

**PRARANCANGAN PABRIK POLIETILEN TEREFTALAT DARI ASAM
TEREFTALAT DAN ETILEN GLIKOL DENGAN PROSES
ESTERIFIKASI KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**

***PRE-DESIGN OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE PLANT BY
TEREPHTHALIC ACID AND ETHYLENE GLYCOL USING
ESTERIFICATION PROCESS WITH 100.000 TONS/YEAR CAPACITY***



DISUSUN OLEH:

DENISKA NUGRAFITA SYA'DAH	2010814320008
NIA SHAFIRA RISAHUNDUA	2010814220044

DOSEN PEMBIMBING:

JEFRIADI, S.T., M.Eng

NIP. 198808272023211017

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK POLIETILEN TEREFTALAT DARI ASAM
TEREFTALAT DAN ETILEN GLIKOL DENGAN PROSES
ESTERIFIKASI KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**

***PRE-DESIGN OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE PLANT BY
TEREPHTHALIC ACID AND ETHYLENE GLYCOL USING
ESTERIFICATION PROCESS WITH 100.000 TONS/YEAR CAPACITY***

DISUSUN OLEH:

DENISKA NUGRAFITA SYA'DAH

2010814320008

NIA SHAFIRA RISAHUNDUA

2010814220044

Telah disetujui untuk diseminarkan di Program Studi S-1 Teknik Kimia

Universitas Lambung Mangkurat

Banjarbaru, 08 Januari 2025

Dosen Pembimbing,



JEFRIADI, S.T., M.Eng

NIP. 19880827 202321 1 017

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA

**PRARANCANGAN PABRIK POLIETILEN TEREFTALAT DARI ASAM
TEREFTALAT DAN ETILEN GLIKOL DENGAN PROSES
ESTERIFIKASI KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**

Oleh:

DENISKA NUGRAFITA SYA'DAH (2010814320008)
NIA SHAFIRA RISAHUNDUA (2010814220044)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 14 Januari 2025 dan dinyatakan
LULUS

Komite Penguji:

Ketua : Riani Ayu Lestari, S.T., M. Eng.
NIP. 198604292023212031


Anggota : Prof. Ir. Chairul Irawan, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197504042000031002

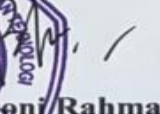
Pembimbing : Jefriadi, S.T., M.Eng.
NIP. 198808272023211017

Banjarbaru, 10 5 FEB 2025
diketahui dan disahkan oleh:

Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM,

Koordinator Program Studi
S1 Teknik Kimia


Dr. Mahmud, S.T., M.T.
NIP. 197401071998021001


Deni Rahmat Wicakso, S.T., M.Eng.
NIP. 198101122003121001

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN
HASIL TUGAS AKHIR**

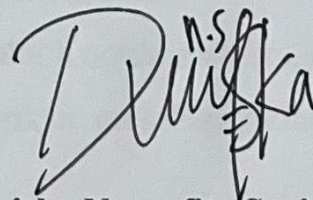
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	NIM
Deniska Nugrafita Sya'dah	2010814320008
Nia Shafira Risahundua	2010814220044

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

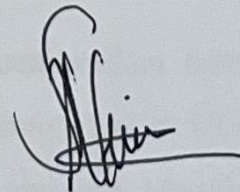
Banjarbaru, Januari 2025



Deniska Nugrafita Sya'dah

NIM. 2010814320008

Banjarbaru, Januari 2025



Nia Shafira Risahundua

NIM. 2010814220044

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya, maka penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Prarancangan Pabrik Polietilen Tereftalat dari Asam Tereftalat dan Etilen Glikol dengan Proses Esterifikasi Kapasitas 100.000 Ton/Tahun”. Tugas ini disusun dalam rangka memenuhi mata kuliah tugas perancangan pabrik kimia atau tugas akhir serta sebagai persyaratan memperoleh gelar sarjana pada Program Studi S-1 Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat.

