

LEMBAR
HASIL PENILAIAN SEJAWAT SEBIDANG ATAU PEER REVIEW
KARYA ILMIAH : JURNAL ILMIAH

Judul Jurnal Ilmiah (Artikel) : Penentuan Sudut Kemiringan Kristis Struktur Dinding Silo Berkapasitas Penyimpanan 4650 Ton

Jumlah Penulis : 4 orang (Susilo Adi Widyanto*, **Sukamta**, Agus Suprihanto, Ojo Kurdi)

Status Pengusul : Penulis ke-2

Identitas Jurnal Ilmiah :

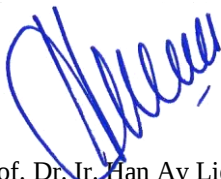
- a. Nama Jurnal : ROTASI
- b. Nomor ISSN : p-ISSN: 1411-027X; e-ISSN: 2406 - 9620
- c. Vol, No., Bln Thn : Vol. 22, No. 3, Juli 2020
- d. Penerbit : Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- e. DOI artikel (jika ada) : <https://doi.org/10.14710/rotasi.22.3.%p>
- f. Alamat web jurnal : <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi/article/view/32899>
- Alamat Artikel : <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi/article/view/32899/17952>
- g. Terindex : Sinta 3

Kategori Publikasi Jurnal Ilmiah : ☐ Jurnal Ilmiah Internasional
 (beri ✓ pada kategori yang tepat) ☒ Jurnal Ilmiah Nasional Terakreditasi
☐ Jurnal Ilmiah Nasional Tidak Terakreditasi

Hasil Penilaian *Peer Review* :

Komponen Yang Dinilai	Nilai Reviewer		Nilai Rata-rata
	Reviewer I	Reviewer II	
a. Kelengkapan unsur isi jurnal (10%)	1,50	2,00	1,75
b. Ruang lingkup dan kedalaman pembahasan (30%)	5,50	5,25	5,375
c. Kecukupan dan kemutakhiran data/informasi dan metodologi (30%)	5,50	5,00	5,250
d. Kelengkapan unsur dan kualitas terbitan/jurnal (30%)	5,00	5,50	5,25
Total = (100%)	17,50	17,75	17,63
Nilai Pengusul = (40% x 17,63) / 3 = 2,35			

Reviewer 1



Prof. Dr. Ir. Han Ay Lie, M.Eng.
 NIP. 195611091985032002
 Unit Kerja : Departemen Teknik Sipil FT UNDIP

Semarang, 18 Januari 2023

Reviewer 2



Dr. Ir. Purwanto, M.T., M.Eng.
 NIP. 196307111991021000
 Unit Kerja : Departemen Teknik Sipil FT UNDIP

LEMBAR
HASIL PENILAIAN SEJAWAT SEBIDANG ATAU PEER REVIEW
KARYA ILMIAH : JURNAL ILMIAH

Judul Jurnal Ilmiah (Artikel) : Penentuan Sudut Kemiringan Kristis Struktur Dinding Silo Berkapasitas Penyimpanan 4650 Ton

Jumlah Penulis : 4 orang (Susilo Adi Widyanto*, **Sukamta**, Agus Suprihanto, Ojo Kurdi)

Status Pengusul : Penulis ke-2

Identitas Jurnal Ilmiah :

- a. Nama Jurnal : ROTASI
- b. Nomor ISSN : p-ISSN: 1411-027X; e-ISSN: 2406 - 9620
- c. Vol, No., Bln Thn : Vol. 22, No. 3, Juli 2020
- d. Penerbit : Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- e. DOI artikel (jika ada) : <https://doi.org/10.14710/rotasi.22.3.%p>
- f. Alamat web jurnal : <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi/article/view/32899>
- Alamat Artikel : <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi/article/view/32899/17952>
- g. Terindex : Sinta 3

Kategori Publikasi Jurnal Ilmiah : ☐ Jurnal Ilmiah Internasional
(beri ✓ pada kategori yang tepat) ☒ Jurnal Ilmiah Nasional Terakreditasi
☐ Jurnal Ilmiah Nasional Tidak Terakreditasi

Hasil Penilaian *Peer Review* :

Komponen Yang Dinilai	Nilai Maksimal Jurnal Ilmiah			Nilai Akhir Yang Diperoleh
	Internasional ☐	Nasional Terakreditasi 20	Nasional Tidak Terakreditasi ☐	
a. Kelengkapan unsur isi jurnal (10%)		2.00		1.5
b. Ruang lingkup dan kedalaman pembahasan (30%)		6.00		5.5
c. Kecukupan dan kemutakhiran data/informasi dan metodologi (30%)		6.00		5.5
d. Kelengkapan unsur dan kualitas terbitan/jurnal (30%)		6.00		5
Total = (100%)		20.00		17.5
Nilai Pengusul = $(40\% \times 17.5) / 3 = 2.33$				

Catatan Penilaian artikel oleh Reviewer :

1. Kesesuaian dan kelengkapan unsur isi jurnal:

Pada artikel ilmiah ini, penulis telah menyajikan hasil penelitian secara lengkap mencakup Pendahuluan permasalahan, tujuan dari penelitian, metodologi dan hasil analisis serta kesimpulan. Masing masing bagian dari tulisan ini disampaikan dengan jelas..

2. Ruang lingkup dan kedalaman pembahasan:

Penulis sudah menyajikan dengan teratur dari Abstrak, pendahuluan, tujuan, metodologi dan kesimpulan. Tulisan ini membahas struktur cangkang yang diaplikasikan pada sturktur silo pada kasus tinjauan kemiringan silo. Pada tulisan ini dibahas analisis numerik kemiringan silo, yang selanjutnya divalidasi dengan kondisi struktur silo dilapangan.

3. Kecukupan dan kemutakhiran data/informasi dan metodologi:

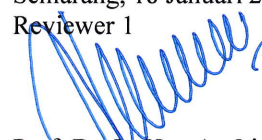
Kecukupan data yang digunakan untuk analisis sudah cukup lengkap, data kondisi aktual silo serta data untuk analisis numerik telah disajikan dengan lengkap. Kajian ini bermanfaat untuk prediksi kemiringan silo dilapangan.

4. Kelengkapan unsur dan kualitas terbitan:

Artikel ilmiah ini diterbitkan di Jurnal Sinta 3, beberapa kelengkapan pustaka relative lama, hal ini karena masih terbatas tulisan-tulisan yang membahas tentang silo secara aktual. Semua unsur sudah dijelaskan walaupun masih ada beberapa kesalahan tulis.

Semarang, 18 Januari 2023

Reviewer 1



Prof. Dr. Ir. Han Ay Lie, M. Eng.

