

PRARANCANGAN PABRIK
DIBUTYL PHTHALATE* DARI *PHTHALIC ANHYDRIDE* DAN *N-BUTANOL
DENGAN KAPASITAS 17.000 TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor (RE-201))

(Skripsi)

Oleh

MESA SHINTIA

NPM 1915041004



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK DIBUTHYL PHTHALATE DARI PHTHALIC ANHYDRIDE DAN N-BUTANOL KAPASITAS 17.000 TON/TAHUN (Prarancangan Reaktor (RE-201))

Oleh
MESA SHINTIA

Pabrik *Dibuthyl Phthalate* ini berbahan baku *Phthalic Anhydride* dan n-butanol, yang rencananya akan didirikan di Kecamatan Drieorejo, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Pabrik ini berdiri dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja, perizinan dan kondisi masyarakat sekitar. Pabrik ini direncanakan dapat memproduksi *Dbuthyl Phthalate* sebanyak 17.000 ton/tahun, dengan waktu operasi selama 24 jam/hari serta 330 hari/tahun. Banyaknya bahan baku yang digunakan adalah *Phthalic Anhydride* sebanyak 1.166,043 kg/jam dan n-butanol sebanyak 1.457,554 kg/jam.

Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik *Dibuthyl Phthalate* ini berupa unit penyedia dan pengolahan air, unit penyedia *steam*, unit penyedia udara instrument dan unit penyedia bahan bakar.

Jumlah karyawan sebanyak 144 orang dengan bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi jenis *line* dan *staff*.

Dari analisis ekonomi, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

<i>Fixeed Capital Investment</i> (FCI)	= Rp 104.717.493.294,-
<i>Working Capital Investment</i> (WCI)	= Rp 61.728.525.529,-
<i>Total Capital Investment</i> (TCI)	= Rp 411.523.503.526,-
<i>Break Even Point</i> (BEP)	= 42,073 %
<i>Shut Down Point</i> (SDP)	= 29,685 %
<i>Pay Out Time After Taxes</i> (POT) _a	= 2,702 tahun
<i>Return on Investment After Taxes</i> (ROI) _a	= 44,544 %

Berdasarkan beberapa paparan di atas, maka pendirian pabrik *Dibuthyl Phthalate* ini layak untuk dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dari sisi ekonomi dan mempunyai prospek yang relatif cukup baik.

Kata kunci: Prarancangan Pabrik *Dibuthyl Phthalate*, *Dibutyl Phthalate*

ABSTRACT

PRE-DESIGN DIBUTHYL PHTHALATE PLANT FROM PHTHALIC ANHYDRIDE AND N-BUTANOL CAPACITY 17,000 TONS/YEAR (Pre-Design Reactor (RE-201))

By

MESA SHINTIA

The Dibuthyl Phthalate *factory* is made of *Phthalic Anhydride* and n-butanol, which is planned to be established in Drieorejo District, Gresik Regency, East Java. This factory was established by considering the availability of raw materials, adequate transportation facilities, labor, licensing and the condition of the surrounding community.

This plant is planned to be able to produce 17,000 tons/year of *Dibuthyl Phthalate*, with an operating time of 24 hours/day and 330 days/year. The amount of raw materials used is *Phthalic Anhydride* as much as 1,166,043 kg/hour and n-butanol as much as 1,457,554 kg/hour.

The provision of utility needs for *the Dibuthyl Phthalate* plant is in the form of a water supply and treatment unit, a *steam* supply unit, an instrument air supply unit and a fuel supply unit.

The number of employees is 144 people with the form of a company is a Limited Liability Company (PT) with a *line and staff type organizational structure*.

From the economic analysis, the following results were obtained:

<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	= Rp 104.717.493.294,-
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	= Rp 61.728.525.529,-
<i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= Rp 411.523.503.526,-
<i>Break Even Point (BEP)</i>	= 42.073 %
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	= 29.685 %
<i>Pay Out Time After Taxes (POT)_a</i>	= 2,702 years
<i>Return on Investment After Taxes (ROI)_a</i>	= 44.544 %

Based on some of the explanations above, the establishment of *the Dibuthyl Phthalate* factory deserves further study, because it is a factory that leads from an economic point of view and has relatively good prospects.

Keywords: *Dibuthyl Phthalate* Plant Design, *Dibutyl Phthalate*

PRARANCANGAN PABRIK
DIBUTYL PHTHALATE* DARI *PHTHALIC ANHYDRIDE* DAN *N-BUTANOL
DENGAN KAPASITAS 17.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201))

Oleh
MESA SHINTIA
1915041004

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

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK DIBUTHYL
PHTHALATE DARI PHTHALIC ANHYDRIDE
DAN N-BUTANOL DENGAN KAPASITAS
17.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor 201
(RE-201))**

Nama Mahasiswa : **Mesa Shintia**

No. Pokok Mahasiswa : **1915041004**

Program Studi : **Teknik Kimia**

Fakultas : **Teknik**

MENYETUJUI,
Komisi Pembimbing


Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

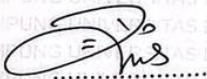

Dr. Herti Utami, S.T., M.T.
NIP. 197112192000032001

Ketua Jurusan Teknik Kimia

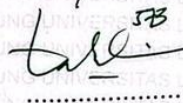

Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN**1. Tim Penguji**

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

Sekretaris : Dr. Herti Utami, S.T., M.T. 

Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Azhar, M.T. 

Taharuddin, S.T., M.Sc. 

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung


Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 21 Maret 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.

Randa Lampung, 12 Juli 2024



1000
Rp
METERAI
TEMPEL
3A544ALX236913173

Mesa Shintia
NPM. 1915041004

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 31 Maret 2001, putri pertama dari pasangan Bapak Zulaipi dan Ibu Umi Ningsih.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar Negeri 1 Negara Batin pada tahun 2013, Madrasah Tsanawiyah Negeri Kota Agung pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Kota Agung pada tahun 2019.

Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Jalur SNMPTN 2019. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam organisasi sebagai staff Departemen Hubungan Luar Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) FT Unila periode 2020-2021.

Pada tahun 2022, penulis melakukan Kerja Praktik di PTPN 7 Pabrik Gula Bungamayang dengan Tugas Khusus “Evaluasi Kinerja *Vacuum Pan A*”. Penulis juga melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Rasio Massa Pati/Gelatin Serta Penambahan Bahan Pengisi Terhadap Kuat Tarik Dan Elongasi Bioplastik.)

Selain itu, penulis mendapatkan kesempatan dan amanah sebagai asisten laboratorium Praktikum Dasar 2 tahun 2023.

MOTTO

Lâ yukallifullâhu nafsân illâ wus'ahâ

Artinya, “Allah tidak membebani seseorang, kecuali menurut kesanggupannya”

- QS Baqarah: 286

Jangan menyerah atas impianmu, Impian memberi tujuan hidup. Ingatlah, sukses bukanlah kunci kebahagiaan, kebahagiaan itu lah kunci sukses.

Ini jalanmu dan milikmu sendiri, orang lain mungkin berjalan denganmu tetapi tidak ada yang berjalan untukmu. -Jalaluddin Rumi

Akan tiba masanya, segala yang kau ingini akan teramini.

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 anugerah-Nya, aku bisa bertahan selama ini.*

*Kedua orang tuaku dan seluruh keluarga besar,
terima kasih atas doa, kasih sayang, pengorbanan, dan keikhlasannya.
Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa dibandingkan dengan
pengorbanan dan kasih sayang selama ini*

*Sahabat-sahabatku,
terimakasih atas dukungan, doa, dan ketulusannya selama ini.*

*Para pengajar sebagai tanda hormatku,
terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini, baik itu
berupa ilmu teknik kimia, 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 berkat dan rahmat-Nya, sehingga tugas akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik Dibutyl Phthalate dari Phthalic Anhydride dan n-Butanol dengan Kapasitas 17.000 Ton/Tahun” 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, Orangtua serta seluruh keluarga besar atas pengorbanan, doa, dukungan, ketulusan, bantuan, 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 serta Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan ilmu, pengarahan, saran, bimbingan, pengertian dan kritik dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
3. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan ilmu, pengarahan, saran, bimbingan, pengertian dan kritik dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.

4. Bapak Ir. Azhar., M.T. selaku Dosen Peguji I yang telah memberikan ilmu, pengarahan, saran, bimbingan, pengertian dan kritik dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
5. Bapak Taharudin, S.T. ., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan ilmu, pengarahan, saran, dan kritik dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna di kemudian hari.
6. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
7. Wayan Pipit Puspita sebagai patner penelitian dan tugas akhir yang selalu membersamai dan melengkapi penulis, atas kerjasamanya selama ini dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir serta mendampingi dalam keadaan suka duka, menyemangati, dan selalu memberikan dukungan kepada penulis.
8. Marta Andi Mahendra, adik yang telah tumbuh dan berkembang bersama penulis, yang selalu ada untuk penulis saat senang maupun sedih, yang tidak pernah lelah mencurahkan segala dukungannya.
9. Teman-teman perkuliahan, Amirah, Navira, serta seluruh Angkatan 2019, sebagai teman seperjuangan dari ospek hingga meraih gelar sarjana yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan doa.
10. Kakak-kakak dan adik tingkat di Jurusan Teknik Kimia yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas bantuannya selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini dan tentunya untuk diri sendiri yang selalu percaya dan yakin bahwa mampu menyelesaikan perkuliahan dengan cara dan waktu yang sebaik-baiknya.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga skripsi ini dapat dipergunakan sebaik-baiknya.

