

**PRA RANCANGAN PABRIK *DIMETHYL PHTHALATE* DARI
PHTHALIC ANHYDRIDE DAN *METHANOL* DENGAN
KATALIS ASAM SULFAT KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Jurusan Teknik Kimia



Oleh:

Nama : Mohamad Iza Adidharma

Nama : Adhitya Yudha Utama

NIM : 17521122

NIM : 17521127

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2022

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN
PRA RANCANGAN PABRIK DIMETHYL PHTHALATE DARI
PHTHALIC ANHYDRIDE DAN METHANOL DENGAN KATALIS ASAM
SULFAT KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mohammad Iza Adidharma Nama : Adhitya Yudha Utama
NIM : 17521122 NIM : 17521127



Yogyakarta, 8 April 2022

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

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



Mohammad Iza Adidharma
NIM : 17521122



Adhitya Yudha Utama
NIM : 17521127

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRA RANCANGAN PABRIK DIMETHYL PHTHALATE DARI PHTHALIC
ANHYDRIDE DAN METHANOL DENGAN KATALIS ASAM SULFAT
KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK



Oleh:

Nama : Mohamad Iza Adidharma

Nama : Adhitya Yudha Utama

NIM : 17521122

NIM : 17521127

Yogyakarta, 6 Juni 2022

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Sholeh Ma'mun S.T., M.T., Ph.D.

Lilis Kistriyani S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK *DIMETHYL PHTHALATE* DARI
***PHTHALIC ANHYDRIDE* DAN *METHANOL* DENGAN**
KATALIS ASAM SULFAT KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN
PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : **Mohammad Iza Adidharma** Nama : **Adhitya Yudha Utama**
NIM : **17521122** NIM : **17521127**

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia Program
Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 6 Juni 2022

Tim Penguji

Sholeh Ma'mun S.T., M.T., Ph.D.



Ketua

Cholila Tamzysi, ST, M.Eng.



Anggota 1

Umi Rofiqah, S.T., M.T.



Anggota 2

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W, sahabat serta para pengikutnya.

Penyusunan tugas akhir yang berjudul **“PRA RANCANGAN PABRIK DIMETHYL PHTHALATE DARI PHTHALIC ANHYDRIDE DAN METHANOL DENGAN KATALIS ASAM SULFAT KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN”**, merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberi rahmat dan keberkahan serta penyemangat ketika penulis merasa lelah..
2. Kedua orang tua kami tercinta atas do'a, kasih sayang dan bimbingannya.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. Suharno Rusdi, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Sholeh Ma'mun S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I, atas bimbingan serta waktu yang telah diberikan.
6. Ibu Lilis Kistriyani S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II, atas bimbingan serta waktu yang telah diberikan.
7. Partner tugas akhir prarancangan penulis atas kerjasama dan kekompakannya dalam penyusunan tugas akhir
8. Teman – teman seperjuangan Teknik Kimia 2017 Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
9. Serta semua pihak yang telah membantu kami hingga terselesainya laporan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa di dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan khususnya bagi mahasiswa Teknik Kimia, Amin.

Yogyakarta, 6 Juni 2022



Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
ABSTRAK	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Perancangan	2
1.2.1 Kebutuhan Dimethyl Phthalate di Indonesia.....	2
1.2.2 Kapasitas Produksi Dimethyl Phthalate yang Sudah Berdiri.....	3
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku	4
1.3 Tinjauan Pustaka	5
1.3.1 Macam-macam Proses Pembuatan <i>Dimethyl Phthalate</i>	5
1.3.2 Pemilihan Proses	7
1.3.3 Tinjauan Termodinamika	8
BAB II PERANCANGAN PRODUK	11
2.1 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku	11
2.2 Pengendalian Kualitas	11
2.3 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	12
2.4 Pengendalian Kualitas Produksi	12
2.5 Pengendalian Kualitas Produk.....	13

2.6	Pengendalian Waktu Produksi.....	13
2.7	Pengendalian Kuantitas	13
BAB III PERANCANGAN PROSES.....		14
3.1	Uraian Proses.....	14
3.1.1	Persiapan Bahan Baku.....	14
3.1.2	Tahapan Reaksi	14
3.1.3	Tahapan Pemurnian.....	15
3.2	Spesifikasi Alat.....	16
3.2.1	Alat Proses	16
3.2.2	Alat Kecil	23
3.4	Perencanaan Produksi.....	39
3.4.1	Kapasitas Perancangan.....	39
3.4.2	Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses.....	39
BAB IV PERANCANGAN PABRIK		41
4.1	Lokasi Pabrik.....	41
4.2	Tata Letak Pabrik	43
4.3	Tata Letak Peralatan Pabrik.....	48
4.4	Alir Proses dan Material.....	50
4.4.1	Neraca massa.....	50
4.4.2	Neraca Panas	54
4.4.4	Diagram Alir Kualitatif	58
4.4.5	Diagram Alir Kuantitatif	59
4.5	Perawatan (<i>Maintenance</i>).....	60
4.6	Pelayanan Teknik (Utilitas).....	61
4.6.1	Unit Penyedia Steam	62
4.6.2	Unit Penyedia Dan Pengolahan Air	62

4.6.3	Unit Pembangkit Listrik.....	69
4.6.4	Unit Bahan Bakar.....	72
4.6.5	Unit Pengadaan Udara Tekan.....	72
4.6.6	Spesifikasi Alat Utilitas	73
4.7	Organisasi Perusahaan.....	85
4.7.1	Bentuk Perusahaan	85
4.7.2	Struktur Organisasi Perusahaan	86
4.7.3	Tugas dan Wewenang	88
4.7.4	Ketenagakerjaan.....	92
4.7.5	Jadwal Kerja Karyawan	93
4.7.6	Perincian Jabatan dan Jenjang pendidikan.....	96
4.7.7	Perincian Jumlah Karyawan.....	98
4.7.8	Kesejahteraan Karyawan.....	100
4.7.9	Sistem Gaji Karyawan.....	101
4.7.10	Fasilitas Karyawan	104
4.8	Evaluasi Ekonomi.....	105
4.8.1	Harga Alat	106
4.8.2	Dasar Perhitungan	108
BAB V PENUTUP.....		120
5.1	Kesimpulan.....	120
5.2	Saran.....	121
Daftar Pustaka		122
Lampiran		124

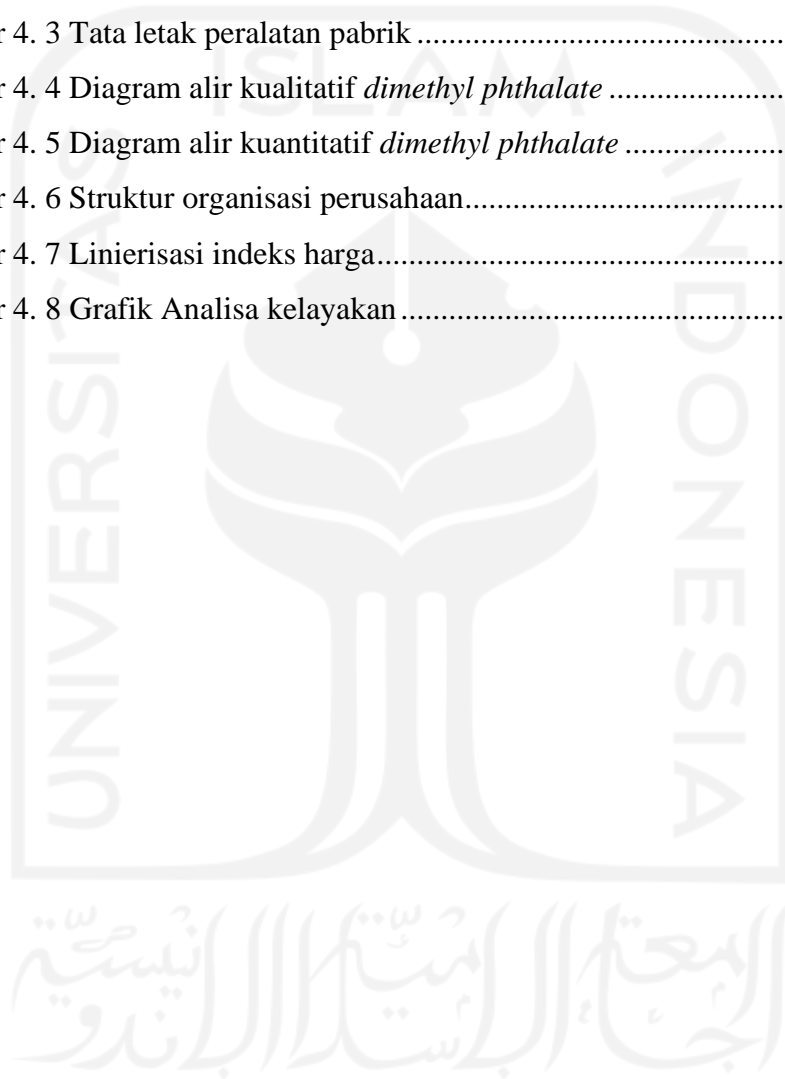
DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data impor <i>dimethyl phthalate</i> di Indonesia.....	2
Tabel 1. 2 Data Produksi Pabrik <i>dimethyl phthalate</i>	3
Tabel 1. 3 Harga bahan baku dan produk	7
Tabel 1. 4 Matriks pemilihan katalis.....	7
Tabel 2. 1 Sifat Fisis Produk dan Bahan Baku	11
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat Mixer (M-01).....	16
Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor (R-01).....	17
Tabel 3. 3 Spesifikasi Reaktor (R-02).....	18
Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat Netralizer (N-01)	19
Tabel 3. 5 Spesifikasi Alat Decanter (D-01).....	20
Tabel 3. 6 Spesifikasi Alat Evaporator (EV-01)	21
Tabel 4. 1 Rincian luas tanah bangunan pabrik	46
Tabel 4. 2 Neraca Massa Mixer (M-01).....	50
Tabel 4. 3 Neraca Massa Reaktor 1 (R-01).....	51
Tabel 4. 4 Neraca Massa Reaktor 2 (R-02).....	51
Tabel 4. 5 Neraca Massa Netralizer (N-01)	52
Tabel 4. 6 Neraca Massa Decanter (D-01).....	52
Tabel 4. 7 Neraca Massa Evaporator (EV-01).....	53
Tabel 4. 8 Neraca Panas di Mixer (M-01).....	54
Tabel 4. 9 Neraca Panas di Reaktor 1 (R-01).....	54
Tabel 4. 10 Neraca Panas di Reaktor 2 (R-02).....	55
Tabel 4. 11 Neraca Panas di Netralizer (N-01).....	56
Tabel 4. 12 Neraca Panas di Dekanter 01 (D-01)	57
Tabel 4. 13 Neraca Panas di Evaporator (EV-01).....	57
Tabel 4. 14 Kebutuhan Air Pembangkit Steam.....	68
Tabel 4. 15 Kebutuhan Air Pendingin	68
Tabel 4. 16 Kebutuhan Air Perkantoran,Keperluan Umum.....	68
Tabel 4. 17 Listrik yang diperlukan untuk menggerakkan alat proses	70
Tabel 4. 18 Kebutuhan tenaga listrik untuk alat utilitas	71
Tabel 4. 19 Jadwal kerja karyawan shift.....	95
Tabel 4. 20 Perincian jabatan dan Jenjang Pendidikan.....	96

Tabel 4. 21 Perincian Jumlah Karyawan.....	98
Tabel 4. 22 Perincian Gaji Karyawan	101
Tabel 4. 23 Indeks harga tiap tahun	106
Tabel 4. 24 <i>Physical Plan Cost</i> (PPC)	109
Tabel 4. 25 <i>Direct Plant Coost</i> (DPC).....	110
Tabel 4. 26 <i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	110
Tabel 4. 27 Working Capital Invesment	110
Tabel 4. 28 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC)	111
Tabel 4. 29 <i>Indirect manufacturing Cost</i>	112
Tabel 4. 30 <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	112
Tabel 4. 31 <i>Total Manufacturing Cost</i>	113
Tabel 4. 32 <i>General Expense</i>	113
Tabel 4. 33 <i>Total Production Cost</i>	113
Tabel 4. 34 <i>Annual Fixed Cost</i> (Fa).....	115
Tabel 4. 35 Annual Regulated Cost (Ra)	116
Tabel 4. 36 <i>Annnual variable Value</i> (Va)	116
Tabel 4. 37 <i>Annual Sales Value</i> (Sa).....	116

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data impor <i>dimethyl phthalate</i> di Indonesia	4
Gambar 1. 2 Rumus <i>dimethyl phthalate</i>	5
Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik <i>Dimethyl Phthalate</i>	43
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik <i>dimethyl phthalate</i>	46
Gambar 4. 3 Tata letak peralatan pabrik	49
Gambar 4. 4 Diagram alir kualitatif <i>dimethyl phthalate</i>	58
Gambar 4. 5 Diagram alir kuantitatif <i>dimethyl phthalate</i>	59
Gambar 4. 6 Struktur organisasi perusahaan.....	87
Gambar 4. 7 Linierisasi indeks harga.....	108
Gambar 4. 8 Grafik Analisa kelayakan.....	119



ABSTRAK

Pabrik *dimethyl phthalate* dirancang dengan kapasitas 20.000 ton/tahun, menggunakan bahan baku *phthalic anhydride* yang diperoleh dari PT. Petrowidada dan *methanol* dari PT Kaltim Methanol Industri. Berdasarkan aspek ketersediaan bahan baku dan utilitas, lokasi pabrik didirikan di Lamongan, Jawa Timur dengan luas tanah 31.800 m². Pabrik beroperasi selama 330 hari efektif setiap tahun dan 24 jam/hari dengan jumlah tenaga kerja yang diserap sebanyak 105 orang. Umpan segar *phthalic anhydride* dan *methanol* dicampur bersama-sama masuk kedalam Reaktor (R-01). Reaktor beroperasi secara isothermal pada suhu 60 °C dan keluar pada suhu 60 °C dan tekanan 1 atm. Reaksi bersifat eksotermis sehingga digunakan air sebagai media pendingin untuk mempertahankan suhu keluar reaktor. Hasil keluaran reaktor dimasukkan Netralizer untuk dinetralkan dari asam sulfat. Hasil keluaran dari Netralizer dimasukkan ke dekanter untuk memisahkan *dimethyl phthalate* dari campurannya. *Dimethyl phthalate* pekat yang berupa fase berat keluaran Dekanter kemudian masuk dalam Evaporator (EV) untuk memisahkan *methanol* dengan produk. Produk *dimethyl phthalate* merupakan hasil bawah evaporator dengan kemurnian 99% ditampung dalam tangki (T-04). Utilitas yang diperlukan berupa air sebanyak 60.200 L/jam yang diambil dari sungai Bengawan Solo. Kebutuhan utilitas yang meliputi air umpan *boiler* sebanyak 137,1845 kg/jam dan air Domestik sebanyak 67,50 Kg/jam. Kebutuhan uap air (*steam*) sebanyak 258,3959 kg/jam. Daya listrik sebesar 198,4069 kW disuplai dari PLN dengan cadangan 1 buah generator berkekuatan 200 kW. Kebutuhan listrik sebanyak 192,5998 kWh. Bahan bakar solar yang dibutuhkan sebanyak 29,1897 kg/jam. Kebutuhan air pendingin adalah sebanyak 479.552,8372 kg/jam. Pabrik ini membutuhkan *Fixed Capital Investment* Rp 361.748.257.780 dan *Working Capital* Rp 283.008.742.328. Analisis ekonomi pabrik *dimethyl phthalate* ini menunjukkan nilai ROI sebelum pajak sebesar 21 % dan ROI sesudah pajak sebesar 16 %. Nilai POT sebelum pajak adalah 3 tahun dan POT sesudah pajak adalah 4 tahun. BEP sebesar 46,75 % kapasitas produksi dan SDP sebesar 18,86 % kapasitas produksi. DCF sebesar 14,37 %. Berdasarkan data analisis ekonomi tersebut, maka *pabrik dimethyl phthalate* ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

kata kunci : *dimethyl phthalate, phthalic anhydride, methanol*

ABSTRACT

The dimethyl phthalate plant is designed with a capacity of 20,000 tons/year, using phthalic anhydride as raw material obtained from PT. Petrowidada and methanol from PT Kaltim Methanol Industri. Based on the availability aspect raw materials and utilities, the plant location was established in Lamongan, East Java with a land area of 31,800 m². The plant operates for 330 days every year and 24 hours/day with a total employee of 105 people. A fresh feed of phthalic anhydride and methanol is fed into the reactor (R-01). The reactor operates isothermally at 60 °C and 1 atm. The reaction is exothermic, so water is used as a cooling medium to maintain the exit temperature reactor. The output of the reactor is put into a neutralizer to be neutralized from sulfuric acid. The output from the neutralizer is fed into the decanter to separate dimethyl phthalate from the mixture. Concentrated dimethyl phthalate from the decanter is then fed into the evaporators (EV) to separate methanol from the product. The dimethyl phthalate product from the second evaporator with 99% purity is then collected in the tank (T-04). The utility needed is 60,200 L/hour of water taken from the river Bengawan Solo. Utility needs include boiler feed water as much as 137.1845 kg/hour and 67.50 kg/hour of domestic water. The steam requirement is as much as 258.3959 kg/hour. Electrical power of 198.4069 kW is supplied from PLN with a backup of 1 generator with a power of 200 kW. The electricity requirement is as much as 192.5998 kWh. The diesel fuel needed is 29.1897 kg/hour. The cooling water requirement is as much as 479,552.8372 kg/hour. This plant requires a Fixed Capital Investment of IDR 224,450,785,149 and a Working Capital of IDR 276,055.471,230. The plant economic analysis shows the ROI before tax of 24% and ROI after tax of 18%. POT value before tax is 3 years and POT after tax is 4 years. BEP of 46.75% of production capacity and SDP of 18.86% production capacity. DCF of 14.37%. Based on economic analysis data, therefore, this dimethyl phthalate plant could be studied further.

keywords : dimethyl phthalate, phthalic anhydride, methanol

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara berkembang Indonesia dituntut untuk selalu memperbaiki sistem perekonomian. Salah satu upaya untuk meningkatkan sistem perekonomian tersebut adalah dengan memajukan sistem industrialisasi. Salah satu alternatif agar tercipta industri yang kompetitif adalah dengan dibukanya pasar bebas yang seluas-luasnya. Industri polimer merupakan salah satu industri kimia yang produknya selalu banyak dibutuhkan dari tahun ke tahun. Industri polimer menghasilkan berbagai jenis produk plastik, karet sintetis, serat sintetis dan sebagainya. Pada proses pembuatan polimer, selain memerlukan resin sebagai bahan baku utama, juga memerlukan *plasticizer* sebagai bahan tambahan, *plasticizer* merupakan bahan yang ditambahkan pada resin agar menjadi lunak dan gampang dibentuk. Dari berbagai jenis *plasticizer* yang digunakan, *dimethyl phthalate* merupakan salah satunya. *Dimethyl phthalate* merupakan salah satu jenis dari *plasticizer* yang banyak digunakan dalam pembuatan *nitrocellulose* dan *cellulose acetate rubber*. *Dimethyl phthalate* yang digunakan di Indonesia sebagai bahan tambahan untuk membuat produk plastik masih diimpor dari luar negeri. Nilai impor *dimethyl phthalate* cenderung mengalami kenaikan dalam beberapa tahun terakhir. *Dimethyl phthalate* selain sebagai *plasticizer* juga dimanfaatkan sebagai *insectrepellent*, yaitu suatu bahan tambahan dalam pembuatan bahan pembasmi serangga.

Dimethyl phthalate juga digunakan sebagai pendorong roket, lacquers, plastic, karet pelapis kaca, dll. Dalam upaya pengembangan industri polimer sekaligus mengurangi ketergantungan bangsa Indonesia terhadap impor bahan *plasticizer* maka pabrik *Dimethyl Phthalate* perlu didirikan di Indonesia. Usaha ini didukung dengan tersedianya sumber bahan baku, seperti *phthalic anhydride*, *methanol*, dan asam sulfat, maupun sumber daya manusia, yang pada gilirannya membuka peluang baru dalam lapangan kerja.

Selain pertimbangan di atas, pendirian pabrik *dimethyl phthalate* di Indonesia didasarkan oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Menciptakan lapangan pekerjaan sehingga dapat mengurangi jumlah angka pengangguran dalam negeri.
2. Memacu industri-industri baru untuk menggunakan *dimethyl phthalate* sebagai bahan bakunya.
3. Meningkatkan pendapatan negara dari sektor industri, serta dapat menghemat devisa negara.
4. Meningkatkan mutu sumber daya manusia Indonesia lewat alih teknologi.

1.2 Kapasitas Perancangan

Perhitungan ekonomis maupun teknis dalam suatu perancangan pabrik dipengaruhi oleh kapasitas produksi pabrik. Dalam menentukan kapasitas rancangan pabrik *dimethyl phthalate* ini perlu mempertimbangkan beberapa hal, diantaranya proyeksi konsumsi *dimethyl phthalate*, kapasitas produksi *dimethyl phthalate* komersial yang sudah ada dan kapasitas minimal atau maksimal yang terpasang.

1.2.1 Kebutuhan Dimethyl Phthalate di Indonesia

Daftar kebutuhan *dimethyl phthalate* yang bersumber dari Badan Pusat Statistik adalah sebagai berikut:

Tabel 1. 1 Data impor *dimethyl phthalate* di Indonesia

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2012	2.642,47
2013	3.280,51
2014	3.859,13
2015	3.677,82
2016	3.558,87
2017	4.325,56
2018	3.518,07
2019	3.300,78
2020	3.252,94

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 1.1 data impor Indonesia terhadap *dimethyl phthalate* mengalami naik turun. Namun pasar kebutuhan *dimethyl phthalate* di Indonesia akan mengalami peningkatan pada tahun tahun berikutnya.

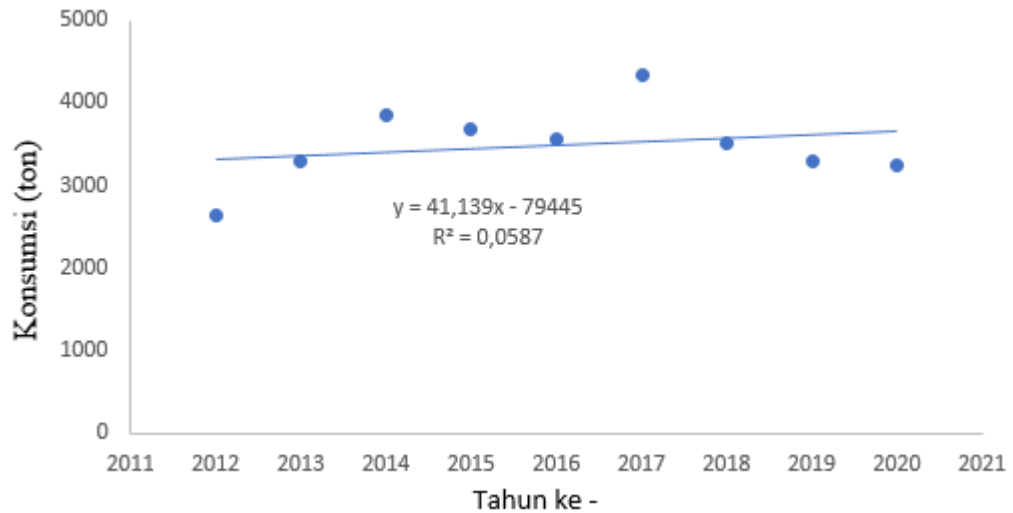
1.2.2 Kapasitas Produksi Dimethyl Phthalate yang Sudah Berdiri

Meningkatnya kebutuhan akan impor di Indonesia saat ini, maka pendirian pabrik *dimethyl phthalate* perlu dilakukan guna untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Analisis Supply-Demand perlu dilakukan dalam penentuan kapasitas pabrik. Data real yang didapatkan hanya ada data impor seperti yang tertera pada Tabel 1.1. Penentuan kapasitas minimal berdasar pada kapasitas pabrik yang telah berproduksi dan layak untuk didirikan. Berikut ini adalah tabel industri *dimethyl phthalate* di berbagai negara dan kapasitas produksinya yang bersumber dari www.conserspa.com.

Tabel 1. 2 Data Produksi Pabrik *dimethyl phthalate*

Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
SISAS-CHEMICAL	Italia	20.000
PANTHOCHIM	Belgia	100.000
EUROFTA	Belgia	70.000

Berdasarkan pada kebutuhan *dimethyl phthalate* di Indonesia Tabel 1.2 dan pabrik yang telah berdiri kebutuhan *dimethyl phthalate* pada tahun 2026 dapat diprediksi dengan membuat tabel regresi linear.



Gambar 1. 1 Data impor *dimethyl phthalate* di Indonesia

Dari grafik di atas diperoleh persamaan garis untuk menghitung kebutuhan *dimethyl phthalate* di Indonesia pada tahun 2026 (Tahun ke-15) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 y &= 41,139x + 3285 \\
 &= 41,139 (15) + 3285 \\
 &= 3902,085 \text{ Ton/Tahun}
 \end{aligned}$$

Dimana:

y = jumlah produksi *dimethyl phthalate* (ton/tahun)

x = periode sejak tahun 2012 (tahun)

Berdasarkan hasil regresi linier di atas didapatkan grafik cenderung menurun sehingga tidak dapat dijadikan dasaran penentuan kapasitas pabrik. Maka penentuan kapasitas pabrik didasarkan terhadap pabrik yang sudah berdiri seperti yang terlihat di Tabel 1.1.

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Persediaan bahan baku utama pembuatan *dimethyl phthalate* yaitu *phthalic anhydride* diperoleh dari pabrik *phthalic anhydride* yang ada di Indonesia yaitu PT. Petrowidada, Gresik, Jawa Timur yang memiliki kapasitas 70.000 ton/tahun. Sedangkan persediaan *methanol* dipasok dari

PT. Kaltim Methanol Industri, Bontang dengan kapasitas total 660.000 ton/tahun. Untuk pemasaran luar negeri dengan kapasitas 480.000 ton/tahun dan untuk pemasaran dalam negeri dengan kapasitas 180.000 ton/tahun. Dan untuk persediaan katalis asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas 700.000 ton/tahun.

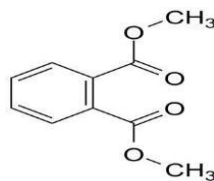
Berdasarkan faktor-faktor di atas, maka akan direncanakan pendirian pabrik *dimethyl phthalate* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun. Dengan perhitungan, untuk memproduksi *dimethyl phthalate* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun diperlukan bahan baku *phthalic anhydride* kurang lebih sebanyak 19.000 ton/tahun, metanol sebanyak 6.800 ton/tahun, dan asam sulfat 385 ton/tahun. Sehingga dengan kapasitas rancangan 20.000 ton/tahun diperkirakan bahan baku dalam negeri memenuhi. Selain itu, pemilihan kapasitas tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan *dimethyl phthalate* dalam negeri dan menjadi komoditas ekspor bagi Indonesia.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 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). Secara umum *dimethyl phthalate* diproduksi dengan proses yang hampir sama dengan proses pembuatan *dibutyl phthalate*, yaitu dengan mereaksikan *phthalic anhydride* dengan 2 molekul *methanol* dengan katalis asam sulfat.

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.

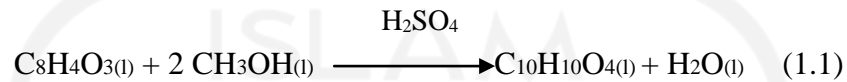


Gambar 1. 2 Rumus *dimethyl phthalate*

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 2% dari kebutuhan *phthalic anhydride*. Reaksi berlangsung pada suhu 60°C, tekanan 1 atmosfer, dan konversi yang dihasilkan 80%.

b. *Dimethyl phthalate* dari *phthalic anhydride* dan *methanol* dengan katalis dengan katalis *sodium bisulphate*

Reaksi:



Proses pembuatan *dimethyl phthalate* dilakukan dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Pembuatan *dimethyl phthalate* dilakukan dengan menggunakan katalis *sodium bisulfat*. Reaksi berlangsung pada suhu 130°C, tekanan 1 atmosfer, dan konversi yang dihasilkan 80%.