NIP. 195611091985032002

Unit Kerja: Departemen Teknik Sipil FT UNDIP

LEMBAR
HASIL PENILAIAN SEJAWAT SEBIDANG ATAU PEER REVIEW
KARYA ILMIAH : JURNAL ILMIAH

Judul Jurnal Ilmiah (Artikel) : Penentuan Sudut Kemiringan Kritis Struktur Dinding Silo Berkapasitas Penyimpanan 4650 Ton

Jumlah Penulis : 4 orang (Susilo Adi Widyanto, **Sukamta**, Agus Suprihanto, Ojo Kurdi)

Status Pengusul : Penulis ke-2

Identitas Jurnal Ilmiah :

- a. Nama Jurnal : ROTASI
- b. Nomor ISSN : p-ISSN: 1411-027X; e-ISSN: 2406-9620
- c. Vol, No., Bln Thn : Vol. 22, No. 3, Juli 2020
- d. Penerbit : Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- e. DOI artikel (jika ada) : <https://doi.org/10.14710/rotasi.22.3.%p>
- f. Alamat web jurnal : <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi/article/view/32899>
- Alamat Artikel : <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi/article/view/32899/17952>
- g. Terindex : Sinta 3

Kategori Publikasi Jurnal Ilmiah : ☐ Jurnal Ilmiah Internasional
 (beri ✓ pada kategori yang tepat) ☒ Jurnal Ilmiah Nasional Terakreditasi
☐ Jurnal Ilmiah Nasional Tidak Terakreditasi

Hasil Penilaian *Peer Review* :

Komponen Yang Dinilai	Nilai Maksimal Jurnal Ilmiah			Nilai Akhir Yang Diperoleh
	Internasional ☐	Nasional Terakreditasi 20	Nasional Tidak Terakreditasi ☐	
a. Kelengkapan unsur isi jurnal (10%)		2.00		2.00
b. Ruang lingkup dan kedalaman pembahasan (30%)		6.00		5.25
c. Kecukupan dan kemutakhiran data/informasi dan metodologi (30%)		6.00		5.00
d. Kelengkapan unsur dan kualitas terbitan/jurnal (30%)		6.00		5.50
Total = (100%)		20.00		17.75
Nilai Pengusul = (40% x 17.75)/2 = 3.55				

Catatan Penilaian artikel oleh Reviewer :

1. Kesesuaian dan kelengkapan unsur isi jurnal:

Karil telah terbit di jurnal ROTASI dimana jurnal ini menerbitkan karil bidang Teknik, hal ini sesuai dengan isi karil. Pendahuluan, metode, pembahasan dan hasil serta kesimpulan telah cukup memadai. Informasi teknis dan analisis data yang disajikan cukup jelas dan lengkap.

2. Ruang lingkup dan kedalaman pembahasan:

Karil ini lengkap dengan pembahasan cukup detail tentang pengecekan Penentuan Sudut Kemiringan Kritis Struktur Dinding Silo. Kedalaman pembahasan cukup lengkap karena mengkomparasi hasil uji perhitungan analitis dengan analisis model Finite Element Method (FEM) dengan hasil yang cukup valid.

3. Kecukupan dan kemutakhiran data/informasi dan metodologi:

Analisis variasi sudut kemiringan struktur dinding silo penampung gandum cukup mewakili dan perlu penentuan analisis yang disajikan dengan kemiringan = 0.96 derajat. Notasi pada paper belum ada. Kesimpulan masih bersifat umum, dan perlu dipertajam sehingga lebih spesifik lagi.

4. Kelengkapan unsur dan kualitas terbitan:

Penerbit Sinta 3 dengan similarity index Turnitin relatif kecil , yaitu 6 %.

Semarang, November 2022
Reviewer 2



Dr. Ir. Purwanto, M.T., M.Eng.
NIP. 196307111991021002
Unit Kerja: Departemen Teknik Sipil FT UNDIP

Penentuan Sudut Kemiringan Kristis Struktur Dinding Silo Berkapasitas Penyimpanan 4650 Ton

S Widyanto - ROTASI - ejournal.undip.ac.id

Konstruksi dinding silo dirancang untuk menerima beban desak dalam arah radial. Namun akibat kondisi tertentu, orientasi konstruksi silo dapat mengalami ketidak-tegak-lurusan terhadap bidang horisontalnya. Pada kondisi seperti ini, dinding silo mengalami beban gabungan yang berupa beban desak dalam arah radial dan beban gravitasi. Paper ini membahas penentuan sudut kemiringan kritis konstruksi dinding silo yang dikaitkan dengan distribusi tegangan yang terjadi. Investigasi dilakukan dengan simulasi FEM untuk ...

☆ Simpan Kutip Dirujuk 1 kali Artikel terkait 2 versi

Menampilkan hasil terbaik untuk penelusuran ini. [Lihat semua hasil](#)

SERTIFIKAT

Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan,
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi



Kutipan dari Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan,
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia
Nomor: 21/E/KPT/2018, Tanggal 9 Juli 2018
Tentang Hasil Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode I Tahun 2018

Nama Jurnal Ilmiah
Rotasi

E-ISSN: 1411-027X

Penerbit: Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Ditetapkan sebagai Jurnal Ilmiah

TERAKREDITASI PERINGKAT 3

Akreditasi berlaku selama 5 (lima) tahun, yaitu
Volume 18 Nomor 1 Tahun 2016 sampai Volume 22 Nomor 4 Tahun 2020

