

**PRARANCANGAN PABRIK *DIMETHYL PHTHALATE*
DARI *PTHALIC ANHYDRIDE* DAN METANOL
KAPASITAS 27.000 TON/TAHUN**

(Skripsi)

Oleh

Farel Gaffar Pahlapa

2015041096



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK
PRARANCANGAN PABRIK *DIMETHYL PHTHALATE* DARI *PHTALIC ANHYDRAT* DAN METANOL DENGAN KATALIS ASAM SULFAT
KAPASITAS 27.000 TON/TAHUN

(Tugas Khusus Perancangan *Distillation Coloumn* (DC-301))

Oleh
FAREL GAFFAR PAHLAPA

Dimethyl phthalate adalah salah satu jenis *plasticizer* yang banyak digunakan, dimana dalam proses pembuatannya menggunakan *Phthalic Anhydride* yang bereaksi secara esterifikasi dengan metanol dengan bantuan katalisator H_2SO_4 . Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik berupa sistem pengolahan dan penyediaan air, sistem penyediaan *steam*, *cooling water*, sistem penyediaan udara tekan, dan sistem pembangkit tenaga listrik.

Kapasitas produksi pabrik direncanakan 27.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di daerah Gresik, Jawa Timur. Tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 153 orang dengan bentuk badan usaha Perseroan Terbatas (PT) yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi dan Direktur Keuangan dengan struktur organisasi *line and staff*.

Dari analisis ekonomi, diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 313.423.196.529,468,-
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 55.309.975.858,141,-
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 368.733.172.387,609,-
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 42,26 %
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 21,34 %

<i>Pay Out Time before Taxes</i>	(POT) _b	= 2,41 tahun
<i>Pay Out Time after Taxes</i>	(POT) _a	= 2,84 tahun
<i>Return on Investment before Taxes</i>	(ROI) _b	= 26,79 %
<i>Return on Investment after Taxes</i>	(ROI) _a	= 21,43 %
<i>Discounted Cash Flow</i>	(DCF)	= 27,91 %

Mempertimbangkan rangkuman di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik *Dimethyl Phthalate* ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek yang baik.

ABSTRACT

DESIGN OF A DIMETHYL PHTHALATE PLANT FROM PHTALIC ANHYDRIDE AND METHANOL WITH SULFURIC ACID CATALYST CAPACITY OF 27.000 TONS/YEAR (Distillation Coloum (DC-301))

By

FAREL GAFFAR PAHLAPA

Dimethyl phthalate is a widely used type of plasticizer, which is manufactured using phthalic anhydride that reacts with methanol through esterification with the aid of an H_2SO_4 catalyst. The factory's utility requirements include water treatment and supply systems, steam supply systems, cooling water systems, compressed air supply systems, and power generation systems.

The factory's production capacity is planned to be 27.000 tons/year with 330 working days in a year. The factory is planned to be located in the Gresik area, East Java. The required workforce is 153 people, with the business entity structured as a Limited Liability Company (LLC) led by a Chief Executive Officer, assisted by a Production Director and a Finance Director, under a line- and-staff organizational structure.

Dari analisis ekonomi, diperoleh:

<i>Fixed Capital Investment</i>	(FCI)	= Rp 313.423.196.529,468,-
<i>Working Capital Investment</i>	(WCI)	= Rp 55.309.975.858,141,-
<i>Total Capital Investment</i>	(TCI)	= Rp 368.733.172.387,609,-
<i>Break Even Point</i>	(BEP)	= 42,26 %
<i>Shut Down Point</i>	(SDP)	= 21,34 %
<i>Pay Out Time before Taxes</i>	(POT) _b	= 2,41 years
<i>Pay Out Time after Taxes</i>	(POT) _a	= 2,84 years

<i>Return on Investment before Taxes</i>	(ROI) _b	= 26,79 %
<i>Return on Investment after Taxes</i>	(ROI) _a	= 21,43 %
<i>Discounted Cash Flow</i>	(DCF)	= 27,91 %

Considering the above summary, it is appropriate to further review the establishment of this Dimethyl Phthalate factory, as it is a profitable factory with good prospects.

**PRARANCANGAN PABRIK *DIMETHYL PHTHALATE*
DARI *PTHALIC ANHYDRIDE* DAN METANOL
KAPASITAS 27.000 TON/TAHUN
Perancangan *Distillation Coloumn* (DC-301)**

Oleh

FAREL GAFFAR PAHLAPA

(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**

2026

MENGESAHKAN

Tim Penguji

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

Sekretaris : Darmansyah, S.T., M.T., Ph.D.

Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Herti Utami, S.T., M.T.

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

Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.

NIP. 196910302000031001



.....

.....

.....

.....

SURAT 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, 26 Januari 2026



Farel Gaffar Pahlapa

NPM. 2015041096

RIWAYAT HIDUP



Farel Gaffar Pahlapa, Penulis dilahirkan di Bogor, pada tanggal 21 Oktober 2001, sebagai anak ke-3 dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Asri Novel dan Ibu Siti Hafida. Penulis telah menyelesaikan pendidikan sebelumnya di Sekolah Dasar (SD) Negeri Polisi 5 Bogor pada tahun 2013,

Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 9 Bogor pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Analis Kimia YKPI Bogor pada tahun 2020.

Pada tahun 2020, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) 2020.

Pada tahun 2024, penulis melakukan Kerja Praktik di PT Polychem Indonesia Tbk dengan Tugas Khusus “Evaluasi Performa Kerja *Ethylene Condensor* (E-3) Di Departemen Produksi *Plant Utilitas*”. Selanjutnya, pada tahun 2024 penulis melakukan penelitian dengan judul “Fitoremediasi Limbah Cair Tapioka dengan Menggunakan Kangkung Air dengan Tambahan Mikroalga *Scenedesmus sp*” yang dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung pada bulan Juli 2024-Oktober 2025.

Selama kuliah penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) Fakultas Teknik Universitas Lampung pada periode 2021-2022 sebagai Staff Departemen Minat Dan Bakat Himatemia Fakultas Teknik Universitas Lampung. Selanjutnya, pada periode 2022-2023 sebagai Kepala Departemen Kaderisasi Himatemia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Motto Dan Persembahan

*"Hidup bebas tanpa batas"
-(Farel Gaffar Pahlapa)-*

Sebuah Karya Kecilku...

Dengan segenap hati kupersembahkan tugas akhir ini kepada:

Allah SWT,

*Atas kehendak-Nya semua terjadi
Atas rahmat-Nya semua ini aku dapatkan
Atas kekuatan dari-Nya aku bisa bertahan.*

*Orang tuaku sebagai tanda baktiku, terima kasih atas segalanya,
doa, kasih sayang, pengorbanan, kesabaran, dan keikhlasannya.
Ini hanyalah setitik balasan yang tidak bisa dibandingkan dengan
berjuta-juta pengorbanan dan kasih sayang
yang tidak pernah berakhir.*

*Partner skripsiku, Terima kasih telah memberikan motivasi kepada
saya, menemani disaat suka maupun duka, serta selalu menyemangati
meski dalam tekanan.*

*Sahabat-Sahabatku, Terima kasih telah menjadi bagian hidupku
selama kuliah di Teknik Kimia Universitas Lampung. Semua cerita
hidup ini, semua akan ku simpan selamanya. Semoga suatu saat nanti
kita bersua kembali dengan kisah-kisah kesuksesan kita.*

*Guru-guruku dan Dosen-dosenku sebagai tanda hormatku,
terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.*

*Kepada Almamaterku tercinta,
Universitas Lampung
semoga kelak berguna dikemudian hari.*

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Kuasa dan Maha Penyayang, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik *Dimethyl Phthalate* dari *Phthalic Anhydride* dan *Methanol* dengan Kapasitas 27.000 Ton /Tahun” dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaan (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. Tuhan Yang Maha Esa karena berkah dan rahmat-Nya penulis diberikan kesehatan, kesabaran, dan kemampuan untuk menyelesaikan studi di Teknik Kimia Universitas Lampung.
2. Ibu, Ayah, Kakak-kakak yang telah memberikan semangat serta dorongan yang baik. Terima kasih atas segala dukungan, doa, cinta, dan kasih sayang yang selalu mengiringi di setiap langkah perjuangan.
3. Fadila Ardiani yang telah menjadi partner ku dalam segala hal. Terimakasih telah menjadi partner dalam pengerjaan Tugas Akhir dan sekaligus partner untuk menjalani kehidupan ini. Kamu yang selalu hadir di setiap langkah dan

menjadi alasan untuk selalu semangat dalam menjalani segala halnya. Terimakasih telah mewarnai hidupku selama ini dan menjadi tempat pulang terbaik, yang membuat segala lelah terasa ringan. Semoga kita bisa menjadi partner hidup selamanya dan menjadi orang yang sukses baik di dunia maupun akhirat kelak.