Bandar Lampung, 12 Juli 2024

Penulis,

Mesa Shintia

DAFTAR ISI

ABSTRAK	II
ABSTRACT	III
LEMBAR PENGESAHAN.....	V
PERNYATAAN	VII
RIWAYAT HIDUP.....	VII
MOTTO.....	IX
SANWACANA	XI
DAFTAR ISI	XIV
DAFTAR TABEL.....	XVII
DAFTAR GAMBAR.....	XIX
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. KEGUNAAN PRODUK.....	3
1.3. KETERSEDIAAN BAHAN BAKU	3
1.4. LOKASI PABRIK	4
1.5. KAPASITAS RANCANGAN	6
1.5.1. <i>Kapasitas Pabrik Dibutyl Phthalate yang Telah Berproduksi.</i>	10
BAB II PEMILIHAN DAN DESKRIPSI PROSES	12
2.1. KONSEP PROSES.....	13
2.2. TINJAUAN TERMODINAMIKA.....	14
1.3. TINJAUAN KINETIKA.....	19
1.4. TINJAUAN EKONOMI.....	19
1.5. URAIAN PROSES.....	21
BAB III SPESIFIKASI BAHAN DAN PRODUK	23
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI.....	27
4.1. Neraca Massa.....	27
4.1.1. Heater (HE-101).....	28
4.1.2. Heater (HE-102)..	29
4.1.3. Melting Tank.....	29
4.1.4. Cooler.	30
4.1.5. Reaktor.....	30
4.1.6. Heater (HE-201).	31
4.1.7. Menara Distilasi (MD-301).	32
4.1.8. Condenser.	32
4.1.9. Reboiler.....	33

4.1.10. Cooler (CO-301).....	34
4.2. Neraca Energi.	35
4.2.1. Melting Tank.....	35
4.2.2. Cooler.....	35
4.2.3. Heater (HE-101).	36
4.2.4. Heater (HE-102).	36
4.2.5. Reaktor (RE-201).....	37
4.2.6. Heater (HE-201).	37
4.2.7. Distilasi (MD-301).....	38
4.2.8. Cooler (CO-301).....	38
BAB V SPESIFIKASI ALAT.....	39
5.1. Alat Proses	
5.1.1. Tangki n-Butanol (ST-101)	39
5.1.2. Tangki PA (SS-101)	40
5.1.3. Tangki Asam Metanasulfonat (ST-102)	40
5.1.4. Tangki Melter (ME-101).....	41
5.1.5. Heater (HE-101)	42
5.1.6. Heater (HE-102)	43
5.1.7. Cooler (CO-201).....	44
5.1.8. Pompa Proses (PP-101)	45
5.1.9. Pompa Proses (PP-102)	46
5.1.10. Pompa Proses (PP-103)	47
5.1.11. Pompa Proses (PP-104).....	48
5.1.12. Pompa Proses (PP-105)	49
5.1.13. Pompa Proses (PP-106)	50
5.1.14. Pompa Proses (PP-201)	51
5.1.15. Pompa Proses (PP-202)	52
5.1.16. Pompa Proses (PP-301)	53
5.1.17. Pompa Proses (PP-302)	54
5.1.18. Pompa Proses (PP-303)	55
5.1.19. Reaktor (RE-201).....	56
5.1.20. Heater (HE-201)	57
5.1.21. Menara Distilasi (MD-301)	58
5.1.22. Accumulator (AC-301)	59
5.1.23. Screw Conveyor (SC-101).....	60
5.1.24. Bucket Elevator (BE-101)	60

5.1.25. Hopper (HO-101).....	61
5.1.26. Tangki DBP (ST-301).....	62
BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH	63
6.1. Unit Pendukung Proses (Utilitas)	63
6.2. Unit Pengolahan Limbah.....	76
6.3. Laboratorium.....	77
6.4. Instrumentasi dan Pengendalian Proses.....	79
BAB VII TATA LETAK PABRIK	77
7.1. Lokasi Pabrik.....	77
7.2. Tata Letak Pabrik.....	79
7.3. Estimasi Area Pabrik	83
7.4. Tata Letak Peralatan Proses	83
BAB VIII SISTEM MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN	86
8.1. Bentuk Perusahaan	86
8.2. Struktur Organisasi Perusahaan.....	88
8.3. Tugas dan Wewenang	91
8.4. Status Karyawan dan Sistem Penggajian.....	97
8.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	97
BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI	127
9.1. Investasi.....	127
9.2. Evaluasi Ekonomi.....	132
9.3. Angsuran Pinjaman.....	133
BAB X KESIMPULAN DAN SARAN	135
10.1 KESIMPULAN	135
10.2 SARAN	135
DAFTAR PUSTAKA.....	136

DAFTAR TABEL

tabel 1.1. Sumber Bahan Baku Utama (Kemenperin, 2023).....	4
Tabel 1.2 Data Impor <i>Dibutyl Phthalate</i> Di Indonesia.....	6
Tabel 1.3. Data Pabrik Penghasil <i>Dibutyl Phthalate</i> Di Dunia	10
Tabel 2.1. Parameter Perbandingan Pemilihan Proses Produksi <i>Dibutyl Phthalate</i>	12
Tabel 2.2 Harga Δh°_F Untuk Masing Masing Komponen.....	15
Tabel 2.3. Nilai C_p Untuk Masing Masing Komponen.....	15
Tabel 2.4. Nilai $\Delta g^{\circ}_{F\ 298}$ Untuk Masing Masing Komponen.....	17
Tabel 2.5. Harga Bahan Baku Dan Produk	20
Tabel 4.1. Neraca Massa Heater (HE-101).....	28
Tabel 4.2. Neraca Massa Heater (HE-102).....	29
Tabel 4.3. Neraca Massa Melting Tank (MT-101)	29
Tabel 4.4. Neraca Massa Cooler (CO-101)	30
Tabel 4.5. Neraca Massa Reaktor (RE-201).....	30
Tabel 4.6. Neraca Massa Heater (HE-201).....	31
Tabel 4.7. Neraca Massa Menara Distilasi (MD-301).....	32
Tabel 4.8. Neraca Massa Condensor	32
Tabel 4.9. Neraca Massa Reboiler.....	33
Tabel 4.10. Neraca Massa Cooler (CO-301)	34
Tabel 4.11. Neraca Energi Melting Tank (ME-101).....	35
Tabel 4.12. Neraca Energi Cooler (CO-101).....	35
Tabel 4.13. Neraca Energi Heater (HE-101).	36
Tabel 4.14. Neraca Energi Heater (HE-102)	36
Tabel 4.15. Neraca Energi Reaktor (RE-201)	37
Tabel 4.16. Neraca Energi Heater (HE-201)	37
Tabel 4.17. Neraca Energi Menara Distilasi (MD-301)	38
Tabel 4.18. Neraca Energi Cooler (CO-301).....	38
Tabel 5.1. Spesifikasi Tangki n-Butanol (ST-101)	39
Tabel 5.2. Spesifikasi Silo Storage PA (ST-101).....	40
Tabel 5.3. Spesifikasi Tangki Asam Metanasulfonat (ST-102)	40

Tabel 5.4. Spesifikasi Alat Melter (ME-101)	41
Tabel 5.5. Spesifikasi Alat Heater (HE-101)	42
Tabel 5.6. Spesifikasi Alat Heater (HE-102)	43
Tabel 5.7. Spesifikasi Alat Cooler (CO-201)	44
Tabel 5.8. Spesifikasi Pompa (PP-101)	45
Tabel 5.9. Spesifikasi Pompa (PP-102)	46
Tabel 5.10. Spesifikasi Pompa (PP-103)	47
Tabel 5.11. Spesifikasi Pompa (PP-104)	48
Tabel 5.12. Spesifikasi Pompa (PP-105)	49
Tabel 5.13. Spesifikasi Pompa (PP-106)	50
Tabel 5.14. Spesifikasi Pompa (PP-201)	51
Tabel 5.15. Spesifikasi Pompa (PP-202)	52
Tabel 5.16. Spesifikasi Pompa (PP-301)	53
Tabel 5.17. Spesifikasi Pompa (PP-302)	54
Tabel 5.18. Spesifikasi Pompa (PP-303)	55
Tabel 5.19. Spesifikasi Reaktor (RE-201)	56
Tabel 5.20. Spesifikasi Heater (HE-201)	57
Tabel 5.21. Spesifikasi Menara Distilasi (MD-301)	58
Tabel 5.22. Spesifikasi Accumulator (AC-301)	59
Tabel 5.23. Spesifikasi Screw Conveyor (SC-101)	60
Tabel 5.24. Spesifikasi Bucket Elevator (BE-101)	60
Tabel 5.25. Spesifikasi Hopper (HO-101)	61
Tabel 5.26. Spesifikasi Tangki DBP (ST-301)	62
Tabel 6.5. Kebutuhan Listrik Dalam Bangunan	69
Tabel 6.7. Kebutuhan Listrik Luar Bangunan	70
Tabel 6.5. Kebutuhan Listrik Untuk Alat Proses	71
Tabel 6.5. Kebutuhan Listrik Untuk Alat Utilitas	73
Tabel.7.1. Perincian Luas Area Pabrik Dibutyl Phthalate	83
Tabel 8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses	99
Tabel 8.4. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	100
Tabel 9.1. Perincian TCI Pabrik Dibutyl Phthalate	128
Tabel 9.2. Manufacturing Cost	129

Tabel 9.3. General Expenses	130
Tabel 9.4. Perincian TPC Pabrik Dibutyl Phthalate	130
Tabel 9.7. Hasil Analisis Kelayakan Pabrik Dibutyl Phthalate (DBP).....	134

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Data Impor <i>Dibutyl Phthalate</i>	7
Gambar 7.1. Tata Letak Pabrik.....	82
Gambar 7.2. Tata Letak Alat Proses	85
Gambar 7.3. Area Pabrik	85
Gambar 9.1. Grafik Analisa Ekonomi.....	133
Gambar 9.2. Kurva Cumulative Cash Flow Terhadap Umur Pabrik	134

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan industri di Indonesia terus mengalami peningkatan, tetapi impor bahan kimia masih lebih besar dari pada ekspor. Ketergantungan impor ini menyebabkan berkurangnya devisa negara sehingga diperlukan suatu usaha untuk mengatasi ketergantungan tersebut. Salah satunya adalah dengan mendirikan pabrik untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pemerintah memprioritaskan pembangunan industri yang dapat merangsang pertumbuhan industri yang lain, sehingga diharapkan pertumbuhan industri kimia semakin pesat. Dengan adanya pembangunan dari sektor industri kimia diharapkan dapat memberikan kontribusi yang besar bagi pendapatan negara, mampu mengurangi ketergantungan impor luar negeri, mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri, serta meningkatnya unsur-unsur penunjang industri kimia termasuk bahan baku dan bahan tambahan.

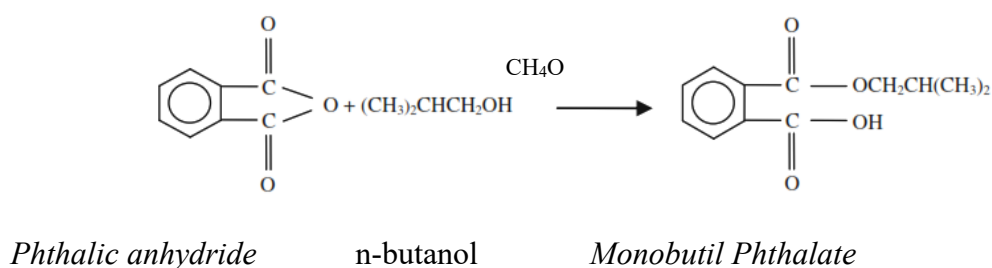
Industri petrokimia merupakan penghasil produk strategis yang akan digunakan pada industri-industri hilir seperti industri tekstil, plastik, karet sintetis, dan lain-lain. Oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan industri hilir petrokimia maka diperlukan adanya industri yang menyediakan bahan baku maupun bahan tambahan untuk industri-industri hilir. *Dibutyl phthalate* merupakan salah satu bahan kimia yang diperlukan dalam industri hilir. Namun, Indonesia masih belum mampu memenuhi kebutuhan *dibutyl phthalate* sehingga *dibutyl phthalate* harus didatangkan dari luar negeri atau impor.

Dibutyl phthalate yang merupakan bahan intermediate, mempunyai banyak keunggulan. Dalam proses pembentukan PVC, *fiberglass*, dan bahan adhesif, *dibutyl phthalate* digunakan sebagai *plasticizer*. *Plasticizer* merupakan bahan aditif yang menambah tingkat elastisitas atau mengurangi sifat viskositas suatu bahan serta salah satu bahan penunjang bagi industri plastik yang berfungsi membentuk sifat *workability*, *heat resistance*, *low wheater resistance*, *insulation properties*, dan *oil resistance* (Kirk &

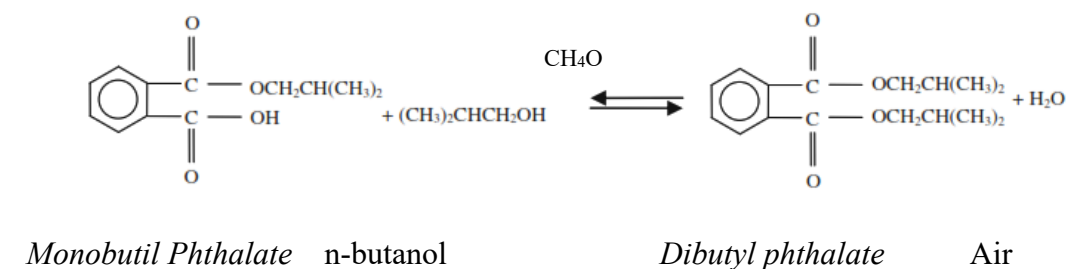
Othmer, 2007). Selain sebagai *plasticizer* pada polimer, *dibutyl phthalate* digunakan juga sebagai solven pada proses pembuatan parfum.

Reaksi sintesis *dibutyl phthalate* merupakan reaksi esterifikasi yang dapat terjadi dari senyawa yang memiliki gugus karboksilat (R-COOH) dengan gugus hidroksil (-OH). Berdasarkan eksperimen Skrzypek, dkk. (2010), reaksi pembentukan *dibutyl phthalate* sebagai berikut:

Reaksi 1:



Reaksi 2:



Reaksi 1 berlangsung cepat dan sempurna sedangkan reaksi 2 berlangsung lambat, eksotermis, dan memerlukan katalis asam. Menurut Keyes 1975, dengan menggunakan katalis asam metanasulfonat', waktu reaksi yang digunakan sangat singkat, sehingga kemungkinan terjadinya reaksi samping sangat kecil. Produk yang diperoleh dari reaksi esterifikasi adalah 99% *dibutyl phthalate*.

Untuk memenuhi kebutuhan *dibutyl phthalate* di Indonesia, impor selalu menjadi andalan. Hingga saat ini Indonesia belum memiliki pabrik yang memproduksi *dibutyl phthalate*. Dengan didirikannya pabrik *dibutyl phthalate* di Indonesia diharapkan akan mendorong kemajuan industri petrokimia, dapat memenuhi kebutuhan industri, mengurangi ketergantungan impor, dan menghemat devisa negara. Oleh karena itu,

berdasarkan uraian diatas pabrik *dibutyl phthalate* perlu didirikan di Indonesia dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Memenuhi semua kebutuhan *dibutyl phthalate* dalam negeri dan menurunkan ketergantungan impor.
2. Menghemat devisa negara dari sektor industri dengan adanya pajak dan ekspor produk.
3. Membuka peluang dan memacu pengembangan industri-industri baru yang menggunakan bahan baku *dibutyl phthalate*, sehingga menciptakan diversifikasi produk yang mempunyai nilai ekonomi lebih tinggi.
4. Membuka lapangan kerja baru sehingga menurunkan tingkat pengangguran.
5. Meningkatkan sumber daya manusia melalui proses alih teknologi.

1.2. Kegunaan Produk

Adapun kegunaan *dibutyl phthalate* antara lain (Greenfact, 2014) :

1. *Plasticizer* pada vernis nitroselulosa
2. Pengencer pada industri pasta gigi
3. Pelapis film dan fiber glass
4. Pelarut pada industri tekstil
5. Pelarut untuk pembuatan parfum

1.3. Ketersediaan Bahan Baku

Salah satu faktor penting dalam menunjang kelancaran produksi adalah ketersediaan bahan baku. Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan *dibutyl phthalate* yaitu *phthalic anhydride* dan n-butanol. Kebutuhan bahan baku tersebut dapat diperoleh dari produsen-produsen dalam negeri yang disajikan pada Tabel 1.2 sebagai berikut.

Tabel 1.1. Sumber Bahan Baku Utama (Kemenperin, 2023)

No	Bahan Baku	Produsen	Kapasitas (Ton/tahun)
----	------------	----------	--------------------------

1.	<i>Phthalic anhydride</i>	PT. Petrowidada	70.000
2.	n-Butanol	PT. Petro Oxo Nusantara	100.000

1.4. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi merupakan hal yang penting dalam perancangan suatu pabrik, karena suatu lokasi pabrik sangat dipengaruhi oleh kegiatan industri yang berkaitan dengan jalannya produksi, fabrikasi, dan distribusi yang akan dilakukan, serta berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan. Perencanaan penentuan lokasi pabrik yang baik akan menekan biaya distribusi dan produksi. Sehingga dapat dikatakan bahwa orientasi dalam menentukan lokasi pabrik yaitu untuk mendapatkan keuntungan teknis dan ekonomis seoptimal mungkin. Selain itu juga, lokasi pabrik ini dekat dengan sumber bahan baku dan dapat memberikan kemungkinan-kemungkinan perluasan pabrik dan memberikan keuntungan untuk jangka panjang. Berdasarkan faktor-faktor berikut ini maka pabrik yang akan didirikan berlokasi di Gresik, Jawa Timur.

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama pembuatan *dibutyl phthalate* adalah *phthalic anhydride* dan n-Butanol. Pendirian lokasi pabrik *dibutyl phthalate* harus dekat dengan ketersediaan bahan bakunya. Bahan baku *phthalic anhydride* diperoleh dari PT Petrowidada, Gresik. Sedangkan untuk n-Butanol diperoleh dari PT Petro Oxo Nusantara, Gresik.

2. Pemasaran

Produksi *dibutyl phthalate* diutamakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, terutama untuk industri plastik seperti kulit imitasi dari jenis PVC, kabel listrik, kabel telepon, pipa, sol sepatu dan lain sebagainya yang tersebar di daerah Jawa, Sumatera, dan Kalimantan. Pemilihan lokasi akan sangat menguntungkan jika didirikan di suatu kawasan industri yang membutuhkan *dibutyl phthalate*.

3. Utilitas

Dalam Operasinya, pabrik membutuhkan air, energi (listrik), steam, dan kebutuhan utilitas lainnya untuk keperluan rumah tangga pabrik. Oleh karena, itu, lokasi pabrik hendaknya berdekatan dengan sumber air seperti sungai, waduk, atau laut sehingga ketersediaan air terjamin. Kabupaten Gresik dilalui sungai Brantas sehingga dapat dimanfaatkan untuk penyediaan utilitas terutama air.

4. Transportasi

Lokasi pabrik harus didukung dengan infrastruktur transportasi yang baik, melalui jalur darat maupun laut untuk mempermudah proses transportasi bahan baku maupun produk

. Oleh karena itu fasilitas jalan raya, rel kereta api, pelabuhan udara sangat diperlukan.

Letak Kabupaten Gresik cukup strategis dalam konteks pengembangan wilayah. Gresik memiliki infrastruktur yang baik seperti jalan tol yang berhubungan langsung dengan jalur pantura, Bandara Udara Djuanda dan Pelabuhan Tanjung Perak. Hal ini akan memudahkan transportasi keluar masuknya bahan baku dan produk.

5. Kondisi Geografis

Lokasi pabrik sebaiknya terletak di daerah yang *relative* aman dari bencana alam seperti gempa bumi, longsor, dan lain-lain. Selain itu, lokasi pendirian pabrik sebaiknya juga memperhatikan kondisi sosial masyarakat di sekitar produksi. Dukungan dari masyarakat sekitar sangat membantu dalam perkembangan suatu pabrik. Kebijakan pemerintah setempat juga turut mempengaruhi lokasi pabrik. Jumlah lahan yang tersedia pun menjadi acuan penting. Wilayah Gresik, Jawa Timur memiliki Kawasan Industri yang memiliki lahan kosong dalam pembangunan pabrik dengan fasilitas dan infrastruktur yang terpercaya.

6. Tenaga Kerja

Penyediaan tenaga kerja di wilayah Gresik, Jawa Timur mudah didapat dengan jenjang pendidikan tenaga kerja yang bervariasi, sesuai dengan kebutuhan pabrik. Tenaga kerja

yang dibutuhkan dapat direkrut dari masyarakat sekitar pabrik dan tenaga ahli yang berasal dari daerah sekitar pabrik ataupun luar daerah.

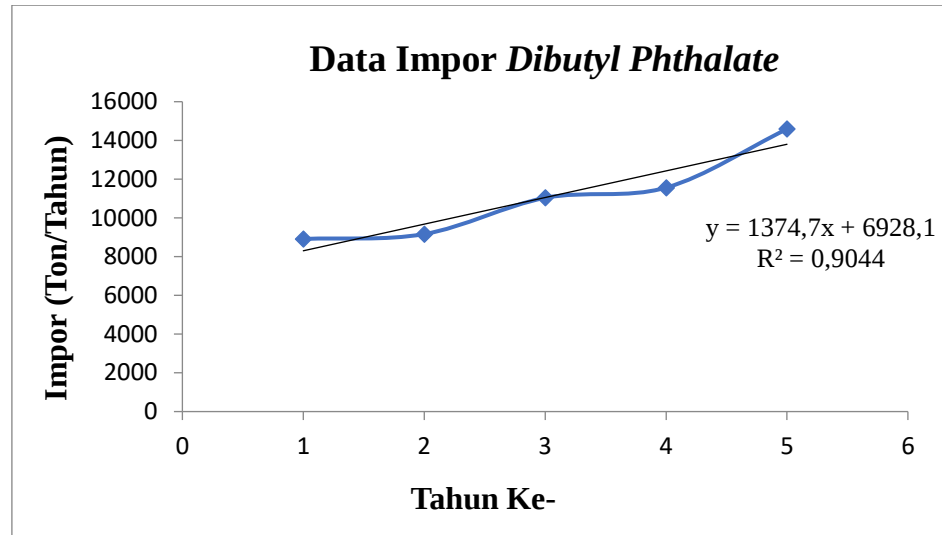
1.5. Kapasitas Rancangan

Untuk mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap impor *dibutyl phthalate*, perlu didirikan pabrik *dibutyl phthalate* dengan kapasitas yang memadai. Pabrik *dibutyl phthalate* ini akan didirikan pada tahun 2028. Kebutuhan *dibutyl phthalate* di Indonesia dapat dihitung dengan mengetahui volume produksi impor. Tabel 1.2 berikut ini menyajikan data impor kebutuhan *dibutyl phthalate* di Indonesia dalam kurun waktu 5 tahun terakhir dari tahun 2018-2022 menurut Biro Pusat Statistik 2022.

Tabel 1.2 Data Impor *Dibutyl Phthalate* di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)
2018	8.911,8
2019	9.165,21
2020	11.034,886
2021	11.562,642
2022	14.586,759

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2018-2022)



Gambar 1.1. Data Impor Dibutyl Phthalate

Dari data diatas, dapat ditentukan kebutuhan impor *dibutyl phthalate* pada tahun 2028 dengan menggunakan persamaan garis linear:

$$y = a.x + b$$

Dengan : y = kebutuhan *dibutyl phthalate* (Ton/Tahun)

x = tahun elevasi (tahun ke-)

Dari Gambar 1.1 didapatkan persamaan grafik melalui metode linear dengan $y = 1.374,7X + 6.928,1$ dan $R^2 = 0,904$. Pabrik direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2028. Sehingga dapat diperkirakan kebutuhan impor *dibutyl phthalate* pada tahun 2028 sebagai berikut:

$$y = 1374,7X + 6928,1$$

$$y = 1374,7(11) + 6928,1$$

$$y = 22.049,8 \text{ ton}$$

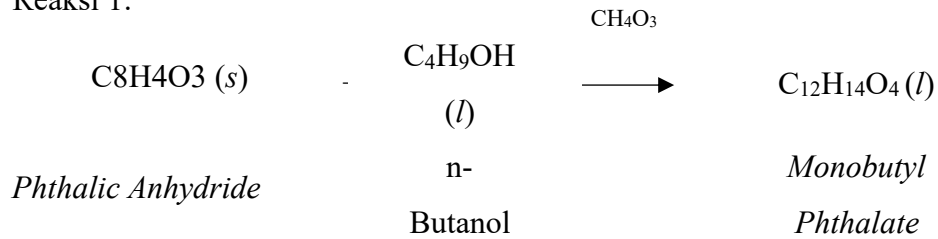
Berdasarkan kebutuhan *dibutyl phthalate* yang setiap tahun semakin besar, maka prarancangan pabrik *dibutyl phthalate* ini layak untuk didirikan dengan mengambil 75% dari kebutuhan *dibutyl phthalate* pada tahun 2028. Sesuai dengan peraturan perundang-undangan nomor 5 tahun 1999.

$$\text{Kapasitas} = 75\% \times 22.049,8 \text{ ton/tahun}$$

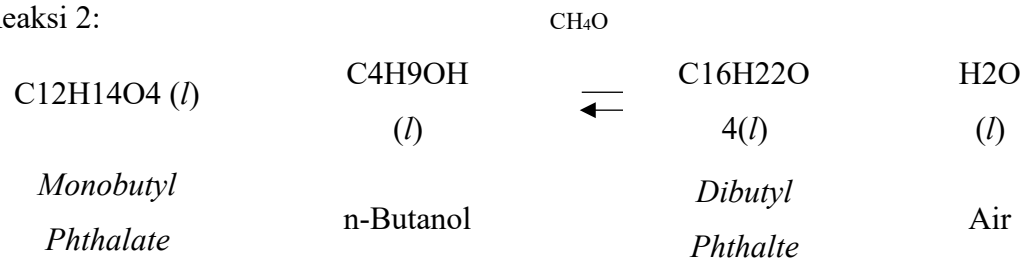
$$\text{Kapasitas} = 16.537,35 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan kapasitas di atas, pabrik ini akan dirancang dengan kapasitas 17.000 ton/tahun. Untuk mendirikan pabrik *dibutyl phthalate* dengan kapasitas 17.000 ton/tahun, maka kebutuhan *phthalic anhydride* dan n-Butanol ditentukan melalui perhitungan stoikiometri. Berikut adalah perhitungan kebutuhan *phthalic anhydride* dan n-Butanol menurut stoikiometri:

Reaksi 1:



Reaksi 2:



1. Reaksi Pembentukan *Dibutyl Phthalate* (Reaksi 2)

Konversi 98%

			CH_4O		
	$\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{O}_4$	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	$\xleftarrow{\quad}$	C_{16}H_2	H_2
	(l)	(l)		2O4	O
M	7,879	7,879		-	-
R	7,72	7,72		7,72	7,7
					2
S	0	0		7,879	7,8
					79

2. Reaksi Pembentukan *Monobutyl Phthalate* (Reaksi 1)

	$C_8H_4O_3$	-	C_4H_9	$\longrightarrow$	$C_{12}H_{14}O_4$
			OH		
Mula-mula	7,879		7,879		-
Bereaksi	7,879		7,879		7,879
Sisa	0		0		7,879

Untuk mengetahui kebutuhan bahan baku *phthalic anhydride* (PA) dan n-Butanol, dapat dihitung dengan stoikiometri berdasarkan reaksi di atas. Dengan konversi 98% dan yield 98%, maka kebutuhan *phthalic anhydride start up* adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{PA} &= \text{mol } phthalic \text{ anhydride} \times \text{BM } phthalic \text{ anhydride} \\
 &= 7,879 \text{ kmol/jam} \times 148 \text{ kg/kmol} \\
 &= 1.166,043 \text{ kg/jam} \\
 &= 10.214,537 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Dengan perbandingan mol PA dan n-Butanol adalah 1:2,5 sehingga kebutuhan n-Butanol *start up* :

$$\begin{aligned}
 \text{mol n-Butanol} &= \text{mol } phthalic \text{ anhydride} \times 2,5 \\
 &= 7,879 \text{ kmol/jam} \times 2,5 \\
 &= 19,697 \text{ kmol/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa n-Butanol} &= \text{mol n-Butanol} \times \text{BM n-Butanol} \\
 &= 19,697 \text{ kmol/jam} \times 74 \text{ kg/kmol} \\
 &= 1.457,554 \text{ kg/jam} \\
 &= 12.768,171 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan kapasitas produksi seperti pada Tabel 1.2 kebutuhan bahan baku dapat terpenuhi. Dibutuhkan bahan baku *phthalic anhydride* sebesar 10.214,537 ton/tahun dan n-Butanol sebesar 12.768,171 ton/tahun.

1.5.1. Kapasitas Pabrik *Dibutyl Phthalate* yang Telah Berproduksi.

Di Indonesia belum ditemukan pabrik *dibutyl phthalate* yang berdiri, sedangkan di dunia telah berdiri pabrik *dibutyl phthalate*. Data pabrik penghasil *dibutyl phthalate* di dunia bisa dilihat pada Tabel 1.3 sebagai berikut.

Tabel 1.3. Data Pabrik Penghasil *Dibutyl Phthalate* di Dunia

No.	Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1.	Henan Premtec Enterprise Corporation	Henan, China	35.000
2.	Jinan Yuntian Chemical Co., Ltd.	Shandong, China	100.000
3.	Dezhou Jupont Chemical Co., Ltd.	Shandong, China	6.000
4.	Tianjin Kaifengshun Chemicals Co., Ltd.	Tianjin, China	120.000
5.	Puyang Yongo Chemical Company Ltd.	Henan, China	40.000
6.	Zhengzhou Mahaco Industrial Corp Ltd.	Henan, China	36.000

Tabel 1.3 kapasitas produksi minimal di dunia adalah sebesar 6.000 ton/tahun. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka ditetapkan kapasitas prarancangan pabrik *dibutyl phthalate* yang akan didirikan pada tahun 2028 sebesar 17.000 ton/tahun dengan alasan sebagai berikut:

- a. Kapasitas tersebut dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.
Produsen dapat memenuhi kebutuhan bahan baku *phthalic anhydride* sebanyak 10.214,537 ton/tahun dan n-Butanol sebesar 12.768,171 ton/tahun.

- b. Kapasitas produksi minimal pabrik *dibutyl phthalate* sebesar 6.000 ton/tahun.

Diharapkan dengan adanya pabrik *dibutyl phthalate* ini dapat memenuhi kebutuhan *dibutyl phthalate* dalam negeri, mengurangi jumlah pengangguran, dan dapat memacu pertumbuhan industri-industri yang menggunakan *dibutyl phthalate* sebagai bahan baku.

BAB II

PEMILIHAN DAN DESKRIPSI PROSES

Proses pembuatan *dibutyl phthalate* hingga saat ini hanya dilakukan melalui proses esterifikasi. Reaksi tersebut terjadi antara *phthalic anhydride* dan n-butanol. Reaksi tersebut berjalan lambat sehingga diperlukan katalis untuk mempercepat proses reaksi tersebut. Menurut beberapa literature terdapat beberapa katalis yang digunakan pada proses produksi *dibutyl phthalate*, diantaranya asam sulfat dan asam metanasulfonat (Annisa dan Intan). Parameter perbandingan katalis asam sulfat dan asam metanasulfonat dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

**Tabel 2.1. Parameter Perbandingan Pemilihan Proses Produksi
*Dibutyl Phthalate***

Parameter	Katalis	
	Asam Sulfat (Berman dkk, 1948)	Asam Metanasulfonat (Skrzypek dkk., 2010)
Suhu reaksi (°C)	140	110
Tekanan operasi (atm)	1	1
Fase katalis	Cair	Cair
Konversi (%)	85	98
Waktu reaksi	3 jam	4 jam
Reaktor	CSTR	CSTR

Dasar pemilihan proses ditinjau dari beberapa hal di atas maka dipilih proses produksi *dibutyl phthalate* melalui proses esterifikasi dengan katalis asam metanasulfonat. Saat proses pemisahan katalis, pada katalis asam sulfat memerlukan penambahan bahan kimia berupa basa (NaOH) untuk menetralkan asam sulfat menjadi garam. Penambahan NaOH

akan menambah biaya produksi dan garam yang dihasilkan juga akan menambah kuantitas limbah pengotor yang dibuang ke WTP. Sedangkan penggunaan katalis asam metanasulfonat hanya memerlukan air untuk proses pemisahannya. Selain itu, penggunaan katalis asam metanasulfonat dapat mencapai konversi 98%.

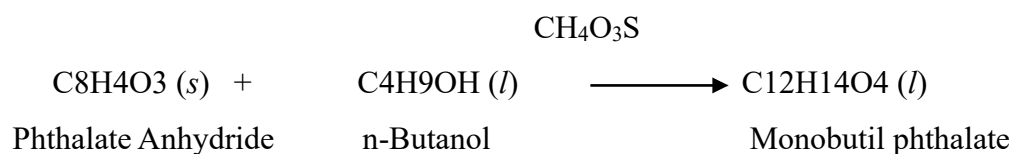
2.1. Konsep Proses

Proses pembuatan *dibutyl phthalate* dilakukan di dalam reaktor alir tangki berpengaduk. Reaksi berlangsung pada suhu 110°C dan tekanan 1 atm. Reaksi pembentukan *dibutyl phthalate* merupakan reaksi esterifikasi antara *phthalate anhydride* dengan n-butanol dengan rasio mol antara *phthalate anhydride* dengan n-butanol sebesar 1 : 2,5, konversi reaksi 98% dan yield produk *dibutyl phthalate* 98%. Reaksi esterifikasi *dibutyl phthalate* memerlukan katalis CH₄O₃S (metanasulfonat) untuk meningkatkan kecepatan reaksi dengan jumlah katalis 1,5% berat dari total massa umpan masuk (Skrzypek, dkk. 2010).

1.1.1. Mekanisme Reaksi

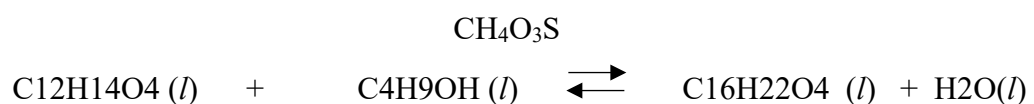
Mekanisme reaksi esterifikasi *phthalate anhydride* dan n-butanol dengan menggunakan katalis CH₄O₃S (metanasulfonat) terdiri atas dua tahap, yaitu (Skrzypek, dkk. 2010).

1. Tahap pertama



Pada tahap pertama reaksi berlangsung secara cepat, searah, dan eksotermis.

2. Tahap kedua



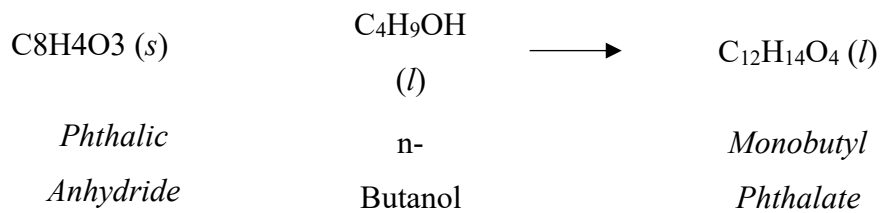
Monobutil Phthalate n-Butanol Dibuti Phthalate Air

Pada tahap ini, terbentuk *dibutyl phthalate* yang disertai dengan perlepasan air. Reaksi esterifikasi pembentukan *dibutyl phthalate* berlangsung pada suhu 110°C dengan katalis metanasulfonat (Skrzypek, dkk. 2010).

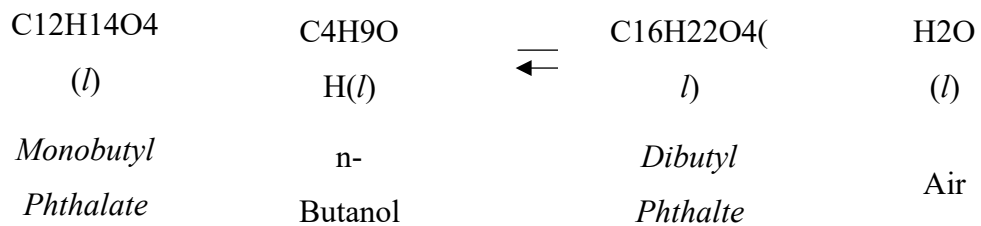
2.2. Tinjauan Termodinamika

Reaksi pembentukan *dibutyl phthalate* berlangsung secara eksotermis, hal ini dapat ditinjau dari ΔH reaksi total *dibutyl phthalate* pembentukan dibawah ini:

Reaksi 1:



Reaksi 2:



Nilai ΔH°_f dan C_p untuk masing masing komponen pada 298 K disajikan pada tabel 2.1 dan tabel 2.2.

Tabel 2.2 Harga ΔH_f° untuk masing masing komponen

Komponen	ΔH_f° (kJ/mol)
C ₈ H ₄ O ₃	-393,12
C ₄ H ₁₀ OH	-274,43
H ₂ O	-241,43
<i>Dibutyl Phthalte</i>	-750,9
<i>Monobutyl Phthalate</i>	-688,3

Tabel 2.3. Nilai Cp untuk masing masing komponen

Komponen	Cp			
	A	B	C	D
C ₈ H ₄ O ₃	- 105,627	1,984	-3,884E- 03	2,851E-06
C ₄ H ₉ OH	83,377	0,566	-1,721E- 03	2,278E-6
H ₂ O	92,053	- 0,034	-2,110E- 04	5,347E-07
<i>Dibutyl Phthalte</i>	230,175	1,599	-3,457E- 03	3,496E-06
<i>Monobutyl Phthalate</i>	125,381	1,576	-3,473E- 03	4,651E-06

Maka :

ΔH reaksi 1

$$\Delta H_{r1} = \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$\Delta H_{r1} = \Delta H_f^\circ \text{ MBP} - (\Delta H_f^\circ \text{ PA} + \Delta H_f^\circ \text{ butanol})$$

$$\Delta H_{r1} = -688,3 - (-393,13 + (-274,43))$$

$$\Delta H_{r1} = -20,74 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{r1} = \sum \Delta H_{298 \text{ r1}} + \int_{298}^{383} A + BT + CT^2 + DT^3 dT$$

$$= -20,74 \text{ kJ/mol} + 0,197 \text{ kJ/mol}$$

$$= -20,543 \text{ kJ/mol}$$

ΔH reaksi 2

$$\Delta H_{r2} = \sum \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \sum \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$\Delta H_{r2} = (\Delta H_f^\circ \text{ DBP} + \Delta H_f^\circ \text{ air}) - (\Delta H_f^\circ \text{ MBP} + \Delta H_f^\circ \text{ butanol})$$

$$\Delta H_{r2} = (-750,9 - 241,43) - (-688,3 - 274,43)$$

$$\Delta H_{r2} = -29,6 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{r2} = \sum \Delta H_{298 \text{ r2}} + \int_{298}^{383} A + BT + CT^2 + DT^3 dT$$

$$= -29,6 \text{ kJ/mol} + 0,27 \text{ kJ/mol}$$

$$= -29,33 \text{ kJ/mol}$$

ΔH reaksi total :

$$\Delta H_r = \Delta H_{r1} + \Delta H_{r2}$$

$$\Delta H_r = -49,873 \text{ kJ/mol}$$

Karena ΔH reaksi total bernilai positif maka reaksi bersifat eksotermis.

Menghitung harga K (Konstanta Keseimbangan)

Untuk menghitung harga K dibutuhkan data ΔG_f° 298 setiap komponen yang disajikan pada tabel 2.3 :

Tabel 2.4. Nilai $\Delta G_f^{\circ} 298$ untuk masing masing komponen

Komponen	$\Delta G_f^{\circ} 298$
C ₈ H ₄ O ₃	-143,58
C ₄ H ₁₀ OH	-150,67
H ₂ O	-228,61
<i>Dibutyl Phthalate</i>	-441,4
<i>Monobutyl Phthalate</i>	-494

ΔG reaksi 1

$$\Delta G_{298} r1 = \sum \Delta G_f^{\circ} \text{produk} - \sum \Delta G_f^{\circ} \text{reaktan}$$

$$\Delta G_{298} r1 = \Delta G_f^{\circ} MBP - (\Delta G_f^{\circ} PA + \Delta G_f^{\circ} butanol)$$

$$\Delta G_{298} r1 = -494 - (-143,58 + (-150,67))$$

$$\Delta G_{298} r1 = -199,75 \text{ kJ/mol}$$

$$\ln K_{298} = \frac{-\Delta G_{298} r1}{RT}$$

$$\ln K_{298} = \frac{-(-199,75)}{(8,314 \times 10^{-3} \times 298)}$$

$$K_{298} = 1,033 \times 10^{35}$$

Untuk menghitung nilai K reaksi 1 pada suhu reaksi 383,15 K maka:

$$\ln \frac{K_1}{K_{298}} = \frac{-\Delta H_{r1}}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln \frac{K_1}{1,033 \times 10^{35}} = \frac{-20,74}{8,314 \times 10^{-3}} \times \left(\frac{1}{383} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln \frac{K_1}{1,033 \times 10^{35}} = 1,858$$

$$K_1 = 6,621 \times 10^{35}$$

Harga konstanta keseimbangan reaksi 1 sebesar $1,464 \times 10^{35}$, maka reaksi berlangsung cepat.

ΔG reaksi 2

$$\Delta G_{298} r2 = \sum \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \sum \Delta G_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$\Delta G_{298} r2 = (\Delta G_f^\circ \text{ DBP} + \Delta G_f^\circ \text{ air}) - (\Delta G_f^\circ \text{ MBP} + \Delta G_f^\circ \text{ butanol})$$

$$\Delta G_{298} r2 = (-441,40 - 228,61) - (-494 + (-150,67))$$

$$\Delta G_{298} r2 = -25,34 \text{ kJ/mol}$$

$$\ln K_{298} = \frac{-\Delta G_{298} r2}{RT}$$

$$\ln K_{298} = \frac{-(-25,34)}{(8,314 \times 10^{-3} \times 298)}$$

$$K_{298} = 2,766 \times 10^4$$

Untuk menghitung nilai K reaksi 2 pada suhu reaksi 383 K maka:

$$\ln \frac{K_2}{2,766 \times 10^4} = \frac{-\Delta H_{r2}}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln \frac{K_2}{2,766 \times 10^4} = \frac{150,814}{8,314 \times 10^{-3}} \times \left(\frac{1}{373} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\frac{K_2}{1,262 \times 10^3} = 1,36 \times 10^{-6}$$

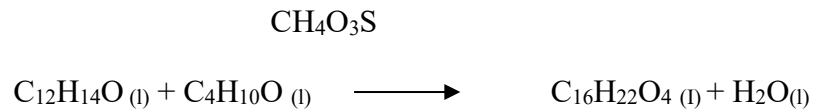
$$K_2 = 1,71 \times 10^{-3}$$

Harga konstanta keseimbangan reaksi 2 sebesar $1,71 \times 10^{-3}$, maka reaksi berlangsung lambat.