Dalam kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua tercinta, kakak, adik, dan seluruh keluarga besar kami yang telah memberikan segala bantuan, dukungan moral dan moril serta do'a yang tiada henti kepada kami mulai dari awal kuliah hingga kami menyelesaikan perkuliahan.
2. Bapak Jefriadi, S.T., M,Eng selaku dosen pembimbing tugas akhir kami di Progran Studi S-1 Teknik Kimia ULM yang telah membimbing dan memberi saran dan masukan yang berguna dalam kemajuan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Doni Rahmat Wicakso, S.T., M.Eng selaku Koordinator Program Studi S-1 Teknik Kimia ULM yang telah memberikan masukan terhadap perkuliahan kami.
4. Seluruh dosen Program Studi Teknik Kimia yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam pengerjaan tugas akhir ini dan senantiasa memberikan banyak ilmu yang bermanfaat untuk kami selama masa perkuliahan.
5. Seluruh staf Program Studi Teknik Kimia yang telah memberikan bantuan dalam urusan administrasi sebagai mahasiswa selama menuntut ilmu di ULM.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat angkatan 2020 yang selalu menemani dan bersama dari awal perkuliahan hingga akhir perkuliahan.

7. Seluruh keluarga besar Mahasiswa dan Alumni Teknik Kimia ULM yang telah mau meluangkan waktunya berbagi informasi, memberikan saran serta memberikan beberapa literatur yang sangat membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.
8. Seluruh civitas akademik dan orang-orang yang ada di sekitar Fakultas Teknik ULM Banjarbaru yang memberikan kami pelajaran dan pengalaman yang berharga selama perkuliahan.
9. Seluruh teman dan sahabat kami yang berada di luar sana yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuan dan do'anya.

Kami menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan, seperti kita ketahui bahwa tidak ada manusia yang sempurna, kami hanya bisa berusaha melakukan yang terbaik dan semaksimal mungkin. Adanya kekurangan pada tugas akhir ini, maka kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi diperolehnya hasil yang maksimal dan terbaik dari tugas akhir ini. Semoga tugas akhir Prarancangan Pabrik ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Banjarbaru, Januari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SINGKATAN	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
INTISARI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN I-1	I-1
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik	I-2
1.2 Tinjauan Pustaka	I-2
1.3 Penentuan Kapasitas Perancangan	I-3
1.4 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	I-11
BAB II URAIAN PROSES DAN DIAGRAM KUALITATIF.....	II-1
2.1 Macam-macam Proses	II-1
2.2 Uraian Proses	II-3
2.3 Tinjauan Termodinamika	II-5
2.4 Tinjauan Kinetika (referensi)	II-5
BAB III NERACA MASSA	III-1
3.1 <i>Mixer</i>	III-1
3.2 Reaktor Esterifikasi	III-2
3.3 Dekanter	III-2
3.4 Reaktor Polikondensasi	III-3
3.5 <i>Mixing Point</i>	III-4
3.6 <i>Condensor</i>	III-4
3.7 <i>Flash Tank</i>	III-5
3.8 <i>Crystallizer</i>	III-6
3.9 <i>Ball Mill</i>	III-7
3.10 <i>Screening</i>	III-7
BAB IV NERACA PANAS	IV-1

4.1 Neraca Panas pada <i>Heater</i>	IV-1
4.2 Neraca Panas pada Reaktor Esterifikasi	IV-2
4.3 Neraca Panas pada Dekanter	IV-3
4.4 Neraca Panas pada <i>Heater 2</i>	IV-3
4.5 Neraca Panas pada Reaktor Polikondensasi	IV-4
4.6 Neraca Panas pada <i>Crystalizer</i>	IV-4
4.7 Neraca Panas pada <i>Ball Mill</i>	IV-5
4.8 Neraca Panas pada Kompresor	IV-5
4.9 Neraca Panas pada <i>Cooler 1</i>	IV-6
4.10 Neraca Panas pada <i>Condensor</i>	IV-6
4.11 Neraca Panas pada <i>Flash Tank</i>	IV-7
4.12 Neraca Panas pada <i>Cooler 2</i>	IV-8
4.13 Neraca Panas pada <i>Cooler 3</i>	IV-9
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN.....	V-1
5.1 GUDANG C ₈ H ₆ O ₄	V-1
5.2 <i>SCREW CONVEYOR</i> C ₈ H ₆ O ₄	V-1
5.3 <i>BUCKET ELEVATOR</i> C ₈ H ₆ O ₄	V-2
5.4 <i>BIN</i> C ₈ H ₆ O ₄	V-2
5.5 TANGKI C ₂ H ₆ O ₂	V-3
5.6 POMPA 1	V-4
5.7 <i>MIXER</i>	V-4
5.8 POMPA 2	V-5
5.9 <i>HEATER 1</i>	V-6
5.10 GUDANG KATALIS	V-6
5.11 <i>SCREW CONVEYOR</i> KATALIS	V-7
5.12 <i>BUCKET ELEVATOR</i> KATALIS	V-7
5.13 <i>Bin</i> KATALIS	V-8
5.14 REAKTOR ESTERIFIKASI	V-9
5.15 POMPA 3	V-10
5.16 DEKANTER	V-11
5.17 <i>SCREW CONVEYOR</i> DEKANTER	V-11

5.18 GUDANG PRODUK BAWAH DEKANTER	V-12
5.19 POMPA 4	V-12
5.20 <i>HEATER 2</i>	V-13
5.21 REAKTOR POLIKONDENSASI	V-14
5.22 POMPA 5	V-15
5.23 <i>CRYSTALLIZER</i>	V-15
5.24 <i>BALL MILL</i>	V-17
5.25 <i>SCREEN</i>	V-17
5.26 <i>SCREW CONVEYOR SCREENING</i>	V-18
5.27 <i>BUCKET ELEVATOR SCREENING</i>	V-18
5.28 <i>BIN C₁₀H₈O₄</i>	V-19
5.29 GUDANG C ₁₀ H ₈ O ₄	V-19
5.30 <i>EJECKTOR</i>	V-20
5.31 KOMPRESSOR	V-20
5.32 <i>COOLER 1</i>	V-20
5.33 POMPA 6	V-21
5.34 <i>CONDENSOR</i>	V-21
5.35 POMPA 7	V-22
5.36 <i>FLASH TANK</i>	V-22
5.37 <i>COOLER 2</i>	V-23
5.38 <i>COOLER 3</i>	V-25
5.39 TANGKI (RE) C ₂ H ₆ O ₂	V-25
BAB VI INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA	VI-1
6.1 Instrumentasi	VI-1
6.2 Keselamatan Kerja	VI-8
6.3 Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Pabrik Polietilen	
Tereftalat.....	VI-9
BAB VII LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	VII-1
7.1 Lokasi Pabrik	VII-1
7.2 Tata Letak Bangunan dan Peralatan Pabrik	VII-4
BAB VIII ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN	VIII-1

8.1 Bentuk Badan Usaha Perusahaan	VIII-1
8.2 Pembagian Jam Kerja Karyawan	VIII-12
8.3 Status Karyawan dan Sistem Upah	VIII-14
8.4 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji	VIII-15
8.5 Tata Tertib	VIII-18
8.6 BPJS Ketenagakerjaan dan Fasilitas Tenaga Kerja	VIII-19
BAB IX UTILITAS	IX-1
9.1 Unit Penyediaan Air	IX-1
9.2 Unit Penyedia <i>Steam</i>	IX-29
9.3 Unit Pembangkit Listrik	IX-30
9.4 Unit Penyedia Bahan Bakar	IX-30
BAB X ANALISA EKONOMI	X-1
10.1 Penaksiran Harga Peralatan	X-2
10.2 Penentuan Investasi Modal Total (TCI)	X-3
10.3 Penentuan Biaya Total Produksi (TPC)	X-6
10.4 Total Penjualan	X-9
10.5 Perkiraan Laba Usaha	X-9
10.6 Analisa Kelayakan	X-9
BAB XI KESIMPULAN.....	XI-1
LAMPIRAN A	A-1
LAMPIRAN B	B-1
LAMPIRAN C	C-1
LAMPIRAN D	D-1
LAMPIRAN E	E-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Rangkaian reaksi pembentukan PET.....	I-1
Gambar 1. 2	Struktur Kimia dari PET	I-3
Gambar 1. 3	Struktur Asam Tereftalat	I-3
Gambar 1. 4	Struktur Kimia Etilen Glikol	I-4
Gambar 1. 5	Data Impor <i>Polyethylene Terephtalate</i> di Indonesia	I-7
Gambar 2.1	Diagram Alir Kualitatif Pembuatan PET	II-12
Gambar 2.2	<i>Flow Diagram Process</i>	II-13
Gambar 7. 1	Peta Lokasi Rencana Pendirian Pabrik.....	
Gambar 7.2	Tata Letak Pabrik	V-10
Gambar 7.3	Tata Letak Alat Proses	VII-11
Gambar 8.1	Bagan Struktur Pabrik Polietilen Tereftalat	VIII-4
Gambar 9.1	Diagram Alir Unit Utilitas	IX-32
Gambar 10.1	<i>Break Event Point dan Shutdown Point</i> Prarancangan Pabrik Polietilen Tereftalat dari Asam Tereftalat dan Etilen Glikol dengan Proses Esterifikasi Kapasitas 100.000 Ton/Tahun.....	X-13

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Kapasitas Produksi Bahan baku	I-5
Tabel 1. 1 Data Impor <i>Polyethylene Terephtalate</i> di Indonesia	I-6
Tabel 1. 2 Data Ekspor <i>Polyethylene Terephtalate</i> di Indonesia	I-6
Tabel 1. 3 Produsen PET di Indonesia	I-6
Tabel 1. 4 Data kapasitas produksi pabrik Polietilen Tereftalat di dunia.....	I-10
Tabel 2. 1 Perbandingan Proses Pembuatan Polietilen Tereftalat	II-2
Tabel 2. 2 Data Entalpi Pembentukan Tiap Komponen pada Suhu 25°C	II-6
Tabel 2. 3 Data Perubahan Energi Bebas Gibbs Tiap Komponen pada Suhu 25°C	II-7
Tabel 3. 1 Neraca Massa <i>Mixer</i>	III-1
Tabel 3. 2 Neraca Massa Reaktor Esterifikasi	III-2
Tabel 3. 3 Neraca Massa Dekanter	III-3
Tabel 3. 4 Neraca Massa Reaktor Polikondensasi.....	III-3
Tabel 3. 5 Neraca Massa <i>Mixing Point</i>	III-4
Tabel 3. 6 Neraca Massa <i>Condensor</i>	III-5
Tabel 3. 7 Neraca Massa <i>Flash Tank</i>	III-6
Tabel 3. 8 Neraca Massa <i>Crystallizer</i>	III-6
Tabel 3. 9 Neraca Massa <i>Ball Mill</i>	III-7
Tabel 3. 10 Neraca Massa <i>screening</i>	III-7
Tabel 4.1 Neraca Panas pada <i>Heater1</i>	IV-1
Tabel 4.2 Neraca Panas pada Reaktor Esterifikasi	IV-2
Tabel 4.3 Neraca Panas pada Dekanter	IV-3
Tabel 4.4 Neraca Panas pada <i>Heater 2</i>	IV-3
Tabel 4.5 Neraca Panas pada Reaktor Polikondensasi	IV-4
Tabel 4.6 Neraca Panas pada <i>Crystalizer</i>	IV-5
Tabel 4.7 Neraca Panas pada <i>Ball Mill</i>	IV-5
Tabel 4.8 Neraca Panas Kompresor	IV-5
Tabel 4.9 Neraca Panas pada <i>Cooler 1</i>	IV-6
Tabel 4.10 Neraca Panas pada Kondensor	IV-7

Tabel 4.11 Neraca Panas pada <i>Flash Tank</i>	IV-7
Tabel 4.12 Neraca Panas pada <i>Cooler 2</i>	IV-8
Tabel 4.13 Neraca Panas pada <i>Cooler 3</i>	IV-9
Tabel 6. 1 Penggunaan Instrumentasi Pada Pabrik Polietilen Tereftalat	VI-7
Tabel 7.1 Rincian luas tanah dan bangunan	VII-7
Tabel 8. 1 Jadwal Kerja Masing-Masing Per Kelompok	VIII-14
Tabel 8.2 Penggolongan jabatan pada Perusahaan Polietilen Tereftalat	VIII-15
Tabel 8.3 Gaji/bulan dan Jumlah Karyawan	VIII-17
Tabel 9.1 Kebutuhan Air Pendingin	IX-2
Tabel 9.2 Kebutuhan <i>Steam</i>	IX-4
Tabel 9.3 Standar Kualitas Air Bersih	IX-6
Tabel 9.4 Syarat-Syarat Air Umpan Boiler	IX-13

DAFTAR SINGKATAN

PET = *Polyethene Terephthalate*

TPA = *Terephthalic Acid*

EG = *Ethylene Glycol*

DMT = *Dimethyl terephthalate*

BHET = *Bis-Hidroxyethylene Terephthalate*

CSTR = *Continuous Stirred Tank Reactor*

DAFTAR NOTASI

n	= Orde
k_i	= Konstanta laju reaksi
A_i	= Faktor Frekuensi atau Pra-eksponensial
E_i	= Energi aktivasi reaksi
R	= Konstanta gas
t	= Waktu Tinggal
T	= Suhu
ΔG	= Energi bebas <i>Gibbs</i>
ΔH_f	= Energi panas pembentukan

INTISARI

Prarancangan pabrik polietilen tereftalat dari asam tereftalat dan etilen glikol dengan proses esterifikasi kapasitas 100.000 ton/tahun dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan polietilen tereftalat di Indonesia pada tahun 2030 mendatang. Polietilen tereftalat disingkat dengan PET merupakan bahan kimia yang banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan botol alat medis ataupun kemasan makanan. Kebutuhan PET ini akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah populasi manusia di dunia. Oleh karena itu, PET memiliki pandangan ke depan untuk lebih meningkatkan jumlah produksinya. Pabrik ini direncanakan akan berdiri di daerah Karawang, Jawa Barat dengan luas tanah sebesar 35.505 m². Pabrik beroperasi selama 330 hari dalam setahun dengan jumlah tenaga kerja 150 orang.

Pabrik polietilen tereftalat yang akan dibangun diproduksi dari bahan baku asam tereftalat dan etilen glikol dengan menggunakan proses esterifikasi. Proses pembuatan PET bahan baku perbandingan antara asam tereftalat dan etilen glikol yang akan masuk ke dalam tangki pencampuran adalah 1:2 pada suhu 30°C tekanan 1 atm selama 30 menit. Selain bahan baku utama, ditambahkan katalis antimon trioksida (Sb₂O₃) pada reaktor *CSTR* (TPA+EG). Reaksi yang terjadi pada reaktor ini dikenal dengan reaksi esterifikasi. Reaksi yang terjadi di reaktor esterifikasi bertujuan untuk pembentukan monomer, yaitu *Bis-(hydroxyethyl) terephthalate* (BHET). Produk samping yang diperoleh dari reaksi ini adalah air (H₂O) dan EG tidak bereaksi. Kemudian produk *over flow* dari reaktor *CSTR* dipompakan ke reaktor *fixed bed*. Reaksi yang terjadi adalah polikondensasi BHET menjadi PET dengan menggunakan katalis Sb₂O₃ dalam bentuk butiran. Reaktan dimasukkan ke dalam reaktor dalam fase cair. Proses di reaktor ini menghasilkan monomer dengan derajat polimerisasi 100 (PET100) dan EG yang tidak bereaksi. EG yang tidak bereaksi akan dihisap oleh steam yang dihasilkan oleh ejektor kemudian akan di kondensasikan oleh kondensor. Dalam proses ini, uap air dan EG dikirim ke *flash tank* untuk dipisahkan antara uap dan cairannya. Produk yang dihasilkan dari reaktor polikondensasi dipompakan ke unit dekanter, untuk memisahkan PET dari produk samping yang terjadi pada reaksi polikondensasi. Produk samping itu yaitu BHET memiliki densitas lebih besar dari PET. Produk atas yaitu cairan PET dialirkan menggunakan pompa menuju alat *crystallizer* untuk proses mengkristalkan produk PET. Produk keluaran berupa kristal PET kemudian dimasukkan ke alat *ball mill* untuk memperkecil ukuran PET. Kemudian menuju *screening* agar menyeragamkan ukuran PET, Kristal PET yang dihasilkan diangkut menuju gudang penyimpanan menggunakan *screw conveyor*.

Hasil Analisa Ekonomi didapat modal investasi sebesar Rp.530.164.376.522,54. dan diperoleh hasil penjualan yaitu selama 330 hari sebesar Rp. 2.700.000.000.000. . Selain itu diperoleh juga *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 60% dan *Return of Investment* (ROI) sesudah pajak sebesar 39%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 1,42 tahun dan *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak sebesar 2,03 tahun. Sehingga diperoleh *Break Event Point* (BEP) sebesar 47% dan *Shut down point* (SDP) sebesar 35%. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi tersebut, maka pabrik polietilen tereftalat dengan kapasitas 100.000 ton/tahun ini layak didirikan.

Kata kunci : Polietilen tereftalat, asam tereftalat, etilen glikol, antimoni trioksida, esterifikasi