1.3.2 Pemilihan Proses

a. Berdasarkan Potensial Ekonomi

$$EP = (\text{Value of product}) - (\text{Raw material cost})$$

Tabel 1. 3 Harga bahan baku dan produk berdasarkan sumber dari www.alibaba.com

Material	BM (kg/kmol)	Harga (\$/kg)	BM x Harga (\$/kgmol)
C ₈ H ₄ O ₃	148	1,4	207,2
CH ₃ OH	32	1,35	43,2
C ₁₀ H ₁₀ O ₄	194	2,8	543,2

*harga H₂O diabaikan

Reaksi:



$$\begin{aligned} EP &= \text{US \$ } [543,2 - (207,2 + (2 \times 43,2))] \\ &= \text{US \$ } 249,6 \end{aligned}$$

b. Berdasarkan Teknik

Proses pembuatan *dimethyl phthalate* hanya dibedakan dari katalis yang digunakan, sehingga pemilihan proses ditinjau dari katalis yang digunakan.

Tabel 1. 4 Matriks pemilihan katalis

Pertimbangan	Asam sulfat	Sodium bisulfat
Harga (\$/kg)	1,4	2,5
Kemudahan	Dalam negeri	Luar negeri
Regenerasi	Mudah	Sulit

Dari Tabel 1.4 untuk memproduksi *dimethyl phthalate* pada kedua katalis ini mempunyai reaksi yang sama sehingga bahan baku yang diperlukan sama. Maka pemilihan proses berdasarkan dengan alasan sebagai berikut:

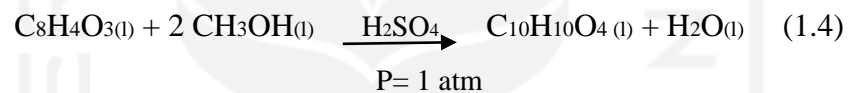
1. Harga katalis asam sulfat lebih murah dari katalis sodium bisulfat

2. Katalias asam sulfat lebih mudah didapatkan karena telah diproduksi di dalam negeri sehingga tidak memerlukan biaya yang besar untuk pengangkutan.
3. Regenerasi yang diperoleh lebih mudah menggunakan asam sulfat.
4. Potensial ekonomi diperoleh lebih tinggi dengan menggunakan katalis asam sulfat.

1.3.3 Tinjauan Termodinamika

Tujuan dari tinjauan termodinamika adalah untuk mengetahui reaksi dapat berjalan secara spontan atau tidak dan reaksi tersebut bersifat endotermis atau eksotermis dilihat dari perhitungan energi Gibbs dan panas reaksi.

Reaksi:



Dikutip dari Yaws (1999) data ΔG dan ΔH_f° pada 298 K dan Kapasitas Panas (C_p).

Tabel 1.5 Data ΔG dan ΔH_f pada 298 K

Komponen	$\Delta H_f^\circ_{298}$ (KJoule/mol)	ΔG°_{298} (KJoule/mol)
$\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_3$	-393,13	-329
CH_3OH	-201,17	-162,51
H_2O	-241,8	-228,6
$\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_4$	-653	-526

Tabel 1.6 Data ΔG dan ΔH_f^0 pada 298 K

Senyawa	C_p (J/mol.K)
$C_8H_4O_3$	$-105,627 + 1,984 T - 3,8847 \cdot 10^{-3} T^2 + 2,8513 \cdot 10^{-6} T^3$
	$-\alpha_1 + \beta_1 T - \gamma_1 T^2 + \theta_1 T^3$
CH_3OH	$40,152 + 3,1046 \cdot 10^{-1} T - 1,0291 \cdot 10^{-3} T^2 + 1,4598 \cdot 10^{-6} T^3$
	$\alpha_2 + \beta_2 T - \gamma_2 T^2 + \theta_2 T^3$
H_2O	$92,053 - 3,9953 \cdot 10^{-2} T - 2,1103 \cdot 10^{-4} T^2 + 5,3469 \cdot 10^{-7} T^3$
	$\alpha_3 - \beta_3 T - \gamma_3 T^2 + \theta_3 T^3$
$C_{10}H_{10}O_4$	$116,404 + 1,1694 T - 2,5655 \cdot 10^{-3} T^2 + 2,4033 \cdot 10^{-6} T^3$
	$\alpha_4 + \beta_4 T - \gamma_4 T^2 + \theta_4 T^3$

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}R(T) &= \sum \Delta H \\ &= \Delta H_1 + \Delta H_R + \Delta H_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta HR(298) &= \Delta H_f^0 \text{ produk} - \Delta H_f^0 \text{ reaktan} \\ &= (\Delta H_f C_{10}H_{10}O_4 + \Delta H_f H_2O) - (\Delta H_f 2 \cdot CH_3OH + \Delta H_f C_8H_4O_3) \\ &= ((-653) + (-241,8)) - (2(-201,17) + (-393,13)) \end{aligned}$$

$$= -99,33 \frac{\text{KJoule}}{\text{mol}} = -99330 \frac{\text{Joule}}{\text{mol}}$$

Dari perhitungan $\Delta H^{\circ}R(298) = -99330 \frac{\text{Joule}}{\text{mol}}$, jadi reaksinya merupakan reaksi eksotermis (menghasilkan panas).

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= \int_T^{298} C_p C_8H_4O_2 dT + 2 \cdot \int_T^{298} C_p CH_3OH dT \\ &= \int_T^{298} (-\alpha_1 + \beta_1 T - \gamma_1 T^2 + \theta_1 T^3) dT + 2 \cdot \int_T^{298} (\alpha_2 + \beta_2 T - \gamma_2 T^2 + \theta_2 T^3) dT \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_2 &= \int_{298}^T C_p \text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_4 dT + \int_{298}^T C_p \text{H}_2\text{O} dT \\ &= \int_{298}^T (\alpha_4 + \beta_4 T - \gamma_4 T^2 + \theta_4 T^3) dT + \int_{298}^T (\alpha_3 - \beta_3 T - \gamma_3 T^2 + \theta_3 T^3) dT\end{aligned}$$

$$\Delta H^\circ R(T) = \Delta H_1 + \Delta H^\circ R_{298} + \Delta H_2$$

$$\begin{aligned}&= \int_{298}^T (-\alpha_1 + \beta_1 T - \gamma_1 T^2 + \theta_1 T^3) dT + 2 \cdot \int_{298}^T (\alpha_2 + \beta_2 T - \gamma_2 T^2 + \theta_2 T^3) dT + (-99330) \\ &+ \int_{298}^T (\alpha_4 + \beta_4 T - \gamma_4 T^2 + \theta_4 T^3) dT + \int_{298}^T (\alpha_3 - \beta_3 T - \gamma_3 T^2 + \theta_3 T^3) dT \quad \frac{\text{Joule}}{\text{mol}}\end{aligned}$$

Mencari energy bebas Gibbs ΔG°_{298} :

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

$$\Delta G^\circ_{298} = (\Delta G \text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_4) + \Delta G \text{H}_2\text{O} - (\Delta G \text{C}_8\text{H}_4\text{O}_2 + 2 \times \Delta G \text{CH}_3\text{OH})$$

$$\Delta G^\circ_{298} = [((-526) + (-228,6)) - ((-329) + 2 \times (-162,51))] \quad \frac{\text{Kjoule}}{\text{mol}}$$

$$\Delta G^\circ_{298} = -100,58 \quad \frac{\text{Kjoule}}{\text{mol}} = -100580 \quad \frac{\text{Joule}}{\text{mol}}$$

Dari perhitungan ΔG pada suhu standar dapat diketahui bahwa reaksi pembentukan *dimethyl phthalate* merupakan reaksi spontan.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk dan Bahan Baku

Tabel 2. 1 Sifat Fisis Produk dan Bahan Baku (Yaws.C,1999)

Parameter	Bahan Baku		Produk
	<i>Phthalic Anhydride</i>	<i>Methanol</i>	<i>Dimethyl Phthalate</i>
Rumus molekul	$C_8H_4O_3$	CH_3OH	$C_{10}H_{10}O_4$
Berat molekul	148,11	32,04	194,18
Titik didih (°C)	148,11	64,7	280
Titik lebur (°C)	130,8	-97,8	2
Densitas (g/cm^3)	1,527	0,787	1,189
Wujud	Padat	Cair	Cair
Penampilan	Kristal putih	Cairan tidak berwarna	Menyerupai minyak
Kelarutan	larut dalam alkohol	larut dalam air dan asam sulfat	Larut dalam alkohol
Kemurnian	99,5%	98%	99 %
Impuritis	0,5% <i>maleic anhydride</i>	2% air	0,9% air & 0,1% <i>methanol</i>

2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality control*) merupakan pengawasan mutu usaha untuk mempertahankan mutu atau kualitas dari suatu barang yang dihasilkan, supaya sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijaksanaan pimpinan perusahaan (Assauri, 1998), sedangkan kualitas merupakan perbaikan yang dilakukan secara terus-menerus (Dening, 1992). Dapat diambil kesimpulan bahwa pengendalian kualitas merupakan suatu perlakuan untuk mempertahankan serta meningkatkan kualitas produk

agar layak dipasarkan kepada konsumen. Pengendalian kualitas pada pabrik *dimethyl phthalate* ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian proses, dan pengendalian kualitas produk.

2.3 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku diartikan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan dalam proses yang akan berpengaruh terhadap kualitas produk. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta tepat waktu sesuai jadwal. Oleh sebab itu dibutuhkan pengujian terhadap kualitas bahan baku seperti *phthalic anhydride*, *methanol*, dan juga bahan pendukung lainnya seperti asam sulfat agar sesuai dengan proses yang diharapkan.

2.4 Pengendalian Kualitas Produksi

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan. Pada setiap tahapan proses yang di mulai dari bahan baku sampai menjadi produk dilakukan pengendalian. Pengendalian proses produksi meliputi aliran dan alat sistem kontrol seperti sensor, aktuator, kontroller dan indikator. Dalam hal ini, dibutuhkan pengawasan terhadap jalannya proses produksi agar kualitas produk tetap terjaga. Beberapa alat kontrol yang dijalankan yaitu, kendali terhadap kondisi operasi baik tekanan maupun suhu.

Alat kontrol yang harus diatur pada kondisi tertentu antara lain:

1. *Temperature Controller* (TC), adalah instrumentasi yang digunakan untuk mengamati temperatur suatu alat dan bila terjadi perubahan maka akan timbul tanda/isyarat berupa suara dan nyala lampu serta dapat melakukan pengendalian.
2. *Level Controller* (LC), adalah instrumentasi yang digunakan untuk mengamati ketinggian cairan dalam suatu alat dan bila terjadi perubahan dapat melakukan pengendalian.

3. *Level Indicator Controller* (LI), adalah instrumentasi yang digunakan untuk mengamati ketinggian cairan dalam suatu alat.
4. *Pressure Controller* (PC), adalah instrumentasi yang digunakan untuk mengamati tekanan operasi suatu alat dan bila terjadi perubahan dapat melakukan pengendalian.
5. *Flow Controller* (FC), adalah instrumentasi yang digunakan untuk mengamati laju alir larutan atau cairan yang melalui suatu alat dan bila terjadi perubahan dapat melakukan pengendalian.

2.5 Pengendalian Kualitas Produk

Kualitas produk harus terjaga kualitasnya dengan cara pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara *system control* agar layak dipasarkan kepada konsumen. Adanya penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku buruk, operasi dan kerusakan alat. Dari hasil monitor, analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan dapat diketahui apabila terjadi penyimpangan. Untuk mengetahui apakah produk sudah sesuai dengan standar, maka dilakukan pengujian terhadap produk seperti pengujian densitas, viskositas, komposisi komponen produk dan kemurnian produk.

2.6 Pengendalian Waktu Produksi

Pengendalian waktu dibutuhkan agar waktu yang digunakan selama proses produksi berlangsung dapat diminimalkan.

2.7 Pengendalian Kuantitas

Pada pengendalian kuantitas perlu adanya pengecekan mesin, perbaikan alat terlalu lama dan lain-lain, ketersediaan bahan baku serta ketelitian operator. Apabila terjadi kesalahan, perlu di identifikasikan penyebabnya dan diadakan evaluasi dengan perencanaan kembali sesuai dengan kondisi yang ada.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Secara umum proses pembuatan *dimethyl phthalate* dari *phthalic anhydride* dan *methanol* secara garis besar terdiri dari tiga tahap yaitu :

1. Persiapan bahan baku
2. Reaksi
3. Pemurnian produk

3.1.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku *phthalic anhydride* padat dengan kemurnian 99,5% diperoleh dari PT. Petrowidada, Gresik disimpan pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm dalam *silo* (S-01) menggunakan *bucket elevator* (BE-01). Kemudian dengan *Belt conveyor* (BC-01) yang dilanjutkan dengan penggunaan *bucket elevator* (BE-02) kemudian dimasukkan ke dalam *hopper* (H-01) kemudian di umpankan ke Mixer (M-01).

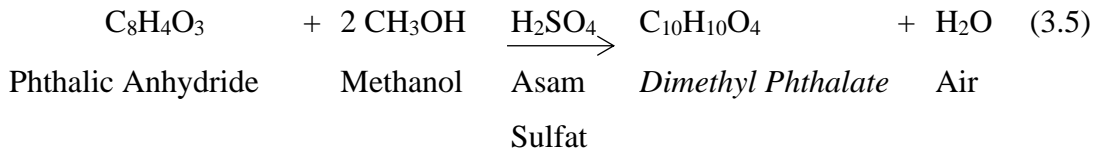
Bahan baku *methanol* dengan kemurnian 98% diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Industri disimpan dalam tangki penyimpanan (T-01) pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm dipompa (P-04) menuju Mixer (M-01) untuk dicampur dengan bahan baku *phthalic anhydride* serta *methanol* dari *evaporator* (EV-01), sebelum larutan dimasukkan kedalam reaktor (R-01).

Bahan baku asam sulfat (H_2SO_4) cair dari tangki penyimpanan asam sulfat (T-02) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dipompakan ke dalam reaktor (R-01) dengan menggunakan pompa asam sulfat (P-06).Asam sulfat berfungsi sebagai katalis.

3.1.2 Tahapan Reaksi

Reaksi berjalan pada suhu 60 °C dan tekanan 1 atm dengan katalis asam sulfat dengan kemurnian 98% dari PT. Petrokimia, Gresik dan berlangsung secara *eksotermis*. Untuk mempertahankan suhu operasi di dalam reaktor maka digunakan jaket pendingin dengan air sebagai media pendingin dengan suhu 30 °C. Konversi yang terjadi dalam reaktor adalah sebesar 80%, pada konversi tersebut digunakan dua buah reaktor disusun

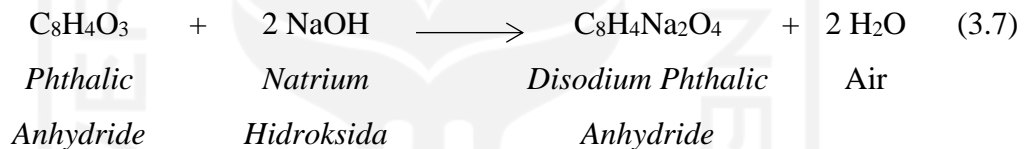
secara seri. Reaksi pembentukan *dimethyl phthalate* yang terjadi dalam reaktor adalah sebagai berikut,



3.1.3 Tahapan Pemurnian

Produk *dimethyl phthalate* keluar reaktor (R-02) diumpankan ke dalam tangki *netralizer* (N-01) untuk menetralkan katalis asam sulfat dengan bahan penetral natrium hidroksida 40% dari PT. Sidowaru, Gresik yang disimpan dalam tangki (T-03) pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm.

Berikut reaksi yang terjadi di dalam *Netralizer*:



Setelah dinetralkan selanjutnya dialirkan menggunakan pompa (P-11) menuju ke *Dekanter* (DC-01) untuk dipisahkan berdasarkan densitas dan kelarutannya. Kondisi operasi pada *dekanter* yaitu 60°C dan tekanan 1 atm. Pada *dekanter* akan terbentuk 2 lapisan yaitu fase berat dan fase ringan. Lapisan bawah merupakan fase berat yang selanjutnya menuju ke UPL untuk diolah lebih lanjut di UPL (Unit Pengolahan Lanjut). Lapisan atas adalah lapisan fase ringan yang selanjutnya dialirkan menggunakan pompa (P-12) menuju ke *evaporator* (EV-01) untuk menguapkan air serta metanol. Hasil atas *evaporator* (EV-01) diembunkan dalam kondensor (CD-01) dengan pendingin air, hasil atas di *recycle* masuk ke Mixer (M-01) Hasil

bawah dari *evaporator* (EV-01) dialirkan ke *evaporator* (EV-02) untuk diuapkan kembali untuk menaikan puritas produk *dimethyl phthalate* yang kemudian dimasukkan ke *cooler* (CL-01) sampai suhunya 35°C kemudian ditampung sebagai *dimethyl phthalate* pada tangki penyimpanan (T-04) pada suhu 35°C dan tekanan 1 atm.

3.2 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat pada pabrik *dimethyl phthalate* ini dirancang berdasarkan pertimbangan efisiensi dan optimasi proses. Berikut adalah spesifikasi masing-masing alat yang digunakan pada pabrik *dimethyl phthalate*.

3.2.1 Alat Proses

1. Mixer (M-01)

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat Mixer (M-01)

Kode	: (M-01)
Fungsi	: Mencampur <i>phthalic anhydride</i> dengan <i>methanol</i>
Jenis	: Tangki berpengaduk berbentuk silinder tegak dengan <i>head</i> dan <i>bottom</i> berbentuk <i>torispherical</i> .
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 33,4
Volume (m ³)	: 1,991895
Diameter (m)	: 1,219199
Tinggi (m)	: 2,30944
Tinggi head (m)	: 0,261357
Tinggi Buttom (m)	: 0,261357
Tebal shell (in)	: 0,1875
Power (Hp)	: 6,339
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel (SA-167)</i>
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 406.044

2. Reaktor Alir Tangki Berpengaduk/RATB (R-01)

Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor (R-01)

Kode	: (R-01)
Fungsi	: Mereaksikan <i>phthalic anhydride</i> dengan <i>methanol</i> menjadi <i>dimethyl phthalate</i>
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 60
Volume (m ³)	: 6,2886
Diameter (m)	: 1,8288
Tinggi (m)	: 3,4592
Tinggi head (m)	: 0,3675
Tinggi Bottom (m)	: 0,3675
Tebal shell (in)	: 0,25
Power (Hp)	: 15
Tebal isolasi (in)	: 0,4375
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel (SA-167)</i>
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 244.723

3. Reaktor Alir Tangki Berpengaduk/RATB (R-02)

Tabel 3. 3 Spesifikasi Reaktor (R-02)

Kode	: (R-02)
Fungsi	: Mereaksikan <i>phthalic anhydride</i> dengan <i>methanol</i> menjadi <i>dimethyl phthalate</i>
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 60
Volume (m ³)	: 6,2886
Diameter (m)	: 1,8288
Tinggi (m)	: 3,4592
Tinggi head (m)	: 0,3675
Tinggi Bottom (m)	: 0,3675
Tebal shell (in)	: 0,25
Power (Hp)	: 15
Tebal isolasi (in)	: 0,4375
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel (SA-167)</i>
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 244.723

4. Netralizer (N-01)

Tabel 3. 4 Spesifikasi Alat Netralizer (N-01)

Kode	: (N-01)
Fungsi	: Sebagai tempat berlangsungnya netralisasi antara H_2SO_4 , $C_8H_4Na_2O_4$, $C_4H_2Na_2O_4$ dengan NaOH.
Jenis	: Tangki berpengaduk berbentuk silinder tegak dengan <i>head</i> dan <i>bottom</i> berbentuk <i>torispherical</i> .
Tekanan (atm)	: 1
Suhu ($^{\circ}C$)	: 60
Volume (m^3)	: 1,5597
Diameter (m)	: 1,2097
Tinggi (m)	: 2,1601
Tinggi head (m)	: 0,2566
Tinggi Bottom (m)	: 0,2566
Tebal shell (in)	: 0,1875
Power (Hp)	: 43,2
Tebal isolasi (in)	: 0,1875
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel (SA-167)</i>
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 93.799

5. Decanter (D-01)

Tabel 3. 5 Spesifikasi Alat Decanter (D-01)

Kode	: (D-01)
Fungsi	: Sebagai tempat pemisahan komponen fraksi ringan dan komponen fraksi berat.
Jenis	: <i>Continuous gravity decanter</i>
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 60
Volume (m ³)	: 0,7826
Dimensi	
Tinggi (m)	: 0,80327
Panjang (m)	: 1,9832
Tebal shell (m)	: 0,0048
Tinggi head (m)	: 0,1989
Tebal head (m)	: 0,0048
Diameter pipa	
Pipa umpan (in)	: 1,9
Pipa fase ringan (in)	: 1,66
Pipa fase berat (in)	: 1,315
Tinggi pipa	
Pipa umpan (m)	: 0,4016
Pipa fase ringan (m)	: 0,7229
Pipa fase berat (m)	: 0,6720
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel (SA-167)</i>
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 181.657

6. Evaporator (EV-01)

Tabel 3. 6 Spesifikasi Alat Evaporator (EV-01)

Kode	: (EV-01)
Fungsi	: Menguapkan <i>methanol</i> serta air untuk dikembalikan ke tangki pencampur (M-01)
Jenis	: <i>double effect</i>
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 162
Dimensi	
Diameter (m)	: 0,5588
Tinggi (m)	: 4,839
Dimensi shell	
ID (in)	: 15,25
Pass	: 2
Jumlah	: 11,8 buah
Dimensi tube	
Jumlah	: 160 buah
Panjang (in)	: 180
ID (in)	: 0,584
Pass	: 2
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel (SA-167)</i>
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 230.613

7. Evaporator (EV-02)

Tabel 3. 7 Spesifikasi Alat Evaporator (EV-02)

Kode	: (EV-02)
Fungsi	: Menguapkan <i>methanol</i> serta air untuk dikembalikan ke tangki pencampur (M-01)
Jenis	: <i>double effect</i>
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 176
Dimensi	
Diameter (m)	: 0,5588
Tinggi (m)	: 4,839
Dimensi shell	
ID (in)	: 17,25
Pass	: 1
Jumlah	: 10,435 buah
Dimensi tube	
Jumlah	: 239 buah
Panjang (in)	: 180
ID (in)	: 0,584
Pass	: 1
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel (SA-167)</i>
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 230.613

3.2.2 Alat Kecil

1. Tangki Penyimpanan Methanol (T-01)

Tabel 3. 8 Spesifikasi Tangki Methanol (T-01)

Kode	: (T-01)
Fungsi	: Menyimpan bahan baku <i>methanol</i> pada tekanan dan suhu lingkungan
Jenis	: Silinder tegak (<i>vertical cylinder</i>) dengan <i>head</i> dan <i>bottom</i> berbentuk <i>torispherical</i> .
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Volume (m ³)	: 191,4217
Diameter (m)	: 6,2973
Tinggi (m)	: 9,0569
Tebal shell	
Course 1 (in)	: 0,25
Course 2 (in)	: 0,1875
Panjang plate	
Course 1 (ft)	: 9,4135
Course 2 (ft)	: 9,4119
Jumlah plate	
Course 1	: 10
Course 2	: 10
Tebal head (in)	: 0,5
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 85.802

2. Tangki Penyimpanan Asam Sulfat (T-02)

Tabel 3. 9 Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (T-02)

Kode	: (T-02)
Fungsi	: Menyimpan bahan baku asam sulfat pada tekanan dan suhu lingkungan
Jenis	: Silinder tegak (<i>vertical cylinder</i>) dengan <i>head</i> dan <i>bottom</i> berbentuk <i>torispherical</i> .
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Volume (m ³)	: 4,0089
Diameter (m)	: 1,830
Tinggi (m)	: 2,5418
Tebal shell (in)	: 0,1875
Tebal head (in)	: 0,25
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA-240</i>
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 63.866

3. Tangki Penyimpanan Natrium Hidroksida (T-03)

Tabel 3. 10 Spesifikasi Tangki Natrium Hidroksida (T-03)

Kode	: (T-03)
Fungsi	: Menyimpan bahan baku natrium hidroksida pada tekanan dan suhu lingkungan
Jenis	: Silinder tegak (<i>vertical cylinder</i>) dengan <i>head</i> dan <i>bottom</i> berbentuk <i>torispherical</i> .
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Volume (m ³)	: 108,4545
Diameter (m)	: 5,1696
Tinggi (m)	: 7,1607
Tebal shell (in)	: 0,1875
Tebal head (in)	: 0,3750
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 70.378

4. Tangki Penyimpanan *Dimethyl Phthalate* (T-04)

Tabel 3. 11 Spesifikasi Tangki *Dimethyl Phthalate* (T-04)

Kode	: (T-04)
Fungsi	: Menyimpan produk <i>dimethyl phthalate</i> pada kondisi lingkungan
Jenis	: silinder tegak dengan dasar datar (<i>flat bottom</i>) dan atasnya berbentuk kerucut (<i>conical</i>).
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Volume (m ³)	: 379,7406
Diameter (m)	: 10,688
Tinggi (m)	: 8,5661
Tebal shell	
Course 1 (in)	: 0,3125
Course 2 (in)	: 0,25
Course 3 (in)	: 0,1875
Panjang plate	
Course 1 (ft)	: 10,9852
Course 2 (ft)	: 10,9835
Course 3 (ft)	: 10,9819
Jumlah plate	
Course 1	: 10
Course 2	: 10
Course 3	: 10
Tebal head (in)	: 0,5
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 167.490

5. Silo (SL-01)

Tabel 3. 12 Spesifikasi Silo (SL-01)

Kode	: (SL-01)
Fungsi	: Menyimpan bahan baku <i>phthalic anhydride</i>
Jenis	: Silinder tegak (<i>vertical cylinder</i>) dengan dasar <i>conical bottom</i> .
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Volume (m ³)	: 825,7083
Diameter (m)	: 7,9706
Tinggi (m)	: 29
Tebal shell (in)	: 0,3750
Tebal bottom (in)	: 0,5
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167</i>
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 190.226

6. Hopper (H-01)

Tabel 3. 13 Spesifikasi Hopper (H-01)

Kode	: (H-01)
Fungsi	: Menampung bahan baku <i>phthalic anhydride</i> padat untuk masuk ke tangki pencampur (M-01)
Jenis	: <i>Conical</i>
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 30
Volume (m ³)	: 0,018496
Diameter (m)	: 0,2572
Tinggi (m)	: 0,5530
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 114

7. Bucket Elevator 1 (BE-01)

Tabel 3. 14 Spesifikasi Bucket Elevator 1 (BE-01)

Kode	: (BE-01)
Fungsi	: Membawa <i>phthalic anhydride</i> dari mobil tangki menuju <i>silo</i> (S-01).
Jenis	: <i>centrifugal discharge</i>
Kapasitas (ton)	: 14
Panjang (in)	: 6
Lebar (in)	: 4
Kedalaman (in)	: 4,25
Jarak bucket (in)	: 12
Tinggi (m)	: 28,8222
Kecepatan (ft/menit)	: 225
Power (Hp)	: 1
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 26.227

8. Bucket Elevator 2 (BE-02)

Tabel 3. 15 Spesifikasi Bucket Elevator 2 (BE-02)

Kode	: (BE-02)
Fungsi	: Membawa <i>phthalic anhydride</i> dari <i>belt conveyor</i> menuju ke <i>hopper</i>
Jenis	: <i>centrifugal discharge</i>
Kapasitas (ton)	: 14
Panjang (in)	: 6
Lebar (in)	: 4
Kedalaman (in)	: 4,25
Jarak bucket (in)	: 12
Tinggi (ft)	: 11
Kecepatan (ft/menit)	: 225
Power (Hp)	: 1
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 9.026

9. Belt Conveyor (BC-01)

Tabel 3. 16 Spesifikasi Belt Conveyor (BC-01)

Kode	: (BC-01)
Fungsi	: Membawa <i>phthalic anhydride</i> dari tangki penyimpanan menuju <i>bucket elevator</i> BE-02
Jenis	: <i>Belt conveyor</i> dengan <i>feed hopper</i> dan <i>discharge chute</i> .
Panjang belt (ft)	: 60
Lebar belt (in)	: 14
Sudut elevasi	: 20°
Tebal ply belt (in)	: 3
Kecepatan (fpm)	: 200
Power (Hp)	: 1,5
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 40,102

10. Heat Exchanger (HE-01)

Tabel 3. 17 Spesifikasi Heat Exchanger (HE-01)

Kode	: (HE-01)
Fungsi	: Menaikkan suhu campuran <i>phthalic anhydride</i> dan <i>methanol</i> yang akan diumpankan ke reaktor 1 dari 33.72 °C menjadi 60°C.
Jenis	: <i>Double pipe</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel 316</i>
Jumlah hairpin	: 2 buah
Annulus	
IPS (in)	: 6
OD (in)	: 6,625
ID (in)	: 6,025
Inner pipe	
IPS (in)	: 1,5
OD (in)	: 1,9
ID (in)	: 1,61
Surface area (ft ²)	: 39,84
Panjang (ft)	: 40
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 28.488