Jakarta, 9 Juli 2018
Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan



Dr. Muhammad Dimiyati
NIP. 195912171984021001



- (R) **Analisis Pengaruh Perubahan Ukuran *Cam Lobe Lift* terhadap Performa pada Mesin Otto Empat Langkah**
(Nicholas Kurniawan, Arka D. Soewono, Isdaryanto Iskandar)
- (R) ***The Effect of Expander Input and Output Ratio on the Performance of Simple Organic Rankine Cycle with Low Quality Geothermal Steam as the Heat Source***
(Ahmad Husein Siregar, Andianto Pintoro)
- (R) **Sistem Akuisisi Data Mesin Uji Puntir Berbasis Arduino Uno dan Microsoft Visual C#**
(Faizal Kurniawan, Fajar Anggara)
- (R) ***Electricity Production from Food Waste Leahate (Fru and Vegetable Waste) using Double Chamber Microbial Fuel Cell : Comparison between Non-aerated and Aerated Configuration***
(Willie Prasidha, Akmal Irfan Majid)
- (R) **Analisis Roll Banding Process pada Square Pipe dengan Desain Flexible Roll**
(Sufiyanto, R Djoko Andrijono)
- (R) **Terbentuknya White Layer pada Proses Milling Austempered Ductile Iron (ADI)**
(Rusnaldy, Yusuf Umardani, Jovian Bernard, Diva Tsamara Putra)
- (R) ***The Relationship between Heel Pad Compressibility Index, Age, Body Mass Index, and Foot Area Contact in Calcea Spur Patients***
(Dwi Basuki Wibowo, Agus Suprihanto, Gunawan Dwi Haryandi)
- (R) **Analisis Tekanan dan Jumlah Pompa untuk Menginjeksi 35000 BWPD di Echo Flow Station Milik Pertamina Hulu Energy Offshore North West Java**
(Eflita Yohana, M.S.K. Tony Suryo Utomo, Mohamad Endy Yulianto, Karina Nur A.)
- (R) **Penentuan Sudut Kemiringan Kritis Struktur Dinding Silo Berkapasitas Penyimpanan 4650 Ton**
(Susilo Adi Widyanto, Sukamta, Agus Suprihanto, Ojo Kurdi)
- (R) **Analisis Pembebanana Kaki Tiruan Monocentric Produk Undip Atas Lutut Menggunakan Ground Reaction Force**
(Rifky Ismail, Dimas Satria, M. Ariyanto, Ojo Kurdi, Sugiyanto)

TIM EDITOR

Ketua Penyunting (*Editor in Chief*):
Syaiful, PhD

Penyunting Ahli (*Associate Editor*):
Dr. Mohammad Tauviqirrahman

Dewan Penyunting (*Editorial Board*):

Bidang Konversi Energi:

Dr. Berkah Fajar Tamtomo K. (Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro)

Dr. Nazaruddin Sinaga (Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro)

Prof Dr. Indra Mahlia (University of Technology Sydney, Australia)

Dr. Eng. Syamsul Hadi (Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret)

Bidang Material:

Prof. Dr. rer. nat. A.P. Bayuseno (Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro)

Muhammad Waziz Wildan, PhD (Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada)

Dr. Ario Sunar Baskoro (Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia)

Bidang Perancangan:

Dr. Rifky Ismail (Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro)

Dr. Eng. Dedi Suryadi (Departemen Teknik Mesin Universitas Bengkulu)

Achmad Syaifudin, PhD (Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Judha Purbolaksono, Ph.D (Faculty of Engineering, Universiti Teknologi Brunei)

Bidang Manufaktur dan Robotika:

Riza Muhida, PhD (Departemen Teknik Mesin, Universitas Bandar Lampung)

Dr. Sri Raharno (Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung)

Dr. Susilo Adi Widyanto (Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro)

Staff editorial Office:

Dr.-Ing. Paryanto

Penerbit: Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Sekretariat Editorial Office:

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof.H.Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang. Telp. (024)7460059

Facsimile: (024)7460059 ext.102

Website: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>; E-mail: rotasi@live.undip.ac.id

DAFTAR ISI

FOKUS DAN RUANG LINGKUP	ii
TIM EDITOR	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
Analisis Pengaruh Perubahan Ukuran <i>Cam Lobe Lift</i> terhadap Performa pada Mesin Otto Empat Langkah (Nicholas Kurniawan, Arka D. Soewono, Isdaryanto Iskandar)	143-148
<i>The Effect of Expander Input and Output Pressure Ratio on the Performance of Simple Organic Rankine Cycle With Low Quality Geothermal Steam as the Heat Source</i> (Achmad Husein Siregar, Andianto Pintoro)	149-154
Sistem Akuisisi Data Mesin Uji Puntir Berbasis Arduino Uno dan Microsoft Visual C# (Faizal Kurniawan, Fajar Anggara)	155-161
<i>Electricity Production from Food Waste Leachate (Fruit and Vegetable Waste) using Double Chamber Microbial Fuel Cell: Comparison between Non-aerated and Aerated Configuration</i> (Willie Prasidha, Akmal Irfan Majid)	162-168
Analisis <i>Roll Bending Process</i> pada <i>Square Pipe</i> dengan Desain <i>Flexible Roll</i> (Sufiyanto, R Djoko Andrijono)	169-179
Terbentuknya <i>White Layer</i> pada Proses <i>Milling Austempered Ductile Iron (ADI)</i> (Rusnaldi, Yusuf Umardani, Jovian Bernard, Diva Tsamara Putra)	180-187
<i>The Relationship between Heel Pad Compressibility Index, Age, Body Mass Index and Foot Area Contact in Calcanea Spur Patients</i> (Dwi Basuki Wibowo, Agus Suprihanto, Gunawan Dwi Haryadi)	188-193
Analisis Tekanan dan Jumlah Pompa untuk Menginjeksi 35000 BWPD di <i>Echo Flow Station</i> Milik Pertamina Hulu Energy <i>Offshore North West Java (ONWJ)</i> (Eflita Yohana, M.S.K Tony Suryo Utomo, Mohamad Endy Yulianto, Karina Nur Adhiriva)	194-200
Penentuan Sudut Kemiringan Kritis Struktur Dinding Silo Berkapasitas Penyimpanan 4650 Ton (Susilo Adi Widyanto, Sukamta , Agus Suprihanto, Ojo Kurdi)	201-207
Analisis Pembebanan Kaki Tiruan Monocentric Produk Undip Atas Lutut Menggunakan <i>Ground Reaction Force</i> (Rifky Ismail, Dimas Satria, M. Ariyanto, Ojo Kurdi, Sugiyanto)	208-214
UCAPAN TERIMA KASIH KEPADA PARA REVIEWER PADA TERBITAN INI	App.1
PETUNJUK PENULISAN 2020 (<i>AUTHOR GUIDELINES 2020</i>)	App.2-4

Analisis Pengaruh Perubahan Ukuran Cam Lobe Lift terhadap Performa pada Mesin Otto Empat Langkah

Nicholas Kurniawan^a, Arka D. Soewono^{b*}, Isdaryanto Iskandar^a

^aMahasiswa Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya
Jl. Raya Puspitpek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

^bDosen Tetap Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya
Jl. Raya Puspitpek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

*Email : arka.atmajaya@gmail.com

Abstract

The modification of cam lobe lift value was studied to observe its effects on the volumetric efficiency and performance of a 4-stroke Otto engine with a displacement of 150 cc. The testing was done by comparing the standard cam lobe with 7,36 mm lift and two other cam lobes with a higher lift, which is 8,24 mm and 8,53 mm. ANSYS software was used as a method to acquire the volumetric efficiency value, while a dynamometer was used to measure the performance. From the calculation and testing that has been done, the usage of both modification cam lobes increase the volumetric efficiency and performance of the engine. Compared with the standard cam, the cam with 8,53 mm lift result in an increase of volumetric efficiency from 78,51% to 84,1% and performance from 15,36 WHP to 15,76 WHP at 9000 rpm.

