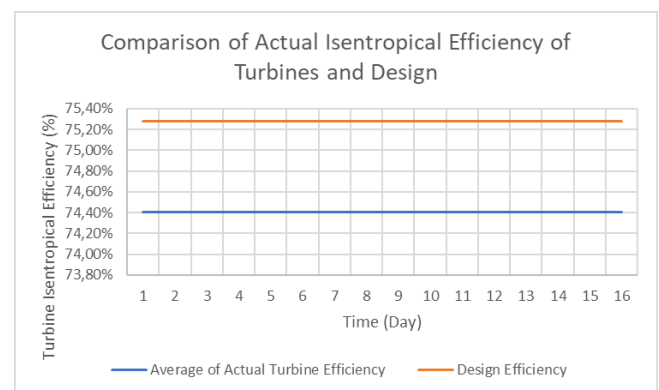


Figure 8: Comparison of Actual Isentropical Efficiency of Turbines and Design

The above profile provides an interpretation that there is a difference in the isentropic efficiency value of the turbine as well as by design [14]. In this case, the efficiency by design is the maximum efficiency or maximum performance that the turbine performs when operating so that the actual efficiency cannot exceed the efficiency by design, then the probability that what occurs is that the actual efficiency is lower than the efficiency by design. It is evident in the above profile that the isentropic efficiency of the turbine is lower than the isentropic efficiency of the turbine by design. The average actual efficiency for 16 days is 74.40%, while the turbine design efficiency is 75.28%, then the difference between the two is 0.88% which can be an opportunity for energy savings or an opportunity for increased efficiency [15].

IV. CONCLUSION

Based on the results of the research that has been done, some conclusions can be drawn as follows: the results of the calculation of the performance efficiency of the steam turbine with a capacity of 35 MW obtained an average actual efficiency of 74.40% with a turbine thermal efficiency of 17.82% while the efficiency of the steam turbine design performance was 75.28%. The difference in the efficiency of steam turbine performance by design condition with the actual

condition 0.88% where turbine performance decreases with the age of equipment that has been used for a long time and energy loss occurs.

Lowering the turbine exhaust pressure (vacuum condenser pressure is getting better), because the turbine exit pressure obtained almost exceeds the allowable variable deviation, as evidenced by lowering the turbine exit pressure close to the turbine specifications, it can produce a turbine performance efficiency value of 76.22%. Exhaust pressure profile at design conditions, actual conditions and optimization conditions for turbine efficiency are 0.109 bar, 0.116 bar and 0.103 respectively.

REFERENCES

- [1] Rubio, L. C., García-Alcaraz, J.L., Sáenz-Diez Muro, J.C.; Martínez-Cámara, E.; Bruzzzone, A.; Blanco-Fernández, J. Environmental Impact Comparison of Geothermal Alternatives for Conventional Boiler Replacement. *Energies* 2022, 15, 8163. <https://doi.org/10.3390/en15218163>.
- [2] Ghorbani, B., Sadeghzadeh, M., Ahmadi, M. H., A geothermal-assisted layout for power production and carbon dioxide capture. *Energy Reports* 8 (2022) 14533–14544.
- [3] Adams, B. M., Garapati, N., 2020, Combining Brine or CO₂ Geothermal Preheating with Low-Temperature Waste Heat: A Higher-Efficiency Hybrid Geothermal Power System, *Journal of CO₂ Utilization* 42 (2020) 101323.
- [4] Fiaschi, D., 2021, A Comparison of Different Approaches for Assessing Energy Outputs of Combined Heat and Power Geothermal Plants. *Sustainability* 2021, 13, 4527.
- [5] International Electro technical Commission, “Rules for Steam Turbine Thermal Acceptance Tests (Part 3: Thermal Performance.” CEI/IEC 60953-3 (2001).
- [6] Geambazu, L. E., 2022, Economic Efficiency of High-Entropy Alloy Corrosion-Resistant Coatings Designed for Geothermal Turbine Blades: A Case Study. *Appl. Sci.* 2022, 12, 7196.
- [7] Hu, B., 2022, 7th Research on Medium–Low Temperature Geothermal Power Generation System, International Conference on Advances on Clean Energy Research, ICACER 2022 April 20–22, 2022, Barcelona, Spain.
- [8] Haar, L., 1984, NBS/NRC Steam Tables, Routledge/Taylor & Francis Books, Inc.
- [9] Nayak, L. J., 2014, Parametric Analysis of Combined Cycle Power Plant Using Inlet Vapour Compression Cycle, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal, Volume 4, Issue 2, February 2014.
- [10] Moran, Michael J., 2007, *Fundamental of Engineering Thermodynamics*: 6th edition. Wiley.
- [11] Engineers, 2006, The American Society of Mechanical Erratum to ASME PTC 6-2004 Steam Turbine. New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- [12] Assad, M. E. H., 2021, Energy, Exergy, Economic and Exergo environmental Analyses of Trans critical CO₂ Cycle Powered by Single Flash Geothermal Power Plant. *International Journal of Low-Carbon Technologies* 2021, 16, 1504–1518.
- [13] Zeyghami, M., 2010, Thermo economic Optimization of Geothermal Flash Steam Power Plants, *Proceedings World Geothermal Congress 2010 Bali, Indonesia*, 25-29 April 2010.
- [14] Tian, Y., 2021, Thermodynamic Evaluation and Comparison of Direct Geothermal Power Systems and Their Expanders, *International Conference on Energy Engineering and Power Systems (EEPS2021)*, August 20–22, 2021, Hangzhou, China.
- [15] Novotny, V., Vitvarova, M., 2019, Intermediate Pressure Reboiling in Geothermal Flash Plant for Increased Power Production and More Effective Non-Condensable Gas Abatement, *Tmrees, EURACA*, 04 to 06 September 2019, Athens, Greece.

Citation of this Article:

Ojo Kurdi, Paryanto, Sulardjaka, Reza Poerwandito, “Performance Analysis of Steam Turbine Capacity of 35 MW at Geothermal Power Plant” Published in *International Research Journal of Innovations in Engineering and Technology - IRJIET*, Volume 7, Issue 5, pp 334-340, May 2023. <https://doi.org/10.47001/IRJIET/2023.705049>

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA DI PLTP

Menggunakan alat pelindung diri (APD) lengkap yang terdiri dari Helm *Safety*, *Safety Goggle*, *Coverall Wearpack*, *Ear Muff* dan *Ear Plug*, serta *Safety Shoes* yang fungsi nya dijelaskan pada penjelasan berikut.

Safety Helmet, manfaat dan kegunaan utama dari helm *Safety* sendiri adalah untuk melindungi kepala pekerja, agar dapat terhindar dari kejatuhan barang dan lainnya, dan meminimalisir cedera yang akan menimpa pekerja. Penggunaan helm *Safety* di areal kerja yang penuh resiko adalah wajib karena fungsi utamanya untuk pelindung diri. Karena potensi resiko yang cukup besar sehingga keberadaan alat keselamatan kerja seperti helm proyek ini sangatlah penting.

Safety Goggles, *Safety Goggles* merupakan APD yang dirancang untuk melindungi mata dari bahaya tertentu seperti debu, logam cair, kabut, uap, asap, bahan kimia, cairan asam, atau radiasi optik yang dapat menyebabkan iritasi atau kerusakan fisik. Berbeda dengan *Safety glasses*, *Safety Goggles* memberikan perlindungan mata yang lebih optimal karena bentuknya yang mampu menutupi mata sampai dengan 360°.

Coverall Wearpack, Manfaat yang paling penting dari penggunaan *coverall* ketika bekerja adalah membuat perlindungan tubuh. Semua bagian tubuh harus tertutup oleh *wearpack* mulai dari leher sampai dengan kaki. Ini memungkinkan anda untuk bekerja dengan semakin aman karena meminimalisir kontak antara permukaan kulit dengan beberapa hal yang memungkinkan terjadinya bahaya. *Wearpack* untuk tempat kerja biasanya terbuat dari bahan tahan api sehingga badan akan terlindung dari percikan api atau dari uap panas yang dapat membahayakan keselamatan.

Ear Muff dan *Ear Plug*, Alat yang digunakan untuk melindungi telinga dari kebisingan yang berlebihan merupakan fungsi penggunaan dari APD Kebisingan. Tingkat kebisingan yang cukup tinggi dapat merusak pendengaran kita sehingga perlindungan akan pendengaran sangat penting karena proses kehilangan pendengaran itu terjadi secara bertahap dan sering tidak terlihat. Maka Anda dapat menggunakan salah satu Alat Pelindung Diri atau APD yang digunakan sebagai pelindung telinga atau *hearing protection*.

Safety Shoes, *Safety Shoes* (Sepatu *Safety*) adalah salah satu Alat Pelindung Diri (APD) yang harus dipakai oleh para pekerja guna menghindari resiko kecelakaan. Berikut beberapa manfaat menggunakan *Safety Shoes*. Melindungi Dari Benda Tajam & Berbahaya. Untuk seorang yang bekerja di ruang berbahaya, Sepatu *Safety* harus dipakai untuk menghindari kemungkinan terkena pecahan kaca, besi atau serpihan lain yang dapat membahayakan telapak kaki. Mencegah Kecelakaan Kerja yang Fatal, *Safety Shoes* dapat mengurangi resiko kecelakaan kerja fatal seperti kejatuhan benda-benda berat. *Safety Shoes* ini memiliki kemampuan yang cukup kuat dalam menahan berat, hingga resiko patah tulang atau masalah lain dapat diminimalisir. Membuat Perlindungan Dari Benda Panas. *Safety Shoes* tidak hanya terbuat berbahan kulit saja, namun juga dibuat dari bahan metal yang tebal. Karenanya sepatu ini dapat melindungi kaki pada benda-benda yang panas. Melindungi Dari Cairan Kimia Berbahaya.

Untuk melakukan tugas selama bekerja kerap kali diharuskan untuk berpindah tempat dalam kurun waktu yang seefisien mungkin yang dapat menggunakan kendaraan operasional yang disediakan oleh perusahaan, berikut aturan untuk berkendara demi mencapai keselamatan kerja dalam aspek berkendara.

Selama berkendara diwajibkan untuk mengenakan sabuk pengaman dengan baik dan dilarang untuk mengoperasikan ponsel yang dapat mengganggu fokus dan konsentrasi selama berkendara. Kecepatan kendaraan juga diatur sesuai dengan lokasi berkendara, yaitu 40 km/jam di jalan umum, 30 km/jam di lokasi sumur *wellpad*, dan 10 km/jam di area PLTP.

Pekerjaan yang termasuk kategori *Hot Working* memerlukan beberapa alat pelindung diri (APD) tambahan disamping dengan mengenakan APD yang dikerjakan pada pekerjaan umum. Alat pelindung diri tambahan yang harus dikenakan saat melakukan *Hot Working* adalah: Sarung tangan, sarung tangan yang digunakan harus menggunakan material tahan panas dan api; Apron, apron yang digunakan juga harus menggunakan material tahan api untuk melindungi bagian depan tubuh sebagai perlindungan terhadap percikan api dan energi pancaran; dan yang terakhir yaitu pelindung yang tahan terhadap panas serta serpihan material.

Disamping mengenakan APD tambahan, pada operasi kategori *Hot Work* juga harus mempersiapkan alat pencegahan kebakaran serta penanggulangan kebakaran berupa alat pemadam api serta sistem pemadaman yang telah diinspeksi dapat beroperasi dengan baik.

Pada beberapa bagian PLTP, mengharuskan untuk pekerja melakukan pekerjaan di ketinggian. Pada pekerjaan yang lokasinya diatas 1,8 meter, pekerja wajib mengenakan *Safety full body harness*, dan juga *scaffolding* yang konstruksi nya sudah harus lulus inspeksi untuk digunakan dengan aman.

Keadaan darurat yang mungkin terjadi pada sebuah PLTP adalah gempa bumi, *H2S Release*, dan kebakaran. Prosedur keamanan yang dilakukan jika terjadi keadaan darurat tersebut adalah sebagai berikut. *H2S Release*, pada saat terjadi *H2S Release*, seluruh pekerja harus memperhatikan arah Windsock, lalu berpindah kearah yang berlawanan dengan arah angin (yang ditunjukan oleh Windsock) dan menjauh dari sumber H2S. Gempa bumi dan kebakaran, pada saat terjadi gempa bumi dan kebakaran, seluruh pekerja harus mengikuti arahan petugas evakuasi dan berkumpul di tempat berkumpul (*assembly point*) terdekat.

**KAJIAN REPARASI PENGECATAN PADA LAMBUNG KAPAL
(STUDI KASUS KMP. DORO LONDA)**



KARYA ILMIAH

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar

Insinyur Pada Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur

Oleh :

RANGSANG KUSUMADILAGA

21000122220221

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN PROFESI INSINYUR

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG

TAHUN 2023

LEMBAR PENGESAHAN

Karya Ilmiah atas nama :

Mahasiswa : Rangsang Kusumadilaga

NIM : 21000122220221

Program Studi : Program Profesi Insinyur

Judul : Kajian Reparasi Pengecatan Pada Lambung Kapal (Studi kasus KMP. Doro londa)

Telah memenuhi persyaratan kaidah Karya Ilmiah di Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Semarang, Mei 2023

Pembimbing 1

Pembimbing 2



Dr. -Ing. Ir. Paryanto S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.

NIP : 198509092018081001



Prof. Dr. Ir. Bambang Waluyo Hadi Eko Prasetyono

M.S., M.Agr., IPU.

NIP : 196311021989021001

LEMBAR PERSETUJUAN

Karya Ilmiah

KAJIAN REPARASI PENGECATAN PADA LAMBUNG KAPAL (STUDI KASUS KMP. DORO LONDA)

Disusun Oleh :

Rangsang Kusumadilaga

21000122220221

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji

Pada Tanggal : 24 Mei 2023

Tim Penguji,

Penguji 1



Dr. -Ing. Ir. Paryanto S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.

NIP : 198509092018081001

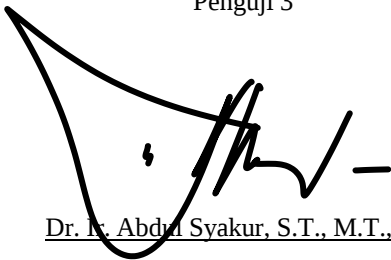
Penguji 2



Prof. Dr. Ir. Bambang Waluyo Hadi Eko Prasetyono M.S., M.Agr., IPU.

NIP : 196311021989021001

Penguji 3



Dr. Ir. Abdul Syakur, S.T., M.T., IPU

NIP : 197204221999031004

Penguji 4



Ir. Denis, ST, M.Eng., IPM

NIP : H.7.199104172018071001

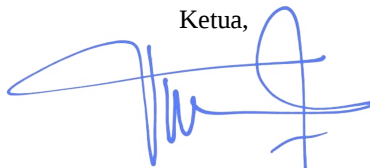
Karya Ilmiah ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

untuk memperoleh gelar Insinyur (Ir)

Tanggal : 24 Mei 2023

Program Studi Program Profesi Insinyur

Ketua,



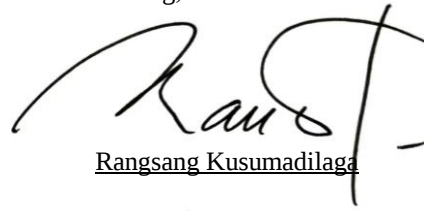
Prof. Dr. Ir. Widayat, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng.