4. Bapak Muhammad Haviz, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Heri Rustamanji, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing akademik, yang telah memberikan motivasi, dukungan, dan bantuan dalam menyelesaikan rumitnya perkuliahan ini.
5. Ibu Yuli Darni, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan pengarahan, masukan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
6. Bapak Darmansyah, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan pengarahan, masukan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
7. Ibu Dr. Herti Utami, S.T., M.T. sebagai Dosen Penguji I, yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat membangun dalam pengerjaan Tugas Akhir.
8. Ibu Lia Lismeri, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II, yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat membangun dalam pengerjaan Tugas Akhir.
9. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
10. Untuk Walisongo. Terimakasih telah menjadi tempat berbagi cerita, tawa dan pengalaman berharga di dunia perkuliahan ini. Kalian yang selalu memberikan

dukungan serta dorongan kepada ku untuk mencapai sesuatu. Terimakasih atas kebersamaannya selama ini dan semoga persahabatan ini terus terjalin dengan baik.

11. Teman – teman seperjuangan angkatan 2020 Teknik Kimia. Terimakasih atas segala bantuan dan doa kalian semua. Semoga suatu saat nanti kita bersua kembali dengan kisah-kisah kesuksesan kita.

12. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Tuhan membalas semua kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga skripsi ini berguna.

Bandar Lampung, 26 Januari 2026

Penulis,

Farel Gaffar Pahlapa

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	xii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Kegunaan Produk.....	2
1.3. Ketersediaan Bahan Baku.....	2
1.4. Analisa Pasar.....	3
1.4.1. Harga Bahan Baku.....	3
1.4.2. Harga Produk.....	3
1.4.3. Impor <i>Dimethyl Phthalate</i>	4
1.4.4. Ekspor <i>Dimethyl Phthalate</i>	5
1.4.5. Konsumsi <i>Dimethyl Phthalate</i>	5
1.5. Lokasi Pabrik.....	6
 BAB II PEMILIHAN PROSES	
2.1. Macam-macam Proses Pembuatan <i>Dimethyl Phthalate</i>	10
2.2. Pemilihan Proses.....	11
2.3. Deskripsi Proses.....	23
2.3.1. Persiapan Bahan Baku.....	23
2.4.1. Proses Esterifikasi.....	23
2.4.2. Pemurnian dan Penyimpanan Produk.....	24
 BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK	
3.1. Spesifikasi Bahan Baku.....	25
3.2. Spesifikasi Bahan Baku Pembantu.....	26
3.3. Spesifikasi Produk.....	27

BAB IV	NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	
	4.1. Neraca Massa.....	29
	4.2. Neraca Energi.....	38
BAB V	SPESIFIKASI PERALATAN PROSES DAN UTILITAS	
	5.1. Peralatan Proses.....	43
	5.2. Peralatan Utilitas.....	68
BAB VI	UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH	
	6.1. Unit Pendukung Proses.....	99
	6.1.1. Unit Penyediaan Air.....	99
	6.1.2. Unit Penyediaan <i>Steam</i>	109
	6.1.3. Sistem Pembangkit Tenaga Listrik.....	109
	6.1.4. Sistem Penyediaan Bahan Bakar.....	110
	6.2. Pengolahan Limbah.....	110
	6.3. Laboratorium.....	111
	6.4. Instrumentasi dan Pengendalian Proses.....	113
BAB VII	TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK	
	7.1. Lokasi Pabrik.....	116
	7.2. Tata Letak Pabrik.....	118
	7.3. Estimasi Area Pabrik.....	121
BAB VIII	MANAJEMEN DAN ORGANISASI	
	8.1. Bentuk Perusahaan.....	124
	8.2. Struktur Organisasi Perusahaan.....	126
	8.3. Tugas dan Wewenang.....	129
	8.3.1. Pemegang Saham.....	129
	8.3.2. Dewan Komisaris.....	130
	8.3.3. Dewan Direktur.....	130
	8.3.4. Kepala Bagian.....	131
	8.3.5. Kepala Seksi.....	135
	8.4. Status Karyawan dan Sistem Penggajian.....	135
	8.4.1. Status Karyawan.....	136
	8.4.2. Gaji Karyawan.....	136
	8.5. Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	137

8.5.1. Karyawan Non <i>Shift</i>	137
8.5.2. Karyawan <i>Shift</i>	137
8.6. Penggolongan jabatan dan Jumlah Karyawan.....	139
8.6.1. Penggolongan Jabatan.....	139
8.6.2. Perincian Jumlah Karyawan.....	140
8.7. Kesejahteraan Karyawan.....	144
BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI	
9.1. Investasi.....	147
9.2. Evaluasi Ekonomi.....	153
9.3. Angsuran Pinjaman.....	156
BAB X KESIMPULAN DAN SARAN	
10.1. Kesimpulan.....	158
10.2. Saran.....	158

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

LAMPIRAN E

LAMPIRAN F

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Grafik Impor <i>Dimethyl Phthalate</i>	4
1.2. Peta Provinsi Jawa Timur.....	9
1.3. Lokasi Pabrik.....	9
6.1. <i>Diagram Cooling Water System</i>	103
7.1. Peta Lokasi Pabrik.....	122
7.2. Tata Letak Pabrik dan Fasilitas Pendukung.....	122
7.3. Tata Letak Peralatan Proses.....	123
8.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	128
9.1. Grafik Analisa Ekonomi.....	156
9.2. Kurva <i>Cumulative Cash Flow</i>	156

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1. Harga Bahan Baku.....	3
1.2. Harga Produk.....	3
1.3. Data Impor <i>Dimethyl Phthalate</i> di Indonesia.....	4
1.4. Data Kapasitas Produksi <i>Dimethyl Phthalate</i> di Dunia	6
2.1. Harga Bahan Baku dan Produk.....	11
2.2. Nilai ΔH^0_f dan ΔG^0_f	16
2.3. Konstanta Untuk Perhitungan Kapasitas Panas.....	17
2.4. Konstanta Untuk Perhitungan Kapasitas Panas.....	20
2.5. Perbandingan Proses Pembuatan <i>Dimethyl Phthalate</i>	22
4.1. Neraca Massa <i>Storage Tank</i> (ST-101).....	29
4.2. Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (MT-101).....	29
4.3. Neraca Massa <i>Storage Tank</i> (ST-102).....	30
4.4. Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (MT-102).....	30
4.5. Neraca Massa <i>Silo Storage</i> (SS-101).....	31
4.6. Neraca Massa <i>Melter</i> (ME-101).....	31
4.7. Neraca Massa Reaktor (RE-201).....	32
4.8. Neraca Massa <i>Silo Storage</i> (SS-102).....	33
4.9. Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (MT-103).....	34
4.10. Neraca Massa <i>Netralizer</i> (NE-301).....	34
4.11. Neraca Massa Dekanter (DE-301).....	36
4.12. Neraca Massa Destilasi (DC-301).....	36
4.13. Neraca Massa <i>Condensor</i> (CD-301).....	37
4.14. Neraca Massa <i>Reboiler</i> (RB-301).....	37
4.15. Neraca Massa Total.....	38
4.16. Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> (MT-101).....	38
4.17. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-101).....	39
4.18. Neraca Energi <i>Mixing Tank</i> (MT-102).....	39

4.19. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-102).....	39
4.20. Neraca Energi <i>Melter</i> (ME-101).....	40
4.21. Neraca Energi Reaktor (RE-201).....	40
4.22. Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-301).....	40
4.23. Neraca Energi Mixing Tank (MT-301).....	41
4.24. Neraca Energi <i>Netralizer</i> (NE-301).....	41
4.25. Neraca Energi Dekanter (DE-301).....	41
4.26. Neraca Energi <i>Heater</i> (HE-301).....	42
4.27. Neraca Energi Destilasi (DC-301).....	42
4.28. Neraca Energi <i>Cooler</i> (CO-301).....	42
5.1. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> CH ₃ OH (ST-101).....	43
5.2. Spesifikasi Pompa Proses (PP-101).....	44
5.3. Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (MT-101).....	44
5.4. Spesifikasi Pompa Proses (PP-102).....	45
5.5. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-101).....	46
5.6. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> H ₂ SO ₄ (ST-102).....	46
5.7. Spesifikasi Pompa Proses (PP-103).....	47
5.8. Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (MT-102).....	48
5.9. Spesifikasi Pompa Proses (PP-104).....	49
5.10. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-102).....	49
5.11. Spesifikasi <i>Silo Storage</i> (SS-101).....	49
5.12. Spesifikasi <i>Screw Coveyor</i> (SC-101).....	50
5.13. Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-101).....	50
5.14. Spesifikasi <i>Hopper</i> (H-101).....	51
5.15. Spesifikasi <i>Melter</i> (ME-101).....	52
5.16. Spesifikasi Pompa Proses (PP-105).....	53
5.17. Spesifikasi Reaktor (RE-201).....	53
5.18. Spesifikasi Pompa Proses (PP-201).....	54
5.19. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-301).....	55
5.20. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> NaOH (ST-301).....	56
5.21. Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-102).....	56
5.22. Spesifikasi <i>Hopper</i> (H-102).....	57