Keywords: Cam lobe, volumetric efficiency, performance, power, torque.

Abstrak

Perubahan ukuran lift pada cam lobe dipelajari untuk melihat pengaruhnya terhadap nilai efisiensi volumetris dan performa pada mesin Otto empat langkah satu silinder berkapasitas 150 cc. Pengujian dilakukan dengan membandingkan cam standar sebesar 7,36 mm dengan cam yang memiliki lift lebih tinggi, yaitu 8,24 mm dan 8,53 mm. Pengujian dilakukan dengan software ANSYS untuk mendapatkan efisiensi volumetris, sedangkan performa diukur menggunakan dinamometer. Dari perhitungan dan pengujian, kedua cam modifikasi yang digunakan berhasil meningkatkan efisiensi volumetris dan performa dari mesin. Cam dengan lift 8,53 mm meningkatkan efisiensi volumetris dari 78,51% menjadi 84,1% dan performa dari 15,36 WHP ke 15,76 WHP pada 9000 rpm jika dibandingkan dengan cam standar.

Kata kunci: Cam lobe, efisiensi volumetris, performa, daya, torsi.

1. Pendahuluan

Dalam kendaraan bermesin siklus Otto, jumlah udara dan bensin yang masuk ke dalam ruang bakar adalah hal yang penting. Udara masuk melalui filter udara dan mengalir melalui saluran *intake*, sedangkan bensin akan diinjeksi oleh *fuel injector* pada daerah sebelum katup *intake*. Pada langkah hisap, katup *intake* akan terbuka. Kemudian udara dan bensin akan terhisap masuk ke dalam ruang bakar dengan jumlah dan rasio tertentu.

Pergerakan katup *intake* terjadi karena adanya dorongan oleh *cam lobe* yang berputar pada porosnya, yaitu *camshaft*. Pergerakan katup *intake* terjadi secara sinkron dengan pergerakan piston dari TMA ke TMB karena komponen-komponen ini terhubung secara mekanis.

Kemampuan suatu mesin untuk menghisap udara di sekitarnya disebut sebagai efisiensi volumetris. Pada kendaraan mesin Otto empat langkah, efisiensi volumetris selalu menurun ketika putaran mesin meningkat. Pada putaran mesin yang rendah, gerakan membuka dan menutup dari katup *intake* masih dapat diikuti oleh udara sehingga udara masih dapat masuk ke ruang bakar semaksimal mungkin. Namun, pada putaran mesin tinggi, gerakan dari katup dan piston menjadi terlalu cepat sampai tidak memberikan waktu yang cukup kepada udara untuk mengalir semaksimal mungkin agar dapat masuk ke ruang bakar. Hal ini mengakibatkan jumlah udara yang masuk ke ruang bakar menjadi jauh lebih sedikit daripada jumlah udara yang seharusnya dapat masuk ke ruang bakar, sehingga efisiensi volumetrisnya menurun.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi volumetris pada putaran mesin tinggi adalah dengan mengganti *camshaft* dengan *cam lobe* yang memiliki *lift* lebih besar dari standar. Ukuran *lift* yang lebih besar dapat mendorong katup *intake* lebih jauh dan membuat bukaanannya semakin besar sehingga udara lebih mudah mengalir. Jika udara lebih mudah mengalir, jumlah udara yang dapat masuk ke dalam ruang bakar ketika putaran mesin tinggi akan semakin banyak, sehingga membantu meningkatkan efisiensi volumetrisnya. Peningkatan efisiensi volumetris ini diharapkan dapat meningkatkan daya dan torsi pada putaran mesin tinggi.

The Effect of Expander Input and Output Pressure Ratio on the Performance of Simple Organic Rankine Cycle With Low Quality Geothermal Steam as the Heat Source

Achmad Husein Siregar*, Andianto Pintoro

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Sumatera Utara

Jl. Dr.T.Mansyur No.9 Medan, Indonesia

*E-mail: husein.sir@gmail.com

Abstract

Electricity currently plays essential role to support the lives of modern society and national development in Indonesia. The use of renewable energy resources to produce electricity need to be continually encouraged since the exploitation of fossil energy sources to generate power have been depleting the energy reserves. In addition, the use of fossil energy pollutes for the environment. For these reasons, a lot of studies need to be carried out to find out the best possibilities to generate power using renewable energy sources. In this study an experimental investigation of the performance of a small-scale power generation system using an organic Rankine Cycle (ORC) system with a low-quality geothermal steam as the heat source is carried out. The experimental system was designed, built and tested using R134a as a working fluid. This small-scale power generation unit uses key components such as a vane type pump, to increase the pressure of the working fluid, the evaporator, to absorb heat from the heat source, the expander (turbine), to expand the heat vapour to generate work on shaft, and the condenser, to change the fluid phase into saturated liquid. Some parameters such as heating steam temperature and mass flow rate of the working fluid will be varied during the experiment to obtain the best system performance. From the test results it is obtained that the highest thermal efficiency of the system is 5.34% and the net output power is 1523.42 Watt. The experimental results show that using low-quality geothermal steam in the power generation system using this ORC system is feasible to use with acceptable performance.

Keywords: renewable energy, geothermal, organic Rankine cycle

Abstrak

Listrik saat ini memiliki peran yang sangat penting dan strategis untuk mendukung kehidupan masyarakat modern dan pembangunan nasional di Indonesia. Penggunaan sumber energi terbarukan untuk menghasilkan listrik harus terus didorong, mengingat cadangan sumber energi fosil yang telah digunakan sejauh ini semakin menipis, selain itu juga tidak ramah terhadap lingkungan. Oleh sebab itu banyak penelitian perlu dilakukan untuk menguasai teknologi penggunaan sumber energi terbarukan ini sehingga dapat dikonversi menjadi energi listrik. Dalam studi ini analisis eksperimental dilakukan terhadap kinerja sistem pembangkit listrik skala kecil menggunakan sistem Siklus Rankine Organik sederhana dengan sumber panas geothermal berkualitas rendah. Sistem eksperimental dirancang, dibangun dan diuji menggunakan R134a sebagai fluida kerja. Unit pembangkit listrik skala kecil ini menggunakan komponen kunci seperti vane pump, untuk meningkatkan tekanan fluida kerja, evaporator, untuk menyerap panas dari sumber panas, expander (turbin), untuk mengubah panas menjadi energi kinetik yang kemudian diubah menjadi kerja poros, dan kondensor, untuk mengubah kerja fase fluida kembali menjadi cairan jenuh. Beberapa parameter seperti temperatur uap panas dan laju aliran massa fluida kerja akan bervariasi selama percobaan untuk mendapatkan kinerja sistem terbaik. Dari hasil pengujian diperoleh efisiensi termal tertinggi dari sistem adalah 5,34% dan daya keluaran bersih adalah 1.523,42 watt. Hasil percobaan menunjukkan bahwa penggunaan uap panas bumi berkualitas rendah dalam sistem pembangkit listrik menggunakan sistem Siklus Rankine Organik ini layak untuk digunakan dengan kinerja yang dapat diterima.