NIP : 197206091998031001

PERNYATAAN ORISIONALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Karya Ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Semarang, 24 Mei 2023



Rangsang Kusumadilaga

NIM : 21000122220221

Kajian Reparasi Pengecatan Pada Lambung Kapal (Studi Kasus KMP. Doro Londa)

Rangsang Kusumadilaga ^{1*}, Paryanto ¹, Bambang Waluyo Hadi Eko Prasetyono ²

Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas JPPI, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Negara Indonesia adalah negara maritim yang memiliki mayoritas perairan sehingga dibutuhkan transportasi laut untuk menunjang kegiatan ekonomi dan bisnis. Perawatan lambung kapal sangat diperlukan untuk memelihara kondisi pelat agar terhindar dari korosi dan layak operasi. Pengecatan kapal mengutamakan kualitas dan kuantitas pekerjaan selama di galangan kapal. Kajian ini dilakukan untuk menghitung estimasi konsumsi cat yang dibutuhkan dalam melakukan kegiatan pengecatan pada lambung kapal sehingga dapat bermanfaat bagi pemilik kapal, sub kontraktor dan galangan kapal. Dalam kajian ini mengambil studi kasus tentang reparasi pengecatan lambung kapal KMP. Doro Londa dengan menghitung estimasi kebutuhan cat pada saat proses pengecatan di galangan PT. Dok Kodja Bahari Unit 1 Jakarta Utara. Dari perhitungan yang telah dilakukan memperoleh hasil yaitu daerah bottom membutuhkan estimasi cat 155 kaleng, daerah bottop membutuhkan estimasi cat 26 kaleng dan daerah topside membutuhkan estimasi cat 89 kaleng.

Kata Kunci : reparasi cat kapal ; pengecatan ; korosi ; konsumsi cat

Abstract

Indonesia is a maritime country that has a majority of waters so sea transportation is needed to support economic and business activities. Hull maintenance is very necessary to maintain the condition of the plate to avoid corrosion and feasible for operation. Ship painting prioritizes the quality and quantity of work while in the shipyard. This study was conducted to calculate the estimated consumption of paint needed in carrying out painting activities on ship hulls so that it can be beneficial for ship owners, sub contractors and shipyards. In this study, a case study of KMP hull painting repair was taken. Doro Londa by calculating the estimated need for paint during the painting process at PT. Dok Kodja Bahari Unit 1 North Jakarta. From the calculations that have been carried out, the results are that the bottom area requires an estimate of 155 cans of paint, the bottom area requires an estimate of 26 cans of paint and the topside area requires an estimate of 89 cans of paint.

Keywords: ship paint reparation; coating; corrosion; paint consumption

I. PENDAHULUAN

Negara Indonesia adalah negara maritim yang memiliki wilayah perairan dan lautan yang luas sehingga menjadi jalur strategis dalam perdagangan ekonomi dunia dengan memanfaatkan laut sebagai media perhubungan dan juga transportasi. Kapal merupakan alat transportasi laut yang dibutuhkan oleh berbagai kalangan. Kapal-kapal yang berada di Indonesia bermacam-macam mulai dari ukuran kecil hingga ukuran besar. Indonesia sebagai negara maritim dibutuhkan transportasi laut yang memadai dan layak operasi. Penggunaan transportasi laut seperti kapal dengan mendistribusikan berupa sandang dan pangan antar pulau sangat dibutuhkan oleh masyarakat sehingga menjadi bisnis yang menguntungkan oleh pemilik kapal. Pentingnya kewajiban menyiapkan armada kapal yang layak operasi dan

keselamatan menjadi prioritas pemilik kapal sehingga perlu dilakukan perawatan salah satunya perawatan pengecatan agar kapal tetap mempertahankan badan kapal dari korosi, biota laut dan menjaga penampilan kapal tetap baik. Biaya *docking* di galangan khususnya reparasi pengecatan membutuhkan rencana yang baik agar tidak mengalami kerugian. Pihak pengawas kapal dan pengawas cat kapal dapat membuat jadwal kegiatan pengecatan agar meminimalkan kerugian waktu dan biaya. Disisi lain Peralatan pengecatan modern dibutuhkan untuk mempercepat pengecatan kapal.

Setiap pemeliharaan pengecatan kapal selalu mengutamakan kualitas, kuantitas dan mutu. Penggunaan cat digunakan dengan tujuan memberikan lapisan film agar melindungi material dari gangguan kondisi sekitar. Kelembaban udara, suhu udara dan kondisi permukaan

material sangat berpengaruh dalam pengecatan lambung sehingga dibutuhkan teknik pengecatan, jadwal pengecatan, perawatan cat dan bahan cat baik agar dapat menghasilkan pengecatan pada lambung kapal yang berkualitas. Oleh sebab itu kapal-kapal yang berlayar di negara maritim seperti Indonesia harus sering untuk perbaikan pemeliharaan pengecatan terutama bagian lambung dengan bermacam-macam lapis jenis cat sesuai dengan fungsinya agar tidak terjadi korosi atau kerusakan.

I.1. Rumusan Masalah

Rumusan masalah disusun pada penelitian antara lain :

1. Berapa kebutuhan cat yang diperlukan dalam kegiatan pengecatan reparasi lambung.
2. Bagaimana pengendalian korosi terhadap pelat lambung kapal dengan metode pengecatan.

I.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah menjawab rumusan masalah yang telah disusun, antara lain :

1. Menghitung kebutuhan cat yang diperlukan dalam kegiatan pengecatan reparasi lambung kapal.
2. Memberikan informasi tentang pengendalian korosi terhadap pelat lambung kapal dengan metode pengecatan.

I.3. Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada seluruh pihak terkait, diantaranya :

1. Sebagai bahan informasi dan pembelajaran bagi pihak yang ingin mendalami ilmu tentang pengecatan kapal serta sebagai referensi bagi pihak yang membutuhkan.
2. Dapat memberikan masukan tentang permasalahan terhadap pengecatan khususnya lambung kapal guna mengetahui kelayakan dalam pengoperasian dan dampak terhadap lingkungan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kapal

Kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan dibawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah – pindah (PM 61 tahun 2014).



Gbr. 1 Bagian – bagian kapal

Keterangan :

- 1). Cerobong Asap, 2). Buritan kapal, 3). Baling-baling & kemudi, 4). Sisi kiri-kanan kapal (*Portside/Starboard*), 5). Jangkar (*anchor*), 6). *Bulbous Bow*, 7). Haluan kapal, 8). Geladak (*deck*), 9). Bangunan Atas.

Menurut PM 61 Tahun 2014, Kapal berbendera Indonesia jenis dan ukuran tertentu wajib diklasifikasikan pada badan klasifikasi, dengan kriteria :

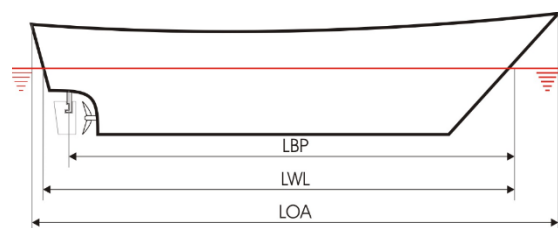
1. Ukuran panjang antara garis tegak depan dan belakang 20 (dua puluh) meter atau lebih.
2. Tonase kotor GT 100 (Seratus Gross Tonnage) atau lebih; atau
3. Yang digerakkan dengan tenaga penggerak utama 250 HP atau lebih.

B. Lambung Kapal

Lambung Kapal Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia edisi III (2008) Lambung kapal adalah badan dari perahu atau kapal, lambung kapal menyediakan daya apung yang mencegah kapal dari tenggelam.

1. Panjang Kapal

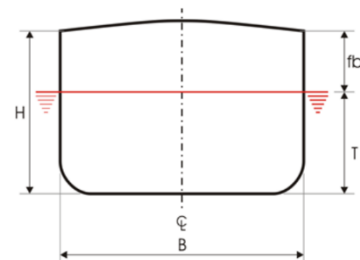
Panjang Kapal (*Length*) terdiri dari *LOA* (*length Over All*), *LWL* (*Length on Designes Water Line*) dan *LBP* (*Length Between Perpendicular*).



Gambar 2. Macam-macam panjang kapal

- LOA* adalah kapal yang diukur dari haluan kapal terdepan sampai buritan belakang kapal.
- LWL* adalah jarak mendatar sisi belakang tinggi haluan sampai dengan sisi depan tinggi buritan yang diukur pada draft tertinggi.
- LBP* adalah jarak mendatar antara garis tegak haluan sampai dengan garis tegak buritan yang diukur pada garis air muatan penuh.

2. Lebar Kapal



Gambar 3. Lebar, tinggi, sarat dan lambung timbul kapal

Lebar, tinggi dan sarat kapal merupakan ukuran utama yang penting untuk membangun sebuah kapal.

- Lebar Kapal (B) adalah kulit kapal bagian dalam terbesar yang diukur dari bagian sebelah dalam kulit kapal.
- Tinggi Kapal (H) adalah jarak tegak dari garis lunas (*keel*) sebagai dasar sampai garis geladak (*main deck*).
- Sarat Kapal (T) adalah jarak tegak dari garis lunas (*keel*) sebagai dasar sampai garis air muat penuh.
- Lambung Timbul (*Freeboard*) adalah Selisih jarak antara garis geladak (*main deck*) dengan garis muat penuh.

C. Pengecatan Kapal

Cat merupakan produk berbentuk cair atau juga serbuk yang mengandung zat warna sebagai film bahan pelapis material. Cat kapal berfungsi sebagai pelindung korosi dan penghambat laju biota laut yang menempel pada badan kapal. Komposisi cat terdiri beberapa bagian, antara lain :

- Resin
Salah satu komponen cat yang berfungsi untuk pengikat pigment dan memberikan daya lekat pada permukaan cat, Memiliki sifat :
 - Dapat diperbarui, berasal dari getah pohon
 - Padat
 - Bening
 - Mempengaruhi ketahanan cat
 - Cepat mengeras dan kuat
- Pigment/extender
Zat yang memberi warna dan menentukan daya tutup cat, memiliki sifat :
 - Melindungi dari sinar UV
 - Bahan yang sukar larut
 - Meningkatkan ketahan cat
- Solvent
Merupakan zat pelarut yang berfungsi menjaga kekentalan cat agar tetap cair saat digunakan, memiliki sifat :
 - Pelapis atau pelindung anti korosi
 - Berbahan minyak seperti thinner
- Additive
Merupakan bahan kimia tambahan yang berfungsi melindungi property dengan media cat, memiliki sifat :
 - Mempercepat & mempermudah proses cat
 - Memperbaiki & merubah lapisan cat
 - Meningkatkan kualitas permukaan cat
 - Mempertahankan kekentalan cat

Sebelum dilakukan pengecatan adalah dengan dibersihkan sisa cat pada bagian kapal dengan cara sandblasting. *Sandblasting* yaitu proses penyemprotan ke material pelat kapal dengan menggunakan pasir *silica* atau *steel greet* dengan menggunakan alat *compressor* bertekanan tinggi. Selain membersihkan sisa-sisa bekas cat lama, karat,

oli dan lain-lain. Proses *sandblasting* dapat memudahkan pengecatan karena permukaan pelat menjadi lebih kasar sehingga daya lekat cat lebih baik. *Sandblasting* dibagi menjadi 3 bagian yaitu *full sandblasting* artinya seluruh permukaan pelat kapal dibersihkan sampai tidak ada bekas cat. *Sweep sandblasting* adalah sebagian permukaan pelat kapal yang dibersihkan sesuai permintaan pemilik kapal dengan persentase 70% dari total seluruh permukaan. Sedangkan *Spot sandblasting* adalah sebagian permukaan pelat kapal yang dibersihkan sesuai permintaan pemilik kapal dengan persentase 30% dari total seluruh permukaan. Salah satu faktor yang mempengaruhi proses sandblasting adalah kondisi cuaca. Kondisi hujan dapat menghambat proses sandblasting yang akan mengakibatkan pelat kapal mengalami karat dan akan mempengaruhi kualitas pengecatan. Penggunaan jadwal kegiatan yang baik dalam proses *sandblasting* antara sub kontraktor dengan pengawas cat sangat dibutuhkan untuk menghasilkan proses pengecatan yang maksimal. Faktor keselamatan dan keamanan dalam proses sandblasting menjadi prioritas utama sebab peralatan yang digunakan beresiko tinggi yang dapat menyebabkan kematian.

Tujuan pengecatan salah satunya untuk menghindari terjadinya korosi pada pelat sebab bila terjadi korosi dapat mengakibatkan menurunnya kualitas pelat tersebut sehingga dapat mempengaruhi kelayakan dalam kapal beroperasi. Pada umumnya korosi dibagi menjadi 2 yaitu korosi basah terjadi jika terdapat kelembapan atau cairan dalam lingkungan sedangkan korosi kering terjadi dalam lingkungan yang tidak ada kelembapan dan biasanya diatas suhu lebih 200°C. Cat *marine* anti korosi yang telah direkomendasikan dan pengawasan yang baik dapat meminimalkan terjadinya korosi pada pelat kapal dibawah air maupun diatas air.

Selain dari pengecatan anti korosi pada pelat kapal terdapat cat *anti fouling* yang berguna untuk menghambat laju perkembangan biota laut yang menempel pada pelat kapal. Cat *anti fouling* digunakan di area bagian bawah (*keel*) sampai batas atas lambung pelat kapal yang tercelup oleh air laut. Dengan seiring kapal beroperasi di laut pelat kapal akan bertambah teritip atau biota laut yang semakin lama akan semakin tebal sehingga dapat menghambat laju kapal bila tidak menggunakan cat *anti fouling*. *Anti fouling* telah diatur dalam peraturan *International Maritim Organisation (IMO)* yaitu *IMO AFS Covention :International Convention on the control of Anti-Fouling Systems on Ships (2001)*, *IMO Resolution MEPC. 195(61). Guidelines for Survey and Certification of Anti-Fouling Systems on Ships (2010)*, *IMO Resolution MEPC. 208(62). Guidelines for Inspection of Anti-Fouling Systems on Ships (2011)* di dalam rules Biro Klasifikasi Indonesia *Volume W Guidance for The approval and Type Approval of Material and Equipment for marine use (2022)*.

Sebelum melaksanakan proses pengecatan dipastikan tidak ada pekerjaan perbaikan kapal seperti pemotongan dan pengelasan pada pelat kapal baik lambung maupun pelat kulit lainnya agar proses pengecatan lebih maksimal. Kualitas pengecatan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kelembapan udara, suhu udara dan kondisi permukaan material. *Loss factor* seperti udara, peralatan pengecatan dan

kondisi material pelat salah satu yang mempengaruhi kualitas dan kuantitas pengecatan sehingga dibutuhkan ketelitian dan ketrampilan dalam proses pengecatan.

Proses dan Metode Pengecatan

Beberapa metode dalam prosedur pengecatan kapal saat pengedokan di galangan, antara lain :



Gambar 4. Pre Inspection KMP. Doro Londa

- **Pre Inspection**
Tahap ini merupakan pemeriksaan awal kondisi cat kapal sebelum dilaksanakan proses *sandblasting*. Tahap ini diperiksa oleh sub kontraktor dan pengawas cat. pada tahap ini yang menentukan jenis *sandblasting* dan jumlah cat yang dibutuhkan.
- **Surface Preparation**
Pada tahap ini persiapan proses *sandblasting* oleh pihak sub kontraktor dan setelah dilaksanakan *sandblasting* diperiksa tingkat kekasaran permukaan pelat oleh pengawas cat sehingga pengecatan lebih efektif.
- **Paint Preparation**
Tahap ini adalah persiapan sebelum dilaksanakan pengecatan yaitu dengan mempersiapkan alat pendukung seperti Alat pelindung diri, kompresor, peralatan cat, dan lain-lain.
- **Paint Application**
Tahap ini adalah pemeriksaan setelah dilaksanakan pengecatan seperti masih adanya terdapat cacat pengecatan pada pelat kapal.

Urutan Pengecatan

Sebelum melaksanakan proses pengecatan, jenis cat agar diperhatikan sesuai dengan fungsinya. Berikut urutan proses pengecatan :

- a. Lapisan pertama
Pada lapisan pertama menggunakan jenis cat primer atau cat dasar. Berfungsi sebagai lapisan paling awal dan sekaligus anti karat, memiliki daya rekat yang kuat terhadap lapisan cat berikutnya.
- b. Lapisan Kedua
Pada lapisan kedua menggunakan cat *anti corrosion* berfungsi selain menghambat laju korosi pada material pelat kapal juga menebalkan pada cat sebelumnya agar kondisi pelat tahan lama dari korosi.
- c. Lapisan Ketiga
Pada lapisan ketiga menggunakan cat *anti fouling* yang berfungsi menghindari menempelnya biota laut atau teritip pada lambung kapal. Penggunaan cat ini dari lunas kapal sampai bagian lambung kapal yang tercelup air.