1.3. Tinjauan Kinetika

Secara umum derajat kelangsungan reaksi ditentukan oleh kecepatan reaksi dan konsentrasi reaktan. Reaksi esterifikasi ini merupakan reaksi orde satu dengan persamaan:

(Skrzypek, dkk. 2010)



Dari studi kinetika, konstanta kecepatan reaksi pada proses pembentukan *dibutyl phthalate* dapat dihitung dengan persamaan :

$$-r_A = k \cdot C_A$$

$$k = k_0 \cdot \exp\left(\frac{-E}{RT}\right)$$

Nilai $k_0 = 3,26 \times 10^6$ L/min dan $E = 62,600$ J/mol

Dimana :

$-r_A$: Laju pengurangan reaktan (kmol/liter.jam)

C_m : Jumlah *monobutyl phthalate* yang bereaksi (kmol/liter)

k : Konstanta laju reaksi (liter/mol.menit)

T : Temperature (K)

1.4 Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi bertujuan untuk mengetahui potensial ekonomi (EP) berdasarkan perhitungan ekonomi kasar pembelian bahan baku dan penjualan produk. Harga bahan baku dan penjualan produk dapat dilihat pada Tabel 2.4. sebagai berikut.

Tabel 2.5. Harga Bahan Baku dan Produk

No	Bahan Kimia	Per kg (Rp)
1	<i>Phthalic Anhydride</i>	13.608,27
2	n-Butanol	10.584,21
3	<i>Dibutyl Phthalate</i>	33.264,66

Kurs 1 US \$ Agustus 2023 adalah Rp. 15.120,30

Sumber: Alibaba, 2023

Maka perhitungan ekonomi kasar per tahun:

$$\begin{aligned}
 \text{Harga total bahan baku} &= (\text{harga } \textit{phthalic anhydride} \times \text{total } \textit{phthalic anhydride}) + (\text{harga} \\
 &\quad \text{n-Butanol} \times \text{total n-Butanol}) \\
 &= ((\text{Rp}13.608,27 \times 9.235.061 \text{ kg/tahun}) + (\text{Rp}10.584,21 \times \\
 &\quad 11.543.826 \text{ kg/tahun})) \\
 &= \text{Rp}125.673.203.554,47 + \text{Rp}122.182.278.587,46 \\
 &= \text{Rp}247.855.482.141,93
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Besar penjualan} &= \text{harga } \textit{dibutyl phthalate} \times \text{total } \textit{dibutyl phthalate} \\
 &= \text{Rp}33.264,66 \times 17.000.000 \text{ kg/tahun} \\
 &= \text{Rp}565.499.220.000,00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Keuntungan} &= \text{besar penjualan} - \text{harga total bahan baku} \\
 &= \text{Rp}565.499.220.000,00 - \text{Rp}247.855.482.141,93 \\
 &= \text{Rp}317.643.737.858,07
 \end{aligned}$$

1.5. Uraian Proses

Proses pembuatan *dibutyl phthalate* dari ftalat anhidridat dan n-butanol dengan esterifikasi dengan menggunakan katalis $\text{CH}_3\text{O}_3\text{S}$ dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu :

1. Tahap Persiapan Bahan Baku
2. Tahap Reaksi
3. Tahap Pemisahan Produk

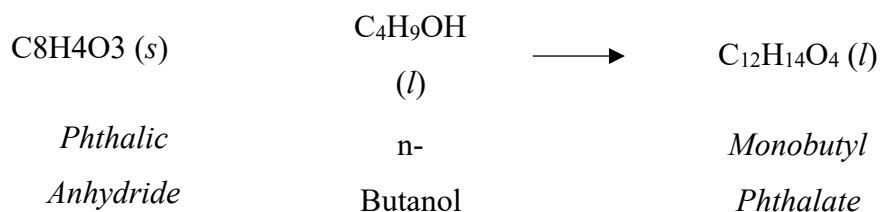
1.5.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Langkah pertama dalam pembentukan *dibutyl phthalate* adalah persiapan bahan baku. Bahan baku pembuatan *dibutyl phthalate* berupa *phthalate anhydride* dengan kemurnian 99,9% diperoleh dari PT. Petro Widodo Gresik, n-butanol dengan kemurnian 99% diperoleh dari PT. Petro Oxo Nusantara dan katalis metanasulfonat diperoleh dari PT. BASF Indonesia. Ketiga bahan tersebut harus disimpan sesuai kondisi operasi penyimpanan, dimana *phthalate anhydride* yang berupa kristal padat disimpan dalam silo dengan suhu 30°C , n-butanol dan asam metanasulfonat yang berfase cair disimpan dalam tangki penyimpanan dengan suhu 30°C . Sebelum masuk reaktor, *phthalate anhydride* terlebih dahulu diumpankan menuju *melting tank* menggunakan *screw conveyor* untuk diencerkan sedangkan n-butanol dan katalis metanasulfonat diumpankan ke *heat exchanger* menggunakan pompa untuk dipanaskan sebelum masuk ke reaktor.

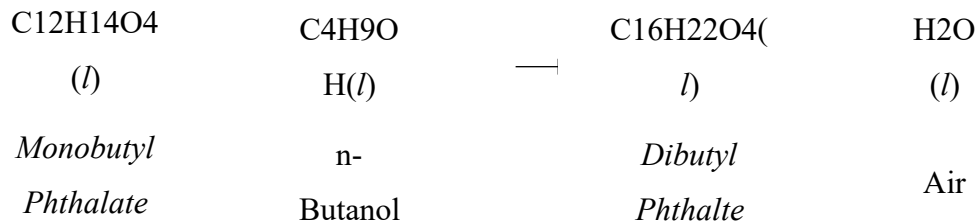
1.5.2 Tahap Reaksi

Reaksi yang terjadi didalam reaktor:

Reaksi 1:



Reaksi 2:



Phthalate anhydride diencerkan di *melting tank* sedangkan n-butanol dan katalis metanasulfonat yang memiliki suhu 30°C dialirkan ke *heater* sebelum masuk kedalam reaktor. Kemudian, *phthalate anhydride*, n-butanol, dan katalis metanasulfonat dialirkan ke dalam reaktor. Reaktor beroperasi secara isothermal pada suhu 110 °C dan tekanan 1 atm. Reaksi pembentukan *dibutyl phthalate* bersifat eksotermis sehingga reaktor dilengkapi dengan jaket pendingin untuk mempertahankan suhu operasi reaktor. Hasil keluaran reaktor merupakan campuran dari *dibutyl phthalate*, *monobutyl phthalate*, metanasulfonat, n-butanol dan air.

1.5.3 Tahap Pemurnian Produk

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan produk dari katalis, dan hasil samping reaksi esterifikasi yaitu air dan sisa-sisa reaktan. Hasil keluaran reaktor berupa campuran *dibutyl phthalate*, *monobutyl phthalate*, asam metanasulfonat, n-butanol dan air dialirkan menuju kolom distilasi untuk memisahkan produk *dibutyl phthalate* dari campurannya. Hasil atas kolom distilasi yang berupa *monobutyl phthalate*, air dan n-butanol diumpungkan kembali ke dalam reaktor, sedangkan hasil bawah kolom distilasi yang berupa produk *dibutyl phthalate* dengan impuritis *monobutyl phthalate* disimpan ke dalam tangki penyimpanan produk.

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN DAN PRODUK

3.1. Spesifikasi Bahan Baku

1. *Phthalate Anhydride (PA)* (PT. Petrowidada)

Sifat Fisik (Perry, 2008)

- Bentuk : kristal putih
- Rumus molekul : $C_8H_4O_3$
- Berat molekul : 148,12 g/mol
- Titik leleh (1 atm) : 130,8 °C
- Titik didih (1 atm) : 284,5 °C
- Kelarutan dalam air : 0,0006 gr/gr H_2O
- *Specific gravity* : 1,527

Sifat Kimia (Kirk Othmer, 1998)

1. Membentuk asam dengan hidrasi

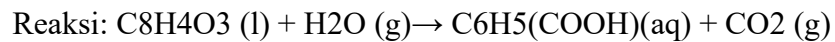
Phthalic anhydride cair dapat bereaksi dengan air membentuk asam secara eksotermis



Reaksi *phthalic anhydride* padat berlangsung lambat karena kelaruatannya rendah dan berjalan lambat pada suhu 200 °C.

2. Dekarboksiklis

Jika *steam* dimasukkan ke *phthalic anhydride* lebur yang mengandung katalis dekarboksilat akan membentuk asam yang sesaat kemudian pecah menjadi asam benzoat dan CO₂.