Kata kunci: energy terbarukan, geothermal, siklus organik Rankine

1. Introduction

The consumption of fossil fuels for power generation creates many environmental problems such as global warming, ozone depletion and atmospheric pollution. However, fossil fuels still play a dominant role as energy resources to generate electricity as the energy demands keep raising. Therefore there is an urgent necessity to produce power from natural or waste low-grade heat sources such as solar thermal, biomass, geothermal and industrial waste heat.

Penentuan Sudut Kemiringan Kritis Struktur Dinding Silo Berkapasitas Penyimpanan 4650 Ton

by Sukamta Sukamta

Submission date: 06-Sep-2022 10:35AM (UTC+0700)

Submission ID: 1893422477

File name: Penentuan_Sudut_Kemiringan_Kritis_Struktur_Dinding_Silo.pdf (848.64K)

Word count: 2431

Character count: 14305

Penentuan Sudut Kemiringan Kritis Struktur Dinding Silo Berkapasitas Penyimpanan 4650 Ton

Susilo Adi Widyanto^{a*}, Sukamta^b, Agus Suprihanto^a, Ojo Kurdi^a

^aDepartemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

^b Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof Sudarto SH, Tembalang, Semarang, Indonesia

*Email : susiloadiw@gmail.com

Abstract

The silo wall is designed to loaded radial pressure caused by the gravitation force of the granular material inside the silo. However, due to certain conditions, the orientation of silo construction can be un-perpendicular toward the horizontal surface. In this condition, the silo wall experiences a mixed load, these are the radial pressure and gravitation pressure. This paper discusses the determination of the critical slope angle of the silo wall construction which correlated to the stress distribution of the wall. The investigation was carried out with FEM simulation by varying the slope angle. The observed silo is used to stored wheat granular with the capacity of 4650 tones, diameter of 19 m and height of 20,875 m. The FEM simulation results show that on slope angle of 5°, the occurrence of maximum stress is 24.4 kg/mm² (the yield stress is 25 kg/mm²). The maximum stress occurs in the joint area between the wall and the stiffener. considering the maximum stress, the slope angle of 5° is the critical angle for the silo construction.

Key words : silo, critical slope angle, silo wall, stiffener

Abstrak

Konstruksi dinding silo dirancang untuk menerima beban desak dalam arah radial. Namun akibat kondisi tertentu, orientasi konstruksi silo dapat mengalami ketidak-tegak-lurusan terhadap bidang horisontalnya. Pada kondisi seperti ini, dinding silo mengalami beban gabungan yang berupa beban desak dalam arah radial dan beban gravitasi. Paper ini membahas penentuan sudut kemiringan kritis konstruksi dinding silo yang dikaitkan dengan distribusi tegangan yang terjadi. Investigasi dilakukan dengan simulasi FEM untuk konstruksi silo dengan kapasitas penyimpanan sebesar 4650 ton, diameter 19 m dengan ketinggian 20,875 m. Hasil simulasi FEM menunjukkan bahwa pada sudut kemiringan 5°, tegangan maksimum yang terjadi sebesar 24,4 kg/mm², dimana besar tegangan tersebut hampir mendekati tegangan yield material yaitu 25 kg/mm². Tegangan maksimum terjadi pada daerah sambungan antara dinding dan stifner.

Kata kunci: Silo, kemiringan kritis, konstruksi dinding, stifner

1. Pendahuluan

Silo merupakan struktur yang digunakan untuk menyimpan bulk material dalam bentuk biji-bijian, semen, serbuk, tepung, produk farmasi dll, yang mengalami berbagai jenis pembebanan modulama waktu operasinya [1]. Desain struktur silo dengan material logam diutamakan untuk menahan kegagalan *buckling shell* dalam operasinya dan kekuatannya ditentukan oleh bentuk dan amplitudo dari penyimpangan geometrinya [2]. Sedangkan Teng dkk melakukan analisis ketidaksempurnaan geometri silo yang berdinding plat baja lasan. Penelitian mereka dilakukan dengan karakterisasi ketidak-sempurnaan geometri yang digunakan sebagai dasar untuk melakukan analisis *buckling shell* pada kondisi yang sesungguhnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola ketidak-sempurnaan geometri silo berkaitan dengan jumlah panel tiap *shell*-nya. Disamping itu ditunjukkan pula bahwa proses fabrikasi struktur merupakan parameter dominan terhadap ketidak-sempurnaan geometri yang terjadi [3].

Dalam bidang pengukuran dimensional silo, Ding dkk mengembangkan suatu metode untuk pengukuran profil permukaan silo. Data profil dan hasil observasi digabungkan dalam bentuk model *least-squares adjustment* [4].

Modulanjutnya ketidaksempurnaan dinding silo dianalisis dengan deret Fourier ganda untuk menentukan model ketidak-sempurnaan geometrinya.

Dalam pengoperasiannya dinding silo dibebani gaya desak dalam arah radial dari material tersimpan. Goodey (2006) menyatakan bahwa distribusi tekanan dalam arah horisontal memenuhi fungsi hiperbolic. Sedangkan dalam arah vertikalnya, besar koefisien tekanan bervariasi terhadap kedalaman dan tergantung pada kekakuan relatif dari jenis serbuk dan dinding silo [5]. Sedangkan tegangan geser yang terjadi pada interface antara dinding dan material granular merupakan penyebab terjadinya arching [6].

Prediksi tekanan dinding didasarkan pada keseimbangan gaya pada irisan horisontal yang diakibatkan oleh material yang disimpan [7] dan asumsi harga konstanta untuk rasio tekanan lateralnya (K_m - rasio tekanan rata-rata pada dinding yang menyebabkan tegangan vertikal dalam granular solid di berbagai level) [8-10]. Oleh karena kombinasi beban yang bekerja, dinding silo akan mengalami pola pengelembungan yang dipengaruhi oleh kekakuan konstruksinya.