Cara-Cara Pengecatan

Proses pekerjaan pengecatan konvensional adalah menggunakan kuas atau roll dengan menempelkan ke badan kapal. Sedangkan pekerjaan pengecatan modern adalah dimana proses pengecatan menggunakan alat seperti compressor, selang dan nozzle sehingga memudahkan area yang sulit dijangkau. Proses ini sudah banyak dilakukan di tiap-tiap galangan. Kuas dan roll saat ini masih dibutuhkan untuk pekerjaan tahap akhir seperti badan kapal yang tertutup oleh stop blok.

Jenis Pengecatan Kapal dan Perbedaannya



Gambar 5. Proses Sandblasting KMP. Doro Londa

Pengecatan pada proyek kapal di galangan dibagi menjadi 2 yaitu yang pertama pengecatan pada penerimaan kapal bangunan baru dari buritan belakang hingga haluan depan kapal. Yang kedua pengecatan pada kapal *repair* diatas dok kapal atau galangan kapal dengan proses pengecatan sesuai permintaan pemilik kapal. Pada kapal penumpang pengecatan ulang atau *recoating* biasanya dilaksanakan setiap tahun di galangan kapal dengan mengikuti aturan badan klasifikasi dan Perhubungan laut.

Penggunaan Cat

Proses *coating* atau pengecatan *marine* dilakukan sesuai prosedur yang telah di tentukan oleh pemilik kapal, pengawas cat dan pihak galangan. Adapun jenis-jenis cat kapal dibawah ini, antara lain :

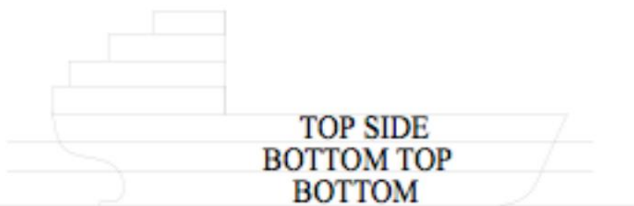
- Cat Primer, merupakan cat dasar atau cat awal yang digunakan pada proses cat badan kapal. Sebagai cat dasar serta anti karat sehingga memberikan daya lekat yang kuat sebelum dilaksanakan cat selanjutnya.
- Cat *Anti Corrosion*, berfungsi sebagai penghambat laju korosi pada pelat kapal dan memberikan daya tahan pada pelat kapal dengan penebalan cat anti korosi.
- Cat *Anti Fouling*, berfungsi menghindari menempelnya biota laut atau teritip pada badan kapal. Dengan semakin tebalnya biota laut yang menempel dapat berpengaruh pada operasi kapal. Penggunaan cat *anti fouling* pada daerah lunas kapal (*keel*) sampai badan kapal yang tercelup air laut.
- Cat *Bottom*, berfungsi sebagai anti korosif dan memberikan perbedaan warna pada badan kapal. Perbedaan warna tersebut untuk mengetahui daerah antara *draft* kosong dengan *draft* penuh penuh. Daerah tersebut sangat rentan dapat terjadinya korosi karena pada saat muatan penuh badan terendam air laut yang memiliki kadar air cukup tinggi dan ketika muatan kosong pelat lambung akan terkena suhu panas matahari.

- Cat *Top Side*, digunakan sebagai cat *finishing*. Cat tersebut biasanya digunakan pada daerah pelat kapal yang tidak tercelup air atau diatas garis air.
- Cat *Deck*, digunakan pada daerah geladak atau deck kapal dan Bangunan atas kapal.
- Cat *Bituminious*, digunakan pada daerah perlengkapan jangkar seperti jangkar, rantai jangkar, *windlass* dan *chain locker*.

Langkah-langkah dalam pengecatan kapal

- Proses pekerjaan pengecatan daerah sisi atas lambung garis air atau *Top side* dengan menggunakan Cat *Primer*, *Anti Corrosion* dan *Top Side*.
- Proses pekerjaan pengecatan daerah sisi atas-bawah lambung dibawah garis air atau *Bottom* dengan menggunakan Cat *Primer*, *Anti Corrosion* dan *Bottom*.
- Proses pekerjaan pengecatan daerah lunas-lambung dibawah garis air atau *Bottom* dengan menggunakan Cat *Primer*, *Anti Corrosion* dan *Anti Fouling*

III. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Pembagian daerah pengecatan

Metode yang dilakukan dalam kegiatan ini, antara lain:

A. Metode Observasi,

Metode ini mengamati langsung proses pengecatan pada kapal KMP. Doro Londa yang sedang melaksanakan pengedokan di galangan PT. DKB (Dok Kodja Bahari Unit 1 – Jakarta (Persero))

B. Metode Wawancara,

Metode ini menggunakan wawancara kepada sub kontraktor, pengawas kapal dan pengawas cat kapal pada proses pengecatan KMP. Doro Londa di galangan PT. DKB Unit 1 – Jakarta (Persero).

C. Metode Literatur,

Metode ini menggunakan studi literatur dengan membaca buku, laporan, internet sebagai acuan dalam penelitian pengecatan kapal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan kebutuhan cat

Ship Particular Register BKI

Name of Ship	: DORO LONDA
Class Register No.	: 7563
IMO No.	: 9226487
Flag	: INDONESIA
Call Sign	: YGQN
GRT	: 14685
DWT	: 3175

Main Dimension

LOA	: 146,5 m
Lpp	: 130 m
B	: 23,4 m
H	: 13,4 m
T	: 5,9 m

Perhitungan untuk menentukan luas permukaan yang akan dilakukan pengecatan (indra Kusna djaja, 2008)

Bottom

$$A = ((2 \times d) + B) \times Lpp \times P$$

Dimana : d = Sarat Maksimum

B = Lebar Kapal

Lpp = Panjang antara garis tegak

P = 0.9 untuk tangker, 0.85 untuk bulk carrier, 0.70-0.75 untuk dry cargo

$$A = ((2 \times 5,9) + 23,4) \times 130 \times 0,9$$

$$= 4118,4 \text{ m}^2$$

Maka luas total adalah sebagai berikut :

$$\text{Cat Anti Corrosion} = 2 \times \text{pengecatan} = 2 \times 4118,4 \text{ m}^2$$

$$= 8236,8 \text{ m}^2$$

$$\text{Cat Anti Fouling} = 1 \times \text{pengecatan} = 1 \times 4118,4 \text{ m}^2$$

$$= 4118,4 \text{ m}^2$$

Penggunaan cat pada daerah *bottom* tiap 1 liter adalah 4 m² sehingga :

$$\text{Cat Anti Corrosion} = 8236,8/4 = 2059,2 \text{ liter}$$

$$\text{Cat Anti Fouling} = 4118,4/4 = 1029,6 \text{ liter}$$

Kebutuhan cat *Anti Corrosion* dan *Anti Fouling* pada KMP. Doro Londa adalah 2059,2 + 1029,6 = 3088,8 liter. Penggunaan 1 kaleng cat besar adalah 20 liter, sehingga 3088,8/20 = 155 kaleng

Bottom

$$A = 2 \times h \times (Lpp + 0,5 \times B)$$

Dimana h = Lebar dari *bootop*

B = Lebar Kapal

Lpp = Panjang antara garis tegak

$$A = 2 \times 1,8 \times (130 + 0,5 \times 23,4)$$

$$= 510,12 \text{ m}^2$$

Maka luas total adalah sebagai berikut :

$$\text{Cat Anti Corrosion} = 2 \times \text{pengecatan} = 2 \times 510,12 \text{ m}^2$$

$$= 1020,24 \text{ m}^2$$

$$\text{Cat Anti Fouling} = 1 \times \text{pengecatan} = 1 \times 510,12 \text{ m}^2$$

$$= 510,12 \text{ m}^2$$

$$\text{Cat Finish Green} = 1 \times \text{pengecatan} = 1 \times 510,12 \text{ m}^2$$

$$= 510,12 \text{ m}^2$$

Penggunaan cat pada daerah *bottom* tiap 1 liter adalah 4 m² sehingga :

$$\text{Cat Anti Corrosion} = 1020,24/4 = 255,06 \text{ liter}$$

$$\text{Cat Anti Fouling} = 510,12/4 = 127,53 \text{ liter}$$

$$\text{Cat Finish Green} = 510,12/4 = 127,53 \text{ liter}$$

Kebutuhan cat AC, AF dan *Finish Green* pada KMP. Doro Londa adalah 255,06 + 127,53 + 127,53 = 510,12 liter. Penggunaan 1 kaleng cat besar adalah 20 liter, sehingga 510,12/20 = 26 kaleng.

▪ Top Side

$$A = 2 \times H \times (LOA + 0,5 \times B)$$

Dimana H = Tinggi *top sides* (depth-draught)
 B = Lebar Kapal
 LOA = Panjang utama kapal

$$A = 2 \times 7,5 \times (146,5 + 0,5 \times 23,4)$$

$$A = 2373 \text{ m}^2$$

Maka luas total adalah sebagai berikut :

$$\text{Cat Anti Corrosion} = 2 \times \text{pengecatan} = 2 \times 2373 \text{ m}^2 = 4746 \text{ m}^2$$

$$\text{Cat Finish Cream} = 1 \times \text{pengecatan} = 1 \times 2373 \text{ m}^2 = 2373 \text{ m}^2$$

Penggunaan cat pada daerah *Top Side* tiap 1 liter adalah 4 m² sehingga :

$$\text{Cat Anti Corrosion} = 4746/4 = 1186,5 \text{ liter}$$

$$\text{Cat Finish Cream} = 2373/4 = 593,25 \text{ liter}$$

Kebutuhan cat AC dan *Finish Cream* pada KMP. Doro Londa adalah 1186,5 + 593,25 = 1779,75 liter.

Penggunaan 1 kaleng cat besar adalah 20 liter, sehingga 1779,75/20 = 89 kaleng

Pengendalian korosi terhadap metode pengecatan

Korosi merupakan kerusakan atau kehancuran material akibat adanya reaksi kimia di sekitar lingkungannya seperti :

- kadar air di sekitar pelat. Semakin tinggi kadar air, maka semakin cepat proses korosi terjadi.
- Permukaan pelat kapal yang tidak rata dapat mempercepat terjadi korosi.
- Suhu yang tinggi dapat mempercepat terjadinya korosi

Dengan menggunakan jenis cat *marine* yang telah direkomendasikan, prosedur pengecatan dan pengawasan yang baik serta menaati peraturan K3 dapat meminimalkan terjadinya korosi pada lambung kapal.

V. PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat memberikan beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Kebutuhan cat pada reparasi lambung (pengecatan ulang) KMP. Doro Londa yaitu daerah *bottom* membutuhkan estimasi cat 155 kaleng, daerah *bottop* membutuhkan estimasi cat 26 kaleng dan daerah *topside* membutuhkan estimasi cat 89 kaleng.
2. Dengan menggunakan jenis cat *marine* yang telah direkomendasikan, prosedur pengecatan dan pengawasan yang baik serta menaati peraturan K3 dapat meminimalkan terjadinya korosi pada lambung kapal.

B. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disarankan :

1. Perlu dilakukan penelitian analisa biaya yang dibutuhkan untuk pengecatan ulang pada kapal KMP. Doro Londa.
2. Perlu dilakukan penelitian analisa kebutuhan *zinc anode* pada kapal KMP. Doro Londa

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyu, Dwi Kurniawan (2018) Proses Sandblasting dan Coating Pada Kapal di PT. Dok Perkapalan Surabaya, Surabaya.
- [2] Daffa, Toressa Admaja (2022) Analisa Penanganan Korosi di atas Kapal MT. Ketaling, Semarang.
- [3] Hariri, Sulaiman (2019) Pengecatan Kapal untuk Mencegah Karat diatas Kapal MV. Sungai Indah, Surabaya.
- [4] Lilik Budiayanto & Yulianto (2022) Degradasi Lapisan Cat Pelindung Korosi Pada Pelat lambung Kapal Terhadap Aliran Air laut, Air Tawar dan Air Payau, Semarang.
- [5] Aris, Sasongko Dwiono (2021) Perbaikan Lambung Kapal KM. Harima PT. CSFI-Cilacap.
- [6] PT. Biro Klasifikasi Indonesia (Persero).
- [7] PM 61 TAHUN 2014 Bab II Pasal 2 Tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 7 Tahun 2013 Tentang Kewajiban Klasifikasi bagi Kapal Berbendera Indonesia pada Badan Klasifikasi.
- [8] Kusna, Indra Djaya (2008). Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid II. Jakarta : Departemen Pendidikan dan kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah.
- [9] Dongoran, Christian Hajopan (2014) Analisa Proses Coating & Biaya Cat pada KM. LAWIT, Surabaya.
- [10] P. Bayususeno, Athanasius (2009) Analisa Laju Korosi pada Baja untuk Material Kapal dengan dan tanpa Perlindungan Cat, Semarang.

LAMPIRAN
DOKUMENTASI PENERAPAN ETIKA PROFESI DAN K3L
pada pelaksanaan kegiatan dalam rangka pembuatan artikel ilmiah dengan judul:

Kajian Reparasi Pengecatan Pada Lambung Kapal
(Studi Kasus KMP. Doro Londa)

1. Penerapan Etika Profesi

Etika profesi dalam kajian reparasi artikel ini adalah sebagai berikut :

1. Keamanan
 - Insinyur harus memastikan kondisi kapal yang akan diperiksa dalam kondisi aman dan prioritas kan keselamatan bersama.
2. Integritas
 - Insinyur harus memiliki jiwa tulus, professional, tanggung jawab dan kerja keras dalam melaksanakan pekerjaannya di kapal .
3. Konflik Kepentingan
 - Insinyur harus menjaga adanya terjadi benturan kepentingan pekerjaan di bidangnya yang dapat mempengaruhi kualitas layanannya.
4. Kemampuan
 - Insinyur harus memiliki pengetahuan, keahlian dan ketrampilan yang baik di bidang ilmu perkapalan
5. Tegas
 - Insinyur harus tegas dan lugas dalam memutuskan kondisi apapun dalam pekerjaan.

2. Penerapan K3L



Gambar 1. *Pre inspection Coating* KMP. Doro Londa menerapkan standar K3L



Gambar 2. Kegiatan *General Inspection Coating* oleh BKI Class menggunakan APD lengkap



Gambar 3. Kegiatan *Sandblasting process* KMP. Doro Londa menggunakan alat pelindung diri
Sesuai aturan K3L



Gambar. 4 Kegiatan *Coating process* KMP. Doro Londa menggunakan alat ketinggian



Gambar. 5 Kegiatan *Anti Fouling Coating Process* KMP. Doro Londa



Gambar. 5 Kegiatan *Final Coating Inspection* KMP. Doro Londa menggunakan APD lengkap dan menerapkan standar K3L

Design and Testing of Fabric-Based Portable Soft Exoskeleton Glove for Hand Grasping Assistance in Daily Activity

Rifky Ismail^{a,b,c}, Mochammad Ariyanto^d, Joga D. Setiawan^{a,b}, Taufik Hidayat^{a,b}, Paryanto^{a,c}, Limbang K. Nuswantara^c

Affiliations

^aMechanical Engineering Department, Diponegoro University, Semarang, Indonesia

^bCenter for Biomechanics, Biomaterials, Biomechatronics and Biosignal Processing (CBIOM3S) Diponegoro University, Semarang, Indonesia

^cProfessional Education of Engineers, Faculty of Engineering Diponegoro. University, Semarang, Indonesia

^dGraduate School of Engineering, Mechanical Engineering Department, Osaka University, Suita, Japan

Corresponding author's email address

r.ismail.undip@gmail.com

Abstract

Hand exoskeleton robots have been developed as rehabilitation robots and assistive devices. Based on the material used, they can be soft or rigid exoskeleton. Soft materials such as fabric can be used as a component of the wearable robot to increase comfortability. In this paper, we proposed an affordable soft hand exoskeleton based on fabric and motor-tendon actuation for hand flexion/extension motion assistance in daily activities. On-Off control and PI compensator were implemented to regulate the finger flexion and extension of the soft exoskeleton. The controllers were embedded into a microcontroller using Simulink software. The input signal command comes from the potentiometer and electromyography (EMG) sensor to drive the flexion/extension movement. Based on the experiments, the proposed controller successfully controlled the exoskeleton hand to facilitate a user in grasping various objects. The proposed soft hand exoskeleton is lightweight, comfortable, portable, and affordable, making it easily manufactured using available hardware and open-source code. The developed soft exoskeleton is a potential assistive device for a person who lost the ability to grasp objects.