11. Cooler (CL-01)

Tabel 3. 18 Spesifikasi Cooler (CL-01)

Kode	: (CL-01)
Fungsi	: Menurunkan suhu keluar dari evaporator untuk dimasukkan ke tangki penyimpanan produk dari 165°C menjadi 35°C
Jenis	: <i>Double pipe</i>
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel 316</i>
Jumlah hairpin	: 5 buah
Annulus	
IPS (in)	: 4
OD (in)	: 4,5
ID (in)	: 4,026
Inner pipe	
IPS (in)	: 3
OD (in)	: 3,5
ID (in)	: 3,068
Surface area (ft ²)	: 275,1
Panjang (ft)	: 60
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 41.587

12. Condensor (CD-01)

Tabel 3. 19 Spesifikasi Condensor (CD-01)

Kode	: (CD-01)
Fungsi	: Mengubah uap hasil <i>evaporator</i> menjadi cairan.
Jenis	: <i>shell and tube</i>
Shell	
ID (in)	: 12
Pass	: 1
Tube	
ID (in)	: 0,67
OD (in)	: 1
Pass	: 1
Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167</i>
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 1.485

13. Accumulator (ACC-01)

Tabel 3. 20 Spesifikasi Accumulator (ACC-01)

Kode	: (ACC-01)
Fungsi	: Menampung sementara embunan yang keluar dari kondensor.
Jenis	: <i>silinder</i> horisontal dengan <i>head</i> berbentuk ellips
Tekanan (atm)	: 1
Suhu (°C)	: 50
Volume (m ³)	: 0,0870
Diameter (m)	: 0,4
Panjang (m)	: 1,2161
Tebal shell (in)	: 0,1875
Tebal head (in)	: 0,1875
Bahan konstruksi	: <i>Stainless Steel SA 167</i>
Jumlah	: 1
Harga (USD)	: 6.055

14. Pompa (P-01 – P-12)

Tabel 3. 21 Spesifikasi Pompa (P-01 – P-12)

Spesifikasi alat	Pompa (P-01)	Pompa (P-02)	Pompa (P-03)	Pompa (P-04)
fungsi	Mengalirkan larutan methanol (CH ₃ OH) 98% dari mobil tangki ke tangki penyimpanan 01 [T-01].	Mengalirkan larutan asam sulfat dari mobil tangki ke tangki penyimpanan 02 [T-02].	Mengalirkan larutan natrium hidroksida dari mobil tangki ke tangki penyimpanan 03 [T-03].	Memompa larutan <i>methanol</i> dari tangki penyimpanan T-01 ke tangki pencampur (M-01)
jenis	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Kapasitas (gpm)	281,7813	70,4453	281,7813	4,7378
ID (in)	5,501	3,204	5,875	1,16
OD (in)	6,625	3,5	6,625	1,66
NPS (in)	6	3	6	1,15
head (m)	6,6010	8,5060	13,2787	14,5641
Power (Hp)	3	3	10	0,5
Speed (rpm)	14.453,9809	5.975,4478	8.557,1435	1.035,4403
Jumlah	2	2	2	2

Spesifikasi alat	Pompa (P-05)	Pompa (P-06)	Pompa (P-07)	Pompa (P-08)
fungsi	Memompa larutan dari tangki pencampur ke reaktor R-01	Memompa larutan asam sulfat dari tangki penyimpanan T-02 ke reaktor R-01	Memompa larutan dari tangki Reaktor R-01 ke Reaktor R-02	Memompa larutan dari tangki reaktor R-02 ke <i>Netralizer</i>
jenis	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Kapasitas (gpm)	14,9059	0,1184	16,0819	15,9617
ID (in)	1,939	0,269	2,067	2,067
OD (in)	2,375	0,405	2,38	2,38
NPS (in)	2	0,125	2	2
Head (m)	21,1093	5,5580	2,0682	1,8470
Power (Hp)	3	0,5	0,5	0,5
Speed (rpm)	1.390,1533	337,0545	8.245,4061	8.941,8341
Jumlah	2	2	2	2

Spesifikasi alat	Pompa (P-09)	Pompa (P-10)	Pompa (P-11)	Pompa (P-12)
fungsi	Memompa larutan natrium hidroksida dari tangka penyimpanan T-03 ke <i>Netralizer</i>	Memompa larutan dari <i>Netralizer</i> ke Dekanter	Memompa larutan hasil atas Dekanter menuju <i>Evaporator</i>	Memompa larutan hasil dari kondensor menuju tangki pencampur
jenis	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Kapasitas (gpm)	2,4793	17,9346	12,2411	4,8702
ID (in)	0,824	2,067	2,067	1,049
OD (in)	1,05	2,38	2,38	1,32
NPS (in)	0,75	2	2	1
Head (m)	11,3076	1,0529	6,5711	1,9410
Power (Hp)	1	0,5	0,75	0,5
Speed (rpm)	905,4801	14.447,7971	3.022,8878	4.758,7559
jumlah	2	2	2	2

3.4 Perencanaan Produksi

3.4.1 Kapasitas Perancangan

Kapasitas perancangan pabrik ditentukan dengan membandingkan kebutuhan dalam negeri dan pabrik yang telah ada. meningkatnya kebutuhan *dimethyl phthalate* di Indonesia yang didapat dari data Badan Pusat Statistik. Dengan berkembangnya industri kimia saat ini khususnya *dimethyl phthalate* yang merupakan bahan kimia yang dapat digunakan sebagai *plasticizer*, bahan tambahan pembuatan plastik, tambahan dalam bahan pembasmi serangga, dengan didirikannya pabrik *dimethyl phthalate* diharapkan dapat membawa dampak positif bisa mengurangi impor *dimethyl phthalate* sehingga bisa menghemat devisa negara.

3.4.2 Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses

Secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan dalam penyusunan rencana produksi, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal merupakan faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal merupakan kemampuan pabrik.

a. Kemampuan pasar

Kemampuan pasar dapat dibagi menjadi dua kemungkinan :

1. Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
2. Kemampuan Pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik, maka dari itu perlu 3 alternatif yang dapat :
 - Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung-ruginya.

- Rencana produksi tetap mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan pada tahun berikutnya.
- Mencari daerah pemasaran lainnya.

b. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

- Material (bahan baku)
Target produksi yang diinginkan akan tercapai dengan penggunaan material yang memenuhi kualitas dan kuantitas.
- Manusia (tenaga kerja)
Tenaga kerja kurang terampil akan menimbulkan kerugian pabrik, maka dari itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat.
- Mesin (peralatan)
Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu. Kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses produksi.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

Tata letak peralatan dan fasilitas merupakan salah satu bagian terpenting untuk memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik dalam suatu perancangan pabrik yang meliputi fasilitas bangunan, jenis dan jumlah peralatan, desain sarana pemipaan dan kelistrikan. Hal ini akan memberikan informasi yang dapat diandalkan terhadap biaya bangunan dan tanah sehingga dapat diperoleh perhitungan biaya lebih terperinci sebelum mendirikan suatu pabrik.

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan dan penentuan lokasi pabrik merupakan unsur yang kuat dalam menunjang berhasil atau tidaknya suatu industri. Ketepatan pemilihan lokasi suatu pabrik harus direncanakan dengan baik. Faktor utama adalah tidak hanya dibangun dengan *production cost* dan *operating cost* yang minimum, tetapi tersedianya ruang untuk perluasan pabrik juga menjadi hal yang dipertimbangkan. Secara geografis, penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan serta kelangsungan dari suatu industri saat ini dan pada masa yang akan datang karena berpengaruh terhadap faktor produksi dan distribusi dari pabrik yang didirikan. Maka dari itu pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pendirian pabrik. Lokasi pabrik harus menjamin biaya transportasi dan produksi yang seminimal mungkin, pemilihan lokasi pabrik dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu faktor primer dan faktor sekunder. Dari pertimbangan-pertimbangan tersebut maka pabrik *dimethyl phthalate* di dirikan di daerah Lamongan, Jawa Timur. Pemilihan lokasi di Lamongan didasarkan atas pertimbangan yang secara praktis menguntungkan dari segi ekonomis dan segi teknisnya. Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam pendirian pabrik ini antara lain :

1. Pengadaan Bahan Baku (*Raw Material Oriented*)

Bahan baku *phthalic anhydride* diperoleh dari PT. Petrowidada dan asam sulfat dari PT. Petrokimia berada di kawasan industri Gresik yang letaknya cukup dekat. Sedangkan *methanol* diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Industri, Bontang. Selain itu juga dekat dengan pelabuhan yang berada di daerah Tuban dan Gresik sehingga akses pemasaran mudah.

2. Tenaga Kerja

Tenaga kerja di Indonesia cukup banyak, sehingga penyediaan tenaga kerja tidak begitu sulit diperoleh. Sebagai industri kimia, tenaga kerja produktif diambil dari perguruan tinggi Strata 1 maupun Diploma 3 yang berpengalaman di bidangnya. Mengingat Jawa Timur termasuk provinsi yang berpenduduk tinggi, maka kebutuhan tenaga kerja dapat dipenuhi dengan mudah.

3. Pemasaran

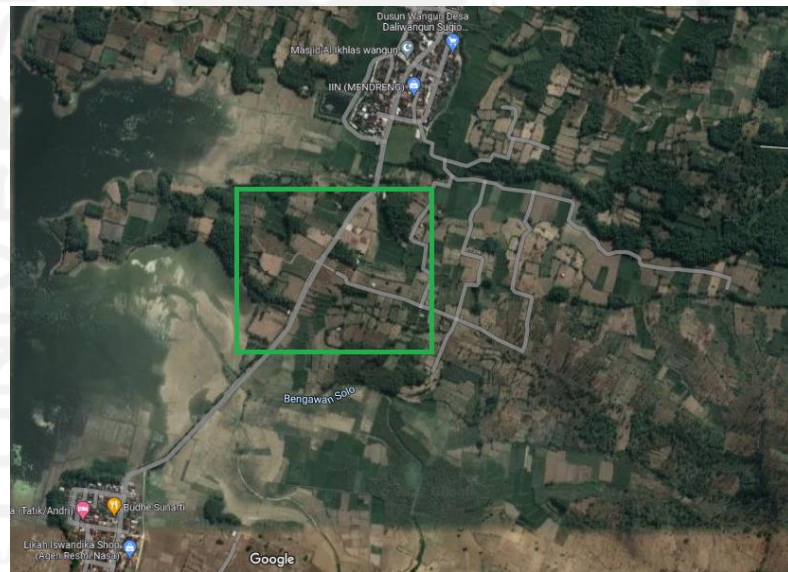
Modal utama untuk menentukan keberhasilan suatu industri tidak terlepas dari upaya pemasaran. *Dimethyl phthalate* merupakan bahan yang tidak dapat dikonsumsi langsung oleh masyarakat melainkan merupakan bahan antara untuk industri kimia. Oleh karena itu diusahakan lokasi pabrik dekat dengan industri yang membutuhkan *dimethyl phthalate* tersebut. Lamongan merupakan kota industri yang ada di propinsi Jawa Timur, keberadaannya yang tidak jauh dari pelabuhan menguntungkan untuk transportasi penyaluran bahan dari Jepang atau sebagai jalur ekspor keluar negeri.

4. Letak Pabrik

Direncanakan pendirian pabrik *dimethyl phthalate* tidak terlalu dekat dengan pemukiman warga atau penduduk dan memilih dibangun dalam satu kawasan industri serta dekat dengan pelabuhan. Fasilitas yang diperlukan diantaranya seperti air, transportasi, bahan bakar, dan aliran listrik yang tersedia dengan baik.

1. Kondisi Geografis dan Sosial

Dilihat dari iklim, cuaca serta tanah daerah Lamongan dan sekitarnya cukup aman, karena bukan daerah bahaya seperti bahaya gempa bumi, gunung berapi maupun banjir. Kebijakan dari pemerintah setempat juga menjadi faktor yang penting dalam pemilihan lokasi pabrik. Kondisi sosial juga mempengaruhi pemilihan lokasi pabrik karena kondisi sosial masyarakat diharapkan dapat memberi dukungan terhadap operasional pabrik sehingga lokasi pabrik yang dipilih adalah lokasi yang masyarakatnya dapat menerima keberadaan pabrik tersebut. Faktor-faktor di atas adalah pertimbangan pemilihan kawasan industri di daerah Lamongan sebagai lokasi pendirian pabrik *dimethyl phthalate*.



Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik *Dimethyl Phthalate*

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah tempat atau kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan dan menyimpan bahan baku. Tata letak pabrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga penggunaan area pabrik efisien dan area produksi serta distribusi berjalan

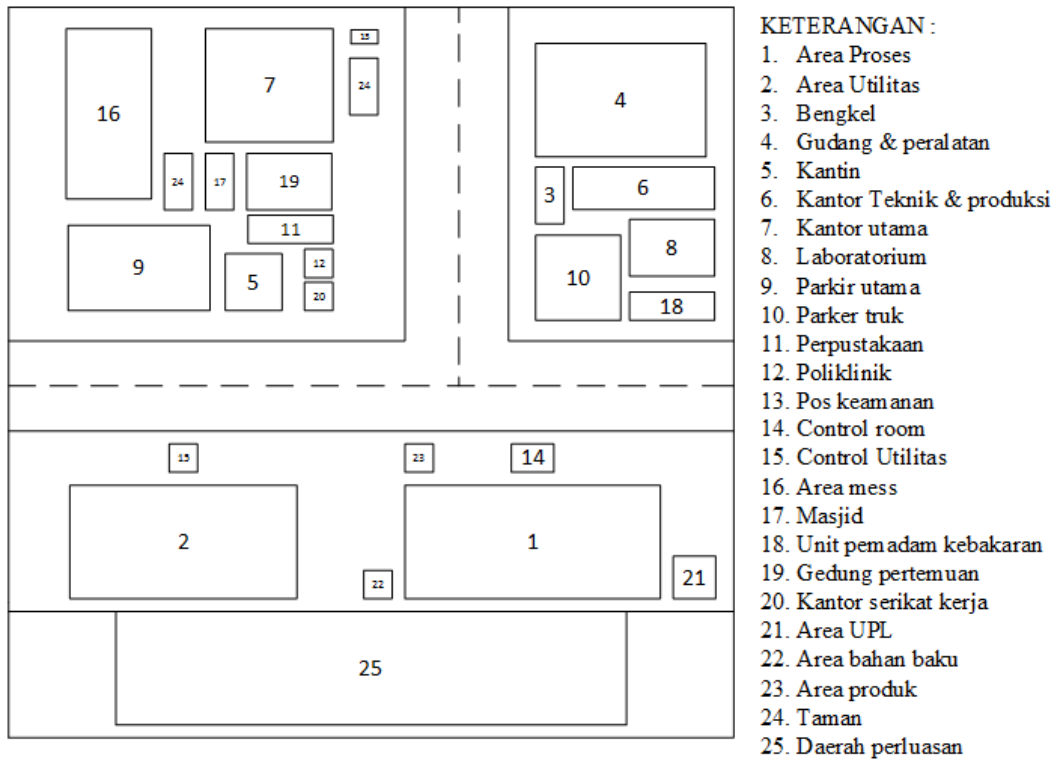
dengan lancar. Hal ini akan menjamin keamanan, keselamatan dan kenyamanan karyawan dapat terpenuhi. Selain peralatan proses beberapa perlengkapan fisik seperti kantor, bengkel, poliklinik, laboratorium, kantin, pemadam kebakaran, pos penjagaan dan sebagainya ditempatkan pada bagian yang tidak mengganggu lalu lintas barang dan proses produksi agar lebih efisien. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam mengatur tata letak pabrik adalah sebagai berikut :

1. Letak alat diusahakan berurutan sesuai dengan urutan kerja atau proses fungsinya serta sifat dan kondisi operasi alatnya
2. Menyediakan ruang kosong yang cukup untuk kepentingan perbaikan, perawatan serta penggantian alat-alat, juga dapat terjangkau oleh *instrument safety* dan *fire protection*.
3. Piping dan sarana transportasi dalam area diatur sedemikian rupa sehingga tidak tumpang tindih, untuk mempermudah pekerja mengadakan pengamatan atau inspeksi.
4. Jalan-jalan didalam pabrik dibuat lurus, lebar, lalu lintasnya diatur dengan baik, sehingga memperlancar arus jalan. Hal ini juga mempermudah mobil pemadam kebakaran lewat jika terjadi kebakaran.
5. Kemungkinan adanya penambahan unit baru harus dipertimbangkan saat penempatan peralatan pabrik. Dengan demikian tidak menimbulkan kesulitan dimasa yang akan datang.

Berdasarkan faktor di atas, maka pengaturan tata letak pabrik untuk penempatan bangunan dalam kawasan pabrik sebagai berikut:

1. Daerah administrasi atau perkantoran, laboratorium dan ruang kontrol.
Merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses, kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta prosuk yang dijual.
2. Daerah Proses
Merupakan daerah dimana alat proses diletakkan dan tempat produksi berlangsung.
3. Daerah penyimpanan bahan baku dan produk
Merupakan tempat untuk menyimpan bahan baku serta produk.
4. Daerah gudang, bengkel, dan garasi
Merupakan daerah yang digunakan untuk menampung bahan-bahan yang diperlukan oleh pabrik untuk keperluan perawatan peralatan proses.
5. Daerah Utilitas
Merupakan daerah dimana kegiatan penyediaan air, steam dan listrik serta bahan pendukung proses berlangsung dipusatkan.

Pabrik *dimethyl phthalate* ini akan didirikan di Kabupaten Lamongan, Provinsi Jawa Timur. Lokasi dapat dilihat dari pada Gambar berikut ini:



Skala 1:2000

Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik *dimethyl phthalate*

Pabrik *dimethyl phthalate* akan dibangun di atas tanah seluas 3,18 Ha, Rincian luas bangunan pabrik dapat dilihat pada Tabel di bawah ini:

Tabel 4. 1 Rincian luas tanah bangunan pabrik

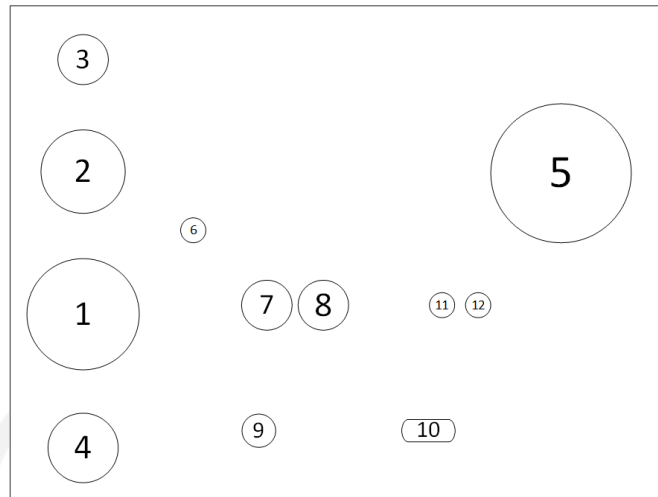
NO.	Lokasi	Luas, m ²
		m ²
1	Pos Keamanan	40
2	Parkir utama	1500
3	Parkir truk	900
4	Taman	400
5	Gedung Pertemuan	600
6	<i>Head Office</i>	1800

LANJUTAN		
7	Kantor Serikat Kerja	100
8	Kantin	400
9	Control utilitas	100
10	Perpustakaan	300
11	Laboratorium	600
12	Masjid	200
13	Kantor Teknik dan Produksi	750
14	Poliklinik	100
15	Pemadam Kebakaran	300
16	Bengkel	200
17	Gudang Alat	2400
18	Area Bahan Baku	100
19	Area Proses	3600
20	Control Room	150
21	Area Produk	100
22	Area Utilitas	3200
23	Area UPL	225
24	Area mess	1800
25	Area Perluasan Lahan	7200
26	Jalan pabrik	4800
Luas Bangunan		19465
Luas Tanah		31865

4.3 Tata Letak Peralatan Pabrik

Tata letak peralatan proses adalah tempat dimana alat-alat yang digunakan dalam proses produksi. Tata letak peralatan proses pada perancangan pabrik ini dapat dilihat pada Gambar 4.3. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan *layout* peralatan proses pabrik *dimethyl phthalate*, anatar lain (Vibrandt,1959).

1. Kelancaran aliran udara di dalam dan disekitar peralatan proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat sehingga mengaibatkan akumulasi bahan kimia yang bisa mengancam keselamatan pekerja.
2. Cahaya, penerangan suatu pabrik harus memadai dan pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi perlu adanya penerangan tambahan.
3. Lalu lintas manusia, dalam perancangan *layout* peralatan perlu diperhatikan agar pekerja bisa mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Hal ini bertujuan apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya juga di prioritaskan.
4. Pertimbangan ekonomi, dalam menempatkan alat-alat proses diusahakan dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik.
5. Jarak antar alat proses, memisahkan alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi dengan alat proses lainnya, harus mudah dijangkau oleh pemadam kebakaran.agar dapat meminimalisir ledakan atau kebakaran yang terjadi pada alat tersebut.

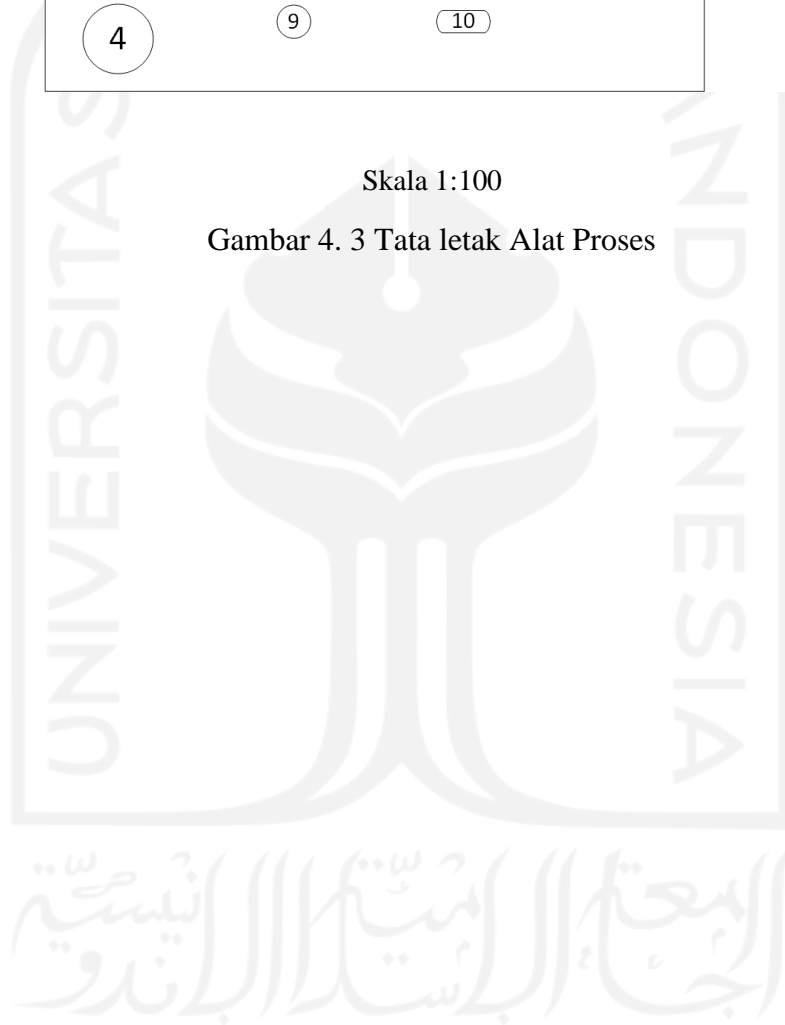


KETERANGAN :

1. Silo
2. Tangki metanol
3. Tangki asam sulfat
4. Tangki NaOH
5. Tangki Dimethyl Phthalate
6. Mixer
7. Reaktor (R-01)
8. Reaktor (R-02)
9. Netralizer
10. Decanter
11. Evaporator (Ev-01)
12. Evaporator (EV-02)

Skala 1:100

Gambar 4. 3 Tata letak Alat Proses



4.4 Alir Proses dan Material

4.4.1 Neraca massa

Basis perhitungan neraca massa :

Kapasitas Produksi : 20.000 ton/tahun

Diambil dalam 1 tahun : 330 hari

1hari kerja : 24 jam

Basis perhitungan : 1jam

$$: \frac{20.000\text{ton}}{1\text{tahun}} \times \frac{1000\text{kg}}{1\text{ton}} \times \frac{1\text{tahun}}{330\text{hari}} \times \frac{1\text{hari}}{24\text{jam}}$$

: 2.525,253 kg/jam

1. Neraca Massa di Mixer

Tabel 4. 2 Neraca Massa Mixer (M-01)

Komponen	Input (Kg/Jam)			Output (Kg/Jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 11	Arus 3
C8H4O3	2.385,2247			2.385,2247
C4H2O3	11,9861			11,9861
CH3OH		830,0048	459,3058	1.289,3106
H2O		16,9389	0,3643	17,3032
SUBTOTAL	2.397,2107	846,9437	459,6701	3.703,8245
TOTAL		3.703,8245		3.703,8245

2. Neraca Massa di Reaktor 1 (R-01)

Tabel 4. 3 Neraca Massa Reaktor 1 (R-01)

Komponen	Input (Kg/Jam)		Output (Kg/Jam)
	Arus 3	Arus 4	
C ₈ H ₄ O ₃	2.385,2247		1.066,1954
C ₄ H ₂ O ₃	11,9861		11,9861
CH ₃ OH	1.289,3106		718,9196
H ₂ O	17,3032	0,9736	178,6992
H ₂ SO ₄		47,7045	47,7045
C ₁₀ H ₁₀ O ₄			1.728,9978
TOTAL	3.752,5026		3.752,5026

3. Neraca Massa di Reaktor 2 (R-02)

Tabel 4. 4 Neraca Massa Reaktor 2 (R-02)

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
		Arus 5
C ₈ H ₄ O ₃	1.066,1954	477,0449
C ₄ H ₂ O ₃	11,9861	11,9861
CH ₃ OH	718,9196	464,1518
H ₂ O	178,6992	250,3526
H ₂ SO ₄	47,7045	47,7045
C ₁₀ H ₁₀ O ₄	1.728,9978	2.501,2626
TOTAL	3.752,5026	3.752,5026

4. Neraca massa di Netralizer (N-01)

Tabel 4. 5 Neraca Massa Netralizer (N-01)

Komponen	Input (Kg/Jam)		Output (Kg/Jam)
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
C ₈ H ₄ O ₃	477,0449		
C ₄ H ₂ O ₃	11,9861		
CH ₃ OH	464,1518		464,1518
H ₂ O	250,3526	459,8837	787,9809
H ₂ SO ₄	47,7045		
C ₁₀ H ₁₀ O ₄	2.501,2626		2.501,2626
NaOH		306,5891	
Na ₂ SO ₄			69,1228
C ₈ H ₄ Na ₂ O ₄			676,8881
C ₄ H ₂ Na ₂ O ₄			19,5691
TOTAL	4.518,9753		4.518,9753

5. Neraca Massa di Decanter (D-01)

Tabel 4. 6 Neraca Massa Decanter (D-01)

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
CH ₃ OH	464,1518		464,1518
C ₁₀ H ₁₀ O ₄	2.501,2626	1,2626	2.500
H ₂ O	787,9809		787,9809
Na ₂ SO ₄	69,1228	69,1228	
C ₈ H ₄ Na ₂ O ₄	676,8881	676,8881	
C ₄ H ₂ O ₃	19,5691	19,5691	
TOTAL	4.518,9753	4.518,9753	

6. Neraca Massa di Evaporator (EV-01)

Tabel 4. 7 Neraca Massa Evaporator (EV-01)

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)	
	Arus 9	Arus 10	Arus 11
CH ₃ OH	464,1518	459,3058	2,5253
C ₁₀ H ₁₀ O ₄	2.500		2.500
H ₂ O	787,9809	0,3643	22,7273
TOTAL	2.984,9226	2.984,9226	



4.4.2 Neraca Panas

Ketentuan diambil suhu referensi 25 °C dan nilai panas dalam satuan kJ/jam.