Secara ideal, pengelembungan dinding silo berpola simetris terhadap sumbu silo. Namun karena aspek ketidakseragaman kekakuan dinding dan strukturnya, pola pengelembungan dinding yang tidak simetris bisa saja terjadi. Pada kondisi tersebut sebagian dinding akan mengalami beban gabungan yang berupa beban desak dan beban gravitasi akibat massa bulk material di dalam silo yang berada di atas kemiringan dinding silo. Pada kondisi yang lain, kemiringan konstruksi silo bisa terjadi akibat bergesernya sumbu simetri, sehingga moduluruh dindingnya mengalami pola kemiringan yang sama. Hal tersebut bisa terjadi akibat kesalahan instalasi atau akibat terjadinya penurunan struktur pondasi yang bersifat tidak seragam. Paper ini membahas penentuan kondisi kemiringan kritis silo yang berpotensi menyebabkan gagalnya struktur dinding silo. Analisis kekuatan dilakukan dengan simulasi FEM dengan memvariasikan sudut kemiringan dinding dan model dindingnya. Variasi kemiringan dinding secara umum akan menyebabkan bervariasinya gaya gravitasi yang bekerja pada dinding tersebut. Analisis diawali dengan menghitung gaya desak yang dialami oleh struktur silo di lokasi kritisnya. Lokasi kritis ditentukan berdasarkan beban desak maksimum yang terjadi dengan mempertimbangkan kondisi struktur yang dibebani.

2. Metode

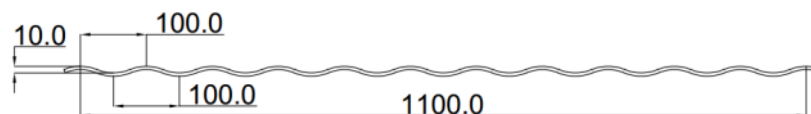
Konstruksi silo digunakan sebagai penyimpan biji gandum sebelum proses produksi tepung dilakukan. Penjelasan mengenai konstruksi silo tersebut diuraikan sebagai berikut:

2.1. Struktur dan model dinding

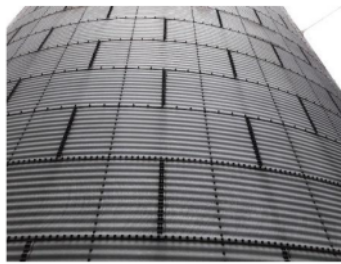
Struktur dinding terbuat dari *galvanized sheet plate* bergelombang (*corrugated*) (Gambar 1) dengan ketebalan 2,5 mm dengan material St-40 (karakteristik mekanis material St-40 diuraikan dalam Tabel 1). Dari hasil pengukuran, panjang dan lebar setiap modul dinding adalah 3000 x 1100 mm. Sambungan antar modul dinding menggunakan baut M12 yang dipasang berjajar secara paralel, sehingga setiap sambungan menggunakan 38 baut dengan luasan overlap 1000 x 95 mm. Formasi baut pengikat antar modul dinding dan stiffner maupun antar modul dinding ditunjukkan dalam Gambar 2.

Tabel 1. Material stiffner dan dinding silo (St-40)

Modulus Elastis	2×10^{11}	N/m ²
Poissons Ratio	0,26	
Modulus Geser	$7,93 \times 10^{10}$	N/m ²
Densitas	7850	Kg/m ³
Kekuatan Tarik	400000000	N/m ²
Kekuatan Yeild	250000000	N/m ²



Gambar 1. Profil dinding yang digunakan dalam Konstruksi silo, tebal dinding adalah 2,5 mm.

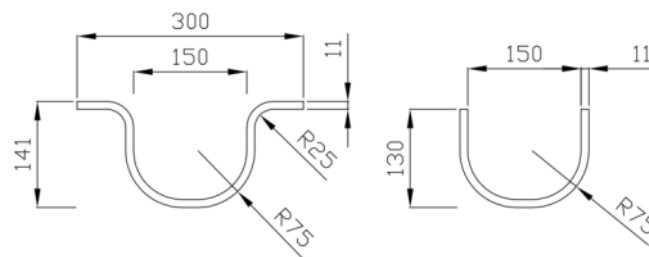


Gambar 2. Formasi sambungan baut sebagai pengikat stifner dengan dinding dan pengikat antar modul dinding.

Simulasi FEM dilakukan untuk 2 model dinding yang meliputi model dengan ketebalan dinding 5 mm (MODEL 1) dan model dengan variasi tebal dinding, yaitu 5 dan 2,5 mm yang disusun secara bertingkat (MODEL 2) untuk mewakili kondisi dinding silo pada ketinggian 5 m dari permukaan pondasinya. Simulasi FEM dilakukan pada 1/8 keliling lingkaran silo.

2.2. Struktur stifner

Struktur stifner berfungsi untuk menahan distribusi gaya desak butiran gandum dalam arah vertical. Struktur stifner menghubungkan modul-modul dinding silo dalam arah vertical. Sambungan antara struktur stifner dan dinding silo menggunakan baut M10 yang disusun berjajar dengan jarak antar baut 100 mm. Struktur stifner diletakkan di dalam dinding silo (berada di dalam silo) sejumlah 40 stifner. Geometri stifner yang digunakan terdiri dari dua jenis, yaitu stifner dengan sirip yang terpasang pada bagian paling bawah hingga ketinggian 3 m dan stifner tanpa sirip yang terpasang di atas stifner bersirip (di atas ketinggian 3 m). Sambungan stifner menggunakan plat penyambung yang diikat dengan sambungan baut. Geometri stifner seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. a. Dimensi struktur stifner bersirip, b. Dimensi struktur stifner tanpa sirip.

3. Hasil Dan Pembahasan

Pada kondisi miring, struktur dinding silo mengalami beban gabungan yang berupa gaya desak dan gaya gravitasi oleh masa partikel sebagai fungsi kemiringan dinding. Perhitungan besar gaya desak dan gaya gravitasi yang bekerja pada dinding silo diuraikan sebagai berikut:

3.1. Tekanan Desak

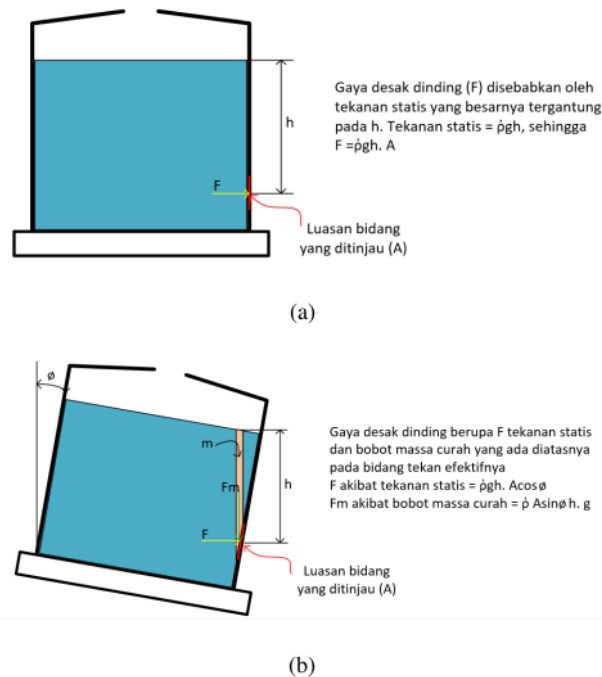
Penentuan besar tekanan desak *bulk material* (biji gandum) pada dinding silo dihitung dengan menggunakan formulasi tekanan statik fluida dengan memberikan faktor koreksi yang besarnya sesuai dengan Persamaan 1 (Gambar 4a).

$$P = 0,9 \cdot \rho_{\text{gandum}} \cdot g \cdot h \quad (1)$$

Dimana: massa jenis gandum adalah 775 kg/m^3 .