Keywords

soft glove, fabric-based, hand grasping, motor-tendon, assistive device

Specifications table

Hardware name	<i>Fabric-Based Portable Soft Exoskeleton Hand</i>
Subject area	• Engineering • Medical (rehabilitation robotics) • Educational tools and open source alternatives to existing infrastructure
Hardware type	• Mechanical engineering • Robotics
Closest commercial analog	<i>Active Hand Exoskeletons</i>
Open source license	<i>Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-4.0)</i>
Cost of hardware	307.35 \$
Source file repository	https://doi.org/10.5281/zenodo.7542701

1. Hardware in context

The development of robotic hand exoskeletons in the medical field is progressing rapidly. The primary function of the wearable hand exoskeleton robot in the medical world is as a rehabilitation tool and assistive device for patients with hand paralysis such as stroke, spinal cord injury (SPI), or brachial plexus injury (BPI). [1–3]. Researchers have developed hand exoskeletons using hard/rigid material rigid or flexible linkage for rehabilitation [4–7] and assistive devices [8–11]. Researchers developed 3D printed exoskeleton for lightweight, easy customization, and affordable manufacturing cost [12–15].

Researchers developed a soft hand exoskeleton that is more comfortable to wear and easier for users to use. Due to its flexible nature, the soft hand exoskeleton can prevent or minimize the potential for injury when used and operated by the user. Based on the actuators used, most soft hand exoskeletons implement pneumatic network, tendon based using electric motor, and smart memory alloy (SMA). Researchers created an exoskeleton to help stroke survivors use soft materials to increase strength without the downside of using stiff materials by restricting a person's natural movements. The soft exoskeleton gloves were developed using a pneumatic network [16–20] and hydraulic actuators [21,22]. Fiber-reinforced components generate bending motion to assist the finger with flexion and extension. Pneumatic and hydraulic are utilized in soft exoskeleton actuators due to high efficiency and power transmission, but they need maintenance (fluid leakage) and generate noise [23]. As another alternative, researchers employ a tendon system (electric motor and SMA) as the actuator because it is cheaper and needs less maintenance. This system drawback is low power transmission efficiency from the actuator to the soft glove. Fabric and silicone are the commonly used materials for pneumatic and hydraulic hand exoskeletons. Fabric-based exoskeleton generates force capability higher than silicone-based ones [24].

The actuator system for motor-tendon and SMA can be more compact than pneumatic and hydraulic networks. Silicone rubber and polymer were used as the base material for exoskeleton gloves with motor-tendon actuators [25–28]. SMA-based soft actuators have been used to drive the soft robotic glove [29–32]. The soft glove system using motor-tendon and SMA actuators can be designed in compact form. SMA provides a higher force/weight ratio compared to pneumatic networks and electric motor, but it is more challenging to control because of its complex thermal phase transformation [33].

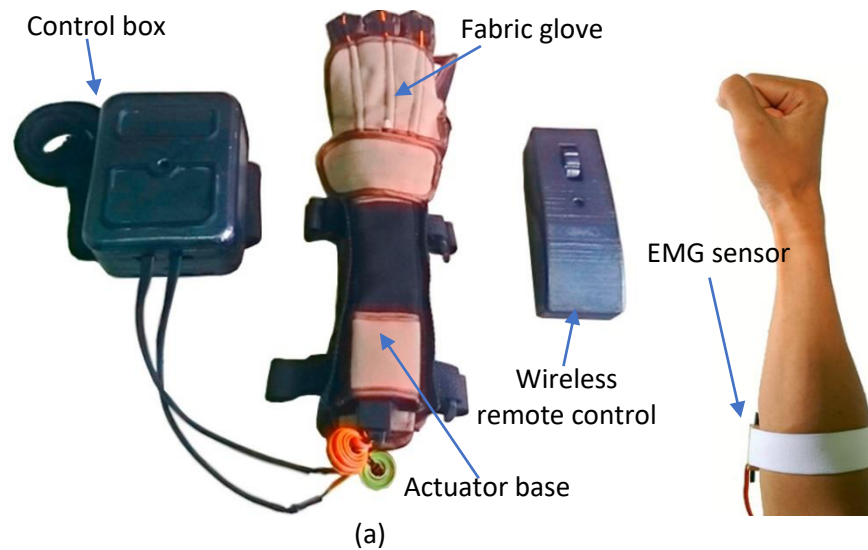
This paper proposes an affordable fabric-based soft hand exoskeleton glove driven by motor-tendon actuation. Using this system, a comfortable, portable, lightweight, and easy-to-manufacture soft glove can provide mechanical assistance for people who lost the ability to grasp objects. A linear actuator with position feedback was chosen as the main actuator to drive the soft glove. SR10 fabric was selected as the main material of the soft glove. Proportional-Integral (PI) control was embedded in the soft glove microcontroller for regulating the motion of finger flexion and extension using Simulink Support Package for Arduino Hardware. A study participant wore and utilized the developed soft glove for grasping assistance in daily activity for various object grasping. A user could provide a signal command to the soft glove using a wireless remote control or electromyography (EMG) sensor.

2. Hardware description

The soft glove consists of four main components: the glove, actuator base, controller box, and sensor (remote control/EMG sensor). The fabric-based soft robotic glove parts are shown in Fig. 1(a). The glove and actuator base are attached to the hand of the person with paralysis, the controller box is attached to the user's upper arm/shoulder. While the remote control can be held by the user's normal and healthy hand. Soft gloves must have a high level of comfort when used because these tools will be used in daily activities with a long duration of use. This study showed that this soft glove was quite comfortable to use for a long time. This soft glove does not burden the user's body too much because the total weight of this tool is only 600 grams. The semi-open shape of the glove does not make the wearer's hands sweat as much as when wearing fully closed gloves. Then the operation of the tool is quite easy to do, namely, to move this soft robotic glove, the user simply rotates the potentiometer/button on the wireless remote control. The actuator in this soft glove functions as a tendon puller to perform flexion and extension movements of the fingers. The Soft glove provides mechanical assistance for the index, middle, and ring. Meanwhile, the user's thumb is fixed at a fixed angle and does not move. By implementing this, soft glove can provide grasping assistance for a user to do daily activities.

The soft glove is driven by a linear actuator where to move the actuator, a microcontroller and other electrical components are needed which regulate and give orders to the actuator to make a move. So we need a container to put these electrical components in one place which is then named as a control box. In this study, to give motion commands to the actuator, input commands from the potentiometer are used which are located separately from the controller box which regulates the actuator motion. Remote control consisting of a microcontroller and a potentiometer as command input. Therefore, it is necessary to design a controller box and remote control. Factors to be considered in making an electrical case, namely in terms of size and shape. Control box mounted on the shoulder. The design of the controller box is compact and lightweight so that it does not burden the hand and interferes when moving. Likewise, with the remote control design used. The remote control design is made compact and easy to operate. In this study, the electrical casing and remote control were designed with a simple external form and tended to be easy to manufacture but still paying attention to the aspects mentioned above.

Motor-tendon type actuator was selected and implemented in a soft glove. The motor-tendon actuator system will reduce the dimensions of the glove so that a compact soft exoskeleton glove can be made. In the motor-type actuator tendon actuator, a rope is needed to function as a pulling tool that works like a muscle tendon in the organs of the human body. The rope/tendon on the motor-actuator tendon is used to pull the fingers so that the knuckles can bend and elongate. For this reason, several things need to be considered in choosing the tendon material to be used, namely ease of installation, lifetime, strength, and size. Nylon was chosen as the link between the actuator and the soft glove because of its ability to withstand large pulls, is strong, is quite durable, small in size, and is easy to install. This nylon tendon is used as a link between the hooks on the knuckles and the linear actuators that pull and stretch the movement of the fingers.





(b)

Fig. 1. Fabric-based soft exoskeleton glove (a) Soft glove system (b) Portable soft glove when worn by a user.

Soft gloves have a high level of comfort when used so that users can use them for daily activities with a long duration of use. The glove does not weigh too much on the wearer's body because the weight of the control box and the soft glove is only about 600 grams, excluding the remote and EMG sensor. The semi-open shape of the glove does not make the wearer's hands sweat as much as when wearing fully closed gloves. The operation of the soft glove system is quite easy. To operate this soft glove system, the user only needs to turn the potentiometer on the wireless remote control or by attaching EMG to the muscles of the hand, which are still functioning normally. The components of the soft glove system can be obtained easily on e-commerce. This robotic glove system can be manufactured easily, quickly and programmed without high-level knowledge of programming languages like C++. The specifications of the proposed soft glove can be summarized in Table 1.

Table 1. Specifications of the portable fabric-based soft glove.

Index	Specification
Glove material	SR10 fabric
Wight of soft glove	360 g
Weight of controller box	240 g
Weight of remote control	129 g
Supported fingers	Index, middle, ring
Actuators	Two linear actuators with position feedback
Communication range	<100 m (open space and lower baud rate)
Microcontroller unit	Arduino Nano (ATmega328)
Supported force (max.)	6 N
Finger speed from extension to full flexion	1.9 s
Flexion/extension control	Proportional-Integral (PI)
Operating voltage	12 V

3. Design files summary

Table 2. Design File name and summary.

Design file name	File type	Open source license	Location of the file
BOM_exoskeleton_glove.xlsx	Excel	CC BY-4.0	https://doi.org/10.5281/zenodo.7542701
Fabric-based glove sketch	JPEG	CC BY-4.0	https://doi.org/10.5281/zenodo.7542701
Control box (lid, top, base box)	CAD files	CC BY-4.0	(Folder: CAD controller box) https://doi.org/10.5281/zenodo.7542701
Wireless remote (lid, top, wheel, remote base)	CAD files	CC BY-4.0	(Folder: CAD remote) https://doi.org/10.5281/zenodo.7542701
PID_remote_wireless.slx	Simulink program	CC BY-4.0	(Folder: Simulink control box) https://doi.org/10.5281/zenodo.7542701
PID_EMG.slx	Simulink program	CC BY-4.0	(Folder: Simulink control box) https://doi.org/10.5281/zenodo.7542701
Remote_wireless.slx	Simulink program	CC BY-4.0	(Folder: Simulink remote) https://doi.org/10.5281/zenodo.7542701
Movie Soft Exoskeleton Glove.mp4	Video (mp4)	CC BY-4.0	https://doi.org/10.5281/zenodo.7542701

4. Bill of materials summary

Table 3. Bill of materials

Designator	Component	Number	Cost per unit - currency	Total cost - currency	Source of materials	Material type
Battery	3.7V 18650, 3000 mAh	4	5.38	21.52	AliExpress	Electronics
Tendon	Monofilament Nylon Fishing Line 100 m	1	0.97	0.97	AliExpress	Material
Glove material	SR 10 water-resistant fabric	3	3.29	9.87	Shopee	Material
3D printer filament	PLA Filament 1 kg	1	8	8	AliExpress	Material
Microcontroller unit	Arduino Nano 16MHz, ATmega328	2	2.23	4.46	AliExpress	Electronics
Actuator	Linear actuator with potentiometer feedback L16-P 100 mm	2	80	160	Actuonix	Electronics
Switch	Push Button Switch 10x15mm SPST 2Pin	2	0.73	1.46	AliExpress	Electronics
Potentiometer	Linear Potentiometer 15mm Shaft With Nuts and Washers 3pin	1	0.29	0.29	AliExpress	Electronics
Wireless module	Nrf24l01+ Wireless Data Transmission Module 2.4g	2	0.63	1.26	AliExpress	Electronics
Actuator driver	L293D DIP-16 Chip Driver Dua Motor	1	0.71	0.71	AliExpress	Electronics
Force sensor	Force Sensitive Resistor Thin Film Pressure Sensor 20g-1.5kg	3	1.49	4.47	AliExpress	Electronics

Step-Up DC-DC Converter	DC-DC converter Boost Power Supply Module Output Adjustable	1	1.35	1.35	AliExpress	Electronics
Voltage regulator	LM317T Voltage Regulator	3	0.83	2.49	AliExpress	Electronics
Tendon hose	Silicone Rubber Hose (inner diameter 1.5 mm and outer diameter 1.9 mm)	1	1.5	1.5	Alibaba	Material
Sewing thread	Polyester Durable sewing Knitting Thread	1	1.58	1.58	AliExpress	Material
Electromyography sensor	Myoelectric electromyography Sensor Muscle Electrical Signal Sensor	1	87.42	87.42	AliExpress	Electronics

5. Build instructions

5. 1 Fabric-based soft exoskeleton glove instruction

The application of a soft robotic exoskeleton is relatively new for wearable robots. In this study, the main material for making gloves is fabric. Therefore, it is necessary to design the basic shape of the glove (base glove). When viewed from a functional point of view, the base glove will become a blanket for the knuckles and palms, wherein there is a tube for the tendon pathway. The base glove's shape will affect the soft glove's performance and aesthetics. The final design sketch is shown in Fig. 2(a). It was chosen because the thumb and glove cross sections have been combined in this design but do not cover the entire hand like gloves in general. This design is intended to make the glove easier to attach and detach. This makes air circulation smoother so that users do not sweat quickly when using gloves for a long time, but the stiffness of the gloves is still good. In addition, the wrist straps are wider to hold the glove position when used, so it does not shift easily. In the process of making a soft glove, a number of things need to be considered, namely the fingers and the place where the tendons are placed on the glove. The tendon path in the soft glove is made by inserting a tube in the glove. The tendon path connecting the actuator and the finger glove is shown in Fig. 2(b).

The primary material of the soft robotic glove is fabric. It was chosen because it is soft when in contact with human skin, absorbs sweat, is easy to clean and comfortable to wear like a piece of clothing we often wear. In order for the soft glove to work properly and comfortably when it is used, it is necessary to select a fabric material that meets certain criteria, namely stiffness, thickness, comfort and price. The SR 10 type fabric material was chosen as the soft glove material. The properties of this material are water-repellent, heat-resistant, stain-resistant and strong (tear resistant). This type of cloth is very suitable for outdoor purposes. In addition, the SR 10 fabric has a texture that is quite soft on the hands and is a thick material when compared to cotton and jeans. When viewed from the comfort of the material when used, cotton is the most comfortable because this material is soft, cool, and absorbs sweat easily compared to SR 10-type fabrics and jeans. However, cotton has the disadvantage of being easily torn because of its thin material. Jeans-type fabrics are stiffer and thicker than cotton or SR 10 fabrics. However, because the texture of the cloth is quite rough when used as gloves, where the cloth will often rub against the skin, it will cause blisters on the skin and can cause irritation. As for the SR 10 type fabric, this fabric has a fairly dense fabric texture. Therefore, it makes this cloth not easily torn and has a soft texture, so it is best used as a glove material in this study. The design of the fabric-based soft glove is presented in Fig. 2(c).

The actuator base, which contains the actuator can be attached to the user's hand and does not cause fatigue when operated. Therefore, it is necessary to design an actuator base where to place the linear actuator as the driving motor so that it does not easily shift when the actuator pulls the tendons to move the actuator base's hand on the soft robotic glove. The actuator base is designed close to where the glove is located to facilitate the tendon pulling mechanism as shown in Fig. 2(d). In this study, the actuator base was placed on the arm below the elbow to the wrist to align the linear actuator with the glove. The actuator base is made of cloth which is then inserted inside with a Polyvinyl chloride (PVC) plate to make it stiff.