1. Neraca panad di Mixer (M-01)

Tabel 4. 8 Neraca Panas di Mixer (M-01)

Komponen	Input		Q2
	Q1	Q11	
C8H4O3	17.532,0435		29.480,2626
C4H2O3	122,0022		205,2949
CH3OH	10.391,8992	29.083,7242	27.106,1950
H2O	355,2485	38,1094	607,9335
PANAS HILANG			123,3410
TOTAL	57.523,0270		57.523,0270

2. Neraca panas di Reaktor 1

Tabel 4. 9 Neraca Panas di Reaktor 1 (R-01)

Komponen	Input		Output
	Q2	Q3	
C8H4O3	31.319,4359		192.666,4296
C4H2O3	152,8598		2.026,7858
CH3OH	27.106,0954		202.552,5205
H2SO4		341,4984	7.491,5611
H2O		20,5396	
C10H10O4			294.771,6681
PANAS REAKSI	957.104,0720		
PANAS DISERAP PENDINGIN			221.544,9666
PANAS HILANG			16.461,9287
TOTAL	1.016.656,0574		1.016.656,0574

3. Neraca panas di Reaktor 2

Tabel 4. 10 Neraca Panas di Reaktor 2 (R-02)

Komponen	Input	Output
		Q4
C8H4O3	192.666,4296	86.204,2191
C4H2O3	2.026,7858	2.026,7858
CH3OH	202.552,5205	130.772,7894
H2SO4	3.880,4336	7.491,5611
H2O	152.787,9813	110.873,2295
C10H10O4	147.689,7752	426.432,7929
PANAS REAKSI	427.494,9472	
PANAS DISERAP PENDINGIN		888.418,1022
PANAS HILANG		16.461,9287
TOTAL	1.668.681,4086	1.668.681,4086

4. Neraca Panas di Netralizer

Tabel 4. 11 Neraca Panas di Netralizer (N-01)

Komponen	Input		Output
	Q4	Q5	Q6
C8H4O3	26.926,1758		
C4H2O3	649,4108		
CH3OH	41.398,2370		32.812,7821
C10H10O4	137.967,8570		8.423,9366
H2SO4	1.282,2948		
NaOH		5.377,1499	
Na2SO4			832,2305
H2O	42.385,9622	9.644,8537	24.788,7491
C8H4Na2O4			1.080,2167
C4H2Na2O4			30,2232
PANAS REAKSI	9.023,3555		
PANAS HILANG			1.660,0220
BEBAN PENDINGIN			205.027,1364
TOTAL	274.655,2967		274.655,2967

5. Neraca Panas di Dekanter

Tabel 4. 12 Neraca Panas di Dekanter 01 (D-01)

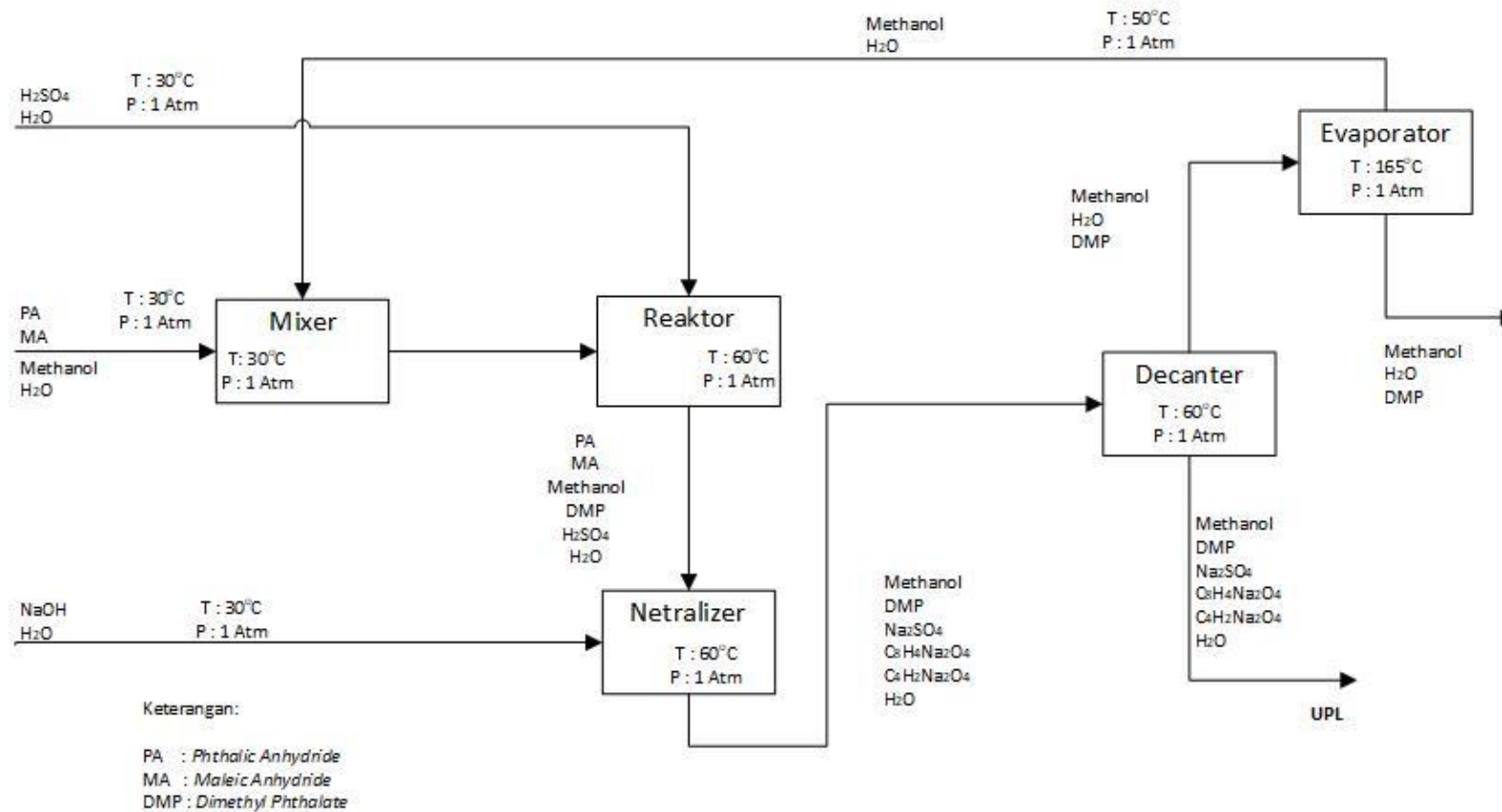
Komponen	Input		Output	
	Q6	Q7 (hasil atas)	Q8 (hasil bawah)	
C10H10O4	137.967,8570	137.898,2114	69,6456	
H2O	116.007,6777	3.399,5717	206,9912	
CH3OH	41.398,2370	41.191,2458	112.608,1060	
Na2SO4	3.876,8718		3.876,8718	
C8H4Na2O4	720,1445		720,1445	
C8H2Na2O4	20,1488		20,1488	
TOTAL	299.990,9368		299.990,9368	

6. Neraca Panas di Evaporator

Tabel 4. 13 Neraca Panas di Evaporator (EV-01)

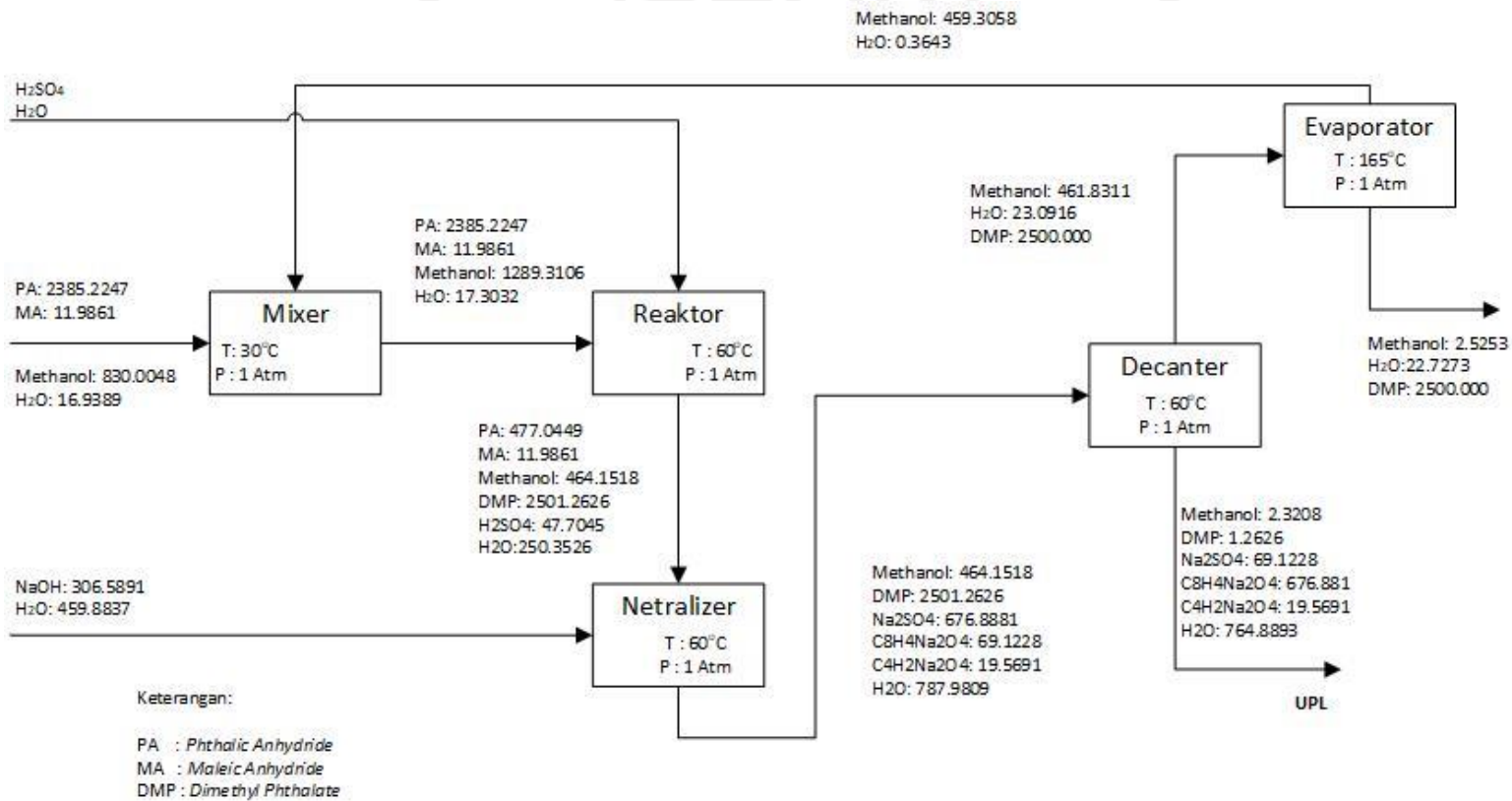
Komponen	Input		Output			
	Q7	Q10	Q9 (hasil atas)	Q10 (hasil bawah)	Q11 (hasil atas)	Q12 (hasil bawah)
H2O	9.829,4613	1.342,20	77,53	9.751,929	10,671	1.342,204
CH3OH	130.835,33	9.824,61	65.059,963	65.775,364	9.717,754	9.824,610
C10H10O4	417.152,23	57.982,25		417.152,237		57.982,254
H vap			187.845,033		172.591,216	
STEAM	187.845,03	182.319,64				
TOTAL	997.130,776		997.130,776			

4.4.4 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4. 4 Diagram alir kualitatif *dimethyl phthalate*

4.4.5 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4. 5 Diagram alir kuantitatif *dimethyl phthalate*

4.5 Perawatan (*Maintenance*)

Maintenance berguna untuk menjaga sarana atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktifitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi produk yang diharapkan.

Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dapat dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada setiap alat. perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi:

1. *Over head* 1 x 1 tahun

Merupakan perbaikan dan pengecekan serta *leveling* alat secara keseluruhan meliputi pembongkaran alat, pergantian bagian-bagian alat yang sudah rusak, kemudian kondisi alat dikembalikan seperti kondisi semula.

2. *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

a) Umur alat

Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

b) Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan menyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

c) Tenaga manusia

Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih, dan berpengalaman akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula.

4.6 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Unit utilitas mempunyai peranan yang sangat penting dan harus ada dalam suatu perancangan pabrik. Utilitas merupakan salah satu bagian dari unit produksi yang menunjang kegiatan operasi pabrik, yang mempunyai tugas untuk menyediakan kebutuhan-kebutuhan rutin yang diperlukan oleh kegiatan operasi seperti energi *steam*, listrik dan air. Adapun tugas dan tanggung jawab dari bagian Utilitas antara lain:

1. Mengamankan dan menjaga keseimbangan proses produksi dengan memberikan sumber tenaga yang handal.
2. Memberikan pelayanan pasokan *steam*, unit penyedia listrik, dan air untuk kebutuhan operasional pabrik.

Pada perancangan pabrik *dimethyl phthalate* ini penyediaan unit utilitas meliputi:

1. Unit penyedia steam (*boiler*)
2. Unit penyedia dan pengolahan air
3. Unit pembangkit listrik
4. Unit bahan bakar
5. Unit pengadaan udara tekan

4.6.1 Unit Penyedia Steam

Penyediaan *steam* ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan *steam* yang akan digunakan untuk berbagai proses operasi. Dalam proses operasi, *steam* yang dipakai berupa *steam* jenuh sebesar 258.3959 kg/jam dengan tekanan 39,2626 atm dan suhu 482°F. Untuk memenuhi kebutuhan *steam* tersebut maka digunakan *boiler* jenis *water tube*. *Boiler* tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve system* dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis. Air yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* adalah air sungai yang telah diproses terlebih dahulu menjadi air bersih. Kemudian air tersebut dihilangkan ion-ion positif dan negatifnya dalam *kation-anion exchanger*. Setelah itu air dimasukkan kedalam deaerator untuk melepaskan gas-gas yang terlarut dalam air.

Air yang masuk dalam *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca, Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pH-nya sekitar 7,0–8,5 untuk mencegah korosi. Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran minyak residu yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini, air dinaikkan temperaturnya hingga 120°C, kemudian diumpankan ke *boiler*. Di dalam *boiler*, air umpan *boiler* yang mengalir melalui pipa-pipa masuk ke dalam drum. Air yang tersirkulasi dipanaskan oleh gas pembakaran membentuk *steam* pada daerah uap dalam drum Gas sisa pembakaran ini masuk *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 1 atm, kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

4.6.2 Unit Penyedia Dan Pengolahan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai

sumbernya.. Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.
2. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari .
3. Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur.
4. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik

Tahapan - tahapan pengolahan air adalah sebagai berikut:

a. Tahap penjernihan air

i. Proses penyaringan awal

Air dari sumber air (sungai) dikenakan proses penyaringan untuk menghindari adanya kotoran-kotoran yang cukup besar yang terbawa ke dalam bak pengendap.

ii. Pengendapan secara fisis

Air setelah melewati tahap penyaringan ditampung dalam suatu bak, di dalam bak partikel-partikel yang terbawa air dibiarkan mengendap akibat gaya gravitasi. Pengendapan kotoran secara fisis biasanya dilakukan secara bertahap. Pada bak penampung, kotoran dan lumpur yang lolos dari *screen* akan mengendap dan lumpur yang tertampung dibuang kembali ke sungai, sedangkan bak pengendap kedua digunakan untuk mengendapkan kotoran-kotoran halus yang tidak terendapkan pada bak pengendap pertama. Dengan pengendapan secara fisis ini, maka akan mengurangi kebutuhan bahan kimia yang diperlukan dalam pengolahan air.

iii. Flokulasi

Air sungai yang sudah ditampung di bak dipenampung, dialirkan menuju *clarifier* untuk mengendapkan kotoran yang terikut di dalam air sungai. Pada *clarifier* ini terjadi penambahan koagulan yang fungsinya untuk membentuk flok-flok yang kemudian membentuk

partikel yang lebih besar. Pada tahap ini juga dilakukan pengadukan pengadukan untuk mencampur air dengan bahan koagulan $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$ dan larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) yang bertujuan untuk menurunkan kesadahan air. Persamaan reaksi (Powell, 1954):



Alumunium hidroksida $[Al(OH)_3]$ yang terbentuk berupa flok-flok (gumpalan lunak) akan mengikat padatan-padatan tersuspensi dan mengendapkannya sebagai *sludge*. Karena koagulan akan lebih efektif pada kondisi basa, maka ke dalam bak flokulasi juga ditambahkan larutan Na_2CO_3 yang juga berfungsi menurunkan kesadahan air. Pada selang waktu tertentu dilakukan *blowdown* untuk membuang endapan yang terbentuk sebelumnya. Bak *clarifier* dilengkapi dengan *scraper* yang berfungsi mengumpulkan endapan pada dasar *clarifier* sehingga mudah dibuang. Air bersih keluar dari *clarifier* secara *over flow*.

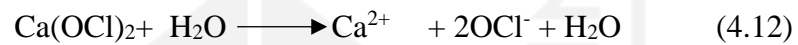
iv. Penyaringan

Air dari *clarifier* dimasukkan ke dalam bak saringan pasir (*sand filter*) yang tersusun atas campuran pasir dan kerikil kuarsa dari yang halus sampai yang kasar dan disusun secara berlapis-lapis. Media berpori ini berfungsi untuk menahan atau menyaring partikel-partikel padat yang lolos atau terbawa bersama air dari *clarifier*.

Di bawah tumpukan pasir dan kerikil terdapat system *under drain* yang berfungsi untuk mengalirkan air jernih pada saat pencucian saringan pasir dengan sistem *back wash*. Pencucian ulang dilakukan setiap 6-24 jam sekali atau jika saringan pasir sudah cukup jenuh dengan waktu pencucian biasanya 10-15 menit. Air pencuci yang biasanya digunakan 1-3% dari air yang disaring (Powell, 1954).

Setelah tahap filtrasi di *sand filter*, air jernih yang diperoleh digunakan untuk air pendingin, air minum, rumah tangga dan kantor, air umpan boiler. Untuk keperluan air minum, air bersih dialirkan menuju bak air minum kemudian ditambahkan kaporit sehingga didapat air yang bebas penyakit dan bau.

Untuk memenuhi persyaratan air minum, air dari proses filtrasi ditambahkan desinfektan untuk membunuh bakteri yang ada dalam air. Sebagai desinfektan digunakan chlor dalam bentuk kaporit [Ca(OCl)₂]. Pada penambahan kaporit sebagai sumber chlor akan terjadi reaksi sebagai berikut:



Pada reaksi ini, yang mendesinfeksi air adalah OCl⁻ dan umumnya desinfeksi efektif pada pH = 7 atau sedikit basa. Kadar chlorine untuk desinfeksi air sampai pH = 7 adalah 2-4 ppm, dan biasanya selama musim hujan kadar chlorine harus ditambah untuk menjaga kadar chlor tetap karena adanya penambahan volume air akibat hujan

b. *Demineralisasi*

Air yang digunakan sebagai umpan boiler harus memenuhi persyaratan bebas dari garam-garam mineral yang terlarut. Proses demineralisasi dimaksudkan untuk menghilangkan ion-ion dari peruraian garam-garam yang terkandung pada *filtered water* dengan cara melewatkan air pada kation-anion exchanger yang mengandung resin.

Didalam kation-anion exchanger terjadi dua reaksi, yaitu *softening* dan regenerasi. *Softening* adalah proses penghilangan garam-garam di dalam air untuk mencegah terjadinya kerak dan korosi di dalam boiler dengan menggunakan resin. Regenerasi adalah

proses pengaktifan kembali resin yang sudah jenuh karena proses *softening*, sehingga dapat digunakan kembali.

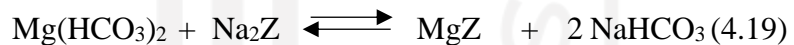
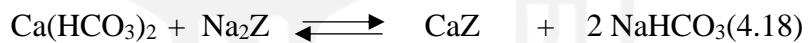
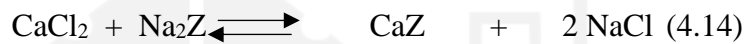
Adapun tahapan proses pelunakan air adalah sebagai berikut:

i. *Kation exchanger*

Kation exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion positif seperti: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} , Mn^{2+} yang ada pada air menggunakan *sodium zeolite* [Na_2Z].

Persamaan reaksi di *kation exchanger*:

Softening



Karena proses ini berlangsung terus menerus maka pada suatu saat *zeolite* akan penuh dengan garam Ca dan Mg, sehingga tidak dapat berfungsi lagi (jenuh). Maka dilakukan regenerasi dengan menggunakan larutan NaCl (Powell, 1954).

Regenerasi



ii. *Anion exchanger*

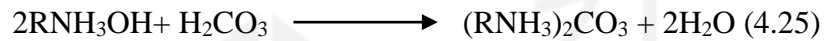
Anion exchanger berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif seperti: SO_4^- , Cl^- , SO_3^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SiO_3^{2-} yang ada pada air

dengan menggunakan resin gugus amine (RNH₃OH) atau *Duolite A-2*.

Reaksi pelunakan air (Powell, 1954):

Persamaan reaksi di anion *exchanger*

Softening



Regenerasi dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH. Reaksi regenerasi yang terjadi adalah sebagai berikut:



c. *Dearasi*

Deaerasi merupakan suatu proses penghilangan gas-gas yang terlarut dalam air seperti oksigen (O₂), carbon dioksida (CO₂), dan gas-gas lainnya yang dapat menyebabkan korosi. Pada proses deaerasi menggunakan alat yang dinamakan deaerator. Penghilangan gas dilakukan setelah air keluaran dari kolom anion. Gas O₂ dapat menimbulkan karat atau korosi di dalam ketel uap sehingga apabila dibiarkan maka *boiler* tidak dapat digunakan dalam waktu lama. Sedangkan gas CO₂ dapat mengakibatkan terjadinya pembusaan (*foaming*) berlebihan sehingga dapat mengotori dan merusak peralatan.

Untuk mencegah terbentuknya kerak akibat kesadahan yang masih tersisa, maka pada air umpan boiler ditambahkan *phospat*. Pada penambahan *phospat* akan terjadi reaksi:



Pada perancangan ini, ion fosfat diperoleh dari senyawa disodium fosfat ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Endapan kalsium fosfat [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$] yang terbentuk ringan dan tidak menempel pada *tube boiler*.

4.6.2.1 Kebutuhan Air

1. Kebutuhan air pembangkit steam

Tabel 4. 14 Kebutuhan Air Pembangkit Steam

Nama Alat	Kode	Kebutuhan (kg/jam)
Evaporator-01	EV-01	101,0094
Heat Exchanger-01	HE-01	114,3205
Total		215,3299

Rancangan kebutuhan air dibuat 20% (overdesign) = 258,3959 kg/jam

2. Kebutuhan Air pendingin

Tabel 4. 15 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode	Kebutuhan (kg/jam)
Reaktor-01	R-01	3.508,9900
Reaktor-02	R-02	14.071,4108
Netralizer-01	N-01	3.266,7717
Cooler-01	CL-01	9.708,7146
Kondensor-01	CD-01	369.046,4774
Total		399.602,3644

Rancangan kebutuhan air dibuat 20% (overdesign) = 479.552,8372 kg/jam

3. Air untuk Perkantoran Keperluan Umum

Tabel 4. 16 Kebutuhan Air Perkantoran,Keperluan Umum

No	Penggunaan	Kebutuhan (kg/jam)
1.	Karyawan	14,5833
2.	Perkantoran dan lab	41,6667
Total		56,2500

Rancangan kebutuhan air dibuat 20% (overdesign) = 67,5000 kg/jam

4.6.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh 2 sumber, yaitu PLN dan generator diesel. Selain sebagai tenaga cadangan apabila PLN mengalami gangguan, diesel juga dimanfaatkan untuk menggerakkan *power-power* motor yang penting antara lain *boiler*, pompa dan *cooling tower*. Prinsip kerja dari diesel ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Listrik ini didistribusikan ke panel yang selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai. Pada operasi sehari-hari digunakan tenaga listrik 50% dan diesel 50%. Tetapi apabila listrik padam, operasinya akan menggunakan tenaga listrik dari diesel 100%.

Kebutuhan listrik pada pabrik digunakan untuk :

1. Menggerakkan alat pada area proses.
2. Menggerakkan alat pada area utilitas.
3. Menggerakkan katup pada alat kontrol.
4. Penerangan pabrik dan kantor.

Listrik digunakan untuk menggerakkan motor-motor penggerak alat yaitu pompa-pompa, *blower*, *mixer*, dan alat lainnya. Disamping itu listrik juga dibutuhkan untuk penerangan. Listrik yang digunakan untuk menggerakkan alatalat dapat dilihat Tabel 4.17 dan Tabel 4.18.

Tabel 4. 17 Listrik yang diperlukan untuk menggerakkan alat proses

No	Jenis Alat	Daya (hp)
1.	P-01	2
2.	P-02	3
3.	P-03	10
4.	P-04	0,5
5.	P-05	3
6.	P-06	0,5
7.	P-07	0,5
8.	P-08	0,5
9.	P-09	1
10.	P-10	0,5
11.	P-11	0,75
12.	P-12	0,5
13.	<i>Mixer</i>	7.5
14.	Reaktor 1	15
15.	Reaktor 2	15
16.	Netralizer	50
17.	<i>Belt conveyer</i>	0,5
18.	BE-01	1
19.	BE-02	1
	TOTAL	112,75

Tabel 4. 18 Kebutuhan tenaga listrik untuk alat utilitas

No	Nama	Daya (hp)
1.	PU-01	1,5
2.	PU-02	0,5
3.	PU-03	0,5
4.	PU-04	1
5.	PU-05	1,5
6.	PU-06	0,5
7.	PU-07	1
8.	PU-08	0,5
9.	PU-09	0,5
10.	PU-10	7,5
11.	PU-11	5
12.	PU-12	5
13.	PU-13	0,5
14.	PU-14	0,5
15.	PU-15	0,5
16.	Pompa pencuci SP	0,5
17.	<i>Fan</i> udara pembakar	0,5
18.	<i>Cooling tower</i>	10
19.	<i>Clarifier</i>	0,5
20.	<i>flokulator</i>	5
Total		43,00

Maka, kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor sebesar:

= Alat Proses + alat utilitas

= 112,75 hp + 43,00 hp

= 155,75 hp x $\frac{0,7457 \text{ kW}}{1 \text{ Hp}}$ = 116,1428 kW

Kebutuhan listrik untuk menggerakkan alat kontrol, bengkel, dan peralatan laboratorium (*instrumentasi*) diperkirakan 20% dari kebutuhan

listrik pada unit proses dan utilitas. Maka kebutuhan listrik untuk *instrumentasi*:

$$= 20\% \times 116,1428 \text{ kW}$$

$$= 23,2285 \text{ kW}$$

Listrik untuk penerangan:

1. Perkantoran = 30 kW

2. Kawasan pabrik = 20% x 116,1428 kW = 23,2285 kW

Total kebutuhan listrik yang diperlukan sebesar =

$$= (116,1428 + 23,2285 + 30 + 23,2285) \text{ kW} = 192,5998 \text{ kW}$$

Maka kebutuhan energi listrik untuk setahun sebesar =

$$= 192,5998 \text{ kW} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times \frac{330 \text{ hari}}{1 \text{ tahun}} = 1.525.391,089 \text{ kWh/tahun}$$

Kebutuhan listrik ini dipenuhi oleh PLN, tetapi demi menjaga kelancaran proses, maka digunakan generator sebagai cadangan jika aliran listrik dari PLN mengalami gangguan. Oleh karena itu, disediakan 1 set generator dengan efisiensi 80%.

$$\begin{aligned} \text{Sehingga} &= \frac{192,5998 \text{ kW}}{0,8} = 198,4069 \text{ kW} \\ &= 198,4069 \text{ kW} \approx 200 \text{ kW} = 200 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Jadi generator yang digunakan adalah generator 200 kVA.

4.6.4 Unit Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada generator dan boiler. Bahan bakar yang digunakan untuk generator adalah solar. Bahan bakar yang dibutuhkan sebesar 29.1897 kg/jam

4.6.5 Unit Pengadaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk menggerakkan alat pengendalian proses yang ada pada area proses. Diperkirakan jumlah alat kontrol pada area proses sebanyak 35 buah dan diperkirakan kebutuhan udara tekan untuk tiap alat kontrol sebesar 2,8 L/menit (Considine, 1985).