3.2. Tekanan Gravitasi

Gaya gravitasi ditentukan berdasarkan besarnya massa biji gandum yang ditahan oleh luasan dinding akibat kemiringan struktur dinding seperti ditunjukkan dalam Gambar 4b.



Gambar 4. a. Gaya yang bekerja pada dinding silo dalam kondisi tegak, b. Gaya yang bekerja pada dinding silo pada kondisi miring.

Perhitungan massa yang ditanggung oleh modul dinding yang ditinjau terhadap fungsi kemiringannya (ϕ) dapat didekati dengan Persamaan 3:

$$\text{Massa} = \rho \times \text{volume} \quad (2)$$

$$\text{volume} = \sin \phi \times 2,9 \times (20,875 \cos \phi) \quad (3)$$

Lebar dinding yang ditinjau adalah 1 m, sedangkan panjang dinding adalah 2,9 m (merupakan dimensi satu modul dinding). Dengan Persamaan 2 dan 3 di atas, massa yang ditanggung oleh modul dinding paling bawah sebagai fungsi kemiringan dinyatakan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Tambahan massa biji gandum pada satu modul dinding sebagai fungsi kemiringan silo

KEMIRINGAN ($^\circ$)	VOLUME (m^3)	MASSA (kg)
0,96	1,02	787
2	2,12	1639
5	5,02	3890
10	10,02	7765
15	14,94	11580

3.3. Sudut Kemiringan 0,96°

Model pembebanan dinding silo diuraikan sebagai berikut:

1. Sisi dinding bagian bawah diterapkan tumpuan jepit yang merepresentasikan sambungan dinding dengan struktur beton pondasi
2. Sisi dinding bagian atas dikenai gaya yang berupa massa konstruksi silo yang dikompensasi dengan massa struktur silo yang dimodelkan. Perhitungan massa yang ditanggung oleh struktur yang dimodelkan adalah:

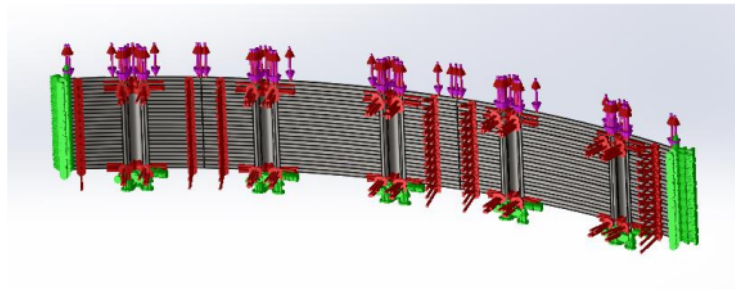
Massa stiffner (40 batang) setinggi 20,875 m + massa dinding + massa tutup silo

3. Pada permukaan dinding sebelah dalam dikenai tekanan desak biji gandum, yang dihitung dengan Persamaan 1 dengan kompensasi nilai kolom karena pengaruh kemiringan
4. Pada dinding sebelah dalam dikenai tekanan gravitasi karena volume mass yang ada di atasnya yang berkerja pada luasan proyeksinya

Pada sudut kemiringan $0,96^\circ$ mengacu pada kondisi beban seperti ditunjukkan dalam Tabel 3, sedangkan model pembebanannya ditunjukkan dalam Gambar 5.

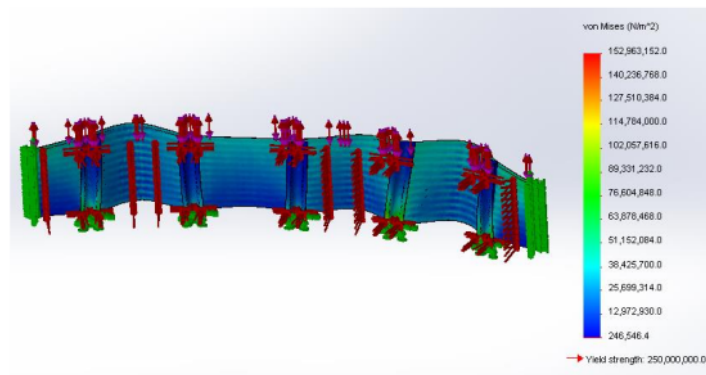
Tabel 3. Gaya yang bekerja pada dinding silo dengan kemiringan $0,96^\circ$

KEMIRINGAN	TEKANAN DESAK AKIBAT KOLOM MASSA	TEKANAN GRAVITASI KARENA MASSA DI ATAS KEMIRINGAN DINDING	BOBOT STRUKTUR DI ATASNYA + MASA DINDING FUNGSI KEMIRINGAN
$0,96^\circ$	35684	1996	87332,3

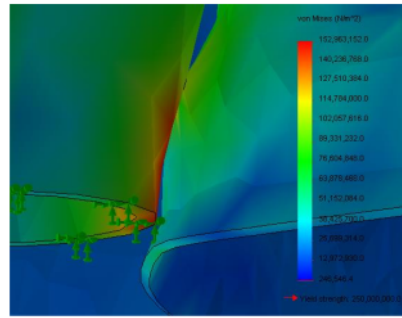


Gambar 5. Model pembebanan pada struktur dinding silo pada kemiringan $0,96^\circ$ dengan simpangan maksimum 350 mm.

Hasil analisis FEM menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi sebesar $17,7 \text{ kg/mm}^2$ yang berlokasi pada sambungan antara stiffener dan dinding seperti ditunjukkan dalam Gambar 6, sedangkan deformasi yang terjadi pada dinding ditunjukkan dalam Gambar 7.