In the soft glove manufacturing process, the way to make a glove is by sewing it. The basic steps that must be taken at this stage are to design a stitch pattern, make a pattern on paper, make a pattern on the fabric and then cut the fabric according to the pattern that has been made. The parts that have been made need to be joined by sewing manually and finally by combining all the parts of the fabric pattern into one whole so that the desired glove is formed using a sewing machine so that it is strong. Fig. 2(e) shows the process of making a stitch pattern on paper.

Making a pattern on a soft glove is quite an essential stage because, at this stage, we determine the basic shape of the glove to be made, including the fingers, palm, shell and actuator base. Making a pattern on paper will make it easier to modify the size or make gloves of the same size next time. Then the next step is to draw a pattern on the cloth used and then cut it according to the shape of the pattern made. The results of cutting the fabric that has followed the pattern are shown in Fig. 2(f).

After finishing cutting all the fabrics according to the pattern, the next process is to unite the fabric parts by sewing manually. This process uses a sewing needle and thread to create rough stitches. This stage aims to place the glove parts properly and prevent the fabric from shifting easily when sewn using a sewing machine. The manual sewing process is shown in Fig. 2(g). The thing that must be considered when sewing manually is that the needle size selection must be adjusted to the thickness of the fabric. For thick fabrics, use a large needle as well. In addition, in order to facilitate the work process, we should choose a thread color that is different from the color of the fabric to be used so that you can avoid mistakes when sewing with a sewing machine and it is easy to remove the rough stitches.

The final shape of the gloves is visible in the manual sewing process. However, the rough seam from the workmanship is not very strong if the soft glove is used in the long term. Therefore it is necessary to strengthen the stitches on the gloves with a sewing machine. With a sewing machine, the stitches will be neat and strong. Before using the sewing machine, we must determine the parts that require tight stitches and loose stitches. If all the seams used are tight, it will make the gloves wrinkle, making them uncomfortable when used. On the other hand, if all the seams use loose stitches, there will be parts that come loose and come off easily. The sewing process using a sewing machine is shown in Fig. 2(h), and the final sewn soft glove is shown in Fig. 2(i).

After all the parts on the gloves are sewn correctly, the next step that must be done is the stage of attaching the hose to the gloves. This study used a hose with an inner diameter of 1.5 mm and an outer diameter of 1.9 mm. The hose material is made of silicone which is quite flexible but retains its shape well so it doesn't make the glove stiff after inserting a hose inside. The main purpose of inserting the hose in the glove is as a pathway for the tendon so that the tendon does not unravel, which can cause abrasions if it rubs against the skin and so that the tendon does not get stuck due to contact with the glove fabric. In addition, this hose makes the shape of the gloves sturdier and does not bend easily. The process of attaching the hose to the glove is shown in Fig. 2(j).

The parts inserted into the soft glove hose include the knuckles, palm and part of the palm. The hose is inserted according to the previously sewn space. To simplify the process of installing the hose, a tool in the form of a small wire rod is used. Then the size of the hose should not come out too much from the glove because it will make the hose easily slide out. The next step is to attach the tendon to the glove where the tendon path covers the knuckles, palm and ends at the actuator base. The process of attaching the tendons is shown in Fig. 2(k).

The installation of tendons is grouped into two parts, namely, the upper tendon and the lower tendon. The lower tendon will later be connected to the actuator, which is located at the bottom of the hand as well as the upper tendon. The results of the glove manufacturing process are shown in Fig. 2(l). After the entire sewing process is complete, the glove is checked again whether there are parts that have not been sewn properly or if there are any loose stitches. If there is residual suture thread sticking out, it is necessary to cut it and to prevent the stitches from falling back due to the thread earlier, and the thread is burned using a gas lighter carefully so as not to burn other parts. The glove sewn and attached to the tendons is shown in Fig. 2(m).

Tendons made of nylon were chosen because they are strong, and flexible but a bit slippery when the tendons are attached to something. Obstacles when attaching the tendon to the actuator occur due to the slippery nylon when attached to the actuator. The nylon thread ties easily shift or even come off the actuator when moving the glove. To overcome this problem, additional components are made in the form of tuning pegs on a guitar which function is almost the same, namely to adjust the length of the nylon thread tied to the actuator while simultaneously tightening the bond between the nylon thread and the actuator. The material used to make these tuning pegs is PLA, with the dimensions shown in Fig. 2(n). These tuning pegs

have three pegs made of 3 mm diameter bolts locked using nuts. The number of pegs is adjusted to the number of fingers to be moved, namely the index finger, middle finger and ring finger, so that we can adjust the length of the nylon thread on each finger.

To adjust the length of the tendons on the soft robotic glove prototype, loosen the pegs, then adjust the length as needed, and then tighten the pegs again. The process of tightening the pins on the tuning pegs is shown in Fig. 2(o). The final step is to connect the actuator base with the sewn glove. The results of a soft glove integrated with the actuator base are shown in Fig. 2(p).

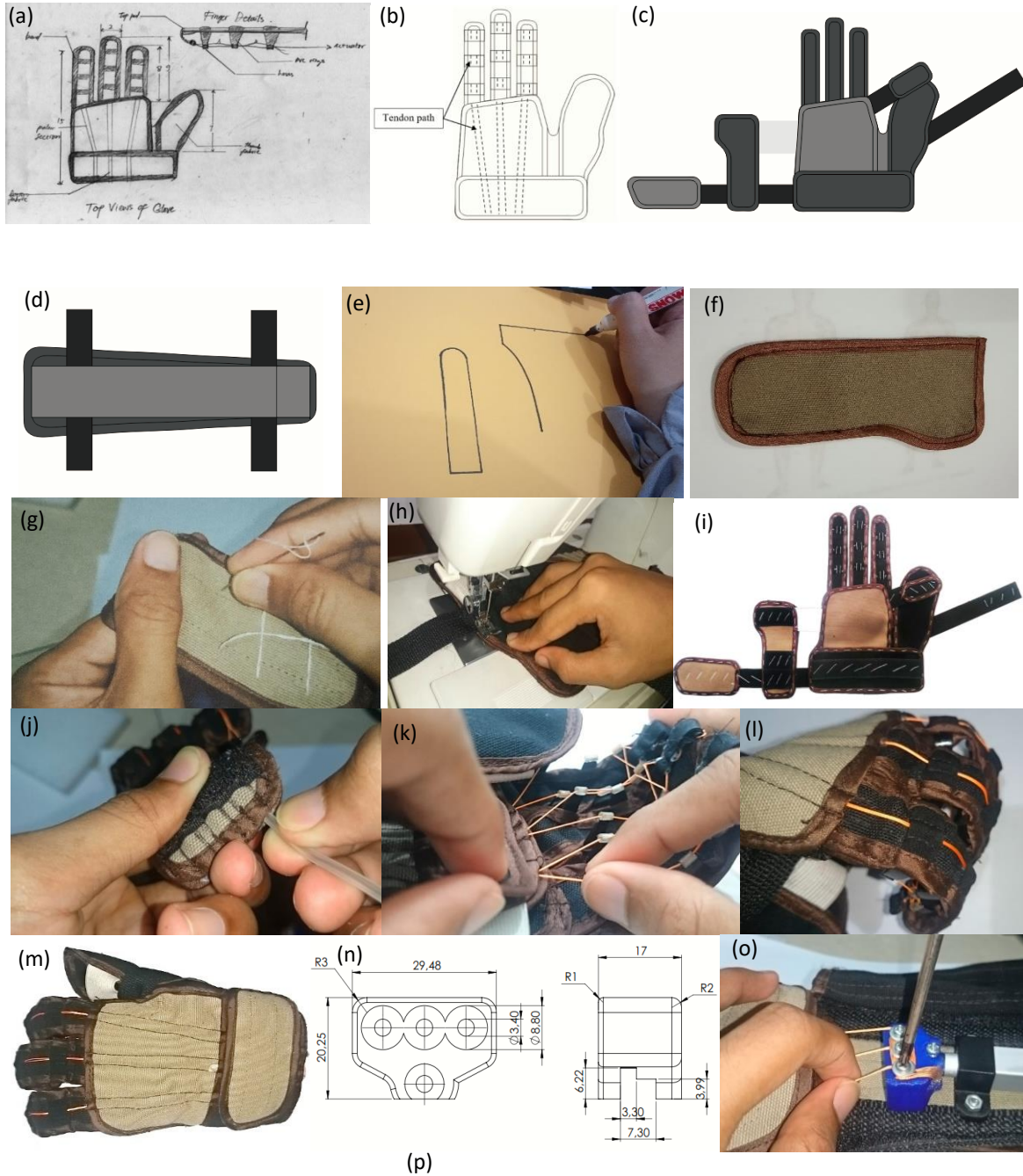


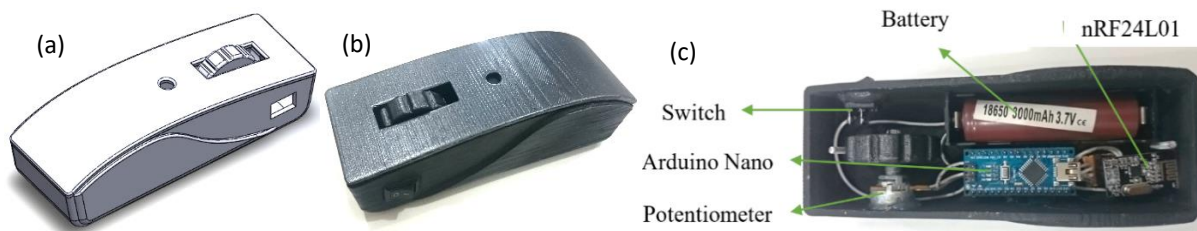


Fig. 2. Soft glove and actuator base manufacturing (a) Soft glove sketch (b) Tendon path (c) Soft glove base design (d) Actuator base design (e) Drawing pattern on SR10 fabric (f) Hand sewing (g) Glove part (h) Machine sewing (i) Fabric glove (j) Silicone rubber attachment (k) Tendon installation on the finger (l) Tendon route on the finger (m) Soft glove with tendon (n) Padding tune design (o) Actuator and tendon connector using padding tune (p) Soft glove with tendon and actuator.

5. 2 Controller Box and wireless remote Build Instruction

The soft glove is driven by a linear actuator where to move the actuator, a microcontroller and other electrical components are needed which regulate and give orders to the actuator to make the movement. A container is needed to put these electrical components in one place, called the control box. To give motion commands to the actuator, input commands are used from the potentiometer/EMG sensor which is located separately from the controller box, which regulates the actuator motion. We decided to make a wireless remote control that consists of a microcontroller and a potentiometer as command input. Therefore, it is necessary to design a controller box and remote control. Factors to be considered in making an electrical case, namely in terms of size and shape. Control box mounted on the shoulder. The controller box's design is compact and lightweight, so it does not burden the hand and interferes when moving. Likewise, with the remote control design used. The remote control design is made compact and easy to operate. We make electrical and remote control casings with simple external shapes and tend to be easy to manufacture but still pay attention to the aspects mentioned above. The first step is to design the casing by hand sketching. To tidy up the design and for manufacturing purposes, the results of the hand sketches must be translated into CAD drawings. SolidWorks is chosen to create CAD designs for electrical casings and remote controls. All aspects of the design, including the dimensions of the casing and the positioning of the electrical hardware, are directly outlined in this CAD drawing. The CAD controller box and remote control can be seen in Fig. 3(a) and Fig. 3(d).

After the CAD controller box and remote control designs were finished, the manufacturing process for both devices was carried out. We made control box and remote control forms in this study using a 3D printer. The material used is PLA (Polylactic Acid). PLA is one of the materials commonly used to make electronic device casings with a melting point of 210°C, and it is lightweight as the base material. After the controller box and remote control have been printed, the finishing process is then carried out by smoothing the rough parts on the surface and the parts where the electrical components are placed. In addition, a painting was carried out to beautify the appearance of the remote control and controller box. The final results of the controller box and remote control can be seen in Fig. 3(b) and Fig.3(e).



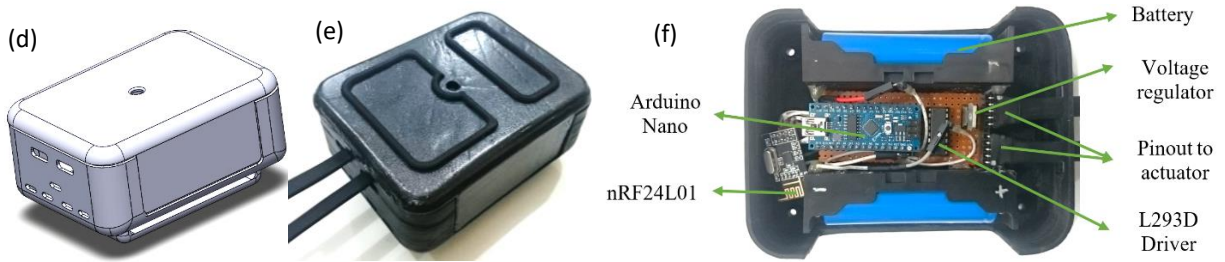


Fig. 3. Wireless remote and control box (a) Wireless remote CAD design (b) Wireless remote (c) Wireless remote with electronic components (d) Control box CAD design (e) Control box (f) Control box with electronic components.

After all the electrical components that will be used have been obtained, the next step is to create an electrical circuit schematic on the project board. The Fritzing software is selected to make an overview of the project board. In this study, there were two electrical circuits: the transmitter electrical circuit (wireless remote) and the receiver electrical circuit (soft glove). This transmitter circuit functions to read the potentiometer and send it wirelessly to the soft glove. In this transmitter box, a potentiometer provides an input signal that regulates the linear actuator movement. Meanwhile, a wireless module is used to transmit data that utilizes the 2.4GHz radio wave band, namely NRF24L01. For details on connecting the wireless remote circuit and the soft glove receiver, see Fig. 4(a) and Fig. 4(b). The electrical components on the control box and soft glove are assembled using wire and PCB circuit board, as shown in Fig. 4(c) and Fig. 4(f).

