



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PERANCANGAN TANGKI PENYIMPANAN DENGAN
SISTEM PEMANAS INTERNAL BERBASIS *ONE-FOOT
METHOD* API 650 DENGAN *FINITE ELEMENT ANALYSIS***

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

Ja'far Maulana Abdurrahim

NIM. 2202411024

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



PERANCANGAN TANGKI PENYIMPANAN DENGAN SISTEM PEMANAS INTERNAL BERBASIS *ONE-FOOT METHOD* API 650 DENGAN *FINITE ELEMENT ANALYSIS*

SKRIPSI

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur,
Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Ja'far Maulana Abdurrahim

NIM. 2202411024

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."

- Q.S. Al-Baqarah: 286 -

Ayat ini selalu menjadi pengingat bagi penulis bahwa setiap ujian adalah bagian dari proses yang Allah titipkan sesuai dengan kemampuan hamba-Nya. Semoga karya sederhana ini menjadi bukti bahwa setiap kesulitan yang dijalani dengan ikhtiar, tawakkal, dan do'a yang dipanjatkan dari mereka yang selalu ada dalam setiap lelah dan harap penulis, akan berbuah pada waktu terbaik menurut-Nya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**Perancangan Tangki Penyimpanan dengan Sistem Pemanas Internal
Berbasis *One-Foot Method* API 650 dengan *Finite Element Analysis***

Oleh:

Ja'far Maulana Abdurrahim

NIM. 2202411024

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Haolia Rahman, Ph.D.

NIP. 198406122012121001

Pembimbing 2

Muhammad Hanhan Nugraha, S.Tr.T., M.Tr.T.

NIP. 199508252024061001

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Kepala Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Radhi Maladzi, S.T., M.T.

NIP. 199307282024061001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

Perancangan Tangki Penyimpanan dengan Sistem Pemanas Internal
Berbasis *One-Foot Method* API 650 dengan *Finite Element Analysis*

Oleh:

Ja'far Maulana Abdurrahim

NIM. 2202411024

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang skripsi sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 14 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Haolia Rahman, Ph.D. NIP. 198406122012121001	Ketua		14 Juli 2026
2.	Dr., Dianta Mustofa Kamal, S.T., M.T. NIP. 197312282008121001	Anggota		
3.	Andy Permana Rusdja, S.S.T., M.T. NIP. 199302222024061001	Anggota		

Depok, 14 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Fuad Zamuri, S.T., M.Si.

NIP.197602252000121002



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ja'far Maulana Abdurrahim

NIM. : 2202411024

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 14 Juli 2026



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Ja'far Maulana Abdurrahim
NIM. 2202411024



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Perancangan Tangki Penyimpanan dengan Sistem Pemanas Internal Berbasis *One-Foot Method* API 650 dengan *Finite Element Analysis*

Ja'far Maulana Abdurrahim¹⁾, Haolia Rahman¹⁾, Muhamad Hanhan Nugraha¹⁾

¹⁾ Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI, Depok, 16424
Email: jafar.maulana.abdurrahim.tm22@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRAK

Kristalisasi larutan soda kaustik akibat penurunan temperatur selama penyimpanan dapat mengganggu kelancaran proses produksi di PT. XYZ. Diperlukan tangki penyimpanan yang memiliki kekuatan struktur memadai sekaligus mampu mempertahankan temperatur material melalui sistem pemanas internal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang tangki penyimpanan berbasis *One-Foot Method* API 650 serta sistem pemanas internal berupa pipa pemanas *coil*, kemudian memvalidasi kekuatan struktur serta menganalisis distribusi temperatur menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA). Sistem pemanas dirancang melalui perhitungan kebutuhan panas, laju perpindahan panas konveksi alami, dan estimasi waktu pemanasan, serta simulasi termal untuk mengamati distribusi temperatur di dalam tangki. Hasil penelitian menunjukkan ketebalan shell berturut-turut sebesar 6, 6, 5, 5, dan 4 mm. Tegangan von Mises maksimum hasil FEA sebesar 21,92 MPa, mendekati hasil teoritis 23,73 MPa, dengan FOS minimum 8,6, sehingga struktur memenuhi kriteria keamanan. Sistem pemanas menghasilkan estimasi waktu pemanasan sekitar 8,5 jam serta menunjukkan distribusi temperatur yang menyebar ke sebagian besar volume fluida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rancangan tangki memenuhi persyaratan kekuatan struktur dan mendukung pencegahan kristalisasi soda kaustik selama penyimpanan.

Kata kunci: Tangki Penyimpanan, API 650, *One-foot Method*, *Coil Pemanas*,
Finite Element Analysis,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Design of a Storage Tank with an Internal Heating System Using the API 650 One-foot Method and Finite Element Analysis

Ja'far Maulana Abdurrahim¹⁾, Haolia Rahman¹⁾, Muhamad Hanhan Nugraha¹⁾

¹⁾ Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI, Depok, 16424
Email: jafar.maulana.abdurrahim.tm22@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRACT

Crystallization of caustic soda solution due to temperature reduction during storage can disrupt the production process at PT. XYZ. Therefore, a storage tank with adequate structural strength and the ability to maintain the material temperature through an internal heating system is required. This study aims to design a storage tank based on the API 650 One-Foot Method integrated with an internal steam heating coil, and to validate its structural integrity using Finite Element Analysis (FEA). The heating system was designed based on heat duty calculations, natural convection heat transfer analysis, and heating time estimation, while thermal simulation was conducted to evaluate the temperature distribution inside the tank. The results indicate shell thicknesses of 6, 6, 5, 5, and 4 mm from the bottom to the top course. The maximum von Mises stress obtained from FEA was 21.92 MPa, which closely agreed with the theoretical value of 23.73 MPa, with a minimum Factor of Safety (FOS) of 8.6, indicating that the structure satisfies the required safety criteria. The heating system achieved an estimated heating time of approximately 8.5 hours and demonstrated a temperature distribution covering most of the fluid volume. Overall, the proposed storage tank design satisfies structural strength requirements and supports the prevention of caustic soda crystallization during storage.

Keywords: Storage Tank, API 650, One-foot Method, Finite Element Analysis, Heating Coil



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT. atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Perancangan Tangki Penyimpanan dengan Sistem Pemanas Internal Berbasis *One-Foot Method* API 650 dengan *Finite Element Analysis*”**. Skripsi ini disusun sebagai bentuk pertanggungjawaban dari syarat dalam menyelesaikan studi Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta. Penulis mendapatkan banyak kesempatan dan pengalaman untuk mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama kuliah di dunia profesional. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr., Fuad Zainuri, S.T., M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Radhi Maladzi, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Haolia Rahman, Ph.D. dan Bapak Muhamad Hanhan Nugraha, S.Tr.T., M.Tr.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
4. Rekan-rekan seperjuangan, mahasiswa Manufaktur Angkatan ke-10 yang telah bersama-sama melewati berbagai suka dan duka dan menjadi bagian penting dalam perjalanan penulis selama kurang lebih empat tahun masa perkuliahan.
5. Bapak Febriyandi, S.T. selaku *Head of Mechanical Section* PT. XYZ yang telah memberikan kepercayaan kepada penulis untuk menjadi peserta kegiatan praktik kerja lapangan di PT. XYZ.
6. Bapak Burhanudin, S.Tr.T. selaku *Senior Staff of Mechanical Section* PT. XYZ sekaligus mentor yang telah memberikan arahan selama pelaksanaan kegiatan praktik kerja lapangan, serta mendukung proses pengambilan data perusahaan dan penulisan skripsi.
7. Rekan-rekan *staff* dan *intern Dept. Engineering Project & Utility* PT. XYZ.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

8. Umi, yang senantiasa menjadi sumber kekuatan bagi penulis dalam setiap tahap perjalanan hidup, yang tidak pernah berhenti memberikan dorongan agar penulis mampu menghadapi berbagai tantangan dengan penuh keyakinan, serta selalu menanamkan nilai kesabaran dan kasih sayang melalui do'a yang tak pernah putus di setiap langkah penulis.
9. Abi, yang selalu berusaha memberikan yang terbaik demi kelancaran jalan hidup untuk anak nakal dan keras kepalanya ini, yang mengajarkan arti tanggung jawab dan kerja keras, menjadi teladan dalam menghadapi setiap kesulitan dengan keteguhan dan ketulusan, serta tidak pernah berkeluh kesah dalam mencurahkan tenaga dan pikirannya demi keluarga.
10. Socky, Sije, Void, Abang, dan Shofwan yang telah menemani dan menghibur penulis dalam keadaan apapun dengan tingkah absurdnya.
11. Terakhir, terima kasih kepada diri sendiri, Ja'far Maulana Abdurrahim, yang telah memilih untuk tetap berjalan meskipun langkah terasa berat, yang tidak berhenti berusaha di tengah rasa malas dan ragu, serta yang terus belajar berdamai dengan setiap proses yang dilalui. Setiap jatuh dan bangkit menjadi saksi atas keteguhan hati, dan setiap usaha yang tercurah menjadi bukti bahwa perjalanan ini bukan hanya tentang hasil, tetapi tentang tumbuh menjadi pribadi yang lebih dewasa.

Sebelumnya penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan kata – kata yang kurang berkenan. Penulis memohon kritik dan saran yang membangun sebagai masukan dan perbaikan untuk ke depannya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis, civitas akademika Politeknik Negeri Jakarta, maupun perusahaan.

Depok, 14 Juli 2026

Ja'far Maulana Abdurrahim



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	iv
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian	2
1.3. Pertanyaan Penelitian	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan Skripsi	5
1.7. Batasan Masalah	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Landasan Teori	7
2.1.1. Industri Manufaktur <i>Fast Moving Consumer Goods</i> (FMCG)	7
2.1.2. Larutan Soda Kaustik	8
2.1.2.1. Karakteristik serta Sifat Fisika dan Termal Larutan Soda Kaustik	9
2.1.2.2. Kristalisasi pada Larutan Soda Kaustik	10
2.1.3. Tangki Penyimpanan	11



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.1.4.	Standar <i>American Petroleum Institute</i> (API)	15
2.1.5.	Tangki Baja Silinder Menurut API 650.....	17
2.1.5.1.	Komponen Tangki.....	18
2.1.5.2.	Perancangan Ketebalan <i>Shell</i> Tangki.....	19
2.1.6.	Tekanan Hidrostatik pada Tangki Silindris Vertikal.....	21
2.1.7.	Tegangan pada Dinding Tangki Silinder.....	22
2.1.7.1.	Tegangan <i>Cirfumferential</i> (<i>Hoop Stress</i>).....	22
2.1.7.2.	Tegangan Longitudinal (<i>Longitudinal Stress</i>).....	23
2.1.7.3.	Tegangan Radial (<i>Radial Stress</i>).....	23
2.1.7.4.	Tegangan von Mises.....	24
2.1.8.	<i>Factor of Safety</i> (FOS)	25
2.1.9.	Material <i>Stainless Steel</i> 304 (SS304).....	26
2.1.10.	<i>Finite Element Analysis</i> (FEA)	26
2.1.11.	Sistem Pemanas Pipa	28
2.1.12.	Kebutuhan Energi Pemanas	29
2.1.13.	Perpindahan Panas Konveksi Alami	30
2.1.13.1.	Bilangan Prandtl.....	31
2.1.13.2.	Bilangan Grashof	32
2.1.13.3.	Bilangan Rayleigh.....	32
2.1.13.4.	Bilangan Nusselt	33
2.1.13.5.	Laju Perpindahan Panas Konveksi Alami	33
2.1.14.	Waktu Pemanasan	34
2.2.	Kajian Literatur	35
2.3.	Kerangka Berfikir.....	39
	BAB III METODE PENELITIAN.....	40
3.1.	Jenis Penelitian.....	40
3.2.	Objek dan Lokasi Penelitian	40



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.3.	Metode Pengambilan Sampel.....	41
3.4.	Jenis dan Sumber Data Penelitian	42
3.5.	Metode Pengumpulan Data	46
3.6.	Metode Analisis Data	46
	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	50
4.1.	Hasil Penelitian	50
4.1.1.	Perhitungan Ketebalan Shell Tangki	50
4.1.2.	Perhitungan Tekanan Hidrostatik dan Tegangan von Mises	55
4.1.3.	Perhitungan <i>Factor of Safety</i> (FOS).....	56
4.2.	<i>Finite Element Analysis</i> Struktur	57
4.2.1.	Tegangan von Mises pada Simulasi	57
4.2.2.	<i>Factor of Safety</i> (FOS) pada Simulasi	58
4.3.	Perancangan Sistem Pemanas	59
4.3.1.	Perhitungan Kebutuhan Panas.....	60
4.3.2.	Perhitungan Perpindahan Panas Konveksi Alami di Atas Permukaan Pipa Pemanas.....	61
4.3.3.	Perhitungan Lilitan dan <i>Pitch Coil</i>	65
4.3.4.	Waktu Pemanasan	66
4.4.	<i>Finite Element Analysis</i> Termal	66
	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1.	Kesimpulan	69
5.2.	Saran.....	72
	DAFTAR PUSTAKA	74
	LAMPIRAN	79



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Termal Larutan Soda Kaustik 50%	10
Tabel 2.2 Nominal Ketebalan Shell Berdasarkan Diameter.....	20
Tabel 2.3. Sifat Mekanik SS 304.....	26
Tabel 2.4. Kajian Literatur	35
Tabel 3.1 Variabel Penelitian.....	42
Tabel 4.1. Spesifikasi Tangki	51
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Ketebalan Shell Tangki.....	54
Tabel 4.3 Parameter Simulasi FEA Struktur	57
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Perhitungan Teoritis dengan Validasi FEA	59
Tabel 4.5 Parameter Perhitungan Kebutuhan Panas	60
Tabel 4.6 Parameter Perhitungan Perpindahan Panas Konveksi Alami di Atas Permukaan	62
Tabel 4.7 Parameter Simulasi FEA Termal	67

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Aboveground Tank [22].....	12
Gambar 2.2 Underground Tank [23]	13
Gambar 2.3 Floating Roof Tank [24]	14
Gambar 2.4. Fixed Roof Tank [25]	15
Gambar 2.5 Diagram Distribusi Tekanan Hidrostatik.....	21
Gambar 2.6 Diagram Tegangan pada Dinding Tangki Silinder [30]	22
Gambar 2.7. Diagram Alur Kerja Finite Element Analysis (FEA)	27
Gambar 2.8. Diagram Kerangka Berfikir.....	39
Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian.....	47
Gambar 4.1 Persyaratan Ketebalan Minimum berdasarkan Diameter Tangki	53
Gambar 4.2 Hasil Analisis Tegangan von Mises.....	58
Gambar 4.3 Hasil Analisis Factor of Safety (FOS).....	59
Gambar 4.4 Distribusi Temperatur Analisis Termal.....	67

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Kerja	79
Lampiran 2. Dokumentasi Terkini Pembuatan Tangki.....	84



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Perkembangan industri manufaktur, khususnya industri *Fast Moving Consumer Goods* (FMCG), menuntut sistem produksi yang andal, aman, dan mampu menjaga stabilitas proses secara berkelanjutan. Salah satu aspek penting dalam sistem produksi tersebut adalah fasilitas penyimpanan bahan antara yang berfungsi sebagai penyangga (*buffer*) sebelum bahan masuk ke tahapan proses berikutnya. Ketidaksesuaian desain fasilitas penyimpanan terhadap karakteristik material yang disimpan dapat menimbulkan gangguan operasional, penurunan efisiensi, bahkan risiko keselamatan.

Dalam proses pembuatan sabun batangan, bahan baku berupa soda kaustik yang berupa larutan digunakan sebagai salah satu bahan utama proses saponifikasi. Bahan ini memiliki karakteristik fisik yang sensitif terhadap perubahan suhu apabila tidak ada pemindahan material (*material transfer*) yang terjadi. Apabila suhu penyimpanan tidak terjaga, larutan tersebut berpotensi mengalami pembentukan fase padat, yang dapat menghambat aliran material. Oleh karena itu, diperlukan suatu perancangan tangki penyimpanan yang tidak hanya memenuhi aspek kekuatan struktural, tetapi juga mampu menjaga kondisi termal material agar tetap sesuai dengan kebutuhan proses.

PT. XYZ adalah salah satu industri FMCG yang memproduksi sabun batangan menggunakan campuran larutan soda kaustik sebagai bahan utama proses saponifikasi. Pada kondisi suhu rendah atau ketika tangki tidak dilengkapi sistem pemanas, soda kaustik dapat mengalami kristalisasi, terutama pada konsentrasi sedang hingga tinggi [1]. Kristalisasi ini menyebabkan endapan kristal pada dinding maupun dasar tangki seiring dengan meningkatnya viskositas [2].

Dalam perancangan tangki, PT. XYZ menggunakan acuan API 650 – *Welded Tanks for Oil Storage*, sebuah standar internasional untuk perancangan tangki silindris vertikal yang secara luas digunakan pada



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

industri penyimpanan fluida [3]. API 650 mengatur perhitungan ketebalan pelat dinding berbasis *One-foot Method*, tekanan hidrostatik, dan persyaratan minimum kekuatan struktur [3].

Untuk memastikan keamanan desain, dilakukan validasi menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA). FEA telah digunakan secara luas dalam analisis struktur tangki, termasuk validasi beban hidrostatik [4]. Pada penelitian ini, FEA difokuskan hanya pada beban hidrostatik terhadap *shell* tangki guna membandingkan hasil simulasi dengan perhitungan teoritis API 650.

Selain aspek struktural, penelitian ini mencakup perancangan sistem pemanas internal. Pipa pemanas berbasis uap telah digunakan secara umum dalam industri sebagai solusi untuk mencegah kristalisasi atau peningkatan viskositas fluida di dalam tangki. *Coil* tersebut dirancang berdasarkan prinsip perpindahan panas, termasuk perhitungan kebutuhan panas, laju perpindahan panas konveksi alami di luar permukaan, serta perhitungan waktu pemanasan.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan merancang sistem tangki yang aman secara struktural, sesuai standar API 650, serta efektif dalam mencegah kristalisasi material melalui penerapan koil pemanas internal.

1.2. Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan penelitian perlu dirumuskan secara sistematis agar penelitian memiliki arah yang jelas dan terfokus. Rumusan masalah berfungsi untuk mengidentifikasi aspek-aspek teknis yang belum terpenuhi atau belum terjawab dalam kondisi eksisting, sehingga dapat dijadikan dasar dalam menentukan metode dan pendekatan penelitian yang tepat.

Permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan dengan mempertimbangkan keterbatasan desain tangki penyimpanan yang ada, kebutuhan penerapan standar perancangan yang diakui secara internasional, serta perlunya verifikasi keamanan struktur secara analitis dan numerik. Dengan demikian, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Diperlukan desain tangki yang memenuhi persyaratan kekuatan struktur sesuai standar ketebalan *shell* pada API 650 agar aman terhadap beban hidrostatik selama operasi.
2. Diperlukan validasi apakah hasil perancangan *shell* tangki memenuhi kriteria kekuatan struktur berdasarkan analisis *Finite Element Analysis* (FEA) melalui parameter tegangan von Mises, displacement, dan *factor of safety*.
3. Diperlukan rancangan sistem pemanas internal yang mampu mempertahankan temperatur larutan soda kaustik di atas temperatur operasi sehingga potensi kristalisasi selama penyimpanan dapat diminimalkan.
4. Diperlukan validasi bagaimana distribusi temperatur yang dihasilkan oleh sistem pemanas internal berdasarkan simulasi thermal sebagai dasar evaluasi efektivitas rancangan sistem pemanas.

1.3. Pertanyaan Penelitian

Untuk memperjelas arah penelitian dan memudahkan pencapaian tujuan yang telah ditetapkan, rumusan masalah kemudian diturunkan ke dalam bentuk pertanyaan penelitian. Pertanyaan penelitian disusun untuk menggambarkan isu-isu teknis yang akan dijawab melalui tahapan perhitungan, analisis, dan evaluasi dalam penelitian ini.

Pertanyaan penelitian ini menjadi penghubung antara permasalahan yang diidentifikasi dengan metode penelitian yang akan digunakan, sehingga setiap tahapan analisis yang dilakukan memiliki kontribusi langsung terhadap penyelesaian permasalahan utama penelitian. Pertanyaan penelitian yang ingin dijawab melalui penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil perancangan ketebalan *shell* tangki penyimpanan berdasarkan standar API 650 menggunakan *One-foot Method*?
2. Apakah hasil perancangan *shell* tangki memenuhi kriteria kekuatan struktur terhadap beban hidrostatik berdasarkan analisis *Finite Element Analysis* (FEA) melalui parameter tegangan von Mises, displacement, dan *factor of safety*?



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Bagaimana hasil perancangan sistem pemanas internal berupa pipa pemanas pada tangki penyimpanan larutan soda kaustik?
4. Bagaimana distribusi temperatur yang dihasilkan oleh sistem pemanas internal berdasarkan simulasi thermal untuk mendukung pencegahan kristalisasi larutan soda kaustik?

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dirumuskan sebagai arah pencapaian hasil yang ingin diperoleh dari pelaksanaan penelitian ini. Penetapan tujuan penelitian sangat penting untuk memastikan bahwa seluruh proses perancangan, perhitungan, dan analisis yang dilakukan tetap selaras dengan permasalahan yang telah dirumuskan. Dengan demikian, tujuan penelitian ini dapat dibedakan menjadi tujuan umum dan tujuan khusus sebagai berikut bertujuan untuk:

Tujuan Umum

1. Merancang tangki penyimpanan bahan baku sabun sesuai standar ketebalan *shell* API 650 serta dilengkapi sistem pemanas internal untuk mendukung kebutuhan operasional PT. XYZ.

Tujuan Khusus

1. Menentukan ketebalan *shell* tangki berdasarkan *One-foot Method* sesuai standar API 650.
2. Mengevaluasi kekuatan struktural tangki terhadap tekanan hidrostatik dengan menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA).
3. Merancang sistem pemanas internal tangki untuk menjaga temperatur fluida dalam tangki.
4. Menganalisis distribusi temperatur yang dihasilkan oleh sistem pemanas internal menggunakan simulasi termal.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

Manfaat Teoretis

1. Memberikan kontribusi dalam penerapan standar API 650 untuk desain tangki



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Memberikan contoh dalam penerapan desain pemanas internal berupa *coil* pada tangki penyimpanan fluida yang sensitif terhadap temperatur.
3. Menambahkan referensi akademik terkait penggunaan FEA sebagai metode validasi tegangan tangki terhadap beban hidrostatik.

Manfaat Praktis

1. Membantu PT. XYZ memperoleh rancangan tangki yang aman, stabil, dan sesuai kebutuhan operasional.
2. Memberikan acuan perancangan desain tangki dan pemanas yang dapat diterapkan pada industri serupa.

1.6. Sistematika Penulisan Skripsi

Untuk memudahkan pemahaman terhadap isi skripsi secara keseluruhan, penulisan skripsi ini disusun secara sistematis ke dalam beberapa bab yang saling berkaitan, Skripsi ini disusun dalam lima bab utama sebagai berikut:

1. **Bab 1 Pendahuluan:** berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.
2. **Bab 2 Tinjauan Pustaka:** memuat landasan teori terkait Tangki Baja Silinder Menurut API 650, Tekanan Hidrostatik pada Tangki Silindris Vertikal, Tegangan *Circumferential (Hoop Stress)*, Material *Stainless Steel 304*, dan Sistem Pemanas Internal (*Steam Coil Heater*), serta Kajian Literatur
3. **Bab 3 Metode Penelitian:** menjelaskan jenis penelitian, objek penelitian, metode pengumpulan data, dan teknik analisis.
4. **Bab 4 Hasil dan Pembahasan:** memuat hasil desain, perhitungan API 650, Tekanan Hidrostatik pada Tangki Silindris Vertikal, dan rancangan *coil*.
5. **Bab 5 Kesimpulan dan Saran:** memuat ringkasan hasil penelitian serta saran bagi perusahaan dan penelitian selanjutnya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.7. Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan untuk memperjelas ruang lingkup penelitian sehingga pembahasan dapat dilakukan secara lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Oleh karena itu, beberapa aspek yang berada di luar fokus penelitian tidak dibahas secara mendalam agar penelitian tetap terfokus pada perancangan tangki dan sistem pemanas yang direncanakan. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perancangan tangki penyimpanan dilakukan berdasarkan standar API 650 menggunakan *One-Foot Method* untuk menentukan ketebalan *shell* tangki.
2. Material utama yang dianalisis pada komponen tangki meliputi SS304 untuk *bottom*, *shell*, *roof*, dan pipa pemanas, serta material pendukung yang digunakan pada beberapa komponen struktural tangki.
3. Analisis struktur tangki dilakukan menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) dengan mempertimbangkan beban hidrostatik fluida yang bekerja pada tangki.
4. Perancangan sistem pemanas internal difokuskan pada penentuan kebutuhan panas, desain pipa pemanas, luas dan laju perpindahan panas, serta estimasi waktu pemanasan bahan baku sabun untuk mencegah terjadinya kristalisasi.
5. Penelitian tidak membahas detail sambungan las (*weldment*), termasuk desain jenis las, ukuran las, efisiensi sambungan las, tegangan pada sambungan las, serta prosedur pengelasan tangki.
6. Penelitian tidak membahas analisis beban lingkungan berupa beban gempa (*seismic load*) dan beban angin (*wind load*) terhadap stabilitas maupun integritas struktur tangki.
7. Analisis yang dilakukan hanya difokuskan pada kondisi operasi normal tangki dan tidak mencakup analisi kegagalan akibat bencana alam, tumbukan eksternal, kebakaran, maupun kondisi operasi ekstrem lainnya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil perhitungan ketebalan *shell* perancangan tangki penyimpanan menggunakan *One-Foot Method* API 650, ketebalan *shell* berturut-turut sebesar 6 mm, 6 mm, 5 mm, 5 mm, dan 4 mm untuk *course* pertama hingga *course* kelima. Distribusi ketebalan tersebut sesuai dengan karakteristik tekanan hidrostatik yang meningkat seiring bertambahnya kedalaman fluida, sehingga *course* terbawah memerlukan ketebalan yang lebih besar dibandingkan *course* di atasnya. Hasil validasi melalui perhitungan teoritis menunjukkan tegangan von Mises maksimum sebesar 23,73 MPa pada *course* terbawah. Nilai tersebut masih jauh di bawah *yield strength* material SS304 sebesar 205 MPa sehingga desain tangki memenuhi kriteria kekuatan yang dipersyaratkan. Evaluasi keamanan struktur menunjukkan nilai *Factor of Safety* (FOS) minimum sebesar 8,6, yang mengindikasikan bahwa *shell* tangki dengan material SS304 mampu menahan beban hidrostatik selama kondisi operasi. Selain memenuhi hasil perhitungan kekuatan, ketebalan yang digunakan juga telah sesuai dengan persyaratan manufaktur dan ketentuan minimum yang ditetapkan dalam API 650.
2. Hasil analisis struktur menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA) menunjukkan bahwa distribusi tegangan von Mises mengikuti pola distribusi tekanan hidrostatik, dengan tegangan maksimum terkonsentrasi pada area *shell* bagian bawah yang menerima tekanan fluida terbesar. Simulasi menghasilkan tegangan von Mises maksimum sebesar 21,92 MPa, yang memiliki perbedaan relatif kecil dibandingkan hasil perhitungan teoritis sebesar 23,73 MPa. Tegangan maksimum yang diperoleh masih berada jauh di bawah *yield strength* material SS304 sebesar 205 MPa, sehingga tidak terdapat indikasi terjadinya deformasi



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

plastis pada struktur tangki. Selain itu, hasil simulasi menunjukkan nilai *Factor of Safety* minimum sebesar 9,43, yang menegaskan bahwa struktur tangki memiliki tingkat keamanan yang memadai untuk digunakan pada kondisi operasi yang direncanakan.

3. Berdasarkan volume fluida sebesar 50 m^3 , densitas sebesar 1530 kg/m^3 , dan kalor jenis sebesar 3360 J/kg.K , diperoleh kebutuhan energi pemanasan sebesar $8,482 \times 10^9 \text{ J}$ atau 8482 MJ . Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, dirancang *heating coil* dengan panjang berkisar 36 m dan diameter pipa 1" yang ditempatkan di dalam tangki dalam bentuk lilitan heliks. Analisis perpindahan panas konveksi alami menghasilkan bilangan Prandtl sebesar 101, bilangan Grashof sebesar 303.987 atau $3,03 \times 10^5$, bilangan Rayleigh sebesar 30.702.687 atau $3,07 \times 10^7$, dan bilangan Nusselt sebesar 53,9. Nilai tersebut menghasilkan koefisien perpindahan panas konveksi sebesar $686,34 \text{ W/m}^2.\text{K}$ dengan luas permukaan perpindahan panas *coil* sebesar $3,61 \text{ m}^2$. Berdasarkan parameter tersebut, *heating coil* mampu menghasilkan laju perpindahan panas sebesar 280.058 W atau 280 kW . Untuk mengakomodasi panjang *coil* di dalam tangki, digunakan konfigurasi heliks dengan jumlah lilitan sebanyak 8 lilitan dan jarak antar lilitan (*pitch*) sebesar 0,625 m. Hasil validasi menunjukkan bahwa sistem pemanas memerlukan waktu pemanasan teoritis berkisar 30287 detik atau 8,5 jam untuk mencapai temperatur operasi yang diinginkan. Dengan demikian, *heating coil* yang dirancang memiliki kapasitas perpindahan panas yang memadai untuk mempertahankan temperatur penyimpanan dan mendukung pencegahan kristalisasi bahan baku selama proses penyimpanan.
4. Berdasarkan hasil simulasi thermal menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA), konfigurasi *internal heating coil* yang dirancang menghasilkan distribusi temperatur yang menyebar dari sumber panas menuju volume fluida di sekitarnya. Kontur temperatur menunjukkan bahwa panas tidak hanya terlokalisasi pada area *coil*, tetapi juga dapat menjangkau bagian fluida yang lebih jauh melalui mekanisme perpindahan panas yang dimodelkan. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa rancangan *heating coil* memiliki kemampuan untuk



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

mendistribusikan energi panas ke dalam tangki sehingga mendukung upaya pencegahan kristalisasi soda kaustik selama penyimpanan.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menghasilkan desain tangki penyimpanan dengan sistem pemanas internal yang memenuhi aspek kekuatan struktur dan kebutuhan termal untuk penyimpanan bahan baku sabun. *One-Foot Method* API 650 menghasilkan desain *shell* yang mampu menahan tekanan hidrostatik dengan tingkat keamanan yang tinggi, yang kemudian divalidasi melalui analisis *Finite Element Analysis* (FEA) sehingga menunjukkan kesesuaian antara hasil teoritis dan simulasi numerik.

Dari sisi termal, sistem *heating coil* yang dirancang mampu menyediakan energi panas yang diperlukan untuk mempertahankan temperatur fluida pada rentang operasi yang diinginkan. Hasil simulasi distribusi temperatur menunjukkan bahwa panas dari *heating coil* dapat ditransfer ke seluruh volume fluida sehingga temperatur penyimpanan dapat dipertahankan di atas batas yang berpotensi menyebabkan kristalisasi.

Dengan demikian, integrasi antara perancangan mekanik tangki, sistem pemanas internal, dan validasi menggunakan FEA menunjukkan bahwa desain yang diusulkan layak diterapkan sebagai solusi penyimpanan bahan baku sabun untuk meningkatkan keandalan operasi, menjaga kualitas bahan baku, serta meminimalkan risiko gangguan proses akibat penurunan temperatur dan kristalisasi selama penyimpanan.



5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat melakukan analisis termal transien (*transient thermal analysis*) sehingga perubahan temperatur fluida terhadap waktu dapat dievaluasi secara lebih rinci dan mendekati kondisi operasi aktual.
2. Analisis distribusi temperatur dapat dikembangkan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk mempertimbangkan pengaruh konveksi alami dan pola aliran fluida di dalam tangki yang belum dimodelkan pada penelitian ini.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengevaluasi variasi konfigurasi *heating coil*, seperti jumlah lilitan, diameter, tinggi, dan jarak antar lilitan *coil*, untuk memperoleh distribusi temperatur yang lebih merata di dalam tangki.
4. Diperlukan data internal perusahaan yang lebih lengkap dan spesifik terhadap material yang digunakan industri seperti laju aliran fluida yang masuk ke dalam tangki akan ditransfer keluar dari tangki, sehingga hasil analisis termal menggunakan metode CFD dapat memperoleh tingkat akurasi yang lebih tinggi.
5. Pengujian eksperimental pada skala laboratorium maupun skala industri disarankan untuk memvalidasi hasil perhitungan dan simulasi yang diperoleh dalam penelitian ini.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Don Green, "Perry's Chemical Engineers Handbook Physical and Chemical Data Conversion Factors and Mathematical Symbols Contents," 1999.
- [2] Olin Chlor Alkali, "Sodium Hydroxide Solution 30-54%," Jan. 2025. Accessed: Jan. 25, 2026. [Online]. Available: <https://olinchloralkali.com/wp-content/uploads/sites/5/2025/08/10000001221-Sodium-Hydroxide-30-54-CA-EN.pdf>
- [3] American Petroleum Institute, "API 650 – Welded Tanks for Oil Storage," 2019.
- [4] D. García-G, J. Barco-Burgos, J. Chaparro, U. Eicker, J. Cárdenas D.R, and A. Saldaña-Robles, "Analyzing joint efficiency in storage tanks: A comparative study of API 650 standard and API 579 using finite element analysis for enhanced reliability," *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, vol. 207, p. 105113, Feb. 2024, doi: 10.1016/J.IJPVP.2023.105113.
- [5] K. Kuzmina, S. Prendeville, D. Walker, and F. Charnley, "Future scenarios for fast-moving consumer goods in a circular economy," *Futures*, vol. 107, pp. 74–88, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.futures.2018.12.001.
- [6] M. S. Shakur, M. Lubaba, B. Debnath, A. B. M. M. Bari, and M. A. Rahman, "Exploring the Challenges of Industry 4.0 Adoption in the FMCG Sector: Implications for Resilient Supply Chain in Emerging Economy," *Logistics*, vol. 8, no. 1, 2024, doi: 10.3390/logistics8010027.
- [7] P. Helo, K. Phusavat, and P. Anussornnitisarn, "Fast moving consumer goods – a productivity perspective on supply chains," *Int. J. Product. Qual. Manag.*, vol. 5, no. 3, p. 269, 2010.
- [8] A. Hussaini, U. A. Uduma, G. A. Jacob, S. Suleiman, and M. B. Uduma, "Formulation and Characterization of Black Medicated Soap using Waste Agricultural Products with Blended Oils," *Journal of*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Science Research and Reviews*, vol. 2, no. 2, pp. 53–62, doi: 10.70882/josrar.2025.v2i2.66.
- [9] T. Eggeman, “Sodium Hydroxide,” in *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 2011, pp. 1–16. doi: <https://doi.org/10.1002/0471238961.1915040905070705.a01.pub2>.
- [10] B. N. Alum, “Saponification process and soap chemistry,” *Inosr Applied Sciences*, vol. 12, no. 2, pp. 51–56, 2024.
- [11] E. Erbaningsih, L. N. Muna, and M. A. Hidayah, “The Effect of NaOH Concentration and Fatty Acid Type on the Physical Properties of Solid Soap in Saponification Reaction Material,” *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, vol. 9, no. 1, pp. 259–275, 2025.
- [12] A. Ferracane, A. Tropea, and F. Salafia, “Production and Maturation of Soaps with Non-Edible Fermented Olive Oil and Comparison with Classic Olive Oil Soaps,” *Fermentation*, vol. 7, no. 4, 2021, doi: 10.3390/fermentation7040245.
- [13] Asahimas Chemical, “SODIUM HYDROXIDE LIQUID 31% ~ 50% SECTION 1 CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION,” Nov. 2012.
- [14] H. M. Tawancy, “Microstructural Analysis of Corroded Carbon Steel Used in Process Equipment Handling Caustic Soda,” *Metallography, Microstructure, and Analysis*, vol. 5, no. 5, pp. 421–427, 2016, doi: 10.1007/s13632-016-0300-2.
- [15] N. Sytnik *et al.*, “Technology development of fatty acids obtaining from soapstok using saponification,” *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2021, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:243835929>
- [16] R. A. Vazquez-Rojas, F. J. Garfias-Vásquez, and E. R. Bazua-Rueda, “Simulation of a triple effect evaporator of a solution of caustic soda, sodium chloride, and sodium sulfate using Aspen Plus,” *Comput. Chem. Eng.*, vol. 112, pp. 265–273, Apr. 2018, doi: 10.1016/J.COMPCHENG.2018.02.005.
- [17] S. A. Karrab, “A Case Study on Caustic Corrosion in Refinery Piping,” *The International Journal of Engineering & Information*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Technology (IJEIT)*, vol. 3, no. 1, Jun. 2024, doi: 10.36602/ijeit.v3i1.449.
- [18] N. Adiazola and A. Cortínez, “Systematic heat loss in open calorimetric systems: a modelling-based approach to teaching enthalpy,” *Phys. Educ.*, vol. 61, no. 4, p. 045002, 2026, doi: 10.1088/1361-6552/ae716d.
- [19] S. Bepalko, O. Halychyi, M. Roha, S. Poliakov, G. Kaleinikov, and T. Naumenko, “Experimental Study of the Thermal Effect of the Dissolution Reaction for Some Alkalis and Salts with Natural Mixing and Forced Stirring,” *E3S Web Conf.*, vol. 118, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911801026>
- [20] M. Dudita, X. Daguénet-Frick, and P. Gantenbein, “Closed Sorption Seasonal Thermal Energy Storage with Aqueous Sodium Hydroxide,” in *Nearly Zero Energy Communities*, I. Visa and A. Duta, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 239–246.
- [21] P. Mahardhika and A. Ratnasari, “Perancangan Tangki Stainless Steel untuk Penyimpanan Minyak Kelapa Murni Kapasitas 75 M3,” *Jurnal Teknologi Rekayasa*, vol. 3, no. 1, pp. 39–46, 2018, doi: 10.31544/jtera.v3.i1.2018.39-46.
- [22] F. Whitford, *Aboveground Petroleum Tanks: A Pictorial Guide*. Purdue University Cooperative Extension Service, 2010.
- [23] US EPA, “Technical guide for addressing petroleum vapor intrusion at leaking underground storage tank sites,” 2015, *Office of Underground Storage Tanks Washington DC*.
- [24] M. J. Kaiser and E. W. McAllister, “Tanks,” *Pipeline Rules of Thumb Handbook*, pp. 819–938, 2023, doi: 10.1016/B978-0-12-822788-6.00016-5.
- [25] M. Stewart, “Above ground storage tanks,” *Surface Production Operations*, pp. 677–776, 2021, doi: 10.1016/B978-0-12-803722-5.00013-6.
- [26] H. Hermawan and W. Wulandari, “Review dan Analisis Degister Tank dengan fluida POME Berdasarkan API 650 Menggunakan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Variable Design Point Method,” *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 15, no. 1, pp. 18–23, Apr. 2020, doi: 10.36289/jtmi.v15i1.138.
- [27] E. Azzuni and S. Guzey, “Comparison of the shell design methods for cylindrical liquid storage tanks,” *Eng. Struct.*, vol. 101, pp. 621–630, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2015.07.050>.
- [28] Ö. Zeybek, “Design of cylindrical steel liquid tanks with stepped walls using One-foot method,” *Chall. J. Struct. Mech.*, vol. 7, no. 4, p. 162, Dec. 2021.
- [29] A. A. Kharisma, A. Givari, and I. Septyan, “DESAIN DAN ANALISIS KEKUATAN TANGKI FIRE WATER STORAGE TANK TIPE FIX CONE ROOF KAPASITAS 1500 KL DENGAN PERHITUNGAN AKTUAL DAN SIMULASI SOFTWARE,” *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol. 26, pp. 69–78, Apr. 2021, doi: 10.35760/tr.2021.v26i1.3692.
- [30] G. M. Hosein, S. Ashkan, and T. Behzad, “Hoop Stress-Strain in Fiber-Reinforced Cementitious Composite Thin-Walled Cylindrical Shells,” *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 30, no. 10, p. 04018258, Oct. 2018, doi: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002428.
- [31] American Society of Mechanical Engineers, “ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section II Part D,” 2019.
- [32] S. Fajardo, D. M. Bastidas, M. Criado, M. Romero, and J. M. Bastidas, “Corrosion behaviour of a new low-nickel stainless steel in saturated calcium hydroxide solution,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 25, no. 11, pp. 4190–4196, Nov. 2011, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2011.04.056.
- [33] D. L. Logan, K. K. Chaudhry, and P. Singh, *A first course in the finite element method*, vol. 3. Cengage Learning USA, 2012.
- [34] Ariel Irsyad Trinandhityo Herlambang, Haolia Rahman, and Azam Milah Muhamad, “ANALISIS PENGARUH PERBEDAAN TEKATAN INTERNAL DAN EKSTERNAL TERHADAP KEKUATAN MATERIAL SA-516 GRADE 70 DENGAN METODE FEA (Studi Kasus : Pressure Vessel D-401),” *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*, vol. 14, no. 1, pp. 1054–1058, Dec.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 2024, [Online]. Available: <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/sntm/article/view/3552>
- [35] M. H. Nugraha, M. Muslimin, A. I. Rabbika, A. P. Rusdja, R. A. Syifa, and D. S. Anwar, "Weight Reduction of Rear Wheel Bracket in FSAE Electric Vehicles Using Topology Optimization," *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 19, no. 1, pp. 42–50, Jun. 2025, doi: 10.24853/sintek.19.1.42-50.
- [36] U. E. Inyang, "Heat transfer in helical coil heat exchanger," *Advances in Chemical Engineering and Science*, 2022.
- [37] H. Zou, P. Pei, C. Wang, and D. Hao, "A numerical study on heat transfer performances of horizontal ground heat exchangers in ground-source heat pumps," *PLoS One*, vol. 16, p., 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0250583.
- [38] R. A. Flayyih, K. J. Alwan, and H. A. Aljaberi, "Comparative heat transfer analysis of helical coil and straight tube heat exchangers," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 76, p. 107386, Dec. 2025, doi: 10.1016/J.CSITE.2025.107386.
- [39] I. Lyudmila, Q. Gulzoda, S. Nigora, V. Umida, and G. Zumrad, "Computational Study of Helical Coil Heat Exchangers for Water Systems," in *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, 2025, p. 03025.
- [40] M. Corcione, G. Di Bono, and A. Quintino, "A Phenomenological Interpretation of Laminar Natural Convection Correlations," *Applied Sciences*, p., 2026, doi: 10.3390/app16042094.
- [41] V. Chandrakar, A. Bhattad, P. Samal, J. Senapati, and A. Kashyap, "A study on different methods to change the Rayleigh number in the analysis of heat transfer," *Sci. Rep.*, vol. 15, p., 2025, doi: 10.1038/s41598-025-11120-9.
- [42] F. Velasco, R. M. Haddouche, F. Illán-Gómez, and J. García-Cascales, "Experimental characterization of the coupling and heating performance of a CO₂ water-to-water heat pump and a water storage tank for domestic hot water production system," *Energy Build.*, p., 2022, doi: 10.1016/j.enbuild.2022.112085.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [43] O. O. Agboola, B. O. Akinnuli, B. Kareem, and M. A. Akintunde, "Optimum detailed design of 13,000 m³ oil storage tanks using 0.8 height-diameter ratio," *Mater. Today Proc.*, vol. 44, pp. 2837–2842, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.MATPR.2020.12.1165.
- [44] Y. Zhao and Y. Lin, "Buckling of cylindrical open-topped steel tanks under wind load," *Thin-Walled Structures*, vol. 79, pp. 83–94, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tws.2014.02.010>.
- [45] N. Agho, S. Mailabari, I. Omorodion, G. Ariavie, and G. Sadjere, "Design Construction and Testing of a Petroleum Product Storage Tank 10 Million Litre Capacity," *European Journal of Engineering Research and Science*, vol. 2, p. 48, Mar. 2017, doi: 10.24018/ejers.2017.2.3.308.
- [46] M. H. Dheyaldin, M. Özakça, and A. S. Dheyab, "EFFECT OF STIFFENERS ON STRUCTURAL BEHAVIOR OF STEEL LIQUIDS TANK," *The International Journal of Energy and Engineering Sciences*, vol. 2, no. 3, p. 0, 2017, [Online]. Available: <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijeers/article/612292>
- [47] C. Simanjuntak, T. Soegiarto, and H. Suharyadi, "Perancangan Internal Floating Roof Storage Tank P-7 di Proyek Pengembangan Kilang PT X – PT Y," *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi MigasZoom*, vol. 3, Nov. 2021, doi: 10.37525/mz/2021-2/297.
- [48] A. Rachman, R. Kasiono, M. Nurdin, and S. Suparman, "PEMILIHAN MATERIAL TANGKI UNTUK BAHAN BAKAR MARINE FUEL OIL(MFO)," *JURNAL KAJIAN TEKNIK MESIN*, vol. 9, pp. 1–6, Apr. 2025, doi: 10.52447/jktm.v9i2.8243.
- [49] D. Sugiyono, "Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R&D," 2013.



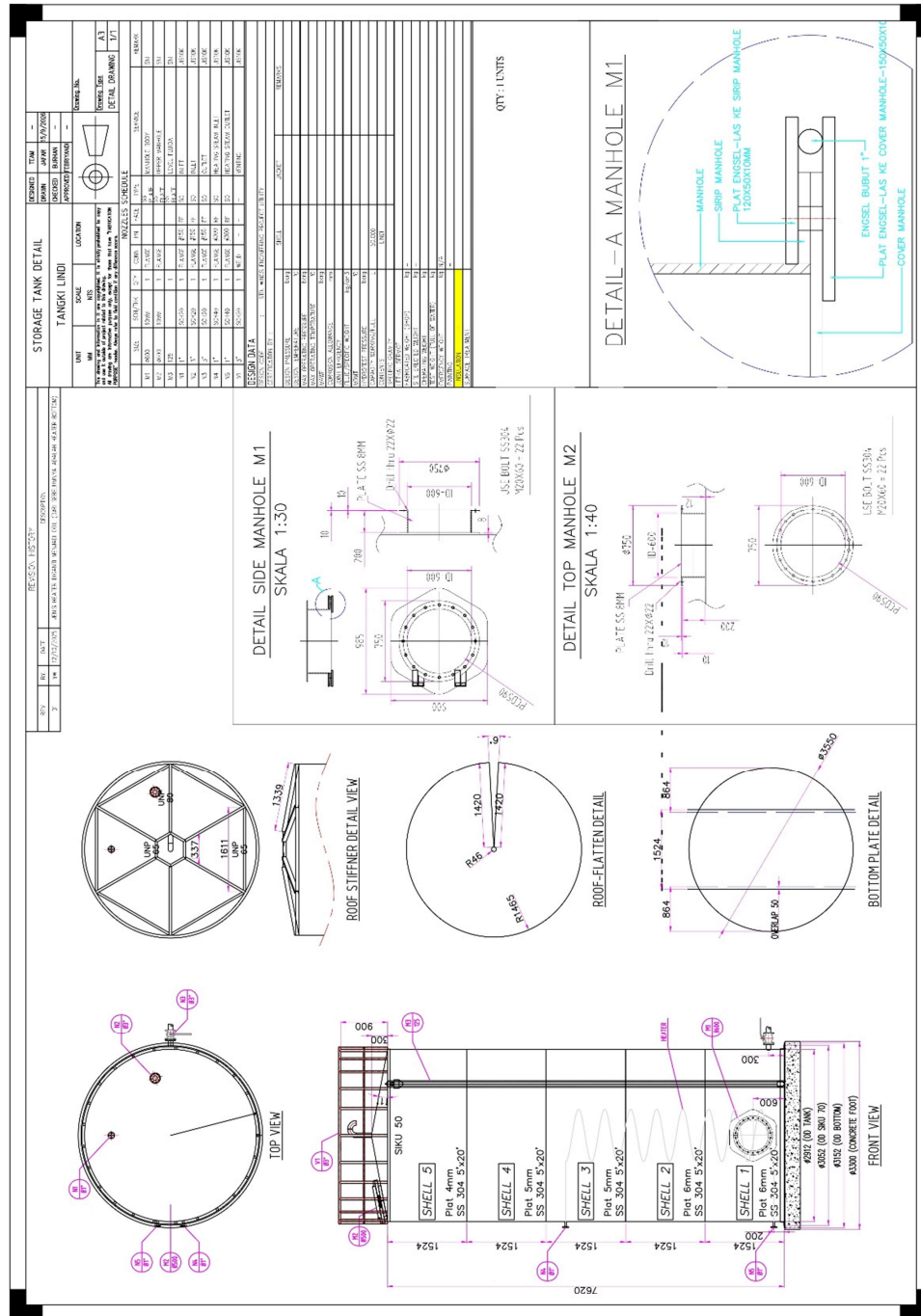
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

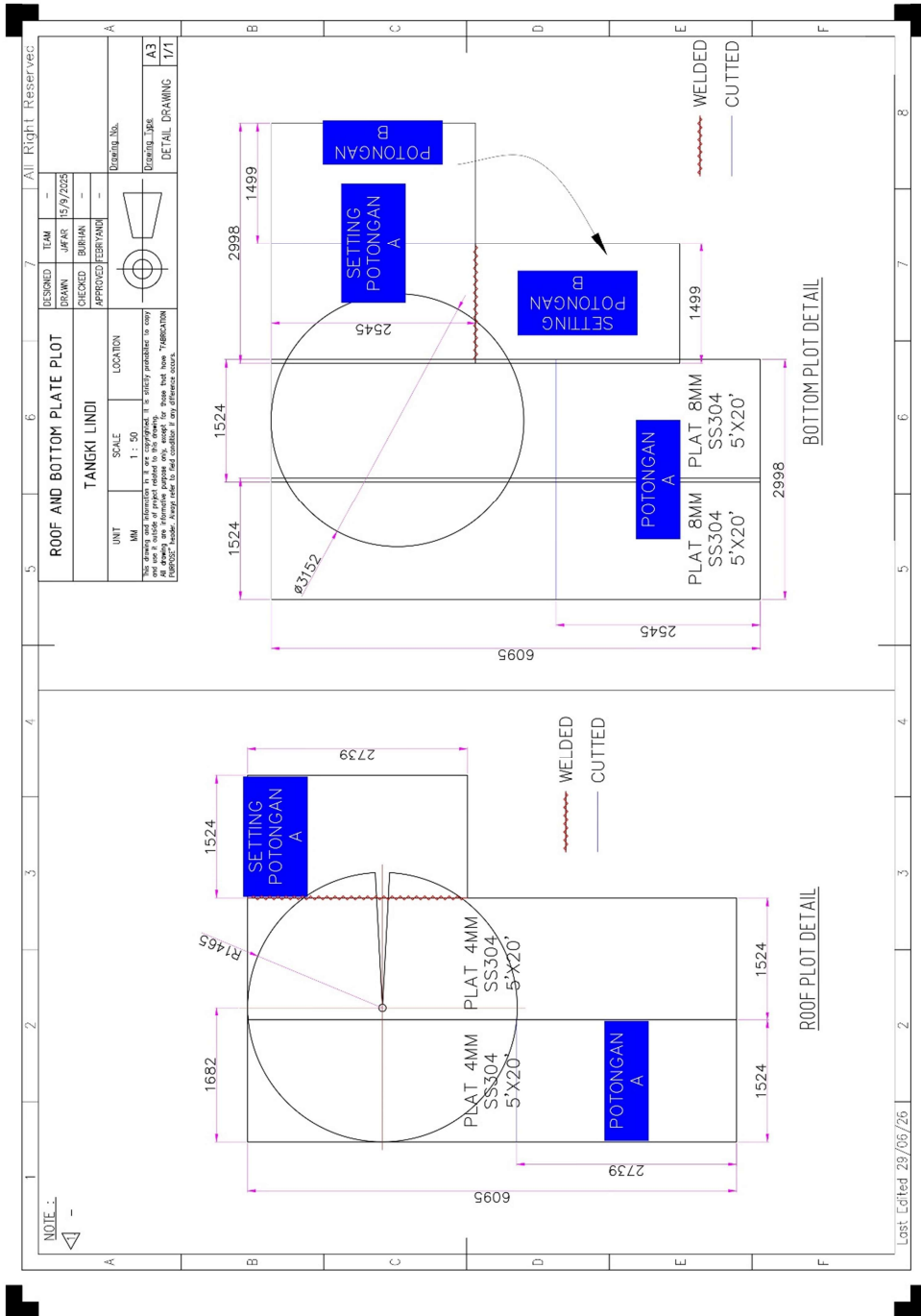
Lampiran 1. Gambar Kerja





1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

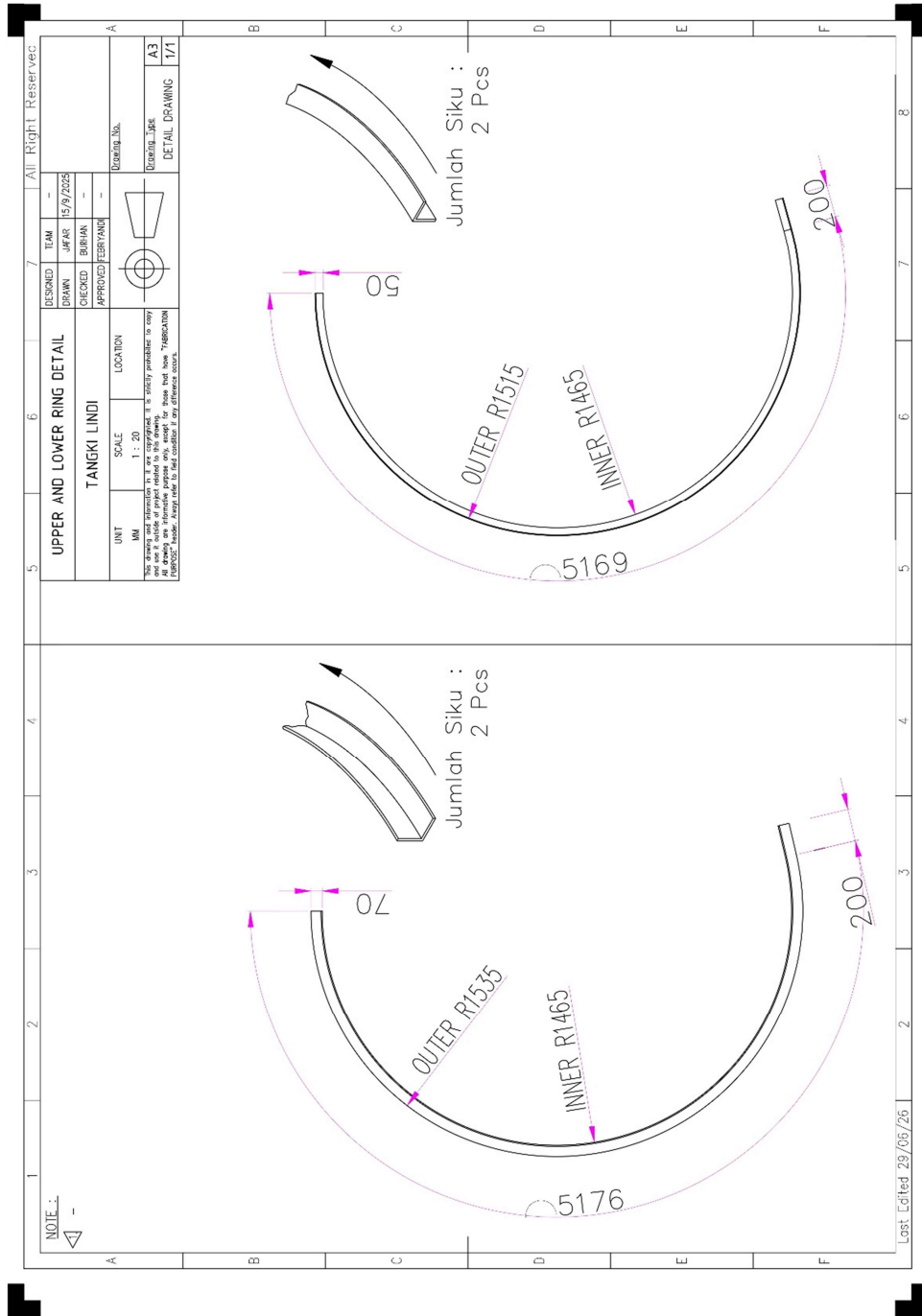




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

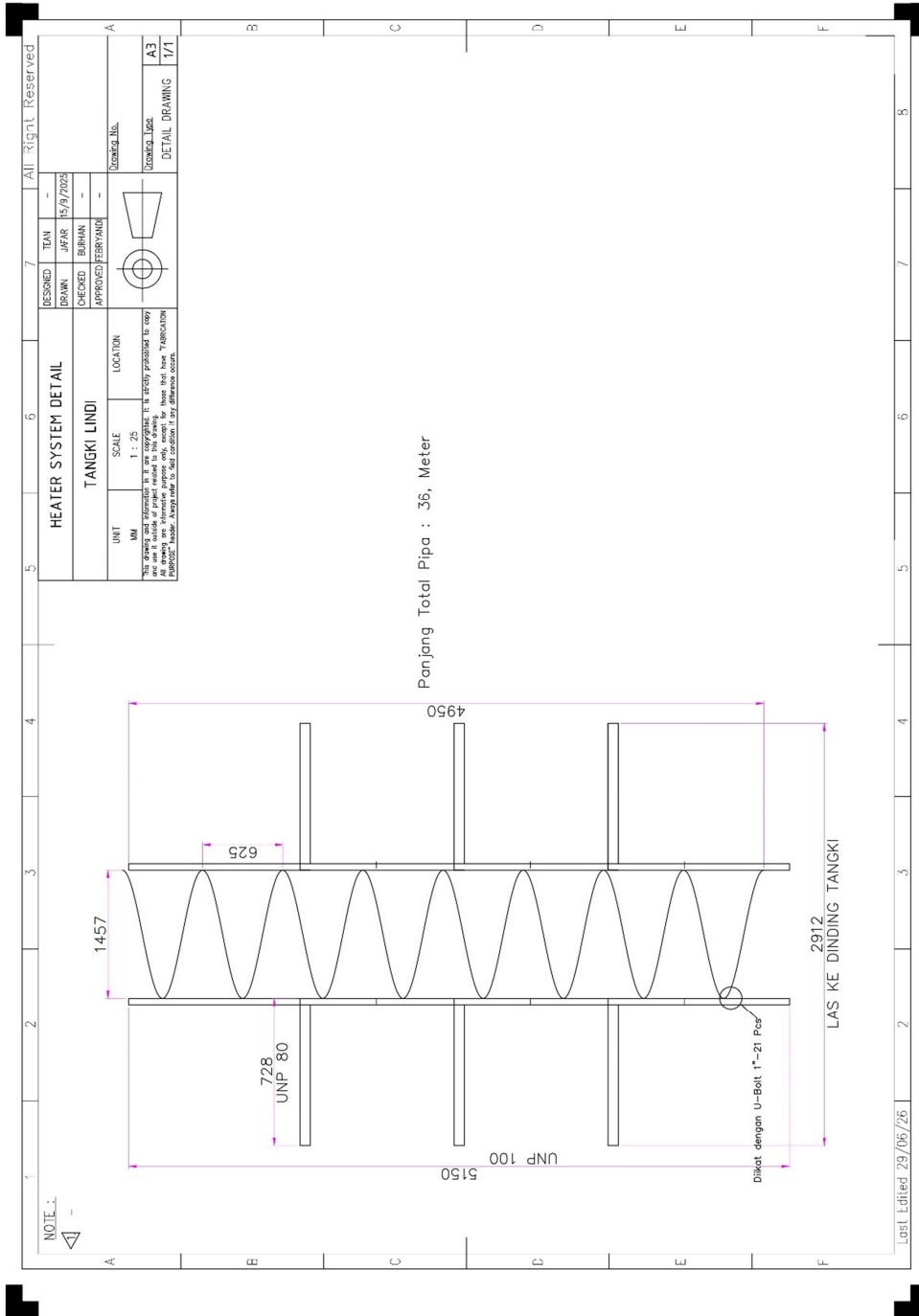




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang memunculkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

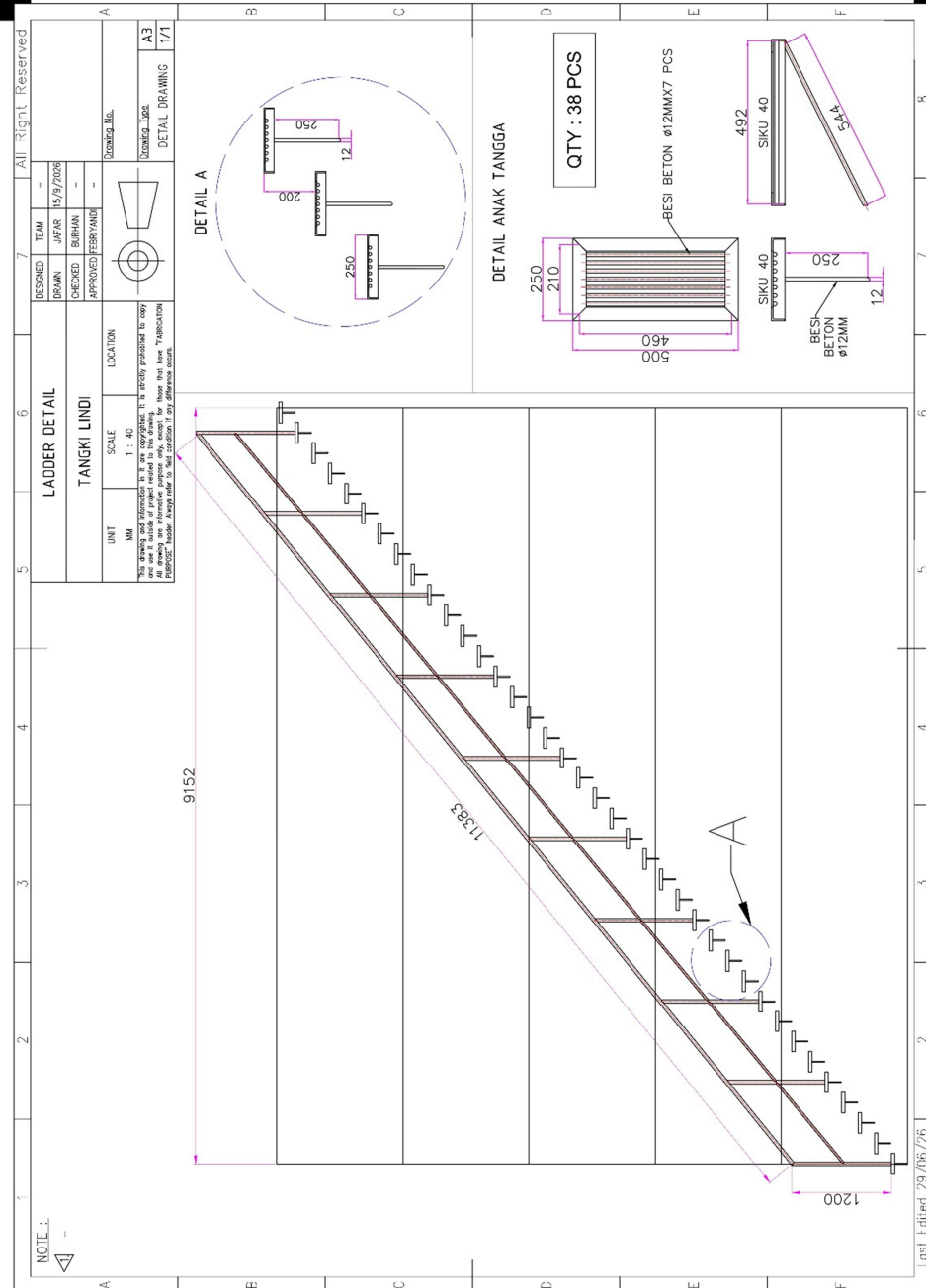




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 2. Dokumentasi Terkini Pembuatan Tangki



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