5.23. Spesifikasi <i>Mixing Tank</i> (MT-301).....	57
5.24. Spesifikasi Pompa Proses (PP-301).....	58
5.25. Spesifikasi Netralizer (NE-301).....	59
5.26. Spesifikasi Pompa Proses (PP-302).....	59
5.27. Spesifikasi Dekanter (DE-301).....	60
5.28. Spesifikasi Pompa Proses (PP-303).....	61
5.29. Spesifikasi Pompa Proses (PP-304).....	61
5.30. Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-301).....	62
5.31. Spesifikasi Destilasi (DC-301).....	63
5.32. Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301).....	63
5.33. Spesifikasi <i>Accumulator</i> (AC-301).....	64
5.34. Spesifikasi <i>Reboiler</i> (RB-301).....	65
5.35. Spesifikasi Pompa Proses (PP-305).....	66
5.36. Spesifikasi <i>Cooler</i> (CO-302).....	66
5.37. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Produk (ST-303).....	67
5.38. Spesifikasi Pompa Proses (PP-306).....	67
5.39. Spesifikasi <i>Sedimentation Basin</i> (SB-401).....	68
5.40. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> Alum (DT-401).....	69
5.41. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> NaOH (DT-402).....	69
5.42. Spesifikasi <i>Dissolving Tank</i> Kaporit (DT-403).....	70
5.43. Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-401).....	71
5.44. Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-404).....	71
5.45. Spesifikasi <i>Storage Tank Filtered Water</i> (ST-405).....	72
5.46. Spesifikasi <i>Storage Tank Domestik Water</i> (ST-406).....	73
5.47. Spesifikasi <i>Storage Tank Hydrant Water</i> (ST-407).....	73
5.48. Spesifikasi Hot Basin (HB-401).....	74
5.49. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> H ₂ SO ₄ (ST-405).....	74
5.50. Spesifikasi <i>Storage Tank Dispersant</i> (ST-406).....	75
5.51. Spesifikasi <i>Storage Tank Inhibitor</i> (ST-407).....	76
5.52. Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401).....	77
5.53. Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB-401).....	77
5.54. Spesifikasi <i>Reverse Osmosis</i> (RO-401).....	78

5.55. Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401).....	78
5.56. Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (CE-401).....	79
5.57. Spesifikasi <i>Storage Tank Demin Water</i> (ST-408).....	79
5.58. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Hidrazin (ST-501).....	80
5.59. Spesifikasi <i>Daerator</i> (DA-401).....	81
5.60. Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-501).....	81
5.61. Spesifikasi <i>Blower Steam</i> (BS-501).....	82
5.62. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Bahan Bakar (ST-502).....	82
5.63. Spesifikasi <i>Storage Tank</i> Air Kondensat (ST-503).....	83
5.64. Spesifikasi <i>Blower Udara I</i>	83
5.65. Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CN-601).....	84
5.66. Spesifikasi <i>Blower Udara II</i>	84
5.67. Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD-601).....	84
5.68. Spesifikasi <i>Blower Udara III</i>	85
5.69. Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-601).....	85
5.70. Spesifikasi <i>Blower Udara IV</i>	86
5.71. Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-401).....	86
5.72. Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-402).....	87
5.73. Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-403).....	87
5.74. Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-404).....	88
5.75. Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-405).....	88
5.76. Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-406).....	89
5.77. Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-407).....	90
5.78. Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-408).....	90
5.79. Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-409).....	91
5.80. Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-410).....	92
5.81. Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-411).....	92
5.82. Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-412).....	93
5.83. Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-413).....	93
5.84. Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-414).....	94
5.85. Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-415).....	94
5.86. Spesifikasi <i>Pompa Utilitas</i> (PU-416).....	95

5.87. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-417).....	96
5.88. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-418).....	96
5.89. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-419).....	97
5.89. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-501).....	97
5.90. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-502).....	98
5.91. Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-503).....	99
6.1. Kebutuhan Air Umum.....	100
6.2. Kebutuhan Air Pendingin.....	101
6.3. Persyaratan Kualitas Air Pendingin.....	102
6.4. Kebutuhan Air Pembangkit <i>Steam</i>	104
6.5. Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian.....	114
6.6. Pengendalian Variabel Utama Proses.....	115
7.1. Perincian luas area Pabrik <i>Dimethyl Phthalate</i>	121
8.1. Jadwal Kerja Masing-Masing Regu.....	138
8.2. Perincian Tingkat Pendidikan.....	139
8.3. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Proses.....	141
8.4. Jumlah Operator Berdasarkan Pembagian Ruang <i>Control</i>	142
8.5. Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat Utilitas.....	143
8.6. Perincian Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan.....	143
9.1. Perincian TCI Pabrik <i>Dimethyl Phthalate</i>	148
9.2. Perincian TPC Pabrik <i>Dimethyl Phthalate</i>	149
9.3. <i>General Expenses</i>	151
9.4. Daftar Gaji Karyawan.....	151
9.5. <i>Minimum Acceptable Percent Return On Investment</i>	154
9.6. <i>Minimum Acceptable Percent Pay Out Time</i>	155
9.7. Hasil Uji Kelayakan Ekonomi.....	157

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sektor industri sangat penting bagi pembangunan ekonomi di Indonesia karena memiliki kemampuan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi yang ada. Sektor industri juga memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi dengan menjadi komponen produktif (Arzia, 2019). Sektor Industri yang ada di Indonesia menghasilkan bahan mentah maupun bahan setengah jadi yang diolah menjadi produk jadi atau produk *intermediate*, sehingga mengurangi ketergantungan kita akan produk impor (Setiobudi, 2014). Salah satu industri kimia yang berkembang dengan pesat adalah industri bahan polimer, yang memproduksi berbagai macam produk seperti plastik, serat sintesis, karet sintesis, dan lainnya (Indah A, 2019).

Pada proses pembuatan bahan polimer, selain memerlukan resin sebagai bahan baku utama, juga diperlukan suatu bahan tambahan yang disebut dengan *plasticizer*, yaitu bahan yang ditambahkan pada resin agar menjadi lunak dan mudah dibentuk (*flexible*), sehingga mempermudah proses fabrikasi (*flowing, casting, dan finishing process*) (Jenni R & Willy V, 2021). Terdapat berbagai jenis *plasticizer* yang digunakan, namun setiap jenis *plasticizer* hanya sesuai untuk resin tertentu (Thasyah Pitanova & Sagir Alva, 2023). *Dimethyl phthalate* adalah salah satu jenis *plasticizer* yang banyak digunakan, dimana dalam proses pembuatannya menggunakan *Phthalic Anhydride* yang bereaksi secara esterifikasi dengan metanol dengan bantuan katalisator H_2SO_4 (Norlian Ledyana & Siti Saskia, 2021).

Selain digunakan sebagai *plasticizer*, *Dimethyl phthalate* juga dimanfaatkan sebagai *insectrepellent*, yaitu suatu bahan tambahan dalam pembuatan bahan pembasmi serangga (Irdatus Soleha et al., 2021).

Pabrik *Dimethyl phthalate* perlu didirikan di Indonesia, dalam upaya pengembangan industri polimer sekaligus mengurangi ketergantungan Bangsa Indonesia terhadap impor bahan *plasticizer*. Usaha ini didukung oleh ketersediaan sumber bahan baku, seperti *Phthalic Anhydride*, Metanol, Asam Sulfat dan NaOH, maupun sumber daya manusia, yang pada gilirannya membuka peluang baru dalam lapangan kerja, sekaligus membantu usaha pemerintah dalam meningkatkan pendapatan nasional.

1.2. Kegunaan Produk

Produk yang dihasilkan berupa *Dimethyl phthalate*. Tujuan pemasaran adalah kepada pihak industri yang menggunakan *Dimethyl phthalate* sebagai bahan baku produksinya. Kegunaan *Dimethyl phthalate* diantaranya sebagai berikut:

- a) *Dimethyl phthalate* digunakan sebagai *plastisizer* dalam produksi plastik, terutama dalam pembuatan polivinil klorida (PVC). *Plastisizer* digunakan untuk memberikan kelenturan dan kelembutan pada plastik.
- b) Sebagai bahan tambahan kosmetik, *Dimethyl phthalate* juga digunakan dalam produk kosmetik dan perawatan pribadi, seperti parfum dan deodoran, karena sifatnya yang membantu melarutkan bahan-bahan lain dan memberikan kestabilan pada produk.
- c) *Dimethyl phthalate* dapat digunakan sebagai *fixative* yang dapat memperpanjang daya tahan aroma parfum pada kulit.

1.3. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan *Dimethyl phthalate* adalah *methanol* dan *phthalic anhydride*. Lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku akan lebih menguntungkan karena dapat menghemat biaya transportasi dan bahkan bisa jadi tidak perlu membutuhkan gudang

penyimpanan bahan baku. Selain itu juga dapat lebih menjamin akan ketersediaan bahan baku demi kelangsungan proses produksi.

Semua bahan baku yang digunakan dapat diperoleh dari dalam negeri. Bahan baku *methanol* diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Industri dengan kapasitas 660.000 ton/tahun. Sedangkan bahan baku *phthalic anhydride* diperoleh dari PT. Petrowidada Gresik dengan kapasitas 70.000 ton/tahun. Bahan pembantu berupa H_2SO_4 diperoleh dari PT. Petrokima Gresik dengan kapasitas 600.000 ton/tahun, sedangkan NaOH diperoleh dari PT. Sulfindo Adiusaha Banten dengan kapasitas 215.000 ton/tahun.

