

**PRARANCANGAN PABRIK GLISERIN TRINITRAT
DARI GLISERIN DAN ASAM NITRAT KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

(Perancangan *Neutralizer* (NE-301))

(Skripsi)

Oleh

RIA YUNIA SARI

(1715041003)



JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2024

**PRARANCANGAN PABRIK GLISERIN TRINITRAT
DARI GLISERIN DAN ASAM NITRAT KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan *Neutralizer* (NE-301))**

**Oleh
Ria Yunia Sari
1715041003**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2024

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK GLISERIN TRINITRAT DARI GLISERIN DAN ASAM NITRAT KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN (Perancangan *Neutralizer* (NE-301))

Oleh

RIA YUNIA SARI

Gliserin Trinitrat merupakan zat kimia yang biasa digunakan sebagai bahan dasar dari propelan jenis *double base* dan *triple base*. Campuran gliserin trinitrat dan nitroselulosa merupakan bahan yang umum digunakan dalam industri bahan peledak. Gliserin Trinitrat dapat dihasilkan dari proses nitrasi giserol dengan menggunakan asam campuran yang terdiri dari asam nitrat dan asam sulfat. Penyediaan kebutuhan gliserin trinitrat dalam negeri masih sepenuhnya diperoleh dari impor, sehingga peluang untuk didirikanya pabrik gliserin trinitrate memiliki prospek yang bagus. Penyediaan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air, sistem refrigerasi, serta penyedia udara dan instrumentasi. Kapasitas produksi pabrik gliserin trinitrate direncanakan sebesar 15.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di Tangerang, Banten. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 170 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi lini.

Dari analisis ekonomi diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 370.528.882.715
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 65.387.449.891
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 435.916.332.605
<i>Total Production Cost</i>	(TPC)	= Rp 392.249.966.176
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 44,18%
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 22,97%
<i>Pay Out Time before taxes</i>	(POT) _b	= 2,36 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i>	(POT) _a	= 2,78 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i>	(ROI) _b	= 27,48%
<i>Return on Investment after taxes</i>	(ROI) _a	= 21,99%
<i>Discounted cash flow</i>	(DCF)	= 22,49%

Berdasarkan hasil analisis diatas, maka pendirian pabrik gliserin trinitrat ini layak untuk dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dari sisi ekonomi dan mempunyai prospek yang relatif baik.

ABSTRACT

**GLYCERIN TRINITRATE FACTORY PREDESIGN
FROM GLYCERIN AND NITRIC ACID WITH CAPACITY OF 15.000
TONS/YEAR
(Design of Neutralizer(NE-301))**

By

RIA YUNIA SARI

Glycerin Trinitrate is a chemical substance commonly used as a base material for double base and triple base propelan. A mixture of glycerin trinitrate and nitrocellulose is a material commonly used in the explosives industry. glycerin trinitrate can be produced from the nitration process of glycerol with an acid mixture consisting of nitric acid and sulfuric acid. Domestic supply of glycerin trinitrate is still fully obtained from imports, so the opportunity to establish a glycerin trinitrate factory has good prospects. Provision of plant utilities in the form of water treatment and supply systems, refrigeration systems, as well as air suply and instrumentation. The production capacity of the glycerin trinitrate plant is planned to be 15.000 tons/year with 330 working days in 1 year. The factory location is planned to be established in Tangerang, Banten. The required labor are 170 people with a bussines entity form Limited Liability Company (PT) with a line organizational structure.

From the economic analysis are obtained:

<i>Fixed Capital Investment</i>	<i>(FCI)</i>	<i>= IDR 370.528.882.715</i>
<i>Working Capital Investment</i>	<i>(WCI)</i>	<i>= IDR 65.387.449.891</i>
<i>Total Capital Investment</i>	<i>(TCI)</i>	<i>= IDR 435.916.332.605</i>
<i>Total Production Cost</i>	<i>(TPC)</i>	<i>= IDR 392.249.966.176</i>
<i>Break Even Point</i>	<i>(BEP)</i>	<i>= 44,18%</i>
<i>Shut Down Point</i>	<i>(SDP)</i>	<i>= 22,97%</i>
<i>Pay Out Time before taxes</i>	<i>(POT)_b</i>	<i>= 2,36 years</i>
<i>Pay Out Time after taxes</i>	<i>(POT)_a</i>	<i>= 2,78 years</i>
<i>Return on Investment before taxes</i>	<i>(ROI)_b</i>	<i>= 27,48%</i>
<i>Return on Investment after taxes</i>	<i>(ROI)_a</i>	<i>= 21,99%</i>
<i>Discounted cash flow</i>	<i>(DCF)</i>	<i>= 22,49%</i>

Based on the results of the analysis above, then establishment of a nitroglycerin factory is worthy of further study, because it is a profitable factory from an economic standpoint and has relatively good prospects.

Judul Skripsi

: **PRARANCANGAN PABRIK GLISERIN
TRINITRAT DARI GLISERIN DAN ASAM
NITRAT KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN
(Perancangan *Neutralizer* (NE – 301))**

Nama Mahasiswa

: **Ria Yunia Sari**

No. Pokok Mahasiswa

: 1715041003

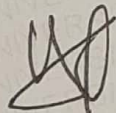
Program Studi

: Teknik Kimia

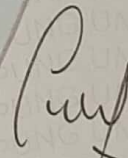
Fakultas

: Teknik



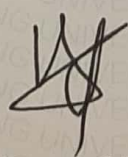

Yuli Darni, S.T., M.T.

NIP. 197407122000032001


Lia Lismeri, S.T., M.T.

NIP.198503122008122004

Ketua Jurusan Teknik Kimia


Yuli Darni, S.T., M.T.

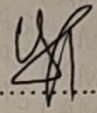
NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

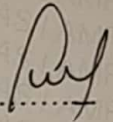
Ketua

: Yuli Darni, S.T., M.T.



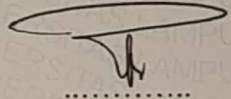
Sekretaris

: Lia Lismeri, S.T., M.T.

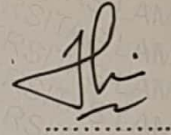


Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc.



Muhammad Haviz, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. }

NIP. 197509281001121002

Tanggal Lulus Seminar Skripsi : 20 Juni 2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 20 Juni 2024



Ria Yunia Sari

NPM. 1715041003

RIWAYAT HIDUP



Ria Yunia Sari, penulis laporan ini dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 10 Juli 1999, putri pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Bastari dan Ibu Yulinar.

Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN 2 Penengahan pada tahun 2011, pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 22 Bandar Lampung pada tahun 2014 dan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Al- Azhar 3 Bandar Lampung pada tahun 2017.

Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam berbagai organisasi antara lain sebagai Staf Departemen Media Informasi Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung (Himatemia FT Unila) Periode 2018 dan 2019, Staf ahli FOSSI FT Departemen Kemuslimahan Periode 2019, dan Sekretaris Dinas Internal dan Advokasi BEM FT Unila Periode 2020.

Pada tahun 2020, penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Ringin Sari, Kecamatan Banjar Margo, Kabupaten Tulang Bawang dan melakukan Kerja Praktik (KP) di PT Buma Cima Nusantara Pabrik Gula Bunga Mayang Kabupaten Lampung Utara dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Vacuum Pan A* pada Stasiun Masakan”. Pada tahun 2023, penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Komposisi *Hydroxypropyl Methylcellulose* (HPMC), Pektin, dan Karagenan terhadap Karakteristik Cangkang Kapsul” di Laboratorium Kimia Terapan Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung dan PT Kapsulindo Nusantara.

Selama aktif kuliah penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Mikrobiologi Industri di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung pada Tahun 2019.

Motto dan Persembahan

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan,
sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah (94): 5-6)

“Belajarlah karena Allah, maka Allah yang akan memberikan
kesempurnaan pengetahuan kepada kita”

(Ustadz Dr. H. Adi Hidayat, Lc., M.A.)

“Tetap kayuh sepedamu, karena keluargamu tidak
menuntun juara, tapi berharap kamu *finish*.”

(Ria Yunia Sari)

Sebuah KaryaKu....

Dengan sepenuh hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:

Allah SWT

*Karena kehendak-Nya, semua ini dapat ku peroleh.
Atas berkah dan karunia-Nya, aku bisa menyelesaikan karya kecil ini.
Atas karunia dan anugerah-Nya, aku bisa bertahan selama ini.*

*Papah dan Mamahku,
terima kasih atas segalanya, doa, kasih sayang, pengorbanan dan
keikhlasannya. Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa
dibandingkan dengan pengorbanan dan kasih sayang kalian selama
ini. Terima kasih atas segalanya.*

*Kakak dan Adikku, Ika Nuryanti Achmad, S.Pd. dan Muhammad
Hatami Pebriansyah, terima kasih atas dukungan, doa dan
keceriaannya selama ini.*

*Sahabat-sahabatku,
terima kasih atas dukungan, doa, bantuan dan ketulusannya
selama ini.*

*Para pengajar sebagai tanda hormatku,
terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini baik itu berupa
ilmu keteknikkimiaan maupun ilmu kehidupan yang tentunya sangat
berguna dan bermanfaat.*

*Dan tak lupa kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta,
semoga kelak berguna dikemudian hari.*

SANWACANA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Prarancangan Pabrik Gliserin Trinitrat dari Gliserin dan Asam Nitrat Kapasitas 15.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta, Papah, Mamah, Nda, Tami, dan Dayeng serta seluruh keluarga besar atas doa, dukungan, kepercayaan, ketulusan dan semangat yang telah diberikan serta cinta dan kasih sayang yang selalu mengiringi setiap saat.
2. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung dan Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya dalam penyelesaian tugas akhir.
3. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II dan Dosen Pembimbing Penelitian yang telah memberikan bimbingan dan motivasinya dalam penyelesaian tugas akhir dan penelitian. Semoga ilmu yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
4. Ibu Dr. Elida Purba, S.T., M.Sc. selaku Dosen Peguji I dan Dosen Pembimbing Kerja Praktik yang telah memberikan bimbingan, motivasi, saran dan kritiknya dalam penyelesaian tugas akhir dan kerja praktik.
5. Bapak Muhammad Haviz, S.T., M.T. selaku Dosen Peguji II yang telah memberikan saran dan kritiknya dalam penyelesaian tugas akhir, serta terima kasih telah terus mendorong dan memberikan kemudahan untuk menyelesaikan studi di Teknik Kimia Universitas Lampung.

6. Ibu Simparmin Br. Ginting, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan bimbingan dan motivasi selama masa kuliah.
7. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku Dosen Penanggung Jawab Mata Kuliah Tugas Akhir.
8. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
9. Penghuni Kosan Agathis atas dukungan dan hiburannya selama ini.
10. Sobat 'maen' (Ajeng, Fatin, Fitri, Meia dan Mirtha) yang telah memberikan dukungan dan hiburan selama ini.
11. Sobat 'idola cilik' (Disa, Rima, Nisa, Umi, Makbet, Helen, Indah, Anggun, Esvi, dan Miss Kiki) yang memberikan warna-warni kehidupan dunia kampus dan segala bantuan kepada penulis.
12. Teman-teman Teknik Kimia'17, adik-adik dan kakak tingkat yang telah memberikan semangat dan bantuan kepada penulis.
13. Semua pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kalian dengan yang lebih baik dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Bandar Lampung, 20 Juni 2024

Penulis,

Ria Yunia Sari

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	viii
SANWACANA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xx
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Kegunaan Produk	2
1.3. Analisis Pasar	2
1.4. Ketersediaan Bahan Baku	5
1.5. Lokasi Pabrik	5
BAB II PEMILIHAN PROSES	
2.1. Jenis-jenis Proses	9
2.2. Pemilihan Proses	10
2.3. Uraian Proses	18
BAB III SPESIFIKASI BAHAN	
3.1. Bahan Baku	20
3.2. Bahan Penunjang	21
3.3. Produk	22
BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI	
4.1. Neraca Massa	23

4.2. Neraca Energi.....	29
-------------------------	----

BAB V SPESIFIKASI ALAT

5.1. Spesifikasi Alat Proses.....	38
5.2. Spesifikasi Alat Unit Penyediaan dan Pengolahan Air.....	59
5.3. Spesifikasi Alat Unit Penyediaan Udara Tekan	91
5.4. Spesifikasi Alat Unit Refigerasi	94
5.5. Spesifikasi Alat Sistem Pembangkit Tenaga Listrik.....	99
5.6. Spesifikasi Alat Unit Penyediaan Bahan Bakar	99

BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH

6.1. Unit Utilitas.....	101
6.2. Unit Pengolahan Limbah.....	114
6.3. Laboratorium.....	115
6.4. Instrumentasi dan Pengendalian Proses	117

BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK

7.1. Lokasi Pabrik.....	121
7.2. Tata Letak Pabrik	122
7.3. Estimasi Area Pabrik	126
7.4. Tata Letak Peralatan Proses.....	126
7.5. Lokasi Pendirian Pabrik	128

BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI

PERUSAHAAN

8.1 Bentuk Perusahaan.....	130
8.2 Struktur Organisasi Perusahaan	132
8.3 Tugas dan Wewenang	134
8.4 Status Karyawan dan Sistem Penggajian	140
8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan	141
8.6 Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan	143
8.7 Kesejahteraan Karyawan.....	148
8.8 Cuti.....	146
8.9 Pakaian Kerja	148

8.10 Pengobatan	149
8.11 Badan Penyelenggara Jaminan Sosial Kesehatan (BPJS Kesehatan) ..	149
8.12 Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	149

BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

9.1. Total <i>Capital Investment</i> (TCI).....	151
9.2. Total <i>Production Cost</i> (TPC).....	153
9.3. Evaluasi Ekonomi	155
9.4. Angsuran Pinjaman.....	158
9.5. <i>Discounted Cash Flow</i> (DCF)	162

BAB X SIMPULAN DAN SARAN

10.1. Simpulan	163
10.2. Saran	163

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA

LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA ENERGI

LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT

LAMPIRAN D PERHITUNGAN UTILITAS

LAMPIRAN E PERHITUNGAN INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI

LAMPIRAN F TUGAS KHUSUS PERANCANGAN NEUTRALIZER (NE-301)

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Data Impor Gliserin Trinitrat di Indonesia.....	3
Tabel 1.2. Data Pabrik Gliserin Trinitrat di Dunia.....	4
Tabel 1.3. Beberapa Data Impor Gliserin Trinitrat di Negara lain.....	4
Tabel 2.1. Data <i>Enthalpy</i> dan <i>Gibbs Free Energy</i> pada $T = 298,15\text{ K}$ (25°C).....	4
Tabel 2.2. Harga Masing-masing Bahan Baku dan Produk	5
Tabel 2.3. Stoikiometri Persamaan.....	6
Tabel 2.4. Perbandingan Proses Pembuatan Gliserin Trinitrat.....	10
Tabel 4.1. Neraca Massa Total pada <i>Mixing Point</i> (MP-101).....	24
Tabel 4.2. Neraca Massa Total pada <i>Reactor</i> (RE-201).....	25
Tabel 4.3. Neraca Massa Total pada <i>Decanter</i> (DC-301)	26
Tabel 4.4. Neraca Massa Total pada <i>Mixing Tank</i> (MT-301)	27
Tabel 4.5. Neraca Massa Total pada <i>Neutralizer</i> (NE-301)	28
Tabel 4.6. Neraca Massa Total pada <i>Decanter</i> (DC-302)	29
Tabel 4.7. Neraca Energi Total pada <i>Mixing Point</i> (MP-101)	30
Tabel 4.8. Neraca Energi Total pada <i>Cooler</i> (CO-201)	31
Tabel 4.9. Neraca Energi Total pada <i>Cooler</i> (CO-202)	32
Tabel 4.10. Neraca Energi Total pada <i>Reactor</i> (RE-201)	33
Tabel 4.11. Neraca Energi Total pada <i>Decanter</i> (DC-301).....	34
Tabel 4.12. Neraca Energi Total pada <i>Mixing Tank</i> (MT-301)	34
Tabel 4.13. Neraca Energi Total pada <i>Cooler</i> (CO-301)	35
Tabel 4.14. Neraca Energi Total pada <i>Neutralizer</i> (NE-301)	36
Tabel 4.15. Neraca Energi Total pada <i>Decanter</i> (DC-302).....	37
Tabel 5.1. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-101)	38
Tabel 5.2. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-102)	39
Tabel 5.3. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-201)	39
Tabel 5.4. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-401)	40
Tabel 5.5. Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-101)	41

Tabel 5.6. Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-102).....	41
Tabel 5.7. Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-201).....	42
Tabel 5.8. Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-202).....	43
Tabel 5.9. Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-203).....	44
Tabel 5.10. Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-104).....	45
Tabel 5.11. Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-301).....	45
Tabel 5.12. Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-302).....	46
Tabel 5.13. Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-303).....	47
Tabel 5.14. Spesifikasi <i>Process Pump</i> (PP-304).....	48
Tabel 5.15. Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (MT-301).....	48
Tabel 5.16. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-201).....	49
Tabel 5.17. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-202).....	51
Tabel 5.18. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301).....	52
Tabel 5.19. Spesifikasi <i>Reactor</i> (RE-201).....	53
Tabel 5.20. Spesifikasi <i>Decanter</i> (DC-301).....	54
Tabel 5.21. Spesifikasi <i>Decanter</i> (DC-302).....	55
Tabel 5.22. Spesifikasi Gudang (GD-301).....	55
Tabel 5.23. Spesifikasi <i>Bin</i> (BN-301).....	56
Tabel 5.24. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-301).....	57
Tabel 5.25. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-301).....	57
Tabel 5.26. Spesifikasi <i>Hopper</i> (HP-301).....	58
Tabel 5.27. Spesifikasi <i>Neutralizer</i> (NE-301).....	58
Tabel 5.28. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-401).....	59
Tabel 5.29. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-402).....	60
Tabel 5.30. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-403).....	61
Tabel 5.31. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-404).....	62
Tabel 5.32. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-405).....	62
Tabel 5.33. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-406).....	63
Tabel 5.34. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-407).....	64
Tabel 5.35. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-408).....	64
Tabel 5.36. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-409).....	65
Tabel 5.37. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-410).....	66

Tabel 5.38. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-411)	66
Tabel 5.39. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-412)	67
Tabel 5.40. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-413)	68
Tabel 5.41. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-414)	69
Tabel 5.42. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-415)	69
Tabel 5.43. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-416)	70
Tabel 5.44. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417)	71
Tabel 5.45. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418)	71
Tabel 5.46. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-419)	72
Tabel 5.47. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-420)	73
Tabel 5.48. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-421)	73
Tabel 5.49. Spesifikasi Bak Sedimentasi (BS-401).....	74
Tabel 5.50. Spesifikasi Gudang (GD-401).....	74
Tabel 5.51. Spesifikasi Gudang (GD-402).....	75
Tabel 5.52. Spesifikasi Gudang (GD-403).....	76
Tabel 5.53. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-401)	77
Tabel 5.54. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-402)	77
Tabel 5.55. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-403)	78
Tabel 5.56. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-401).....	79
Tabel 5.57. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-402).....	79
Tabel 5.58. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-403).....	80
Tabel 5.59. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-401)	81
Tabel 5.60. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401).....	81
Tabel 5.61. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-401)	82
Tabel 5.62. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-402)	82
Tabel 5.63. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-403)	83
Tabel 5.64. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-404)	84
Tabel 5.65. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-405)	85
Tabel 5.66. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-406)	85
Tabel 5.67. Spesifikasi <i>Cooling Towet</i> (CT-401).....	86
Tabel 5.68. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401)	87
Tabel 5.69. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401)	87

Tabel 5.70. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401)	88
Tabel 5.71. Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (MT-401)	88
Tabel 5.72. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> NaOH (DT-401)	89
Tabel 5.73. <i>Dissolving Tank</i> Alum (DT-402)	90
Tabel 5.74. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> Kaporit (DT-403)	91
Tabel 5.75. Spesifikasi <i>Air Blower</i> (AB-501)	91
Tabel 5.76. Spesifikasi <i>Air Blower</i> (AB-502)	92
Tabel 5.77. Spesifikasi <i>Air Blower</i> (AB-503)	92
Tabel 5.78. Spesifikasi <i>Air Blower</i> (AB-504)	92
Tabel 5.79. Spesifikasi <i>Cyclones</i> (CY-501)	93
Tabel 5.80. Spesifikasi <i>Adsorber</i> (AD-501)	93
Tabel 5.81. Spesifikasi <i>Compressor</i> (CP-501)	94
Tabel 5.82. Spesifikasi <i>Receiver</i> (RC-601)	94
Tabel 5.83. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-601)	95
Tabel 5.84. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-602)	96
Tabel 5.85. Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (HE-601)	97
Tabel 5.86. Spesifikasi <i>Compressor</i> (CP-601)	98
Tabel 5.87. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-601)	98
Tabel 5.88. Spesifikasi Generator Listrik (GL-701)	99
Tabel 5.89. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-801)	100
Tabel 6.1. Kebutuhan Air untuk Sanitasi dan Sarana Umum	102
Tabel 6.2. Kebutuhan Air untuk Pendinginan	103
Tabel 6.3. Kebutuhan Air untuk Pengenceran	106
Tabel 6.4. Kebutuhan Air untuk Pemadam Kebakaran (<i>Hydrant</i>)	106
Tabel 6.5. Kebutuhan Air Total	107
Tabel 6.6. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	118
Tabel 6.7. Alat Ukur Variabel Proses	119
Tabel 7.1. Perincian Luas Area Pabrik	126
Tabel 8.1. Jadwal Kerja Masing-Masing Regu	142
Tabel 8.2. Perincian Tingkat Pendidikan	143
Tabel 8.3. Jumlah Operator Alat Proses	145
Tabel 8.4. Jumlah Operator Alat Utilitas	145

Tabel 8.5. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	146
Tabel 9.1. <i>Fixed Capital Investment</i>	151
Tabel 9.2. <i>Manufacturing Cost</i>	153
Tabel 9.3. <i>General Expenses</i>	154
Tabel 9.4. Daftar Gaji Karyawan	154
Tabel 9.5. <i>Minimum Acceptable Percent Return on Investment</i>	156
Tabel 9.6. <i>Acceptable Payout Time</i> untuk Tingkat Risiko Pabrik	157
Tabel 9.7. <i>Discounted Cash Flow</i> Pabrik gliserin trinitrat Kapasitas 15.000 ton/tahun.....	159
Tabel 9.8. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi.....	162

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1.1. Grafik Impor Gliserin Trinitrat di Indonesia	3
Gambar 4.1. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Mixing Point</i> (MP-101).....	24
Gambar 4.2. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Reactor</i>	25
Gambar 4.3. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Decanter</i> (DC-301).....	25
Gambar 4.4. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Mixing Tank</i> (MT-301).....	26
Gambar 4.5. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Neutralizer</i> (NE-301).....	27
Gambar 4.6. Blok Diagram Neraca Massa pada <i>Decanter</i> (DC-302).....	28
Gambar 4.7. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Mixing Point</i> (MP-101)	30
Gambar 4.8. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Cooler</i> (CO-201)	31
Gambar 4.9. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Cooler</i> (CO-202)	31
Gambar 4.10. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Reactor</i>	32
Gambar 4.11. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Decanter</i> (DC-301).....	33
Gambar 4.12. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Mixing Tank</i> (MT-301).....	34
Gambar 4.13. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Cooler</i> (CO-301)	35
Gambar 4.14. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Neutralizer</i> (NE-301)	36
Gambar 4.15. Blok Diagram Neraca Energi pada <i>Decanter</i> (DC-302).....	37
Gambar 6.1. <i>Cooling Tower</i>	105
Gambar 6.2. <i>Diagram Cooling Water System</i>	106
Gambar 6.3. Diagram Alir Pengolahan Air	107
Gambar 7.1. Tata Letak Pabrik.....	125
Gambar 7.2. Tata Letak Peralatan Proses.....	128
Gambar 7.3. Peta Kota Tangerang (Pemerintah Kota Tangerang, 2023).....	129
Gambar 7.4. Peta Lokasi Pabrik (Google Earth, 2023).....	129
Gambar 8.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	133
Gambar 9.1. Grafik <i>Break Even Point</i> (BEP).....	158
Gambar 9.2. Kurva <i>Cumulative Cash Flow</i>	162

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia menjadi salah satu negara berkembang dengan populasi tertinggi didunia yang memiliki peranan penting dalam dunia industri. Dengan majunya sebuah perindustrian di suatu negara, maka akan dapat membantu perekonomian di negara tersebut dan akan menurunkan tingkat jumlah pengangguran yang ada dinegara tersebut sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan hidup.

Saat ini salah satu industri yang perlu dikembangkan di Indonesia adalah industri dalam bidang pertahanan, demi mewujudkan sistem pertahanan negara yang kuat, maju serta mandiri. Gliserin trinitrat sangat penting dalam usaha pertahanan negara sehingga Indonesia saat ini mulai mengembangkan propelan untuk memenuhi kebutuhan angkatan bersenjata dalam menjalankan tugas konstitusional. Gliserin trinitrat merupakan senyawa kimia dengan rumus molekul $C_3H_5N_3O_9$ yang dapat dihasilkan dari proses nitrasi gliserin pada kondisi tertentu dengan menggunakan asam campuran yang berupa asam sulfat dan asam nitrat.

Gliserin trinitrat termasuk bahan peledak tingkat tinggi (*high explosive*) yang biasa dipakai sebagai bahan peledak di dalam dinamit dan propelan jenis *double base*. Propelan jenis *double base* merupakan bahan peledak yang berasal dari campuran gliserin trinitrat dan nitroselulosa. Gliserin trinitrat tidak hanya digunakan dalam bidang pertahanan tetapi juga bisa digunakan dalam bidang farmasi sebagai obat pereda rasa sakit jantung dan sebagai bahan peledak dalam bidang pertambangan. Hingga saat ini, kebutuhan bahan baku peledak hingga bahan dasar utama pembuatan propelan jenis *double base* masih diperoleh dari luar negeri (impor).

Kebutuhan gliserin trinitrat di Indonesia diperkirakan terus meningkat, terutama bagi kepentingan pertahanan negara, sedangkan belum ada pabrik yang memproduksi gliserin trinitrat. Rencana pendirian pabrik gliserin trinitrat di

Indonesia diharapkan dapat memenuhi kebutuhan gliserin trinitrat dalam negeri dan bisa ekspor ke luar negeri. Selain itu, adanya pabrik baru akan dapat memberikan beberapa keuntungan diantaranya penambahan devisa negara dan perluasan lapangan kerja.

1.2. Kegunaan Produk

Gliserin trinitrat dapat digunakan untuk berbagai keperluan berikut:

- a. Bahan dasar pembuatan propelan
- b. Obat pereda rasa sakit dan mengurangi serangan jantung. Kemurnian gliserin trinitrat yang digunakan sebagai bahan baku dalam bidang kesehatan berkisar antara 2 - 20% (Alodokter, 2020; Copperhead Chemical Company, 2019).
- c. Bahan peledak pada pertambangan. Komposisi gliserin trinitrat yang digunakan sebagai bahan baku peledak adalah 50% (Bergman, 2008).

1.3. Analisis Pasar

Munawaroh dan Lovisa (2019) berpendapat bahwa analisis pasar merupakan langkah untuk mengetahui seberapa besar minat pasar terhadap suatu produk dalam hal ini produk berupa gliserin trinitrat. Salah satu metode untuk analisis pasar suatu produk adalah dengan menganalisis kebutuhan pasar produk. Kebutuhan pasar produk dapat dianalisis menggunakan beberapa aspek diantaranya analisis keseimbangan permintaan dan penawaran yang meliputi harga produk, teknologi dan perkiraan harga di masa mendatang, serta analisis sistem perekonomian terbuka yang meliputi ekspor dan impor produk (Siagian, 2000). Dalam hal ini metode analisis pasar yang digunakan adalah dari aspek impor dalam negeri dan impor luar negeri.

1.3.1. Data Impor

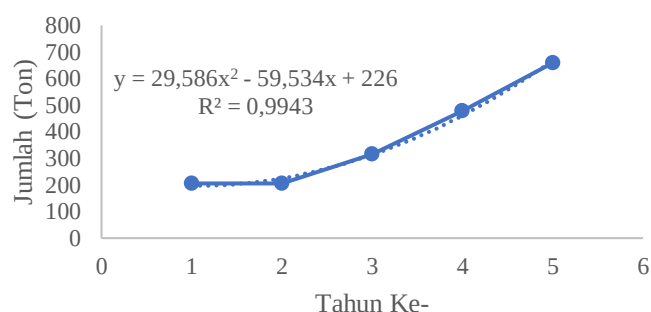
Berikut ini adalah data impor gliserin trinitrat ke Indonesia dalam beberapa tahun terakhir:

Tabel 1.1. Data Impor Gliserin Trinitrat di Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (Ton/tahun)
2017	205,6
2018	205,6
2019	315,4
2020	478,6
2021	659

Sumber: (BPS, 2023)

Berdasarkan Tabel 1.1., impor gliserin trinitrat ke Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan. Selanjutnya, data impor tersebut dipresentasikan ke bentuk grafik sebagai berikut:

**Gambar 1.1.** Grafik impor gliserin trinitrat di Indonesia

Pada data Gambar 1.1., diperoleh proyeksi kebutuhan gliserin trinitrat di Indonesia ditahun yang akan datang, sehingga diperoleh persamaan polinomial sebagai berikut:

$$y = 29,586x^2 - 59,534x + 226$$

Keterangan:

y = Kebutuhan gliserin trinitrat di Indonesia

x = tahun ke-

Pada sumbu x terdapat tahun ke-, yang artinya:

Tahun ke-1 = 2017

Tahun ke-2 = 2018

Tahun ke-3 = 2019

Proyeksi kebutuhan di tahun 2028 yaitu tahun ke-12 (tahun berdirinya pabrik) dapat dicari menggunakan persamaan (1), sehingga:

$$y = 29,586x^2 - 59,534x + 226$$

$$y = [(29,586 (12)^2) - (59,534 (12) + 226)]$$

$$y = 3.771,976 \text{ Ton/tahun}$$

Dari perhitungan diatas dengan mensubstitusikannya ke persamaan (1), maka dapat diproyeksikan kebutuhan gliserin trinitrat di Indonesia pada tahun 2028 sebesar 3.771,976 Ton/tahun..

1.3.2. Data Pabrik Gliserin Trinitrat di Dunia

Berikut merupakan pabrik penghasil gliserin trinitrat di seluruh dunia:

Tabel 1.2. Data Pabrik Gliserin Trinitrat di Dunia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/tahun)
Biazzi SA	Italy	6.500
Biazzi, SA	Swiss	15.000
Akzo Nobel	Italy	9.500
Copperhead Chemical Company, Inc	Amerika	10.000
Celanese Bishop	Texas	20.000

Sumber: (Alibaba,2023)

1.3.3. Data Impor Negara Lain

Tabel 1.3. Beberapa Data Impor gliserin trinitrat di Negara lain

Negara	Jumlah (Ton/Tahun)
Italy	5.580
Filipina	909
Thailand	3.363
Korea Selatan	2.710
Jerman	7.263
China	2.554
Total	22.379

Sumber: UNdata,2022

1.3.4. Kapasitas Produksi

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1999 tentang Larangan Praktek Monopoli dan Persaingan Usaha Tidak Sehat pada BAB IV Kegiatan yang Dilarang bagian pertama monopoli Pasal 17 Ayat 2 Poin C tertulis bahwa satu pelaku usaha atau satu kelompok pelaku usaha tidak boleh menguasai lebih dari 50% (lima puluh persen) pangsa pasar satu jenis barang atau jasa tertentu (UU RI, 1999), sehingga kapasitas produksi gliserin trinitrat pada tahun 2028 sebesar:

$$\text{Kapasitas Produksi} = (3.771,976 + 22.379)\text{Ton/tahun} \times 50\%$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 13.075,488 \approx 15.000 \text{ Ton/tahun}$$

1.4. Ketersediaan Bahan Baku

Sumber bahan baku merupakan faktor yang paling penting, karena dapat mengurangi biaya transportasi dan penyimpanan sehingga perlu diperhatikan harga bahan baku, jarak dari sumber bahan baku, biaya transportasi, ketersediaan bahan baku yang berkesinambungan dan penyimpanannya. Kota Tangerang, Banten dipilih menjadi lokasi pendirian pabrik karena berdekatan dengan lokasi bahan bakunya, yaitu gliserin yang diperoleh dari PT. Cisadane Raya Chemicals di Tangerang, asam nitrat diperoleh dari PT. Multi Nitrotama Kimia di Cikampek, asam sulfat diperoleh dari PT. Indonesian Acid Industry di Jakarta, dan natrium karbonat diperoleh dari PT. Samarth Chemicals Indonesia di Jakarta.

1.5. Lokasi Pabrik

Salah satu faktor penting dari keberhasilan membangun suatu pabrik ialah pemilihan lokasi. Hal ini dikarenakan lokasi pabrik sangat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup pabrik tersebut. Dalam menentukan lokasi pabrik yang tepat, maka akan meminimalisir biaya produksi juga distribusi sehingga membuat pabrik tersebut berjalan efisien, ekonomis, juga menguntungkan. Adapun lokasi pendirian pabrik gliserin trinitrat direncanakan di daerah Tangerang Banten dengan pertimbangan sebagai berikut:

a. Penyediaan bahan baku

Lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku akan memudahkan proses produksi dan meminimalkan biaya transportasi, dalam pendirian pabrik gliserin trinitrat ini bahan baku yang dibutuhkan adalah gliserin yang diperoleh dari PT Cisadane Raya Chemicals, Tangerang, Banten dan asam nitrat dari PT Multi Nitrotama Kimia, Cikampek, Jawa Barat. Asam sulfat dari PT Indonesian Acid Industri, Jakarta Timur, Jakarta digunakan sebagai katalis dan natrium karbonat diperoleh dari PT. Samarth Chemicals Indonesia di Jakarta.

b. Daerah pemasaran

Untuk pemasaran produk perlu diperhatikan letak pabrik dengan pasar yang membutuhkan produk tersebut guna menekan biaya pendistribusian ke lokasi pasar dan waktu pengiriman. Lokasi di Kota Tangerang memiliki akses yang mudah untuk menuju pelabuhan, sehingga hal ini memudahkan dalam ekspor produk ke pasar internasional melalui jalur pelabuhan. Dari sisi dalam negeri, di Jawa Barat terdapat beberapa industri pertahanan seperti PT. Dahana yang bergerak dibidang industri bahan peledak dan juga PT. Pindad yang bergerak di bidang industri senjata dan amunisi sehingga dapat mempermudah pendistribusian dari produk gliserin trinitrat.

c. Tenaga kerja

Pabrik sebaiknya didirikan di daerah yang memiliki ketersediaan tenaga kerja terampil dan berkompeten sehingga masalah tenaga kerja tidak akan menimbulkan masalah yang berarti. Jumlah tenaga kerja terlatih dan berpendidikan di Kota Tangerang Banten, terus meningkat seiring berkembangnya sekolah-sekolah kejuruan, akademi, dan perguruan tinggi.

d. Sarana transportasi

Sarana transportasi diperlukan dalam mengangkut bahan baku dan pemasaran produk. Lokasi yang dekat dengan pelabuhan yang memudahkan transportasi produk dengan jalur laut, kelebihan hasil produksi dapat dengan mudah diekspor ke negara lain. Kota Tangerang merupakan daerah yang dekat

dengan Pelabuhan Tanjung Priok di Jakarta Utara dengan jarak satu jam perjalanan melalui jalur darat. Daerah ini juga terhubung dengan akses tol langsung yang akan memudahkan distribusi bahan baku serta pemasaran produk.

e. Utilitas

Utilitas utama dalam pabrik yang diperlukan meliputi kebutuhan air, bahan bakar dan sumber listrik. Di Tangerang terdapat sumber air yang berasal dari Sungai Cisadane. Kebutuhan listrik dapat dipenuhi dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan generator sebagai cadangan jika PLN mengalami gangguan.

BAB II

PEMILIHAN PROSES

2.1. Jenis-jenis Proses

Ada beberapa macam proses pembuatan Gliserin Trinitrat, diantaranya:

- A. Schmid-Meissner *Continous Process*
- B. Biazzi *Continous Process*

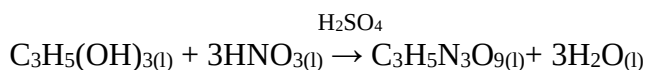
2.1.1. Schmid-Meissner *Continous Process*

Prosesnya meliputi nitrasi, pemisahan, dan pemurnian gliserin trinitrat secara netralisasi dan pencucian. Reaktor (nitrator) yang digunakan yaitu *reactor* alir tangki berpengaduk (RATB). Asam campuran (*spent acid*) masuk dari bagian bawah nitrator dan gliserin masuk dari bagian atas sedangkan hasilnya keluar secara *overflow* ke separator. Kecepatan pengadukan pada nitrator yaitu 300 rpm dengan suhu pada nitrator dijaga jangan lebih dari 18°C pada tekanan atmosfer dengan konversi sebesar 93% (Urbanski, 1965).

Produk gliserin trinitrat dan *spent acid* kemudian akan mengalir secara kontinu melalui pipa *overflow* menuju ke separator untuk proses pemisahan *spent acid*. Karena perbedaan densitas, asam campuran (*spent acid*) akan mengendap dibagian bawah separator sedangkan gliserin trinitrat dibagian atas. *Spent acid* kemudian dialirkan ke pabrik *recovery* asam dan gliserin trinitrat akan mengalir secara gravitasi ke dasar kolom pencuci pertama. Gliserin trinitrat dari separator memasuki bagian bawah kolom pencuci pertama, kemudian dicampur dengan air dan udara dari bagian bawah kolom pencuci dengan tujuan untuk mengemulsikan gliserin trinitrat. Sehingga memaksa gliserin trinitrat akan naik ke bagian atas kolom, dimana emulsi gliserin trinitrat akan meluap ke separator intermediat kemudian menuju ke kolom pencuci kedua.

Pada kolom pencuci kedua, gliserin trinitrat akan dinetralkan dengan menggunakan larutan natrium karbonat dan kemudian diemulsi dengan udara. Selanjutnya emulsi akan mengalir dari bagian atas kolom ke separator intermediat lain dimana gliserin trinitrat dipisahkan dari natrium karbonat untuk kemudian disimpan di dalam tangki (Headquarters, 1984)

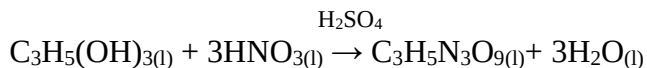
Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah sebagai berikut:



2.1.2. Biazzi *Continous Process*

Proses ini mirip dengan Schmid-Meissner, namun dianggap lebih aman karena jumlah gliserin trinitrat yang lebih rendah. Nitratornya berupa *vessel* berbentuk silinder kecil yang dilengkapi dengan *stainless steel vessel* dengan koil pendingin yang dialirkan *counterflow* dengan umpan.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Konversi pada nitrator sebesar 99,18% dengan kecepatan pengadukan sebesar 600 rpm dengan suhu di dalam nitrator dijaga pada 15 °C. Hasil nitrator masuk ke separator I untuk memisahkan gliserin trinitrat dari asam sisa berdasarkan berat jenis dan kelarutan. Berdasarkan data yang terdapat dalam Biazzi paten, pemisahan ini dapat selesai dalam waktu kurang dari 10 menit.

Kemudian sisa asam dinetralkan dengan larutan natrium karbonat 12% menggunakan *neutralizer*. Lalu dialirkan ke separator II untuk memisahkan garam-garam hasil netralisasi dengan gliserin trinitrat. Kemudian, di dalam tangki pencuci yang dilengkapi dengan pengaduk, gliserin trinitrat dibuat emulsi dengan air sampai tercapai standar stabilitas (faktor keamanan). Selanjutnya gliserin trinitrat yang dihasilkan disimpan dalam tangki penyimpanan (Lu et al, 2008).

2.2. Pemilihan Proses

2.2.1. Tinjauan Termodinamika

Pemilihan proses berdasarkan tinjauan termodinamika dapat dilihat dari nilai perubahan entalpi (ΔH) dan perubahan *Gibbs free energy* (ΔG). Tujuan dalam meninjau proses secara termodinamika ialah untuk mengetahui suatu besaran energi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada suatu reaksi (Treichel *et al.*, 2018).

Enthalpy of formation pada masing-masing komponen dalam reaksi kimia dibutuhkan untuk menentukan panas reaksi (*heat of reaction*). Berikut ialah persamaan untuk menghitung panas reaksi:

$$\Delta H_{rx}^{\circ} = \sum n \times \Delta H_{f(\text{produk})}^{\circ} - \sum n \times \Delta H_{f(\text{reaktan})}^{\circ} \dots \dots (3)$$

(Yaws, 1999)

Apabila perubahan entalpi suatu sistem bernilai positif ($\Delta H > 0$), maka reaksi tersebut dinyatakan membutuhkan energi panas untuk melangsungkan reaksi atau biasa disebut reaksi endotermis. Sedangkan, bila perubahan entalpi suatu sistem bernilai negatif ($\Delta H < 0$), maka reaksi tersebut melepaskan panas atau menghasilkan panas akibat dari reaksi yg terjadi atau sering disebut dengan reaksi eksotermis (Treichel *et al.*, 2018).

Keterangan:

ΔH_{rx}° = perubahan panas (*enthalpy*) reaksi (kJ/mol)

ΔH°_f = perubahan panas reaksi pembentukan pada kondisi standar (kJ/mol)

n = koefisien stoikiometri

Gibbs energy of formation itu penting dalam menganalisis reaksi kimia. Dalam menentukan perubahan *Gibbs energy of reaction* diperlukan nilai *Gibbs energy of formation* pada masing-masing senyawa baik reaktan dan produk. Perubahan ini terkait dengan kesetimbangan reaksi kimia. Berikut ialah persamaan untuk menghitung perubahan *Gibbs free energy* reaksi:

$$\Delta G_{rx}^{\circ} = \sum n \times \Delta G_{f(\text{produk})}^{\circ} - \sum n \times \Delta G_{f(\text{reaktan})}^{\circ} \dots \dots (4)$$

(Yaws, 1999)

Apabila perubahan *Gibbs energy* bernilai positif ($\Delta G > 0$), maka reaksi tidak berlangsung secara spontan. Untuk itu, dibutuhkan energi tambahan agar reaksi dapat berlangsung spontan, namun apabila perubahan *Gibbs energy* bernilai negatif ($\Delta G < 0$), maka reaksi dapat berlangsung secara spontan (Treichel *et al.*, 2018).

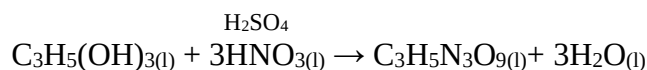
Keterangan:

ΔG_{rx}° = perubahan *Gibbs free energy* reaksi (kJ/mol)

ΔG_f° = perubahan *Gibbs free energy* pembentukan pada kondisi standar (kJ/mol)

n = koefisien stoikiometri

Reaksi yang terjadi pada proses nitrifikasi untuk membentuk gliserin trinitrat adalah sebagai berikut:



Berikut ini merupakan data *enthalpy of formation* ($H_f^{\circ}_{298}$) dan *Gibbs energy of formation* ($G_f^{\circ}_{298}$) pada kondisi 298,15K.

Tabel 2.1. Data *enthalpy* dan *Gibbs free energy* pada T = 298,15 K (25°C)

Komponen	$H_f^{\circ}_{298}$ (kJ/mol)	$G_f^{\circ}_{298}$ (kJ/mol)
$C_3H_8O_3$	-665,9250	-438,5200
HNO_3	-173,0080	-152,1500
$C_3H_5N_3O_9$	-368,4620	-236,4100
H_2O	-285,8380	-237,1400

Sumber: Yaws (1999)

Untuk mendapatkan hasil perhitungan panas reaksi ($\Delta H_{rx}^{\circ}_{298}$) disubstitusikan kedalam persamaan (3) dalam kondisi standar, 25°C (298,15 K), menjadi

$$\Delta H^{\circ}_{298} = \Delta H_f^{\circ} \text{ produk} - \Delta H_f^{\circ} \text{ reaktan}$$

$$\Delta H^{\circ}298 = (\Delta H_f^{\circ} \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9 + 3. \Delta H_f^{\circ} \text{H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^{\circ} \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + 3. \Delta H_f^{\circ} \text{HNO}_3)$$

$$\Delta H^{\circ}298 = (-368,4620 + 3(-285,8380)) - (-665,9250 + 3(-173,0080))$$

$$\Delta H^{\circ}298 = -41,0270 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}298 = -41.027 \text{ J/mol}$$

Lalu, untuk memperoleh hasil perhitungan *Gibbs free energy* reaksi (ΔG°_{298}) disubstitusikan kedalam persamaan (4) dalam kondisi standar, 25°C (298,15 K), menjadi

$$\Delta G^{\circ} 298 = \Delta G^{\circ} \text{ produk} - \Delta G^{\circ} \text{ reaktan}$$

$$\Delta G^{\circ} 298 = (\Delta G^{\circ} \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9 + 3. \Delta G^{\circ} \text{H}_2\text{O}) - (\Delta G^{\circ} \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + 3. \Delta G^{\circ} \text{HNO}_3)$$

$$\Delta G^{\circ} 298 = (-236,4100 + 3(-237,1400)) - (-438,5200 + 3(-152,1500)) \text{ kJ mol}$$

$$\Delta G^{\circ} 298 = -52,8600 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^{\circ} 298 = -52.860 \text{ J/mol}$$

2.2.2. Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi bertujuan untuk mengetahui keuntungan yang dihasilkan oleh pabrik per kg produk yang dihasilkan pada masing-masing proses yang akan digunakan. Berikut harga untuk masing-masing komponen pada bahan baku serta produk:

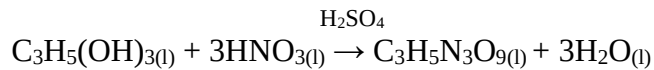
Tabel 2.2. Harga masing-masing bahan baku dan produk

Komponen	Harga (US\$)/kg	Harga (Rp)/kg
$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	6.010	0,4
HNO_3	3.756,25	0,25
$\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$	25.542,5	1,7
H_2SO_4	11.869,75	0,79
H_2O	-	-

Sumber: (Alibaba, 2023)

Kurs 1 USD per 20 Juli 2023 = Rp. 15.025

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Tabel 2.3. Stoikiometri persamaan

Komponen		Mol Awal	Mol Reaksi	Mol Akhir
C ₃ H ₈ O ₃	A	F _{A0}	F _{A0} × X _A	F _A = F _{A0} × (1 - X _A)
HNO ₃	B	F _{B0}	-3F _{A0} × X _A	F _B = F _{B0} - 3 F _{A0} · X _A
C ₃ H ₅ N ₃ O ₉	C	-	F _{A0} × X _A	F _C = F _{A0} × X _A
H ₂ O	D	-	3F _{A0} × X _A	F _D = 3F _{A0} × X _A
Jumlah		F _{T0} = F _{A0} + F _{B0}		F _T = F _{A0} (1-X _A) + F _{B0} -
				3F _{A0} · X _A + F _{A0} · X _A + 3F _{A0} · X _A
				F _T = F _{A0} - F _{A0} · X _A + F _{B0} - 3
				F _{A0} · X _A + F _{A0} · X _A + 3 F _{A0} · X _A
				F _T = F _{A0} + F _{B0}
				F _T = F _{T0}

a. *Schmid-Meissner Continous Process*

Konversi reaksi (X_A) = 93 %

Basis Perhitungan = 1 Jam

Basis 1 kg C₃H₅N₃O₉ yang terbentuk, maka akan diperoleh mol akhir C₃H₅N₃O₉ (F_C) sebagai berikut:

$$\text{mol } \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9 = \frac{\text{massa } \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9}{\text{bm } \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9}$$

$$\text{mol } \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9 = \frac{1 \text{ kg}}{227,0880} \times \frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}}$$

$$\text{mol } \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9 = 0,4404 \text{ mol}$$

- C₃H₈O₃

Mol C₃H₈O₃ mula-mula (F_{A0}) dapat diperoleh melalui:

$$F_C = F_{A0} \times X_A$$

$$0,4404 \text{ mol} = F_{A0} \times 0,93$$

$$F_{A0} = \frac{0,4404}{0,9300}$$

$$F_{A0} = 0,4735 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } C_3H_8O_3 \text{ mula-mula} &= \text{mol } C_3H_8O_3 \times \text{bm } C_3H_8O_3 \\ &= 0,4735 \text{ mol} \times 92,09 \text{ gram/mol} \\ &= 43,6046 \text{ gram } C_3H_8O_3 \\ &= 0,0436 \text{ kg } C_3H_8O_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total cost } C_3H_8O_3 &= \text{harga } C_3H_8O_3 \times \text{massa } C_3H_8O_3 \\ &= \text{Rp. } 6.010 \times 0,0436 \text{ kg } C_3H_8O_3 \\ &= \text{Rp. } 262,04 \end{aligned}$$

● HNO_3

Diketahui:

$$\text{Rasio berat } mixed \text{ acid} \text{ terhadap gliserin } (R_F) = 5:1$$

$$\text{Persentase asam nitrat terhadap } mixed \text{ acid } (R_N) = 50\% \text{ wt}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa gliserin} &= \text{mol gliserin} \times \text{BM gliserin} \\ &= 0,4735 \text{ mol} \times 92,09 \text{ gram/mol} \\ &= 43,6046 \text{ gram } C_3H_8O_3 \\ &= 0,0436 \text{ kg } C_3H_8O_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } mixed \text{ acid} &= \text{Massa gliserin} \times 5 \\ &= 43,6046 \text{ g} \times 5 \\ &= 218,023 \text{ g} \\ &= 0,2180 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa asam nitrat} &= 218,023 \text{ g} \times 50\% \\ &= 109,0115 \text{ g} \\ &= 0,1090 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{B0} &= \frac{\text{massa asam nitrat}}{\text{BM asam nitrat}} \\ &= \frac{109,0115 \text{ g}}{63,01 \text{ g/mol}} \end{aligned}$$

$$F_{B0} = 1,7301 \text{ mol}$$

Total cost HNO_3	$= \text{harga } \text{HNO}_3 \times \text{massa } \text{HNO}_3$ $= \text{Rp. } 3.756,25 \times 0,1090 \text{ kg } \text{HNO}_3$ $= \text{Rp. } 409,46$
Total harga bahan baku	$= \text{Total cost } \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + \text{Total cost } \text{HNO}_3$ $= \text{Rp. } 262,04 + \text{Rp. } 409,46$ $= \text{Rp. } 671,5$
Total harga produk	$= \text{Total cost } \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$ $= \text{Rp. } 25.542,5$
Keuntungan	$= \text{Total cost produk} - \text{Total cost bahan baku}$ $= \text{Rp. } 25.542,5 - \text{Rp. } 671,5$ $= \text{Rp. } 23.871$

- H_2O

Mol H_2O mula-mula (F_D) dapat diperoleh melalui:

$$F_D = 3F_{A0} \cdot X_A$$

$$F_D = 3(0,4735 \times 93\%)$$

$$F_D = 1,3211 \text{ mol}$$

b. *Biazzi Continous Process*

Konversi reaksi (X_A) = 99,18 %

Basis Perhitungan = 1 Jam

Basis 1 kg $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$ yang terbentuk, maka akan diperoleh mol akhir $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$ (F_C) sebagai berikut:

$$\text{mol } \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9 = \frac{\text{massa } \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9}{\text{bm } \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9}$$

$$\text{mol } \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9 = \frac{1 \text{ kg}}{227,0880} \times \frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}}$$

$$\text{mol } \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9 = 0,4404 \text{ mol}$$

- $C_3H_8O_3$

Mol $C_3H_8O_3$ mula-mula (F_{A0}) dapat diperoleh melalui:

$$F_C = F_{A0} \times XA$$

$$0,4404 = F_{A0} \times 0,9918$$

$$F_{A0} = \frac{0,4404}{0,9918}$$

$$F_{A0} = 0,4440 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } C_3H_8O_3 \text{ mula-mula} &= \text{mol } C_3H_8O_3 \times \text{bm } C_3H_8O_3 \\ &= 0,4440 \text{ mol} \times 92,09 \text{ gram/mol} \\ &= 40,8880 \text{ gram } C_3H_8O_3 \\ &= 0,0409 \text{ kg } C_3H_8O_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total cost } C_3H_8O_3 &= \text{harga } C_3H_8O_3 \times \text{massa } C_3H_8O_3 \\ &= \text{Rp. } 6.010 \times 0,0409 \text{ kg } C_3H_8O_3 \\ &= \text{Rp. } 245,81 \end{aligned}$$

- HNO_3

Diketahui:

$$\text{Rasio berat } \textit{mixed acid} \text{ terhadap gliserin } (R_F) = 5:1$$

$$\text{Persentase asam nitrat terhadap } \textit{mixed acid} (R_N) = 50\% \text{ wt}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa gliserin} &= \text{mol gliserin} \times \text{BM gliserin} \\ &= 0,4440 \text{ mol} \times 92,09 \text{ gram/mol} \\ &= 40,8880 \text{ gram } C_3H_8O_3 \\ &= 0,0409 \text{ kg } C_3H_8O_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } \textit{mixed acid} &= \text{Massa gliserin} \times 5 \\ &= 40,8880 \text{ g} \times 5 \\ &= 204,44 \text{ g} \\ &= 0,2044 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa asam nitrat} &= 204,44 \text{ g} \times 50\% \\ &= 102,22 \text{ g} \\ &= 0,1022 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$F_{B0} = \frac{\text{massa asam nitrat}}{\text{BM asam nitrat}}$$

$$= \frac{102,22 \text{ g}}{63,01 \text{ g/mol}}$$

$$F_{B0} = 1,6223 \text{ mol}$$

Total cost HNO_3	$= \text{harga } \text{HNO}_3 \times \text{massa } \text{HNO}_3$ $= \text{Rp. } 3.756,25 \times 0,1022 \text{ kg } \text{HNO}_3$ $= \text{Rp. } 383,89$
Total harga bahan baku	$= \text{Total cost } \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + \text{Total cost } \text{HNO}_3$ $= \text{Rp. } 245,81 + \text{Rp. } 383,89$ $= \text{Rp. } 629,7$
Total harga produk	$= \text{Total cost } \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$ $= \text{Rp. } 25.542,5$
Keuntungan	$= \text{Total cost produk} - \text{Total cost bahan baku}$ $= \text{Rp. } 25.542,5 - \text{Rp. } 629,7$ $= \text{Rp. } 24.912,8$

Tabel 2.4. Perbandingan proses pembuatan gliserin trinitrat

Parameter	Jenis-jenis Proses	
	Biazzzi	Schmid-Meissner
Bahan Baku	Gliserin dan Asam Nitrat	Gliserin dan Asam Nitrat
Suhu Operasi	15°C	18°C
Tekanan	1 atm	1 atm
Konversi Reaksi	99,18%	93%
Keuntungan	Rp. 24.912,8	Rp. 23.871
Jumlah Gliserin trinitrat dalam reaktor	Lebih Banyak	Sedikit
(<i>safety factor</i>)		

Dari tabel 2.4, maka proses yang dipilih untuk pembuatan gliserin trinitrat adalah proses Biazzi dengan beberapa pertimbangan:

1. Jumlah gliserin trinitrat yang lebih banyak dalam reaktor
2. Konversi yang dihasilkan lebih tinggi sehingga akan mempermudah proses pemurnian produk dan hasil yang lebih baik

2.3. Uraian Proses

Proses pembuatan gliserin trinitrat secara garis besar dibagi menjadi 3 tahap utama, yaitu:

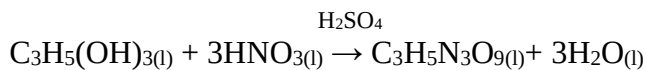
1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap reaksi
3. Tahap pemurnian produk

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Pada proses persiapan bahan baku diawali dengan memompakan asam nitrat dan asam sulfat dalam bentuk cair yang disimpan di tangki penyimpanan (ST-101) dan tangki penyimpanan (ST-102) menuju *mixing point* (MP-101) untuk dicampur agar terbentuk asam campuran (*mixed acid*). Asam campuran yang keluar dari *mixing point* (MP-101) dan gliserin dari tangki penyimpanan (ST-201) didinginkan menggunakan *cooler* (C-201) menjadi 15°C kemudian dipompakan menuju *reactor* alir tangki berpengaduk (RE-201)

2. Tahap Reaksi

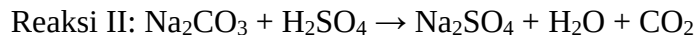
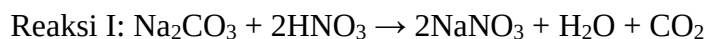
Reaksi antara gliserin dan asam campuran berjalan pada suhu 15°C dan tekanan 1 atm pada *reactor* alir tangki berpengaduk. Di dalam *reactor* terjadi reaksi sebagai berikut:



Reaksi nitration di atas bersifat *irreversible*. Reaksi yang terjadi juga merupakan reaksi yang bersifat eksotermis, sehingga untuk menjaga suhu reaksi reaktor perlu dilengkapi dengan pendingin. Berdasarkan penelitian Lu et al, 2008 konversi yang dihasilkan oleh reaksi ini sebesar 99,18%

3. Tahap Pemurnian Produk

Produk keluar reaktor berupa gliserin trinitrat dan air serta sisa asam campuran selanjutnya dialirkan menuju *decanter* pertama (DC-301) untuk dipisahkan antara fase ringan dan berat berdasarkan densitasnya. Fase berat berupa sisa campuran asam akan dialirkan menuju unit pengolahan limbah, sedangkan fase ringan berupa gliserin trinitrat yang masih mengandung sebagian sisa campuran asam yang dialirkan menuju *neutralizer* (NE-301). Sisa asam dinetralkan dengan natrium karbonat yang diencerkan terlebih dahulu dalam *mixer* (M-301). Meskipun NaOH lazim digunakan sebagai penetralan zat asam, namun dalam hal ini, NaOH mampu meningkatkan suhu pencampuran yang dapat menyebabkan gliserin trinitrat menjadi tidak stabil. Reaksi yang terjadi pada netralisasi sebagai berikut:



Pada reaksi netralisasi, terjadi reaksi multifase dimana CO_2 yang terbentuk dalam fase gas. CO_2 menuju permukaan netralizer segera keluar dengan cepat ke udara. Setelah dinetralkan hasil larutan yang keluar dari netralizer (NE-301) dialirkan menuju *decanter* kedua (DC-302) untuk dipisahkan lagi fase ringan dan berat berdasarkan densitasnya. Fase berat berupa gliserin trinitrat akan dialirkan ke tangki penyimpanan (ST-401) sedangkan fase ringan berupa sisa larutan garam hasil netralisasi dialirkan ke UPL

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1. Bahan Baku

3.1.1. Gliserin ($C_3H_5(OH)_3$)

Wujud	: Cair ¹⁾
Konsentrasi	: 98% wt ¹⁾
Impurities (air)	: 1% wt ¹⁾
Berat molekul	: 92,09 g/mol ¹⁾
Titik didih	: 290°C pada 1 atm ¹⁾
Titik beku	: 13,5,0°C ¹⁾
Densitas	: 1,2610 g/cm ³ pada 15,6° C ²⁾
Viskositas dinamik	: 1,410 Pa.s pada 20°C ¹⁾
Kelarutan	: 5,296 x 10 ⁶ mg/L air pada 25°C ³⁾

¹⁾ (Christoph, et al., 2012)

²⁾ (Kate Gleason College of Engineering, 2018)

³⁾ (National Center for Biotechnology Information, 2012)

3.1.2. Asam Nitrat (HNO_3)

Wujud	: Cair ¹⁾
Konsentrasi	: 68% wt ²⁾
Impurities (air)	: 32% wt ²⁾
Berat molekul	: 63,01 g/mol ²⁾
Titik didih	: 82,6°C ²⁾
Titik beku	: -41,59°C ²⁾
Densitas	: 1,4122 g/cm ³ pada 15° C ³⁾
Viskositas dinamik	: 0,746 mPa.s pada 25°C ²⁾
Kelarutan	: Sangat larut dalam air ⁴⁾

¹⁾ (PT Multi Nitrotama Kimia, 2022)

²⁾ (Thiemann, et al., 2012)

³⁾ (Handymath, 2022)

⁴⁾ (National Center for Biotechnology Information, 2012)

3.1.3. Asam Sulfat (H_2SO_4)

Wujud	: Cair ¹⁾
Konsentrasi	: 98% wt ²⁾
Impurities (air)	: 2% wt ²⁾
Berat molekul	: 98,08 g/mol ²⁾
Titik didih	: 339°C ²⁾
Titik beku	: 10°C ²⁾
Densitas	: 1,710 g/cm ³ pada 15°C ³⁾
Viskositas	: 23,541 cP pada 25°C ⁴⁾
Kelarutan	: Larut dalam air ⁵⁾

¹⁾ (PT Indonesian Acid Industri, 2022)

²⁾ (Muller, 2012)

³⁾ (National Center for Biotechnology Information, 2022)

⁴⁾ (Yaws, 1999)

⁵⁾ (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2022)

3.2. Bahan Penunjang

3.2.1. Natrium Karbonat (Na_2CO_3)

Wujud	: Padat ¹⁾
Total alkalinitas	: 99% wt ¹⁾
Impurities	: Na_2SO_4 0,03% wt, NaCl 0,8% wt, Fe_2O_3 0,003% wt ¹⁾
Berat molekul	: 106 g/mol ¹⁾
Titik leleh	: 851°C ²⁾
Densitas	: 2,533 g/cm ³ pada 20°C ²⁾
Kelarutan	: 30,7 g/100 g air pada 25°C ³⁾

¹⁾ (Tata Chemicals Ltd, 2021)

²⁾ (Thieme, 2012)

³⁾ (National Center for Biotechnology Information, 2018)

3.3. Produk

3.3.1. Gliserin Trinitrat ($C_3H_5N_3O_9$)

Wujud	: Cair ¹⁾
Impurities	: HNO_3 0,0056% wt, H_2SO_4 0,0010% wt ³⁾
Berat molekul	: 82,06 g/mol ²⁾
Titik didih	: 180°C ³⁾
Titik beku	: 13°C ³⁾
Densitas	: 1,6009 g/cm ³ pada 15° C ⁴⁾
Kelarutan	: 6,00 ppm/100 ppm <i>mixed acid</i> (10% HNO_3 , 70% H_2SO_4 , 20% H_2O) ³⁾
Viskositas	: 37,8 cP pada 20°C ³⁾

¹⁾ (Lu, et al., 2008)

²⁾ (Ethermo, 2009)

³⁾ (Urbanski, 1965)

⁴⁾ (National Center for Biotechnology Information, 2022)

3.3.2. Air (H_2O)

Wujud	: Cair ¹⁾
Berat molekul	: 18,01 g/mol ¹⁾
Titik didih	: 100°C ¹⁾
Titik beku	: 0 °C ¹⁾
Densitas	: 0,99919 g/cm ³ pada 15° C ²⁾
Viskositas	: 0,911 cP pada 25°C ¹⁾

¹⁾ (Yaws, 1999)

²⁾ (Valves Instruments Plus Ltd, 2021)

BAB X

SIMPULAN DAN SARAN

10.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap prarancangan pabrik gliserin trinitrat dari gliserin dan asam nitrat kapasitas 15.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

1. Nilai *Percent Return on Investment* (ROI) setelah pajak adalah 21,99% dan nilai *Pay Out Time* (POT) setelah pajak adalah 2,78 tahun dimana masuk dalam batasan pabrik berisiko rendah sehingga pabrik layak untuk didirikan.
2. *Break Even Point* (BEP) sebesar 44,18% dari kapasitas produksi total dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 22,97% dari kapasitas total.
3. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) sebesar 22,49%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

10.2 Saran

Prarancangan pabrik gliserin trinitrat dari gliserin dan asam nitrat kapasitas 15.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba.com, 2023. Alibaba.com. [Online] Available at: <http://www.alibaba.com> [Accessed 20 Juli 2023].
- Alodokter, 2023. *Gliserin trinitrat*. [Online] Available at: <https://www.alodokter.com/gliserintrinitrat> [Accessed 15 Juli 2023].
- Annual Salary Report*. 2023, September.
- Anonymous. 2013. *Density of Aqueous Glycerine Solutions*. (Catatan Penelitian). Kate Gleason College of Engineering. New York. 1 hlm.
- Anonymous. 2018. *Perencanaan Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi Air Minum*. (Modul Proyeksi). Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia (BPSDM) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). DKI Jakarta. 16 hlm.
- Anonymous. 2019. *Screw Conveyors for Bulk Materials Fifth Edition*. (Rekomendasi). Conveyor Equipment Manufacturers Association. Florida. 163 hlm.
- Anonymous. 2020. *Stainless Steel 316 dan Kegunaannya dalam Industri Kelautan*. https://www.indo-makmur.com/blog/blog_detail/stainless-steel-316-dan-kegunaannya-dalam-industri-kelautan#. Diakses pada 19 Agustus 2023.
- Anonymous. 2020. *Terbukti Efektif ! Bangun Gudang Penyimpanan dengan Material Prefabrikasi*. <https://sanwaprefab.co.id/bangun-gudang-penyimpanan-dengan-material-prefabrikasi/>. Diakses pada 17 September 2023.
- Anonymous. 2022. *Freezing Point, Density, Specific Heat and Dynamic Viscosity of Calcium Chloride Water Coolants*. https://www.engineeringtoolbox.com/calcium-chloride-water-d_1186.html. Diakses pada 19 Agustus 2023.
- Anonymous. 2023. *Glycerine*. https://en.wikipedia.org/wiki/Glycerine#cite_note-PGCH-2. Diakses pada 10 Agustus 2023.

- Anonymous. 2023. *Gliserine Trinitrate*. [https://id.wikipedia.org/wiki/Gliserine Trinitrate](https://id.wikipedia.org/wiki/Gliserine_Trinitrate). Diakses pada 18 Agustus 2023.
- Aries, R. S., Newton, R. D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw-Hill Book Company. New-York. 263 hlm.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik Perdagangan Luar Negeri 2023 Foreign Trade Statistics 2016 Impor/Import*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Bank Indonesia. 2023. *Informasi Kurs JISDOR*.
<https://www.bi.go.id/id/statistik/informasi-kurs/jisdor/default.aspx>. Diakses pada 10 September 2023.
- Bergman, Y. 2008. *Development and Production of Smokeless Military Propellants in France, 1884-1918*. (Disertasi). Tel-Aviv University. Tel Aviv. 316 hlm.
- Branan, C. R. 2005. *Rules Of Thumb For Chemical Engineers A Manual of Quick, Accurate Solutions to Everyday Process Engineering Problems Fourth Edition*. Gulf Professional Publishing. Massachusetts. 479 hlm.
- Brandt, M. J., Johnson, K. M., Elphinston, A. J., Ratnayaka, D. D. 2017. *Twort's Water Supply Seventh Edition*. Butterworth-Heinemann. Oxford. 932 hlm.
- Brown, G. G. 1950. *Unit Operations*. CBS Publishers & Distributors. New Delhi. 611 hlm.
- Brownell, L. E., Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 408 hlm.
- Cahyani, D. E., Nugroho, W. S. 2007. *Prarancangan Pabrik Glycerine Trinitrate dari Gliserin dan Asam Nitrat dengan Proses Biazzi Kapasitas 10.000 Ton/Tahun*. (Skripsi). Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 195 hlm.
- Christoph, R., Schmid, B., Steinberner, U., Dilla, W., Karinen, R. 2012. Glycerol. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Ullmann, F. (eds). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim. 17: 67-82.
- Chrome-Effect. 2021. *Tinggi Tumpukan Maksimum*. <https://chrome-effect.ru/id/drywall/maksimalnaya-vysota-shtabelya-trebovaniya-bezopasnosti-pri/>. Diakses pada 17 September 2023.
- Copperhead Chemical Company. 2019. *Glycerine trinitrate Formulations*. <https://www.copperheadchemical.com/products/nitroglycerin/>. Diakses pada 1 Agustus 2023.

- Correla, R. J., Kestin, J. 1980. Viscosity and density of aqueous Na_2CO_3 and K_2CO_3 solutions in the temperature range 20-90 °C and the pressure range 0-30 MPa. *J. Chem. Eng. Data*. 25 (3): 201-206.
- Coulson, J. M., Richardson, F. F., Sinnott, R. K. 1993. *Chemical Engineering; Vol. 6: An Introduction to Chemical engineering Design*. Pergamon Press. Oxford. 838 hlm.
- Coulson, J. M., Richardson, J. F., Backhurst, J. R., Harker, J. H. 1999. *Coulson & Richardson's Chemical Engineering Volume 1 Sixth Edition Fluid Flow, Heat Transfer and Mass Transfer*. Butterworth-Heinemann. Oxford. 895 hlm.
- Dean, J. A. 1999. *Lange's Handbook of Chemistry Fifteenth Edition*. McGraw-Hill, Inc. Chicago. 1562 hlm.
- Ethermo. 2022. *Nitroglycerin Thermodynamic & Transport Properties*. <http://www.ethermo.us/mars1438.htm>. Diakses pada 21 Juli 2023.
- Fogler, H. S. 2020. *Elements of Chemical Reaction Engineering Sixth Edition*. Pearson Education, Inc. New York. 1983 hlm.
- Geankolpis, C. J. 1993. *Transport Process and Unit Operation Third Edition*. Prentice-Hall International, Inc. New Jersey. 921 hlm.
- Google Earth. 2023.
<https://earth.google.com/web/search/Cisadane+Raya+Chemicals.+PT,+Jalan+Imam+Bonjol,+RT.001%2fRW.004,+Bojong+Jaya,+Kota+Tangerang,+Banten/@6.20403762,106.62329906,15.96127753a,545.30350575d,35y,0.00000001h,9.47725784t,0r/data=CigiJgokCSMrRh3l7UNAEdAFKP6A0>.
 Diakses pada 23 Agustus 2023.
- Green, D. W., Perry, R. H. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition*. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York. 2735 hlm.
- Handymath. 2023. *Nitric Acid Solutions in Water*. <https://www.handymath.com/cgi-bin/nitricble2.cgi?submit=Entry>. Diakses pada 1 Agustus 2023.
- Hesse, H. C., Rushton, J. H. 1945. *Process Equipment Design*. D. Van Nostrand Co., Inc. New York. 580 hlm.

- Himmelblau, D. M., Riggs, J. B. 2012. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering Eight Edition*. Pearson Education, Inc. Michigan. 857 hlm.
- Ismail, F. A. 2009. Studi kuat tekan beton campuran 1 : 2 : 3 berdasarkan lokasi pengambilan agregat di Sumatera Barat. *Jurnal Rekayasa Sipil*. 5 (2): 1-12.
- Joshi, M. V. 1976. *Process Equipment Design*. The Macmillan Company of India Limited. New Delhi. 532 hlm.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Book Company, Inc. Singapore. 871 hlm.
- Lane, L. B. 1925. Freezing points of glycerol and its aqueous solutions. *Ind. Eng. Chem.* 17 (9): 924.
- Lu, K.-T., Luo, K.-M., Yeh, T.-F. & Lin, P.-C. 2008. The kinetic parameters and safe operating conditions of glycerine trinitrate manufacture in the CSTR of biazzi process. *Process Safety and Environmental Protection*. 86 (1): 37-47.
- Matches. 2014. *Matches' Process Equipment Cost Estimates*. <http://www.matche.com/equipcost/Default.html>. Diakses pada 10 September 2023.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., Harriott, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering Fifth Edition*. McGraw-Hill, Inc. Singapore. 1130 hlm.
- Megyesy, E. F. 2001. *Pressure Vessel Handbook Twelfth Edition*. Pressure Vessel Handbook Publishing, Inc. Oklahoma. 499 hlm.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2017. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, dan Pemandian Umum. Kementerian Kesehatan. DKI Jakarta.
- Metcalf, L., Eddy, H. P., Tchobanoglous, G. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse Vol. 4*. McGraw-Hill. New York.
- Muller, H. 2012. Sulfuric Acid and Sulfur Trioxide. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Ullmann, F. (eds). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim. 35: 141-211.

- Munawaroh & Lovisa, T. A. (2019). Pra-Rancangan Pabrik Diklorometana dari Metil Klorida dan Klorin Dengan Kapasitas 8.500 Ton/Tahun. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Tanjungpura*, Vol. I (No. 1).
- National Oceanic and Atmospheric Administration. 2023. *Sulfuric Acid*. <https://cameochemicals.noaa.gov/chemical/5193>. Diakses pada 24 Juli 2023.
- Nauman, E. B. 2002. *Chemical Reactor Design, Optimization, and Scale Up*. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York. 599 hlm.
- Pemerintah Kota Tangerang. 2023. *Batas Administrasi Kota Tangerang*. <https://maps.tangerangkota.go.id/wilayah/>. Diakses pada 23 Agustus 2023.
- Perry, R. H., Green, D. W., Maloney, J. O. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook Seventh Edition*. McGraw-Hill. New York. 2433.
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers Fourth Edition*. McGraw-Hill, Inc. Singapore. 910 hlm.
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., West, R. E. 2003. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers Fifth Edition*. McGraw-Hill. New York. 988 hlm.
- Peters Chemical Company. 2022. *Technical Data Sheet 90 – 94% Anhydrous Calcium Chloride Pellets*. <https://www.peterschemical.com/calcium-chloride-peladow-dowflake-and-liquid-calcium-chloride/specification-sheet-calcium-chloride-dry-pellets/#:~:text=Bulk%20Density%3A%2048%2D51%20lbs,ft.> Diakses pada 17 September 2023.
- Powell, S. T. 1954. *Water Conditioning for Industry First Edition*. McGraw-Hill Book Company. New York. 548 hlm.
- Presiden Republik Indonesia. 1999. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1999 tentang Larangan Praktek Monopoli dan Persaingan Usaha Tidak Sehat. Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia. DKI Jakarta.
- PT Cisadane Raya Chemicals 2023. Gliserin. [Online] Available at: <https://petrokimia-gresik.com> [Accessed 25 Juli 2023].
- PT Indonesian Acid Industri. 2023. *Asam Sulfat*. http://www.indoacid.com/ind/asam_sulfat_i.htm. Diakses pada 24 Juli 2023.

- PT Indonesian Acid Industri. 2023. *Profil Perusahaan*.
www.indoacid.com/ind/inside_us_i.htm. Diakses pada 25 Juli 2023.
- PT Multi Nitrotama Kimia. 2023. *Product*. <https://mnk.co.id/service/product/>.
 Diakses pada 20 Juli 2023.
- PT Samarth Chemicals, 2023. Natrium Karbonat. [Online] Available at:
<https://petrokimia-gresik.com>
 [Accessed 25 Juli 2023].
- Qasim, S. R., Zhu, G. 2018. *Wastewater Treatment and Reuse Theory and Design Examples Volume 1 Principles and Basic Treatment*. CRC Press. Florida. 1161 hlm.
- Rahmandani, I., Hendrawan, D. I., Astono, W. 2021. Penilaian kualitas air di Sungai Cisadane dilihat dari parameter BOD dan DO. *Jurnal Bhuwana*. 1 (2): 147-154.
- Rase, H. F. 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plants, Volume 1 Principles & Techniques*. John Wiley and Sons Canada Ltd. Toronto. 755 hlm.
- Rosarina, D., Laksanawati, E. K. 2018. Studi kualitas air Sungai Cisadane Kota Tangerang ditinjau dari parameter fisika. *Jurnal Redoks*. 3(2): 38-43.
- Shammas, N. K., Wang, L. K. 2007. Gravity Thickening. In: *Biosolids Treatment Processes. Handbook of Environmental Engineering*. Wang, L. K., Shammas, N. K., Hung, Y. -T. (eds). Humana Press. New Jersey. 6: 45-69.
- Siagian, S. D. (2000). *Metode Statistika Untuk Ekonomi dan Bisnis*. Jakarta: Gramedia.
- Siahaan, R., Indrawan, A., Soedharma, D., Prasetyo, L. B. 2011. Kualitas air Sungai Cisadane, Jawa Barat – Banten. *Jurnal Ilmiah Sains*. 11(2): 268-273.
- Sinnot, R. K. 2005. *Chemical Engineering Design Coulson and Richardson's Chemical Engineering Series Volume 6 Fourth Edition*. Elsevier Butterworth-Heinemann. Oxford. 1038 hlm.
- Sinnot, R., Towler, G. 2020. *Chemical Engineering Design Coulson and Richardson's Chemical Engineering Series Sixth Edition*. Butterworth-Heinemann. Oxford. 1262 hlm.

- Smith, J. M., Ness, H. C. V., Abbott, M. M. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics Sixth Edition in SI Units*. McGraw-Hill. New York. 731 hlm.
- Tata Chemicals Ltd. 2021. *Dense Soda Ash*.
<https://www.tatachemicals.com/Asia/Products/Basic-chemistry/Soda-ash/dense-soda-ash>. Diakses pada 14 Agustus 2023.
- Thiemann, M., Scheibler, E., Wiegand, K. W., 2012. Nitric Acid, Nitrous Acid, and Nitrogen Oxides. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Ullmann, F. (eds). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim. 24: 177-225.
- Thieme, C. 2012. Sodium Carbonates. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Ullmann, F. (eds). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim. 33: 299-317.
- Toko Indojoya Kimia. 2022. *Calcium Chloride 1 Zak*.
<https://www.tokopedia.com/ptariman/calcium-chloride-1-zak>. Diakses pada 11 September 2023.
- Tuwati, A. M. A., Fan, M., Bentley, M. A. 2010. Reaction kinetic model for a recent co-produced water treatment technology. *Journal of Environmental Sciences*. 23(3): 360–365.
- Twort, A. C., Ratnayaka, D. D., Brandt, M. J. 2000. *Water Supply 5th Edition*. Butterworth-Heinemann. Oxford. 676 hlm.
- UN Comtrade Database. 2023. *Trade Statistics*. <https://comtrade.un.org/data/>. Diakses pada 20 Juli 2023.
- Ulrich, G. D. 1984. *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons, Inc. Toronto. 470 hlm.
- Urbanski, T. 1965. *Chemistry and Technology of Explosives Vol. II*. PWN-Polish Scientific Publishers. Warszawa. 517 hlm.
- U.S. Secretary of Commerce. 2021. *Sodium Carbonate*.
<https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C497198&Mask=2&Type=JANAFS&Table=on#JANAFS>. Diakses pada 3 Agustus 2023.

- Valves Instrument Plus Ltd. 2021. *Density Of Liquid Water From 0°C to 100°C*.
https://www.vip-ltd.co.uk/Expansion/Density_Of_Water_Tables.pdf.
Diakses pada 1 Agustus 2023.
- Vilbrandt, F. C., Dryden, C. E. 1959 *Chemical Engingineering Plant Design Fourth Edition*. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd. Tokyo. 532 hlm.
- Wagiman. 2020. *Gudang, Pengemasan dan Cara Penyimpanan*. (Bahan Ajar Kuliah). Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 26 hlm.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. Butterworth-Heinemann. Massachusetts. 755 hlm.
- Wilson, T. E. 2005. *Clarifier Design Second Edition*. Water Environtment Federation (WEF) Press. Virginia. 704 hlm.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc-Graw-Hill. New York. 779 hlm.