3. PA bereaksi dengan alkohol membentuk ester
4. Sedikit larut dalam air

2. **n-Butanol** (PT. Petro Oxo Nusantara)

Sifat Fisik (Kirk Orthmer, 1998)

- Bentuk : Cairan tidak berwarna
- Rumus molekul : C₄H₉OH
- Berat molekul : 74,12 g/mol
- Titik didih (1 atm) : 117,66 oC
- Titik leleh (1 atm) : -89,3oC
- Kelarutan dalam air : 0,077
- Spesific gravity : 0,81

Sifat Kimia (Kirk Orthmer, 1998)

1. Esterifikasi Jika Butanol direaksikan dengan phthalic anhydride menghasilkan dibutyl phthalate dengan menggunakan katalis asam sulfat. $\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_3(\text{s}) + 2 \text{C}_4\text{H}_9\text{OH}(\text{aq}) \rightarrow \text{C}_{16}\text{H}_{22}\text{O}_4 (\text{aq})$
2. Dehidrasi Butanol memberikan campuran 1 dan 2 butanol pada 175 - 400°C dengan keberadaan katalis Co. Butyl Alcohol direaksikan dengan asam sulfat akan membentuk butyl asam sulfat $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}(\text{l}) + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{aq}) \rightarrow \text{C}_4\text{H}_9\text{OSO}_2\text{OH}(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ Bila butyl alkohol pada suhu tinggi dengan asam sulfat akan membentuk butyl eter.

3. Oksigen Reaksi dengan sodium dikromat, butyl alkohol akan beroksidasi membentuk butiraldehid.
4. Karbonasi Reaksi antara butanol dengan HBr
5. Reaksi Butanol dengan aklhalida
6. Stabil dalam kondisi biasa
7. Sedikit larut dalam air
8. Kontak dengan oksidator kuat dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan.

3.2. Spesifikasi Bahan Pendukung

1. Asam Metanasulfonat (PT. BASF Indonesia)

Sifat Fisik

- | | |
|------------------------|------------------------------------|
| a. Rumus | : $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$ |
| b. Berat Molekul | : 96,1 g/mol |
| c. Titik Didih | : 167 °C |
| d. Kelarutan dalam air | : sangat larut |

3.3. Spesifikasi Produk

1. *Dibutyl Phthalate* (DBP)

Sifat Fisik (Perry, 2008)

- | | |
|----------------------------|--|
| - Bentuk | : cairan tidak berwarna |
| - Rumus molekul | : $\text{C}_{16}\text{H}_{22}\text{O}_4$ |
| - Berat molekul | : 278,34 g/mol |
| - Titik didih (1 atm) | : 340 °C |
| - Titik leleh (1 atm) | : -40 °C |
| - Kelarutan dalam air | : 0,000011 gr/gr H_2O |
| - Specific gravity (25 °C) | : 1,042 |

Sifat Kimia (Kirk Orthmer, 1998)

1. Larut dalam pelarut organik seperti alkohol dan benzene
2. Bersifat racun dan dapat menyebabkan iritasi pada mata

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi pra-rancangan pabrik *dibutyl phthalate* dari butanol dan *phthalic anhydride* dengan kapasitas produksi 17.000 ton/tahun maka dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan dengan hasil perhitungan analisis ekonomi sebagai berikut:

- a. *Percent return on investment* (ROI) sebelum pajak yaitu 44,544%.
- b. *Pay out time* (POT) sebelum pajak adalah 2,702 tahun.
- c. *Break even point* (BEP) sebesar 42,073%, dimana syarat umum BEP pabrik adalah 40-60 %.
- d. Nilai *shut down point* (SDP) sebesar 29,685%, dimana syaratnya adalah 20-30 %
- e. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 42,761%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini daripada ke bank.

10.2 Saran

Pabrik *dibutyl phthalate* dari butanol dan *phthalic anhydride* dengan kapasitas produksi 17.000 ton/tahun per tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonominya sebelum didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik, 2023, Statistic Indonesia, www.bps.go.id, Indonesia. Diakses 9 November 2023.
- Banchero, Julius T. and Walter L. Badger. 1988. Introduction to Chemical Engineering. McGraw Hill : New York.
- Bank Indonesia. 2024. Nilai Kurs. www.bi.go.id. Diakses 21 Maret 2024.
- Brannan, C.R. 2002. Rules of Thumb for Chemical Engineer. Gulf Publising, United States of America.
- Brown. G. George., 1950. Unit Operation 6ed . Wiley&Sons: USA.
- Brownell. L. E. and Young. E. H., 1959, Process Equipment Design 3ed, John Wiley & Sons, New York.
- Coker, A. Kayode. 2007. Ludwig's Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Engineering Plants 4th edition. Gulf Publising, United States of America Coulson.
- Couper, R. James. 2003. Process Engineering Economic. Marcel Dekker, New York.
- Fogler, H. Scott. 1992. Elements of Chemical Reaction Envginering 2 nd edition. Prentice Hall International Inc. : United States of America.
- Foust, A. S., 1980, Principles of Unit Operation, 2nd edition, John Willey and Sons, New York.
- Geankoplis. Christie. J., 1993, Transport Processes and unit Operation 3th ed, Allyn & Bacon Inc, New Jersey.
- Himmeblau. David., 1996, Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering, Prentice Hall Inc, New Jersey.
- J. M. and Ricardson. J. F., 1983, Chemical Engineering vol 6, Pergamon Press Inc, New York.
- Joshi, M.V. 1976. Process Equipment Design. New Delhi: Macmillan.
- Kern, Donald Q. 1965. Process Heat Transfer. Mcgraw-Hill Co, New York.
- Kirk, R.E and Othmer, D.F., 2006, "Encyclopedia of Chemical Technologi", 4nd ed., vol. 17., John Wiley and Sons Inc., New York.

- Laili, F. N. dan Sofyan, A. 2017. Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Citarum Hilir di Karawang dengan WASP. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 23(1), 1-12.
- Martinez, Isodora. 2021. Heat of solution data for aqueous solutions.
- McCabe. W. L. and Smith. J. C., 1985, *Operasi Teknik Kimia*, Erlangga, Jakarta.
- Megyesy. E. F., 1983, *Pressure Vessel Handbook*, Pressure Vessel Handbook Publishing Inc, USA.
- Mingxin Zhu, Hui Huang, Xian Dong, Lina Shen, Yanhua Xu.. 2011. Kinetics and Mechanism Study on Chlorine Dioxide Generation with Hydrogen Peroxide. *International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring*.
- MSDS Chlorine dioxide, diakses pada 11 November 2023.
- MSDS Sodium chlorate, diakses pada 11 November 2023.
- MSDS Hydrogen peroxide, diakses pada 11 November 2023.
- MSDS Sulfuric acid, diakses pada 11 November 2023.
- Mullin, J. W. 2001. *Crystallization*, 4th ed. Elsevier Butterworth-Heinemann: Oxford, UK.
- Nouryon. 2021. *Best Available ClO₂ Technologies for The Pulp Industry*. Japan TAPPI.
- Qasim, Syed R. 1985. *Wastewater Treatment Plants* 4th edition. CBS College Publishing: New York.
- Paryono, Damar A., Susilo S. B., Dahuri R., Suseno H. 2017. Sedimentasi Delta Sungai Citarum, Kecamatan Muara Gembong, Kabupaten Bekasi. *Journal of Watershed Management Research* Vol. 1 No. 1 April 2017 : 15-26.
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook* 8 th edition. McGraw Hill : New York.
- Peter. M. S. and Timmerhaus. K. D., 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering* 3ed, Mc Graww-Hill Book Company, New York.
- Powell, S. T., 1954, *Water Conditioning for Industry*, Mc Graw Hill Book Company, New York.

- Praveen, Verma. 2004. Cooling Water Treatment Handbook. Albatross Fine Chem Ltd., India. Rase. 1977. Chemical Reactor Design for Process Plant, Vol. 1st, Principles and Techniques. John Wiley and Sons : New York.
- Severn, William H. and Degler, Howard E. Steam, Air and Gas Power. J. Wiley & Sons Inc: New York. Smith, J.M., H.C.
- Van Ness, and M.M. Abbott. 2001. Chemical Engineering Thermodynamics 6th edition. McGraw Hill : New York.
- Treyball. R. E. 1980. Mass Transfer Operation 3rd edition. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Twort, A. C., Ratnayaka, D. D., Brandt, M. J. 2000. Water Supply 5th edition. Butterworth-Heinemann : Oxford.
- Ulrich. G. D., 1984, A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics. John Wiley & Sons Inc, New York.
- Walas, Stanley M. 1990. Chemical Process Equipment. Butterworth-Heinemann : Washington.
- Wilson, E. T. 2005. Clarifier Design. Mc Graw Hill Book Company : London
- Yaws, C. L. 1999. Chemical Properties Handbook. Mc Graw Hill Book Co., New York.