1.4. Analisa Pasar

Penelitian analisa pasar dari *Dimethyl phthalate* pabrik meliputi :

1.4.1. Harga Bahan Baku

Harga bahan baku untuk proses pembuatan *Dimethyl phthalate* tertera pada tabel 1.1

Tabel 1.1 Harga Bahan Baku

Bahan Baku	Harga (USD/TON)
CH_3OH	110
$\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_3$	1.100
H_2SO_4	100
NaOH	100

(Alibaba.com 4 Februari 2025)

1.4.2. Harga Produk

Harga produk dapat dilihat pada tabel 1.2 dibawah ini.

Tabel 1.2 Harga Produk

Produk	Harga (USD/TON)
$\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_4$	1.128

(Alibaba.com 4 Februari 2025)

1.4.3. Impor Dimethyl Phthalate (C₁₀H₁₀O₄)

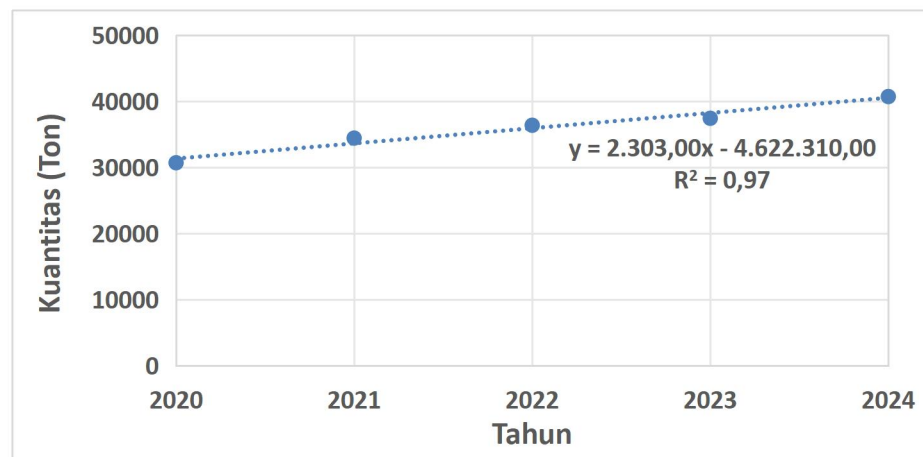
Impor *dimethyl phthalate* menunjukkan kecenderungan peningkatan setiap tahunnya. Penjelasan lebih rinci dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1.3 Perkembangan Impor *Dimethyl Phthalate* di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2020	30721,678
2021	34453,421
2022	36396,583
2023	37452,322
2024	40741,179

(Biro Pusat Statistik, 2020-2024)

Berikut ini adalah grafik impor *dimethyl phthalate* dari tahun 2020-2024



Gambar 1.1 Grafik Impor *dimethyl phthalate* di Indonesia

Gambar 1.1 merupakan linierisasi dari grafik data Tabel 1.3 didapatkan persamaan regresi:

$$y = 2.303,00x - 4.622.310,00$$

dengan :

x = Tahun

y = Kebutuhan produk pada tahun ke-x (ton/tahun)

Maka kebutuhan *dimethyl phthalate* pada tahun 2030 dapat diprediksi dengan persamaan regresi diatas dengan nilai $x = 2030$ sehingga didapatkan:

$$y = (2.303,00 \times 2030) - 4.622.310,00$$

$$y = 52.780 \text{ ton/tahun}$$

1.4.4. Ekspor Dimethyl Phthalate ($C_{10}H_{10}O_4$)

Menurut data yang didapatkan pada (Biro Pusat Statistik, 2020-2024) perkembangan ekspor *dimethyl phthalate* dari tahun 2020 sampai dengan 2024 di Indonesia adalah 0.

Berdasarkan pertimbangan yang telah dijelaskan, kapasitas perancangan pabrik ditetapkan sebesar 52.780 ton per tahun. Mengacu pada Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1999 terkait larangan praktik monopoli, kapasitas produksi yang dialokasikan untuk pasar domestik adalah 50% dari total kapasitas, yaitu sebesar 27.000 ton per tahun. Penentuan kapasitas 27.000 Ton/Tahun diharapkan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan *dimethyl phthalate* di Indonesia
2. Mengurangi impor *dimethyl phthalate* yang terus mengalami peningkatan
3. Memberikan kesempatan pada industri-industri yang menggunakan *dimethyl phthalate* sebagai bahan baku untuk mengembangkan produksinya dan memperolehnya dengan mudah tanpa harus mengimpor serta dapat menghemat biaya operasi.
4. Membuka lapangan kerja untuk penduduk di sekitar wilayah pabrik ini didirikan.

1.4.5. Konsumsi Dimethyl Phthalate ($C_{10}H_{10}O_4$)

Belum adanya pabrik *dimethyl phthalate* di Indonesia, membuat kebutuhan dalam negeri hanya bisa didapatkan dengan cara impor. Sehingga diperkirakan pada tahun 2030 konsumsi *dimethyl phthalate* di indonesia mencapai 52.780 ton.

Berikut merupakan daftar kapasitas pabrik *dimethyl phthalate* yang sudah ada di beberapa negara antara lain:

Tabel 1.4 Data Kapasitas Produksi Pabrik *Dimethyl Phthalate*

Nama Pabrik	Negara	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
SISAS chmical	Italia	50.000
Euroftal	Belgia	70.000
Pantochim	Belgia	100.000

(www.conserspa.com)

1.5. Penentuan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat penting dalam perancangan pabrik, karena berkaitan langsung dengan nilai ekonomi pabrik yang akan didirikan. Lokasi pabrik *dimethyl phthalate* direncanakan didirikan di Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur. Berikut adalah beberapa pertimbangan dalam memilih lokasi tersebut.

1. Sarana Transportasi

Sarana transportasi sangat diperlukan dalam pengangkutan bahan baku, pemasaran produk, dan lain sebagainya. Oleh karena itu, fasilitas jalan raya, rel kereta api, pelabuhan, bandara udara sangat diperlukan. Di daerah Gresik, fasilitas transportasi sangat mendukung, seperti : jalan tol yang berhubungan dengan Jalur Pantura, Bandara Udara Djuanda, dan Pelabuhan Tanjung Perak. Hal ini akan mempermudah transportasi keluar masuk bahan baku dan produk.

2. Pemasaran Produk

Pemasaran *dimethyl phthalate* cair sebagai bahan baku maupun pembantu di industri pengolahan *plasticizer*, *insectrepellent*,

pengencer industri pasta gigi dapat mudah dipasarkan ke industri sekitarnya dan diekspor.

3. Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan dalam proses pembuatan *dimethyl phthalate* adalah *phthalic anhydride* dan metanol, dengan katalis asam sulfat. Bahan baku methanol dapat diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Industri dengan kapasitas 660.000 ton/tahun. Sedangkan bahan baku *phthalic anhydride* dapat diperoleh dari PT. Petrowidada Gresik dengan kapasitas 70.000 ton/tahun. Bahan pembantu berupa asam sulfat dapat diperoleh dari PT. Petrokima Gresik dengan kapasitas 600.000 ton/tahun, sedangkan NaOH dapat diperoleh dari PT. Sulfindo Adiusaha Banten dengan kapasitas 215.000 ton/tahun.

4. Tenaga Kerja

Ketersediaan tenaga kerja ikut menjadi pertimbangan pendirian sebuah pabrik. Menurut Badan Pusat Statitika Indonesia, pada tanggal 5 November 2024 tercatat Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) sebanyak 4,91% dimana data tersebut merupakan salah satu tingkat pengangguran yang terbanyak di asean. Maka dari itu, berdirinya pabrik *dimethyl phthalate* diharapkan akan membantu mengurangi tingkat pengangguran yang ada di Indonesia terutama bagi masyarakat sekitar lokasi pabrik.

5. Keadaan Tanah

Di karenakan daerah Gresik bukan merupakan daerah yang subur sehingga tidak cocok dalam bidang pertanian, karena sebagian besar terletak di dataran rendah sehingga perkembangan kota diarahkan ke arah industri yaitu sebesar 48,02% sebagai kegiatan ekonominya, sedangkan untuk pertanian hanya 11,25%.

6. Kemasyarakatan

Keadaan sosial kemasyarakatan sudah terbiasa dengan lingkungan industri yaitu dengan jumlah industri sebesar 6.653 unit. Lokasi yang paling terkenal dengan kompleks industri adalah kawasan industri Gresik yang didirikan pada tahun 1990. Sehingga pendirian pabrik baru dapat diterima dan dapat beradaptasi dengan mudah dan cepat.