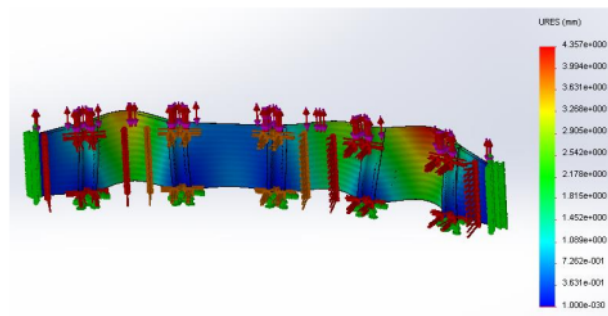


(a)



(b)

Gambar 6. a. Distribusi tegangan yang terjadi pada konstruksi silo pada kemiringan $0,96^\circ$ dengan simpangan maksimum 350 mm., b. Tegangan maksimum terjadi pada sambungan antara struktur stiffner dan dinding.



Gambar 7. Distribusi defleksi yang terjadi pada konstruksi silo pada kemiringan $0,96^\circ$.

Hasil simulasi FEM dengan memvariasikan sudut kemiringan dinding silo ditampilkan dalam Tabel 4, yang menunjukkan bahwa kemiringan silo berdampak pada peningkatan beban baik pada struktur stiffner maupun dinding bagian bawah yang ditransfer ke sistem baut pengikatnya, akibat massa biji gandum pada luasan proyeksi bidang yang ditinjau sebagai fungsi ketinggiannya. Semakin besar sudut kemiringannya, semakin besar peningkatan distribusi tegangan yang bekerja pada daerah sambungan stiffner dan dinding bagian bawah.

Tabel 4. Hasil simulasi FEM pada variasi sudut kemiringan dinding silo

SUDUT KEMIRINGAN (°)	MODEL 1		MODEL 2	
	Tegangan maks dinding (kg/mm ²)	Defleksi maks (mm)	Tegangan maks dinding (kg/mm ²)	Defleksi maks (mm)
0	13,05	3,82	15,2	5,25
0,96	15,3	4,36	18,8	5,73
2,0	17,6	4,51	21,8	5,75
5	19,4	5,58	24,4	8,8
10	30,95	6,39	44,4	16,9
15	78,1	16,25	94,3	30,9

Keterangan : Tegangan maksimum terjadi pada sambungan antara stiffner dan dinding

Tegangan maksimum yang terjadi pada MODEL 2 secara umum lebih besar dibandingkan tegangan maksimum yang terjadi pada MODEL 1. Pada sudut kemiringan 5° , tegangan maksimum yang terjadi sekitar $24,4 \text{ kg/mm}^2$, dimana tegangan maksimum tersebut masih di bawah kekuatan material stiffner, dinding maupun bautnya. Namun perlu diingat, bahwa tegangan maksimum yang bekerja sudah mendekati batas elastis materialnya (batas elastis material dinyatakan dengan yield point yaitu 25 kg/mm^2). Oleh karena itu sudut kemiringan 5° ini merupakan sudut kemiringan

kritis struktur dinding silo. Dalam operasinya bila kondisi kemiringan dinding silo sudah mencapai 5° , maka silo harus segera dihentikan operasinya dan segera dilakukan proses perbaikan untuk mencari penyebab kemiringan dan dilakukannya langkah korektif untuk mengembalikan ketegakan konstruksi silo.

Bila sudut kemiringan dinding silo dinaikkan hingga mencapai 10° , dipastikan dinding silo telah mengalami kegagalan, dimana tegangan maksimum yang terjadi adalah sekitar $44,4 \text{ kg/mm}^2$. Kondisi tersebut sudah melebihi kekuatan material stiffener, dinding maupun baut pengikatnya. Pola kegagalan yang mungkin terjadi akibat silo dalam kondisi miring adalah jebolnya dinding silo pada bagian bawah arah kemiringan. Hal ini ditunjukkan pada lokasi terjadinya tegangan maksimum yaitu pada sambungan antara struktur stiffener dan dinding pada lokasi tersebut di atas.

4. Kesimpulan

Kondisi kemiringan kritis struktur dinding silo telah diinvestigasi. Dari hasil simulasi FEM disimpulkan bahwa sudut kemiringan kritis adalah sebesar 5° dan potensi gagalnya terjadi pada daerah sambungan dinding berketebalan 5 mm dan 2,5 mm (MODEL 2). Pada kondisi tersebut tegangan maksimum pada dinding sebesar $24,4 \text{ kg/mm}^2$ yang terjadi pada sambungan antara stiffener dan dinding. Bila kemiringan dinding silo lebih besar dari 5° , maka beban dominan dinding berupa tekanan gravitasi dari masa yang berada di atas dinding tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] Widinghe S and Sivakugan N, 2012, Vertical Stresses within Granular Materials in Silos, ANZ Conference Proceeding
- [2] Zao Y, Cao Q dan Sun L., 2013, Buckling design of large circular steel silos subject to wind pressure, Thin-Walled Structure 73 (2013) 337-349.
- [3] Teng JG, Lin X, Rotter M, Ding XL, 2004, Analysis of geometric imperfections in full-scale welded steel silos, Engineering Structure 27(2005)938-950
- [4] Ding X, Coleman R and Rotter JM., 1996, Technique for precise Measurement of Large-Scale Silos and Tanks, Journal of Surveying Engineering 22(1996) 14-25
- [5] Goodey RJ, Brown CJ, Rotter JM. Predicted patterns of filling pressures in thin-walled square silos. Engineering Structure 28 (2006) 109-119
- [6] Janssen H, 1948, Earth pressure in silos, 2nd International Conference of ACSMFE, Rotterdam
- [7] Janssen HA. Versuche uber getreidedruck in silozellen. Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure 1895;39(35):1045-9
- [8] Rotter JM. Guide for the economic design of circular metal silos. London: Spon Press; 2001
- [9] ACI 313-91. Standard practice for design and construction of concrete silos and stacking tubes for storing granular materials. Detroit: A.Erica Concrete Institute; 1991.
- [10] DIN 1055. Design loads for buildings: Loads in silo bind, DIN 1055 part 6. Berlin: Deutsches Institut fur Normung; 1987.

Penentuan Sudut Kemiringan Kritis Struktur Dinding Silo Berkapasitas Penyimpanan 4650 Ton

ORIGINALITY REPORT

6%

SIMILARITY INDEX

6%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

ejournal.undip.ac.id

Internet Source

4%

2

shellbuckling.com

Internet Source

1%

3

Submitted to Universitas Merdeka Malang

Student Paper

1%

4

qdoc.tips

Internet Source

1%

5

www.iosh.gov.tw

Internet Source

<1%

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

Penentuan Sudut Kemiringan Kritis Struktur Dinding Silo Berkapasitas Penyimpanan 4650 Ton

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7