



© 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



Badak LNG
LNG ACADEMY

PNJ – PT. BADAQ LNG

**RANCANG BANGUN *MERCURY REMOVAL VESSEL*
BERBASIS KARBON AKTIF UNTUK PENGOLAHAN
AIR *DRAIN* PADA TANGKI KONDENSAT PT X
SEBAGAI UPAYA PENGELOLAAN LIMBAH B3**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh:
Yugi Armadhan
NIM. 2302319007

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN

PROGRAM *LNG ACADEMY*

KERJASAMA PNJ – PT BADAQ LNG

**JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
KONSENTRASI *MECHANICAL ROTATING*
BONTANG, 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



Badak LNG
LNG ACADEMY

PNJ – PT. BADAK LNG

**RANCANG BANGUN *MERCURY REMOVAL VESSEL*
BERBASIS KARBON AKTIF UNTUK PENGOLAHAN
AIR *DRAIN* PADA TANGKI KONDENSAT PT X
SEBAGAI UPAYA PENGELOLAAN LIMBAH B3**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan
Diploma III Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Yugi Armadhan
NIM. 2302319007

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN

PROGRAM *LNG ACADEMY*

KERJASAMA PNJ – PT BADAK LNG

**JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
KONSENTRASI *MECHANICAL ROTATING*
BONTANG, 2026**



“Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk keluarga, bangsa, dan almamater tercinta”

© 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





© Hal

HALAMAN PERSETUJUAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN *MERCURY REMOVAL VESSEL* BERBASIS
KARBON AKTIF UNTUK PENGOLAHAN AIR *DRAIN* PADA TANGKI
KONDENSAT PT X SEBAGAI UPAYA PENGELOLAAN LIMBAH B3**

Oleh:
Yugi Armadhan
NIM. 2302319007
Program Studi D3 Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Cecep Slamet Abadi, M.T
NIP. 196605191990031002

Pembimbing 2

I Wayan Yuda Semaradipta
NIP. 133237

Ketua Program Studi D3 Teknik Mesin
Politeknik Negeri Jakarta

Nabila Yudisha, S.T., M.T.
NIP. 199311302023212045



© Hal

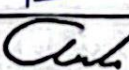
**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN *MERCURY REMOVAL VESSEL* BERBASIS
KARBON AKTIF UNTUK PENGOLAHAN AIR *DRAIN* PADA TANGKI
KONDENSAT PT X SEBAGAI UPAYA PENGELOLAAN LIMBAH B3**

Oleh:
Yugi Armadhan
NIM. 2302319007
Program Studi D3 Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 6 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi D3 Teknik Mesin Jurusan
Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Cecep Slamet Abadi, M.T NIP. 196605191990031002	Ketua Penguji		7 Juli 2026
2.	Radhi Maladzi, S.T, M.T. NIP. 199307282024061001	Penguji 1		7 Juli 2026
3.	Arash Ilham Utama, S.T. NIP. 134579	Penguji 2		7 Juli 2026

Bontang, 07 Juli 2026
Disahkan oleh:
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.
NIP. 197602252000121002



© Hal

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yugi Armadhan

NIM : 2302319007

Program Studi : D3 Teknik Mesin

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir 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 Laporan Tugas Akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Bontang, 30 Juni 2026



METERAI
TEMPEL
8E6F4AOX012146085

Yugi Armadhan

NIM. 2302319007



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

RANCANG BANGUN *MERCURY REMOVAL VESSEL* BERBASIS KARBON AKTIF UNTUK PENGOLAHAN AIR *DRAIN* PADA TANGKI KONDENSAT PT X SEBAGAI UPAYA PENGELOLAAN LIMBAH B3

Yugi Armadhan¹⁾, Cecep Slamet Abadi²⁾, dan I Wayan Yuda Semaradipta³⁾

¹⁾²⁾Program Studi Diploma III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³⁾PT Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur. 75324

Email: yugiarmadhan12@gmail.com

ABSTRAK

Air *drain* pada tangki kondensat PT X berpotensi mengandung merkuri (Hg) dengan konsentrasi melebihi baku mutu sehingga memerlukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan. Pengelolaan yang dilakukan melalui pihak ketiga menyebabkan peningkatan biaya operasional, sehingga diperlukan suatu unit pengolahan yang mampu menurunkan kadar merkuri secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun *vessel* yang digunakan sebagai *Mercury Removal Vessel* berbasis karbon aktif sebagai media adsorpsi merkuri pada air buangan tangki kondensat. Perancangan *vessel* mengacu pada *ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC) Section VIII Division 1*, sedangkan sistem perpipaan mengacu pada ASME B31.3. Material utama yang digunakan adalah *stainless steel 304* karena memiliki ketahanan korosi yang baik terhadap lingkungan operasi, dengan konfigurasi *vessel* yang dilengkapi *tray*, *wire mesh*, *perforated plate*, dan *handhole* untuk memudahkan proses pemeliharaan serta penggantian media karbon aktif. Proses fabrikasi meliputi pemotongan material, pengeboran, pengelasan menggunakan metode *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)* dan *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*, coating, serta perakitan seluruh komponen. Pengujian dilakukan menggunakan *visual test* dan *dye penetrant test* untuk memastikan kualitas hasil pengelasan dan tidak ditemukan cacat permukaan yang signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa unit berhasil dirancang dan difabrikasi sesuai spesifikasi desain sehingga layak digunakan sebagai unit adsorpsi merkuri pada air buangan tangki kondensat. Selain itu, disusun rekomendasi prosedur pemeliharaan sebagai upaya menjaga kinerja, keandalan, dan umur pakai *Mercury Removal Vessel*.

Kata Kunci : Merkuri, Adsorpsi, Karbon Aktif, *Mercury Removal Vessel*



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 AND CONSTRUCTION OF ACTIVATED CARBON-BASED MERCURY REMOVAL VESSEL FOR DRAIN WATER TREATMENT IN PT X'S CONDENSATE TANK AS AN EFFORT TO MANAGE B3 WASTE

Yugi Armadhan¹⁾, Cecep Slamet Abadi²⁾, dan I Wayan Yuda Semaradipta³⁾

¹⁾²⁾Program Studi Diploma III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³⁾PT Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur. 75324

Email: yugiarmadhan12@gmail.com

ABSTRACT

Condensate tank drain water at PT X has the potential to contain mercury (Hg) at concentrations exceeding the permissible environmental standards, requiring treatment before being discharged into the environment. The current waste management practice, which relies on third-party treatment services, increases operational costs. Therefore, an effective treatment unit is needed to reduce the mercury concentration in the wastewater. This study aims to design and fabricate a Mercury Removal Vessel utilizing activated carbon as the adsorption medium for mercury removal from condensate tank drain water. The vessel design was carried out in accordance with the ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC) Section VIII Division 1, while the piping system was designed based on ASME B31.3. The main construction material selected was stainless steel 304 due to its good corrosion resistance under the operating environment. The vessel was equipped with trays, wire mesh, perforated plates, and a handhole to facilitate maintenance and activated carbon replacement. The fabrication process included material cutting, drilling, welding using the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) and Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) methods, coating, and final assembly. The fabricated unit was evaluated through visual inspection and dye penetrant testing to verify weld quality, and no significant surface defects were detected. The results indicate that the Mercury Removal Vessel was successfully designed and fabricated in accordance with the specified design criteria, making it suitable for mercury adsorption in condensate tank drain water treatment. In addition, a maintenance procedure was developed to ensure the performance, reliability, and service life of the Mercury Removal Vessel..

Keywords : Mercury, Adsorption, Activated Carbon, Mercury Removal Vessel



KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Rancang Bangun Mercury Removal Vessel** berbasis Karbon Aktif untuk Pengolahan Air *Drain* pada Tangki Kondensat T X Sebagai Upaya Pengelolaan Limbah B3”. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Dipoma III Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Ir. Anas Malik Abdillah, S.T., MBA., IPM. selaku Direktur LNG Academy PT Badak NGL.
3. Bapak Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing dari Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak I Wayan Yuda Semaradipta. selaku Dosen Pembimbing dari PT Badak NGL yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. Hanung Andriyanto, S.T., M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan konsentrasi Mechanical Rotating yang telah memberikan bantuan dalam mengarahkan dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh pekerja MHE, Instrument Section, Lab&EC Section, dan MPTA Section yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir kami.
7. Kakak tingkat LNG Academy di berbagai departemen PT. Badak NGL yang telah membantu kelancaran tugas akhir kami.
8. Pihak-pihak yang berasal dari PNJ dan PT Badak NGL yang membantu penyelesaian tugas akhir ini yang tidak kami sebutkan satu persatu.

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

9. Kedua orang tua yang telah memberikan doa kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

10. Teman-teman LNG Academy angkatan XIII yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyelesaian Tugas Akhir.

Penulis sangat menyadari betapa banyak kesalahan dan kekurangan yang mungkin ada pada laporan ini. Oleh karena itu, jika pembaca memiliki pesan dan saran mohon disampaikan kepada penulis sebagai rujukan bagi penulis dimasa yang akan datang.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada pembaca yang telah meluangkan waktunya untuk membaca laporan ini dan berharap laporan yang disusun ini dapat bermanfaat bagi pembaca juga bagi penulis dan bagi ilmu pengetahuan.

Bontang, 6 Juli 2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Yugi Armadhan



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
EMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat	5
1.6 Lokasi Objek	6
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Adsorpsi Merkuri Berbasis Karbon Aktif	8
2.2 <i>Empty Bed Contact Time (EBCT)</i>	9
2.3 Pressure Differential.....	10
2.4 Bejana Tekan	10
2.4.1 Tekanan Bejana Tekan	11
2.4.2 Jenis-Jenis Bejana Tekan.....	12
2.4.3 Shell	13
2.4.4 Head	14
2.4.5 Support	17
2.5 Pengelasan Bejana Tekan	20
2.5.1 Shielded Metal Arc Welding (SMAW)	21
2.5.2 Gas Tungsten Arc Welding (GTAW).....	21
2.6 Material Selection	22
2.7 Pompa.....	23
2.8 <i>Wire Mesh</i>	23
2.9 Pengetesan Bejana Tekan	24
2.9.1 <i>Visual Test</i>	24
2.9.2 <i>Hydrostatic Test</i>	24
2.9.3 <i>Penetrant Test</i>	24

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



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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	26
3.2 Diagram Alir Langkah Kerja.....	26
3.3 Penjelasan Langkah Kerja.....	27
3.3.1 Identifikasi Masalah	27
3.3.2 Studi Literatur dan Lapangan.....	28
3.3.6 Pengujian NDE	33
3.3.7 Penyusunan Perawatan.....	33
3.4 Metode Pemecahan Masalah.....	34
BAB IV PEMBAHASAN.....	35
4.1 Perancangan <i>Mercury Removal Unit</i>	35
4.1.1 Perancangan <i>Vessel</i>	35
4.1.2 Perancangan <i>Support</i>	40
4.1.3 Perancangan Sistem Perpipaan	40
4.1.4 Pemilihan <i>Valve</i>	41
4.2 Proses Fabrikasi Unit	42
4.2.1 Persiapan Alat dan Bahan.....	42
4.2.2 Pemotongan Material	46
4.2.3 Pembengkokan	50
4.2.4 Pengelasan.....	50
4.2.5 Pengujian Unit.....	52
4.2.7 Perakitan Unit.....	55
4.3 Prosedur Pemeliharaan (<i>Maintenance</i>) <i>Mercury Removal Unit</i>	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA.....	61
DAFTAR LAMPIRAN	64



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014.....	8
Tabel 2.2 Ukuran Wire Mesh	23
Tabel 4.1 Bahan Fabrikasi Mercury Removal Unit	52
Tabel 4.2 Geografi Kota Bontang	54
Tabel 4.3 Spesifikasi Coating.....	54



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 GAMBAR

Gambar 2.1 Shell dari bejana tekan	13
Gambar 2.2 Ellipsoidal Head	15
Gambar 2.3 Torispherical Head	15
Gambar 2.4 Hemispherical Head	15
Gambar 2.5 Cone and Conical Head	16
Gambar 2.6 Circular Flat Head	16
Gambar 2.7 Flanges Head with Bolts	17
Gambar 2.8 Saddle Support	18
Gambar 2.9 Leg Support	18
Gambar 2.10 Lug Support	19
Gambar 2.11 Skirt Support	19
Gambar 2.12 Kategori Pengelasan	20
Gambar 2.13 Pengelasan Shielded Metal Arc Welding	21
Gambar 2.14 Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding	22
Gambar 2.15 Skema tahapan penetrant test	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	27
Gambar 3.2 Process Flow Diagram Mercury Removal Unit	29
Gambar 3.3 Desain Skema 3D	29
Gambar 3.4 Desain 3D Mercury Removal Vessel	30
Gambar 4.1 Skema 3D Mercury Removal Vessel	40
Gambar 4.2 Pipeline	41
Gambar 4.3 Proses pemotongan dengan sawing machines	46
Gambar 4.4 Proses pemotongan dengan Plasma Jet Cutting	47
Gambar 4.5 Proses pemotongan dengan mesin gerinda	47
Gambar 4.6 Proses pemotongan dengan Shearing Machine	48
Gambar 4.7 Tube Cutter	49
Gambar 4.8 Proses pengeboran	50
Gambar 4.9 Hasil pembengkokan	50
Gambar 4.10 Proses pengerjaan Spot Welding	50
Gambar 4.11 Proses pengerjaan Gas Tungsten Arch Welding	51
Gambar 4.12 Pengujian Dye Penetrant Test	53
Gambar 4.13 Kondisi Mercury Removal Vessel setelah coating	55

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



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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembuangan air kondensat industri minyak dan gas merupakan salah satu sumber potensi pencemaran lingkungan yang memerlukan pengelolaan secara ketat. Air buangan dari fasilitas pengolahan hidrokarbon umumnya mengandung berbagai kontaminan berbahaya, seperti hidrokarbon terlarut, senyawa organik volatil, dan logam berat. Di antara kontaminan tersebut, merkuri (Hg) menjadi perhatian utama karena bersifat sangat toksik, persisten di lingkungan, serta mampu mengalami bioakumulasi dalam rantai makanan akuatik. Di lingkungan perairan, merkuri dapat mengalami transformasi menjadi metilmerkuri yang lebih toksik sehingga berpotensi menimbulkan dampak terhadap ekosistem maupun kesehatan manusia melalui konsumsi organisme yang terkontaminasi (WHO, 2023).

Pada fasilitas pengolahan gas alam cair (*Liquefied Natural Gas/LNG*), fluida produksi dari reservoir dipisahkan di *knock out drum* (KOD) menjadi fase gas, kondensat, dan air. Namun, pemisahan tersebut hanya didasarkan pada perbedaan sifat fisik sehingga tidak sepenuhnya mampu memisahkan komponen kimia yang terlarut, termasuk merkuri (IEA, 2025). Merkuri dapat hadir dalam berbagai bentuk, seperti merkuri elemental (Hg^0), merkuri anorganik, organomerkuri, maupun partikulat. Sebagian spesies merkuri tetap terlarut dalam kondensat atau terdistribusi ke fase air sehingga masih terbawa menuju tangki penyimpanan kondensat (Wilhelm, 2021).

Selama penyimpanan dalam tangki *floating roof*, air yang terbawa bersama kondensat akan terpisah secara gravitasi dan terakumulasi pada dasar tangki sebagai *bottom water* (Gao et al., 2022). Melalui mekanisme kesetimbangan distribusi fase, khususnya untuk merkuri dalam bentuk ionik yang lebih mudah larut dalam air, sebagian merkuri dapat berpindah dari fase hidrokarbon ke fase air. Transformasi kimia akibat keberadaan ion klorida, sulfur, maupun kondisi oksidatif juga dapat meningkatkan keberadaan merkuri dalam fase air. Akibatnya, *bottom water* berpotensi mengandung merkuri terlarut maupun



© 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

partikulat sehingga memerlukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan (Li at al., 2024).

Pada PT X, volume air hasil *drain* dari tangki kondensat mencapai sekitar 2 m³/hari sehingga secara kontinu berpotensi menghasilkan air buangan yang mengandung merkuri. Pengelolaan merkuri di Indonesia telah diatur melalui Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2017 tentang ratifikasi *Minamata Convention* serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 yang menetapkan baku mutu merkuri pada air limbah sebesar $\leq 0,005$ mg/L. Oleh karena itu, air hasil *drain* perlu diolah agar memenuhi baku mutu sebelum dilepas ke lingkungan.

Saat ini PT X telah memiliki *Waste Water Treatment Plant* (WWTP), namun air hasil *drain* tangki kondensat belum diolah di fasilitas tersebut dan masih dikelola oleh pihak ketiga, yaitu PT PPLI, dengan biaya pembuangan sekitar Rp7,3 juta per tahun serta biaya transportasi sekitar Rp6.000/kg. Secara keseluruhan, biaya yang dikeluarkan perusahaan mencapai sekitar Rp4,4 miliar per tahun, sehingga metode tersebut dinilai kurang efisien sebagai solusi jangka panjang (Yousef et al., 2020).

Berbagai metode penghilangan merkuri telah dikembangkan, seperti presipitasi kimia, pertukaran ion, filtrasi membran, elektrokimia, dan adsorpsi. Masing-masing memiliki keterbatasan, antara lain menghasilkan limbah sekunder, membutuhkan energi tinggi, atau memerlukan biaya investasi yang besar (Raji, 2023). Dibandingkan metode tersebut, adsorpsi menggunakan karbon aktif menjadi salah satu alternatif yang menjanjikan karena memiliki luas permukaan tinggi, efisiensi adsorpsi yang baik, operasi sederhana, dan biaya operasional yang relatif rendah. Abdullah dkk. (2018) melaporkan bahwa karbon aktif berbahan baku *palm kernel shell* mampu menghilangkan hingga 97,7% Hg(II), sedangkan Caicedo Salcedo dkk. (2021) menunjukkan karbon aktif terfungsionalisasi sulfur memiliki kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 85,6 mg/g terhadap Hg(II).

Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas karbon aktif dalam mengadsorpsi merkuri dari media berair, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada pengujian skala laboratorium 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

larutan sintetis dengan kondisi operasi yang terkontrol. Penelitian-penelitian tersebut umumnya lebih menitikberatkan pada pengembangan material adsorben dan evaluasi kapasitas adsorpsi, sementara kajian mengenai implementasi pada sistem pengolahan limbah industri masih terbatas. Secara khusus, penelitian mengenai perancangan unit adsorpsi yang disesuaikan dengan karakteristik air hasil *drain* tangki kondensat pada fasilitas LNG, proses fabrikasi yang meliputi pemilihan material, metode manufaktur, dan perakitan unit, serta penyusunan prosedur pemeliharaan untuk mendukung keandalan operasi masih sangat terbatas. Selain aspek perancangan dan fabrikasi, keberhasilan implementasi unit adsorpsi juga dipengaruhi oleh prosedur pemeliharaan yang tepat. Pemeliharaan yang tidak memadai dapat menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi, peningkatan kehilangan tekanan (*pressure drop*), penurunan efisiensi pengolahan, serta berkurangnya umur pakai media karbon aktif dan peralatan. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (*research gap*) antara keberhasilan karbon aktif pada skala laboratorium dengan penerapannya sebagai sistem pengolahan yang siap dioperasikan pada kondisi industri. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada rekayasa implementasi sistem adsorpsi merkuri melalui perancangan unit, proses fabrikasi, serta penyusunan rekomendasi prosedur pemeliharaan yang dapat diterapkan pada kondisi operasi nyata di fasilitas LNG.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu rancangan unit adsorpsi merkuri berbasis karbon aktif yang dapat diterapkan pada air hasil *drain* tangki kondensat PT X. Rancangan tersebut perlu didukung dengan proses fabrikasi yang sesuai agar unit dapat direalisasikan di lapangan, serta rekomendasi prosedur pemeliharaan untuk menjaga efektivitas adsorpsi dan memperpanjang umur pakai peralatan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan rancangan unit, tahapan fabrikasi, dan rekomendasi prosedur pemeliharaan yang dapat menjadi acuan penerapan sistem pengolahan merkuri pada fasilitas LNG maupun industri lain yang memiliki karakteristik air limbah serupa.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



© 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

1. Bagaimana proses perancangan *mercury removal vessel* sebagai unit adsorpsi merkuri berbasis karbon aktif untuk pengolahan air hasil *drain* tangki kondensat PT X?
2. Bagaimana proses fabrikasi *mercury removal vessel* berdasarkan hasil perancangan sebagai unit adsorpsi merkuri berbasis karbon aktif untuk pengolahan air hasil *drain* tangki kondensat PT X?
3. Bagaimana rekomendasi prosedur pemeliharaan (*maintenance*) *mercury removal vessel* untuk menjaga kinerja sistem dan memperpanjang umur pakai unit adsorpsi merkuri pada pengolahan air hasil *drain* tangki kondensat PT X?

3 Tujuan

Adapun tujuan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1.3.1 Tujuan Umum :

1. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Diploma III Politeknik Negeri Jakarta.
2. Mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang mekanikal rotating, serta mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama mengikuti proses belajar mengajar.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Merancang *mercury removal vessel* sebagai unit adsorpsi merkuri berbasis karbon aktif untuk pengurangan kadar merkuri pada air hasil *drain* tangki kondensat PT X.
2. Melakukan fabrikasi *mercury removal vessel* berdasarkan hasil perancangan sebagai unit adsorpsi merkuri berbasis karbon aktif untuk pengolahan air hasil *drain* tangki kondensat PT X.
3. Menyusun rekomendasi prosedur pemeliharaan (*maintenance*) *mercury removal vessel* untuk menjaga kinerja sistem adsorpsi dan memperpanjang umur pakai peralatan.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menjaga agar penelitian ini terarah dan tidak melebar dari tujuan utama, maka perlu ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Objek penelitian adalah air hasil *drain* tangki kondensat PT X yang



© 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

- mengandung merkuri (Hg).
2. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan fabrikasi *mercury removal vessel* sebagai unit adsorpsi merkuri berbasis karbon aktif untuk pengolahan air hasil *drain* tangki kondensat PT X.
 3. Perancangan dilakukan pada skala *pilot plant* dengan kapasitas yang ditentukan berdasarkan estimasi aktual debit air buangan kondensat PT X.
 4. Media adsorben yang digunakan adalah karbon aktif (*activated carbon*), tanpa membahas maupun membandingkan efektivitas adsorben jenis lain.
 5. Perancangan *mercury removal vessel* mengacu pada standar ASME Section VIII Division 1.
 6. Material fabrikasi ditentukan berdasarkan literatur, standar, dan ketersediaan material di *warehouse*, tanpa dilakukan pengujian material.
 7. Fabrikasi dalam penelitian ini hanya mencakup *mercury removal vessel* beserta komponen mekanikal pendukung, seperti *nozzle*, *flange*, dan *support*.
 8. Penelitian tidak membahas sistem instrumentasi dan kontrol, seperti pemilihan sensor, *transmitter*, maupun sistem otomasi unit adsorpsi.
 9. Penelitian tidak mencakup optimasi proses adsorpsi, seperti penentuan isotherm adsorpsi, kinetika adsorpsi, *breakthrough curve*, maupun regenerasi karbon aktif.
 10. Rekomendasi pemeliharaan (*maintenance*) disusun berdasarkan hasil perancangan, karakteristik material, dan referensi teknis, tanpa dilakukan pengujian umur pakai (*service life test*) maupun analisis keandalan (*reliability analysis*).
 11. Tidak membahas simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk menganalisis distribusi aliran fluida di dalam *vessel*
 12. Tidak membahas analisis biaya siklus hidup (*Life Cycle Cost/LCC*) maupun analisis kelayakan ekonomi.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1.5.1 Bagi Penulis



© 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

1. Sebagai syarat untuk memenuhi penyusunan Tugas Akhir guna mendapatkan gelar Diploma III dari Program Studi Teknik Mesin di Politeknik Negeri Jakarta.
2. Menambah pengalaman dan keterampilan dalam merancang bangun suatu alat industri.
3. Dapat mengimplementasikan pengetahuan yang telah diperoleh selama masa perkuliahan dengan mempraktekannya secara nyata.

5.2 Bagi LNG Academy dan Politeknik Negeri Jakarta

Sebagai media pembelajaran dan penelitian Unit Adsorpsi Merkuri menggunakan *Mercury Removal Vessel* berbasis Karbon Aktif.

5.3 Bagi PT X dan Dunia Industri

1. Menjadi studi lanjutan bagi PT X untuk program pengelolaan limbah B3 pada air buangan di tangki kondensat.
2. Merupakan upaya untuk mengurangi limbah B3 di lingkungan PT X sebagai bentuk taat terhadap regulasi dari pemerintah

1.6 Lokasi Objek

Lokasi objek Tugas Akhir berada di *Workshop* LNG Academy dan bengkel induk PT. Badak NGL.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini merujuk pada "Buku Pedoman Penulisan Tugas Akhir Tahun 2020" yang diterbitkan oleh Politeknik Negeri Jakarta.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini, penyusun laporan menguraikan latar belakang pemilihan topik, tujuan umum dan khusus, ruang lingkup penelitian dan batasan masalah, manfaat yang akan didapat, metode penelitian, dan sistematika penulisan keseluruhan laporan tugas akhir

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pustaka berisi sumber bacaan atau literatur, memaparkan rangkuman kritis atas pustaka yang menunjang penyusunan atau penelitian, meliputi pembahasan tentang topik yang dikaji dalam tugas akhir.



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

BAB III METODOLOGI Pengerjaan Tugas Akhir

Penyusunan laporan menguraikan tentang metodologi, yaitu metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah atau penelitian, meliputi prosedur, pengambilan sampel dan pengumpulan data, pengumpulan data, teknik analisis data atau teknis perancangan

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini memaparkan hasil dan analisis data, perhitungan-perhitungan aktual yang diperoleh dari analisis, serta interpretasi dan pembahasan hasil perhitungan.

BAB V KESIMPULAN

Pada bab ini memaparkan kesimpulan dari seluruh analisis data dan pembahasan hasil perhitungan. Isi kesimpulan akan menjawab permasalahan dan tujuan yang telah ditetapkan dalam tugas akhir disertai saran-saran yang berkaitan dengan tugas akhir.

**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

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berikut kesimpulan yang didapat dari hasil tugas akhir ini.

1. Pada tugas akhir ini penulis berhasil merancang *mercury removal vessel* dengan material *stainless steel 304*, bertekanan 0,1 [Mpa], berkapasitas 31,75 liter, berdiameter 32,5 [cm] dan tinggi 70 [cm], bertemperatur 25-35°C, dengan berat sekitar 100-150 [kg] dengan efisiensi penurunan merkuri sebesar 90%, tipe *vessel* terbuka dan dengan aliran fluida secara kontinu (*service-standby*). *Vessel* ini dirancang dengan menggunakan tipe *upper head* berbentuk *flanges head with bolt* sedangkan *bottom head* berbentuk *flat head* dan semua perhitungan mengacu pada *ASME BPVC Section VIII Div. 1*.
2. *Mercury removal vessel* berhasil dibangun dari proses fabrikasi berupa pemotongan, pengeboran, pembengkokan, pengelasan, pengujian serta coating. *Vessel* ini berhasil terbebas dari cacat las (*defect*) pada setiap bagian sambungan las.
3. Rekomendasi prosedur pemeliharaan (*maintenance*) telah disusun sebagai upaya menjaga kinerja dan umur pakai unit adsorpsi. Prosedur tersebut meliputi persiapan pemeliharaan, pemeriksaan visual, pemeriksaan instrumen, pemantauan kondisi media karbon aktif, inspeksi ketebalan *vessel* menggunakan *Ultrasonic Thickness Gauge* (UTG), pembersihan unit, serta pencatatan riwayat pemeliharaan. Penerapan pemeliharaan preventif secara berkala diharapkan mampu mempertahankan efektivitas proses adsorpsi merkuri, mencegah kerusakan komponen, serta meningkatkan keandalan dan keselamatan operasi unit dalam pengolahan air buangan tangki kondensat PT X.

5.2 Saran

Setelah dilakukan fabrikasi dan pengujian, masih terdapat kekurangan pada *mercury removal vessel* ini. Oleh karena itu, agar dapat menyempurnakan alat ini diperlukan pemikiran dan pertimbangan lain ke depannya. Adapun