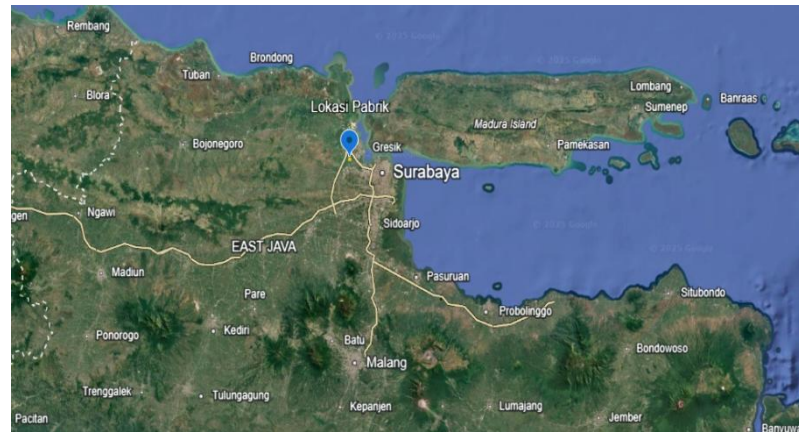
7. Utilitas

Daerah kawasan industri di Gresik merupakan daerah kawasan industri yang telah lengkap dengan segala utilitas yang diperlukan. Kebutuhan listrik dapat disuplai dari pembangkit tenaga listrik seperti PLTU dan PLTG Gresik sedangkan kebutuhan air untuk proses dan keperluan lainnya cukup tersedia karena lokasi pabrik dekat dengan banyak sungai, dua di antaranya merupakan sungai terbesar dan terpanjang, yakni sungai Brantas dengan sumber airnya dari Lereng Gunung Anjasmoro yang bermuara di Selat Madura yang membelah daerah tengah sepanjang 317 km. Selain itu, Bengawan Solo panjangnya 540 km yang mengalir di daerah utara dengan sumber mata airnya di Wonogiri dan bermuara di Laut Jawa, keduanya dapat dipergunakan sebagai sumber air pabrik.

8. Kondisi Tanah dan Iklim

Kondisi tanah yang relatif luas dan merupakan tanah datar, dengan kondisi iklim yang relatif stabil sepanjang tahun sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar.

Berdasarkan faktor-faktor tersebut, maka pabrik direncanakan didirikan di Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur. Bisa dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Peta Provinsi Jawa Timur



Gambar 1.3. Lokasi Pabrik

BAB II

DESKRIPSI PROSES

2.1 Macam-macam Proses Pembuatan *Dimethyl Phthalate*

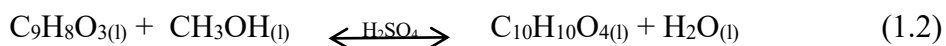
Alkyl phthalate didapatkan dengan cara mengesterifikasikan *phthalic anhydride* dengan alkohol dengan adanya katalis asam sulfat berdasarkan penjelasan Faith dan Keyes (1957).

Dimethyl phthalate merupakan senyawa organik (ester) yang berwujud cair (cairan berminyak), tidak berbau, tidak berwarna, sedikit sekali larut dalam air dingin, mudah larut dalam alkohol dan benzene serta keton dan minyak.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ronald dan William (1952) tertuang dalam U.S. Patent No. 2618651, berikut tinjauan berbagai proses pembuatan *dimethyl phthalate* dengan proses esterifikasi menggunakan beberapa katalis:

A. *Dimethyl phthalate* dari *phthalic anhydride* dan *methanol* dengan katalis asam sulfat

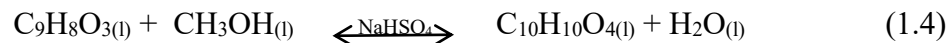
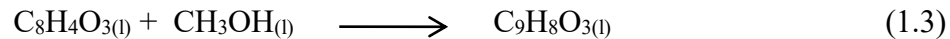
Reaksi:



Proses pembuatan *dimethyl phthalate* dilakukan dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). *Phthalic anhydride* direaksikan dengan *methanol* dengan perbandingan molekul 1:2 serta menggunakan katalis asam sulfat sebanyak 0,2% dari kebutuhan *phthalic anhydride*. Reaksi berlangsung pada suhu 140°C, tekanan 3 atmosfer, dan konversi yang dihasilkan 95%.

B. *Dimethyl phthalate* dari *phthalic anhydride* dan *methanol* dengan katalis dengan katalis *sodium bisulfate*

Reaksi:



Proses pembuatan *dimethyl phthalate* dilakukan dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). *Phthalic anhydride* direaksikan dengan *methanol* dengan perbandingan molekul 1:2 serta menggunakan katalis *sodium bisulfate*. Reaksi berlangsung pada suhu 110°C, tekanan 1 atmosfer, dan konversi yang dihasilkan 85%. Katalis ini tidak dijual di Indonesia, jadi harus impor dari India dan cina. (U.S Patent No.7135588).

2.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan kedua proses tersebut, maka untuk pemilihan proses pembuatan *dimethyl phthalate* perlu ditinjau dari sisi ekonomi dan sisi termodinamika.

1. Tinjauan Ekonomi

Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui keuntungan yang dihasilkan oleh pabrik ini selama setahun dengan kapasitas 27.000 ton/tahun. Berikut ini perbandingan harga bahan baku dan harga produk pada tahun 2025.

- *Dimethyl phthalate* dari *phthalic anhydride* dan *methanol* dengan katalis asam sulfat

Tabel. 2.1. Harga bahan baku dan produk

No	Bahan Kimia	BM (g/mol)	Harga (USD/ton)
1	<i>Dimethyl phthalate</i>	194	1128
2	<i>Phthalic anhydride</i>	148	1100

Lanjutan Tabel. 2.1. Harga bahan baku dan produk

No	Bahan Kimia	BM (g/mol)	Harga (USD/ton)
3	Metanol	32	100
4	Asam Sulfat	98	100
5	<i>Sodium Bisulfate</i>	120	1.000

(alibaba.com, 2025)

Produk

$$\text{Berat } C_{10}H_{10}O_4 = 27000 \text{ ton}$$

$$\text{Harga jual } \textit{Dimethyl phthalate} = \$1128$$

$$\begin{aligned} \text{Harga} &= 27.000 \text{ ton} \times \$1128 \\ &= \$30.456.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol } C_{10}H_{10}O_4 &= \frac{\textit{Kapasitas}}{\textit{mol}} \\ &= \frac{27.000.000}{194} \\ &= 139.175,257 \text{ kmol} \end{aligned}$$

Reaktan

$$\begin{aligned} \text{Mol } C_8H_4O_3 &= \frac{\textit{mol } C_8H_4O_3}{\textit{yield}} \\ &= \frac{139.175,257}{0,95} \\ &= 146.500,271 \text{ kmol} \\ \text{Berat } C_8H_4O_3 &= \text{Mol } C_8H_4O_3 \times \text{BM} \\ &= 146.500,271 \text{ kmol} \times 148 \text{ kg/kmol} \\ &= 21.682.040 \text{ kg/tahun} \\ &= 21.682,04 \text{ ton/tahun} \\ \text{Harga } C_8H_4O_3 &= 21.682,04 \text{ ton} \times \$1100 \\ &= \$23.850.244 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mol CH}_3\text{OH} &= 2 \times \text{Mol C}_8\text{H}_4\text{O}_3 \\
 &= 2 \times 146.500,271 \text{ kmol} \\
 &= 293.000,542 \text{ kmol} \\
 \text{Berat CH}_3\text{OH} &= \text{Mol CH}_3\text{OH} \times \text{BM} \\
 &= 293.000,542 \text{ kmol} \times 32 \text{ kg/kmol} \\
 &= 9.376.017,34 \text{ kg/tahun} \\
 &= 9.376,017 \text{ ton/tahun} \\
 \text{Harga CH}_3\text{OH} &= 9.376,017 \text{ ton} \times \$100 \\
 &= \$937.601,734
 \end{aligned}$$

Kebutuhan katalis (asam sulfat) sebanyak 0,2% dari berat *Phthalic anhydride*

$$\begin{aligned}
 &= 0,2 \% \times 21.682,04 \text{ ton} \\
 &= 43,364 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Harga katalis yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 &= 43,364 \text{ ton} \times \$100 \\
 &= \$4.336,408
 \end{aligned}$$

Kebutuhan NaOH sebanyak 0,6% dari berat *Phthalic anhydride*

$$\begin{aligned}
 &= 0,6\% \times 21.682,04 \text{ ton} \\
 &= 130,092 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Harga NaOH yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 &= 130,092 \text{ ton} \times \$100 \\
 &= \$13.009,224
 \end{aligned}$$

Potensial ekonomi jika menggunakan katalis asam sulfat

$$\begin{aligned}
 &= \text{harga jual produk} - \text{harga beli bahan baku} \\
 &= \$30.456.000 - (\$23.850.244 + \$937.601,734 + \$4.336,408 \\
 &\quad + \$13.009,224) \\
 &= \$30.456.000 - \$23.805.191,4 \\
 &= \mathbf{\$6.650.808,6}
 \end{aligned}$$

- Esterifikasi menggunakan katalis *sodium bisulfate*

Produk

$$\text{Berat } C_{10}H_{10}O_4 = 27000 \text{ ton}$$

$$\text{Harga jual } \textit{Dimethyl phthalate} = \$1128$$

$$\begin{aligned} \text{Harga} &= 27.000 \text{ ton} \times \$1128 \\ &= \$30.456.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol } C_{10}H_{10}O_4 &= \frac{\text{Kapasitas}}{\text{mol}} \\ &= \frac{27.000.000}{194} \\ &= 139.175,257 \text{ kmol} \end{aligned}$$

Reaktan

$$\begin{aligned} \text{Mol } C_8H_4O_3 &= \frac{\text{mol } C_8H_4O_3}{\text{yield}} \\ &= \frac{139.175,257}{0,95} \\ &= 146.500,271 \text{ kmol} \\ \text{Berat } C_8H_4O_3 &= \text{Mol } C_8H_4O_3 \times \text{BM} \\ &= 146.500,271 \text{ kmol} \times 148 \text{ kg/kmol} \\ &= 21.682.040 \text{ kg/tahun} \\ &= 21.682,04 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga } C_8H_4O_3 &= 21.682,04 \text{ ton} \times \$1100 \\ &= \$23.850.244 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol } CH_3OH &= 2 \times C_8H_4O_3 \\ &= 2 \times 146.500,271 \text{ kmol} \\ &= 293.000,542 \text{ kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat } CH_3OH &= \text{Mol } CH_3OH \times \text{BM} \\ &= 293.000,542 \text{ kmol} \times 32 \text{ kg/kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 9.376.017,34 \text{ kg/tahun} \\
 &= 9.376,017 \text{ ton/tahun} \\
 \text{Harga CH}_3\text{OH} &= 9.376,017 \text{ ton} \times \$100 \\
 &= \$937.601,734
 \end{aligned}$$

Kebutuhan katalis *sodium bisulfate* sebanyak 2% dari berat *Phthalic anhydride*

$$\begin{aligned}
 &= 2 \% \times 21.682,04 \text{ ton} \\
 &= 432,560 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Harga katalis yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 &= 432,560 \text{ ton} \times \$1000 \\
 &= \$432.560,8
 \end{aligned}$$

Kebutuhan NaOH sebanyak 10% dari berat *Phthalic anhydride*

$$\begin{aligned}
 &= 10\% \times 21.682,04 \text{ ton} \\
 &= 2.168,204 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Harga NaOH yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 &= 2.168,204 \text{ ton} \times \$100 \\
 &= \$216.820,4
 \end{aligned}$$

Potensial ekonomi jika menggunakan katalis *sodium bisulfate*

$$\begin{aligned}
 &= \text{harga jual produk} - \text{harga beli bahan baku} \\
 &= \$30.456.000 - (\$23.850.244 + \$937.601,734 + \$432.560,8 \\
 &\quad + \$216.820,4) \\
 &= \$30.456.000 - \$25.437.226,9 \\
 &= \mathbf{\$5.018.773,1}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan uraian diatas dalam memproduksi *Dimethyl phthalate*, hanya dibedakan berdasarkan penggunaan katalis.

2. Tinjauan termodinamika

Tinjauan termodinamika bertujuan untuk memahami seberapa banyak energi yang dibutuhkan untuk mengetahui karakteristik reaksi dalam setiap proses yang terjadi. Perhitungan panas pembentukan dapat mengungkapkan sifat-sifat proses dan menentukan apakah reaksi tersebut termasuk eksotermik atau endotermik. Karena ΔH bernilai positif (+), berarti diperlukan panas agar reaksi dapat terjadi, oleh karena itu, semakin tinggi ΔH , semakin banyak energi dan biaya yang harus dikeluarkan. Saat ini, ΔH bernilai negatif (-), menandakan bahwa panas dihasilkan selama reaksi (Smith et al., 2018).

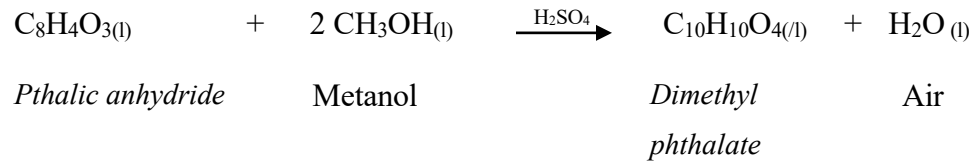
Penentuan energi bebas gibbs untuk mengetahui apakah reaksi berlangsung spontan. Karena ΔG positif (+) menunjukkan reaksi tersebut tidak dapat berlangsung secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. Sebaliknya, ΔG bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut dapat berlangsung secara spontan dan hanya membutuhkan sedikit energi. Oleh karena itu, semakin kecil atau negatif ΔG maka reaksi tersebut akan semakin baik karena berlangsung secara spontan, energi yang dibutuhkan semakin kecil (Smith et al., 2018). Berikut data energi bebas gibbs pembantukan (ΔG_f°) dan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada keadaan standar ($T = 298\text{ K}$) :

Tabel 2.2 Nilai ΔH_f° dan ΔG_f° masing-masing Komponen

Komponen	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)
$\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_3$	-155,8	-329,0
CH_3OH	-200,9	-162,2
$\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_4$	-663,0	-526,0
H_2O	-241,8	-237,1

(Yaws, 1999)

- Reaksi *Dimethyl phthalate* menggunakan katalis asam sulfat



$$\Delta H_{\text{rx}} = (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}})_{298} \quad (\text{Smith et al., 2018})$$

$$\Delta H_{\text{rx}} = \sum(n \times H_f)_{\text{produk}} - \sum(n \times H_f)_{\text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{Rx}}^0 &= (\Delta H_f^0 \text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_4 + \Delta H_f^0 \text{H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^0 \text{C}_8\text{H}_4\text{O}_3 + \Delta H_f^0 \text{CH}_3\text{OH}) \\ &= (-633 + (-241,8)) - (-155,8 + (2 \times (-201,9))) \\ &= -347,2 \text{ kJ/mol (eksoterm)} \\ &= -347.200 \text{ J/mol (eksoterm)} \end{aligned}$$

Untuk menghitung ΔH dan ΔG pada kondisi reaksi, yaitu pada temperature 140°C (413 K), dibutuhkan data pada tabel 2.3:

Tabel 2.3 Konstanta untuk Perhitungan Kapasitas Panas

Komponen	A	B	C	D	E
$\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_3$	-105,627	1.98×10^0	-3.88×10^{-3}	2.85×10^{-6}	0,000
CH_3OH	40,152	3.10×10^{-1}	-1.03×10^{-3}	1.46×10^{-6}	0,000
$\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_4$	116,404	1.17×10^0	-2.57×10^{-3}	2.41×10^{-6}	0,000
H_2O	92,056	-4.00×10^2	-2.11×10^{-4}	5.35×10^{-3}	0,000

(Yaws, 2003)

$$\Delta H_{\text{Rx}}^{413} = \Delta H_{\text{R}} + \left(\int_{298}^{413} C_{pi} dT \right) \quad (\text{Smith et al., 2018})$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{Rx}}^{413} &= \Delta H_{\text{R}} + \Delta A (T - T_{\text{ref}}) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_{\text{ref}}^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_{\text{ref}}^3) \\ &\quad + \frac{\Delta D}{4} (T^4 - T_{\text{ref}}^4) + \frac{\Delta E}{5} (T^5 - T_{\text{ref}}^5) \end{aligned}$$

Dari Tabel 2.3 Maka diperoleh besarnya ΔA , ΔB , dan ΔC sebagai berikut

$$\Delta A = \sum n_i A_i$$

$$\Delta A = (-1) \times (92,056) + (-1) \times (116,404) + (1 \times 40,152) + (1 \times -105,627)$$

$$\Delta A = -2,74 \times 10^2$$

Dengan cara yang sama didapatkan :

$$\Delta B = 4,01 \times 10^2$$

$$\Delta C = -2,14 \times 10^{-3}$$

$$\Delta D = -5,35 \times 10^{-3}$$

$$\Delta E = 0$$

Sehingga dapat dihitung ΔH untuk reaksi pembentukan *dimethyl phthalate* pada temperature 140 C (413 K), yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta H_{R_x}^{413} &= \Delta H_R + \left(\int_{298}^{413} C_{p_i} dT \right) && \text{(Smith et al., 2018)} \\ &= (-347200) + (-1,21 \times 10^7) \\ &= -12.397.358,912 \text{ J/mol} \\ &= \mathbf{-12.397,359 \text{ kJ/mol (Eksoterm)}} \end{aligned}$$

$$G^\circ = \sum (n \cdot \Delta G_f^\circ)_{\text{produk}} - \sum (n \cdot \Delta G_f^\circ)_{\text{reaktan}} \quad \text{(Smith, 2001)}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ &= ((n \cdot \Delta G_f^\circ \text{ C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_4) + (n \cdot \Delta G_f^\circ \text{ H}_2\text{O})) - ((n \cdot \Delta G_f^\circ \text{ C}_8\text{H}_4\text{O}_3) \\ &\quad + (n \cdot \Delta G_f^\circ 2 \times \text{CH}_3\text{OH})) \end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ = ((-526) + ((-237,129))) - ((-329) + (2 \times (-162,2)))$$

$$\Delta G^\circ = -109,729 \text{ kJ/mol}$$

$$= -109.729 \text{ J/mol}$$

$$\Delta G = \frac{\Delta H_{f298}}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \times RT - \left(\frac{\Delta G_{f298}}{RT} \right)$$

$$\Delta G = \frac{-347.200}{8,3145} \left(\frac{1}{413,15} - \frac{1}{298,15} \right) \times 8,3145 \times 413,1$$

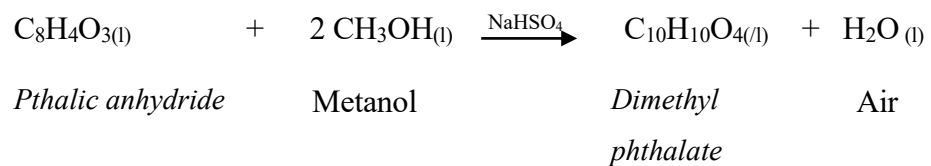
$$- \left(\frac{109.729}{8,3145 \times 413,15} \right)$$

$$\Delta G = -133.951,111 \text{ J/jam}$$

$$\Delta G = -133,951 \text{ Kj/jam (spontan)}$$

Pembuatan *Dimethyl phthalate* dari *Phthalic phthalate* dan *Methanol* dengan katalis asam sulfat menghasilkan ΔG sebesar -133,951 kJ/mol. Nilai ΔG yang bernilai negatif ini menunjukkan bahwa reaksi berlangsung spontan.

- Reaksi *Dimethyl phthalate* menggunakan katalis *sodium bisulfate*



$$\Delta H_{\text{rx}} = (\Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}})_{298} \quad (\text{Smith et al., 2018})$$

$$\Delta H_{\text{rx}} = \sum(n \times H_f)_{\text{produk}} - \sum(n \times H_f)_{\text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{R}_x}^{\circ} &= (\Delta H_f^{\circ} \text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_4 + \Delta H_f^{\circ} \text{H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^{\circ} \text{C}_8\text{H}_4\text{O}_3 + \Delta H_f^{\circ} \text{CH}_3\text{OH}) \\ &= (-633 + (-241,8)) - (-155,8 + (2 \times (-201,9))) \\ &= -347,2 \text{ kJ/mol (eksoterm)} \\ &= -347.200 \text{ J/mol (eksoterm)} \end{aligned}$$

Untuk menghitung ΔH dan ΔG pada kondisi reaksi, yaitu pada temperature 110°C (383 K), dibutuhkan data pada tabel 2.4 berikut :

Tabel 2.4 Konstanta untuk Perhitungan Kapasitas Panas

Komponen	A	B	C	D	E
C ₈ H ₄ O ₃	-105,627	1.98×10^0	-3.88×10^{-3}	2.85×10^{-6}	0,000
CH ₃ OH	40,152	3.10×10^{-1}	-1.03×10^{-3}	1.46×10^{-6}	0,000
C ₁₀ H ₁₀ O ₄	116,404	1.17×10^0	-2.57×10^{-3}	2.41×10^{-6}	0,000
H ₂ O	92,056	-4.00×10^2	-2.11×10^{-4}	5.35×10^{-3}	0,000

(Yaws, 2003)

$$\Delta H_{R_x}^{383} = \Delta H_R + \left(\int_{298}^{383} C_{p_i} dT \right) \quad (\text{Smith et al., 2018})$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{R_x}^{413} = & \Delta H_R + \Delta A (T - T_{ref}) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_{ref}^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_{ref}^3) \\ & + \frac{\Delta D}{4} (T^4 - T_{ref}^4) + \frac{\Delta E}{5} (T^5 - T_{ref}^5) \end{aligned}$$

Dari Tabel 2.5 Maka diperoleh besarnya ΔA , ΔB , dan ΔC sebagai berikut

$$\Delta A = \sum n_i A_i$$

$$\begin{aligned} \Delta A = & (-1) \times (92,056) + (-1) \times (116,404) + (1 \times 40,152) \\ & + (1 \times -105,627) \end{aligned}$$

$$\Delta A = -2,74 \times 10^2$$

Dengan cara yang sama didapatkan :

$$\Delta B = 4.01 \times 10^2$$

$$\Delta C = -2,14 \times 10^{-3}$$

$$\Delta D = -5,35 \times 10^{-3}$$

$$\Delta E = 0$$

Sehingga dapat dihitung ΔH untuk reaksi pembentukan *dimethyl phthalate* pada temperature 110 C (383 K), yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta H_{R_{x}}^{383} &= \Delta H_R + \left(\int^{383} C_{pi} dT \right) && \text{(Smith et al., 2018)} \\ &= (-347200) + (-6,68 \times 10^6) \\ &= -7.029.560,529 \text{ J/mol} \\ &= \mathbf{-7.029,560 \text{ kJ/mol (Eksoterm)}}\end{aligned}$$

$$G^\circ = \sum (n. \Delta G_f^\circ)_{produk} - \sum (n. \Delta G_f^\circ)_{reaktan} \quad \text{(Smith, 2001)}$$

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ &= ((n. \Delta G_f^\circ \text{ C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_4) + (n. \Delta G_f^\circ \text{ H}_2\text{O})) - ((n. \Delta G_f^\circ \text{ C}_8\text{H}_4\text{O}_3) \\ &\quad + (n. \Delta G_f^\circ 2 \times \text{CH}_3\text{OH}))\end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ = ((-526) + ((-237,129)) - ((-329) + (2 \times (-162,2))))$$

$$\Delta G^\circ = -109,729 \text{ kJ/mol}$$

$$= -109.729 \text{ J/mol}$$

$$\Delta G = \frac{\Delta H_{f298}}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \times RT - \left(\frac{\Delta G_{f298}}{RT} \right)$$

$$\begin{aligned}\Delta G &= \frac{-347.200}{8,3145} \left(\frac{1}{383,15} - \frac{1}{298,15} \right) \times 8,3145 \times 383,15 \\ &\quad - \left(\frac{109.729}{8,3145 \times 383,15} \right)\end{aligned}$$

$$\Delta G = -98.949,288 \text{ J/jam}$$

$$\Delta G = -98,9492 \text{ Kj/jam (spontan)}$$

Pembuatan *Dimethyl phthalate* dari *Phthalic phthalate* dan *Methanol* dengan katalis *sodium biosulfate* menghasilkan ΔG sebesar -98,9492 kJ/mol. Nilai ΔG yang bernilai negatif ini menunjukkan bahwa reaksi berlangsung spontan.

Tabel 2.5. Perbandingan Proses Pembuatan *Dimethyl Phthalate*

No	Keterangan	Jenis Katalis			
		Asam Sulfat		<i>Sodium bisulfate</i>	
1	Kondisi Operasi Temperature dan Tekanan	°C	atm	°C	atm
		140	3	110	1
2	Konversi (%)	95		85	
3	Perolehan katalis	Dalam Negeri		Luar negeri	
5	Kebutuhan katalis	0,2% dari bahan baku (<i>phthalic anhydride</i>)		2% dari bahan baku (<i>phthalic anhydride</i>)	
6	ΔG_{reaksi} (kJ/mol)	-133,951		-98,949	
7	ΔH_{reaksi} (kJ/mol)	-12.397,358		-7.029,560	
8	Keuntungan	\$6.650.808,6		\$5.018.773,1	

Pada kedua katalis untuk memproduksi *dimethyl phthalate* ini mempunyai reaksi yang sama sehingga bahan baku yang diperlukan sama. Maka pertimbangan yang digunakan dalam pemilihan proses ini didasarkan pada :

1. Proses pertama menggunakan katalis yang lebih murah dibandingkan dengan proses kedua, sehingga dapat mengurangi biaya produksi.
2. Katalis asam sulfat lebih mudah didapat karena telah diproduksi di dalam negeri sehingga tidak memerlukan biaya yang besar untuk pengangkutan.
3. Konversi yang diperoleh lebih tinggi dengan menggunakan asam sulfat. Potensial ekonomi diperoleh lebih tinggi dengan menggunakan katalis asam sulfat

2.3 Deskripsi Proses

Proses pembuatan *dimethyl phthalate* dari *phthalic anhydride* dan metanol dengan proses esterifikasi dengan menggunakan katalis H_2SO_4 dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap proses esterifikasi
3. Tahap pemurnian dan penyimpanan produk

2.3.1 Persiapan Bahan baku

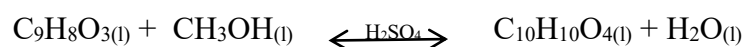
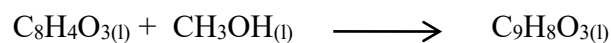
Tahap ini bertujuan untuk menyiapkan *phthalic anhydride* dan metanol sebelum direaksikan di dalam reaktor. Tahap persiapan bahan baku meliputi:

- a. metanol dari tangki penyimpanan yang berupa cairan dipanaskan sampai suhu reaktor sebesar 140°C dengan menggunakan pemanas.
- b. *Phthalic anhydride* yang berbentuk kristal dilelehkan dengan menggunakan *melter* sehingga berubah fase menjadi cair dan suhunya naik sampai suhu operasi reaktor sebesar 140°C .

2.3.2 Proses Esterifikasi

Tahap reaksi esterifikasi pembentukan *dimethyl phthalate*. Kedua bahan baku diumpankan dalam reaktor dengan perbandingan mol *Phthalic Anhidride* : metanol = 1 : 2.

Reaksi yang terjadi di reaktor:



Reaksi berlangsung dalam fase cair dan merupakan reaksi eksotermis. Konversi yang dapat dicapai pada reaksi ini sebesar 95% berdasarkan

reaktan *phthalic anhydride*. Reaksi dijalankan dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada suhu 140°C. Reaktor beroperasi pada tekanan 3 atm untuk menjaga agar reaktan tetap dalam keadaan cair. Panas yang dihasilkan oleh reaktor diserap dengan jaket pendingin.

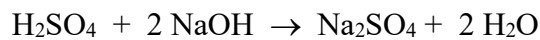
2.3.3 Pemurnian dan Penyimpanan Produk

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan produk dari hasil samping reaksi esterifikasi yaitu air dan sisa-sisa reaktan.

Tahap pemisahan dan pemurnian produk terdiri dari:

Produk cair reaktor dialirkan menuju tangki netralisasi untuk dinetralkan kandungan asamnya dengan menggunakan NaOH yang berasal dari tangki penyimpanan sehingga terbentuk Na₂SO₄ dan air.

Reaksi yang terjadi di netraliser:



Hasil netralisasi dialirkan menuju decanter. Keluaran decanter terdiri dari fase berat (*Dimethyl Phthalate* dan metanol) yang akan menuju ke menara distilasi, dan fase ringan (Na₂SO₄, *Monomethyl Phthalate*, dan *malaeic anhydrat*) yang akan menuju ke unit pengolahan limbah sedangkan air menjadi pembatasnya.

Produk decanter yang masih mengandung metanol dipisahkan dari dimetyl phthalate, dengan menggunakan kolom distilasi sehingga diperoleh produk *dimetyl phthalate* dengan kemurnian 99,9%.

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1 Spesifikasi Bahan Baku

3.1.1. *Phthalic Anhydride*

1. Sifat Fisik *Phthalic Anhydride*

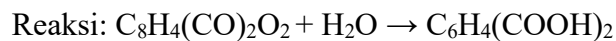
Berat Molekul	: 148 gr/mol
Fase	: Padat
Titik Leleh	: 131°C
Titik Didih Normal	: 284,6°C (pada 1 atm)
Tekanan Kritis	: 46,58 atm
Temperatur Kritis	: 517,85
Kemurnian	: 99,95%

(Yaws.C,1999)

2. Sifat Kimia *Phthalic Anhydride*

a. Membentuk asam dengan hidrasi

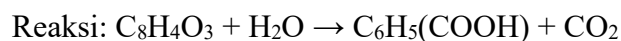
Phthalic Anhydride cair dapat bereaksi dengan air membentuk asam secara Eksotermis.



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

b. Dekarboksiklis

Jika steam dimasukkan ke *Phthalic Anhydride* lebur yang mengandung katalis dekarboksilat akan membentuk asam yang sesaat kemudian pecah menjadi asam benzoate dan CO₂.



3.1.2 Methanol

1. Sifat Fisik *methanol*

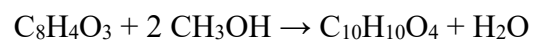
Berat Molekul	: 32 gr/mol
Fase	: Cair
Titik Leleh	: -96,7°C
Titik Didih Normal	: 64.7°C (pada 1 atm)
Tekanan Kritis	: 79,91 atm
Temperatur Kritis	: 239,49°C
Kemurnian	: 99,5%

(Yaws.C,1999)

2. Sifat Kimia *Methanol*

Esterifikasi

Jika *Methanol* direaksikan dengan *Phthalic Anhydride* menghasilkan *Dimethyl Phthalate* dengan menggunakan katalis asam sulfat.



3.2 Spesifikasi Bahan Pembantu

3.2.1 Asam Sulfat

Berat molekul	: 98 gr/mol
Fase	: Cair
Titik Leleh	: 10,35°C
Titik Didih Normal	: 290 °C (pada 1 atm)
Tekanan Kritis	: 217,6 atm
Temperatur Kritis	: 247°C
Kemurnian	: 98%

(Yaws.C,1999)

3.2.2 Sodium Hidroksida

Berat molekul	: 40 gr/mol
Fase	: Padat
Titik Leleh	: 318°C

Titik Didih Normal	: 1388°C (pada 1 atm)
Kemurnian	: 99%

3.2 Spesifikasi Produk

3.2.1 *Dimethyl Phthalate*

Berat Molekul	: 194 gr/mol
Fase	: Cair
Titik Leleh	: -25°C
Titik Didih Normal	: 282°C (pada 1 atm)
Temperatur Kritis	: 239,49°C
Kemurnian	: 99,9%
(Yaws.C,1999)	

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik *Dimethyl Phthalate* dari *methanol* dan *phtalic anhydrat* dengan kapasitas 27.000 ton/tahun dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

1. *Percent Return on Investment* (ROI) sesudah pajak adalah 21,43%.
2. *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak adalah 2 tahun 307 hari
3. *Break Even Point* (BEP) sebesar 42,26% dimana syarat umum pabrik di Indonesia adalah 20 – 60 % kapasitas produksi. *Shut Down Point* (SDP) sebesar 21,34%, yakni batasan kapasitas produksi sehingga pabrik harus berhenti berproduksi karena merugi.
4. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 27,91%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini dari pada ke bank.

B. Saran

Pabrik *Dimethyl Phthalate* dari *methanol* dan *phtalic anhydrat* dengan kapasitas 27.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut baik dari segi proses maupun ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arzia, S. (2019). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Industri Manufaktur di Indonesia. *Jurnal Kajian Ekonomi Dan Pembangunan*, 1, 365–374.
- Bachus, L and Custodio, A. 2003. *Know and Understand Centrifugal Pumps*. Bachus Company, Inc. Oxford: UK.
- Banchero, Julius T., and Walter L. Badger. 1988. *Introduction to Chemical Engineering*. McGraw Hill : New York.
- Brown. G. George., 1950, *Unit Operation 6^{ed}*, Wiley&Sons, USA.
- Brownell. L. E. and Young. E. H., 1959, *Process Equipment Design 3^{ed}*, John Wiley & Sons, New York.
- Coulson. J. M. and Ricardson. J. F., 1983, *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon Press Inc, New York.
- Coulson J.M., and J. F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering 4th edition*. Butterworth-Heinemann : Washington.
- Couper, J. R., Penney, W. R., dan Walas, S. M. 2010. *Chemical Process Equipment Selection and Design Edisi 2*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Felder, R. M. and Rousen R. W. 2005. *Elements of Chemical Reaction Engineering 3th edition*. New Jersey: Prentice Hall PTR.
- Fogler, H. Scott. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering 4th edition*. Prentice Hall International Inc. : United States of America.
- Geankoplis. Christie. J., 1993, *Transport Processes and unit Operation 3^{th ed}*, Allyn & Bacon Inc, New Jersey.
- Himmeblau. David., 1996, *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*, Prentice Hall Inc, New Jersey.

- Indah A. (2019). Karakteristik Termoplastik Elastomer dari Karet Alam dan Polipropilena dengan Penambahan Carbon Black Filler. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 10(2), 42–55.
- Irdatus Soleha, Jihan Nafila, Andreyan Poerwo, Bakti Palupi, & Noven Pramitasari. (2021). Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia PRA PERANCANGAN PABRIK DIMETIL FTALAT DARI FTALAT ANHIDRIDA DAN METANOL DENGAN KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*, 7(1), 51–55.
- Jenni R, & Willy V. (2021). Analisis Ketahanan Seal Pada Batang Hidrolik Excavator Tipe EC200D Analysis of Seal Resistance On Excavator Type Hydraulic Rod EC200D. *Jurnal Baut Dan Manufaktur*, 3(2), 31–40.
- Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mcgraw-Hill Co.: New York.
- McCabe. W. L. and Smith. J. C., 1985, *Operasi Teknik Kimia*, Erlangga, Jakarta.
- Norlian Ledyana, & Siti Saskia. (2021). Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*, 4(1), 42–46. www.klikbontang.com
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th edition*. McGraw Hill : New York.
- Perry, Robert H., and Don W. Green. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th edition*. McGraw Hill : New York.
- Peter. M. S. and Timmerhause. K. D., 1991, *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3^{ed}*, Mc Graww-Hill Book Company, New York.
- Putra, F., Samudera, I., Amini, W., Rizkiana, F., Putri, Y., & Mumtazah, Z. (2024). Pra Rancangan Pabrik Dimethyl Phthalate Dari Phthalic Anhydride Dan Methanol Dengan Katalis Asam Sulfat Kapasitas 20.000 Ton/Tahun. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*.
- Setiobudi, R. (2014). Perspektif Hukum Ekonomi Terhadap Strategi Industrialisasi. *Jurnal Cakrawala Hukum*, 19(1), 1–9. www.jchunmer.wordpress.com
- Smith, J. M. ., Van Ness, H. C. ., Abbott, M. M. ., & Swihart, M. T. . (2018). *Introduction to chemical engineering thermodynamics eighth edition*. McGraw-Hill Education.

- Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3th edition*. McGraww-Hill Book Company: New York.
- Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 2002. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers 5th edition*. McGraw-Hill : New York.
- Treyball. R. E., 1983, *Mass Transfer Operation 3^{ed}*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Thasyah Pitanova, & Sagir Alva. (2023). Karakteristik Mekanikal Material Polimer PVC dengan Variasi Konsentrasi Vco (Virgin Coconut Oil). *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 5(1), 4423–4435.
- Ulrich. G. D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc, New York.
- US Patent No. 2618651. *Preparation of Dimethyl and Diethyl Phthalate from phtalic anhydride*. United States Pantent Office : USA
- US Patent No. 7135588B2. *Method of producing Dimethyl phthalate from naptalene based chemicals*. United States Pantent Office : USA
- Wallas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann : Washington.
- Wallas. S. M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers, Stoneham USA.
- Yaws, L. (2003). *Chemical Properties Handbook*. McGRAW-HILL.