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan udara tekan} &= 35 \times 2,8 \text{ L/menit} \\ &= 98 \text{ L/menit} = 5,88 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$= 6 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Faktor keamanan 20% berlebih = $0,2 \times 6 \text{ m}^3/\text{jam}$

$$= 1,2 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Total kebutuhan udara tekan = faktor keamanan + kebutuhan udara tekan

$$= 7,2000 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 7200 \text{ kg/jam}$$

4.6.6 Spesifikasi Alat Utilitas

1. Bak pengendap dan penampung (BU-01 dan BU-02)

Fungsi : mengendapkan kotoran2 besar yang terdapat pada air sungai

Volume : $124,8 \text{ m}^3$

Panjang : $4,5823 \text{ m}$

Lebar : $4,5823 \text{ m}$

Tinggi : $6,0960 \text{ m}$

Tebal : $0,2 \text{ m}$

Harga : \$ 3.582

2. Bak koagulasi (BU-03)

Fungsi : mencampur air dengan larutan tawas 5% dan natrium karbonat 5%

Volume : $3,11 \text{ m}^3$

Diameter : $1,5240 \text{ m}$

Kecepatan : $135,555 \text{ rpm}$

Tinggi : $1,8288 \text{ m}$

Harga : \$ 147.929

3. Bak penampung (BU-04)

Fungsi : menampung air bersih dari saringan pasir
Bentuk : bak persegi panjang
Volume : 74,688 m³
Panjang : 3,5003 m
Lebar : 3,5003 m
Tinggi : 6,096 m
Harga : \$ 1.433

4. Bak penampung (BU-05)

Fungsi : menampung air bersih untuk rumah tangga, sanitasi,
laboratorium dan perkantoran.
Bentuk : bak persegi panjang
Volume : 1,2 m³
Panjang : 0,8874 m
Lebar : 0,4437 m
Tinggi : 3,048 m
Harga : \$ 239

5. Bak penampung (BU-06)

Fungsi : menampung air pendingin yang berasal dari cooling tower dan
make up
Bentuk : bak persegi panjang
Volume : 528 m³
Panjang : 13,2 m
Lebar : 6,5911 m
Tinggi : 6,096 m
Harga : \$ 11.342

6. Bak penampung (BU-07)

Fungsi : menampung air pendingin bekas sebelum masuk ke cooling tower

Bentuk : bak persegi panjang

Volume : 421,8 m³

Panjang : 11,6647 m

Lebar : 5,8324 m

Tinggi : 6,096 m

Harga : \$ 10.148

7. Tangki tawas (TU-01)

Fungsi : menampung larutan tawas 5%

bahan : *Carbon Steel SA 283*

Volume : 3,1011 m³

Diameter : 1,524 m

Tebal shell : 0,25 in

Tinggi : 2,0929 m

Harga : \$ 14.447

8. Tangki Na₂CO₃ (TU-02)

Fungsi : menampung larutan Na₂CO₃ 5%

Bahan : *Carbon Steel SA 283*

Volume : 2,0552 m³

Diameter : 1,2192 m

Tebal shell : 0,1875 in

Tinggi : 1,8187 m

Harga : \$ 14.327

9. Tangki kaporit (TU-03)

Fungsi : menyimpan larutan kaporit yang ditambahkan pada bak air minum

Bahan : *Carbon Steel SA 283*

Volume : 0,6 m³

Diameter : 0,9652 m

Tebal shell : 0,1875 in

Tinggi : 0,9142 m

Harga : \$ 11.939

10. Tangki NaCl (TU-04)

Fungsi : menyimpan larutan NaCl 10% yang digunakan untuk regenerasi resin kation

Bahan : *Carbon Steel SA 283*

Volume : 0,1652 m³

Diameter : 0,6604 m

Tebal shell : 0,1875 in

Tinggi : 0,632 m

Harga : \$ 8.119

11. Tangki NaOH (TU-05)

Fungsi : menyimpan larutan NaOH 5% yang digunakan untuk regenerasi resin anion

Bahan : *Carbon Steel SA 283*

Volume : 0,168 m³

Diameter : 0,6604 m

Tebal shell : 0,1875 in

Tinggi : 0,6005 m

Harga : \$ 7.641

12. Tangki Natrium Hidrofosfat (TU-06)

Fungsi : menyimpan larutan natrium hidrofosfat yang digunakan dalam tangki daerator

Bahan : *Carbon Steel SA 283*

Volume : 0,2419 m³

Diameter : 0,7112 m

Tebal shell : 0,1875 in

Tinggi : 0,6828 m

Harga : \$ 8.716

13. Tangki kondesat (TU-07)

Fungsi : menampung kondesat yang akan dialirkan kembali menuju kation anion exchanger

Bahan : *Carbon Steel SA 283*

Volume : 0,3192 m³

Diameter : 0,7112 m

Tebal shell : 0,1875 in

Tinggi : 0,9706 m

Harga : \$ 9.552

14. Tangki bahan bakar (TU-08)

Fungsi : menampung bahan bakar minyak yang akan digunakan oleh boiler

Bahan : *Carbon Steel SA 283*

Volume : 36 m³

Diameter : 5,0292 m

Tebal shell : 0,25 in

Tinggi : 4,8572 m

Harga : \$ 9.790

15. Tangki daerator (DE-01)

Fungsi : menghilangkan gas-gas yang terdapat dalam air dengan menggunakan steam dan natrium hidrofosfat

Bahan : *Carbon Steel SA 283*

Volume : 0,18 m³

Diameter : 0.6604 m

Tebal shell : 0,1875 in

Tinggi : 1,2642 m

Harga : \$ 4.179

16. Clarifier (C-01)

Fungsi : menghilangkan gas-gas yang terdapat dalam air dengan menggunakan steam dan natrium hidrofosfat.

Jenis : tangki silinder dengan dasar kerucut tumpul dan dilengkapi pengaduk.

Volume : 28,008 m³

Diameter silinder tegak : 3,2180 m

Diameter bawah kerucut : 1,0727 m

Power : 0,0771 Hp

Tinggi : 3,8616 m

Harga : \$ 399.372

17. Sand filter (SF-01)

Fungsi : menyaring partikel-partikel padat dalam air yang tidak terendapkan.

Jenis : *graving sand filter*

Luas penyaringan : 1,8184 m²

Panjang : 2 m

Lebar : 1 m

Tinggi : 3,5 m

Harga : \$ 45.847

18. Cooling tower (CT-01)

Fungsi : mendinginkan kembali air yang berasal dari peralatan pendingin

Jenis : *induced draft cooling tower*

Luas : 324 ft²

Tinggi : 7 m

Harga : \$ 37.370

19. Kation exchanger (EX-01)

Fungsi : menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh garam-garam kation

Bentuk : menara silinder tegak yang didalamnya diisi oleh zeolit sebagai *ion exchanger*

Kapasitas : 0,1351 gpm

Diameter : 2,1336 m

Tebal shell : 0,25 in

Tinggi : 0,2378 m

Harga : \$ 25.968

20. Anion exchanger (EX-02)

Fungsi : menghilangkan anion-anion dalam air yang disebabkan oleh garam-garam anion

Bentuk : tangki silinder vertikal yang dilengkapi dengan bed

Kapasitas : 0,1351 gpm

Diameter : 1,6764 m

Tebal shell : 0,1875 in

Tinggi : 0,0176 m

Harga : \$ 25.968

21. Boiler (BO-01)

Jenis : *water tube boiler*

Jumlah tube : 18 buah

Diameter pipa : 0,0381 m

Panjang tube : 4,8768 m

Jarak pitch : 1,8750 in

IDS : 12 in

Harga : \$ 253.234

22. Pompa utilitas

Fungsi : mengalirkan air menuju tempat selanjutnya

Jenis : *Centrifugal Pump*

Bahan : *Commercial Steel*

Tabel 4.19 Spesifikasi pompa utilitas

Parameter	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04
fungsi	Mengalirkan air sungai ke bak penampung	Mengalirkan air dari B-01 ke B-02	Mengalirkan air dari B-02 untuk kebutuhan pemadam kebakaran	Mengalirkan air dari B-03 menuju <i>clarifier</i>
jenis	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Kapasitas (gpm)	114,4737	68,5081	44,0283	68,5081
ID (in)	4,026	3,068	2,469	3,068
OD (in)	4,5	3,5	2,88	3,5
NPS (in)	4	3	2,5	3
head (m)	4,8245	2,3583	4,1178	4,295
Motor standar (Hp)	1,5	0,5	0,5	1
Speed (rpm)	4.819,0205	6.376,9778	3.365,5953	4.067,6828
Bahan	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
harga	\$ 16.238	\$ 13.611	\$ 10.626	\$ 13.611
Jumlah	2	2	2	2

Parameter	PU-05	PU-06	PU-07	PU-08
fungsi	Mengalirkan air <i>sand filter</i> menuju B-04	Mengalirkan air dari B-04 menuju B-05	Mengalirkan air dari B-05 menuju B-06	Mengalirkan larutan NaOH 5% ke tangki <i>anion exchanger</i> untuk regenerasi resin
jenis	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Kapasitas (gpm)	68,5081	0,1835	68,3246	7,3968
ID (in)	3,068	0,269	3,068	2,067
OD (in)	3,5	0,405	3,5	2,38
NPS (in)	3	0,13	3	2
head (m)	7,2301	2,2376	5,5248	0,6780
Motor standar (Hp)	1,5	0,5	1	0,5
Speed (rpm)	2.752,394	343,2576	3.363,1669	5.337,1683
Bahan	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
harga	\$ 13.611	\$ 4.059	\$ 13.611	\$ 10.626
Jumlah	2	2	2	2

Parameter	PU-09	PU-10	PU-11	PU-12
fungsi	Mengalirkan larutan NaCl 5% ke tangka <i>kation exchanger</i> untuk regenerasi resin	Mengalirkan air dari B-06 menuju pendingin	Mengalirkan air cooling tower (<i>recycle</i>) ke B-06	Mengalirkan air dari B-07 menuju <i>cooling tower</i>
jenis	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Kapasitas (gpm)	4,3641	1.650,8679	1.582,5494	1.582,5494
ID (in)	1,61	7,981	7,625	7,625
OD (in)	1,9	8,625	8,625	8,625
NPS (in)	1,5	8	8	8
head (m)	0,5525	8,0727	8,5553	9,5406
Motor standar (Hp)	0,5	7,5	5	5
Speed (rpm)	4.779,8884	12.439,1336	11.659,9940	10.744,6684
Bahan	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
harga	\$ 6.925	\$ 24.715	\$ 24.715	\$ 24.715
Jumlah	2	2	2	2

Parameter	PU-13	PU-14	PU-15	PU-backwash SP
fungsi	Mengalirkan air dari TU-07 menuju ke boiler	Mengalirkan kondensat dari TU-07 ke <i>anion kation exchanger</i>	Mengalirkan bahan bakar dari tangka bahan bakar menuju boiler	Mengalirkan air dari B-03 ke saringan pasir
jenis	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>	<i>Single stage centrifugal pump</i>
Kapasitas (gpm)	0,0625	0,0551	0,0042	53,9380
ID (in)	1,049	1,049	0,364	3,068
OD (in)	1,32	1,32	0,54	3,5
NPS (in)	1	1	0,25	3
head (m)	3,0001	5,9115	5,1	2,9698
Motor standar (Hp)	0,5	0,5	0,5	0,5
Speed (rpm)	160,7885	90,8141	27,9024	4.759,8775
Bahan	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>	<i>Commercial steel</i>
harga	\$ 6.925	\$ 6.925	\$ 4.776	\$ 7.552
Jumlah	2	2	2	2

4.7 Organisasi Perusahaan

4.7.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) yaitu perusahaan yang terdiri dari pemegang saham dan berbentuk badan hukum. Dasar pertimbangan pemilihan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas adalah sebagai berikut:

1. Kontinuitas perusahaan sebagai badan hukum lebih terjamin sebab tidak tergantung pada pemegang saham, di mana pemegang saham dapat berganti-ganti.
2. Pemegang saham memiliki tanggung jawab yang terbatas terhadap adanya hutanghutang perusahaan. Ini berarti resiko pemegang saham hanya terbatas sampai besarnya modal yang disetorkan.
3. Dapat memperluas lapangan usaha karena lebih mudah memperoleh tambahan modal dengan menjual saham-saham baru.
4. Mudah memindahkan hak pemilik dengan menjual saham kepada orang lain.
5. Manajemen dan sosialisasi yang baik memungkinkan pengelolaan sumber-sumber modal secara efisien.
6. Pemegang saham melalui rapat umum dapat memilih Dewan Direksi yang cakap dan berkualitas untuk menjalankan perusahaan.

Bentuk perusahaan ini dipimpin oleh direksi yang terdiri dari seorang direktur utama dan dibantu oleh manajer-manajer. Direktur dipilih oleh rapat umum anggota, yang dipilih menjadi direktur tidak selalu orang yang memiliki saham, dapat juga orang lain. Pekerjaan direksi sehari-hari diawasi oleh rapat umum para pemilik saham.

Dewan komisaris berhak mengadakan pemeriksaan sendiri atau dibantu akuntan pabrik apabila perusahaan tidak berjalan sebagaimana mestinya. Direksi dan komisaris dipilih kembali oleh rapat umum pemilik saham setelah masa jabatan habis. Kekuasaan tertinggi dalam perseroan terbatas adalah rapat

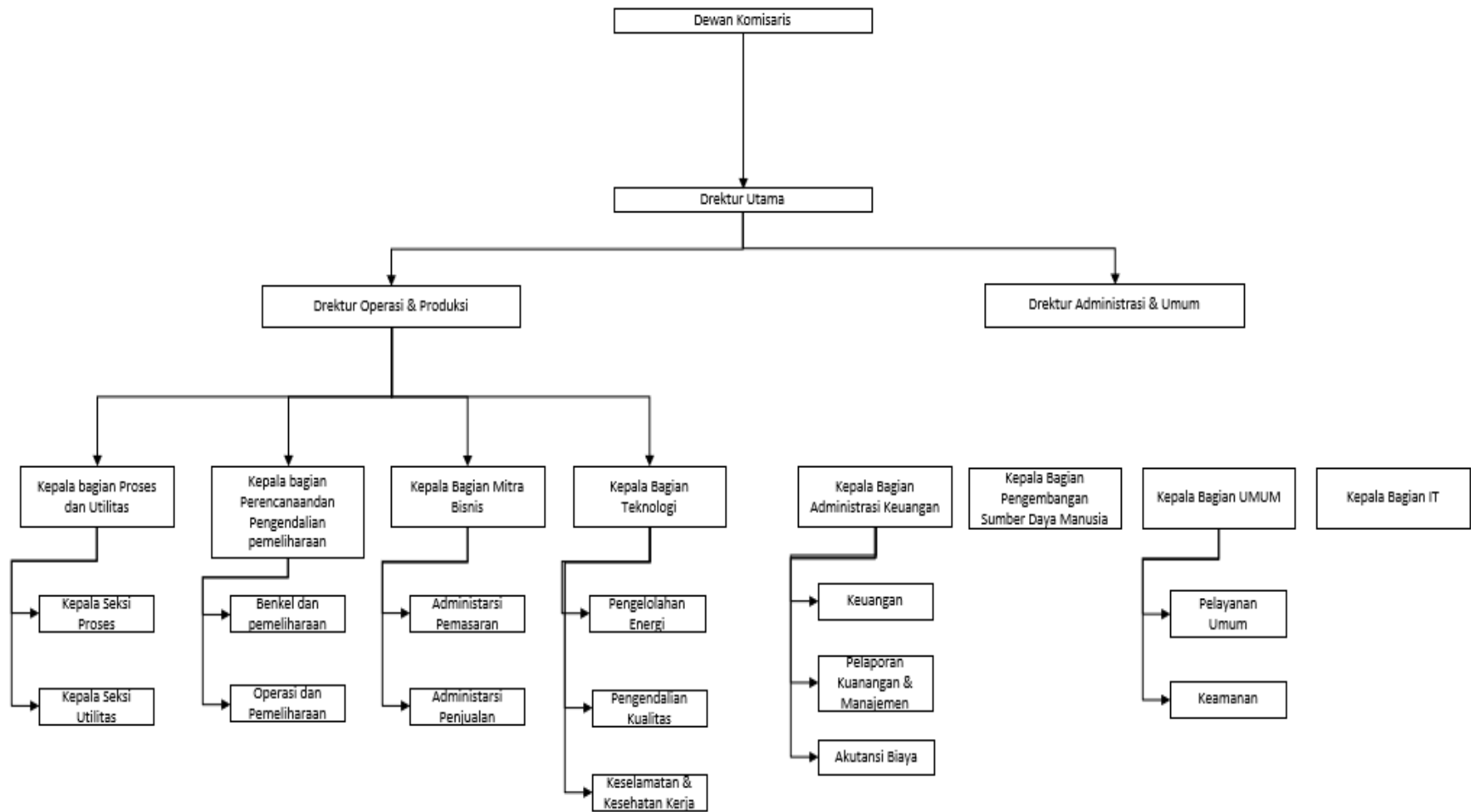
umum para pemilik saham atau Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang biasanya dilakukan satu tahun sekali.

4.7.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik dalam hal ini di suatu perusahaan, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Jenjang kepemimpinan dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut:

- a. Pemegang saham
- b. Direktur Utama
- c. Direktur
- d. Kepala Bagian
- e. Kepala Seksi
- f. Karyawan dan Operator

Tanggung jawab, tugas dan wewenang dari masing-masing jenjang kepemimpinan tentu saja berbeda-beda. Tanggung jawab, tugas serta wewenang tertinggi terletak pada puncak pimpinan yaitu dewan komisaris. Sedangkan kekuasaan tertinggi berada pada rapat umum pemegang saham.



Gambar 4. 6 Struktur organisasi perusahaan

4.7.3 Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah rapat umum pemegang saham. Pada rapat umum tersebut para pemegang saham :

- a Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris
- b Mengangkat dan memberhentikan direktur
- c Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan

2. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Produksi dan Teknik, serta Direktur Keuangan dan Umum.

Direktur utama membawahi :

- a Direktur Teknik dan Produksi

Tugas Direktur Teknik dan Produksi adalah memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

b. Direktur Umum dan Administrasi

Tugas Direktur Umum dan Administrasi adalah bertanggung jawab terhadap masalah-masalah yang berhubungan dengan administrasi, personalia, keuangan, pemasaran, humas, keamanan, dan keselamatan kerja.

3. Sekretaris

Tugas Sekretaris adalah membantu pimpinan dalam melakukan tugas-tugas harian, baik yang rutin maupun yang khusus.

4. Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan.

Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing.

Kepala bagian terdiri dari :

a. Kepala Bagian Produksi

Tugas: Mengawasi jalannya proses dan produksi

b. Kepala Bagian Teknik

Tugas: Bertanggung jawab kepada manager Teknik dan produksi dan melaksanakan pemeliharaan fasilitas dan peralatan pabrik.

c. Kepala Bagian R & D

Tugas: Merencanakan, melakukan, dan melaporkan semua aktifitas *research and development* untuk tujuan perbaikan dan pengembangan produk perusahaan.

d. Kepala Bagian Pemasaran

Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

e. Kepala Bagian Umum dan Administrasi

Tugas: Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan tata usaha, personalia dan rumah tangga perusahaan.

f. Kepala Bagian HRD

Tugas: Mengelola keahlian, meningkatkan, dan memotivasi mereka untuk mencapai kinerja terbaik dan memastikan mereka tetap berkomitmen pada perusahaan.

5. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh para kepala bagian masing-masing. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

1. Kepala Seksi Proses

Tugas: Memimpin langsung serta memantau kelancaran proses produksi.

2. Kepala Seksi *Quality control*

Tugas: Mengawasi dan meneliti produk, proses produksi perusahaan untuk memperoleh standar kualitas yang diharapkan.

3. Kepala Seksi Utilitas

Tugas: Bertanggung jawab terhadap penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

4. Kepala Seksi Bengkel

Tugas: Bertanggung jawab atas kegiatan perawatan dan penggantian alat-alat serta fasilitas pendukungnya.

5. Kepala Seksi Perawatan alat

Tugas: Mengawasi pelaksanaan pemeliharaan perawatan mesin untuk menjaga kelancaran proses produksi dan menjaga konsistensi kualitas dan memperpanjang umur peralatan mesin.

6. Kepala Seksi Laboratorium

Tugas: Menyelenggarakan pengendalian mutu untuk bahan baku, bahan pembantu, produk dan limbah.

7. Kepala Seksi Keuangan
Tugas: Bertanggung jawab terhadap pembukuan serta hal-hal yang berkaitan dengan keuangan perusahaan.
8. Kepala Seksi Pemasaran
Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.
9. Kepala Pengembangan
Tugas: Mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.
10. Kepala Seksi Personalia
Tugas: Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.
11. Kepala Seksi Humas
Tugas: Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan, pemerintah, dan masyarakat.
12. Kepala Seksi Keamanan
Tugas: Menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.
13. Kepala Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja
Tugas: Mengurus masalah kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.
14. Kepala Seksi Logistik
Tugas: Menyediakan sumber daya fisik sesuai kebutuhan dan mengendalikan pengiriman, penyimpanan material dan alat.
15. Kepala Seksi Pelatihan TK
Tugas: Memberikan bimbingan dan pengurusan pelatihan dan produktifitas tenaga kerja.
16. Kepala Seksi Transportasi
Tugas: Mengelola, mengarahkan, mengkoordinasikan dan mengendalikan seluruh perencanaan dan implementasi kebijakan dan strategi distribusi dan transportasi produk dan operasional.

4.7.4 Ketenagakerjaan

Suatu perusahaan dapat berkembang dengan baik jika didukung oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang mendukung perkembangan perusahaan adalah pemakaian sumber daya manusia untuk ditempatkan pada bidang-bidang pekerjaan sesuai keahlian. Faktor tenaga kerja merupakan faktor yang sangat menunjang dalam masalah kelangsungan berjalannya proses produksi dan menjamin beroperasinya alat-alat dalam pabrik. Untuk itu harus dijaga hubungan antara karyawan dengan perusahaan, karena hubungan yang harmonis akan menimbulkan semangat kerja dan dapat meningkatkan produktifitas kerjanya, yang pada akhirnya akan meningkatkan produktifitas perusahaan.

Hubungan itu dapat terealisasi dengan baik jika adanya komunikasi serta fasilitas-fasilitas yang diberikan perusahaan kepada karyawan. Salah satu contoh nyata adalah sistem penggajian atau pengupahan yang sesuai dengan Upah Minimum Regional (UMR) sehingga kesejahteraan dapat ditingkatkan.

Sistem upah karyawan perusahaan ini berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut statusnya karyawan perusahaan ini dapat dibagi menjadi tiga golongan yaitu:

1. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

2. Karyawan Harian

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan Direksi tanpa SK Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar pada setiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

Karyawan yang digunakan oleh perusahaan bila diperlukan saja, sistem upah yang diterima berupa upah borongan untuk suatu perusahaan.

4.7.5 Jadwal Kerja Karyawan

Pabrik *dimethyl phthalate* direncanakan memiliki jumlah pekerja sebanyak 140 orang dan beroperasi kontinyu selama 24 jam. Jumlah hari kerja 330 hari selama setahun, sisa hari yang lain digunakan untuk perawatan dan perbaikan alat. Dalam kerjanya, karyawan dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Karyawan *Non Shift*

Karyawan *non shift* merupakan karyawan yang tidak langsung menangani proses produksi, yang termasuk kelompok ini adalah kepala seksi ke atas dan semua karyawan bagian umum. Jam kerja yang berlaku untuk karyawan *non shift* dalam seminggu adalah 5 hari dengan jumlah kerja maksimum 45 jam selama seminggu dan selebihnya dihitung sebagai lembur. Dimana lembur untuk hari-hari biasa adalah 1,5 kali jam kerja sedangkan pada hari-hari besar (hari libur) adalah 2 kali jam kerja. Adapun jam kerja untuk karyawan *non shift* dapat diatur dengan perincian sebagai berikut:

Senin – Jumat : 08.00 – 17.00 WIB

Sabtu : Libur

Sedangkan untuk jam istirahat diatur sebagai berikut:

Selain hari Jumat : 12.00 – 13.00 WIB

Jumat : 11.30 – 13.00 WIB

Hari Minggu dan hari libur nasional semua karyawan *non shift* libur.

2. Karyawan *Shift*

Merupakan karyawan yang secara langsung menangani dan terlibat dalam proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan pabrik serta kelancaran produksi.

Sistem kerja karyawan produksi diatur menurut pembagian *shift* dan dilakukan secara bergiliran. Hal ini dilakukan karena alat-alat pada proses produksi memerlukan kerja rutin selama 24 jam secara terus menerus. Pembagian *shift* dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapat giliran *shift* sedangkan 1 regu libur. Adapun jam kerja *shift* dalam 1 hari diatur dalam 3 *shift* sebagai berikut:

Shift I : 07.00 – 15.00 WIB

Shift II : 15.00 – 23.00 WIB

Shift III : 23.00 – 07.00 WIB

Jam kerja *shift* berlangsung selama 8 jam sehari dan mendapat pergantian *shift* setiap 3 hari kerja sekali. Pada hari Minggu dan hari libur nasional semua karyawan *shift* tidak libur. Sedangkan tempat-tempat khusus, seperti bagian keamanan, bagian proses kontrol, dan utilitas juga dilakukan pembagian kerja yang diatur dalam pembagian *shift* seperti yang telah diatur di atas dan seluruh karyawan mendapat cuti selama 12 hari tiap tahun.

Tabel 4. 20 Jadwal kerja karyawan shift

REGU	HARI														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I
B		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II
C	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III
D	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	

REGU	HARI														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II
B	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III
C	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	
D	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I

REGU	HARI														
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
A	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III
B	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	
C	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I
D		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II

REGU	HARI														
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
A	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	
B	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I
C		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II
D	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III

Keterangan:

1, 2, 3, ... : hari ke-

A, B, C, ... : kelompok kerja *shift*

 : libur

I : 07.00 – 15.00 WIB

II : 15.00 – 23.00 WIB

III : 23.00 – 07.00 WIB

4.7.6 Perincian Jabatan dan Jenjang pendidikan

Masing-masing jabatan dalam struktur organisasi diisi dengan kriteria tertentu sesuai dengan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan tanggung jawab. Jenjang pendidikan karyawan yang diperlukan mulai dari lulusan SMA sampai dengan Sarjana S-2. Dengan perinciannya sebagai berikut:

Tabel 4. 21 Perincian jabatan dan Jenjang Pendidikan

NO	Jabatan	Jenjang pendidikan
1	Direktur Utama	S2
2	Direktur Teknik dan Produksi	S2
3	Direktur Keuangan dan Umum	S2
4	Staff Ahli	S2
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	S1
6	Ka. Bag. Perencanaan dan pemeliharaan	S1
7	Ka. Bag. Mitra Bisnis	S1
8	Ka. Bag. Teknologi	S1
9	Ka. Bag. Litbang	S1
10	Ka. Bag. Administrasi Keuangan	S1
11	Ka. Bag. Pengembangan SDM	S1
12	Ka. Bag. UMUM	S1
13	Ka. Bag. IT	S1
14	Ka. Sek. Utilitas	S1
15	Ka. Sek. Proses	S1
16	Ka. Sek. Bengkel dan Pemeliharaan	S1

LANJUTAN		
17	Ka. Sek. Operasi Pemeliharaan	S1
18	Ka. Sek. Administrasi Pemasaran	S1
19	Ka. Sek. Administrasi Penjualan	S1
20	Ka. Sek. Pengelolaan Energi	S1
21	Ka. Sek. Pengendalian Kualitas	S1
22	Ka. Sek. K3	S1
23	Ka. Sek. Keuangan	S1
24	Ka. Sek. Pelaporan Keuangan dan Manajemen	S1
25	Ka. Sek. Akutansi Biaya	S1
26	Ka. Sek. Pelayanan UMUM	S1
27	Ka. Sek. Keamanan	S1
28	Karyawan Bengkel dan Pemeliharaan	S1/D3
29	Karyawan Operasi Pemeliharaan	S1/D3
30	Karyawan Administrasi Pemasaran	S1/D3
31	Karyawan Administrasi Penjualan	S1/D3
32	Karyawan Pengelolaan Energi	S1/D3
33	Karyawan Pengendalian Kualitas	S1/D3
34	Karyawan K3	S1/D3
35	Karyawan Keuangan	S1/D3
36	Karyawan Pelaporan Keuangan	S1/D3
37	Karyawan Akutansi Biaya	S1/D3
38	Karyawan Pelayanan Umum	S1/D3
39	Karyawan SDM	S1/D3
40	Karyawan Operasi	S1/D3
41	Karyawan Utilitas	S1/D3
42	Karyawan IT	S1/D3

LANJUTAN		
43	Operator proses	S1/D3
44	Operator Utilitas	S1/D3
45	Sekretaris	S1
46	Dokter	S1
47	Perawat	D3
48	Satpam	SMK/SLTA/Sederajat
49	Supir	SMK/SLTA/Sederajat
50	Cleaning Service	SMK/SLTA/Sederajat

4.7.7 Perincian Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan harus ditentukan dengan tepat, sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselenggarakan dengan baik dan efektif.