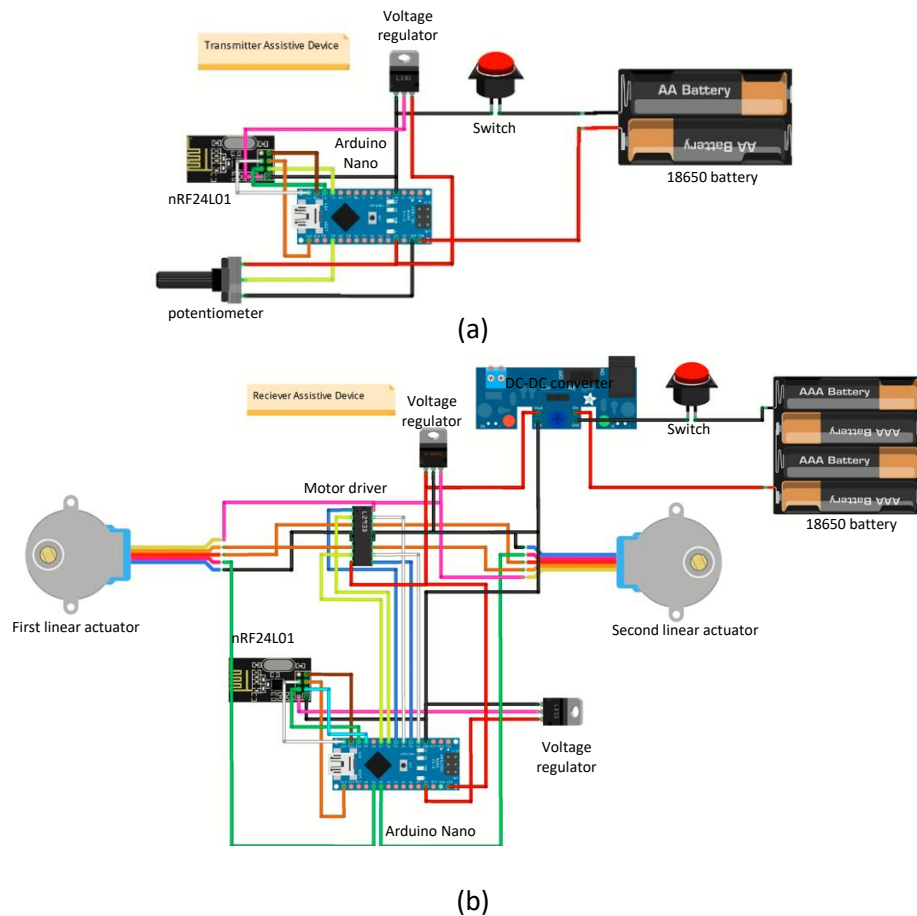


Fig. 4. Fritzing schematic diagram of (a) Wireless remote (b) soft exoskeleton glove

5.3 Embedded Control

The last step of building a soft robotic glove system is implementing a control system and embedding it into the microcontroller. Arduino Nano was chosen as the central controller for the soft glove because of its small size and can be programmed easily using MATLAB/Simulink software. Free toolbox from MATLAB, Simulink Support Package for Arduino Hardware is selected as the main embedded software due to its easy embedded system development and graphical programming language for the embedded control system. Proportional-integral (PI) control is implemented to control the stroke length of the actuator and provide mechanical support for finger flexion/extension. PI control used in this soft glove aims to get good control of the stroke position of the actuator as desired by a user. The selected K_p and K_i are 8.5 and 0.005 respectively. The control input for the linear actuator can be calculated using Equation (1), and the magnitude of the voltage is determined using Equation (2). The overall block diagram for PI control on the soft glove is presented in Fig. 5.

$$u(t) = V(t) = K_p \times e(t) + K_i \times \int e(t) dt \quad (1)$$

$$V(t) = \begin{cases} V, & e(t) \geq 0 \\ -V, & e(t) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

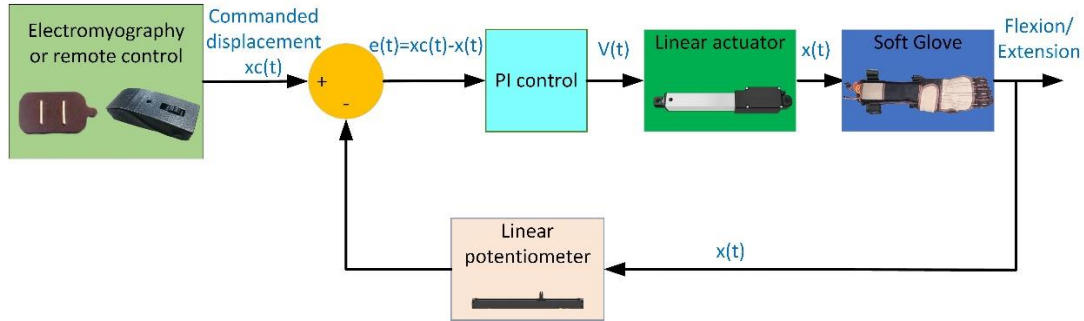
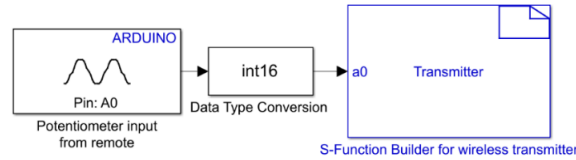


Fig. 5. Embedded proportional-integral (PI) control on soft exoskeleton glove

A block diagram of the wireless remote “Remote_wireless.slx”, an analog input block is used to read the potentiometer sensor, as shown in Fig.6(a). A custom block diagram to send the potentiometer value is done by writing C++ code in the S-Function block. The code for transmitting the potentiometer value is presented in Fig. 6(b). Two sensors are used in the embedded control soft glove: the potentiometer and EMG. The block diagram of the wireless remote with a potentiometer “PID_remote_wireless.slx” is shown in Fig. 6(c). The linear potentiometer contained in the linear actuator is used to read the stroke length. Two analog input blocks read analog values from two linear actuators. The PID control block is used to implement the PI control written in Equation (1). Meanwhile, the first driver motor and second driver motor block in the Simulink program are applied to provide the input voltage to the actuator as written in Equation (2). After determining the position of the EMG sensor and the movement pattern to be measured, the next step is to set up a program on Simulink so that the EMG sensor can be integrated with the PI control program created on the wireless remote block before. In this step, changing the input to the EMG sensor is only necessary. The Simulink block “PID_EMG.slx” used for EMG sensor is shown in Fig. 6(d). The block diagrams shown in Fig. 6(a), Fig. 6(c), and Fig. 6(d) are embedded to the Arduino Nano using Simulink Support Package for Arduino Hardware. The complete guide for embedded control on the Arduino microcontroller using the Simulink Support Package for Arduino Hardware can be seen in a detailed manner on the MathWorks website [34].



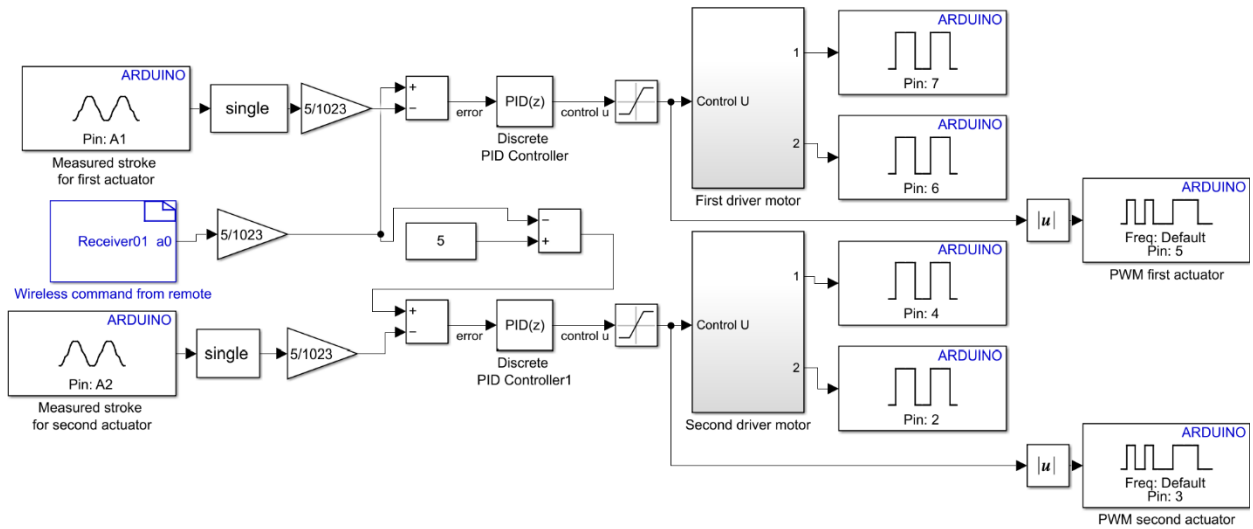
(a)

```

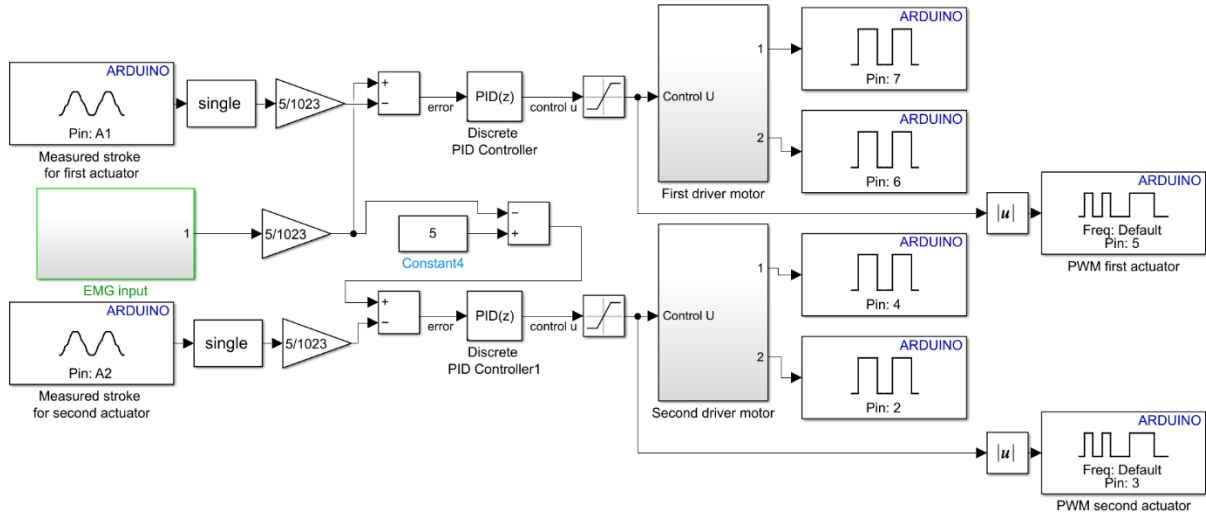
1  /* Includes_BEGIN */
2  #ifndef MATLAB_MEX_FILE
3  #include <Arduino.h>
4  #include <math.h>
5  #include <SPI.h>
6  #include "RF24.h"
7  #include "RF24.cpp"
8
9  RF24 myRadio (9,10);
10 byte addresses[6] = {"exo12"};
11 struct package
12 {
13   int16_t a;
14 };
15
16 typedef struct package Package;
17 Package data;
18 #endif
19 /* Includes_END */
20
21 /* Externs_BEGIN */
22 /* extern double func(double a); */
23 /* Externs_END */
24
25 void Transmitter_Start_wrapper(real_T *xD)
26 {
27   /* Start_BEGIN */
28   /* Start_END */
29 }
30
31
32 void Transmitter_Outputs_wrapper(const int16_T *a0,
33                                 const real_T *xD)
34 {
35   /* Output_BEGIN */
36   /* This sample sets the output equal to the input
37   y0[0] = u0[0];
38   For complex signals use: y0[0].re = u0[0].re;
39   y0[0].im = u0[0].im;
40   y1[0].re = u1[0].re;
41   y1[0].im = u1[0].im;
42   */
43   if (xD[0]==1) {
44     #ifndef MATLAB_MEX_FILE
45     data.a=a0[0];
46     myRadio.write(&data, sizeof(data));
47     #endif
48   }
49   /* Output_END */
50 }
51
52 void Transmitter_Update_wrapper(const int16_T *a0,
53                                real_T *xD)
54 {
55   /* Update_BEGIN */
56   /* Code example
57   * xD[0] = u0[0];
58   */
59   if (xD[0]!=1) {
60     #ifndef MATLAB_MEX_FILE
61     myRadio.begin();
62     myRadio.setChannel(115);
63     myRadio.setPALevel(RF24_PA_MAX);
64     myRadio.setDataRate( RF24_150KBPS );
65     myRadio.openWritingPipe( addresses[0] );
66     #endif
67     xD[0]=1;
68   }
69   /* Update_END */
70 }
71
72 void Transmitter_Terminate_wrapper(real_T *xD)
73 {
74   /* Terminate_BEGIN */
75   /* Custom Terminate code goes here.
76   */
77   /* Terminate_END */
78 }

```

(b)



(c)



(d)

Fig. 6. Proposed embedded system for soft exoskeleton glove (a) Wireless remote block diagram (b) S-Function block program for wireless transmitter (c) PI control block for exoskeleton with wireless remote (d) PI control block for exoskeleton with EMG sensor.

6. Operation instructions

The operation instruction to embed the PI control block diagram is presented in Section 5.3. In this section the operation of the soft glove consists of two parts, how to wear the soft glove and how to operate the soft glove.

6. 1 Wearing the soft glove instructions

The developed fabric-based soft exoskeleton glove is intended to be easy to attach and detach to the user's hand, as well as easy for the user to operate. The first step in wearing a soft glove is to wear the actuator base (Fig. 2(d)) on the user's upper which is between the wrist and elbow. The finger on the soft glove is worn to the user's fingers (index, middle, and ring). After the finger and actuator base are attached to the user, the binder on the actuator base is tightened. The user's thumb is adjusted so that the user can make a gripping motion when the soft glove gives full flexion assistance. The binder on the thumb is tightened so that it forms a certain fixed angle. After the soft glove has been placed on the user's hand, the control box is attached to the upper arm between the shoulder and elbow. The control box fastener can be tightened after the user is comfortable with the control box attached. For users who cannot move their elbows, the soft glove is equipped with straps so that the user's elbows can be adjusted to a certain angle so that the user feels comfortable holding and lifting objects. After the soft glove is attached to the user, the soft glove is ready to be operated. The photos of wearing the soft glove are presented in Fig. 7. The detailed instructions for wearing the soft glove can be seen in the video attachment "Movie Soft Exoskeleton Glove.mp4".



Fig. 7. Attachment of portable soft exoskeleton glove to the user hand.

6. 2 Soft glove operation instructions

After the soft glove and control box have been used by the user. The operation of this soft glove is quite easy to do. On the sensor that will be used, the user can choose two sensors, namely the wireless remote (potentiometer) or the EMG sensor. The user can use the wireless remote if the user is no longer able to perform muscle contraction movements in the flexor carpi radialis muscle. Users can move the soft glove by rotating the wheel on the wireless remote with their left hand or with their big toe. If the user can still move the flexor carpi radialis muscle, EMG sensor is utilized. The EMG sensor is attached to the flexor carpi radialis. The flowchart of the soft glove can be summarized in Fig. 8.

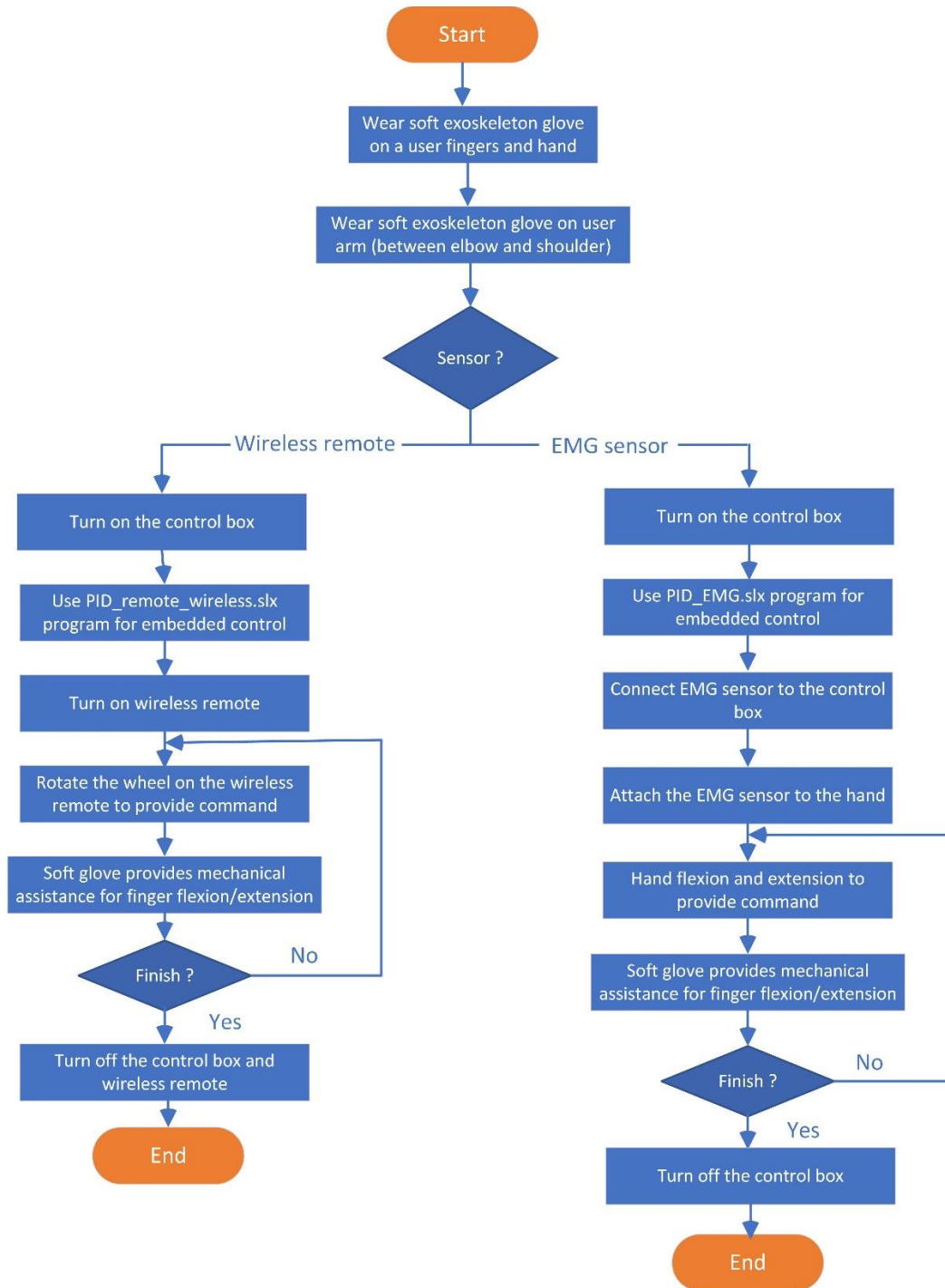
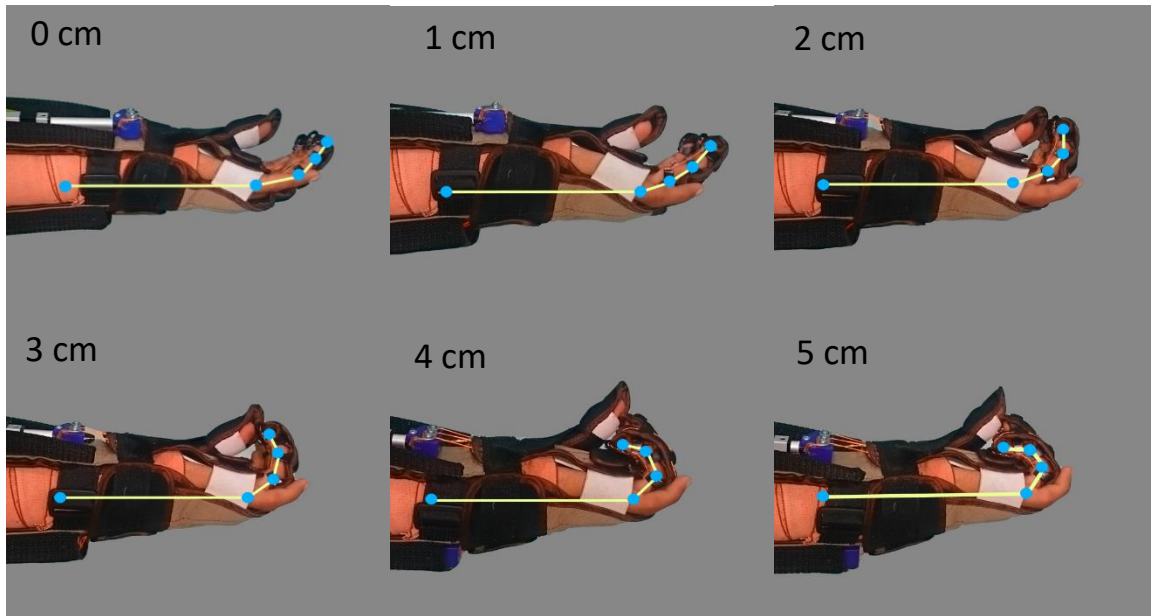


Fig. 8. Operational flowchart of the soft glove.

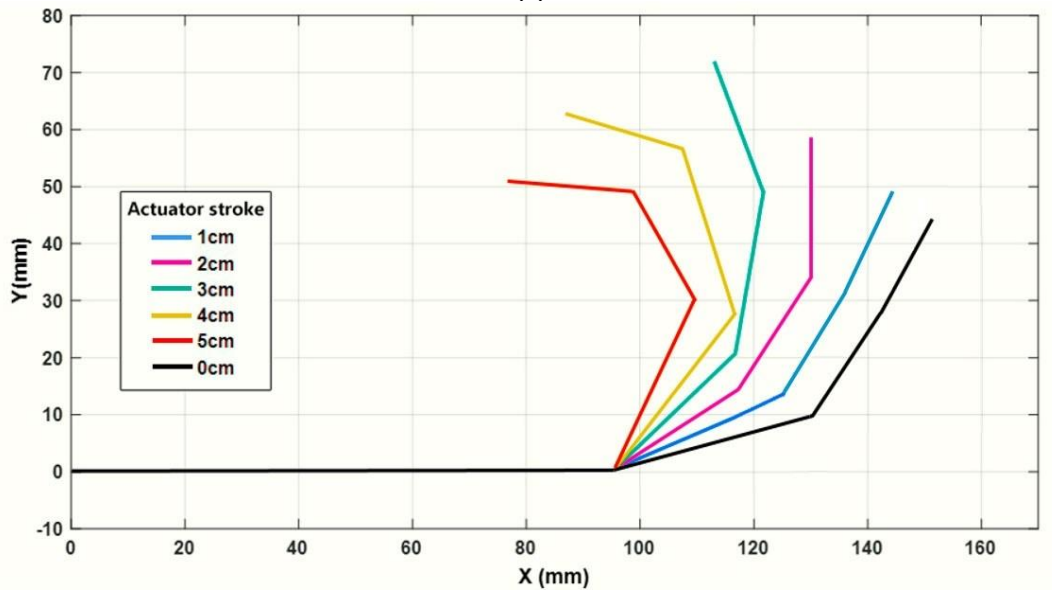
7. Validation and characterization

In the soft glove test, the glove was attached to a normal healthy hand study participant. Soft glove movement testing is carried out to observe the curvature of the fingers that occurs in the soft glove from full extension to full flexion. The test is carried out by pulling the tendon 1 cm from the 0 cm position to the 5 cm position. Then the image of the change in the position of the ring finger is taken which is assumed to

represent the position of the index finger and middle finger. The result of the movement of the user's fingers from flexion to extension is presented in Fig. 9. Based on the test, the developed soft glove can provide a mechanical assistance to the fingers from rest poses to full flexion. Therefore, a user can grasp and hold various objects.



(a)



(b)

Fig. 9. (a) Joint angle during finger flexion (b) Plot of joint angles of the finger.

In this test, the actuator will be given commands to move the soft glove and test the performance of the PI control. In the first test, the PI control is given an operating voltage from 1 V to 12 V. Based on the voltage operation and time response graphs shown in Fig. 10 (a) it can be seen that the higher the operating voltage given to the linear actuator, the faster the resulting response time. Therefore, a working voltage of 12 Volts was chosen for the operating voltage in the soft glove. Furthermore, the step input command is given to determine the performance of the PI control. Results in Fig. 10 (b) shows the results of the plot of

the command signal represented by the blue dash line, the response signal when the soft glove is not worn is represented by the green line, and the response signal when the soft glove is worn by the user is represented by the red dot line. The results show that the performance of the PI control when the soft glove is not used and when it is used has a difference in transient and steady-state response. The closed-loop response has a time constant of 1.76 second. The time constant is indeed not very fast but good enough to provide mechanical assistance to users from full flexion to full extension. Sinusoidal input command Fig. 10. (c) and multi-step Fig. 10(d) is given to test the performance of the PI on the trajectory following test. The results show that the actuator in the soft glove can follow sinusoidal and multi-step commands.

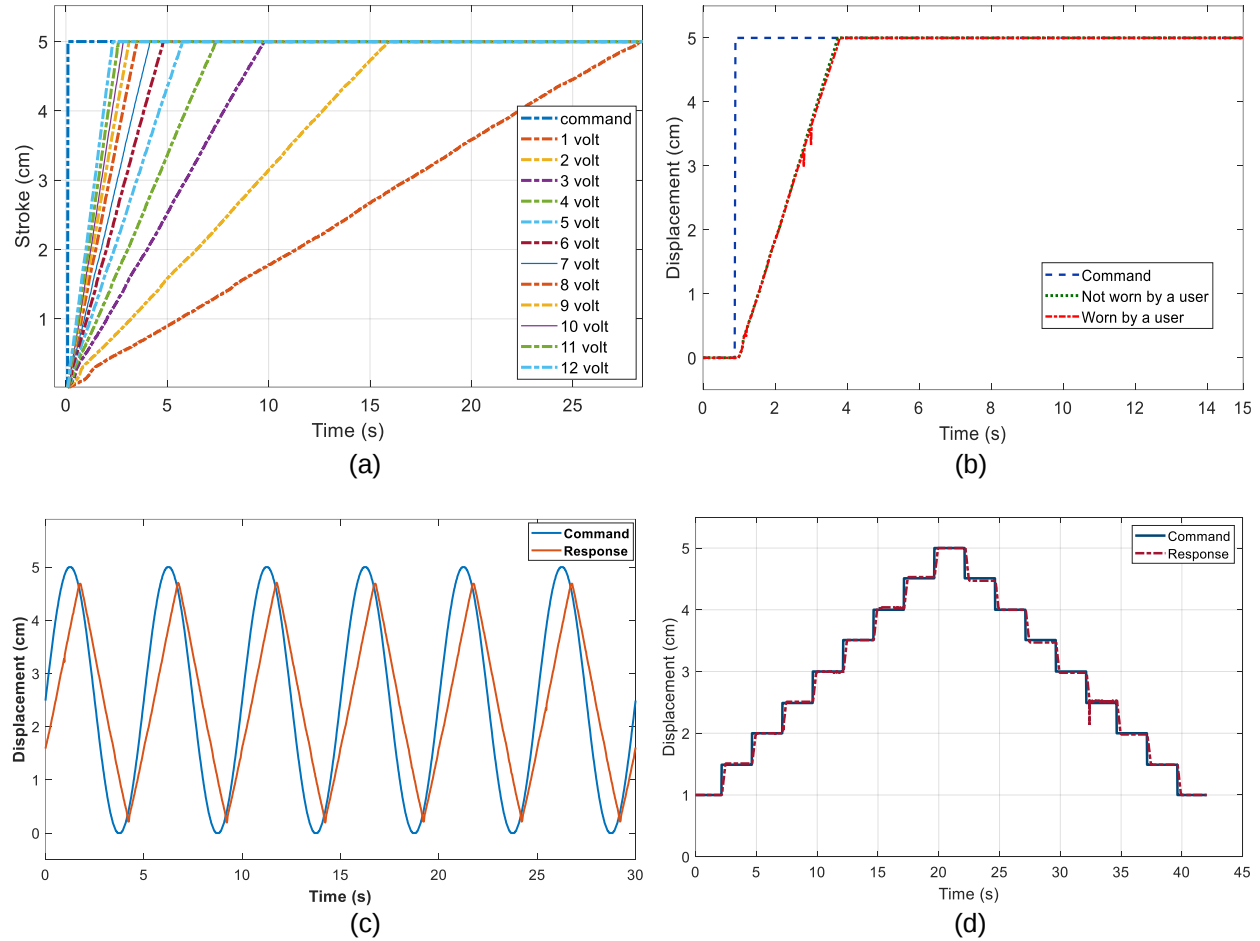


Fig. 10. Closed loop responses of soft glove (a) Various given voltages to linear actuator (b) Step input (c) Sinusoidal input (d) Multi-step input

To test the force generated by the actuator when the soft glove provides mechanical support, a force sensitive resistor (FSR) was used to measure the generated force on the user's fingers. The FSR sensor is placed on the surface of the cylinder object, then the user's fingers make a gripping movement with a soft glove which is driven by a linear actuator. The actuator is instructed to pull the soft glove from 1 cm to 5 cm. The results of measuring the force generated by the soft glove can be presented in Fig. 11. The result is that the maximum force obtained is 6 N. This force has been reduced to the tendon transmission and friction from the motor to the soft glove in the tendon hose.

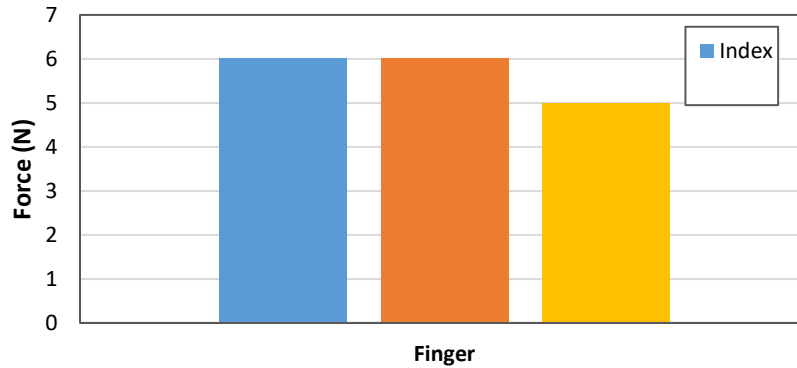


Fig. 11. Measured maximum generated force on each finger

In this test, the EMG sensor was attached to the flexor carpi radialis muscle of the user's hand. The position of the EMG sensor is shown in Fig. 12. The movements measured to obtain the EMG values are flexion and extension movements. The value read by the EMG sensor on the two types of movement will be used as an input value like the value given by the potentiometer on the wireless remote. After that, testing the performance of using soft gloves was also carried out using input from the EMG sensor. Because the EMG value obtained has quite a lot of noise. A low-pass filter was applied to reduce the EMG signal noise. The results of performance testing between the input/command from the EMG sensor and the output/response of the linear actuator are presented in Fig. 12. The results show that the soft glove can follow commands from a given EMG signal. This test shows that in addition to the wireless remote (potentiometer), a user can utilize the EMG sensor to drive the soft glove and provide assistance with finger flexion and extension movements to grasp and hold various objects.

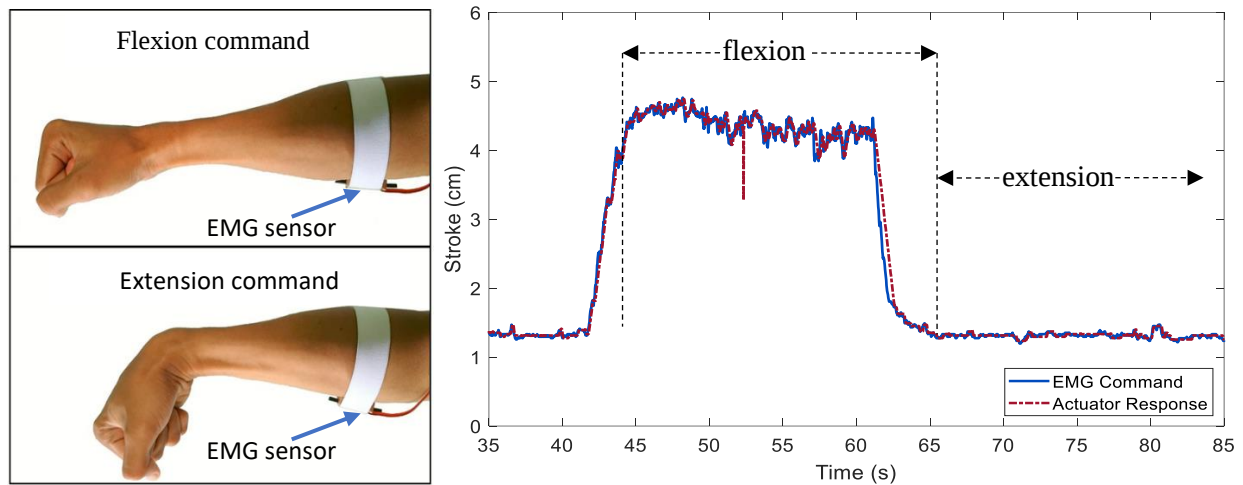


Fig. 12. Response to the EMG signal input.

To find out how far the soft glove can adapt when grasping and hold various shapes of a given objects, a test was carried out to grasp and hold various objects. In this test, the wireless remote is used by the user to give commands to the soft glove. The test is carried out by giving the object to the soft glove that is being worn by a user, then the soft glove is driven from a neutral/rest state until it reaches a fully grasped state/full flexion. The hand-held objects used have cylindrical, beam, hollow cylinder and irregular shapes. The result comparison of the test results is presented in Fig. 13 which shows movement testing by carrying out activities in the form of grasping and holding movements of various forms of objects. Based on the test results, the soft glove can be used to hold various shapes of objects, both small and large objects. Soft gloves are able to lift objects without falling with a weight of around 20 grams to 320 grams. These results indicate that the developed soft glove can provide mechanical assistance to grip various objects without

falling. The resulting soft glove can be manufactured easily and quickly with materials found in e-commerce stores with relatively low production costs. In addition, soft gloves are also portable and lightweight, so that users can wear soft gloves comfortably and without fatigue for a long period of use. Other various grasping tests can be seen in the video attachment "Movie Soft Exoskeleton Glove.mp4".

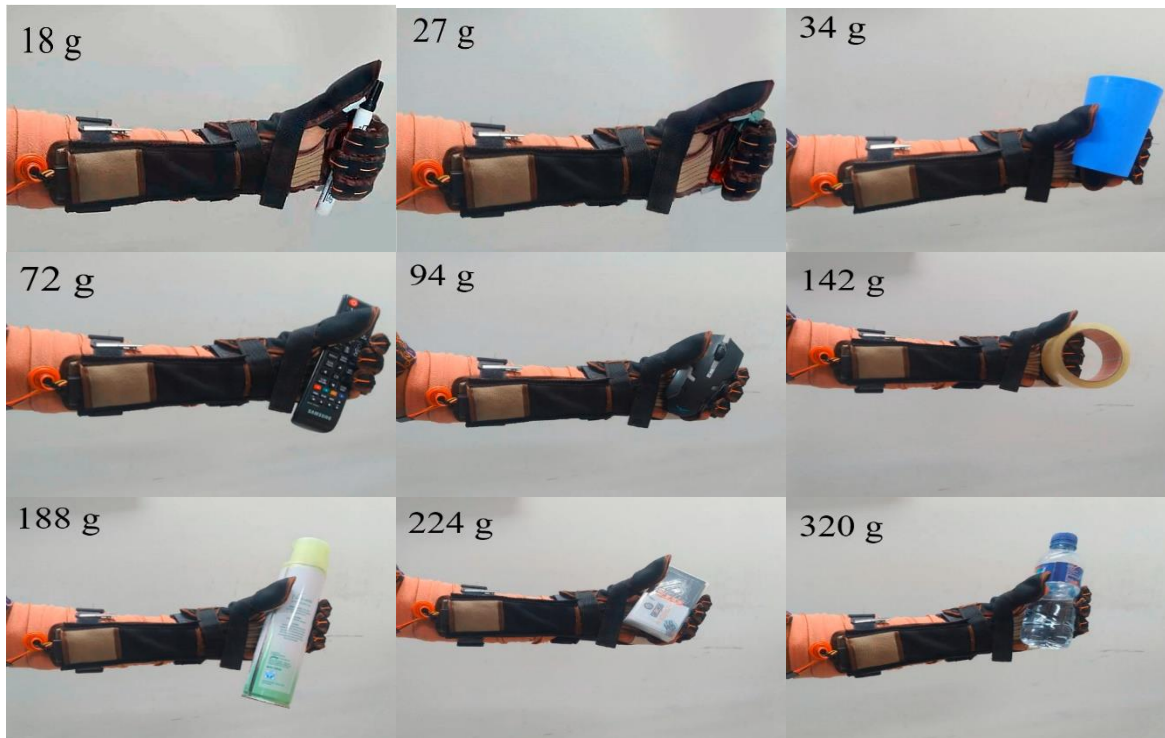


Fig. 13. Various grasping tasks in daily activity.

Ethics statements

HardwareX has ethical guidelines that all authors must comply with. In addition, we ask you to complete the relevant statement(s) below. Please delete those which are not relevant for your work.

CRedit author statement

Rifky Ismail: Conceptualization, Methodology, Design **Mochammad Ariyanto:** Data curation, Writing-draft, experiments. **Joga D Setiawan:** Visualization, Investigation, embedded control. **Taufik Hidayat:** CAD design, manufacturing, experiments, **Paryanto:** control system, **Limbang K. Nuswantara:** Proof reading.

Acknowledgments

The authors express the gratitude for the research funding of Riset Unggulan Undip (RUU) – Non APBN Research Funding in Diponegoro University 2020-2021.

References:

- [1] P. Tran, S. Jeong, K.R. Herrin, J.P. Desai, Review: Hand Exoskeleton Systems, Clinical Rehabilitation Practices, and Future Prospects, IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics. 3 (2021) 606–622. <https://doi.org/10.1109/TMRB.2021.3100625>.

- [2] T. du Plessis, K. Djouani, C. Oosthuizen, A Review of Active Hand Exoskeletons for Rehabilitation and Assistance, *Robotics*. 10 (2021) 40. <https://doi.org/10.3390/robotics10010040>.
- [3] H. Majidi Fard Vatan, S. Nefti-Meziani, S. Davis, Z. Saffari, H. El-Hussieny, A review: A Comprehensive Review of Soft and Rigid Wearable Rehabilitation and Assistive Devices with a Focus on the Shoulder Joint, *J Intell Robot Syst*. 102 (2021) 9. <https://doi.org/10.1007/s10846-021-01353-x>.
- [4] J.A. Díez, A. Blanco, J.M. Catalán, F.J. Badesa, L.D. Lledó, N. García-Aracil, Hand exoskeleton for rehabilitation therapies with integrated optical force sensor, *Advances in Mechanical Engineering*. 10 (2018) 1687814017753881. <https://doi.org/10.1177/1687814017753881>.
- [5] F. Zhang, L. Hua, Y. Fu, H. Chen, S. Wang, Design and development of a hand exoskeleton for rehabilitation of hand injuries, *Mechanism and Machine Theory*. 73 (2014) 103–116. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2013.10.015>.
- [6] A. Wege, G. Hommel, Development and control of a hand exoskeleton for rehabilitation of hand injuries, in: 2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2005: pp. 3046–3051. <https://doi.org/10.1109/IROS.2005.1545506>.
- [7] V. Nazari, M. Pouladian, Y.-P. Zheng, M. Alam, A Compact and Lightweight Rehabilitative Exoskeleton to Restore Grasping Functions for People with Hand Paralysis, *Sensors*. 21 (2021) 6900. <https://doi.org/10.3390/s21206900>.
- [8] J. Dittli, U.A.T. Hofmann, T. Bützer, G. Smit, O. Lamercy, R. Gassert, Remote Actuation Systems for Fully Wearable Assistive Devices: Requirements, Selection, and Optimization for Out-of-the-Lab Application of a Hand Exoskeleton, *Frontiers in Robotics and AI*. 7 (2021). <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2020.596185> (accessed January 17, 2023).
- [9] R. Ismail, M. Ariyanto, K.A. Pambudi, J.W. Syafei, G.P. Ananto, Extra robotic thumb and exoskeleton robotic fingers for patient with hand function disability, in: 2017 4th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI), 2017: pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/EECSI.2017.8239166>.
- [10] M. Ghassemi, D.G. Kamper, A Hand Exoskeleton for Stroke Survivors' Activities of Daily Life, in: 2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC), 2021: pp. 6734–6737. <https://doi.org/10.1109/EMBC46164.2021.9629805>.
- [11] J. Vertongen, D. Kamper, Design of a 3D printed hybrid mechanical structure for a hand exoskeleton, *Current Directions in Biomedical Engineering*. 6 (2020). <https://doi.org/10.1515/cdbme-2020-2003>.
- [12] D. Esposito, J. Centracchio, E. Androzzio, S. Savino, G.D. Gargiulo, G.R. Naik, P. Bifulco, Design of a 3D-Printed Hand Exoskeleton Based on Force-Myography Control for Assistance and Rehabilitation, *Machines*. 10 (2022) 57. <https://doi.org/10.3390/machines10010057>.
- [13] Y. Bouteraa, I.B. Abdallah, A.M. Elmogy, Training of Hand Rehabilitation Using Low Cost Exoskeleton and Vision-Based Game Interface, *J Intell Robot Syst*. 96 (2019) 31–47. <https://doi.org/10.1007/s10846-018-0966-6>.
- [14] H.-J. Yoo, S. Lee, J. Kim, C. Park, B. Lee, Development of 3D-printed myoelectric hand orthosis for patients with spinal cord injury, *J NeuroEngineering Rehabil*. 16 (2019) 162. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0633-6>.
- [15] B.A. De la Cruz-Sánchez, M. Arias-Montiel, E. Lugo-González, EMG-controlled hand exoskeleton for assisted bilateral rehabilitation, *Biocybernetics and Biomedical Engineering*. 42 (2022) 596–614. <https://doi.org/10.1016/j.bbe.2022.04.001>.
- [16] P. Polygerinos, S. Lyne, Z. Wang, L.F. Nicolini, B. Mosadegh, G.M. Whitesides, C.J. Walsh, Towards a soft pneumatic glove for hand rehabilitation, in: 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2013: pp. 1512–1517. <https://doi.org/10.1109/IROS.2013.6696549>.
- [17] P. Paoletti, G.W. Jones, L. Mahadevan, Grasping with a soft glove: intrinsic impedance control in pneumatic actuators, *Journal of The Royal Society Interface*. 14 (2017) 20160867. <https://doi.org/10.1098/rsif.2016.0867>.
- [18] D.P. Holland, E.J. Park, P. Polygerinos, G.J. Bennett, C.J. Walsh, The Soft Robotics Toolkit: Shared Resources for Research and Design, *Soft Robotics*. 1 (2014) 224–230. <https://doi.org/10.1089/soro.2014.0010>.
- [19] S.-S. Yun, B.B. Kang, K.-J. Cho, Exo-Glove PM: An Easily Customizable Modularized Pneumatic Assistive Glove, *IEEE Robotics and Automation Letters*. 2 (2017) 1725–1732. <https://doi.org/10.1109/LRA.2017.2678545>.

- [20] Z. Wang, P. Polygerinos, J.T.B. Overvelde, K.C. Galloway, K. Bertoldi, C.J. Walsh, Interaction Forces of Soft Fiber Reinforced Bending Actuators, *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*. 22 (2017) 717–727. <https://doi.org/10.1109/TMECH.2016.2638468>.
- [21] P. Polygerinos, K.C. Galloway, E. Savage, M. Herman, K.O. Donnell, C.J. Walsh, Soft robotic glove for hand rehabilitation and task specific training, in: 2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2015: pp. 2913–2919. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2015.7139597>.
- [22] P. Polygerinos, Z. Wang, K.C. Galloway, R.J. Wood, C.J. Walsh, Soft robotic glove for combined assistance and at-home rehabilitation, *Robotics and Autonomous Systems*. 73 (2015) 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2014.08.014>.
- [23] D. Popov, I. Gaponov, J.-H. Ryu, Portable Exoskeleton Glove With Soft Structure for Hand Assistance in Activities of Daily Living, *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*. 22 (2017) 865–875. <https://doi.org/10.1109/TMECH.2016.2641932>.
- [24] C. Suulker, S. Skach, K. Althoefer, Soft Robotic Fabric Actuator With Elastic Bands for High Force and Bending Performance in Hand Exoskeletons, *IEEE Robotics and Automation Letters*. 7 (2022) 10621–10627. <https://doi.org/10.1109/LRA.2022.3194883>.
- [25] J.D. Setiawan, M. Ariyanto, S. Nugroho, R. Ismail, T. Purbayanto, H. Sihombing, Fuzzy Logic Control for a Soft Exoskeleton Glove Using a Motor-Tendon Actuator, *Ingeniería e Investigación*. 41 (2021) e81531–e81531. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v41n1.81531>.
- [26] P. Tran, S. Jeong, K. Herrin, S. Bhatia, S. Kozin, J.P. Desai, FLEXotendon Glove-III: Soft Robotic Hand Rehabilitation Exoskeleton for Spinal Cord Injury, in: 2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2021: pp. 10332–10339. <https://doi.org/10.1109/ICRA48506.2021.9560993>.
- [27] H. Lee, B.B. Kang, H. In, K.-J. Cho, Design Improvement of a Polymer-Based Tendon-Driven Wearable Robotic Hand (Exo-Glove Poly), in: J. González-Vargas, J. Ibáñez, J.L. Contreras-Vidal, H. van der Kooij, J.L. Pons (Eds.), *Wearable Robotics: Challenges and Trends*, Springer International Publishing, Cham, 2017: pp. 95–99. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46532-6_16.
- [28] B.B. Kang, H. Choi, H. Lee, K.-J. Cho, Exo-Glove Poly II: A Polymer-Based Soft Wearable Robot for the Hand with a Tendon-Driven Actuation System, *Soft Robotics*. 6 (2019) 214–227. <https://doi.org/10.1089/soro.2018.0006>.
- [29] J.-H. Lee, Y.S. Chung, H. Rodrigue, Long Shape Memory Alloy Tendon-based Soft Robotic Actuators and Implementation as a Soft Gripper, *Sci Rep*. 9 (2019) 11251. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47794-1>.
- [30] A. Villoslada, A. Flores, D. Copaci, D. Blanco, L. Moreno, High-displacement flexible Shape Memory Alloy actuator for soft wearable robots, *Robotics and Autonomous Systems*. 73 (2015) 91–101. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2014.09.026>.
- [31] S. Terrile, J. Miguelañez, A. Barrientos, A Soft Haptic Glove Actuated with Shape Memory Alloy and Flexible Stretch Sensors, *Sensors*. 21 (2021) 5278. <https://doi.org/10.3390/s21165278>.
- [32] A. Hadi, K. Alipour, S. Kazeminasab, M. Elahinia, ASR glove: A wearable glove for hand assistance and rehabilitation using shape memory alloys, *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*. 29 (2018) 1575–1585. <https://doi.org/10.1177/1045389X17742729>.
- [33] D.-S. Copaci, D. Blanco, A. Martin-Clemente, L. Moreno, Flexible shape memory alloy actuators for soft robotics: Modelling and control, *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 17 (2020) 1729881419886747. <https://doi.org/10.1177/1729881419886747>.
- [34] Simulink Support Package for Arduino Hardware, (n.d.). <https://jp.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/40312-simulink-support-package-for-arduino-hardware> (accessed January 18, 2023).

BUKTI UPLOAD

em

HardwareX

HomeMain MenuSubmit a ManuscriptAboutHelp

The order in which the attached items appear is the order established by this publication. You may re-order any items of the same type by dragging and dropping them into place.

Change Item Type of all

Choose

files to

Choose

Change Now

Check All

Clear All

Order	Item	Description	File Name	Size	Last Modified	Actions	Select
1	*Manuscript File	Manuscript	Rifky Ismail_HardwareX_Soft Exoskeleton.docx	9.5 MB	Jul 06, 2023	Download	☐
2	*Conflict of Interest Statement	Conflict of Interest Statement	Conflict of interest.docx	528.5 KB	Jul 06, 2023	Download	☐
3	*Design Files	Design Files	Deisgn-Fabric-Based Portable Soft Exoskeleton Glove.pdf	447.4 KB	Jul 06, 2023	Download	☐
4	*Declaration of Interest Statement	Declaration	declaration-of-competing-interests.docx	53.7 KB	Jul 06, 2023	Download	☐
5	*Author Biography	Author Biography	Rifky Ismail biography.docx	12.4 KB	Jul 06, 2023	Download	☐
6	*Author Photo	Author Photo	Foto Rifky Ismail 02.jpg	539.8 KB	Jul 06, 2023	Download	☐

Update File Order

Remove

Check All

Clear All

Back

Proceed

em

HardwareX

HomeMain MenuSubmit a ManuscriptAboutHelp

Page: 1 of 1 (1 total submissions)

Results per page 10

Action	Manuscript Number	Title	Date Submission Began	Status Date	Current Status	Accept Ethics in Publishing?
		Design and Testing of Fabric-Based Portable Soft Exoskeleton Glove for Hand Grasping Assistance in Daily Activity	Jul 06, 2023	Jul 06, 2023	Building PDF	☒ I accept