© 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

saran yang dapat penulis berikan untuk hasil tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Sebaiknya menghindari membuat terlalu banyak sambungan, karena akan memperbesar risiko kebocoran. Semakin banyak jumlah sambungan *fitting* pada sistem perpipaan dan *vessel*, semakin besar potensi terjadinya kebocoran selama operasi. Oleh karena itu, desain sebaiknya dibuat sesederhana mungkin dengan meminimalkan jumlah sambungan tanpa mengurangi fungsi unit.
2. Sebaiknya menjauhkan *flowmeter* dengan *manual valve*, karena pembacaan pada sensor akan menjadi sulit. Penempatan *flowmeter* yang terlalu dekat dengan *valve* dapat menimbulkan turbulensi aliran sehingga memengaruhi kestabilan pembacaan laju alir. Oleh karena itu, *flowmeter* sebaiknya dipasang pada pipa lurus dengan jarak yang memadai dari *valve*.
3. Sebaiknya merekatkan *tray* dengan *shell* secara pengelasan agar tidak ada karbon aktif yang terbawa sama sekali. *Tray* penyangga media karbon aktif sebaiknya dipasang secara permanen menggunakan pengelasan agar memiliki kekuatan yang lebih baik dan tidak bergeser selama operasi. Hal ini dapat mencegah media karbon aktif terbawa aliran fluida serta menjaga distribusi media tetap merata di dalam *vessel*.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, N., Sulaiman, F., & Taib, R. M. (2018). Mercury (Hg(II)) removal from aqueous solution using palm kernel shell activated carbon. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(5), 6201–6209.
- American Society of Mechanical Engineers. (2004). *ASME B36.10M: Welded and seamless wrought steel pipe*. ASME.
- American Society of Mechanical Engineers. (2016). *ASME B31.3: Process piping*. ASME.
- American Society of Mechanical Engineers. (2017). *ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII, Division 1: Rules for construction of pressure vessels*. ASME.
- Aswin, F. A. (2022). Perancangan dan analisis tegangan *pressure vessel* horizontal separator dengan metode elemen hingga. *KINEMATIKA*, 7(2), 83–97.
- Caicedo Salcedo, J., et al. (2021). Sulfur-functionalized activated carbon for mercury(II) removal from aqueous solution. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(5), 106253.
- Cahyono, E. (2004). *Perancangan bejana tekan vertikal berisi udara untuk peralatan pneumatik kapasitas 8,25 m³ dengan tekanan kerja 5,7 kg/cm²* [Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret].
- Candra, F. (2022). *Analisis penyambungan las GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)/TIG menggunakan mesin las SMAW (Shielded Metal Arc Welding)* [Tugas Akhir, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung].
- Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J., & Tchobanoglous, G. (2012). *MWH's water treatment: Principles and design* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Efe, O. M. (2021). Characterization and management of tank bottom sludge in petroleum storage facilities: A review. *Journal of Environmental Management*, 286, 112210.
- Gao, Y., Zhang, H., Liu, J., & Wang, X. (2022). Water separation and accumulation behavior in floating roof crude oil storage tanks. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 208, 109618.
- Guo, J., Wang, Y., Li, Y., & Huang, X. (2020). Recent advances in mercury removal from wastewater by adsorption technology: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(6), 104680.
- Junianto, G. S. (2022). *Analisis pengaruh bentuk supporting profile terhadap defleksi dan tegangan maksimum pada leg support bejana tekan vertikal* [Skripsi, Universitas Islam Malang].

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

Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah*. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.

Li, X., Zhang, Y., Wang, Z., Liu, H., & Chen, G. (2024). A review on mercury in natural gas and its condensate: Accurate characterization and efficient control technologies for total and speciated mercury. *Fuel*, 355, 129526.

Maulidya, N. R. (2015). *Pressure vessel*. Scribd.

<https://www.scribd.com/doc/257393541/pressure-vessel>

Perry, R. H., & Green, D. W. (2019). *Perry's chemical engineers' handbook* (9th ed.). McGraw-Hill Education.

Prasetyo, E., & Hidayat, H. (2023). Analisis kekuatan las pada sambungan bejana tekan decolorizer. *Journal Universitas Pancasila*.

Raji, M., et al. (2023). Recent advances in mercury removal technologies from wastewater: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 53, 103663.

Rangatama, G., & Prasetyo, H. (2020). Analisis perancangan pompa sentrifugal pada perancangan *shower tester booth* di PT X. *Publikasi Mercu Buana*.

Republik Indonesia. (2017). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2017 tentang Pengesahan Minamata Convention on Mercury*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2017 Nomor 209.

Siswanto, B. (2021). Analisa pengujian ketahanan bejana tekan dengan metode *hydrostatic test*. *Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan*.

Vatandoost, M., Gholami, M., Hashemi, S. E., & Dehghani, M. H. (2024). Recent advances in mercury removal from aqueous environments using adsorption technologies: A comprehensive review. *Journal of Water Process Engineering*, 59, 105085.

Wilhelm, S. M. (2021). Mercury in petroleum and natural gas: Estimation, measurement, and removal. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 196, 107735.

World Health Organization. (2023). *Mercury and health*.

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>

Yousef, R., Qiblawey, H., & El-Naas, M. H. (2020). Adsorption as a process for produced water treatment: A review. *Processes*, 8(12), 1657.

Yudhi Chandra Dwiaji, L. A. (2021). Perancangan reaktor kapasitas 12 m³ untuk *epoxy resin* dengan tekanan kerja 3,8 kg/cm² dan temperatur kerja 150°C. *Jurnal STTKD*.



© 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 mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

urba, E. S., Sitompul, R., & Manurung, T. A. G. (2026). *Review pemilihan material pada pressure vessel horizontal separator dalam aplikasi industri kimia*. Jurnal Pendidikan Tambusai, 10(1), 9020–9026.

asyid, M. A., Ritonga, D. A. A., Aldori, Y. R., Sukmawati, Yusnita, E., Wijayanto, E. H., & Idris, M. (2023). *Analisis pengaruh tinggi hisap pompa sentrifugal terhadap kapasitas dan efisiensi pompa*. *Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy*, 7(2), 146–157.





DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1

ASME BPVC.II.D.M-2019

Table 1A (Cont'd)
Section I; Section III, Classes 2 and 3;* Section VIII, Division 1; and Section XII
Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials
 (*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/Grade	Alloy Desig./UNS No.	Class/Condition/ Temper	Size/Thickness, mm	P-No.	Group No.
1	18Cr-8Ni	Wld. tube	SA-688	TP304L	S30403	...	...	8	1
2	18Cr-8Ni	Wld. tube	SA-688	TP304L	S30403	...	...	8	1
3	18Cr-8Ni	Wld. tube	SA-688	TP304L	S30403	...	...	8	1
4	18Cr-8Ni	Wld. pipe	SA-813	TP304L	S30403	...	...	8	1
5	18Cr-8Ni	Wld. pipe	SA-814	TP304L	S30403	...	...	8	1
# 6	18Cr-8Ni	Forgings	SA-182	F304	S30400	...	>130	8	1
# 7	18Cr-8Ni	Forgings	SA-182	F304	S30400	...	>130	8	1
# 8	18Cr-8Ni	Forgings	SA-182	F304H	S30409	...	>130	8	1
# 9	18Cr-8Ni	Forgings	SA-182	F304H	S30409	...	>130	8	1
10	18Cr-8Ni	Castings	SA-351	CF3	J92500	...	...	8	1
11	18Cr-8Ni	Castings	SA-351	CF3	J92500	...	...	8	1
12	18Cr-8Ni	Castings	SA-351	CF8	J92600	...	...	8	1
13	18Cr-8Ni	Castings	SA-351	CF8	J92600	...	...	8	1
14	18Cr-8Ni	Castings	SA-351	CF8	J92600	...	...	8	1
15	18Cr-8Ni	Smls. pipe	SA-376	TP304	S30400	...	...	8	1
16	18Cr-8Ni	Smls. pipe	SA-376	TP304	S30400	...	...	8	1
17	18Cr-8Ni	Cast pipe	SA-451	CPF3	J92500	...	...	8	1
18	18Cr-8Ni	Cast pipe	SA-451	CPF8	J92600	...	...	8	1
19	18Cr-8Ni	Forgings	SA-965	F304	S30400	...	...	8	1
20	18Cr-8Ni	Forgings	SA-965	F304	S30400	...	...	8	1
21	18Cr-8Ni	Forgings	SA-965	F304H	S30409	...	...	8	1
22	18Cr-8Ni	Forgings	SA-965	F304H	S30409	...	...	8	1
23	18Cr-8Ni	Plate	SA/EN 10028-7	X2CrNi18-9	...	...	≤75	8	1
24	18Cr-8Ni	Plate	SA/EN 10028-7	X2CrNi18-9	...	...	≤75	8	1
# 25	18Cr-8Ni	Forgings	SA-182	F304	S30400	...	≤130	8	1
# 26	18Cr-8Ni	Forgings	SA-182	F304	S30400	...	≤130	8	1
# 27	18Cr-8Ni	Forgings	SA-182	F304H	S30409	...	≤130	8	1
# 28	18Cr-8Ni	Forgings	SA-182	F304H	S30409	...	≤130	8	1
29	18Cr-8Ni	Smls. tube	SA-213	TP304	S30400	...	...	8	1
30	18Cr-8Ni	Smls. tube	SA-213	TP304	S30400	...	...	8	1
31	18Cr-8Ni	Smls. tube	SA-213	TP304H	S30409	...	...	8	1
32	18Cr-8Ni	Smls. tube	SA-213	TP304H	S30409	...	...	8	1
33	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	302	S30200	...	...	8	1
34	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	302	S30200	...	...	8	1
35	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	304	S30400	...	...	8	1
36	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	304	S30400	...	...	8	1
37	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	304H	S30409	...	...	8	1
38	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	304H	S30409	...	...	8	1

Hak Cipta :

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

Table 1A (Cont'd)
Section I; Section III, Classes 2 and 3;* Section VIII, Division 1; and Section XII
Maximum Allowable Stress Values, S, for Ferrous Materials
 (*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Maximum Allowable Stress, MPa (Multiply by 1000 to Obtain kPa), for Metal Temperature, °C, Not Exceeding														
	40	65	100	125	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475
1	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
2	138	126	113	107	103	95.7	89.9	85.9	84.1	82.2	80.5	79.2	77.3	76.0	74.8
3	117	117	117	114	111	107	103	98.5	96.5	94.7	92.8	90.9	89.1	87.1	85.9
4	117	107	96.2	91.2	87.4	81.1	76.6	72.7	71.2	70.0	68.8	67.5	66.3	65.0	63.8
5	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
6	138	126	113	107	103	95.7	89.9	85.9	84.1	82.2	80.5	79.2	77.3	76.0	74.8
7	117	117	117	114	111	107	103	98.5	96.5	94.7	92.8	90.9	89.1	87.1	85.9
8	117	107	96.2	91.2	87.4	81.1	76.6	72.7	71.2	70.0	68.8	67.5	66.3	65.0	63.8
9	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	...
10	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	...
11	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	...
12	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
13	138	126	113	107	103	95.7	89.9	85.9	84.1	82.2	80.5	79.2	77.3	76.0	74.8
14	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
15	138	126	113	107	103	95.7	89.9	85.9	84.1	82.2	80.5	79.2	77.3	76.0	74.8
16	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
17	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
18	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	...
19	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	...
20	138	126	113	107	103	95.7	90.0	85.6	83.9	82.3	80.5	79.2	...	...	...
21	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
22	138	126	113	107	103	95.7	89.9	85.9	84.1	82.2	80.5	79.2	77.3	76.0	74.8
23	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
24	138	126	113	107	103	95.7	89.9	85.9	84.1	82.2	80.5	79.2	77.3	76.0	74.8
25	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	...
26	117	117	117	114	111	107	103	98.5	96.5	94.7	92.8	90.9	89.1	87.1	85.9
27	117	107	96.2	91.2	87.4	81.1	76.6	72.7	71.2	70.0	68.8	67.5	66.3	65.0	63.8
28	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	...
29	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	...
30	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	...
31	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	...
32	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	...
33	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
34	140	140	140	140	140	131	123	118	115	113	111	108	106	105	103
35	140	124	115	109	105	97.1	91.5	87.1	85.2	83.5	81.9	80.3	78.9	77.4	76.0
36	152	148	142	138	134	130	128	128	128	128	127	...	...	...	...
37	152	143	133	126	120	112	105	100	97.9	96.0	94.2	...	...	...	...
38	152	148	142	138	134	130	128	128	128	128	...	...	...	...	...
39	152	143	133	126	120	112	105	100	97.9	96.0	...	...	...	...	...
40	152	148	142	138	134	130	128	128	128	128	...	...	...	...	...
41	152	148	142	138	134	130	128	128	128	128	...	...	...	...	...

JAKARTA

Table UW-12
Maximum Allowable Joint Efficiencies for Arc and Gas Welded Joints

Table UW-12						
Maximum Allowable Joint Efficiencies for Arc and Gas Welded Joints						
Type No.	Joint Description	Limitations	Joint Category	Degree of Radiographic Examination		
				(a) Full [Note (1)]	(b) Spot [Note (2)]	(c) None
(1)	Butt joints as attained by double-welding or by other means that will obtain None the same quality of deposited weld metal on the inside and outside weld surfaces to agree with the requirements of UW-35. Welds using metal backing strips that remain in place are excluded.		A, B, C, and D	1.00	0.85	0.70
(2)	Single-welded butt joint with backing strip other than those included under (1)	(a) None except as in (b) below (b) Circumferential butt joints with one plate offset; see UW-13(b)(4) and Figure UW-13.1, sketch (i)	A, B, C, and D A, B, and C	0.90 0.90	0.80 0.80	0.65 0.65
(3)	Single-welded butt joint without use of backing strip	Circumferential butt joints only, not over $\frac{5}{16}$ in. (16 mm) thick and not over 24 in. (600 mm) outside diameter	A, B, and C	NA	NA	0.60
(4)	Double full fillet lap joint	(a) Longitudinal joints not over $\frac{5}{16}$ in. (10 mm) thick (b) Circumferential joints not over $\frac{5}{16}$ in. (16 mm) thick	A B and C [Note (3)]	NA NA NA	NA NA NA	0.55 0.55 0.55
(5)	Single full fillet lap joints with plug welds conforming to UW-17	(a) Circumferential joints [Note (4)] for attachment of heads not over 24 in. (600 mm) outside diameter to shells not over $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) thick (b) Circumferential joints for the attachment to shells of jackets not over $\frac{5}{16}$ in. (16 mm) in nominal thickness where the distance from the center of the plug weld to the edge of the plate is not less than $1\frac{1}{2}$ times the diameter of the hole for the plug (c) For the attachment of heads convex to pressure to shells not over $\frac{5}{16}$ in. (16 mm) required thickness, only with use of fillet weld on inside of shell, or (d) for attachment of heads having pressure on either side, to shells not over 24 in. (600 mm) inside diameter and not over $\frac{5}{16}$ in. (6 mm) required thickness with fillet weld on outside of head flange only	C NA NA 0.50	NA NA NA NA	NA NA NA 0.50	
(6)	Single full fillet lap joints without plug welds	(a) For the attachment of heads convex to pressure to shells not over $\frac{5}{16}$ in. (16 mm) required thickness, only with use of fillet weld on inside of shell, or (b) for attachment of heads having pressure on either side, to shells not over 24 in. (600 mm) inside diameter and not over $\frac{5}{16}$ in. (6 mm) required thickness with fillet weld on outside of head flange only	A and B NA A and B	NA NA NA	NA NA NA	0.45 NA 0.45
(7)	Corner joints, full penetration, partial penetration, and/or fillet welded	As limited by Figure UW-13.2 and Figure UW-16.1	C and D [Note (3)]	NA	NA	NA
(8)	Angle joints	Design per U-2(a) for Category B and C joints	B, C, and D	NA	NA	NA

GENERAL NOTE: E = 1.00 for butt joints in compression.

NOTES:

(1) See UW-12(a) and UW-51.

(2) See UW-12(b) and UW-52.

(3) For Type No. 4 Category C joint, limitation not applicable for bolted flange connections.

(4) Joints attaching hemispherical heads to shells are excluded.

(5) There is no joint efficiency E in the design equations of this Division for Category C and D corner joints. When needed, a value of E not greater than 1.00 may be used.

GENERAL NOTE: $E = 1.00$ for butt joints in compression.

NOTES:

- (1) See UW-12(a) and UW-51.
- (2) See UW-12(b) and UW-52.
- (3) For Type No. 4 Category C joint, limitation not applicable for bolted flange connections.
- (4) Joints attaching hemispherical heads to shells are excluded.
- (5) There is no joint efficiency E in the design equations of this Division for Category C and D corner joints. When needed, a value of E not greater than 1.00 may be used.

117

lampiran 2

 Hak Cipta  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 mengummumkan 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 mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Table 2-5.1
Gasket Materials and Contact Facings
Gasket Factors m for Operating Conditions and Minimum Design Seating Stress y

Gasket Material	Gasket Factor m	Min. Design Seating Stress y , psi (MPa)	Sketches	Facing Sketch and Column in Table 2-5.2
Self-energizing types (O-rings, metallic, elastomer, other gasket types considered as self-sealing)	0	0 (0)	---	---
Elastomers without fabric or high percent of mineral fiber:				
Below 75A Shore Durometer	0.50	0 (0)		(1a), (1b), (1c), (1d), (4), (5); Column II
75A or higher Shore Durometer	1.00	200 (1.4)		(1a), (1b), (1c), (1d), (4), (5); Column II
Mineral fiber with suitable binder for operating conditions:				
$\frac{1}{8}$ in. (3.2 mm) thick	2.00	1,600 (11)		(1a), (1b), (1c), (1d), (4), (5); Column II
$\frac{1}{16}$ in. (1.6 mm) thick	2.75	3,700 (26)		(1a), (1b), (1c), (1d), (4), (5); Column II
$\frac{1}{32}$ in. (0.8 mm) thick	3.50	6,500 (45)		(1a), (1b), (1c), (1d), (4), (5); Column II
Elastomers with cotton fabric insertion	1.25	400 (2.8)		(1a), (1b), (1c), (1d), (4), (5); Column II
Elastomers with mineral fiber fabric insertion (with or without wire reinforcement):				
3-ply	2.25	2,200 (15)		(1a), (1b), (1c), (1d), (4), (5); Column II
2-ply	2.50	2,900 (20)		(1a), (1b), (1c), (1d), (4), (5); Column II
1-ply	2.75	3,700 (26)		(1a), (1b), (1c), (1d), (4), (5); Column II
Vegetable fiber	1.75	1,100 (7.6)		(1a), (1b), (1c), (1d), (4), (5); Column II
Spiral-wound metal, mineral fiber filled:				
Carbon	2.50	10,000 (69)		(1a), (1b); Column II
Stainless, Monel, and nickel-base alloys	3.00	10,000 (69)		(1a), (1b); Column II
Corrugated metal, mineral fiber inserted, or corrugated metal, jacketed mineral fiber filled:				
Soft aluminum	2.50	2,900 (20)		(1a), (1b); Column II
Soft copper or brass	2.75	3,700 (26)		(1a), (1b); Column II
Iron or soft steel	3.00	4,500 (31)		(1a), (1b); Column II
Monel or 4-6% chrome	3.25	5,500 (38)		(1a), (1b); Column II
Stainless steels and nickel-base alloys	3.50	6,500 (45)		(1a), (1b); Column II
Corrugated metal:				
Soft aluminum	2.75	3,700 (26)		(1a), (1b), (1c), (1d); Column II
Soft copper or brass	3.00	4,500 (31)		(1a), (1b), (1c), (1d); Column II
Iron or soft steel	3.25	5,500 (38)		(1a), (1b), (1c), (1d); Column II
Monel or 4-6% chrome	3.50	6,500 (45)		(1a), (1b), (1c), (1d); Column II
Stainless steels and nickel-base alloys	3.75	7,600 (52)		(1a), (1b), (1c), (1d); Column II
Flat metal, jacketed mineral fiber filled:				
Soft aluminum	3.25	5,500 (38)		(1a), (1b), (1c) [Note (1)], (1d) [Note (1)]; Column II
Soft copper or brass	3.50	6,500 (45)		(1a), (1b), (1c), (1d) [Note (1)]; Column II
Iron or soft steel	3.75	7,600 (52)		(1a), (1b), (1c), (1d) [Note (1)]; Column II
Monel	3.50	8,000 (55)		(1a), (1b), (1c), (1d) [Note (1)]; Column II
4-6% chrome	3.75	9,000 (62)		(1a), (1b), (1c), (1d) [Note (1)]; Column II
Stainless steels and nickel-base alloys	3.75	9,000 (62)		(1a), (1b), (1c), (1d) [Note (1)]; Column II



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

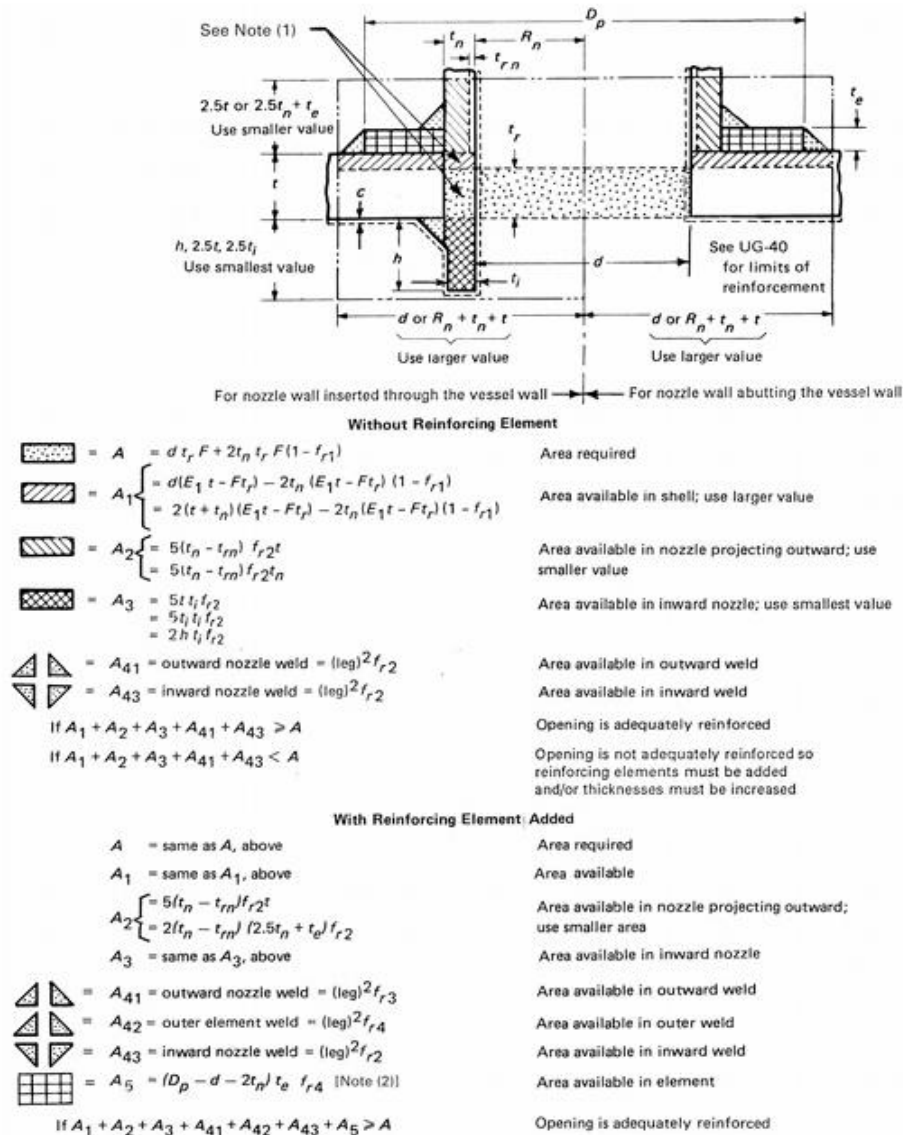
Table 2-5.2 Effective Gasket Width		
Facing Sketch (Exaggerated)	Basic Gasket Seating Width, b_g	
	Column I	Column II
(1a)	$\frac{N}{2}$	$\frac{N}{2}$
(1b)		
(1c)	$\frac{w+T}{2}; \left(\frac{w+N}{4}\right)_{\max}$	$\frac{w+T}{2}; \left(\frac{w+N}{4}\right)_{\max}$
(1d)		
(2)	$\frac{w+N}{4}$	$\frac{w+3N}{8}$
(3)	$\frac{N}{4}$	$\frac{3N}{8}$
(4)	$\frac{3N}{8}$	$\frac{7N}{16}$
(5)	$\frac{N}{4}$	$\frac{3N}{8}$
(6)	$\frac{w}{8}$	...
Effective Gasket Seating Width, b $b = b_g$, when $b_g \leq \frac{1}{4}$ in. (6 mm); $b = C_b \sqrt{b_g}$, when $b_g > \frac{1}{4}$ in. (6 mm)		