Perincian jumlah karyawan, dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Perincian Jumlah Karyawan

NO	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Teknik dan Produksi	1
3	Direktur Keuangan dan Umum	1
4	Staff Ahli	1
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1
6	Ka. Bag. Perencanaan dan pemeliharaan	1
7	Ka. Bag. Mitra Bisnis	1
8	Ka. Bag. Teknologi	1
9	Ka. Bag. Litbang	1
10	Ka. Bag. Administrasi Keuangan	1

LANJUTAN		
11	Ka. Bag. Pengembangan SDM	1
12	Ka. Bag. UMUM	1
13	Ka. Bag. IT	1
14	Ka. Sek. Utilitas	1
15	Ka. Sek. Proses	1
16	Ka. Sek. Bengkel dan Pemeliharaan	1
17	Ka. Sek. Operasi Pemeliharaan	1
18	Ka. Sek. Administrasi Pemasaran	1
19	Ka. Sek. Administrasi Penjualan	1
20	Ka. Sek. Pengelolaan Energi	1
21	Ka. Sek. Pengendalian Kualitas	1
22	Ka. Sek. K3	1
23	Ka. Sek. Keuangan	1
24	Ka. Sek. Pelaporan Keuangan dan Manajemen	1
25	Ka. Sek. Akutansi Biaya	1
26	Ka. Sek. Pelayanan UMUM	1
27	Ka. Sek. Keamanan	1
28	Karyawan Bengkel dan Pemeliharaan	2
29	Karyawan Operasi Pemeliharaan	2
30	Karyawan Administrasi Pemasaran	2
31	Karyawan Administrasi Penjualan	2
32	Karyawan Pengelolaan Energi	2
33	Karyawan Pengendalian Kualitas	2
34	Karyawan K3	3
35	Karyawan Keuangan	3
36	Karyawan Pelaporan Keuangan	2

LANJUTAN		
37	Karyawan Akutansi Biaya	2
38	Karyawan Pelayanan Umum	2
39	Karyawan SDM	2
40	Karyawan Operasi	2
41	Karyawan Utilitas	2
42	Karyawan IT	2
43	Operator proses	17
44	Operator Utilitas	8
45	Sekretaris	4
46	Dokter	2
47	Perawat	4
48	Satpam	4
49	Supir	3
50	Cleaning Service	4
TOTAL		105

4.7.8 Kesejahteraan Karyawan

Pemberian upah yang akan dibayarkan kepada pekerja direncanakan diatur menurut tingkatan pendidikan, status pekerjaan dan tingkat golongan. Upah minimum pekerja tidak kurang dari upah minimum kota yang diberlakukan oleh pemerintah (Upah Minimum Regional) dan pelaksanaannya sesuai ketentuan yang berlaku pada perusahaan. Tingginya golongan yang disandang seorang karyawan menentukan besarnya gaji pokok yang diterima oleh karyawan tersebut. Karyawan akan mendapatkan kenaikan golongan secara berkala menurut masa kerja, jenjang pendidikan dan prestasi karyawan.

4.7.9 Sistem Gaji Karyawan

Penggajian karyawan didasarkan kepada jabatan, tingkat pendidikan, pengalaman kerja, keahlian dan resiko kerja. Jumlah karyawan harus ditentukan dengan tepat dengan cara menghitung jumlah karyawan proses berdasarkan jumlah peralatan dan jumlah karyawan proses per unit per regu, dan rincian karyawan yang lain ditentukan, sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselenggarakan dengan baik dan efektif. Sedangkan sistem gaji pegawai dibagi menjadi 3 golongan yaitu :

1. Gaji bulanan adalah gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dan besarnya gaji sesuai dengan peraturan perusahaan.
2. Gaji harian adalah gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.
3. Gaji lembur adalah gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja yang telah ditetapkan dan besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

Perincian besar gaji karyawan pabrik *dimethyl phthalate* ini dapat dilihat pada Tabel 4.23 dimana gaji yang diberikan disesuaikan dengan standar upah minimum regional Lamongan. Keputusan Gubernur Jatim Nomor : 188/665/KPTS/013/2018

Tabel 4. 23 Perincian Gaji Karyawan

NO	Jabatan	Jumlah	Gaji / Bulan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Direktur Utama	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
3	Direktur Keuangan dan Umum	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
4	Staff Ahli	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000

LANJUTAN				
5	Ka. Bag. Proses dan Utilitas	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
6	Ka. Bag. Perencanaan dan pemeliharaan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
7	Ka. Bag. Mitra Bisnis	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
8	Ka. Bag. Teknologi	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
9	Ka. Bag. Litbang	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
10	Ka. Bag. Administrasi Keuangan	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
11	Ka. Bag. Pengembangan SDM	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
12	Ka. Bag. UMUM	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
13	Ka. Bag. IT	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
14	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
15	Ka. Sek. Proses	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
16	Ka. Sek. Bengkel dan Pemeliharaan	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
17	Ka. Sek. Operasi Pemeliharaan	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
18	Ka. Sek. Administrasi Pemasaran	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
19	Ka. Sek. Administrasi Penjualan	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
20	Ka. Sek. Pengelolaan Energi	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
21	Ka. Sek. Pengendalian Kualitas	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
22	Ka. Sek. K3	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
23	Ka. Sek. Keuangan	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000

LANJUTAN				
24	Ka. Sek. Pelaporan Keuangan dan Manajemen	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
25	Ka. Sek. Akutansi Biaya	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
26	Ka. Sek. Pelayanan UMUM	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
27	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
28	Karyawan Bengkel dan Pemeliharaan	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000
29	Karyawan Operasi Pemeliharaan	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000
30	Karyawan Administrasi Pemasaran	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000
31	Karyawan Administrasi Penjualan	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000
32	Karyawan Pengelolaan Energi	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000
33	Karyawan Pengendalian Kualitas	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000
34	Karyawan K3	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000
35	Karyawan Keuangan	3	Rp 7.000.000	Rp 21.000.000
36	Karyawan Pelaporan Keuangan	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000
37	Karyawan Akutansi Biaya	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000
38	Karyawan Pelayanan Umum	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000
39	Karyawan SDM	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000
40	Karyawan Operasi	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000
41	Karyawan Utilitas	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000
42	Karyawan IT	2	Rp 7.000.000	Rp 14.000.000

LANJUTAN				
43	Operator proses	17	Rp 5.000.000	Rp 84.000.000
44	Operator Utilitas	8	Rp 5.000.000	Rp 40.000.000
45	Sekretaris	4	Rp 7.000.000	Rp 28.000.000
46	Dokter	2	Rp 8.000.000	Rp 16.000.000
47	Perawat	4	Rp 5.000.000	Rp 20.000.000
48	Satpam	4	Rp 3.000.000	Rp 12.000.000
49	Supir	3	Rp 3.000.000	Rp 9.000.000
50	Cleaning Service	4	Rp 3.000.000	Rp 12.000.000
Total		105	Rp 529.000.000	Rp 832.000.000

4.7.10 Fasilitas Karyawan

Fasilitas dinas yang diberikan pada karyawan atau pimpinan perusahaan sesuai dengan kemajuan dan keuntungan dari perusahaan adalah sebagai berikut:

- a. Fasilitas air bersih
- b. Fasilitas kesehatan bagi karyawan (suami/istri dan anak)
- c. Memberikan pakaian kerja 2 buah lengkap dengan alat-alat untuk perlindungan terhadap keselamatan kerja sebanyak 2 kali dalam setahun
- d. Fasilitas transportasi berupa bus pegawai bagi karyawan yang rumahnya jauh dari lokasi
- e. Fasilitas peribadatan berupa masjid di lingkungan perusahaan
- f. Memberikan uang bonus tiap tahun yang besarnya disesuaikan dengan keuntungan perusahaan dan memberikan uang tunjangan hari raya

- g. Memberikan asuransi kepada karyawan berupa asuransi kesehatan, asuransi kecelakaan dan asuransi hari tua.

4.8 Evaluasi Ekonomi

Pada perancangan pabrik *Dimethyl Phthalate* ini diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (*estimation*) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lama modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu evaluasi ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan atau tidak apabila didirikan. Ada beberapa faktor-faktor yang perlu ditinjau, diantaranya :

1. *Return On Investment* (ROI)
2. *Pay Out Time* (POT)
3. *Discounted Cash Flow* (DCF)
4. *Break Event Point* (BEP)
5. *Shut Down Point* (SDP)

Sebelum dilakukan analisa, maka perlu di lakukan perkiraan terhadap hal sebagai berikut :

1. Penentuan modal industri (*Total Capital Investment*) meliputi :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost*)
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)

b. Pengeluaran umum (*General Expenses*)

3. Pendapatan modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

a. Biaya tetap (*Fixed Cost*)

b. Biaya Variabel (*Variable Cost*)

4.8.1 Harga Alat

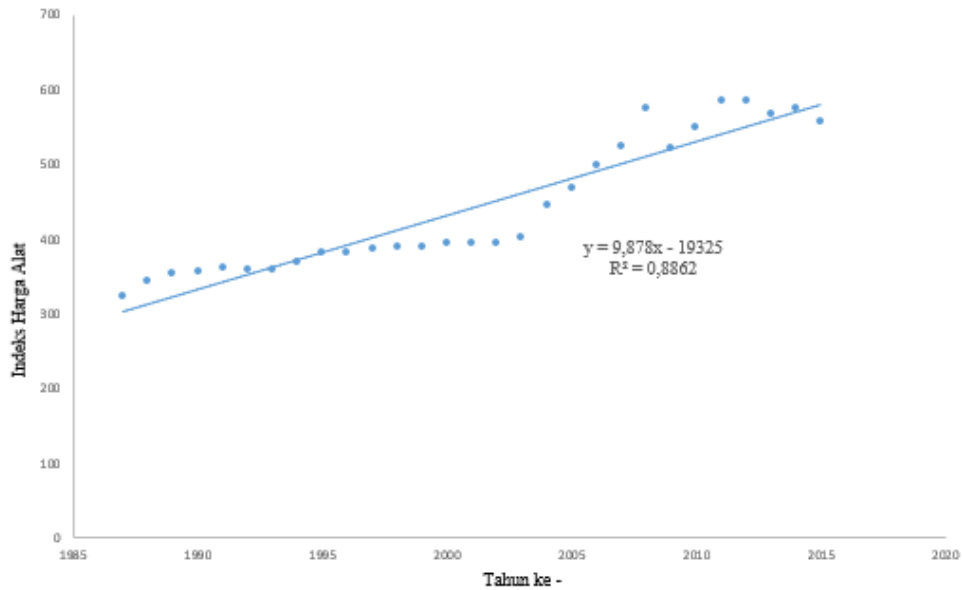
Seiring berkembangnya pertumbuhan ekonomi. Harga alat setiap tahunnya mengalami perubahan. Sehingga untuk memprediksi harga alat pada tahun pabrik yang akan berdiri diperlukan angka indeks. *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI) merupakan harga yang digunakan dalam penentuan harga alat. *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI) ditunjukkan pada Tabel 4.24 .

Tabel 4. 24 Indeks harga tiap tahun

Tahun (X)	CE Index (Y)
1987	324
1988	343
1989	355
1990	356
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6

LANJUTAN	
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8

Berdasarkan data indeks tahunan pada Tabel 4.24 dibuat regresi linear untuk menentukan perkiraan harga pada tahun berdirinya pabrik. Persamaan regresi yang diperoleh yaitu $y = 9,878x - 19325$. Pabrik *dimethyl phthalate* direncanakan akan mulai didirikan pada tahun 2026. Sehingga indeks harga alat pada tahun 2026 diperoleh 687,828. Grafik hasil plotting data dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut.



Gambar 4. 7 Linierisasi indeks harga

Harga-harga alat lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi (Peters & Timmerhaus, tahun 1990 dan Aries & Newton, tahun 1955).

Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan:

$$E_x = E_y \cdot \frac{N_x}{N_y} \quad (4.8)$$

(Aries & Newton,1955)

Keterangan :

E_x : Harga pembelian pada tahun 2024

E_y : Harga pembelian pada tahun referensi

N_x : Index harga pada tahun 2014

N_y : Index harga pada tahun referensi

4.8.2 Dasar Perhitungan

Dasar perhitungan yang digunakan dalam analisis ekonomi pabrik natrium nitrat ini adalah :

1. Kapasitas produksi : 20.000 ton/tahun
2. Satu tahun operasi : 330 hari
3. Pabrik didirikan tahun: 2026
4. Nilai kurs mata uang : \$1 = Rp 14.665 (per 23 Mei 2022)
5. Umur alat : 10 tahun

4.8.3. Perhitungan Biaya

4.8.3.1. Capital Investment

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya (Peters dan Timmerhaus, 2004). *Capital investment* meliputi :

1. Fixed Capital Investment

Fixed Capital Investment adalah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik (Peters dan Timmerhaus, 2004). Setelah melakukan perhitungan rencana maka pabrik asam nitrat ini memerlukan rencana physical plant cost, direct plant cost, fixed capital instrument.

Tabel 4. 25 *Physical Plan Cost (PPC)*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	55.883.822.780	3.810.694
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	13.970.955.695	952.673
3	<i>Instalation Cost</i>	11.095.939.743	756.627
4	<i>Piping Cost</i>	14.055.314.926	958.426
5	<i>Instrumentation Cost</i>	14.340.002.324	977.839
6	<i>Insulation Cost</i>	2.449.752.064	167.048
7	<i>Electrical Cost</i>	8.382.573.417	571.604
8	<i>Building Cost</i>	48.662.500.000	3.318.275
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	95.595.000.000	6.518.582
	Total	264.435.860.951	18.031.767

Tabel 4. 26 *Direct Plant Coost* (DPC)

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Engineering and Construction</i>	52.887.172.190	3.606.353
2	<i>DPC</i>	317.323.033.141	21.638.120
Total		370.210.205.331	25.244.473

Tabel 4. 27 *Fixed Capital Investment* (FCI)

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	317.323.033.141	21.638.120
2	<i>Cotractor's fee</i>	12.692.921.326	865.525
3	<i>Contingency</i>	31.732.303.314	2.163.812
Total		361.748.257.780	24.667.457

2. *Working Capital Investment* (WCI)

Working Capital Investment adalah modal yang dibutuhkan untuk menjalankan operasional pabrik selama waktu tertentu (Peters dan Timmerhaus, 2004). *Working Capital Investment* dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4. 28 *Working Capital Invesment*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	44.892.879.573,15	3.061.226,02
2	<i>Inproses Onventory</i>	35.489.491.495,26	2.420.013,06
3	<i>Product Inventory</i>	23.659.660.996,84	1.613.342,04
4	<i>Extended Credit</i>	107.987.727.272,73	7.363.636,36
5	<i>Available Cash</i>	70.978.982.990,52	4.840.026,12
Total		283.008.742.328,51	19.298.243,60

4.8.3.2. Manufacturing Cost

Manufacturing cost merupakan biaya yang dibutuhkan untuk kegiatan produksi suatu produk. Manufacturing cost merupakan jumlah dari *direct*, *indirect* dan *fixed manufacturing cost* yang berkaitan dengan produk. Manufacturing cost berdasarkan (Aries & Newton,1955) terdiri dari:

1. Direct Manufacturing Cost (DMC)

Direct manufacturing cost merupakan biaya pengeluaran yang berhubungan langsung operasional pabrik. *Direct manufacturing cost* dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4. 29 *Direct Manufacturing Cost* (DMC)

No	Type of Expenses	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	164.607.225.101,56	11.224.495,40
2	<i>Labor</i>	9.960.000.000,00	679.168,09
3	<i>Supervision</i>	1.195.200.000,00	81.500,17
4	<i>Maintenance</i>	7.234.965.155,61	493.349,14
5	<i>Plant Supplies</i>	1.085.244.773,34	74.002,37
6	<i>Royalty and Patents</i>	3.959.550.000,00	270.000,00
7	<i>Utilities</i>	2.166.027.578,91	147.700,48
Total		190.208.212.609,42	12.970.215,66

2. Indirect Manufacturing Cost (IMC)

Indirect manufacturing cost merupakan biaya pengeluaran yang tidak langsung berhubungan dengan operasional pabrik. *Indirect manufacturing cost* dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4. 30 *Indirect manufacturing Cost*

No	Type of Expenses	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	1.494.000.000,00	101.875,21
2	<i>Laboratory</i>	996.000.000,00	67.916,81
3	<i>Plant Overhead</i>	7.968.000.000,00	543.334,47
4	<i>Packaging and Shipping</i>	19.797.750.000,00	1.350.000,00
Total		30.255.750.000,00	2.063.126,49

3. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Fixed manufacturing cost merupakan biaya pengeluaran yang berhubungan dengan initial fixed capital investment. Biaya ini selalu dikeluarkan baik saat pabrik beroperasi maupun tidak beroperasi. Sehingga, biaya ini bersifat tetap dan selalu sama, tidak bergantung waktu dan tingkat produksi. *Fixed manufacturing cost* dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4. 31 *Fixed Manufacturing Cost*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	28.939.860.622,43	1.973.396,56
2	<i>Property taxes</i>	7.234.965.155,61	493.349,14
3	<i>Insurance</i>	3.617.482.577,80	246.674,57
Total		39.792.308.355,84	2.713.420,28

Tabel 4. 32 *Total Manufacturing Cost*

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	190.208.212.609,42	12.970.215,66
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	30.255.750.000,00	2.063.126,49
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	39.792.308.355,84	2.713.420,28
Total		260.256.270.965,25	17.746.762,43

4.8.3.3. *General Expense*

General expenses merupakan biaya yang dibutuhkan untuk menjalankan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk dalam manufacturing cost. *General expense* dapat dilihat pada Tabel 4.33.

Tabel 4. 33 *General Expense*

No	Type of Expenses	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	13.012.813.548,26	887.338,12
2	<i>Sales Expense</i>	20.820.501.677,22	1.419.740,99
3	<i>Research</i>	13.012.813.548,26	887.338,12
4	<i>Finance</i>	12.895.140.002,18	879.314,01
Total		59.741.268.775,92	4.073.731,25

Tabel 4. 34 *Total Production Cost*

No	Type of Expenses	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	260.256.270.965,25	17.746.762,43
2	<i>General Expenses(GE)</i>	59.741.268.775,92	4.073.731,25
Total		319.997.539.741,18	21.820.493,67

4.8.4. Analisis Keuntungan

1. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp. 395.955.000.000

Total biaya produksi : Rp. 319.997.539.741

Keuntungan : Total penjualan - Total biaya produksi
: Rp. 75.957.460.258

2. Keuntungan sesudah pajak

Besar pajak penghasilan berdasarkan UU No. 36 Tahun 2008 tentang PPh adalah sebesar 25 %.

Pajak : 25 % x Rp. 75.957.460.258

: Rp. 18.989.365.065

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak – pajak
: Rp. 56.968.095.194

4.7.5. Analisis Kelayakan

4.7.5.1. Return on Investment (ROI)

Return on investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi minimum adalah 44% (Aries dan Newton, 1955).

Persamaan untuk menghitung ROI adalah sebagai berikut.

$$ROI = \frac{\text{keuntungan}}{\text{Fixed Capital}} \times 100\%$$

1. ROI Sebelum Pajak (ROI b)

ROI = 21 %

2. ROI Setelah Pajak (ROI a)

ROI = 16 %

4.7.5.2 Pay Out Time (POT)

Pay out time adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang dicapai. Syarat POT sebelum pajak untuk

pabrik kimia dengan risiko tinggi maksimal adalah 2 tahun (Aries dan Newton, 1955). Persamaan untuk menghitung POT adalah sebagai berikut.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{keuntungan} + \text{depresiasi}}$$

1. POT Sebelum Pajak (POTb)

POT = 3 tahun

2. POT Setelah Pajak (POTa)

POT = 4 tahun

4.7.5.3 Break Even Point (BEP)

Break even point adalah titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan *break even point* kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapatkan keuntungan. Nilai BEP pabrik kimia pada umumnya adalah 40-60%. Pabrik akan untung jika beroperasi di atas BEP, dan akan rugi jika beroperasi di bawah BEP. Persamaan untuk menghitung

BEP adalah sebagai berikut

$$BEP = \frac{Fa + 0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\%$$

Dimana :

Fa = *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum Annual

Tabel 4. 35 *Annual Fixed Cost (Fa)*

No.	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1.	<i>Depreciation</i>	28.939.860.622,43	1.973.396,56
2.	<i>Property taxes</i>	7.234.965.155,61	493.349,14
3.	<i>Insurance</i>	3.617.482.577,80	246.674,57
Total Fixed Manufacturing Cost		39.792.308.355,84	2.713.420,28

Tabel 4. 36 Annual Regulated Cost (Ra)

No.	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1.	Gaji Karyawan	9.960.000.000,00	679.168,09
2.	<i>Payroll Overhead</i>	1.494.000.000,00	101.875,21
3.	<i>Supervision</i>	1.195.200.000,00	81.500,17
4.	<i>Plant Overhead</i>	7.968.000.000,00	543.334,47
5.	Laboratorium	996.000.000,00	67.916,81
6.	<i>General Expense</i>	59.741.268.775,92	4.073.731,25
7.	<i>Maintenance</i>	7.234.965.155,61	493.349,14
8.	<i>Plant Supplies</i>	1.085.244.773,34	74.002,37
	Total Regulated Cost	89.674.678.705	6.114.878

Tabel 4. 37 Annual variable Value (Va)

No.	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1.	<i>Raw Material</i>	164.607.225.101,56	11.224.495,40
2.	<i>Packaging and Shipping</i>	19.797.750.000,00	1.350.000,00
3.	<i>Utilities</i>	2.166.027.578,91	147.700,48
4.	<i>Royalty & Patent</i>	3.959.550.000,00	270.000,00
	Total Variable Cost	190.530.552.680,47	12.992.195,89

Tabel 4. 38 Annual Sales Value (Sa)

No.	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1.	<i>Annual Sales Value</i>	395.955.000.000	49.994.308
	Annual Sales Value (Sa)	395.955.000.000	49.994.308

Dengan menggunakan data yang terdapat pada Tabel.4.38– 4.41,maka didapatkan nilai BEP sebesar : 46,75 %

4.7.5.4 Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah tingkat produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup

pabrik dan membayar *fixed cost*. Persamaan untuk menghitung SDP adalah sebagai berikut.

$$SDP = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7 Ra} \times 100\%$$

$$SDP = 18,86 \%$$

Dimana :

Ra = *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va = *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa = *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

4.7.5.4 Discounted Cash Flow of Return (DCFR)

Discaunted cash flow of return merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. Standart suku bank Indonesia yang digunakan sebesar 4,25 % (suku bunga Lending Facility berdasarkan Bank Indonesia per 23 Mei 2022). Persamaan untuk menghitung DCFR adalah sebagai berikut.

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C \sum_{n=0}^{n=N-1} (1 + i)^N + WC + SV$$

Dimana :

FC = *Fixed capital investment*

WC = *Working capital investment*

SV = *Salvage value = depresiasi*

C = *Cash flow = profit after taxes + depresiasi + finance*

n = *Umur pabrik = 10 tahun*

i = *Nilai DCFR*

Sebagai perhitungan digunakan data:

FC = Rp. 307.048.674.084

WC = Rp. 276.055.471.230

SV = Rp. 24.563.893.927

C = Rp 90.902.109.472

n = Umur pabrik = 10 tahun

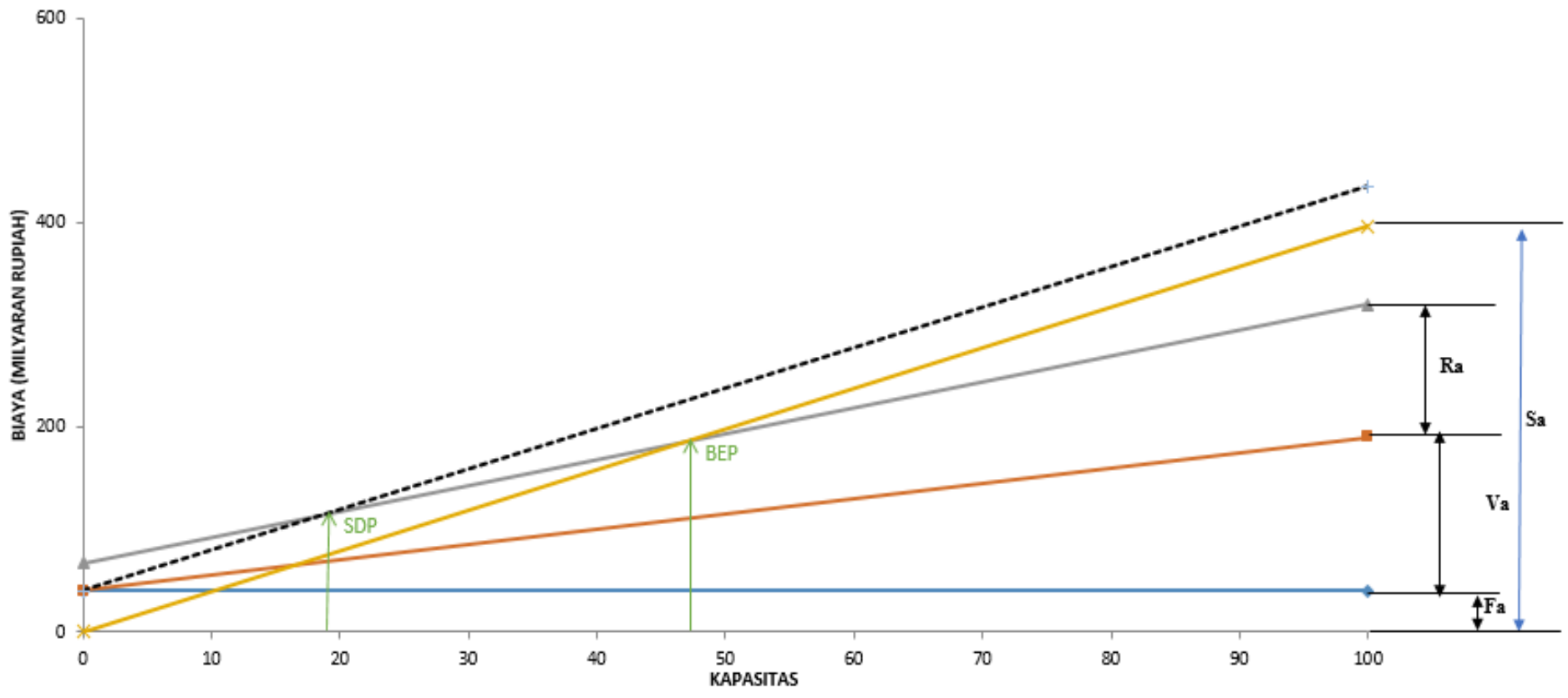
Sehingga dengan *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR. Diperoleh nilai

DCFR adalah :

DCFR : 14,37%



Gambar Evaluasi Ekonomi



Gambar 4. 8 Grafik Analisa kelayaka

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Pabrik *dimethyl phthalate* dengan kapasitas produksi 20.000 ton/tahun direncanakan didirikan di Lamongan, Jawa Timur dengan luas tanah 31800 m². Pabrik beroperasi selama 330 hari efektif setiap tahun dan 24 jam/hari dengan jumlah tenaga kerja yang diserap sebanyak 105 orang.
2. Ditinjau dari segi ekonomi, pabrik *dimethyl phthalate* ini membutuhkan *Fixed Capital Investment* Rp 224.450.785.149 dan *Working Capital* Rp 276.055.471.230. Analisis ekonomi pabrik *dimethyl phthalate* ini menunjukkan nilai ROI sebelum pajak sebesar 24% dan ROI sesudah pajak sebesar 18%. Nilai POT sebelum pajak adalah 3 tahun dan POT sesudah pajak adalah 4 tahun. BEP sebesar 46,75% kapasitas produksi dan SDP sebesar 18,86% kapasitas produksi. DCF sebesar 14,37%. Berdasarkan data analisis ekonomi tersebut, maka pabrik *dimethyl phthalate* ini layak untuk dikaji lebih lanjut.

