



© 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



**RANCANG BANGUN *NET PIT STORAGE TANK*
DENGAN SISTEM *AUTO-DOSING CHEMICAL*
UNTUK PENGENDALIAN pH LIMBAH
REGENERASI RESIN SESUAI STANDAR KLHK**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

**Miqdad Sadad Muhlis Pratama
NIM 2302319017**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 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



**RANCANG BANGUN *NET PIT STORAGE TANK*
DENGAN SISTEM *AUTO-DOSING CHEMICAL*
UNTUK PENGENDALIAN pH LIMBAH
REGENERASI RESIN SESUAI STANDAR KLHK**

LAPORAN TUGAS AKHIR

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

Oleh:

Miqdad Sadad Muhlis Pratama

NIM 2302319017

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

JULI, 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



“Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk ayah, ibu, bangsa, dan almamater”



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

LAPORAN TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN *NET PIT STORAGE TANK* DENGAN SISTEM
AUTO-DOSING CHEMICAL UNTUK PENGENDALIAN pH LIMBAH
REGENERASI RESIN SESUAI STANDAR KLHK**

Oleh:

Miqdad Sadad Muhlis Pratama NIM 2302319017

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1,

Rahmat Subarkah, S.T., M.T.
NIP 197601202003121001

Pembimbing 2,

Ir. Andi Dwi Prasetyo, S.T.
No. Badge 133024

Ketua Program Studi
Diploma III Teknik Mesin,

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



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

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN *NET PIT STORAGE TANK* DENGAN SISTEM
AUTO-DOSING CHEMICAL UNTUK PENGENDALIAN pH LIMBAH
REGENERASI RESIN SESUAI STANDAR KLHK**

Oleh:

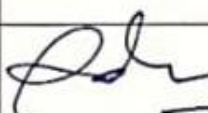
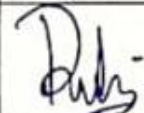
Miqdad Sadad Muhlis Pratama

NIM 2302319017

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan dihadapan Dewan penguji pada tanggal 9 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi D III Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Rahmat Subarkah, S.T., M.T NIP 197601202003121001	Ketua Penguji		09 Juli 2026
2.	Radhi Maladzi, S.T., M.T NIP 199307282024061001	Penguji 1		09 Juli 2026
3.	I Wayan Yuda Samaradipta, S.T., M.T. No. Badge 133237	Penguji 2		09 Juli 2026

Bontang, 9 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

NIP 197602252000121002



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 PERNYATAAN ORINILITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Miqdad Sadad Muhlis Pratama

NIM : 2302319017

Program Studi : Diploma III 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. Pempadat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat dalam Laporan Tugas Akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Bontang, 9 Juli 2026



Miqdad Sadad Muhlis P.
NIM 2302319017



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

RANCANG BANGUN *NET PIT STORAGE TANK* DENGAN SISTEM *AUTO-DOSING CHEMICAL* UNTUK PENGENDALIAN pH LIMBAH REGENERASI RESIN SESUAI STANDAR KLHK

Miqdad Sadad Muhlis Pratama¹⁾, Rahmat Subarkah¹⁾, dan Andi Dwi Prasetyo²⁾

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

²⁾PT Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur, 75324

Email: miqdads9@gmail.com

ABSTRAK

Limbah regenerasi resin pada unit demineralisasi air memiliki karakteristik pH yang sangat asam maupun sangat basa sehingga harus dinetralkan sebelum dibuang ke lingkungan sesuai dengan baku mutu pH 6–9 yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Di PT Badak NGL, proses netralisasi masih dilakukan secara manual berdasarkan pembacaan pH meter sehingga berpotensi menyebabkan ketidakstabilan pH akibat pemberian bahan kimia yang kurang tepat. Penelitian ini bertujuan merancang dan memfabrikasi *net pit storage tank* berbahan *fiber reinforced plastic* (FRP), sebagai media penampungan dan penetralan limbah regenerasi resin dengan sistem *auto-dosing chemical*. Kemudian, merancang sistem perpipaan, serta melakukan pengujian terhadap unit yang dibuat. Metode penelitian meliputi studi literatur, studi lapangan, perancangan, fabrikasi, perakitan, perhitungan sistem perpipaan, verifikasi pompa sirkulasi, serta pengujian menggunakan *visual test*, *gravity leak test*, dan pengujian sistem sirkulasi. Perancangan tangki mengacu pada standar BS 4994, ASME NM 3.3 dan ASTM D2996. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *net pit storage tank* berkapasitas operasi 50 liter berhasil difabrikasi menggunakan material FRP dan dilengkapi sistem perpipaan yang sesuai dengan kebutuhan sirkulasi. Hasil *visual test* menunjukkan tidak ditemukan cacat pada hasil fabrikasi, sedangkan *gravity leak test* membuktikan bahwa tangki dan sambungan perpipaan tidak mengalami kebocoran. Selain itu, sistem sirkulasi mampu mengalirkan fluida secara kontinu dengan debit 4,97 Liter/menit sehingga mendukung proses penetralan di dalam tangki. Dengan demikian, unit yang dirancang memenuhi fungsi sebagai media penampungan dan penetralan limbah regenerasi resin serta layak digunakan sebagai media pengembangan sistem netralisasi limbah berbasis *auto-dosing chemical*.

Kata kunci: *Net Pit Storage Tank*, *Fiber Reinforced Plastic* (FRP), *Auto-Dosing Chemical*, Limbah Regenerasi Resin, Pengendalian pH.



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 FABRICATION OF A NET PIT STORAGE TANK WITH AN AUTO-DOSING CHEMICAL SYSTEM FOR RESIN REGENERATION WASTEWATER pH CONTROL IN ACCORDANCE WITH KLHK STANDARDS

Miqdad Sadad Muhlis Pratama¹⁾, Rahmat Subarkah¹⁾, dan Andi Dwi Prasetyo²⁾

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

²⁾PT Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur, 75324

Email: miqdadsm9@gmail.com

ABSTRACT

Resin regeneration wastewater generated from the water demineralization unit exhibits highly acidic and highly alkaline pH characteristics; therefore, it must be neutralized before being discharged into the environment in accordance with the pH quality standard of 6–9 established by the Indonesian Ministry of Environment and Forestry. At PT Badak NGL, the neutralization process is still performed manually based on pH meter readings, which may result in unstable pH due to inaccurate chemical dosing. This study aims to design and fabricate a fiber reinforced plastic (FRP) net pit storage tank as a storage and neutralization unit for resin regeneration wastewater equipped with an automatic chemical dosing system. In addition, the study includes the design of the piping system and performance testing of the fabricated unit. The research methodology consisted of a literature review, field study, design, fabrication, assembly, piping system calculations, circulation pump verification, and performance testing, including visual testing, gravity leak testing, and circulation system testing. The tank was designed in accordance with BS 4994, ASME NM 3.3 and ASTM D2996 standards. The results show that an FRP net pit storage tank with an operating capacity of 50 L was successfully fabricated and equipped with a piping system that met the circulation requirements. The visual test indicated that no fabrication defects were observed, while the gravity leak test confirmed that the tank and piping connections were leak-free. Furthermore, the circulation system is provides of continuously delivering fluid at a flow rate of 4.97 L/min, thereby supporting the neutralization process inside the tank. Therefore, the designed unit fulfils its function as a storage and neutralization medium for resin regeneration wastewater and is suitable for further development of an automatic chemical dosing-based wastewater neutralization system.

Keywords: Net Pit Storage Tank, Fiber Reinforced Plastic (FRP), Auto-Dosing Chemical, Resin Regeneration Wastewater, pH Control.