C_b = conversion factor
 = 0.5 for U.S. Customary calculations; 2.5 for SI calculations

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

Figure UG-37.1
Nomenclature and Formulas for Reinforced Openings



GENERAL NOTE: This figure illustrates a common nozzle configuration and is not intended to prohibit other configurations permitted by the Code.

NOTES:

- (1) Includes consideration of these areas if $S_n/S_v < 1.0$ (both sides of centerline).
- (2) This formula is applicable for a rectangular cross-sectional element that falls within the limits of reinforcement.



© 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

F = correction factor that compensates for the variation in internal pressure stresses on different planes with respect to the axis of a vessel. A value of 1.00 shall be used for all configurations except that [Figure UG-37](#) may be used for integrally reinforced openings in cylindrical shells and cones. [See [UW-16\(c\)\(1\)](#).]

f_r = strength reduction factor, not greater than 1.0 [see [UG-41\(a\)](#)]

f_{r1} = S_n/S_v for nozzle wall inserted through the vessel wall

= 1.0 for nozzle wall abutting the vessel wall and for nozzles shown in [Figure UG-40](#), sketch (j), (k), (n), and (o).

f_{r2} = S_n/S_v

f_{r3} = (lesser of S_n or S_p)/ S_v

f_{r4} = S_p/S_v

E_1 = 1 when an opening is in the solid plate or in a Category B butt joint; or

= 0.85 when an opening is located in an ERW or autogenously welded pipe or tube. If the ERW or autogenously welded joint is clearly identifiable and it can be shown that the opening does not pass through this weld joint, then E_1 may be determined using the other rules of this paragraph; or

= joint efficiency obtained from [Table UW-12](#) when any part of the opening passes through any other welded joint

TEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Table 304.1.1 Values of Coefficient Y for $t < D/6$

Material	Temperature, °C (°F)							
	482 (900) and Below	510 (950)	538 (1,000)	566 (1,050)	593 (1,100)	621 (1,150)	649 (1,200)	677 (1,250) and Above
Ferritic steels	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Austenitic steels	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
Nickel alloys UNS Nos. N06617, N08800, N08810, and N08825	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
Gray iron	0.0	...	...	...	...	...	...	...
Other ductile metals	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

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





Spesifikasi ER308

Tipe Arus	<i>Direct Curent Electrode Negative (DCEN)</i>
Variasi Arus	150-250 [A]
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	88000 [psi]
<i>Yield Strength</i>	59000 [psi]
<i>Elongation in 2"</i>	39%
<i>Shielding Gas</i>	100% Ar
Diameter	2,4 [mm]

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

LOGO PERUSAHAAN	SOP PT X MAINTENANCE SECTION	Nomor Dokumen	: SOP-MRU-001
		Tanggal Disahkan	:
		Revisi	: 00
		Tanggal Diberlakukan	:
		Disahkan Oleh	: Manager Maintenance Section NIP.

SOP PEMELIHARAAN MERCURY REMOVAL UNIT

DASAR HUKUM	CARA MENGATASI
1. Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja; 2. Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup; 3. Undang-Undang No. 11 Tahun 2017 tentang Pengesahan Minamata Convention on Mercury; 4. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 37 Tahun 2016 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Bejana Tekan dan Tangki Timbun; 5. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.5/Menlhk/Setjen/Kum.1/2/2014 tentang Baku Mutu Air Limbah; 6. ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC) Section VIII Division 1 tentang standar desain dan inspeksi bejana tekan; 7. Prosedur Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta Sistem Manajemen Mutu perusahaan yang berlaku.	1. Persiapan Pemeliharaan - Hentikan operasi pompa. - Tutup valve inlet dan outlet. - Lepaskan tekanan hingga 0 barg. - Pastikan tidak ada aliran fluida. - Terapkan Lock Out Tag Out (LOTO). - Gunakan APD lengkap (helm, sarung tangan, kacamata, sepatu safety, coverall). - Pastikan area kerja aman. 2. Pemeriksaan Visual - Inspeksi shell terhadap korosi, retak, deformasi, dan kebocoran. - Periksa kondisi nozzle. - Periksa flange dan gasket. - Periksa valve. - Periksa support/leg. - Periksa bolt dan nut dari kelonggaran. - Periksa coating dari kerusakan. 3. Pemeriksaan Media Karbon Aktif - Buka flange head sesuai prosedur. - Periksa kondisi karbon aktif. - Evaluasi pressure drop. - Bandingkan kualitas air outlet terhadap baku mutu. - Tentukan apakah media masih layak atau telah jenuh. - Jadwalkan penggantian bila diperlukan. 4. Pembersihan Vessel - Keluarkan karbon aktif jenuh melalui handhole. - Bilas bagian dalam menggunakan air. - Bersihkan endapan dan debu. - Bersihkan permukaan luar vessel. - Isi karbon aktif baru sesuai kapasitas desain. - Tutup kembali flange dan lakukan pengencangan baut. 5. Inspeksi Ketebalan Vessel - Ukur ketebalan shell menggunakan Ultrasonic Thickness Gauge (UTG).



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

	- Ukur pada beberapa titik kritis. - Bandingkan dengan ketebalan minimum hasil desain. - Catat seluruh hasil pengukuran. - Laporkan apabila ditemukan penipisan di bawah batas desain. 6. Dokumentasi Pemeliharaan - Isi maintenance record. - Catat hasil inspeksi visual. - Catat hasil UTG. - Catat pressure drop. - Catat penggantian karbon aktif. - Catat tindakan perbaikan. - Tanda tangan teknisi dan supervisor.
--	---

CHECKLIST INSPEKSI

No.	Komponen	Baik	Rusak	Keterangan
1	Shell	☐	☐	
2	Head	☐	☐	
3	Flange	☐	☐	
4	Valve	☐	☐	
5	Gasket	☐	☐	
6	Nozzle	☐	☐	
7	Support	☐	☐	
8	Bolt & Nut	☐	☐	
9	Coating	☐	☐	

TEKNISI	SUPERVISOR
Nama : Tanggal : Tanda Tangan :	Nama : Tanggal : Tanda Tangan :

CATATAN : SOP ini harus dipatuhi untuk menjamin keselamatan kerja, keandalan peralatan, dan efektivitas proses pemeliharaan Mercury Removal Unit.