5.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia diperlukan pemahaman konsep-konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian suatu pabrik kimia diantaranya sebagai berikut:

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
3. Produk *dimethyl phthalate* dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dimasa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

Daftar Pustaka

- Aries, R. S., and Newton, R. D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw-Hill Book Co. Inc., New York.
- Backhurst, J. R., and Harker, J. K., 1973, *Process Plant Design*, Heinemann Educational Book, London.
- Badger, W. L., and Bacher, J. T., 1957, *Introduction to Chemical Engineering* McGraw-Hill Book Co. Singapore.
- Brown, G. G., 1978, *Unit Operations* John Wiley & Sons Inc., New York.
- Brownell, L. E., and Young, E. H., 1968, *Process Equipment Design*, 1st ed., John Wiley & Sons Inc., New York.
- Coulson, J. M., and Richardson, J. F., 1986, *Chemical Engineering*, vol. 6 Pergamon Press, Oxford.
- Douglas, J. M., 1988, *Conceptual Design of Chemical Process*, McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- Hill, C. G., 1977, *An Introduction to Chemical Engineering Kinetic & Reactor Design*, John Wiley & Sons, Toronto.
- Kern, D. Q., 1950, *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Co. Ltd., Kogakusha, Tokyo.
- Kirk, R. E., and Othmer, D. F., 1965, *Concise Encyclopedia Of Chemical Technology*, vol.20, John Wiley & Sons, Canada.
- Levenspiel, O., 1962, *Chemical Reaction Engineering* 2nd ed., John Wiley & Sons Inc., New York.
- Ludwig, E. E., 1964, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, vol. I, II, III, Gulf Publishing Co., Houston.
- McCabe, W.L. and Smith, J.C. 1976, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 3rd ed., McGraw Hill, Kogakusha, Ltd

- Mc. Ketta, J.J., 1976, *Encyclopedia of Chemical Processing and Petrochemical Plant*, Vol IV, Marcel Dekker Inc., New York.
- Perry, J. H., 1954, *Chemical Business Hand Book*, 1st ed., McGraw-Hill Book Co. Inc., New York.
- Perry, R. H., and Green., D. W., 1984, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 6th ed., McGraw-Hill Kogakusha Ltd., Tokyo.
- Peter, M. S., and Timmerhause, K. D., 1981, *Plant Design & Economic for Chemical Engineers*, 3rd ed., McGraw-Hill Book Co. Ltd., Kogakusha.
- Powell, S. T., 1954, *Water Conditioning for Industry*, McGraw-Hill Book Co., New York.
- Rase, H. F., 1977, *Chemical Reactor Design for Process Plant*, vol. 1 John Wiley & Sons, New York.
- Smith, J. M., 1981, *Chemical Engineering Kinetic*, 3rd ed., McGraw-Hill Book Co. Ltd., Singapore.
- Ullmann, Fritz, 1985, *Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 5th ed., Wiley-VCH, Weinhem.
- Treybal, R. E., 1968, *Mass Tranfer Operations*, 2nd ed., McGraw-Hill Book Co., Ltd., Kogakusha.
- Yaws, Carl. L., 1999, *Chemical Properties handbook*, McGraw-Hill, New York.

Lampiran

Lampiran A

REAKSI ESTERIFIKASI

Jenis : RATB (reaktor alir tangki berpengaduk)
Fungsi : mereaksikan *phthalic anhydride* dengan metanol dengan katalis asam sulfat
Bentuk : silinder
Bahan : *stainless steel SA 167 type 316*
Kondisi operasi
Suhu : 60 °C (333 K)
Tekanan : 1 atm

Komponen	C (kmol/jam)	m (kg/jam)	ρ (kg/m ³)	Fv (m ³ /jam)
C ₈ H ₄ O ₃	3.2233	477.0449	1,254.1834	0.3804
C ₄ H ₂ O ₃	0.1223	11.9861	1,287.2069	0.0093
CH ₃ OH	25.7862	464.1518	733.4852	0.6328
C ₁₀ H ₁₀ O ₄	25.5231	2,501.2626	1,137.2708	2.1994
H ₂ O	7.8235	250.3526	975.6407	0.2566
H ₂ SO ₄	0.2459	47.7045	1,764.6882	0.0270
Total	62.7243	3,752.5026	7,152.4754	3.5055

k : 0,0145/menit : 0,8700/jam

XA : 0,8

Konversi tiap reaktor

$$V_n = \frac{Fv(X_n - X_{n-1})}{k(1 - X_n)}$$

V : 16,1171 m³

X₀ : 0

X₁ : 0,8

$$X_{n-1} = X_n - \frac{V_n \cdot K(1 - X_n)}{Fv}$$

Untuk nilai X pada reaktor ke-n, digunakan *trial and error* dan *goal seek*.

1. Untuk reaktor 1, menentukan nilai V coba.
2. Memasukkan nilai $X_1 = 0,8$.
3. Memasukkan nilai X_0 secara sembarang.
4. Goal seek pada file excel, dimana *set cell* merupakan nilai X_0 , *to value* merupakan nilai 0, dan *by changing cell* merupakan nilai V coba.
5. Untuk reaktor 2 dan seterusnya, menentukan nilai V_n coba. Kemudian nilai $V_{n-1} = V_n$ coba, dan $V_1 = V_n$ coba.
6. Memasukkan nilai $X_n = 0,8$. Untuk X_{n-1} menggunakan persamaan yang ada.
7. Memasukkan nilai X_0 secara sembarang.
8. *Goal seek* pada file excel, dimana *set cell* merupakan nilai X_0 , *to value* merupakan nilai 0, dan *by changing cell* merupakan nilai V_n coba.

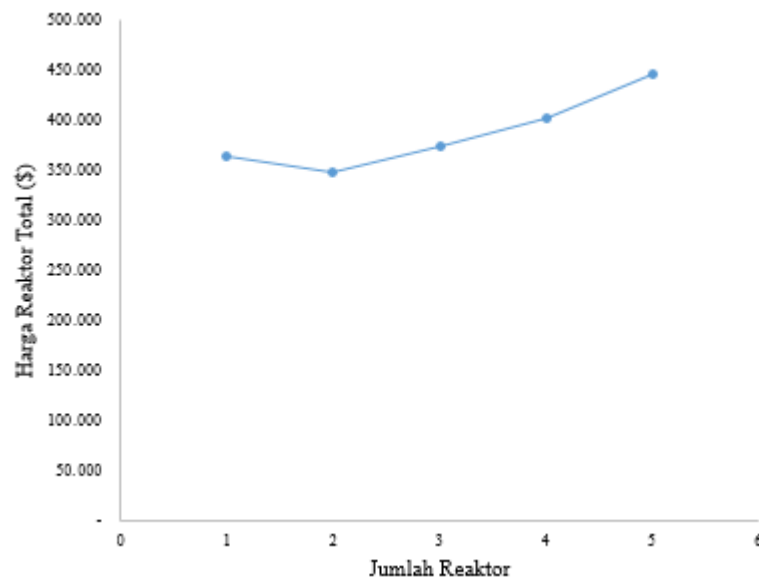
Metode six-Tenths Factor

Kondisi operasi : 1 atm : 14,7 lb/in²

Bahan : *stainless steel*

Basis harga pada volume 3000 gallon = \$161.300

N	Volume (L)	Volume (Gallon)	Cost/unit	Cost
1.000	16,960.115	4,480.388	363,435.112	363,435.112
2.000	4,983.379	1,316.469	174,294.608	348,589.215
3.000	2,860.730	755.725	124,926.846	374,780.538
4.000	1,995.940	527.272	100,660.267	402,641.069
5.000	1,626.917	429.786	89,040.770	445,203.852



Jika ditinjau dari harga, maka digunakan 2 buah reaktor dengan volume masing-masing $V_1 = V_2$

$V_{shell} : 4,983 \text{ m}^3 \quad 4.983,379 \text{ L} \quad 1.316,469 \text{ gallon}$

1. Dimensi reaktor 1

Kondisi operasi

Tekanan : 1 atm : 14,7 psi

Suhu : 60 °C : 333 K

$V_{reaktor} : 4,983 \text{ m}^3 : 4.983,379 \text{ L}$

Diambil overdesign 20%, maka volume reaktor yang diperlukan :

$V_R : 5,9801 \text{ m}^3 \quad 5.980,0546 \text{ L}$

Ditentukan perbandingan antara tinggi (H) dan diameter (D) reaktor 3:2 dengan alasan karena tekanan operasi <200 psi. (Brownell -Young, halaman 88)

$V_{reaktor} = V_{shell} + 2 \cdot V_{head}$

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$V_{head} = (4,9 \times 10^{-5}) \times D^3$$

Maka,

$$V_{reaktor} = \left(\frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \right) + 2 \left(4,9 \times 10^{-5} \times \left(\frac{1}{12} \right)^3 \times D^3 \right)$$

Dimana; $H = \frac{3}{2} \times D$

$$D^3 = \frac{V \text{ reaktor}}{\left(\frac{\pi}{4} \times \frac{3}{2}\right) + 2 \left(4,9 \times 10^{-5} \times \left(\frac{1}{12}\right)^3\right)}$$

D : 5,6394 ft 67,6728 in 1,7189 m
H : 8,4591 ft 101,5092 in 2,5783 m

a) Menentukan tebal shell

Diameter dalam : 67,6728 in
Tekanan operasi : 17,64 psi
Suhu operasi : 140 °F
Bahan konstruksi : *stainless steel SA 167 tipe 316*

Untuk T = 140 °F, maka (appendix D, Brownell-Young)

Max allowable stress (f) : 17.900 psi
Effisiensi sambungan (E) : 0,85
Faktor korosi (C) : 0,125 in

Tebal shell dihitung dengan persamaan 13.1 Brownell-Young halaman 254

$$ts = \frac{P \times ri}{fXE - 0,6 \times P} + C$$

Dimana,

ts : tebal dinding shell (in)
P : tekanan design (psi)
ri : jari-jari reaktor (in)
E : effisiensi sambungan
f : tekanan maksimal yang diizinkan (psi)
C : korosi yang diizinkan (in)

ts : 0,1643 in

Dari appendix F, item 2 halaman 350, Brownell-Young maka dipakai :

Tebal shell standar : 0,25 in
: ¼ in
OD : ID + 2.ts
: 68,1728 in
: 1,7316 m

Dari tabel 5.7 Brownell-Young, page 90

OD sesuai : 72 in
Koreksi ID : OD – 2.ts
: 71,5 in
: 1,8161 m
: 5,9583 ft

b) Menentukan tebal head

Bentuk head yang digunakan adalah torispherical dished head karena tekanan <200 psi.

Tebal head dihitung dari persamaan 13.12 halaman 258 Brownell-Young

$$th = \left(\frac{0,885 \times P \times ri}{f \times E - 0,1 \times P} \right) + C$$

Dari tabel 5.7 page 90 Brownell-Young, diperoleh

Icr : 4,375 in

r : 72 in

Maka

th : 0,1989 in

dipakai tebal head = 3/8 in (tabel 5.7 Brownell-Young)

th : 0,375 in

Rasio icr terhadap diameter luar (OD)

Icr/OD: 0,0642

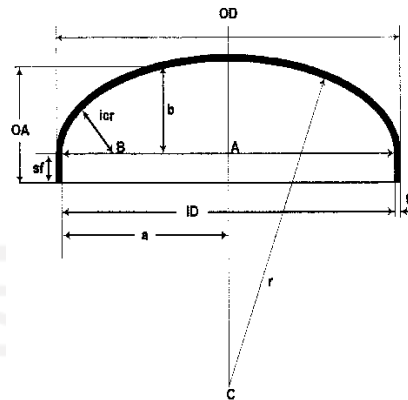
Untuk rasio icr terhadap OD sekitar 6,504%, dengan persamaan 5.11 Brownell-Young dihitung volume head.

$$V_{head} = (4,9 \times 10^{-5}) \times ID^3$$

$$V_{head} = 17,9108 \text{ in}^3$$

$$= 0,5071 \text{ m}^3$$

c) Menentukan jarak puncak dengan straight lange (SF)



Dari tabel 5.6 halaman 88 Brownell-Young, untuk head standar 3/8 in didapatkan nilai SF 1,5-3 in. Maka dipilih straight flange (SF) = 2 in

$$\begin{aligned}
 a &= ID/2 \\
 &= 35,75 \text{ in} \\
 AB &= a - icr \\
 &= 31,375 \text{ in} \\
 BC &= r - icr \\
 &= 67,625 \text{ in} \\
 AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= 59,9062 \text{ in} \\
 B &= r - AC \\
 &= 12,0938 \text{ in} \\
 OA &= b + SF + th \\
 &= 14,4688 \text{ in} \\
 &= 0,3675 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi tinggi head = 0,3675 m

d) **Tinggi reaktor**

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi shell} &= 1,5 \times ID \text{ koreksi} \\
 &= 107,25 \text{ in} \\
 &= 2,7242 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi reaktor (H)} &= \text{tinggi shell} + 2.\text{tinggi head} \\
 &= 136,1876 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$= 3,4592 \text{ m}$$

$$= 11,349 \text{ ft}$$

e) Menghitung tinggi larutan dalam reaktor

$$\text{Luas penampang reaktor (A)} = \frac{\pi}{4} \times ID^2$$

$$= 2,5891 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume buttom, Vb} = \text{volume head}$$

$$= 0,5071 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume larutan} = 5,9801 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume larutan dalam shell} = \text{vol. larutan} - \text{vol. head bawah}$$

$$= 5,4730 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi larutan dalam shell} = \frac{\text{vol.larutan dalam shell}}{\text{luas penampang reaktor}}$$

$$= 2,1138 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi larutan dalam shell dan buttom} = \text{H larutan dalam shell} + \text{H buttom}$$

$$= 2,4813 \text{ m}$$

f) Volume reaktor

$$\text{Volume shell} = \text{luas penampang} \times \text{tinggi shell}$$

$$= 7,0531 \text{ m}$$

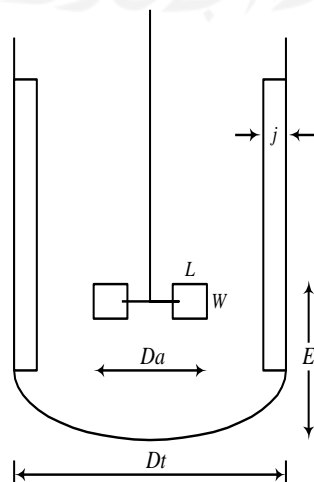
$$\text{Volume reaktor} = \text{volume shell} + 2 \times \text{volume head}$$

$$= 8,0673 \text{ m}^3$$

$$= 2131,1407 \text{ gallon}$$

g) Pengadukan

Pengaduk yang diigunakan jenis six flat blade turbin with six blade yang dilengkapi dengan 4 baffle. Fig 9.12, halaman 230. Dari McCabe-Smith (1993) diambil standar turbin design sebagai berikut:



- Dt : diameter tangki
- Da : diameter impeller
- W : lebar blade
- j : kedalaman baffle
- E : tinggi sudut impeller
- L : panjang blade

Ketentuan

Perbandingan diameter impeller dengan diameter reaktor adalah $Da/Dt = 1/3$

$$\begin{aligned} Da &= 1/3 \times Dt \\ &= 0,6054 \text{ m} \\ &= 1,9861 \text{ ft} \end{aligned}$$

Perbandingan posisi sudut impeller dengan diameter reaktor adalah $Da/Dt = 1$

$$\begin{aligned} E &= Da \\ &= 0,6054 \text{ m} \\ &= 1,9861 \text{ ft} \end{aligned}$$

Perbandingan lebar impeller dengan diameter impeller adalah $W/Da = 1/5$

$$\begin{aligned} W &= 1/5 \times Da \\ &= 0,1211 \text{ m} \\ &= 0,3972 \text{ ft} \end{aligned}$$

Perbandingan kedalaman baffle dengan diameter reaktor adalah $j/Dt = 1/12$

$$\begin{aligned} j &= 1/12 \times Dt \\ &= 0,1513 \text{ m} \\ &= 0,4965 \text{ ft} \end{aligned}$$

Perbandingan panjang impeller dengan diameter impeller adalah $L/Da = 1/4$

$$\begin{aligned} L &= 1/4 \times Da \\ &= 0,1513 \text{ m} \\ &= 0,4965 \text{ ft} \end{aligned}$$

h) Memperkirakan kecepatan putaran pengaduk

Menurut persamaan 8.8, Rase, "Chemical Reactor Design For Process Plants", halaman 345:

$$\frac{WELH}{2 \times Da} = \left(\frac{\pi \times Da \times N}{600} \right)^2$$

$$\text{Specific gravity} = \frac{\rho_{\text{umpan}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$\rho_{\text{umpan}} = 1.099,8606 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{air}} = 975,6407 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Specific gravity} = 1,1273$$

$$\text{WELH} = \text{Water Equivalent Liquid Height}$$

$$\begin{aligned} \text{WELH} &= \text{tinggi cairan} \times \text{spesific gravity} \\ &= 2,7973 \text{ m} \\ &= 9,1774 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= \left(\frac{\text{WELH}}{2 \times Da} \right)^{0,5} \times \left(\frac{600}{\pi \times Da} \right) \\ &= 146,1643 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Dipakai kecepatan putar pengaduk reaktor = 150 rpm = 2,5 rps

i) Bilangan reynold untuk pengadukan

$$Re = \frac{\rho \text{ umpan} \times N \times Da^2}{\mu \text{ umpan}}$$

$$\begin{aligned} \mu \text{ umpan} &= 1,2945 \text{ cP} \\ &= 0,0009 \text{ lb/ft.detik} \\ &= 0,0013 \text{ kg/m.detik} \\ \rho \text{ umpan} &= 1099,8606 \text{ kg/m}^3 \\ &= 68,6643 \text{ lc/cuft} \\ Re &= 778.428,9587 \text{ kg} \\ &= 747.281,7590 \text{ lb} \end{aligned}$$

Dari fig. 8.8, (Howard Rase, 1977) halaman 349, untuk six blade turbine dengan $Re > 15$ diperoleh $N_p = 5,5$ (dari grafik)

j) Tenaga untuk pengadukan (Po)

Dari persamaan 461 halaman 506-508 Brown didapatkan :

$$Po = \frac{N_p \times \rho \text{ umpan} \times N^3 \times Da^5}{gc \times \frac{550 \text{ lbf} \times \text{ft/s}}{1 \text{ Hp}}}$$

Dengan :

$$\begin{aligned} P &: \text{ daya (Hp)} \\ \rho &: \text{ densitas (lb/ft}^3\text{)} \\ N &: \text{ kecepatan putar (rps)} \\ Da &: \text{ diameter pengaduk (ft)} \\ gc &: 32,2 \text{ lbmass.ft/lb force.sec}^2 \end{aligned}$$

Dari fig 4.10 halaman 149, Vilbrandt, diperoleh efisiensi motor (η) :

$$\text{Efisiensi motor} = 0,87$$

$$Po = N_p \times \rho \times N^3 \times Da^5$$

$$= 7.684,4515 \text{ L/detik}$$

$$= 10,3050 \text{ Hp}$$

Tenaga motor pengaduk $= \frac{Po}{\eta_{\text{motor}}}$

$$= 11,8357 \text{ Hp}$$

Dipilih motor standar = 15 Hp (tabel 14-5 Ludwig vol 3 halaman 629)

k) perhitungan tebal isolasi

Bahan isolasi = asbestos

k isolasi (k_2) = 0,1171 btu/j.ft.°F (Mc.Adams, halaman 453, Tabel A-8)

Emisifitas bahan (ϵ) = 0,93 (Mc.Adams, pg 477, Tabel A-23)

Suhu reaktor T1 = 60 °C = 140 °F

Suhu udara TU = 30 °C = 86 °F

Suhu dinding luar isolasi T3 = 50 °C = 122 °F

Konduktivitas panas baja = 26 Btu/j.ft. °F

Transfer panas melalui permukaan isolasi ke udara karena radiasi dan konveksi :

$$\frac{Q}{A} = (hc + hr) \times (T3 - TU) \dots \dots \dots (1) \text{ (Mc.Adams, pg 165, eq 7-1)}$$

Transfer panas konduksi melalui dinding reaktor dan dinding isolasi :

$$r_1 = 35,75 \text{ in} = 2,9792 \text{ ft}$$

$$r_2 = 36 \text{ in} = 3 \text{ ft}$$

Pada keadaan steady state, maka $Q_c = Q_k = Q$

Koefisien transfer panas radiasi, hr : kern; 1965

$$hr = \frac{0,173 \cdot \epsilon \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_U}{100} \right)^4 \right]}{T_3 - T_U} \quad \text{T dalam } ^\circ\text{F}$$

$$= 0,1609 \times 258,6080$$

$$= 1,1558 \text{ Btu/j/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Koefisien transfer panas konveksi, hc :

$$hc = 0,19 \times (\Delta T)^{\frac{1}{3}} \quad \text{(persamaan 7-5a, hal: 173, McAdams)}$$

$$= 64,1926 \text{ Btu/j.ft}^2$$

Panas yang hilang secara radiasi dan konveksi per satuan luas :

$$\frac{Q}{A} = (hc + hr) \times (T3 - TU)$$

$$= 64,1926 \text{ Btu/j.ft}^2$$

Jika tidak ada akumulasi :

Perpindahan panas konduksi = perpindahan panas konveksi +
perpindahan panas radiasi

$$(hc + hr) \cdot 2 \cdot \pi^3 \cdot L \cdot (T2 - TU) = \frac{2 \cdot \pi \cdot L(T1 - T3)}{\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_3}{r_2}}$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{(T1 - T3)}{r_3 \left(\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_3}{r_2} \right)}$$

$$64,1926 = \frac{(T1 - T3)}{r_3 \left(\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_3}{r_2} \right)}$$

$$64,1926 = \frac{18}{r_3 \left(0,003 + 8,5412 \ln \frac{r_3}{r_2} \right)}$$

Goal seek $r_3 = 3,0326 \text{ ft}$

Tebal dinding isolasi $= r_3 - r_2$

$$= 0,0326 \text{ ft}$$

$$= 0,0099 \text{ m}$$

$$= 0,9924 \text{ cm}$$

1) Luas permukaan reaktor untuk perpindahan panas

Luas head atas dan bahan (A_1) :

$$A1 = 2 \times (2 \cdot \pi a' b')$$

$$r1 = ID/2$$

$$= 0,9081 \text{ m}$$

$$b = \text{tinggi head}$$

$$= 0,3675 \text{ m}$$

$$X1 \text{ (ts)} = 0,0064 \text{ m}$$

$$X2 = 0,0099 \text{ m}$$

$$a' = r1 + X1 + X2$$

$$= 0,9243 \text{ m}$$

$$b' = b + X_1 + X_2$$

$$= 0,3838 \text{ m}$$

$$A_1 = 4,4578 \text{ m}^2$$

Luas selimut silinder (A_2) :

$$A_2 = \pi \cdot D_0' \cdot H$$

$$D_0' = D_0 + 2 \cdot X_2$$

$$= 1,8486 \text{ m}$$

$$H = \text{tinggi shell}$$

$$= 2,7242 \text{ m}$$

$$A_2 = \pi \cdot D_0' \cdot H$$

$$= 15,821 \text{ m}^2$$

Luas permukaan perpindahan panas :

$$A = A_1 + A_2$$

$$= 20,2788 \text{ m}^2$$

$$= 218,2792 \text{ ft}^2$$

Panas hilang ke lingkungan :

$$Q_{\text{loss}} = \left(\frac{Q}{A}\right) \times A$$

$$= 14.011,9148 \text{ Btu/jam}$$

$$= 3.530,9616 \text{ Kcal.jam}$$

$$= 14.783,1306 \text{ KJ/jam}$$

$$= 14.783.130,6153 \text{ joule/jam}$$

m) Menentukan kebutuhan pendingin

$$\text{Jumlah air pendingin} = 51.803,45153 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Volume air pendingin} = 51,8035 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dipilih air pada suhu 30 °C dengan tekanan 1 atm

$$T_{c_1}, \text{ suhu air masuk koil} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$= 303 \text{ K}$$

$$T_{c_2}, \text{ suhu air keluar koil} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 113 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$= 318 \text{ K}$$

$$\begin{aligned}
T_c \text{ avg (suhu air rata-rata)} &= \frac{1}{2} \times (T_{c_1} + T_{c_2}) \\
&= 37,5 \text{ }^\circ\text{C} \\
&= 95,5 \text{ }^\circ\text{F} \\
&= 310,5 \text{ K} \\
\text{Berat molekul} &= 18 \\
\text{Konduktifitas panas, kc} &= 0,6251 \text{ W/m.K} \\
&= 0,3612 \text{ Btu/jam.ft}^2(\text{ }^\circ\text{F/ft}) \\
\text{Densitas} &= 993,3420 \text{ Kg/m}^3 \\
\text{Bahan} &= 62,0122 \text{ lb/ft}^3 \\
\text{Kapasitas panas, Cpc} &= 1.129,7051 \text{ J/mol.K} \\
&= 48,6050 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F} \\
&= 15,0006 \text{ kkal/Kg.K} \\
\text{Viskositas, } \mu\text{c} &= 0,6991 \text{ Cp} \\
&= 11,6913 \text{ lb/ft.jam} \\
\Delta T_{lm} &= \frac{(T_R - T_{c_1}) - (T_R - T_{c_2})}{\ln \frac{(T_R - T_{c_1})}{(T_R - T_{c_2})}} = \frac{(T_{c_2} - T_{c_1})}{\ln \frac{(T_R - T_{c_1})}{(T_R - T_{c_2})}} \\
\Delta T_{lm} &= 21,6404 \text{ }^\circ\text{C} \\
&= 70,9528 \text{ }^\circ\text{F}
\end{aligned}$$

n) Spesifikasi koil

Umumnya koil dengan ukuran 2 dan 2 ½ in paling ekonomis untuk “*shop fabrication*” dan ukuran 1 ½ dan 2 in untuk “*field fabrication*”.

Spesifikasi tube standar untuk koil

$$\begin{aligned}
\text{Bahan} &= \textit{Stainless Steel} \\
\text{Diameter luar (OD)} &= 1,5 \text{ in} \\
\textit{Birmingham Wire Gage (BWG)} &= 8 \\
\text{Diameter dalam (ID)} &= 1,17 \text{ in} \\
\text{Luas permukaan dalam (Ai)} &= 0,3063 \text{ ft}^2/\text{ft} \\
\text{Luas permukaan luar (Ao)} &= 0,3925 \text{ ft}^2/\text{ft} \\
\text{Luas penampang (Af)} &= 1,075 \text{ in}^2
\end{aligned}$$

Kecepatan medium pendingin (air) di dalam pipa/tube pada umumnya berkisar antara 1,25 – 2,5 m/detik (Coulson & Richardson, 1983).

Dipilih v_c = 2,5 m/detik
= 8,2021 ft/detik

Diperoleh G_i = 508,6306 lb/detik.ft²
= 1.831.070,1806 lb/jam.ft²

Fluks Massa Pendingin Total ($G_{c,tot}$)

$$G_{c,tot} = \frac{W_c}{A_f}$$

$$= 15.298.277,2578 \text{ lb/jam.ft}^2$$

Jumlah Set Koil (N_c)

$$N_c = \frac{G_{c,tot}}{G_i}$$

$$= 8,3548$$

Dipakai N_c = 9 set koil

Asumsi : beban panas terbagi merata pada tiap set koil

$$Q_{ci} = \frac{Q_c}{N_c}$$

$$= 80.386,6929 \text{ Btu/jam}$$

Luas perpindahan panas tiap set koil (A_{ci})

$$A_{ci} = \frac{Q_{ci}}{U_D \cdot \Delta T_{lm}}$$

$$= 9,0637 \text{ ft}^2$$

Dirt Overall Coefficient (U_D)

Kisaran U_D untuk sistem medium *organics-water* = 125
Btu/jam.ft².°F

Dipilih U_D = 125 Btu/jam.ft².°F

Diameter heliks (d_{he})

Besarnya diameter heliks koil berkisar antara 70%-80% D_t .