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 serta syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Rancang Bangun Net Pit Storage Tank dengan Sistem Auto-Dosing Chemical Untuk Pengendalian pH Limbah Regenerasi Resin Sesuai Standar KLHK**”. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Diploma 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.Si. 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 Rahmat Subarkah, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing dari Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Andi Dwi Prasetyo, S.T., selaku Dosen Pembimbing dari PT Badak NGL yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. Hanun Andriyanto, S.T., M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan konsentrasi *Mechanical Rotating* yang telah memberikan bantuan dalam mengarahkan 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 dapat 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

9. Kedua orang tua yang telah memberikan doa dan ridlo 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.
11. Teman-teman saya yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu telah memberikan dukungan serta doa-doanya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

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.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Bontang, 9 Juli 2026

Miqdad Sadad Muhlis P.
NIM 2302319017



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 ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN ORINILITAS	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Lokasi Objek	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Limbah Regenerasi Resin	7
2.1.1 Karakteristik Limbah	7
2.1.2 pH Limbah Asam dan Basa.....	7
2.1.3 Baku Mutu pH.....	8
2.2 Proses Netralisasi Air Limbah	8
2.2.1 Pengertian Netralisasi	8
2.2.2 Reaksi Netralisasi	9
2.2.3 Faktor yang Mempengaruhi Proses Netralisasi.....	10
2.3 Sistem <i>Auto-Dosing</i>	11
2.4 <i>Fiber Reinforced Plastic (FRP)</i>	12
2.4.1 Pengertian <i>Fiber Reinforced Plastic (FRP)</i>	12
2.4.2 Karakteristik <i>Fiber Reinforced Plastic</i>	12
2.4.3 Komponen Penyusun <i>Fiber Reinforced Plastic</i>	12
2.4.4 Kelebihan dan Kekurangan FRP	16



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

2.5 Storage Tank	17
2.5.1 Pengertian <i>Storage Tank</i>	17
2.5.2 Komponen <i>Storage Tank</i>	18
2.5.3 Perhitungan Kapasitas <i>Storage Tank</i>	19
2.6 Standar Perancangan Tangki FRP	19
2.6.1 ASTM D2996	19
2.6.2 BS 4994.....	20
2.6.3 ASME NM.3.3	20
2.6.4 Faktor Keamanan (<i>Safety Factor</i>)	21
2.6.5 Tegangan pada Tangki FRP.....	21
2.6.6 Ketebalan Dinding Tangki (<i>Shell Thickness</i>)	21
2.6.7 Ketebalan Cap Bawah.....	22
2.7 Metode Fabrikasi <i>Fiber Reinforced Plastic</i> (FRP).....	24
2.7.1 <i>Filament Winding</i>	24
2.7.2 <i>Hand Lay-Up</i>	25
2.7.3 Laminasi.....	26
2.7.4 <i>Curing</i>	26
2.7.5 Penyambungan (<i>Jointing</i>)	26
2.8 Sistem Perpipaan.....	27
2.8.1 Pengertian Sistem Perpipaan.....	27
2.8.2 Pipa <i>Polyvinyl Chloride</i> (PVC).....	27
2.8.3 Desain Sistem Perpipaan	28
2.8.4 Luas Penampang Pipa.....	28
2.8.5 Bilangan Reynolds (<i>Re</i>).....	29
2.8.6 Kehilangan Energi (<i>Head Loss</i>)	30
2.8.7 <i>Valve dan Fitting</i>	32
2.9 Pompa	36
2.9.1 Pompa Sentrifugal	36
2.9.2 <i>Head</i> Pompa	37
2.9.3 Debit Pompa.....	38
2.9.4 Kurva Karakteristik Pompa.....	38
2.10 Pengujian Tangki.....	39
2.10.1 <i>Visual Test</i>	39
2.10.2 <i>Gravity Leak Test</i> (Uji Kebocoran dengan Metode Gravitasi).....	40



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 PENELITIAN.....	41
3.1 Diagram Alir Pengerjaan	41
3.2 Penjelasan Tahapan Pengerjaan.....	42
3.2.1 Identifikasi Masalah	42
3.2.2 Perumusan Masalah.....	42
3.2.3 Studi Literatur	43
3.2.4 Studi Lapangan.....	43
3.2.5 Kebutuhan Desain	44
3.2.6 Desain dan Fabrikasi	46
3.2.7 Pengujian.....	49
3.2.8 Pengambilan Data.....	51
3.2.9 Pembuatan Laporan.....	52
3.3 Metode Pemecahan Masalah	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	53
4.1 Perancangan <i>Net Pit Storage Tank</i>.....	53
4.1.1 Pemilihan Material <i>Net Pit Storage Tank</i>	53
4.1.2 Penentuan Kapasitas Tangki	54
4.1.3 Perancangan Dimensi <i>Shell</i>	55
4.1.4 Perancangan Ketebalan <i>Shell</i>	56
4.1.5 Perancangan Cap <i>Net Pit Storage Tank</i>	58
4.2 Fabrikasi <i>Net Pit Storage Tank</i>.....	60
4.2.1 Verifikasi Ketebalan <i>Shell</i>	64
4.2.2 Verifikasi Ketebalan Cap Bawah.....	64
4.3 Perancangan Sistem Perpipaan	65
4.3.1 Pemilihan Material Perpipaan	65
4.3.2 Penentuan Diameter Pipa.....	66
4.3.3 Perhitungan Sistem Perpipaan.....	67
4.3.4 Verifikasi Pompa Sirkulasi.....	71
4.4 Fabrikasi Sistem Perpipaan	71
4.5 Perakitan Unit	73
4.6 Pengujian unit	74
4.6.1 Pengujian Visual (<i>Visual Test</i>).....	74
4.6.2 Pengujian Kebocoran (<i>Gravity Leak Test</i>).....	74
4.6.3 Pengujian Sistem Sirkulasi	75



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	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA	79
DAFTAR LAMPIRAN	84
BIODATA MAHASISWA	89





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 4.1 Data Perancangan Sistem Perpipaan	67
Tabel 4.2 Koefisien Kehilangan (K) pada Komponen Fitting Sistem Perpipaan ..	70
Tabel 4.3 Spesifikasi Pompa	71





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 Continous Roving	13
Gambar 2.2 Woven Roving	14
Gambar 2.3 Chopped Strand Mat dan Woven Roving Combination Mat	15
Gambar 2.4 Surface Veil	15
Gambar 2.5 Resin	16
Gambar 2.6 Metode Filament Winding.....	25
Gambar 2.7 Metode Hand Lay-Up	26
Gambar 2.8 Ball valve	32
Gambar 2.9 Gate Valve	33
Gambar 2.10 Check Valve.....	33
Gambar 2.11 Globe Valve	34
Gambar 2.12 Solenoid Valve.....	34
Gambar 2.13 Elbow	35
Gambar 2.14 Tee.....	35
Gambar 2.15 Threaded Socket	36
Gambar 2.16 Water Moor.....	36
Gambar 2.17 Komponen Pompa Sentrifugal	37
Gambar 2.18 Kurva Karakteristik Pompa	39
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan.....	41
Gambar 4.1 Tahap Pemotongan Material.....	60
Gambar 4.2 Tahap Pengeboran dan Pemasangan Nozzle	61
Gambar 4.3 Tahap Pembuatan Cap Atas.....	62
Gambar 4.4 Tahap Penyambungan Cap Bawah	63
Gambar 4.5 Hasil Fabrikasi Net Pit	63
Gambar 4.6 Material Pipa PVC AW	66
Gambar 4.7 Sistem Perpipaan	73
Gambar 4.8 Gravity Leak Test	75
Gambar 4.9 Hasil Pengujian Sirkulasi terhadap Waktu	76



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

Air adalah salah satu utilitas paling krusial dalam operasi industri energi dengan skala yang besar, mulai dari kebutuhan air umpan boiler, media pendingin, air proses hingga sanitasi. Kandungan mineral terlarut seperti kalsium, magnesium, dan silika dalam air baku menyebabkan terjadinya *scaling* dan korosi yang menurunkan efisiensi peralatan, sehingga diperlukan proses pemurnian air sebelum digunakan sebagai umpan boiler. Salah satu teknologi yang paling sering digunakan yaitu demineralisasi berbasis pertukaran ion (*ion exchange*) menggunakan resin kation dan resin anion yang mampu menangani kapasitas debit yang besar dengan operasional yang relatif sederhana [1].

PT Badak NGL sebagai salah satu fasilitas pengolahan LNG terbesar di dunia memiliki plant 36 sebagai unit utama penghasil air demin untuk umpan boiler seluruh kilang. Unit *Demineralizer* yang ada berjumlah enam unit yang terbagi dari unit *Cation exchanger* dan *Anion Exchanger* berkapasitas pompa pengisian 113 m³/jam per unit [2]. Resin-resin tersebut mengalami kejenuhan secara berkala sehingga memerlukan regenerasi menggunakan larutan H₂SO₄ 4% untuk resin kation dan NaOH 4% untuk resin anion [2].

Proses regenerasi tersebut tentu menghasilkan limbah dengan karakteristik pH yang ekstrem, yaitu rentang pH 2 untuk limbah dari resin kation dan rentang pH 12 untuk limbah dari resin anion yang mengandung garam sisa reaksi seperti CaSO₄, Na₂SO₄, dan NaOH bebas [1], [3]. Paparan berkelanjutan terhadap limbah dengan pH ekstrem tersebut dapat meningkatkan laju korosi material logam secara signifikan, terutama pada kondisi sangat asam maupun sangat basa. Pengendalian pH merupakan salah satu parameter utama dalam pengolahan air limbah industri karena pH yang berada di luar baku mutu dapat meningkatkan potensi korosi, mengganggu proses pengolahan lanjutan, serta memberikan dampak terhadap lingkungan perairan [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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Dari sisi regulasi, pembuangan limbah cair diatur secara ketat oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, yang mewajibkan pH air limbah berada pada rentang 6-9 sebelum dibuang ke lingkungan [5]. Pelanggaran terhadap baku mutu ini akan menimbulkan sanksi administratif sekaligus kerusakan ekosistem perairan, sehingga proses netralisasi limbah regenerasi resin bukan sekedar kebutuhan teknis melainkan kewajiban hukum yang harus dipenuhi oleh setiap industri.

Untuk memenuhi kewajiban tersebut PT Badak NGL mengoperasikan *Neutralizing Pit* 36Q-1 (133 m^3) dan 36 Q-5 (208 m^3) yang menampung serta menetralkan limbah regenerasi resin menggunakan pompa sirkulasi 36G-14A/B dan 36G-43A/B [2]. Namun, hasil observasi di lapangan menunjukkan bahwa sistem *dosing* masih dilakukan secara manual. Operator membuka dan menutup *valve* larutan injeksi, sesuai dengan pembacaan pH meter lokal tanpa kontrol otomatis yang responsif. Hal ini rawan menimbulkan *overdosing* maupun fluktuasi pH yang tidak terkendali, mengingat pH merupakan parameter yang sangat tidak linear terhadap penambahan bahan kimia [6].

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan pengembangan sistem netralisasi limbah yang mampu meningkatkan efektivitas pencampuran serta menjaga kestabilan pH. Salah satu upaya yang dapat dilakukan melalui perancangan net pit storage tank yang dilengkapi dengan sistem *auto-dosing chemical* berbasis sensor pH. Dengan adanya sistem ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian pH secara *real-time* sehingga proses netralisasi berlangsung lebih efektif dan konsisten dibanding sistem *manual dosing* [6]. Oleh karena itu, penulis mengajukan Tugas Akhir yang berjudul "**Rancang Bangun Net Pit Storage Tank dengan Sistem Auto-Dosing Chemical untuk Pengendalian pH Limbah Regenerasi Resin Sesuai Standar KLHK**".

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



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. Bagaimana merancang *net pit storage tank* berbahan *fiber reinforced plastic* (FRP) sebagai unit penampung dan penetral limbah regenerasi resin?
2. Bagaimana memfabrikasi *net pit storage tank* berbahan *fiber reinforced plastic* (FRP) sebagai unit penampung dan penetral limbah regenerasi resin?
3. Bagaimana merancang sistem perpipaan yang sesuai dengan konfigurasi *net pit storage tank*?
4. Bagaimana hasil pengujian kebocoran unit menggunakan metode *visual test*, *gravity leak test*, serta pengujian sistem sirkulasi?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang *net pit storage tank* berbahan *fiber reinforced plastic* (FRP) sebagai unit penampung dan penetral limbah regenerasi resin.
2. Memfabrikasi *net pit storage tank* berbahan *fiber reinforced plastic* (FRP) sebagai unit penampung dan penetral limbah regenerasi resin.
3. Merancang sistem perpipaan serta melakukan verifikasi kesesuaian pompa sirkulasi terhadap kebutuhan sistem.
4. Melakukan pengujian kebocoran unit menggunakan metode *visual test*, *gravity leak test*, dan pengujian sistem sirkulasi untuk memastikan unit berfungsi sesuai dengan rancangan,

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian tugas akhir ini hanya berfokus pada perancangan dan fabrikasi *net pit storage tank* menggunakan material *fiber reinforced plastic* sebagai unit penampung dan penetral limbah regenerasi resin.
2. Limbah yang digunakan adalah limbah yang berasal dari *neutralizing pit* yang ada di Plant 36 PT Badak NGL, dan tidak diproses secara berkelanjutan.



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

3. Pembahasan tidak mencakup aspek proses , sistem kelistrikan, maupun instrumentasi secara mendetail.
4. Pompa yang digunakan adalah pompa yang telah tersedia yaitu *Shimizu PS 135E*
5. Perancangan sistem perpipaan dibatasi pada penentuan debit aliran air limbah, diameter pipa, perhitungan *major loss*, *minor loss*, serta pemilihan komponen perpipaan yang digunakan pada sistem sirkulasi.
6. Pengujian kebocoran yang dilakukan hanya meliputi *visual test* dan *gravity leak test* untuk memastikan tidak terjadi kebocoran dan cacat pada hasil fabrikasi tangki, tanpa melakukan pengujian jangka panjang terhadap ketahanan material maupun performa sistem netralisasi.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Bagi Penulis

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 mempraktikannya secara nyata.

b. Bagi LNG Academy dan Politeknik Negeri Jakarta

Sebagai media pembelajaran dan penelitian tentang sistem pengolahan limbah industri, terutama pada pembuatan *net pit storage tank* yang dilengkapi sistem netralisasi dengan kontrol *auto-dosing* untuk pengendalian pH sesuai standar baku mutu limbah cair KLHK (rentang pH 6–9).

c. Bagi PT Badak NGL dan Industri



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. Membantu pengendalian pH limbah regenerasi resin agar memenuhi baku mutu limbah cair sesuai standar Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada Plant 36, PT Badak NGL.
2. Mengurangi potensi kerusakan peralatan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) akibat paparan air limbah dengan pH ekstrem.
3. Meningkatkan efisiensi penggunaan bahan kimia netralisasi melalui sistem pengendalian otomatis.
4. Dapat dijadikan sebagai studi awal PT Badak NGL dalam pengembangan sistem netralisasi air limbah yang lebih efektif pada fasilitas industri.

1.6 Lokasi Objek

Lokasi objek tugas akhir berada di Bengkel Induk PT Badak NGL, *Fiberglass, Insulation, Painting, and Civil (FIPC) Workshop* dan *Badak Learning Center Workshop*, Bontang, Kalimantan Timur.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penelitian topik tugas akhir, tujuan umum dan khusus yang ingin dicapai, ruang lingkup atau batasan masalah yang menjadi fokus penelitian pada tugas akhir, manfaat yang diharapkan dari pelaksanaan tugas akhir, serta sistematika penulisan laporan secara keseluruhan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat kajian literatur atau pustaka yang relevan dan mendukung penyusunan tugas akhir. Pembahasan meliputi rangkaian dan analisis kritis terhadap teori, konsep, serta hasil penelitian terdahulu yang berkaitan langsung dengan topik yang dikaji dalam laporan ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode atau pendekatan yang digunakan dalam penyelesaian penelitian pada tugas akhir, termasuk prosedur kerja, teknik



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

pengambilan sampel, metode pengumpulan data, serta teknik analisis atau langkah-langkah perancangan yang dilakukan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil yang diperoleh dari analisis data atau perhitungan aktual selama proses penelitian tugas akhir maupun perancangan berlangsung. Hasil tersebut kemudian dianalisis dan diinterpretasikan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam terhadap permasalahan yang dibahas.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir ini berisi kesimpulan yang merangkum seluruh hasil pembahasan dan menjawab tujuan serta perumusan masalah yang telah ditetapkan. Selain itu, disertakan saran-saran yang bersifat konstruktif sebagai masukan terhadap pelaksanaan maupun pengembangan penelitian pada tugas akhir atau perancangan selanjutnya.

**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

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, fabrikasi, perhitungan, dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Telah berhasil dirancang *net pit storage tank* berbahan *fiber reinforced plastic* (FRP) dengan kapasitas operasi 50 L yang berfungsi sebagai sebagai unit penampung dan penetral limbah regenerasi resin. Material FRP dipilih karena tahan terhadap korosi, ringan, dan mudah difabrikasi.
2. Fabrikasi *net pit storage tank* berhasil dilakukan sehingga seluruh komponen utama, meliputi tangki, sistem perpipaan, pompa sirkulasi, sensor pH, dan sistem *auto-dosing*, dapat terpasang dengan baik.
3. Sistem perpipaan berhasil dirancang dengan debit desain 25 L/menit, kecepatan aliran 0,748 m/s, bilangan Reynolds $2,23 \times 10^4$ (aliran turbulen), serta *Total Dynamic Head* (TDH) sebesar 0,530 m, sehingga pompa sirkulasi yang dipilih memenuhi kebutuhan sistem.
4. Hasil *visual test* menunjukkan bahwa hasil laminasi memenuhi kriteria kualitas tanpa ditemukan cacat berupa retak, delaminasi, maupun *void*. Hasil *gravity leak test* menunjukkan tidak terdapat kebocoran pada badan tangki maupun sambungan laminasi. Selain itu, pengujian sistem sirkulasi menunjukkan bahwa unit mampu mensirkulasikan fluida secara baik sehingga mendukung proses pencampuran selama netralisasi.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan menambahkan agitator mekanis di dalam *net pit storage tank* untuk meningkatkan homogenitas pencampuran antara limbah regenerasi resin dan larutan penetral, terutama apabila tangki digunakan pada kapasitas yang lebih besar.



© 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. Pompa yang digunakan pada penelitian ini memiliki kapasitas *head* dan debit yang jauh lebih besar dibandingkan kebutuhan sistem. Oleh karena itu, pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pemilihan pompa yang lebih sesuai dengan hasil perhitungan *Total Dynamic Head* (TDH) dan debit operasi agar penggunaan energi menjadi lebih efisien serta biaya investasi dapat diminimalkan.
3. Ketebalan *shell* dan *bottom cap* pada penelitian ini ditentukan dengan mempertimbangkan hasil perhitungan, ketersediaan material, serta kemudahan proses fabrikasi. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan optimasi ketebalan menggunakan metode analisis numerik, seperti *Finite Element Analysis* (FEA), sehingga distribusi tegangan dan deformasi pada tangki dapat dievaluasi secara lebih rinci. Dengan demikian, ketebalan material yang digunakan dapat lebih optimal tanpa mengurangi faktor keamanan struktur.

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Sharma, A. V. Karre, K. T. Valsaraj, dan S. Sharma, "Intensification of a Neutralization Process for Waste Generated from Ion Exchange Regeneration for Expansion of a Chemical Manufacturing Facility," *Processes*, vol. 9, no. 8, hal. 1285, Jul 2021, doi: 10.3390/pr9081285.
- [2] PT Badak NGL, *Manual Book Water Treatment Plant Plant: Plant 36,48,49*. Bontang: PT Badak NGL, 2014.
- [3] Z. Liu, M. Haddad, S. Sauvé, dan B. Barbeau, "Alleviating the burden of ion exchange brine in water treatment: From operational strategies to brine management," *Water Res.*, vol. 205, hal. 1–56, 2021, doi: 10.1016/j.watres.2021.117728.
- [4] Metcalf & Eddy Inc, "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4th ed.," 2003, *McGraw-Hill, New York*. doi: 10.1093/nq/179.18.317-a.
- [5] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah," 2014, [Daring]. Tersedia pada: <https://peraturan.go.id/common/dokumen/permen/lhk/5-2014.pdf>
- [6] Y. Dharshan, K. Srinivasan, dan B. Sharmila, "Neutralize the pH of wastewater using intelligent controllers for industrial reuse," *Glob. Nest J.*, vol. 25, no. 5, hal. 34–42, 2023, doi: 10.30955/gnj.004557.
- [7] S. S. Madaeni dan M. R. Eslamifard, "Recycle unit wastewater treatment in petrochemical complex using reverse osmosis process," *J. Hazard. Mater.*, vol. 174, no. 1–3, hal. 404–409, Feb 2010, doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.09.067.
- [8] N. M. Marin, M. Nita Lazar, M. Popa, T. Galaon, dan L. F. Pascu, "Current Trends in Development and Use of Polymeric Ion-Exchange Resins in Wastewater Treatment," *Materials (Basel)*, vol. 17, no. 23, hal. 5994, Des 2024, doi: 10.3390/ma17235994.
- [9] and F. B. G. Tchobanoglous, H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, "Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery," in *Environmentally Conscious Materials and Chemicals Processing*, 5 ed., McGraw-Hill, 2014. doi: 10.1002/9780470168219.ch8.
- [10] S. Kato dan Y. Kansha, "Comprehensive review of industrial wastewater treatment techniques," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 31, no. 39, hal. 51064–51097, Agu 2024, doi: 10.1007/s11356-024-34584-0.
- [11] O. Petrov *et al.*, "Neutralization of industrial water by electrodialysis," *Membranes (Basel)*, vol. 11, no. 2, hal. 1–12, 2021, doi: 10.3390/membranes11020101.
- [12] R. K. Goel, J. R. V. Flora, dan J. P. Chen, "Flow Equalization and



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

- Neutralization,” in *Physicochemical Treatment Processes*, vol. 3, Totowa, NJ: Humana Press, 2005, hal. 21–45. doi: 10.1385/1-59259-820-x:021.
- [13] Sularso dan H. Tahara, *Pompa dan Kompresor: Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1983.
 - [14] Y. Xu, X. Zeng, S. Bernard, dan Z. He, “Data-driven prediction of neutralizer pH and valve position towards precise control of chemical dosage in a wastewater treatment plant,” *J. Clean. Prod.*, vol. 348, hal. 131360, Mei 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131360.
 - [15] B. C. Ray dan D. Rathore, “Environmental damage and degradation of FRP composites: A review report,” *Polym. Compos.*, vol. 36, no. 3, hal. 410–423, Mar 2015, doi: 10.1002/pc.22967.
 - [16] S. mahboubizadeh, A. Sadeq, Z. Arzaqi, O. Ashkani, dan M. Samadoghli, “Advancements in fiber-reinforced polymer (FRP) composites: an extensive review,” *Discov. Mater.*, vol. 4, no. 1, hal. 22, Jun 2024, doi: 10.1007/s43939-024-00091-9.
 - [17] J. R. Cho, “Natural element hierarchic models for the free vibration analyses of laminate composite plates,” *Compos. Struct.*, vol. 272, hal. 114147, Sep 2021, doi: 10.1016/j.compstruct.2021.114147.
 - [18] D. Vališ, O. Nováček, K. Hasilová, dan J. Leuchter, “Modelling of degradation and a soft failure moment during the operation of a supercapacitor applying selected diffusion processes,” *Eng. Fail. Anal.*, vol. 82, hal. 566–582, Des 2017, doi: 10.1016/j.engfailanal.2017.04.019.
 - [19] H. Akhdar dan M. Alshehri, “Geant4 Simulation of Photon- and Neutron-Shielding Capabilities of Biopolymer Blends of Poly(lactic acid) and Poly(hydroxybutyrate),” *Polymers (Basel)*, vol. 15, no. 21, hal. 4257, Okt 2023, doi: 10.3390/polym15214257.
 - [20] K. Aruchamy *et al.*, “An Experimental Study on Drilling Behavior of Silane-Treated Cotton/Bamboo Woven Hybrid Fiber Reinforced Epoxy Polymer Composites,” *Polymers (Basel)*, vol. 15, no. 14, hal. 3075, Jul 2023, doi: 10.3390/polym15143075.
 - [21] C. Giorgi dan J. M. Golden, “Viscoelastic and Electromagnetic Materials with Nonlinear Memory,” *Materials (Basel)*, vol. 15, no. 19, hal. 6804, Sep 2022, doi: 10.3390/ma15196804.
 - [22] S. Huang, Q. Fu, L. Yan, dan B. Kasal, “Characterization of interfacial properties between fibre and polymer matrix in composite materials – A critical review,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 13, hal. 1441–1484, Jul 2021, doi: 10.1016/j.jmrt.2021.05.076.
 - [23] F. H. Abdalla *et al.*, “Design and fabrication of low cost filament winding machine,” *Mater. Des.*, vol. 28, no. 1, hal. 234–239, Jan 2007, doi: 10.1016/j.matdes.2005.06.015.



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

- [24] H. Ku, H. Wang, N. Pattarachaiyakooop, dan M. Trada, "A review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites," *Compos. Part B Eng.*, vol. 42, no. 4, hal. 856–873, Jun 2011, doi: 10.1016/j.compositesb.2011.01.010.
- [25] V. Fiore, T. Scalici, G. Di Bella, dan A. Valenza, "A review on basalt fibre and its composites," *Compos. Part B Eng.*, vol. 74, hal. 74–94, Jun 2015, doi: 10.1016/j.compositesb.2014.12.034.
- [26] C. Zhu, Z. Qiao, H. Wang, dan C. Huang, "The Study of Functional Glass Fiber Veils for Composites Protection: Flame Resistance and Mechanical Performance," *J. Compos. Sci.*, vol. 8, no. 7, hal. 268, Jul 2024, doi: 10.3390/jcs8070268.
- [27] R. N. Anderson, "Materials Science," *Wiley Encycl. Forensic Sci. Jamieson/Forensic*, hal. 1–11, 2009, doi: 10.1002/9780470061589.fsa433.pub2.
- [28] J. Qureshi, "A Review of Fibre Reinforced Polymer Structures," *Fibers*, vol. 10, no. 3, hal. 27, Mar 2022, doi: 10.3390/fib10030027.
- [29] L. C. Hollaway, "A review of the present and future utilisation of FRP composites in the civil infrastructure with reference to their important in-service properties," *Constr. Build. Mater.*, vol. 24, no. 12, hal. 2419–2445, Des 2010, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2010.04.062.
- [30] J. D. Ortiz, S. S. Khedmatgozar Dolati, P. Malla, A. Nanni, dan A. Mehrabi, "FRP-Reinforced/Strengthened Concrete: State-of-the-Art Review on Durability and Mechanical Effects," *Materials (Basel)*, vol. 16, no. 5, hal. 1990, Feb 2023, doi: 10.3390/ma16051990.
- [31] M. Mehdikhani, L. Gorbatikh, I. Verpoest, dan S. V Lomov, "Voids in fiber-reinforced polymer composites: A review on their formation, characteristics, and effects on mechanical performance," *J. Compos. Mater.*, vol. 53, no. 12, hal. 1579–1669, Mei 2019, doi: 10.1177/0021998318772152.
- [32] G. Sinnott, R. K., & Towler, *Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design (2nd ed.)*, 2 ed., vol. 2. Elsevier Ltd, 2009.
- [33] A. Kayode Coker, *Ludwig's Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, vol. 1. Elsevier Ltd, 2010.
- [34] American Petroleum Institute, "API650 Welded Tanks for Oil Storage," *Am. Pet. Inst.*, no. March, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/api.650.2007.pdf>
- [35] Dennis R. Moss & Michael Basic., *Pressure Vessel Design Manual*, 4th ed. Elsevier Ltd, 2013.



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

- [36] BSI British Standards Institution, "Specification for design and construction of vessels and tanks in reinforced plastics," 1987, *BSI British Standards, London*. doi: 10.3403/00169742U.
- [37] E. F. Megyesy, *Pressure Vessel Handbook*.
- [38] ASME, "SECTION VIII Rules for Construction of Pressure Vessels ASME Boiler and Pressure Vessel Code An International Code Division 1," *Secret Doctrin.*, hal. 82–90, 2012.
- [39] ASTM International, "Specification for Filament-Wound Fiberglass (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting-Resin) Pipe," 1 Agustus 2017, *ASTM International, West Conshohocken, PA*. doi: 10.1520/D2996-17.
- [40] American Society of Mechanical Engineers, "ASME NM3.3 Nonmetallic Materials Part 3-Properties for Nonmetallic Pressure Piping Systems 2018," 2018.
- [41] J. K. Budynas, R. G., & Nisbett, *Shigley's Mechanical Engineering Design*, 10th ed. McGraw-Hill, 2020.
- [42] ASTM International, "Specification for Filament-Wound Glass-Fiber-Reinforced Thermoset Resin Corrosion-Resistant Tanks," 1 April 2026, *ASTM International, West Conshohocken, PA*. doi: 10.1520/D3299-26.
- [43] V. . Bhandari, *Design of Machine Elements*, 3rd ed. McGraw-Hill Education, 2010.
- [44] Y. A. Cengel dan J. M. Cimbala, *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. New York: McGraw-Hill, 2017.
- [45] V. B. Bhandari, *Design of Machine Elements*, 3rd ed. 2010.
- [46] M. Azeem *et al.*, "Application of Filament Winding Technology in Composite Pressure Vessels and Challenges: A Review," *J. Energy Storage*, vol. 49, no. 19, hal. 103468, Mei 2022, doi: 10.1016/j.est.2021.103468.
- [47] S. T. Peters, *Handbook of Composites*, 2nd ed. Springer, 2001.
- [48] Crane Co., *Flow of Fluids Through Valves, Fittings, and Pipe*. New York: Crane Co., 1998.
- [49] P. L. Skousen, *The Valve Handbook*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2011.
- [50] J. P. M. I. J. Karassik, W. C. Krutzsch, W. H. Fraser, *Pump Handbook*. New York: McGraw-Hill, 1976.
- [51] ASTM International, "Practice for Classifying Visual Defects in Glass-Reinforced Plastic Laminate Parts," 1 September 2015, *ASTM International, West Conshohocken, PA*. doi: 10.1520/D2563-08R15.



© 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





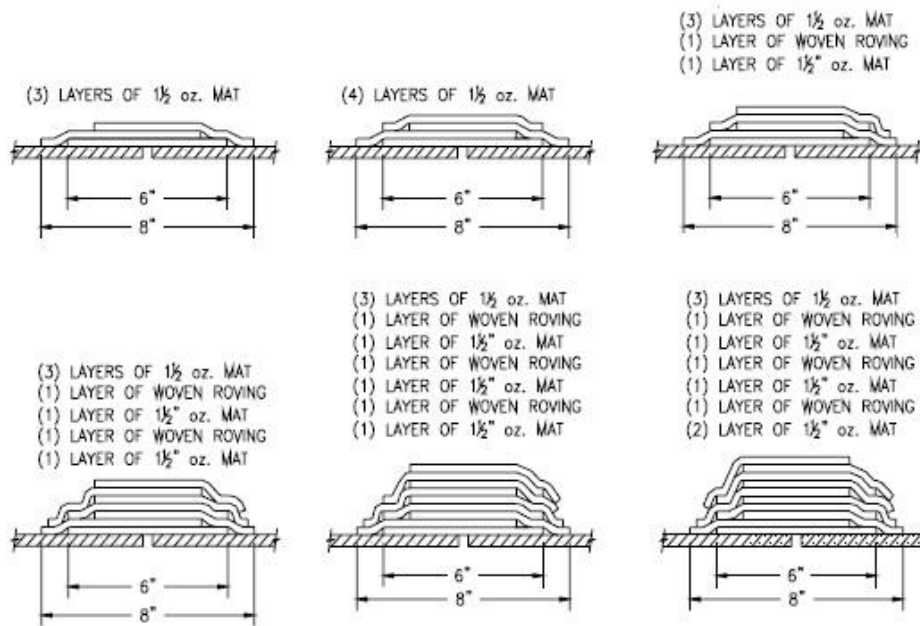
Hak Cipta :

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 LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Gambar Konfigurasi FRP



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

LAMPIRAN 2

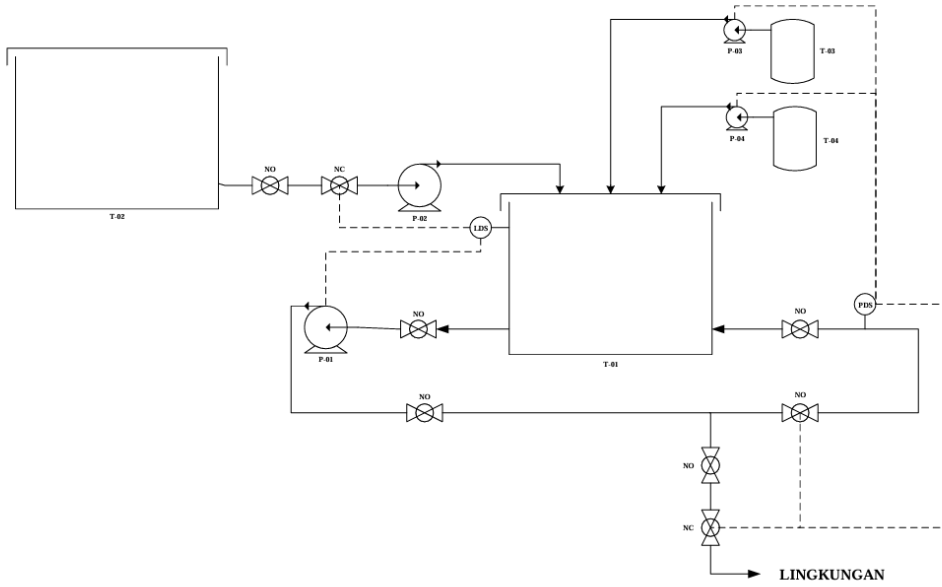


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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

Process Flow Diagram ALAT



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



LAMPIRAN 3

ASME NM.3.3 Tabel *Allowable Stress Data*

Table 1-2.1-3M Data Sheet for Fiberglass Unsaturated Polyester Resin Type III (55-deg Filament Wound; ASME NM.2, Mandatory Appendix IV)

Description and Service Limits															
Reinforcement material:		Fiberglass (Type E or ECR glass)													
Resin material:		Unsaturated polyester resin													
Reinforcement pattern:		FW (±55)													
Structural wall thickness range, mm:		2.5 to 17.5													
Liner thickness, mm:		2.5													
Modulus Data [Notes (1), (2), and (3)]															
Modulus of Elasticity for Total Wall Thickness, mm (Including 2.5-mm Liner), and Temperature, °C															
Property		Symbol	ASTM Test Method	Up to and Including 25°C				65°C				93°C			
				5	10	15	20 and Over	5	10	15	20 and Over	5	10	15	20 and Over
Axial tensile, MPa		E_{AT}	D638, D1599, or D2105	8.21E+03	8.69E+03	8.83E+03	8.90E+03	6.97E+03	7.17E+03	7.17E+03	7.24E+03	5.66E+03	5.57E+03	5.54E+03	5.52E+04
Axial compressive, MPa		E_{AC}	D695	8.21E+03	8.69E+03	8.83E+03	8.90E+03	6.97E+03	7.17E+03	7.17E+03	7.24E+03	5.66E+03	5.57E+03	5.54E+03	5.52E+04
Axial flexural, MPa		E_{AF}	D790 or D2925	7.66E+03	8.21E+03	8.41E+03	8.55E+03	6.48E+04	6.86E+03	7.03E+03	7.10E+03	5.26E+03	5.50E+03	5.54E+03	5.55E+04
Hoop tensile, MPa		E_{HT}	D638, D1599, or D2290	1.04E+04	1.29E+04	1.37E+04	1.41E+04	9.17E+03	1.14E+04	1.21E+04	1.24E+04	8.00E+03	9.79E+03	1.03E+04	1.06E+04
Hoop flexural, MPa		E_{HF}	D790 or D2412	8.76E+03	1.10E+04	1.21E+04	1.28E+04	7.59E+03	9.72E+02	1.08E+04	1.14E+04	6.43E+03	8.41E+03	9.31E+03	9.79E+03
In-plane shear, MPa		G	D4255	4.73E+03	7.03E+03	7.93E+03	8.34E+03	4.32E+03	6.63E+03	7.52E+03	7.93E+03	3.90E+03	6.23E+03	7.10E+03	7.52E+03
Other Property Data [Notes (1), (2), and (3)]															
Property		Symbol	Test Method	Value for 0.2-in. Thickness											
Poisson's ratio: hoop-axial tensile		ν_{HAT}	---	0.52											
Poisson's ratio: axial-hoop tensile		ν_{AHT}	---	0.39											
Coefficient of thermal expansion, mm/mm/°C: axial		α_A	D696	1.98E-05											
Coefficient of thermal expansion, mm/mm/°C: hoop		α_H	---	1.04E-05											
Density, kg/m ³		ρ	D792	0.059											
Thermal conductivity, W/(m-K)		k	C1045	1.76											
Allowable Stress Data [Note (4)]															
Property		Symbol	ASTM Test Method	25°C		65°C		93°C							
Axial tensile, MPa		$S_{A(0.1)}$	D638 or D2105	5.63E+00		5.57E+00		4.46E+00							
Axial flexural, MPa		$S_{AF(0.1)}$	D790 or D2925	1.23E+01		1.03E+01		8.28E+00							
Axial compressive, MPa		$S_{A(0-1)}$	D695	1.12E+01		9.31E+00		7.24E+00							
Axial 2 × 1 biaxial tensile, MPa		$S_{A(2:1)}$	D1599	1.29E+01		1.26E+01		7.24E+00							
Hoop 2 × 1 biaxial tensile, MPa		$S_{H(2:1)}$	D1599	1.67E+01		1.48E+01		1.03E+01							
Hoop tensile, MPa		$S_{H(1:0)}$	D638, D1599, or D2290	1.67E+01		1.48E+01		1.03E+01							
In-plane shear, MPa		τ	D4255	7.03E+00		6.63E+00		6.23E+00							



- 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 :

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 4

Tabel A-3: Properties of Saturated Water

942
PROPERTY TABLES AND CHARTS

TABLE A-3
Properties of saturated water

Temp. <i>T</i> , °C	Saturation Pressure <i>P</i> _{sat} , kPa	Density ρ , kg/m ³		Enthalpy of Vaporization <i>h</i> _{fg} , kJ/kg	Specific Heat <i>c_p</i> , J/kg·K		Thermal Conductivity <i>k</i> , W/m·K		Dynamic Viscosity μ , kg/m·s		Prandtl Number <i>Pr</i>		Volume Expansion Coefficient β , 1/K	Surface Tension, N/m
		Liquid	Vapor		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor		
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2501	4217	1854	0.561	0.0171	1.792 × 10 ⁻³	0.922 × 10 ⁻⁵	13.5	1.00	-0.068 × 10 ⁻³	0.0756
5	0.8721	999.9	0.0068	2490	4205	1857	0.571	0.0173	1.519 × 10 ⁻³	0.934 × 10 ⁻⁵	11.2	1.00	0.015 × 10 ⁻³	0.0749
10	1.2276	999.7	0.0094	2478	4194	1862	0.580	0.0176	1.307 × 10 ⁻³	0.946 × 10 ⁻⁵	9.45	1.00	0.733 × 10 ⁻³	0.0742
15	1.7051	999.1	0.0128	2466	4186	1863	0.589	0.0179	1.138 × 10 ⁻³	0.959 × 10 ⁻⁵	8.09	1.00	0.138 × 10 ⁻³	0.0735
20	2.339	998.0	0.0173	2454	4182	1867	0.598	0.0182	1.002 × 10 ⁻³	0.973 × 10 ⁻⁵	7.01	1.00	0.195 × 10 ⁻³	0.0727
25	3.169	997.0	0.0231	2442	4180	1870	0.607	0.0186	0.891 × 10 ⁻³	0.987 × 10 ⁻⁵	6.14	1.00	0.247 × 10 ⁻³	0.0720
30	4.246	996.0	0.0304	2431	4178	1875	0.615	0.0189	0.798 × 10 ⁻³	1.001 × 10 ⁻⁵	5.42	1.00	0.294 × 10 ⁻³	0.0712
35	5.628	994.0	0.0397	2419	4178	1880	0.623	0.0192	0.720 × 10 ⁻³	1.016 × 10 ⁻⁵	4.83	1.00	0.337 × 10 ⁻³	0.0704
40	7.384	992.1	0.0512	2407	4179	1885	0.631	0.0196	0.653 × 10 ⁻³	1.031 × 10 ⁻⁵	4.32	1.00	0.377 × 10 ⁻³	0.0696
45	9.593	990.1	0.0655	2395	4180	1892	0.637	0.0200	0.596 × 10 ⁻³	1.046 × 10 ⁻⁵	3.91	1.00	0.415 × 10 ⁻³	0.0688
50	12.35	988.1	0.0831	2383	4181	1900	0.644	0.0204	0.547 × 10 ⁻³	1.062 × 10 ⁻⁵	3.55	1.00	0.451 × 10 ⁻³	0.0679
55	15.76	985.2	0.1045	2371	4183	1908	0.649	0.0208	0.504 × 10 ⁻³	1.077 × 10 ⁻⁵	3.25	1.00	0.484 × 10 ⁻³	0.0671
60	19.94	983.3	0.1304	2359	4185	1916	0.654	0.0212	0.467 × 10 ⁻³	1.093 × 10 ⁻⁵	2.99	1.00	0.517 × 10 ⁻³	0.0662
65	25.03	980.4	0.1614	2346	4187	1926	0.659	0.0216	0.433 × 10 ⁻³	1.110 × 10 ⁻⁵	2.75	1.00	0.548 × 10 ⁻³	0.0654
70	31.19	977.5	0.1983	2334	4190	1936	0.663	0.0221	0.404 × 10 ⁻³	1.126 × 10 ⁻⁵	2.55	1.00	0.578 × 10 ⁻³	0.0645
75	38.58	974.7	0.2421	2321	4193	1948	0.667	0.0225	0.378 × 10 ⁻³	1.142 × 10 ⁻⁵	2.38	1.00	0.607 × 10 ⁻³	0.0636
80	47.39	971.8	0.2935	2309	4197	1962	0.670	0.0230	0.355 × 10 ⁻³	1.159 × 10 ⁻⁵	2.22	1.00	0.653 × 10 ⁻³	0.0627
85	57.83	968.1	0.3536	2296	4201	1977	0.673	0.0235	0.333 × 10 ⁻³	1.176 × 10 ⁻⁵	2.08	1.00	0.670 × 10 ⁻³	0.0617
90	70.14	965.3	0.4235	2283	4206	1993	0.675	0.0240	0.315 × 10 ⁻³	1.193 × 10 ⁻⁵	1.96	1.00	0.702 × 10 ⁻³	0.0608
95	84.55	961.5	0.5045	2270	4212	2010	0.677	0.0246	0.297 × 10 ⁻³	1.210 × 10 ⁻⁵	1.85	1.00	0.716 × 10 ⁻³	0.0599
100	101.33	957.9	0.5978	2257	4217	2029	0.679	0.0251	0.282 × 10 ⁻³	1.227 × 10 ⁻⁵	1.75	1.00	0.750 × 10 ⁻³	0.0589
110	143.27	950.6	0.8263	2230	4229	2071	0.682	0.0262	0.255 × 10 ⁻³	1.261 × 10 ⁻⁵	1.58	1.00	0.798 × 10 ⁻³	0.0570
120	198.53	943.4	1.121	2203	4244	2120	0.683	0.0275	0.232 × 10 ⁻³	1.296 × 10 ⁻⁵	1.44	1.00	0.858 × 10 ⁻³	0.0550
130	270.1	934.6	1.496	2174	4263	2177	0.684	0.0288	0.213 × 10 ⁻³	1.330 × 10 ⁻⁵	1.33	1.01	0.913 × 10 ⁻³	0.0529
140	361.3	921.7	1.965	2145	4286	2244	0.683	0.0301	0.197 × 10 ⁻³	1.365 × 10 ⁻⁵	1.24	1.02	0.970 × 10 ⁻³	0.0509
150	475.8	916.6	2.546	2114	4311	2314	0.682	0.0316	0.183 × 10 ⁻³	1.399 × 10 ⁻⁵	1.16	1.02	1.025 × 10 ⁻³	0.0487
160	617.8	907.4	3.256	2083	4340	2420	0.680	0.0331	0.170 × 10 ⁻³	1.434 × 10 ⁻⁵	1.09	1.05	1.145 × 10 ⁻³	0.0466
170	791.7	897.7	4.119	2050	4370	2490	0.677	0.0347	0.160 × 10 ⁻³	1.468 × 10 ⁻⁵	1.03	1.05	1.178 × 10 ⁻³	0.0444
180	1,002.1	887.3	5.153	2015	4410	2590	0.673	0.0364	0.150 × 10 ⁻³	1.502 × 10 ⁻⁵	0.983	1.07	1.210 × 10 ⁻³	0.0422
190	1,254.4	876.4	6.388	1979	4460	2710	0.669	0.0382	0.142 × 10 ⁻³	1.537 × 10 ⁻⁵	0.947	1.09	1.280 × 10 ⁻³	0.0399
200	1,553.8	864.3	7.852	1941	4500	2840	0.663	0.0401	0.134 × 10 ⁻³	1.571 × 10 ⁻⁵	0.910	1.11	1.350 × 10 ⁻³	0.0377
220	2,318	840.3	11.60	1859	4610	3110	0.650	0.0442	0.122 × 10 ⁻³	1.641 × 10 ⁻⁵	0.865	1.15	1.520 × 10 ⁻³	0.0331
240	3,344	813.7	16.73	1767	4760	3520	0.632	0.0487	0.111 × 10 ⁻³	1.712 × 10 ⁻⁵	0.836	1.24	1.720 × 10 ⁻³	0.0284
260	4,688	783.7	23.69	1663	4970	4070	0.609	0.0540	0.102 × 10 ⁻³	1.788 × 10 ⁻⁵	0.832	1.35	2.000 × 10 ⁻³	0.0237
280	6,412	750.8	33.15	1544	5280	4835	0.581	0.0605	0.094 × 10 ⁻³	1.870 × 10 ⁻⁵	0.854	1.49	2.380 × 10 ⁻³	0.0190
300	8,581	713.8	46.15	1405	5750	5980	0.548	0.0695	0.086 × 10 ⁻³	1.965 × 10 ⁻⁵	0.902	1.69	2.950 × 10 ⁻³	0.0144
320	11,274	667.1	64.57	1239	6540	7900	0.509	0.0836	0.078 × 10 ⁻³	2.084 × 10 ⁻⁵	1.00	1.97	—	0.0099
340	14,586	610.5	92.62	1028	8240	11,870	0.469	0.110	0.070 × 10 ⁻³	2.255 × 10 ⁻⁵	1.23	2.43	—	0.0056
360	18,651	528.3	144.0	720	14,690	25,800	0.427	0.178	0.060 × 10 ⁻³	2.571 × 10 ⁻⁵	2.06	3.73	—	0.0019
374.14	22,090	317.0	317.0	0	—	—	—	—	0.043 × 10 ⁻³	4.313 × 10 ⁻⁵	—	—	—	0

Note 1: Kinematic viscosity ν and thermal diffusivity α can be calculated from their definitions, $\nu = \mu/\rho$ and $\alpha = k/\rho c_p = \nu/Pr$. The temperatures 0.01°C, 100°C, and 374.14°C are the triple-, boiling-, and critical-point temperatures of water, respectively. The properties listed above (except the vapor density) can be used at any pressure with negligible error except at temperatures near the critical-point value.

Note 2: The unit kJ/kg·°C for specific heat is equivalent to kJ/kg·K, and the unit W/m·°C for thermal conductivity is equivalent to W/m·K.

Source: Viscosity and thermal conductivity data are from J. V. Sengers and J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), pp. 1291–1322. Other data are obtained from various sources or calculated.

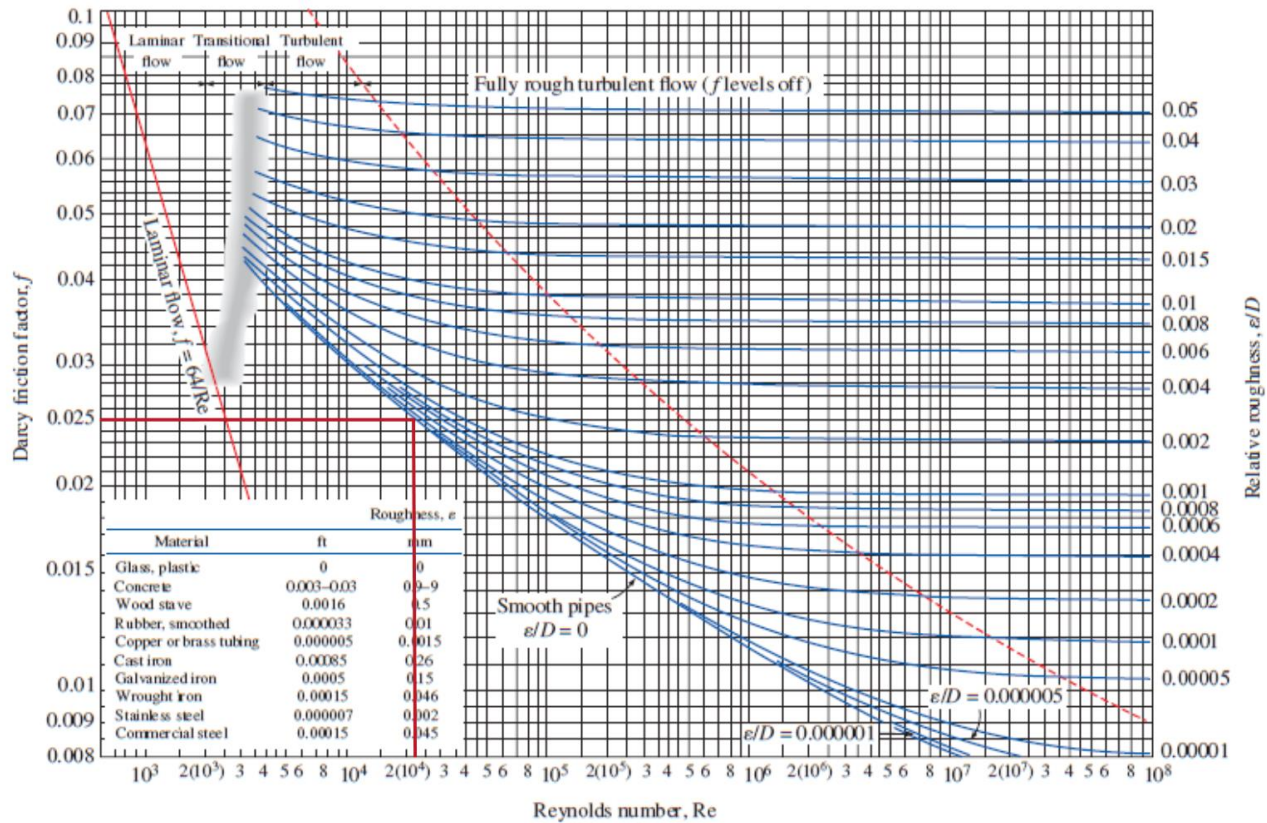


Hak Cipta :

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 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 5

Diagram Moody (Moody Chart)





© 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

BIODATA MAHASISWA

Nama Lengkap : Miqdad Sadad Muhlis Pratama
 Tempat, Tanggal Lahir : Balikpapan, 18 Februari 2005
 Jenis Kelamin : Laki-Laki
 Alamat : Jl. Provinsi km. 15 Girimukti RT 02 No. 12, Kec. Penajam, Kab. Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur
 Email : miqdadsm9@gmail.com
 Pendidikan :
 SD (2011-2017) : SD Negeri 028 Penajam
 SMP (2018-2020) : SMP Negeri 5 PPU
 SMA (2021-2023) : SMA Budi Utomo Perak
 Program Studi : Diploma III Teknik
 Bidang Peminatan : *Mechanical Rotating*
 Topik Tugas Akhir : Rancang Bangun *Net Pit Storage Tank* dengan Sistem *Auto-Dosing Chemical* Untuk Pengendalian pH Limbah Regenerasi Resin Sesuai Standar KLHK