Dipilih d_{he} = 80% D_t

Diketahui D_t = 1,8161 m
= 5,9583 ft

Diperoleh d_{he} = 1,4529 m
= 4,7667 ft
= 57,2 in

Jarak antar pusat koil (Jsp)(ludwig)

$$\text{Dipilih Jsp} = 1,5 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{OD koil} &= 1,5 \text{ in} \\ &= 0,125 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diperoleh Jsp} &= 0,75 \text{ in} \\ &= 0,0625 \text{ ft} \end{aligned}$$

Panjang satu putaran heliks koil (Lhe)

$$\begin{aligned} \text{Lhe} &= \frac{1}{2} \text{ putaran miring} + \frac{1}{2} \text{ putaran datar} \\ &= \frac{1}{2} \cdot p \cdot r_{he} + \frac{1}{2} \cdot p \cdot d_{he} \\ &= \frac{1}{2} \cdot p \cdot (\sqrt{d_{he}^2 + J_{sp}^2}) + \frac{1}{2} \cdot p \cdot d_{he} \\ &= 14,968 \text{ ft} \end{aligned}$$

Panjang koil tiap set (Lci)

$$\begin{aligned} \text{Lci} &= \frac{A_{ci}}{A_o} \\ &= 23,0922 \text{ ft} \end{aligned}$$

Jumlah putaran tiap set koil (Npc)

$$\begin{aligned} \text{Npc} &= \frac{L_{ci}}{L_{hc}} \\ &= 1,5428 \end{aligned}$$

Dipakai Npc = 2 putaran

Koreksi panjang koil tiap set (Lci,kor)

$$\begin{aligned} \text{Lci,kor} &= \text{Npc} \cdot \text{Lhe} \\ &= 29,936 \text{ ft} \end{aligned}$$

Tinggi koil (Lc)

$$\begin{aligned} \text{Lc} &= \text{Jsp} \cdot \text{Npc} \cdot \text{Nc} \\ &= 1,1250 \text{ ft} \\ &= 0,3429 \text{ m} \end{aligned}$$

Volume koil (Vc)

$$\begin{aligned} \text{Vc} &= \text{Nc} \cdot \left(\frac{p}{4} \cdot (\text{OD})^2 \cdot \text{Lci}\right) \\ &= 15,1119 \text{ ft}^3 \\ &= 0,4279 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Cek tinggi cairan setelah ditambah koil (hL)

$$hL = \frac{V(\text{cair}) + V(\text{koil})}{\frac{\pi}{4} D_R^2}$$

Diketahui $V(\text{cair}) = 5,9801 \text{ m}^3$ (cairan di dalam shell reaktor)

Diperoleh $hL = 2,4737 \text{ m}$

Ketahui $L_c = 0,3429 \text{ m}$

Kesimpulan : karena $hL > L_c$ maka semua koil tercelup di dalam cairan

o) Jarak koil dari atas dan bawah reaktor

$$\begin{aligned} \text{Jarak koil} &= 0,5 \times (\text{tinggi cairan setelah ada koil-tinggi koil}) \\ &= 1,0654 \text{ m} \\ &= 106,54 \text{ cm} \end{aligned}$$

2. Dimensi reaktor 2

Kondisi operasi

Tekanan : 1 atm : 14,7 psi

Suhu : 60 °C : 333 K

V reaktor : 4,983 m³ : 4.983,379 L

Diambil overdesign 20%, maka volume reaktor yang diperlukan :

V_R : 5,9801 m³ 5.980,0546 L

Ditentukan perbandingan antara tinggi (H) dan diameter (D) reaktor 3:2 dengan alasan karena tekanan operasi <200 psi. (Brownell -Young, halaman 88)

$$V_{\text{reaktor}} = V_{\text{shell}} + 2 \cdot V_{\text{head}}$$

$$V_{\text{shell}} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$V_{\text{head}} = (4,9 \times 10^{-5}) \times D^3$$

Maka,

$$V_{\text{reaktor}} = \left(\frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \right) + 2 \left(4,9 \times 10^{-5} \times \left(\frac{1}{12} \right)^3 \times D^3 \right)$$

$$\text{Dimana; } H = \frac{3}{2} \times D$$

$$D^3 = \frac{V \text{ reaktor}}{\left(\frac{\pi}{4} \times \frac{3}{2}\right) + 2 \left(4,9 \times 10^{-5} \times \left(\frac{1}{12}\right)^3\right)}$$

D :	5,6394 ft	67,6728 in	1,7189 m
H :	8,4591 ft	101,5092 in	2,5783 m

a) Menentukan tebal shell

Diameter dalam : 67,6728 in
 Tekanan operasi : 17,64 psi
 Suhu operasi : 140 °F
 Bahan konstruksi : *stainless steel SA 167 tipe 316*

Untuk T = 140 °F, maka (appendix D, Brownell-Young)

Max allowable stress (f) : 17.900 psi
 Effisiensi sambungan (E) : 0,85
 Faktor korosi (C) : 0,125 in

Tebal shell dihitung dengan persamaan 13.1 Brownell-Young halaman 254

$$ts = \frac{P \times ri}{fXE - 0,6 \times P} + C$$

Dimana,

ts : tebal dinding shell (in)
 P : tekanan design (psi)
 ri : jari-jari reaktor (in)
 E : effisiensi sambungan
 f : tekanan maksimal yang diizinkan (psi)
 C : korosi yang diizinkan (in)
 ts : 0,1643 in

Dari appendix F, item 2 halaman 350, Brownell-Young maka dipakai :

Tebal shell standar: 0,25 in
 : ¼ in

OD : ID + 2.ts
: 68,1728 in
: 1,7316 m

Dari tabel 5.7 Brownell-Young, page 90

OD sesuai : 72 in
Koreksi ID : OD – 2.ts
: 71,5 in
: 1,8161 m
: 5,9583 ft

b) Menentukan tebal head

Bentuk head yang digunakan adalah *torispherical dished head* karena tekanan <200 psi.

Tebal head dihitung dari persamaan 13.12 halaman 258 Brownell-Young

$$th = \left(\frac{0,885 \times P \times ri}{f \times E - 0,1 \times P} \right) + C$$

Dari tabel 5.7 page 90 Brownell-Young, diperoleh

Icr : 4,375 in

r : 72 in

Maka

th : 0,1989 in

dipakai tebal head = 3/8 in (tabel 5.7 Brownell-Young)

th : 0,375 in

Rasio icr terhadap diameter luar (OD)

Icr/OD: 0,0642

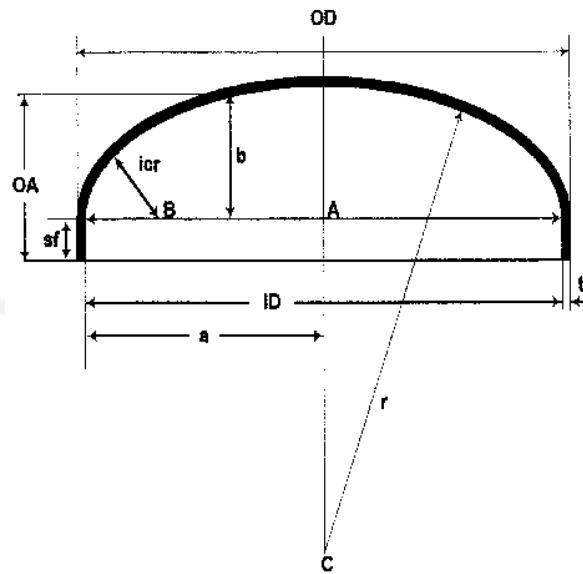
Untuk rasio icr terhadap OD sekitar 6,504%, dengan persamaan 5.11 Brownell-Young dihitung volume head.

$$V_{head} = (4,9 \times 10^{-5}) \times ID^3$$

$$V_{head} = 17,9108 \text{ in}^3$$

$$= 0,5071 \text{ m}^3$$

c) Menentukan jarak puncak dengan straight lange (SF)



Dari tabel 5.6 halaman 88 Brownell-Young, untuk head standar 3/8 in didapatkan nilai SF 1,5-3 in. Maka dipilih straight flange (SF) = 2 in

$$\begin{aligned}
 a &= ID/2 \\
 &= 35,75 \text{ in} \\
 AB &= a - icr \\
 &= 31,375 \text{ in} \\
 BC &= r - icr \\
 &= 67,625 \text{ in} \\
 AC &= \sqrt{BC^2 - AB^2} \\
 &= 59,9062 \text{ in} \\
 B &= r - AC \\
 &= 12,0938 \text{ in} \\
 OA &= b + SF + th \\
 &= 14,4688 \text{ in} \\
 &= 0,3675 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi tinggi head = 0,3675 m

d) **Tinggi reaktor**

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi shell} &= 1,5 \times ID \text{ koreksi} \\
 &= 107,25 \text{ in} \\
 &= 2,7242 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi reaktor (H)} &= \text{tinggi shell} + 2 \cdot \text{tinggi head} \\
&= 136,1876 \text{ in} \\
&= 3,4592 \text{ m} \\
&= 11,349 \text{ ft}
\end{aligned}$$

e) Menghitung tinggi larutan dalam reaktor

$$\begin{aligned}
\text{Luas penampang reaktor (A)} &= \frac{\pi}{4} \times ID^2 \\
&= 2,5891 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Volume buttom, Vb} &= \text{volume head} \\
&= 0,5071 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\text{Volume larutan} = 5,9801 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
\text{Volume larutan dalam shell} &= \text{vol. larutan} - \text{vol. head bawah} \\
&= 5,4730 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi larutan dalam shell} &= \frac{\text{vol.larutan dalam shell}}{\text{luas penampang reaktor}} \\
&= 2,1138 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi larutan dalam shell dan buttom} &= \text{H larutan dalam shell} + \text{H buttom} \\
&= 2,4813 \text{ m}
\end{aligned}$$

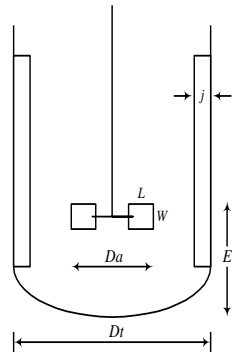
f) Volume reaktor

$$\begin{aligned}
\text{Volume shell} &= \text{luas penampang} \times \text{tinggi shell} \\
&= 7,0531 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Volume reaktor} &= \text{volume shell} + 2 \times \text{volume head} \\
&= 8,0673 \text{ m}^3 \\
&= 2131,1407 \text{ gallon}
\end{aligned}$$

g) Pengadukan

Pengaduk yang diigunakan jenis six flat blade turbin with six blade yang dilengkapi dengan 4 baffle. Fig 9.12, halaman 230. Dari McCabe-Smith (1993) diambil standar turbin design sebagai berikut:



- D_t : diameter tangki
- D_a : diameter impeller
- W : lebar blade
- j : kedalaman baffle
- E : tinggi sudut impeller
- L : panjang blade

Ketentuan

Perbandingan diameter impeller dengan diameter reaktor adalah $D_a/D_t = 1/3$

$$\begin{aligned} D_a &= 1/3 \times D_t \\ &= 0,6054 \text{ m} \\ &= 1,9861 \text{ ft} \end{aligned}$$

Perbandingan posisi sudut impeller dengan diameter reaktor adalah $D_a/D_t = 1$

$$\begin{aligned} E &= D_a \\ &= 0,6054 \text{ m} \\ &= 1,9861 \text{ ft} \end{aligned}$$

Perbandingan lebar impeller dengan diameter impeller adalah $W/D_a = 1/5$

$$\begin{aligned} W &= 1/5 \times D_a \\ &= 0,1211 \text{ m} \\ &= 0,3972 \text{ ft} \end{aligned}$$

Perbandingan kedalaman baffle dengan diameter reaktor adalah $j/D_t = 1/12$

$$\begin{aligned} j &= 1/12 \times D_t \\ &= 0,1513 \text{ m} \\ &= 0,4965 \text{ ft} \end{aligned}$$

Perbandingan panjang impeller dengan diameter impeller adalah $L/D_a = 1/4$

$$\begin{aligned} L &= 1/4 \times D_a \\ &= 0,1513 \text{ m} \\ &= 0,4965 \text{ ft} \end{aligned}$$

h) Memperkirakan kecepatan putaran pengaduk

Menurut persamaan 8.8, Rase, "Chemical Reactor Design For Process Plants", halaman 345:

$$\frac{WELH}{2 \times Da} = \left(\frac{\pi \times Da \times N}{600} \right)^2$$

$$\text{Specific gravity} = \frac{\rho \text{ umpan}}{\rho \text{ air}}$$

$$\rho \text{ umpan} = 1.099,8606 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho \text{ air} = 975,6407 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Specific gravity} = 1,1273$$

$$\text{WELH} = \text{Water Equivalent Liquid Height}$$

$$\text{WELH} = \text{tinggi cairan} \times \text{specific gravity}$$

$$= 2,7973 \text{ m}$$

$$= 9,1774 \text{ ft}$$

$$N = \left(\frac{WELH}{2 \times Da} \right)^{0,5} \times \left(\frac{600}{\pi \times Da} \right)$$

$$= 146,1643 \text{ rpm}$$

Dipakai kecepatan putar pengaduk reaktor = 150 rpm = 2,5 rps

i) Bilangan reynold untuk pengadukan

$$Re = \frac{\rho \text{ umpan} \times N \times Da^2}{\mu \text{ umpan}}$$

$$\mu \text{ umpan} = 1,2945 \text{ cP}$$

$$= 0,0009 \text{ lb/ft.detik}$$

$$= 0,0013 \text{ kg/m.detik}$$

$$\rho \text{ umpan} = 1099,8606 \text{ kg/m}^3$$

$$= 68,6643 \text{ lc/cuft}$$

$$Re = 778.428,9587 \text{ kg}$$

$$= 747.281,7590 \text{ lb}$$

Dari fig. 8.8, (Howard Rase, 1977) halaman 349, untuk *six blade turbine* dengan $Re > 15$ diperoleh $N_p = 5,5$ (dari grafik)

j) Tenaga untuk pengadukan (Po)

Dari persamaan 461 halaman 506-508 Brown didapatkan :

$$P_o = \frac{N_p \times \rho \text{ umpan} \times N^3 \times D_a^5}{g_c \times \frac{550 \text{ lbf} \times \text{ft/s}}{1 \text{ Hp}}}$$

Dengan :

P : daya (Hp)

ρ : densitas (lb/ft³)

N : kecepatan putar (rps)

Da : diameter pengaduk (ft)

gc : 32,2 lbmass.ft/lb force.sec²

Dari fig 4.10 halaman 149, Vilbrandt, diperoleh efisiensi motor (η) :

Efisiensi motor = 0,87

$$\begin{aligned} P_o &= N_p \times \rho \times N^3 \times D_a^5 \\ &= 7.684,4515 \text{ L/detik} \\ &= 10,2971 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tenaga motor pengaduk} &= \frac{P_o}{\eta_{\text{motor}}} \\ &= 11,8357 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dipilih motor standar = 15 Hp (tabel 14-5 Ludwig vol 3 halaman 629)

k) perhitungan tebal isolasi

Bahan isolasi = asbestos

k isolasi (k_2) = 0,1171 btu/j.ft.°F (Mc.Adams, halaman 453, Tabel A-8)

Emisifitas bahan (ϵ) = 0,93 (Mc.Adams, pg 477, Tabel A-23)

Suhu reaktor T1 = 60 °C = 140 °F

Suhu udara TU = 30 °C = 86 °F

Suhu dinding luar isolasi T3 = 50 °C = 122 °F

Konduktivitas panas baja = 26 Btu/j.ft. °F

Transfer panas melalui permukaan isolasi ke udara karena radiasi dan konveksi :

$$\frac{Q}{A} = (hc + hr) \times (T3 - TU) \dots \dots \dots (1) \text{ (Mc.Adams, pg 165, eq 7-1)}$$

Transfer panas konduksi melalui dinding reaktor dan dinding isolasi :

$$r_1 = 35,75 \text{ in} = 2,9792 \text{ ft}$$

$$r_2 = 36 \text{ in} = 3 \text{ ft}$$

Pada keadaan steady state, maka $Q_c = Q_k = Q$

Koefisien transfer panas radiasi, hr : kern; 1965

$$hr = \frac{0,173 \cdot \epsilon \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_U}{100} \right)^4 \right]}{T_3 - T_U} \quad T \text{ dalam } ^\circ\text{F}$$

$$= 0,1609 \times 258,6080$$

$$= 1,1558 \text{ Btu/j.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Koefisien transfer panas konveksi, hc :

$$hc = 0,19 \times (\Delta T)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{persamaan 7-5a, hal: 173, McAdams})$$

$$= 64,1926 \text{ Btu/j.ft}^2$$

Panas yang hilang secara radiasi dan konveksi per satuan luas :

$$\frac{Q}{A} = (hc + hr) \times (T_3 - T_U)$$

$$= 64,1926 \text{ Btu/j.ft}^2$$

Jika tidak ada akumulasi :

Perpindahan panas konduksi = perpindahan panas konveksi +
perpindahan panas radiasi

$$\begin{aligned} (hc + hr) \cdot 2 \cdot \pi^3 \cdot L \cdot (T_2 - T_U) &= \frac{2 \cdot \pi \cdot L (T_1 - T_3)}{\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_3}{r_2}} \\ \frac{Q}{A} &= \frac{(T_1 - T_3)}{r_3 \left(\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_3}{r_2} \right)} \\ 64,1926 &= \frac{(T_1 - T_3)}{r_3 \left(\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_3}{r_2} \right)} \\ 64,1926 &= \frac{18}{r_3 \left(0,003 + 8,5412 \ln \frac{r_3}{r_2} \right)} \end{aligned}$$

$$\text{Goal seek } r_3 = 3,0326 \text{ ft}$$

$$\text{Tebal dinding isolasi} = r_3 - r_2$$

$$= 0,0326 \text{ ft}$$

$$= 0,0099 \text{ m}$$

1) Luas permukaan reaktor untuk perpindahan panas

Luas head atas dan bahan (A_1) :

$$A_1 = 2 \times (2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot b)$$

$$r_1 = ID/2$$

$$= 0,9081 \text{ m}$$

$$b = \text{tinggi head}$$

$$= 0,3675 \text{ m}$$

$$X_1 \text{ (ts)} = 0,0064 \text{ m}$$

$$X_2 = 0,0099 \text{ m}$$

$$a' = r_1 + X_1 + X_2$$

$$= 0,9243 \text{ m}$$

$$b' = b + X_1 + X_2$$

$$= 0,3838 \text{ m}$$

$$A_1 = 4,4578 \text{ m}^2$$

Luas head atas dan bahan (A_2) :

$$A_2 = \pi \cdot D_0' \cdot H$$

$$D_0' = D_0 + 2 \cdot X_2$$

$$= 1,8486 \text{ m}$$

$$H = \text{tinggi shell}$$

$$= 2,7242 \text{ m}$$

$$A_2 = \pi \cdot D_0' \cdot H$$

$$= 15,821 \text{ m}^2$$

Luas permukaan perpindahan panas :

$$A = A_1 + A_2$$

$$= 20,2788 \text{ m}^2$$

$$= 218,2792 \text{ ft}^2$$

Panas hilang ke lingkungan :

$$Q_{\text{loss}} = \left(\frac{Q}{A}\right) \times A$$

$$= 14.011,9148 \text{ Btu/jam}$$

$$= 3.530,9616 \text{ Kcal.jam}$$

$$= 14.783,1306 \text{ KJ/jam}$$

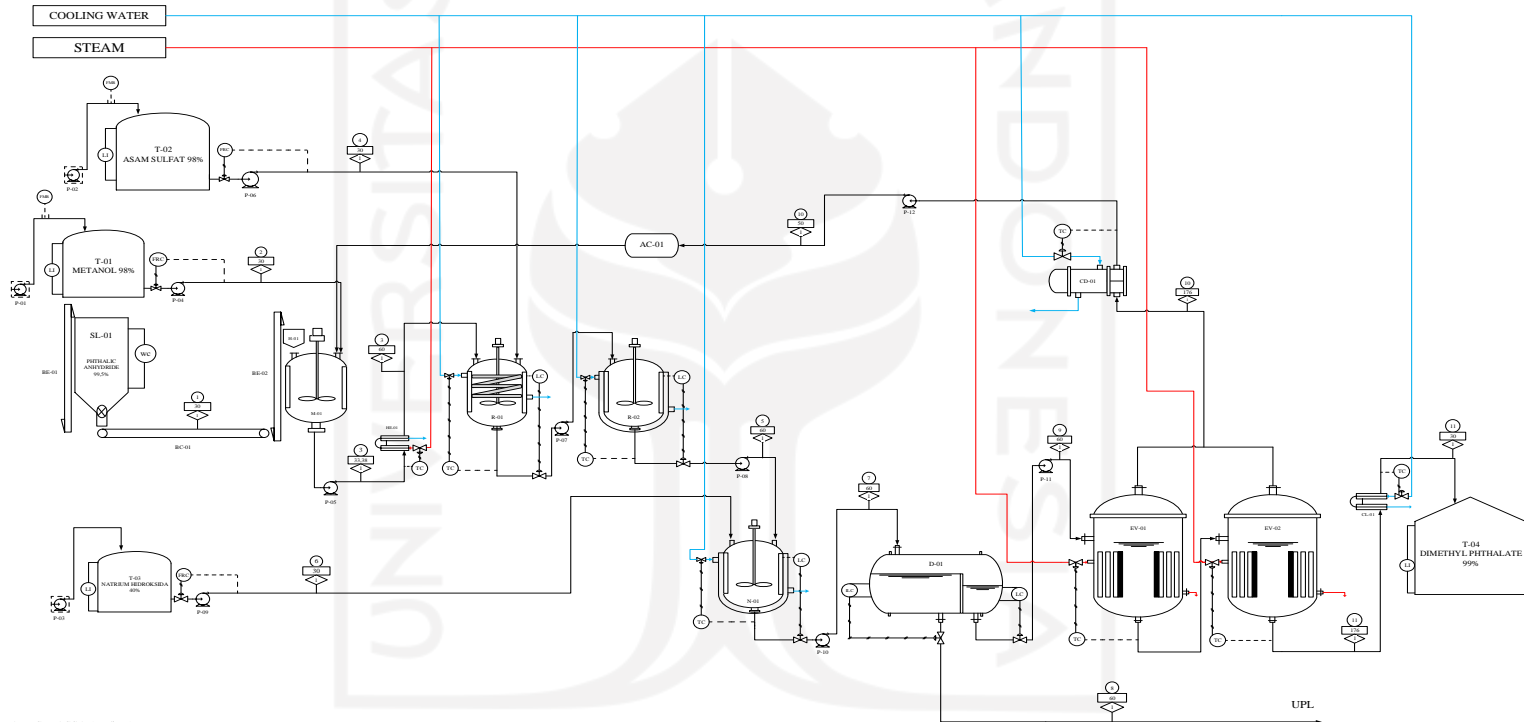
$$= 14.783.130,6153 \text{ joule/jam}$$

m) Menentukan kebutuhan pendingin

Jumlah air pendingin	= 38.635,52631 kg/jam
Volume air pendingin	= 38,6355 m ³ /jam
Diameter dalam jacket (D_1)	= diameter dalam + 2.tebal dinding
D_1	= 72,5 in = 1,8415 m
Tinggi jacket	= tinggi shell = 2,7242 m
Asumsi, jarak jaket	= 3 in
Diameter luar jacket (D_2)	= $D_1 + 2 \cdot \text{jarak jacket}$
D_2	= 78,5 in = 1,9939 m
Luas yang dilalui pemanas	= $\frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2)$
A	= 711,21 in ² = 0,4588 m ²
Kecepatan air pendingin (v)	= 84,2018 m/jam
Tebal dinding jacket (t_j)	
Bahan	= stainless stell SA 167 tipe 316
H jaket	= 2,7242 m
ρ	= 1,0091 kg/m ³
Ph	= 46,4823 psia
P desain	= 64,1223 psia
Allowable stress (f)	= 17.900 psi
Welded joint (E)	= 0,85
Corrosion allowance (c)	= 0,125 in
Umur alat (n)	= 10 tahun
t_j	= $\frac{P \cdot D}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + C$
t_j	= 0,4313 in = 3/7 in
Dipilih tebal jaket standar	= 0,4375 in (tabel 5.2 Brownell-Young) = 7/16 in

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
 PRA RANCANGAN PABRIK DIMETHYL PHTHALATE DARI PHTHALIC ANHYDRIDE DAN METHANOL DENGAN KATALIS ASAM SULFAT
 DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN



ARUS MASSA (Kg/jam)

Komponen	NOMOR ARUS										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
C ₆ H ₆ O ₄	2385,2247	-	2385,2247	-	477,0449	-	-	-	-	-	-
C ₆ H ₄ O ₂	11,9861	-	11,9861	-	11,9861	-	-	-	-	-	-
CH ₃ OH	-	830,0048	1289,3106	-	464,1518	-	464,1518	2,3208	461,8311	459,3058	2,5253
H ₂ O	-	16,9389	18,2767	-	250,3526	459,8837	787,9809	764,8893	23,0916	0,3643	22,7273
H ₂ SO ₄	-	-	-	47,7045	47,7045	-	-	-	-	-	-
C ₁₀ H ₈ O ₄	-	-	-	-	2501,2626	-	2501,2626	1,2626	2500	-	2500
NaOH	-	-	-	-	306,5891	-	-	-	-	-	-
Na ₂ SO ₄	-	-	-	-	-	69,1228	69,1228	-	-	-	-
C ₈ H ₆ Na ₂ O ₄	-	-	-	-	-	676,8881	676,8881	-	-	-	-
C ₈ H ₆ Na ₂ O ₆	-	-	-	-	-	19,5691	19,5691	-	-	-	-
JUMLAH	2397,2107	846,9437	3704,7981	47,7045	3752,5026	766,4728	4518,9753	1534,0527	2984,9226	459,6701	2525,2525

KETERANGAN			
AC	Accumulator	FMRC	Flowmeter & Recorder
BC	Belt Conveyor	ERC	Flow Ratio Control
BE	Bucket Elevator	ILC	Interface Level Control
CL	Cooler	LC	Level Control
CO	Condenser	LI	Level Indicator
D	Dekantir	TC	Temperature Control
EV	Evaporator		Number Axis
H	Hopper		Tekanan (atm)
HE	Heater		Temperature (°C)
M	Mixer		Pipe
P	Pompa		Udara Tekan
R	Reaktor		Sambungan Listrik
SL	Silo		Steam Water
T	Tangki		Cooling Water
wt.	Weight controller		

JURUSAN TEKNIK KIMIA
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 YOGYAKARTA
 2022

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
 PRA RANCANGAN PABRIK DIMETHYL PHTHALATE
 DARI PHTHALIC ANHYDRIDE DAN METHANOL
 DENGAN KATALIS ASAM SULFAT
 DENGAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

DISUSUN OLEH:

1. MOHAMMAD IZA ADIDHARMA (17521122)
 2. ADHITYA YUDHA UTAMA (17521127)

DOSEN PEMBIMBING:

1. SIRUJEH MA'MUN, S.T., M.T., Ph.D.
 2. LILIS KESTRYAN, S.T., M.Eng.

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Mohammad Iza Adidharma
No. Mahasiswa 1 : 17521122
Nama Mahasiswa 2 : Adhitya Yudha Utama
No. Mahasiswa 2 : 17521127
Judul Pra rancangan Pabrik : Pra Rancangan Pabrik *Dimethyl Phthalate* dari *Phthalic Anhydride* dan *Methanol* Dengan Katalis Asam Sulfat Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Mulai Masa Bimbingan : 14 April 2021
Selesai Masa Bimbingan: 08 Oktober 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	02 - 12 - 2021	Penentuan Judul Tugas Akhir	
2	11 - 12 - 2021	Menentukan kapasitas pabrik	
3	23 - 12 - 2021	Menentukan kapasitas pabrik	
4	21 - 01 - 2022	Diagram Alir Kualitatif	
5	17 - 02 - 2022	Neraca Massa	
6	16 - 03 - 2022	Process Flow Diagram	
7	24 - 03 - 2022	Evaluasi Ekonomi	
8	03 - 06 - 2022	Naskah Tugas Akhir	

Disetujui Draft Penulisan :

Yogyakarta, 06 Juni 2022

Pembimbing,



Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.

Catatan:

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Pabrik
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Mohammad Iza Adidharma
No. Mahasiswa 1 : 17521122
Nama Mahasiswa 2 : Adhitya Yudha Utama
No. Mahasiswa 2 : 17521127
Judul Pra rancangan Pabrik : Pra Rancangan Pabrik *Dimethyl Phthalate* dari *Phthalic Anhydride* dan *Methanol* Dengan Katalis Asam Sulfat Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Mulai Masa Bimbingan : 14 April 2021
Selesai Masa Bimbingan: 08 Oktober 2022

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	11 – 12 - 2021	Pemaparan tahapan penyusunan TA	↳
2	17 – 02 - 2022	Neraca Massa	↳
3	01 – 03 – 2022	Evaporator Pada Neraca Massa	↳
4	09 – 03 – 2022	Alat Besar	↳
5	11 – 03 – 2022	Neraca Panas	↳
6	18 – 03 – 2022	Alat Kecil	↳
7	26 – 05 – 2022	Utilitas	↳
8	04 – 06 – 2022	Naskah Tugas Akhir	↳

Disetujui Draft Penulisan :

Yogyakarta, 06 Juni 2022

Pembimbing,



Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.

Catatan:

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Pabrik
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy