

PRARANCANGAN PABRIK POLIETILEN TEREFTALAT

KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Konsentrasi Teknik Kimia



Disusun Oleh :

Nama : Brian Adi Febrananda

Nama : Fachrorozy Satria N.

NIM : 16521145

NIM : 16521163

KONSENTRASI TEKNIK KIMIA

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2020

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRARANCANGAN PABRIK POLIETILEN TEREFTALAT
KAPASITAS

70.000 TON/TAHUN
PRARANCANGAN PABRIK



Disusun Oleh :

Nama : Bri Adi Febrananda

Nama : Fachrozy Satria N.

NIM : 16521145

NIM : 16521163

Yogyakarta, 23 Oktober 2020

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Ir. Tuasikal M. Amin, M. Sn.

Ariany Zulkania, S.T., M. Eng.

NIP. 925210101

NIP. 055210503

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRARANCANGAN PABRIK POLIETILEN TEREFTALAT
KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN
PRARANCANGAN PABRIK**

Oleh :

Nama : Brian Adi Febrananda
NIM : 16521145

Nama : Fachrorozy Satria N.
NIM : 16521163

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

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, November 2020

Tim Penguji,
Ir. Tuasikal M. Amin, M.Sn.

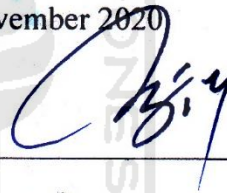
Ketua

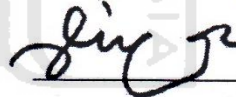
Dr. Diana, S.T., M.Sc.

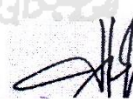
Anggota I

Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng.

Anggota II

 15/11/2020

 15/11/2020

 13/11/2020

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRA RANCANGAN PABRIK POLIETILEN TEREFTALAT
KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Brian Adi Febrananda Nama : Fachrorozy Satria Nugraha
NIM : 16521145 NIM : 16521163

Yogyakarta, 23 Oktober 2020

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil yang kami buat atau kerjakan sendiri yang sesuai dengan kaidah ilmiah serta bukan merupakan karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada kecurangan atau ketidakjujuran, maka kami siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

Demikian Surat Pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.


Brian Adi Febrananda


Fachrorozy Satria Nugraha

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
ABSTRAK	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kegunaan Produk	2
1.3 Penentuan Kapasitas Rancangan	2
1.4 Tinjauan Pustaka	7
BAB II.....	10
PERANCANGAN PRODUK.....	10
2.1 Spesifikasi Produk	10
2.2 Pengendalian Kualitas	13
BAB III.....	14
PERANCANGAN PROSES.....	14
3.1 Uraian Proses	14
3.2 Proses Polimerisasi.....	16
3.3 Proses Polikondensasi.....	17
3.4 Spesifikasi Alat Proses	18
BAB IV.....	38
PERANCANGAN PABRIK.....	38
A. Faktor Primer.....	38
B. Faktor Sekunder	39
4.1 Lokasi Pabrik	41
4.2 Tata Letak Pabrik.....	44
4.3 Aliran Proses dan Material	51
4.4 Pelayanan Teknik (Utilitas).....	68
4.5 Perawatan (<i>Maintenance</i>).....	84

4.6	Manajemen Perusahaan	85
4.7	Evaluasi Ekonomi	130
BAB V		144
PENUTUP		144
5.1	Kesimpulan	144
5.2	Saran	145
DAFTAR PUSTAKA		146
LAMPIRAN A		148
LAMPIRAN B		168
LAMPIRAN C		169



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Tabel Statistika Impor PET	3
Tabel 1. 2 Produsen PET di Indonesia	4
Tabel 1. 3 Konsumsi PET di Indonesia	5
Tabel 1. 4 Produsen PTA di Indonesia	6
Tabel 1. 5 PET dari PTA dan EG.....	9
Tabel 1. 6 PET dari Transesterifikasi DMT	9
Tabel 4. 1 Perincian luas tanah	46
Tabel 4. 2 Neraca Massa Mix Point	52
Tabel 4. 3 Neraca Massa Mixer Tank	52
Tabel 4. 4 Neraca Massa Reaktor 1	53
Tabel 4. 5 Neraca Massa Reaktor 2	53
Tabel 4. 6 Neraca Massa Reaktor 3	54
Tabel 4. 7 Neraca Massa Centrifuge 1	54
Tabel 4. 8 Neraca Massa Centrifuge 2	55
Tabel 4. 9 Neraca Massa Kristalizer	55
Tabel 4. 10 Neraca Massa Condensor.....	56
Tabel 4. 11 Neraca Massa Separator.....	56
Tabel 4. 12 Neraca Massa Evaporator	57
Tabel 4. 13 Neraca Panas Mix Point.....	57
Tabel 4. 14 Neraca Panas Mixer Tank.....	58
Tabel 4. 15 Neraca Panas Reaktor 1	59
Tabel 4. 16 Neraca Panas Reaktor 2	60
Tabel 4. 17 Neraca Panas Reaktor 3	61
Tabel 4. 18 Neraca Panas Centrifuge 1	62
Tabel 4. 19 Neraca Panas Centrifuge 2	62
Tabel 4. 20 Neraca Panas Kristalizer	63
Tabel 4. 21 Neraca Panas Heat Exchanger 1	63

Tabel 4. 22 Neraca Panas Heat Exchanger 2	64
Tabel 4. 23 Neraca Panas Heat Exchanger 3	64
Tabel 4. 24 Neraca Panas Heaxt Exchanger 4	64
Tabel 4. 25 Neraca Panas Cooler	65
Tabel 4. 26 Kebutuhan Air Pendingin	79
Tabel 4. 27 Kebutuhan Listrik Alat Proses	82
Tabel 4. 28 Kebutuhan Listrik Utilitas.....	83
Tabel 4. 29 Jadwal Pembagian Shift.....	129
Tabel 4. 30 Jabatan dan Keahlian	130
Tabel 4. 31 Harga Indeks	132
Tabel 4. 32 Physical Plant Cost (PPC).....	136
Tabel 4. 33 DIrect Plant Cost (DPC)	136
Tabel 4. 34 Fixed Capital Investment (FCI)	137
Tabel 4. 35 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	137
Tabel 4. 36 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	137
Tabel 4. 37 Fixed Manufacturing Cost (FMC)	137
Tabel 4. 38 Total Manufacturing Cost (MC).....	137
Tabel 4. 39 Working Capital (WC).....	138
Tabel 4. 40 General Expense (GE)	138
Tabel 4. 41 Total Production Cost (TPC)	138
Tabel 4. 42 Fixed Cot (Fa)	138
Tabel 4. 43 Variable Cost (Va)	138
Tabel 4. 44 Regulated Cost (Ra)	139
Tabel 4.4 1 Tabel resiko ekonomi.....	140

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Data Kebutuhan Impor PET	3
Gambar 1. 2 Grafik Data Ekspor PET	4
Gambar 4. 1 Daerah Lokasi Pabrik	42
Gambar 4. 2 Denah Perancangan Bangunan Pabrik Skala 1 : 1000	47
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses Skala 1 :1000	50
Gambar 4. 4 Neraca Massa Total	51
Gambar 4. 5 Diagram Alir Kualitatif	66
Gambar 4. 6 Diagram Alir Kuantitatif	67
Gambar 4. 7 Diagram Alir Proses Utilitas	77
Gambar 4. 8 Struktur Organisasi Perusahaan	89
Gambar 4. 9 Grafik Break Even Point	143



KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirobbil ‘Alamin. Puji dan Syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Sholawat serta salam tak lupa kami haturkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman jahiliyah menuju zaman terang benderang.

Tugas Akhir kami yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Polietilen Tererftalat” disusun sebagai penerapan teori Teknik Kimia yang kami pelajari selama di bangku perkuliahan dan sebagai salah satu syarat agar dapat mendapatkan gelar Sarjana Teknik Strata 1 (S1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan baik atas bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas seluruh kebaikan-Nya yang tidak pernah putus selama proses penulisan Tugas Akhir ini. Selesainya Tugas Akhir ini adalah Rahmat dari-Nya.
2. Kedua Orang Tua kami atas do’a, kasih sayang, dan semangat serta support yang juga tidak pernah terputus.
3. Bapak Suharno Rusdi, Dr., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia.
4. Bapak Ir.Tuasikal M.Amin,M.Sn. selaku pembimbing 1 Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama penulisan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Ariany Zulkania, S.T., M.Eng. selaku pembimbing 2 Tugas Akhir yang telah memberika pengarahan dan bimbingan selama penulisan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia 2016.

7. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah membantu selesainya Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa Tugas Akhir yang kami buat ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Besar harapan kami agar laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak maupun bagi kami selaku penyusun.



Yogyakarta, Oktober 2020

Penyusun

ABSTRAK

Produksi Polietilen Tereftalat memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan, bila ditinjau dari potensi bahan baku maupun industri pemakainya, namun hingga saat ini sektor ini belum dikembangkan secara maksimal. Melihat prospek pasar dan perkembangan konsumsi PET di Indonesia untuk berbagai sektor industri terutama industri minuman yang terus meningkat setiap tahunnya, maka perlu dilakukan kajian pasar untuk mengetahui prospek pendirian pabrik baru dalam bentuk pra perancangan pabrik. Pabrik ini direncanakan didirikan di Karawang, Jawa Barat dengan kapasitas produksi 70.000 ton pertahun. Adapun pendiriannya dimulai pada awal tahun 2025 dan akan mulai beroperasi pada awal tahun 2026. Proses yang digunakan pada pabrik PET ini adalah Proses pembuatan PET melalui reaksi esterifikasi. Bahan baku PTA dan Etilen glikol diesterifikasi kemudian di polimerisasi dalam reaktor polimerisasi rendah (prepolikondensasi) dan reaktor polikondensasi. Dari hasil analisa ekonomi yang dilakukan, diperoleh Pembangunan konstruksi dan instalasi pabrik dilakukan selama satu tahun sehingga pabrik dapat beroperasi mulai tahun 2026. Kebutuhan bahan baku untuk Etilen glikol sebanyak 17760,7678 kg/jam, untuk PTA sebanyak 7992,34 kg/jam dan Antimony Trioksida sebanyak 2342,5232 kg/jam. Kebutuhan air sebanyak 81.371,02 kg/jam, kebutuhan steam sebanyak 920.014,64 kg/jam, kebutuhan listrik yaitu 1892,71 KW, kebutuhan bahan bakar sebesar 235,05 L/jam. Keuntungan sebelum pajak Rp 337.968.795.554,69/tahun, dan keuntungan setelah pajak 25% sebesar Rp 253.476.596,66 /tahun. Presentase ROI sebelum pajak sebesar 70,37% dan ROI setelah pajak sebesar 52,78%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi minimum adalah 44% (Aries & Newton, 1955). POT sebelum pajak selama 1,2 tahun dan POT setelah pajak selama 1,6 tahun. Dari hasil analisa ekonomi di atas dan jika di tunjang dengan perekonomian Indonesia yang stabil, maka pabrik PET dengan kapasitas 70.000 ton pertahun layak (feasible) didirikan.

Kata-kata kunci : Polietilen Tereftalat, Polimer, Industri, Reaksi.

ABSTRACT

The production of Polyethylene Terephthalate has good prospects to be developed, when viewed from the potential of raw materials and the industrial users, but until now this sector has not been developed optimally. Seeing the market prospects and the development of PET consumption in Indonesia for various industrial sectors, especially the beverage industry, which continues to increase every year, it is necessary to conduct a market study to determine the prospects for establishing a new factory in the form of factory pre-design. This factory is planned to be established in Karawang, West Java with a production capacity of 70,000 tons per year. The establishment began in early 2026 and will start operating in early 2026. The process used in this PET factory is the process of making PET through an esterification reaction. PTA and ethylene glycol raw materials are esterified and then polymerized in a low polymerization reactor (prepolycondensation) and a polycondensation reactor. The raw material requirement for ethylene glycol is 17760.7678 kg / hour, for PTA as much as 7992.34 kg / hour and Antimony Trioxide as much as 2342.5232 kg / hour. Water needs as much as 81,371.02 kg / hour, steam needs as much as 920,014.64 kg / hour, electricity demand is 1892.71 KW, fuel demand is 235.05 L / hour .From the results of the economic analysis carried out, it was found that the construction of construction and factory installations was carried out for one year so that the factory could operate starting in 2025. Profits before tax were IDR 337,968,795,554.69 / year, and profits after tax of 25% were IDR 253,476,596.66 /year. The percentage of ROI before tax was 70.37% and ROI after tax was 52.78%. The ROI requirement before tax for chemical plants with a minimum high risk is 44% (Aries & Newton, 1955). POT before tax for 1.2 years and POT after tax for 1.6 years. The POT requirement before tax for chemical plants with low risk is a maximum of 5 years (Aries & Newton, 1955).. From the results of the economic analysis above and if it is supported by a stable Indonesian economy, a PET factory with a capacity of 70,000 tons per year is feasible (feasible) to be established.

Key words: Polyethylene Terephthalate, Polymer, Industry, Reaction.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

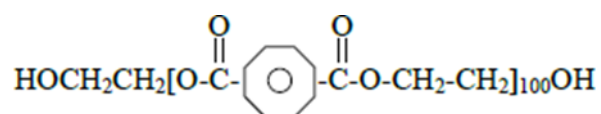
Indonesia pada saat ini sedang melakukan pembangunan dan mengembangkan di berbagai sector dan salah satunya itu adalah di sektor industri. Dengan banyak sekali kemajuan tersebut diharapkan bertambahnya kesejahteraan rakyat dan anggota industri tersebut. Dan pada saat ini sektor industri ini dikembangkan secara bertahap dan terpadu dengan cara melakukan peningkatan hubungan sektor industri dengan industri lainnya.

Industri kimia adalah industri yang sedang dikembangkan di Indonesia serta bisa menambah bagi pendapatan negara. Disaat mengembangkan dan meningkatkan industri tersebut maka diperlukan ilmu pengetahuan dan teknologi terbaru. Dan Indonesia juga harus mampu memanfaatkan potensi dan sumber daya yang ada dikarenakan industri sangat membutuhkan sumber daya alam yang seefisien mungkin.

Disaat itu juga diperlukan keahlian dalam penggunaan teknologi yang baik untuk mendukung dalam kegiatan industri agar berjalan dengan lancar sehingga bangsa Indonesia dapat meningkatkan eksistensinya dan kredibilitasnya dengan bangsa-bangsa yang lain.

Maka kebutuhan akan bahan baku industri kimia akan semakin meningkat. Bahan baku yang tersedia dalam negeri maupun luar negeri. Salah satu bahan baku yang diimpor adalah *Polyethylene Terephthalate* (PET).

Polyethylene Terephthalate (PET) ini sering dikenal juga dengan sebutan *polyester* yang dimana rumus struktur sebagai berikut



Gambar 1 1 Rumus Struktur PET

PET dengan jumlah besar sering digunakan untuk membuat serat sintesis, resin, pembungkus makanan dan minuman, dan lain-lain. Lalu penyimpanan PET dalam wujud cair membutuhkan suhu yang tinggi sehingga alat yang dibutuhkan lebih mahal.

1.2 Kegunaan Produk

Polyethylene Terephlate (PET) sering diproduksi dalam industri kimia untuk digunakan dalam serat sintesis, botol minuman (botol plastic yang transparan) seperti botol mineral, botol jus dan wadah makanan, aplikasi thermoforming.

Polyethylene Terephthalate (PET) juga merupakan salah satu bahn mentah terpenting dalam pembuatan kain serta digunakan dalam pembuatan film fotografi dan kaset video.

1.3 Penentuan Kapasitas Rancangan

Penentuan kapasitas produksi ini diupayakan dengan memperhatikan segi teknis, *financial*, ekonom dan kapaita minimal. Lalu segi teknis, *Polyethylene Terephlate* (PET) memperhatikan peluang pasar, serta ketersediaan dan kontinuitas bahan baku. Selain itu juga dalam penentuan kapasita spabrik harus berada diatas kapasitas minimum atau sama dengan pabrik yang sudah berjalan. Lalu faktor-faktor yang sangat diperhatikan dalam menentukan kapasitas pabrik yaitu :

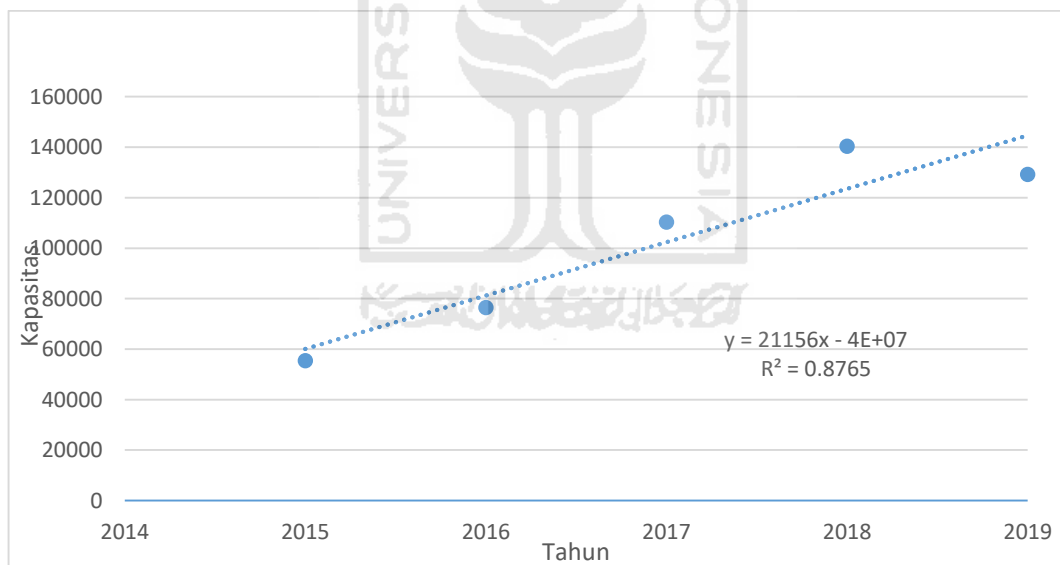
1. Perkiraan Kebutuhan *Polyethylene Terephlate* (PET) di Indonesia
Berdasarkan data impor statistika tahun 2015-2019, kebutuhan *Polyethylene Terephlate* (PET) di Indonesia adalah

Tabel 1. 1 Data Tabel Statistika Impor PET

Tahun	Berat (ton/tahun)
2015	55404.791
2016	76483.745
2017	110355.69
2018	140384.448
2019	129236

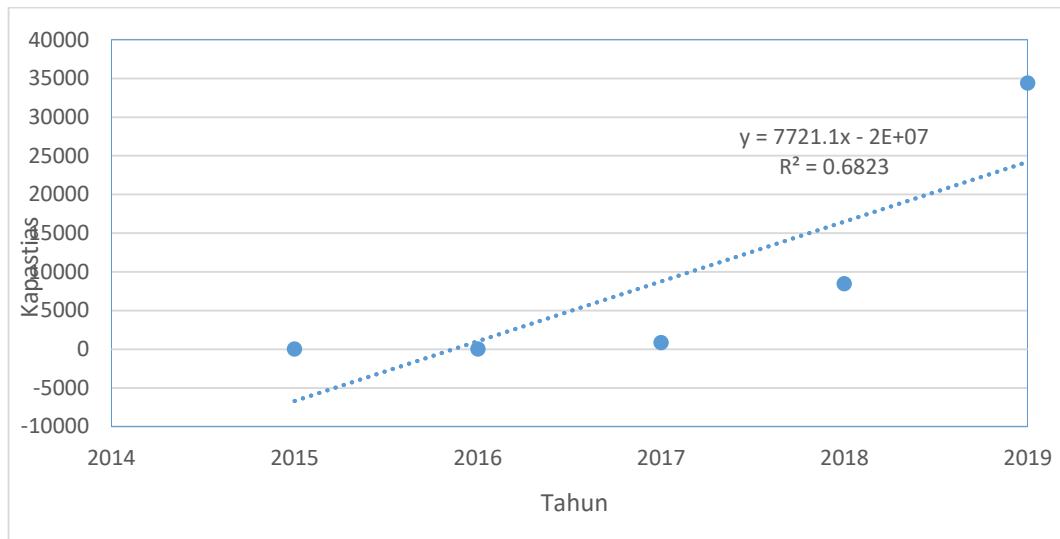
Sumber : Badan Pusat Statistik, 2015 – 2019

Dari table 1.1 dapat dilihat jumlah peningkatan hasil import *Polyethylene Terephtalate* (PET).



Gambar 1. 1 Grafik Data Kebutuhan Impor PET

Dan ada juga jumlah peningkatan untuk hasil ekspor *Polyethylene Terephtalate* (PET)



Gambar 1. 2 Grafik Data Ekspor PET

Berdasarkan dari hasil Badan Pusat Statistik diatas, kebutuhan *Polyethylene Terephalate* di Indonesia terus meningkat. Selain itu bahwa kebutuhan dalam negeri tidak tercukupi. Berikut ini beberapa produksi dan konsumsi *Polyethylene Terephalate* (PET) di Indonesia :

Tabel 1. 2 Produsen PET di Indonesia

Industri	Lokasi	Propinsi	Kapasitas
PT Indorama Synthetic	Purwakarta	Jawa Barat	115.000 ton
PT Polypet Karya Persada	Cilegon	Banten	84.000 ton
PT Mitsubishi Chemical Indonesia	Cilegon	Banten	40.000 ton
PT Petnesia Resindo	Tangerang	Banten	60.000 ton
PT SK Keris	Tangerang	Banten	54.750 ton

Tabel 1. 3 Konsumsi PET di Indonesia

Industri	Konsumsi PET
PT Argha Karya Rima Industri	13.400 ton
PT Trias Sentosa	23.900 ton
Indopoly	20.000 ton
PT Tita Kimia Nusantara	90.000 ton
PT Panca Budi	22.400 ton

Lalu mencari kebutuhan PET di Indonesia dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Y = 21156x - 4E+07$$

Dimana :

Y= Kebutuhan Polietilen tereftalat (ton)

X= Tahun pada 2035

Dengan mensubsitusikan harga tahun 2035 ke persamaan diatas diperoleh:

$$Y = 483.180 \text{ ton}$$

Persamaan kapasitas dihitung dengan persamaan garis linear dengan cara :

$$\text{Peluang} = \text{Demand} - \text{Supply}$$

Dimana :

Peluang = Kapasitas yang ingin dicari

Demand = Jumlah dari kebutuhan lalu ditambah dengan ekspor

Supply = Jumlah dari produk dalam negeri ditambah dengan impor

$$\text{Peluang} = | 317433.1 - 836930 |$$

$$= 519.496 \text{ ton}$$

Saat dilihat dari kebutuhan PET di Indonesia pada tahun 2035 adalah 519.496 ton/tahun. Sedangkan rancangan untuk pendirian pabrik direncanakan 70.000 ton/tahun, yaitu diambil 25% kebutuhan impor dikarenakan biaya produksi dan penyimpanan bertambah jika melebihi 15%. Apalagi dengan banyaknya pesaing yang menjual PET. Dengan Harapan kalau mengambil 15% dari total jumlah impor *Polyethylene Terephthalate* dapat bersaing dengan pasar yang sudah ada dan industri yang telah terlebih dahulu masuk ke dalam lingkup pasar *Polyethylene Terephthalate*.

2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan Baku untuk membuat *Polyethylene Terephthalate* (PET) yaitu asam tereftalat (PTA) dan etilen glikol, selain itu menggunakan antimony trioksida sebagai katalisnya. Lalu pada saat ini terdapat beberapa perusahaan yang memproduksi PTA di Indonesia seperti terlihat pada tabel 1.3 :

Tabel 1. 4 Produsen PTA di Indonesia

Industri	Lokasi	Kapasitas rata-rata (Ton)
Pertamina	Plaju	225.000
PT Mitsubishi Chemical	Serang	600.000
PT Polysindo Eka Perkasa	Karawang	340.000
PT Amoco Mitsui PTA Indonesia	Merak	450.000
PT Polyprima Karyareksa	Serang	400.000
Total Kapasitas Produksi		2.015.000

1.4 Tinjauan Pustaka

a. *Poliethylene Terephthalate* (PET)

Ilmu dan teknologi tentang *polyeter* dimulai dengan adanya penelitian yang dilakukan oleh Krencl dan Carothers pada akhir tahun 1930. Penelitian ini tentang hal tersebut berdasarkan pada teknik alkil resin yaitu reaksi glycerol dengan *phthalic acid anhydride*.

Lalu penelitian lain, yaitu Carothers melakukan persiapan dan hal-hal dengan kelinieran *polyester* (*polyethylene terephthalate*). Dari hasil percobaannya ditemukan sifat-sifat pembentukan *fiber*. Hasil percobaan ini merupakan kemajuan tentang struktur polimer.

Hasil penelitian ini mendasari pola pikir lebih lanjut, adanya penemuan polyamide, nylon 66 pada tahun 1935. Sehingga adanya pendirian industri tekstil sintesis. Penemuan Carothers ini memiliki kekurangan yaitu *fiber* yang telah ditemukan memiliki titik didih leleh yang sangat rendah. (Kirkmer Othmer, 1981).

Pada awal tahun 1942, Rex Whinfield dan W Dickson bekerja di perusahaan *Calico Printers Association* di Inggris menemukan sintesis polimer linier dapat diproduksi melalui *Ester* antara *Ethylene Glycol* (EG) dan *Dimethyl terephthalate* (DMT) yang menghasilkan *polyethylene terephthalate*

Lalu selanjutnya produksi *polyester* untuk serat sintesis menggunakan bahan baku *Terephthalate Acid* (TPA) dan *Ethylene Glycol* (EG). Produksi secara komersial dimulai pada tahun 1944 di Inggris dengan nama dagang "*Terylene*" dan tahun 1953 di Amerika Serikat dengan nama dagang "*Dacron*" (Kirk Othmer, 1981).

Polietilena tereftalat (disingkat PET, PETE atau PETP, PET-P) adalah resin polimer plastic *termoplast* dari kelompok *polyester*. PET diproduksi dalam industri kimia digunakan untuk serat sintesis, botol minuman dan wadah makanan, aplikasi *thermoforming*.

PET juga menjadi salah satu bahan mentah untuk kerajinan tekstil. PET sendiri dapat berwujud padatan atau semi-kristal tergantung kepada proses dan

riwayat termalnya. Monomernya dapat diproduksi dengan reaksi esterifikasi asam tereftalat dengan etilen glikol dan air sebagai produk sampingnya.

Monomer PET ini juga dapat dihasilkan dari reaksi transesterifikasietilen glikol dengan dimetil tereftalat dengan metanol sebagai reaksi samping. Polimer PET dihasilkan dari reaksi polimerasi kondensasi. Reaksi ini terjadi setelah esterifikasi dengan etilen glikol sebagai produk samping.

Plastik PET adalah serat sintesis polyester dengan daya tahan kuat, tahan terhadap asam, kedap udara, fleksibel, dan tidak rapuh.

Penggunaannya sekitar 72% sebagai kemasan minuman dengan kualitas baik. Plastik PET juga polyester yang dapat bercampur dengan polimer alam seperti : sutera, wol dan katun untuk membuat pakaian yang bisa tahan lama dan mudah perawatannya.

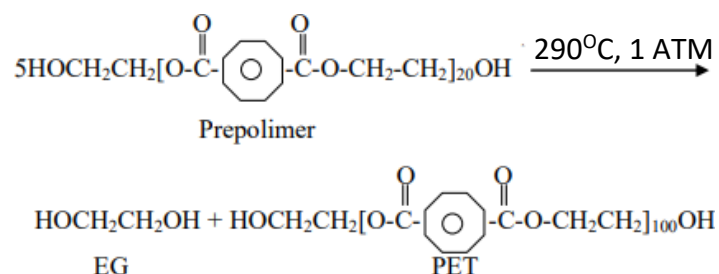
PET merupakan jenis 1, Tanda ini biasanya ditandai logo daur ulang dengan angka 1 di tengahnya serta tulisan PETE atau PET (*polyethylene terephthalate*) di bawah segitiga. Digunakan untuk botol plastic berwarna jernih/transparan dan dipakai hampir semua jenis botol minuman.

Bila terlalu sering dipakai, akan mengakibatkan lapisan polimer tersebut akan meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker) dalam jangka panjang. Oleh karena itu botol jenis PET atau PETE ini hanya direkomendasikan hanya untuk sekali pakai.

Perbandingan Proses :

Proses 1 : Polietilen Tereftalat dari asam tereftalat dan etilen glikol

Proses 2 : Polietilen Tereftalat dari Transesterifikasi *DimethylTereftalat*



Tabel 1. 5 PET dari PTA dan EG

Parameter	Proses 1	Proses 2
<i>Pressure</i>	1 atm	1 atm
<i>Temperature</i>	250-290 °C	270-290°C

Tabel 1. 6 PET dari Transesterifikasi DMT

Parameter	Proses 1	Proses 2
Konversi	0,99	0,95
Hasil samping	EG + H ₂ O	metanol



BAB II

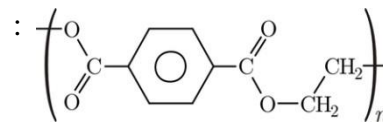
PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

1. *Polyethylene Terephthalate* (Ullmann's 1984)

a) Sifat-sifat Fisika :

- Struktur kimia



- Rumus molekul : $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4$
- Densitas : 1370 kg/m³
- Modulus Young : 2800-3100 Mpa
- *Tensile Strength* : 55-75 Mpa
- *Temperature glass* : 75°C
- Diameter partikel : 3 mm
- Titik lebur : 260°C
- Konduktivitas *thermal* : 0.24 W/(m.K)
- Panas *Specific* : 1.0 KJ/(Kg.K)
- Penyerapan air : 0.16
- Viskositas : 0.629 dl/g
- Kemurnian : 99%
- Derajat Polimerisasi : 100
- Jenis : PET *Crystalline*

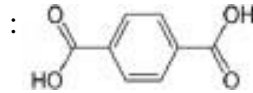
b) Sifat-sifat kimia:

- *Polyethylene terephthalate* dihasilkan dari reaksi antar asam tereftalat dan Etilen glikol dengan menggunakan katalis Sb_2O_3
- *Polyethylene terephthalate* dihasilkan dari reaksi antara dimetil tereftalat dan etilen glikol.

2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

1. Asam Tereftalat (TPA) (Ullman's 1984)

a) Sifat-sifat Fisika




- Rumus molekul : $C_6H_4(COOH)_2$
- Berat Molekul : 166,13 g/mol
- Wujud : Bubuk atau kristal berwarna putih
- Diameter Partikel : 50 μm
- Densitas : 1,522 g/cm³
- Titik lebur : 427 °C
- Titik didih : 402 °C
- Kelarutan dalam air : 1,7 g/ 100 mL (25°C)
- Panas spesifik : 1202 J/(kg.K)

Sifat –sifat Kimia :

- Dapat direaksikan dengan etilen glikol menghasilkan polietilen tereftalat
- Dapat direaksikan dengan metanol menghasilkan dmetil tereftalat

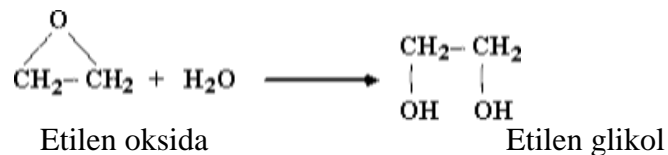
2. Etilen Glikol (Ullman's 1984)

a) Sifat-sifat Fisika :

- Struktur kimia : 
- Rumus molekul : $C_2H_4(OH)_2$
- Berat molekul : $C_2H_4(OH)_2$
- Densitas : 1,1132 g/cm³
- Titik didih : 197,3 °C
- Titik lebur : -12,9°C
- Titik nyala : 111°C (*closed cup*)
- Viskositas : 20,9 mPa.s (20°C)
- *Index refractive* : 1,4318 η^{20D}
- Panas penguapan : 52,24 kJ/mol (pada 101,3 kPa)

b) Sifat-sifat kimia :

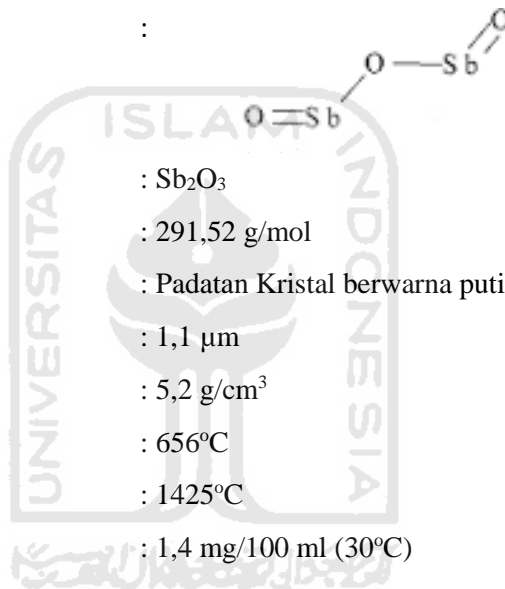
- Bahan dasar pembuatan polietilen tereftalat
- Dihasilkan dari etilen oksida dengan air



3. Antimony Trioksida (Ullman's 1984)

a) Sifat-sifat fisika

- Struktur kimia :

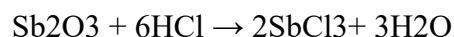


- Rumus molekul : Sb_2O_3
- Berat molekul : 291,52 g/mol
- Wujud : Padatan Kristal berwarna putih
- Diameter partikel : 1,1 μm
- Densitas : 5,2 g/cm³
- Titik lebur : 656°C
- Titik didih : 1425°C
- Kelarutan dalam air : 1,4 mg/100 ml (30°C)

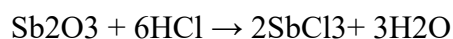
b) Sifat-sifat kimia :

- Digunakan sebagai katalis pada reaksi pembentukan *Polyethylene terephthalate* dari asam tereftalat dan etilen glikol.
- Antimoni Trioksida dihasilkan dari reaksi oksidasi antimon $4\text{Sb} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Sb}_2\text{O}_3$

- Antimoni Trioksida bereaksi dengan asam klorida menghasilkan antimoni triklorida dan air



- Antimoni Trioksida bereaksi dengan asam bromida menghasilkan antimoni tribromida dan air



2.2 Pengendalian Kualitas

Penyimpangan kualitas biasanya terjadi dikarenakan mutu bahan baku kurang baik, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan ini dapat diketahui dari hasil analisa pada bagian Laboratorium Pemeriksaan Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik ini yaitu :

a) Pengawasan mutu bahan baku

Pengawasan mutu bahan baku merupakan bagian pengawasan pada bahan dasar dan bahan tambaha dalam proses pembuatan PET untuk memantau atau monitoring kualitas bahan baku tersebut datang dari supplier hingga bahan baku tersebut siap untuk digunakan proses produksi.

b) Pengawasan mutu selama proses produksi

Pengawasan mutu proses adalah pengawasn dan pengendalian mutu saat berlangsungnya proses produksi PET. Pengawasan dalam proses produksi adalah pengendalian alat-alat proses pada saat mengkontrol suhu, tekanan, volume cairan, aliran cairan serta kondisi alat yang akan digunakan. Selain itu juga pengawasan yang perlu dilakukan adalah pada saat bahan dan reaksi yang dihasilkan, standar operasional mesin produksi dan keadaan produk akhir seblum *finished good* akan disimpan di gudang sebelum dijual di pasaran.

c) Pengawasan mutu barnag jadi

Pengawasan mutu barang jadi merupakan pengendalian kualitas *finished good* pada akhir proses dimana barang masih didalam gudang maupun telah dijual dipasaran. Pengendalian mutu ini terus akan dilakukan sampai produk habis atau masa kadaluarsa barang tersebut telah habis.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

3.1.1 Tahapan Proses

Terephthalate acid (PTA) yang berbentuk bubuk dibawa dari silo Penyimpanan (SL-01) dengan menggunakan *belt conveyor* (BC-01) untuk dimasukkan ke dalam *mixer tank* (M-01). Bersamaan dengan dimasukkan juga dengan *ethylene glycol* (EG) dari recycle dan fresh feed (T-01) yang dialirkan dengan pompa.

Rasio molar antara *terephthalate acid* dengan *ethylene glycol* yang masuk ke dalam reactor adalah 1:2. *Slurry Ethylene Glycol* yang dibawa dari tangki *mixer tank* (M-01) menuju ke *Heat Exchange* (HE-01) 30 °C ke suhu 195 °C. HE yang keluar dengan suhu 195 °C dialirkan lagi menuju reaktor esterifikasi (R-01) dengan menggunakan pompa.

Selanjutnya *Terephthalate acid* (PTA) dari (SL-01) dan katalis *antimony trioxide* (Sb_2O_3) yang diambil dari silo penyimpanan (SL-02) dicampurkan ke dalam reaktor esterifikasi (R-01). Lalu saat masuk reaktor 1 (R-01) komponen direaksikan untuk menjadi BHET pada suhu 190 °C, lalu hasil dari reaktor 1 (R-01) dipompakan menuju *Heat Exchange* (HE-02) untuk menaikkan suhunya lalu dialirkan menuju reaktor 2 (R-02) yang di reaksikan kembali pada suhu 270 °C.

Lalu hasil keluaran dari reaktor 2 (R-02) yaitu PET20 dan *Ethylene Glycol* yang dimana menjadi gas karena suhu reaktor melebihi titik didih dari kompoen tersebut. Setelah itu dipompakan menuju *Heat Exchange* (HE-03) untuk dinaikkan suhunya dan komponen tersebut dipompakan menuju reaktor 3 (R-03) dan direaksikan pada suhu 290 °C menghasilkan PET100, lalu hasil keluaran reaktor 3 (R-03) diumpankan menuju Centrifuge 1 (CF-01) untuk memisahkan komponen seperti *Antimony Trioksida*, PTA dan BHET. Setelah dipisahkan dari komponen-komponen tersebut PET100 akan dibawa oleh *screw conveyor* (SC-01) lalu di

masukkan menuju kritalizer (CR-01) untuk memekatkan PET100 dengan suhu 30 °C.

Keluaran gas dari reaktor berupa Etylen Glikol dan air dari reaktor 1 (R-01), reaktor 2 (R-02), dan reaktor 3 (R-03) menuju condenser parsial (CD-01) untuk dicairkan kembali dengan suhu 110⁰C. Setelah dari condense parsial dengan Etylen Glikol dan air yang sudah berubah fasa di alirkan ke Separator (SP-01) untuk dipisahkan antara fasa cair dan gas keluaran dari condenser parsial (CD-01) dengan suhu 110⁰C.

Untuk fase gas didalam reaktor akan mengalir ke Unit Pengolahan Limbah dan fase cair akan dialirkan kedalam Evaporator (EV01). Fase cair di evaporator (EV-01) yang berisi Etilen Glikol dan air akan diupkan kandungan airnya di evaporator (EV-01) dengan suhu 145⁰C untuk meningkatkan konversi dari etilen glikol. Setelah dari evaporator (EV-01) lalu cairan etilen glikol yang konversinya sudah sama dengan umpan awal lalu dialirkan kembali ke dalam Mixer (M-01) untuk dilanjutkan proses produksi.

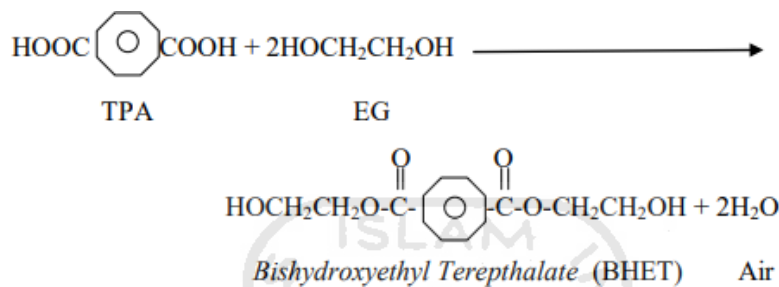
3.1.2 Reaksi Pembentukan BHET

Pada reaksi pembentukan PET (polietilentereftalat) merupakan *step-growth polymerization* adanya bentuk yang sama yaitu pada polimer yang terbentuk pada masing-masing polimer tersebut terdapat dua rantai monomer yang diapit oleh gugus sejenis. Karena reaksi ini dikategorikan sebagai *step-growth polymerization* tipe A-A/B-B. (ROchmadi dan Ajar Permono, 2015). Pada saat *step-growth polymerization*, jika konversi 90% → DP=10, 95% → DP=20, 99% → DP=100 (Ki-Young Yoon, 2014).

Didalam reactor esterifikasi in dilengkapi pengaduk berlangsung proses esterifikasi langusng yaitu terbentuknya gugus isomer dari reaksi PTA dengan EG dengan hasil kemurnian sebesar 90%. Reaksi ini merupakan bentuk dari reaksi kondensasi pada kinetika polimerisasi *step-growth* yang membentuk *polyethylene terephthalate* (polymerdatabase.com, 2015). Dan hasil yang diperoleh dari reaksi

tersebut yaitu *bishydroxyethyl terephthalate* (BHET), air (H₂O) dan *terephthalate acid* (PTA) yang tidak bereaksi.

Ketika asam tereftalat dan etilen glikol dipanaskan dengan adanya katalis kimia yaitu *antimony trioxide*, etilen tereftalat bentuk dalam bentuk monomer. Pada reactor ini, reaksi berjalan secara endoteris. Kondisi operasi reactor esterifikasi ini pada suhu 195 °C dan tekanan 1 atm (M. Minarik and Z. Sir. 1975) .



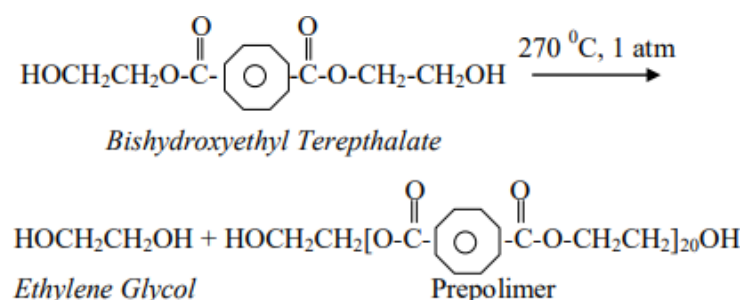
BHET (*bishydroxyethyl terephthalate*) yang terbentuk, PTA (*terephthalate acid*) yang tidak bereaksi dan katalis dialirkan dari bagian bawah reaktor dan dialirkan ke reaktor polimerisasi dengan menggunakan pompa.

3.2 Proses Polimerisasi

Proses polimerisasi berlangsung dalam reaktor polimerisasi yang dilengkapi dengan pengaduk pada suhu 270 °C dan tekanan 1 atm dengan konversi *bishydroxyethyl terephthalate* (BHET) sebesar 95%.

Pada reaksi polimerisasi, yakni menggabungkan monomer-monomer etilen tereftalat menjadi satu dengan pengikat gugus ester (CO-O) sebagai rantai kimianya menjadi rantai polimer dimana konversi reaksi pada reaktor ini adalah 95%.

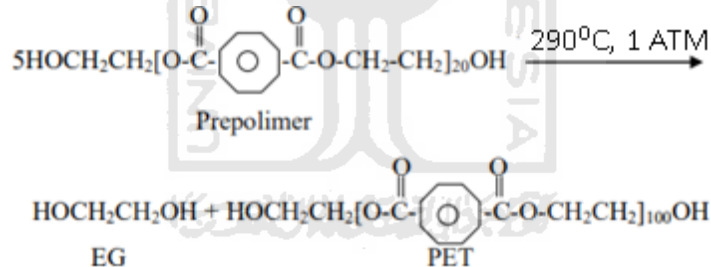
Dari reaksi polimerisasi ini PET dengan derajat polimerisasi 20 atau PET20 (Patent, US3496146A).



Dan sebagian *ethylene glycol* dan air yang tidak bereaksi akan menguap dan dialirkan ke unit *recycle* untuk pengolahan lanjut. Lalu hasil dari reaktor polimerisasi yang terbentuk dialirkan menuju reaktor polikondensasi dengan menggunakan pompa.

3.3 Proses Polikondensasi

Pada proses polikondensasi ini terbentuk ikatan monomer-monomer menjadi polimer yang panjang dengan derajat polimerisasi yang semakin besar. Proses polikondensasi berlangsung dengan suhu 290 °C dan tekanan 1 atm dengan konversi prepolimer sebesar 99% dalam reaktor polikondensasi.



Pada proses di reaktor polikondensasi *ethylene glycol* yang tidak bereaksi akan dialirkan ke unit pengolahan lanjut.

3.3.1 Tahap Pemisahan Produk

Cairan *polyethylene terephthalate* (PET) yang dihasilkan polikondensasi dialirkan menggunakan pompa ke *cooler* (1) untuk menurunkan suhu 290 °C menjadi 110 °C. Cairan *cooler* di pompa dari 90 °C tersebut di dimasukkan ke dalam *centrifuge* untuk dipisahkan dari katalis Sb_2O_3 dan PTA sisa. Cairan kental *polyethylene terephthalate* yang keluar dari *centrifuge* (CF-1) dialirkan lagi dengan pompa ke *centrifuge* (CF-2) untuk memisahkan BHET yang masih tersisa lalu keluaran hasil

centrifuge (CF-2) tersebut berupa kristal beserta *mother liquor* (PET 20/prepolimer) akan dibawa dengan menggunakan *screw conveyor* (SC-01) menuju *Kristalizer* (CR-01) untuk mengkristalkan PET 100. Lalu diangkut menuju silo penyimpanan PET 100 dengan menggunakan *screw conveyor*. Dan *ethylene glycol* yang menguap dibawa menggunakan *blower* (BL-01) dan diumpankan menuju *condenser* (CD-01) untuk merubah fasa gas dari *ethylene glycol* menjadi fasa cair setelah dipompakan menuju *separator* (SD-01) yang dimana untuk memisahkan air dan *ethylene glycol* yang masih larut dengan menaikkan suhu menjadi 110 °C agar air di *ethylene glycol* bisa menguap dan setelah itu di umpankan menuju *evaporator* (EV-01) untuk menaikkan kemurnian *ethylene glycol*.

3.4 Spesifikasi Alat Proses

1. Silo Penyimpanan PTA (SL-01)

Tugas	: Menyimpan bahan baku Asam Teretalat selama 1 minggu sebanyak 8.001,012 kg/7hari
Kondisi penyimpanan	: Atmosferik, suhu perancangan 30 °C
Jenis	: Silinder tegak dengan bagian bawah berbentuk cone
Ukuran	: Volume : 1.847,683 m ³ Tinggi : 25 m Diameter : 10, 2 m
Bahan	: Carbon Steel
Tebal <i>shell</i>	: 3/16 in
Tebal <i>Head</i>	: 1/4 in
Jumlah	: 1 buah
Harga	: 9,863\$
Jumlah	: 1buah

2. Silo Penyimpanan Katalis (Sb₂O₃) (SL-02)

Tugas	: Menyimpan bahan baku Antimony Trioksida sebanyak 2.342,523 kg/7hari
Kondisi penyimpanan	: Atmosferik, suhu perancangan 30 °C
Jenis	: Verf, Cone Roof
Ukuran	: Volume : 246.5303 m ³ Tinggi : 13 m Diameter : 5,25 m
Bahan	: Carbon Steel
Tebal <i>shell</i>	: 3/16 in
Tebal <i>Head</i>	: 3/16 in
Jumlah	: 1 buah
Harga	: 4,170\$
Jumlah	: 1 buah

3. Silo Penyimpanan PET 100 (SL-03)

Tugas	: Menyimpan produk Polietilen Tereftalat sebanyak 8.838, 384 kg/7 hari
Kondisi	: Atmosferik , suhu perancangan 30 °C
Jenis	: Vert, Cone Roof
Ukuran	: Volume : 1.690, 821 m ³ Tinggi : 24 m Diameter : 9.9 m
Bahan	: Carbon Steel
Tebal <i>shell</i>	: 3/16 in
Tebal <i>Head</i>	: 1/4 in
Jumlah	: 1 buah
Harga	: 11,113\$
Jumlah	: 1 buah

4. Tangki Penyimpanan Etilen Glikol (T-01)

Tugas	: Menyimpan bahan baku etilen glikol sebanyak 477.373 kg/7 hari
Kondisi	: Atmosferik, suhu perancangan 30 °C
Jenis	: Vert, Cone Roof
Ukuran	: Volume : 3968,434 m ³ Tinggi : 18,73 m Diameter : 12,87 m
Bahan	: <i>Stainless steel</i>
Tebal <i>shell</i>	: 3/16 in
Tebal <i>Head</i>	: 3/16 in
Jumlah	: 1 buah
Harga	: 606,198\$
Jumlah	: 1 buah

5. Mixer (M-01)

Tugas	: Mencampurkan Fresh Fedd EG dengan Asam Tereftalat
Kondisi	: Atmosferik, suhu perancangan 30 °C
Jenis	: Tangki silinder Vertikal alas,tutup cone
Jenis Pengaduk	: Flat 6 Blade Turbin Impeller
Ukuran	: Volume : 476 m ³ Tinggi : 19,83 m Diameter : 13,22 m
Bahan	: <i>Stainless steel</i>
Tebal <i>shell</i>	: 2 in
Tebal <i>head</i>	: 2 in
Jumlah	: 1 buah
Power	: 172.839 HP
Harga	: 61,814\$
Jumlah	: 1 buah

6. Reaktor Esterifikasi (R-01)

Tugas	: Mereaksikan Etilen Glikol dan Asam Tereftalat dengan Antimony Trioksida
Jenis	: Jacket, Tangki Berpengaduk
Jenis Pengaduk	: Propeller
Diameter	: 2,5812 m
Tinggi	: 3,4287 m
Tebal <i>shell</i>	: 3/16 in
Tebal <i>Head</i>	: 3/16 in
Fase	: Padatan dan cair
Katalis	: Antimony Trioksida (Sb_2O_3)
Suhu Reaktor	: 195 °C
Tekanan	: 1 atm
Bahan	: <i>Stainless steel</i>
Harga	: 323,380\$
Power	: 20 HP
Jumlah	: 1 buah

7. Reaktor Polikondensasi (R-02)

Tugas	: Mereaksikan BHET dengan PTA dengan katalis Antimony Trioksida
Jenis	: <i>Jacket</i> , Tangki Berpengaduk
Jenis Pengaduk	: Propeller
Diameter	: 2,4288 m
Tinggi	: 3,2135 m
Tebal <i>shell</i>	: 3/16 in
Tebal <i>Head</i>	: 3/16 in
Fase	: Padatan dan cair
Katalis	: Antimoni Trioksida (Sb_2O_3)
Suhu Reaktor	: 270 °C
Tekanan	: 1 atm
Bahan	: <i>Stainless steel</i>

Harga : 299,071\$

Power : 60 HP

Jumlah : 1 buah

8. Reaktor Polikondensasi (R-03)

Tugas : Mereaksikan PET 20 dengan BHET dan PTA

Jenis : *Jacket*, tangki berpengaduk

Jenis Pengaduk : Propeller

Diameter : 2,4288 m

Tinggi : 3,1935 m

Tebal *shell* : 3/16 in

Tebal *Head* : 3/16 in

Fase : Padatan dan cairan

Katalis : Antimony Trioksida (Sb_2O_3)

Suhu Reaktor : 290 °C

Tekanan : 1 atm

Bahan : *Stainless steel*

Harga : 455,343

Power : 43.6 HP

Jumlah : 1 buah

9. Centrifuge 1 (CF-01)

Tugas : Memisahkan PET100 dengan Antimony Trioksida dan Asam Tereftalat (PTA)

Jenis : *Knife discharge*

Suhu : 90 °C

Kapasitas : 12.710,9811 kg/jam

Tekanan : 1 atm

Bahan : *Stainless steel*

Diameter bowl : 68 in

Kecepatan putar : 27094,482

Jari-jari bowl : 34 in

Daya motor : 40 HP

Harga : 276,012\$
Jumlah : 1 buah

10. Centrifuge 2 (CF-02)

Tugas : Memisahkan PET100 dengan BHET
Jenis : *Knife discharge*
Suhu : 60 °C
Tekanan : 1 atm
Kapasitas : 9.489,4195 kg/jam
Bahan : *Stainless steel*
Kecepatan putar : 20208,27933
Diameter bowl : 68 in
Jari-jari bowl : 34 in
Daya motor : 40 Hp
Harga : 276,012\$
Jumlah : 1 buah

11. Kristalizer (KR-01)

Tugas : Mengkristalkan PET100 dari *Centrifuge*
Jenis : *Swanson Walker Crystallizer*
Kapasitas : 6,4076 m³/jam
Panjang : 9,15 m
Diameter : 0,61 m
Luas Transfer Panas : 8,7591 m²
Media Pendingin : Air
Suhu Operasi : Masuk : 60 °C
Keluar : 30 °C
Kebutuhan air pendingin : 83.359,3103 kg/jam
Harga : 347,272\$
Jumlah : 1 buah

12. Condensor (CD-01)

Tugas : Mengkondensasikan output dari reaktor sebelum dimasukkan ke separator

Jenis : *Shell and Tube Exchanger*

Ukuran : *Tube* : Fluida Panas

IPS : 0.834 in

OD : 0.75 in

BWG : 14

Jumlah tube : 428

Panjang Tube : 16 ft

Passes : 2

ΔP : 7.5539

Shell : Dowterm

ID : 25 in

Baffle : 14.4375

Jenis Pitch : Triangular Pitch

Ukuran Pitch : 1 in

Passes : 1

ΔP : 7.3460

Rd : 0.1099

Panjang : 4,8768 m

Harga : 93,346\$

Jumlah : 1 buah

13. Separator (SD-01)

Tugas : Memisahkan komponen uap dan cairan Etilen Glikol yang keluar dari *Condensor*

Jenis : *Horizontal Separator Single Stage*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 110 °C

Tinggi : 12,0936 m
 Diameter : 144 in
 Tebal *shell* : 1/4 in
 Tebal *Head* : 1/4 in
 Bahan : *Stainless steel*
 Harga : 15,697\$
 Jumlah : 1 buah

14. Evaporator (EV-01)

Tugas : Menguapkan Air dari Etilen Glikol untuk dialirkan menuju Tangki Penyimpanan Etilen Glikol

Jenis : *Long Tube Vertical Evaporator*

Tekanan : 1 atm

Suhu : 150 °C

Tinggi : 6,6899 m

Bahan : *Stainless steel*

Ukuran : *Tube* : Fluida Panas

IPS : 1.4 in

OD : 1.25 in

BWG : 18

Jumlah tube : 43

Panjang Tube : 24 ft

Passes : 2

ΔP : 0.48392

Shell : Dowterm

ID : 12 in

Baffle : 24

Jenis Pitch : Triangular Pitch

Ukuran Pitch : 1 in

Passes : 1

ΔP : 0.004

Rd : 0.001

Tebal <i>shell</i>	: 1/2 in
Tebal <i>Head</i>	: 1/2 in
Harga	: 304,766\$
Jumlah	: 1 buah

15. Pompa 1 (P-01)

Tugas	: Mengalirkan Etilen Glikol dari tangki sebanyak 2.841,5110 kg/jam
Jenis	: Pompa <i>Centrifugal</i>
Bahan	: <i>Stainless steel</i>
Head Pompa	: 6 m
Ukuran pipa	: ID : 1,9 in Sch N : 40 IPS : 1.50 in ² Flow area : 2.40 in
Kapasitas	: 13,6263 gpm
Kecepatan aliran	: 1,8217 ft/s
Harga	: 5,973\$
Daya Pompa	: 1,5 Hp
Jumlah	: 1 buah

16. Pompa 2 (P-02)

Tugas	: Mengalirkan campuran Etilen glikol dan Asam tereftalat (PTA) dari mixer tank ke reaktor eterifikasi
Jenis	: Pompa <i>Centrifugal</i>
Bahan	: <i>Stainless steel</i>
Head Pompa	: 7 m
Ukuran pipa	: ID : 0,824 in Sch N : 40 OD : 1,05 in IPS : 0,75 in Flow area : 0,53 in ²

Kapasitas : 1,4883 gpm
Kecepatan aliran : 0,8942 ft/s
Harga : 15,679\$
Daya Pompa : 0,05 Hp
Jumlah : 1 buah

17. Pompa 3 (P-03)

Tugas : Mengalirkan larutan dari reaktor esterifikasi (R-01)
ke reaktor polikondensasi (R-02)

Jenis : Pompa *Centrifugal*

Bahan : *Stainless steel*

Head Pompa : 5 m

Ukuran : ID : 4,026 in

Sch N : 40

OD : 4,5 in

IPS : 4,00 in

Flow area : 12,70 in²

Kapasitas : 100,4674 gpm

Kecepatan aliran : 2,5382 ft/s

Harga : 15,679\$

Daya Pompa : 1 Hp

Jumah : 1 buah

18. Pompa 4 (P-04)

Tugas : Mengalirkan larutan dari reaktor polimerisasi (R-02) menuju reaktor polikondensasi (R-03)

Jenis : Pompa *Centrifugal*

Bahan : *Stainless steel*

Head Pompa : 7 m

Ukuran : ID : 2,469 in

Sch N : 40

OD : 2,88 in

IPS : 2,50 in

	Flow area : 4,79 in ²
Kapasitas	: 41,0990 gpm
Kecepatan aliran	: 2,7530 ft/s
Harga	: 9,724\$
Daya Motor	: 2 Hp
Jumlah	: 1 buah

19. Pompa 5 (P-05)

Tugas : Mengalirkan larutan dari reaktor polikondensasi (R-03) ke *Centrifuge*

Jenis : Pompa *Centrifugal*

Bahan : *Stainless steel*

Head Pompa : 4 m

Ukuran : ID : 2,067 in

Sch N : 40

OD : 2,38 in

IPS : 2,00 in

Flow area : 3,35 in²

Kapasitas : 15,6132 gpm

Kecepatan aliran : 1,4953 ft/s

Harga : 9,724\$

Daya Pompa : 1 Hp

Jumlah : 1 buah

20. Pompa 6 (P-06)

Tugas : Mengalirkan recycle dari *Centrifuge 1* (CF-01) ke reaktor esterifikasi (R-01)

Jenis : Pompa *Centrifugal*

Bahan : *Stainless steel*

Head Pompa : 7 m

Ukuran : ID : 1,049 in

Sch N : 40

OD : 1,32 in
 IPS : 1,00 in
 Flow area : 0,86 in²
 Kapasitas : 3,6157 gpm
 Kecepatan aliran : 1,3427 ft/s
 Harga : 5,973\$
 Daya Pompa : 1 Hp
 Jumlah : 1 buah

21. Pompa 7 (P-07)

Tugas : Mengalirkan recycle dari *Centrifuge 2* menuju reaktor polimerisasi (R-02)

Jenis : Pompa *Centrifugal*

Bahan : *Stainles steel*

Head Pompa : 4 m

Ukuran : ID : 1,049 in

Sch N : 40

OD : 1,32 in

IPS : 1,00 in

Flow area : 0,86 in²

Kapasita : 2,5505 gpm

Kecepatan aliran : 0,9471 ft/s

Harga : 9,724\$

Daya Pompa : 1 Hp

Jumlah : 1 buah

21. Pompa 8 (P-08)

Tugas : Mengalirkan Etilen Glikol dari cooler menuju separator

Jenis : Pompa *Centrifugal*

Bahan : *Stainless steel*

Head Pompa : 5 m

Ukuran : ID : 4,026 in

	Sch N : 40
	OD : 4,5 in
	IPS : 4,00 in
	Flow area : 12,70 in ²
Kapasitas	: 104,2713 gpm
Kecepatan aliran	: 2,6343 ft/s
Harga	: 15,697\$
Daya Pompa	: 1 Hp
Jumlah	: 1 buah

22. Pompa 9 (P-09)

Tugas	: Mengalirkan Etilen Glikol dari <i>Condensor</i> menuju separator
Jenis	: Pompa <i>Centrifugal</i>
Bahan	: <i>Stainless steel</i>
Head Pompa	: 14 m
Ukuran	: ID : 3,068 in Sch N : 40 OD : 3,5 in IPS : 3,00 in Flow area : 7,38 in ²
Kapasitas	: 64,6690 gpm
Kecepatan aliran	: 2,8116 ft/s
Harga	: 22,945\$
Daya Pompa	: 3 Hp
Jumlah	: 1 buah

23. Pompa 10 (P-10)

Tugas	: Mengalirkan Etilen Glikol dari separator menuju <i>Evaporator</i>
Jenis	: Pompa <i>Centrifugal</i>
Bahan	: <i>Stainless steel</i>
Head Pompa	: 7 m

Ukuran	: ID : 3,068 in Sch N : 40 OD : 3,5 in IPS : 3,00 in Flow area : 7,38 in ²
Kapasitas	: 63,8366 gpm
Kecepatan aliran	: 2,7754 ft/s
Harga	: 12,919\$
Daya Pompa	: 1,5 Hp
Jumlah	: 1 buah

24. Pompa 11 (P-11)

Tugas	: Mengalirkan Etilen Glikol dari <i>Evaporator</i> menuju mix point
Jenis	: Pompa <i>Centrifugal</i>
Bahan	: <i>Stainless Steel</i>
Head Pompa	: 30 m
Ukuran	: ID : 3,068 in Sch N : 40 OD : 3,5 in IPS : 3,00 in Flow area : 7,38 in ²
Kapasitas	: 68,4906 gpm
Kecepatan aliran	: 2,9777 ft/s
Harga	: 12,919\$
Daya Pompa	: 7 Hp
Jumlah	: 1 buah

25. Bucket Elevator (BE-01)

Tugas	: Memindahkan Asam Tereftalat dari Silo 1 (S-01) menuju <i>Mixer Tank</i>
Tinggi elevator	: 7,6250 m
Ukuran bucket	: 6 x 4 x 4,5 in

Kecepatan Bucket : 1,1430 m/s

Harga : 15,002\$

Jumlah : 1 buah

26. Belt Conveyor 1 (BC-01)

Tugas : Memindahkan Asam Tereftalat dari Silo 1 (S-01) menuju *Mixer Tank* (M-01)

Panjang belt : 16.4042 ft

Lebar belt : 50 in

Power : 0.33 HP

Jenis : *Close Belt Conveyor*

Harga : 36,255\$

Jumlah : 1 buah

27. Belt Conveyor 2 (BC-02)

Tugas : Memindahkan Antimony Trioksida dari Silo 2 (S-02) menuju reaktor Esterifikasi (R-01)

Panjang belt : 16.4042 ft

Lebar belt : 50 in

Power : 0.125 HP

Jenis : *Close Belt Conveyor*

Harga : 36,255\$

Jumlah : 1 buah

28. Screw Conveyor 1 (SC-01)

Tugas : Mengakut PET100 dari *Centrifuge 2* (CF-02) menuju kristalizer (KR-01)

Jenis : *screw conveyor dengan gate feeder*

Panjang : 10 m

Diameter : 12 in

Power : 3 HP

Harga : 10,835\$

Jumlah : 1 buah

29. Screw Conveyor 2 (SC-02)

Tugas	: Mengangkut PET100 dari kristalizer menuju silo penyimpanan PET100 (S-03)
Jenis	: <i>screw conveyor</i> dengan <i>gate feeder</i>
Panjang	: 10 m
Diameter	: 12 in
Power	: 3 HP
Harga	: 10,835\$
Jumlah	: 1 buah

30. Heat Exchanger (HE-01)

Tugas	: Menaikkan suhu larutan Etilen Glikol, Asam Tereftalat dan air sebelum masuk ke reaktor esterifikasi (R-01) dari suhu 30 °C menjadi 60 °C dengan kebutuhan steam 339,712934 kg/jam
Beban panas	: 1.740.196,423 kj
Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Luas perpindahan panas	: 153,5536 ft ²
Ukuran	: <i>Inner pipe</i> : OD : 3,50 in ID : 3,07 in <i>Annulus</i> : OD : 4,50 in ID : 4,026 in
Bahan	: <i>Carbon steel</i>
No. Schedule	: 40
IPS Annulus	: 4 in
IPS Inner Pipe	: 3 in
Hairpin	: 11
Harga	: 49,868\$
Jumlah	: 1 buah

31. Heat Exchanger (HE-02)

Tugas	: Menaikkan suhu larutan dari hasil keluaran <i>Centrifuge 1</i> (CF-01) menuju reaktor esterifikasi dari
-------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

60 °C menjadi 250 °C dengan kebutuhan steam
278.5041775 kg/jam

Beban panas : 289826.0408 kj/jam

Jenis : *Double pipe exchanger*

Luas perpindahan panas : 14,5554 ft²

Ukuran : *Inner pipe* : OD : 1,66 in
ID : 1,38 in
Annulus : OD : 2,38 in
ID : 2,067 in

Bahan : *Carbon steel*

No. Schedule : 40

IPS Annulus : 2 in

IPS Inner : 1,25 in

Hairpin : 3

Harga : 2,361\$

Jumlah : 1 buah

32. Heat Exchanger (HE-03)

Tugas : Menaikkan suhu larutan campuran dari reaktor esterifikasi menuju reaktor polimerisasi dari suhu 250 °C menjadi 270 °C dengan kebutuhan steam 596.6233 kg/jam

Beban panas : 620877,4985 kj

Jenis : *Double pipe exchanger*

Luas perpindahan panas : 88,5715 ft²

Ukuran : *Inner pipe* : OD : 3,50 in
ID : 3,07 in
Annulus : OD : 4,50 in
ID : 4,026 in

Bahan : *Carbon steel*

No. Schedule : 40

IPS Annulus : 4 in

IPS Inner	: 3 in
Hairpin	: 8
Harga	: 4,445\$
Jumlah	: 1 buah

33. Heat Exchanger (HE-04)

Tugas : Menaikkan suhu campuran keluaran dari reaktor polimerisasi menuju reaktor polikondensasi dari suhu 270 °C menjadi 290 °C dengan kebutuhan steam 521,83 kg/jam

Beban panas : 543048,6369 kj

Jenis : *Shell and Tube Exchanger 1: 2*

Luas perpindahan panas : 261,84 ft²

Ukuran : *Shell* : Fluida dingin

IPS : 0.75 in

OD : 1 in

BWG : 11

Jumlah tube : 52

Panjang Tube : 20 ft

Passes : 2

ΔP : 0.000150153

Shell : Dowterm

ID : 12 in

Baffle : 9 in

Jenis Pitch : Triangular Pitch

Ukuran Pitch : 1.25 in

Passes : 1

ΔP : 0.065795

Rd : 0.00794

Bahan : *Carbon steel*

Harga : 20,836\$

Jumah : 1 buah

34. Blower 1 (BL-01)

Tugas	: Menghembuskan gas etilen glikol dari keluaran reaktor 1,2 dan 3 menuju ke condenser
Jenis	: <i>Centrifugal Blower</i>
Kapasitas	: 1.425.461,9129 L/jam
Ukuran pipa	: ID : 1,9 in Sch N : 40 IPS : 1.50 in ²
Efisiensi	: 80%
Power	: 1 Hp
Harga	: 22,225\$
Jumlah	: 1 buah

35. Blower 2 (BL-02)

Tugas	: Menghembuskan gas etilen glikol keluaran dari separator menuju unit pengolahan limbah (UPL)
Jenis	: <i>Centrifugal Blower</i>
Kapasitas	: 4.649.316 L/jam
Ukuran Pipa	: ID : 1,9 in Sch N : 40 IPS : 1.50 in ²
Efisiensi	: 80%
Power	: 1/20 Hp
Harga	: 5,834\$
Jumlah	: 1 buah

36. Cooler 1 (CL-01)

Tugas	: Menurunkan suhu larutan campuran keluaran reaktor polikondensasi dari suhu 290 °C menjadi suhu 110 °C
Beban panas	: 4469740 kj/jam
Ukuran	: <i>Tube</i> : Fluida Panas IPS : 0.834 in

OD : 0.75 in
BWG : 14
Jumlah tube : 66
Panjang Tube : 16 ft
Passes : 2
 ΔP : 2.3211

Shell : Dowterm

ID : 25 in

Baffle : 18.75

Jenis Pitch : Triangular Pitch

Ukuran Pitch : 1 in

Passes : 1

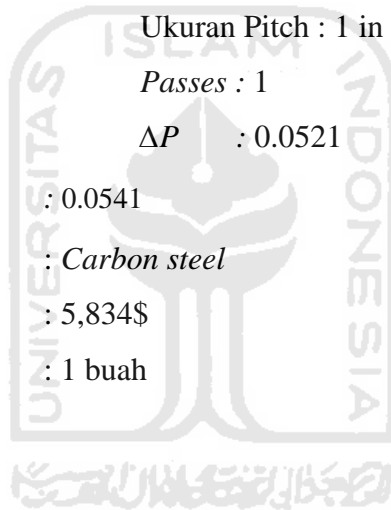
ΔP : 0.0521

Rd : 0.0541

Bahan : *Carbon steel*

Harga : 5,834\$

Jumlah : 1 buah



BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

Tata letak peralatan dan fasilitas dalam suatu perancangan pabrik yaitu salah satu syarat penting untuk memperhitungkan kisaran biaya secara akurat sebelum sebuah pabrik yang dibangun yang meliputi desain, fasilitas bangunan, jenis dan jumlah peralatan dan kelistrikan.

Hal tersebut secara tidak langsung akan memberikan informasi-informasi yang dapat diperkirakan dalam biaya pembangunan dan tempat sehingga dapat diperoleh biaya yang lebih terperinci sebelum pendirian pabrik.

Lokasi suatu pabrik merupakan bagian yang penting untuk mempengaruhi kedudukan suatu pabrik. Penentuan lokasi yang tepat tersebut tidak semudah yang diperkirakan, ada banyak faktor yang mempengaruhi lokasi yang ideal dan lokasi yang dipilih harus memberikan keuntungan untuk jangka panjang dan memberikan kemungkinan untuk memperluas pabrik.

Lokasi yang baik akan menentukan hal-hal sebagai berikut :

A. Faktor Primer

Faktor ini secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari pabrik yang meliputi produksi dan distribusi produk yang diatur menurut macam dan kualitasnya. Yang termasuk dalam faktor utama yaitu :

1. Letak pasar

Pabrik yang letaknya dekat dengan pasar akan lebih cepat dalam melayani konsumen, sedangkan juga biaya distribusi dan angkutan lebih murah

2. Letak sumber bahan baku

Idealnya, sumber bahan baku juga tersedia dengan lokasi pabrik. Hal ini lebih baik untuk penyediaan bahan baku, setidaknya dapat mengurangi keterlambatan bahan baku, terutama untuk bahan baku yang berat. Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan baku yaitu :

- Lokasi sumber bahan baku
- Besarnya kapasitas bahan baku dan berapa lama sumber itu dapat diandalkan pengadaannya
- Cara mendapatkan bahan baku dan transportasinya
- Harga bahan baku serta biaya pengangkutan
- Kemungkinan untuk mendapatkan sumber bahan baku lain

3. Fasilitas pengangkutan

Pertimbangan-pertimbangan kemungkinan pengangkutan bahan baku dan produk menggunakan truk, gerbong kereta api, lalu angkutan laut melalui sungai dan lain juga angkutan melalui udara yang sangat mahal.

4. Tenaga Kerja

Lalu tersedia tenaga kerja tertentu juga merupakan faktor pertimbangan pada penetapan lokasi pabrik tetapi tenaga terlatih *skilled labor* di daerah setempat tidak selalu tersedia. Jika didatangkan dari daerah lain juga diperlukan peningkatan upah atau penyediaan fasilitas lainnya sebagai daya tarik.

5. Pembangkit tenaga listrik

Pabrik yang menggunakan tenaga listrik yang besar akan memilih lokasi dengan sumber tenaga listrik.

B. Faktor Sekunder

Yang termasuk ke dalam faktor sekunder antara lain adalah :

1. Harga tanah dan gedung

Harga tanah dan gedung merupakan daya tarik tersendiri. Perlu dikaitkan dengan rencana jangka panjang. Jika harga tanah mahal mungkin diperoleh luas tanah yang terbatas, sehingga perlu dipikirkna membuat bangunan walaupun pembangun gedung sedikit lebih mahal.

2. Perluasan

Perlu juga diperhatikan apakah perluasan dimasa yang akan datang dapat dikerjakan di satu tempat atau perlu lokasi lain, apakah disekitar banyak

sudah ada bangunan lain. Hal ini menjadi masalah untuk perluasan di masa mendatang.

3. Fasilitas Servis

Terutama untuk pabrik yang relative kecil yang tidak memiliki bengkel sendiri. Perlu juga adanya bengkel-bengkel di sekitar tersebut untuk perbaikan alat-alat pabrik. Dan juga perlu adanya fasilitas layanan masyarakat, seperti rumah sakit umum, sekolah, tempat-tempat ibadah, tempat-tempat kegiatan olahraga dan sebagainya.

Untuk pabrik yang besar , mungkin fasilitas tersebut dapat dilayani sendiri walaupun adanya beban tambahan. Namun keuntungannya sebagai daya tarik lebih bagi pekerja, untuk membantu penjagaan kesehatan fisik dan mental sehingga efisiensi kerja dapat dipertahankan.

4. Fasilitas finansial

Perkembangan perusahaan dibantu oleh fasilitas finansial, dengan adanya pasarmodal, bursa, sumber-sumber modal, bank, koperasi simpan pinjam, dan lembaga keuangan lainnya. Dengan adanya fasilitas tersebut akan lebih membantu untuk memberikan kemudahan bagi suksesnya dalam pengembangan dan pendirian pabrik.

5. Persediaan air

Suatu jenis pabrik pasti memerlukan sejumlah air yang cukup banyak, kemungkinan diperoleh dari sumber air yang banyak seperti sungai, danau, sumur, laut.

6. Peraturan daerah setempat

Peraturan daerah setempat juga perlu dipelajari terlebih dahulu karena terdapat beberapa persyaratan atau aturan yang berbeda dari daerah lain.

7. Tokoh Masyarakat Daerah

Sikap, tanggapan dari masyarakat daerah terhadap pemabngunan pabrik juga diperhatikan, karena hal ini akan menentukan perkembangan pabrik dimasa datang. Keselamatan dan keamanan masyarakat perlu dijaga dengan baik, Dikarenakan hal tersebut sudah menjadi sebuah keharusan sebagai sumbangan kepada masyarakat.

8. Iklim di daerah lokasi

Suatu pabrik ada kalanya membutuhkan kondisi operasi misalnya kelembapan, udara, panas matahari, dan sebagainya. Hal ini berhubungan dengan kegiatan pengolahan, penyimpanan bahan baku atau produk. Iklim juga mempengaruhi gairah kerja dan moral para karyawan. Keaktifan kerja karyawan juga dapat meningkatkan hasil produksi.

9. Keadaan tanah

Sifat-sifat mekanika tanah dan tempat pembangunan pabrik juga perlu diketahui. Hal ini berhubungan dengan rencana pondasi bangunan, gedung, alat-alat, dan bangunan suatu pabrik.

10. Perumahan

Bila di sekitar daerah pabrik telah banyak perumahan, selain memudahkan karyawan untuk pergi ke pabrik juga dapat meringankan investasi perumahan karyawan.

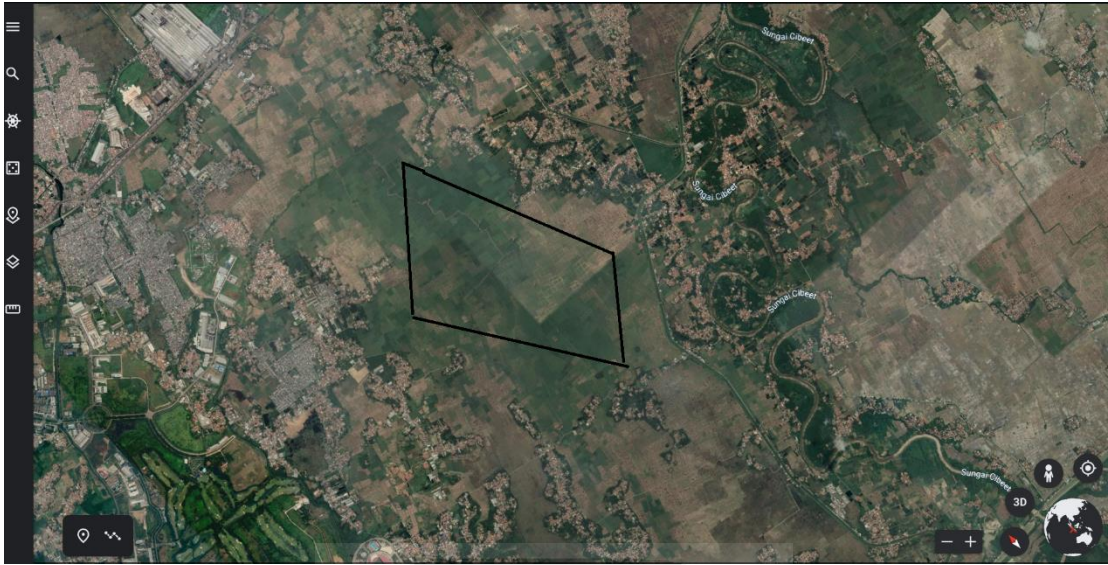
11. Daerah pinggiran kota

Daerah pinggiran kota dapat menjadi lebih menarik untuk pembangunan pabrik. Tetapi akibatnya timbul efek desentralisasi industri. Alasan pemilihan daerah lokasi di pinggiran kota antara lain :

- Upah buruh relative murah
- Harga tanah lebih murah
- Servis industry tidak terlalu jauh dari kota

4.1 Lokasi Pabrik

Secara geografis, penentuan lokasi pabrik sangat menentukan kemajuan serta kelangsungan dari suatu industri kini dan pada masa yang akan datang dan akan berpengaruh pada faktor produksi dan distribusi pabrik yang didirikan. Pemilihan lokasi pabrik juga harus tepat berdasarkan perhitungan biaya produksi dan distribusi yang minimal serta sosiologi dan budaya masyarakat yang ada disekitar lokasi pabrik (Timeerhause, 2004). Lalu faktor-faktor tersebut maka pabrik pembuatan PET ini akan direncanakan berlokasi didaerah Karawang, Jawa Barat.



Gambar 4. 1 Daerah Lokasi Pabrik

Dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik adalah :

A. Bahan baku

Bahan baku akan direncanakan diperoleh dari pabrik sekitarnya di Karawang. Misalnya Asam Tereftalat diperoleh dari PT. Amoco Mitsui Indonesia yang ada di daerah Subang dan Etilen Glikol diperoleh dari PT. Glorindo yang ada di Karawang, untuk katalis Antimony Trioksida di impor dari Amerika Serikat.

B. Transportasi

Pembelian bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalan darat dan laut. Untuk lokasi dipilih dalam rencana pendirian pabrik merupakan kawasan industri, yang telah memiliki sarana pelabuhan dan pengangkutan darat sehingga untuk pembelian bahan baku dan produk dapat dilalui jalur darat maupun laut.

C. Pemasaran

Kebutuhan PET yang mengalami peningkatan dari tahun ke tahun dan banyaknya industri kimia berbasis PET mengakibatkan pemasaran tidak mengalami hambatan. Selain itu Karawang juga daerah industri sehingga produknya dapat dipasarkan kepada pabrik yang membutuhkan di sekitaran industri atau diekspor ke manca negara.

D. Kebutuhan air

Air yang akan dibutuhkan dalam proses diperoleh dari sungai ada di Karawang yang mengalir disekitar pabrik untuk proses, sarana utilitas, dan kebutuhan rumah tangga.

E. Kebutuhan tenaga listrik dan bahan bakar

Dalam penjalanan suatu pabrik, tenaga listrik dan bahan bakar merupakan faktor penunjang yang sangat penting. Pembangkit listrik utama untuk pabrik juga menggunakan generator diesel yang bahan bakarnya didapatkan dari Pertamina.

Selain itu, kebutuhan listrik didapatkan dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) Jawa Barat.

F. Tenaga Kerja

Untuk kawasan industri, daerah ini merupakan salah satu para pencari kerja. Dan tenaga kerja ini merupakan tenaga kerja produktif dari berbagai tingkatan terdidik maupun belum terdidik.

G. Biaya untuk lahan pabrik

Lahan yang masih tersedia untuk lokasi pabrik sudah cukup luas serta harga yang masih terjangkau

H. Kondisi iklim dan cuaca

Seperti iklim di daerah lainnya Indonesia, maka iklim disekitaran lokasi pabrik pun sama. Pada setengah tahun pertama yaitu musim kemarau dan setengah tahun kedua musim hujan. Walaupun begitu perbedaan suhu yang terjadi juga relative kecil.

I. Limbah

Satu hal yang akan menjadi sebuah pertimbangan pada lokasi pabrik yaitu limbah yang akan dibuang. Pabrik PET mempunyai limbah organik yang mudah untuk diolah

J. Perluasan dan Ekspansi

Perluasan pabrik dimungkinkan juga karena tanah disekitar memang cocok untuk daerah pembangunan industri.

K. Sosial masyarakat

Sikap masyarakat diperkirakan mendukung pendirian pabrik karena akan menjamin tersedianya lapangan kerja baru untuk mereka. Selain itu juga pendirian pabrik juga tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan disekitaran pabrik.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah suatu perencanaan dan pengintegrasikan aliran dari komponen-komponen produksi dari suatu pabrik, sehingga diperoleh suatu hubungan yang efektif dan efisien antara operator, peralatan dan material dari bahan baku menjadi suatu produk.

Desain yang rasional harus memasukkan unsur lahan proses, *storage* (persediaan) dan bahan alternatif dalam posisi yang efisien dengan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut :

- a. Urutan proses produksi
- b. Pengembangan lokasi baru atau perluasan lokasi pada masa yang akan datang
- c. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, *steam* proses, tenaga listrik dan bahan bkau.
- d. Pemeliharaan dan perbaikan.
- e. Keamanan terutama kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
- f. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan, dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- g. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin,

sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya tinggi.

- h. Masalah pembuangan limbah.
- i. Service area, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan memberikan beberapa keuntungan seperti :

1. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi material handling.
2. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan alat yang rusak atau *blowdown*.
3. Mengurangi ongkos produksi.
4. Meningkatkan kerja seminimum mungkin.
5. Meningkatkan keselamatan kerja.
6. Meningkatkan pengawasan dan proses agar lebih baik.

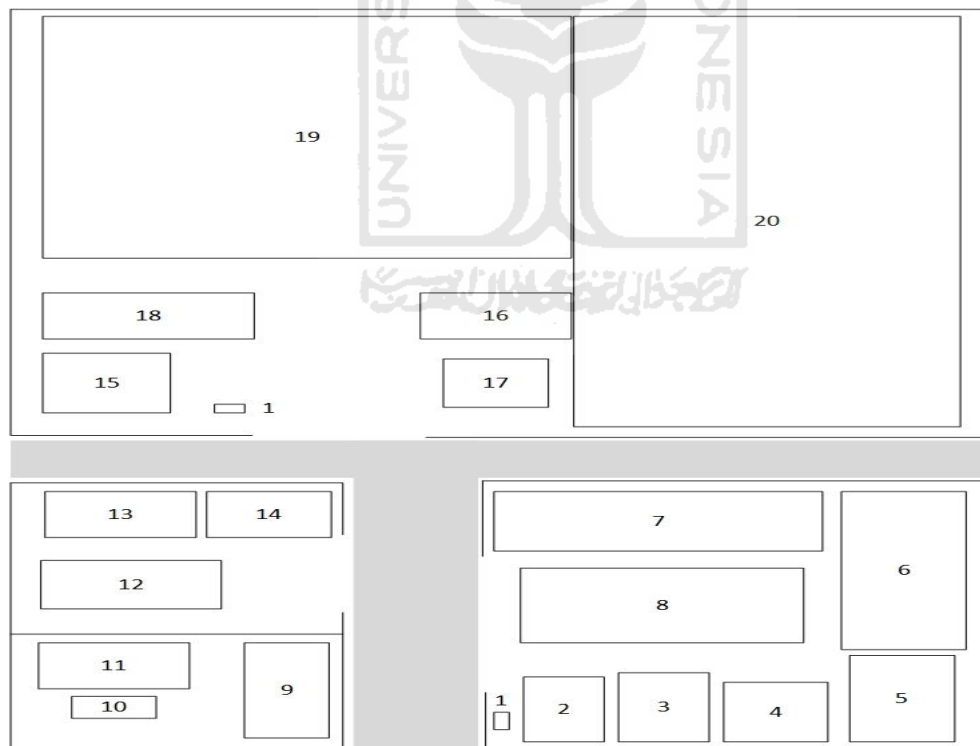
Perincian luas tanah yang digunakan sebagai tempat berdirinya pabrik diuraikan dalam Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Perincian luas tanah

Lokasi	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m²
Kantor utama	44	14	616
Pos Keamanan/satpam	8	4	32
Auditorium	16	36	576
Parkir tamu	12	22	264
Parkir Truk	20	12	240
Ruang timbang truk	12	6	72
Kantor teknik dan produksi	20	14	280
Klinik	12	10	120
Masjid	14	12	110
Kantin	16	12	192
Bengkel	12	24	288
Unit Pemadam Kebakaran	16	14	224
Gudang Alat	22	10	220
Laboratorium	12	16	192
Utilitas	24	10	2000
Area Proses	80	50	4000
Control Room	28	10	280

lanjutan Tabel 4.1

Lokasi	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m ²
Control Utilitas	10	10	100
Jalan dan Taman	60	40	2.400
Perluasan Pabrik	100	40	4.000
Luas Tanah			16.206
Luas Bangunan			3.230
			19.436



Gambar 4. 2 Denah Perancangan Bangunan Pabrik Skala 1 : 1000

Keterangan gambar :

1. Pos Keamanan
2. Klinik
3. Kantin
4. Masjid
5. Kantor Teknik dan Produksi
6. Auditorium
7. Kantor
8. Taman
9. Parkir Tamu
10. Parkiran Timbang Truk
11. Parkir Truk
12. Bengkel
13. Gudang Alat
14. Pemadam Kebakaran
15. Laboratorium
16. Utilitas
17. Control Utilitas
18. Control Room
19. Area Proses
20. Perluasaan



4.2.1 Tata Letak Alat Proses

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada suatu pabrik ada hal-hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

1) Aliran bahan baku dan produk

Proses bahan baku menjadi produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang sangat besar, serta menunjang untuk keselamatan produksi.

2) Aliran udara

Aliran udara di dalam dan sekita area proses sangat perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini untuk menghindari terjadinya stagnasi udara di suatu tempat berupa penumpukan bahan kimia yang berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu untuk memperhatikan arah hembusan angin.

3) Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Dan tempat-tempat prose yang berbahaya atau ada resiko tinggi perlu diberi penerangan tambahan untuk mengurangi resiko kecelakaan pekerja.

4) Lalu lintas manusia dan kendaraan

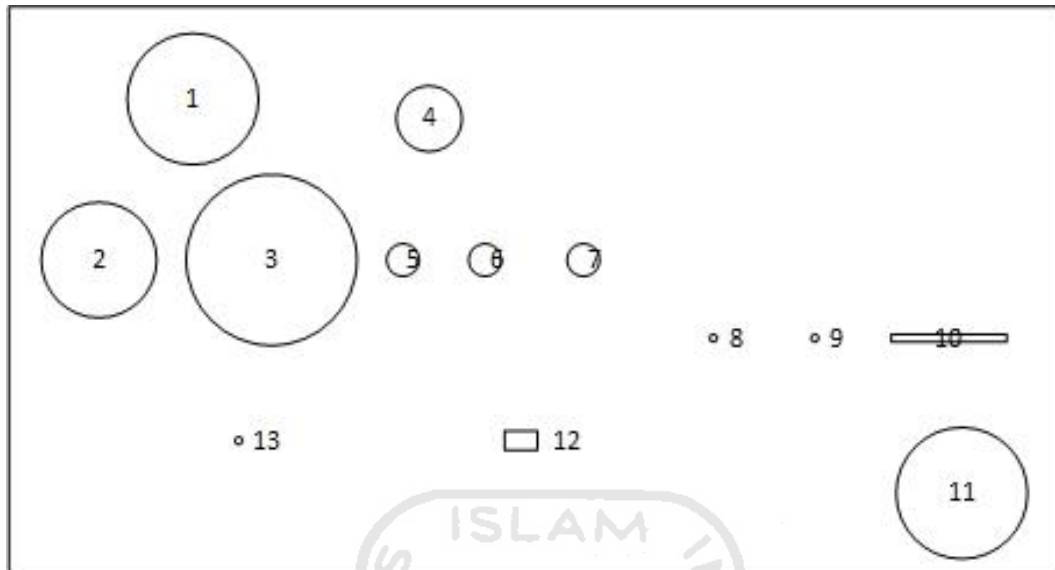
Dalam perancangan *lay out* peralatan, perlu diperhatikan agar mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah karena saat terjadi gangguan alat proses dapat segera diperbaiki, Namun untuk keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5) Pertimbangan Ekonomi

Untuk menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar menekan biaya operai dan menjamin kelancaran serta keamanan pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

6) Jarak antar alat proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan operasi tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak membahayakan alat proses lainnya.



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses Skala 1 :1000

Keterangan :

- | | |
|----------------------------|-----------------|
| 1. Silo PTA | 9. Centrifuge 2 |
| 2. Tangki Etilen Glikol | 10. Kristalizer |
| 3. Mixer Tank | 11. Silo PET |
| 4. Silo Antimony Trioksida | 12. Separator |
| 5. Reaktor Esterifikasi | 13. Evaporator |
| 6. Reaktor Polimerisasi | |
| 7. Reaktor Polikondensasi | |
| 8. Centrifuge 1 | |

4.3 Aliran Proses dan Material

4.4.1 Neraca Massa

4.3.1.1 Neraca Massa Total

Komponen	INPUT			Output			
	1	2	1*	16	18	20	21
EG	17761		0.0076		115.0908028		15066
PTA		7992.3455					
ANTIMONY							
PET 100				8722.21			
PET 20				116.178			
H ₂ O	88.8	8.6663988	0.0005		667.3526663	581.6987	581.7
		25850.592			25850.592		

Tabel 4. 4 Neraca Massa Total

4.3.1.2 Neraca Massa Setiap Alat

4.3.1.2.1 Neraca Massa Mix Point

Tabel 4. 2 Neraca Massa Mix Point

Komponen	INPUT (Kg/jam)		OUTPUT (Kg/jam)
	Fresh Feed	Out Evaporator	Out Mix point
EG	2694.442	15066.371	17.760.813
H ₂ O	13.362	75.444	88.806
Total	17849.619		17849.619

4.3.1.2.2 Neraca Massa Mixer Tank

Tabel 4. 3 Neraca Massa Mixer Tank

Komponen	INPUT (Kg/jam)		OUTPUT (Kg/jam)
	1	2	3
EG	17760,813		17760,767
PTA		7992,350	7992,350
H ₂ O	88,806	8,670	97,476
Total	25850,583		25850,583

4.3.1.2.3 Neraca Massa Reaktor 1

Tabel 4. 4 Neraca Massa Reaktor 1

Komponen	Input (Kg/jam)			Output (Kg/jam)	
	3	4	11	5	6
EG	17760,767				11790,582
PTA	7992,345	754,409	133,628	888,038	
Antimony Trioksida		754,409	2342,523	2342,523	
H ₂ O	97,470				1830,749
BHET				12229,251	
Total	29081,145			29081,145	

4.3.1.2.4 Neraca Massa Reaktor 2

Tabel 4. 5 Neraca Massa Reaktor 2

Komponen	Input (Kg/jam)		Output (Kg/jam)	
	5	12	7	8
EG				580,889
PTA	888,038		888,038	
Antimony Trioksida	2342,523		2342,523	
BHET	12229,251	611,462	642,035	
PET 20			11617,789	
Total	16071,275		16071,275	

4.3.1.2.5 Neraca Massa Reaktor 3

Tabel 4. 6 Neraca Massa Reaktor 3

Komponen	INPUT (Kg/jam)	OUTPUT (Kg/jam)	
	7	9	10
PET 100		8722,205	
PET 20	11617,789	116,177	
BHET	642,035	642,035	
Antimony Trioksida	2342,523	2342,523	
EG			2779,405
PTA	888,038	888,038	
Total	15490,386	15490,386	

4.3.1.2.6 Neraca Massa Centrifuge 1

Tabel 4. 7 Neraca Massa Centrifuge 1

Komponen	INPUT (Kg/jam)	OUTPUT (Kg/jam)	
	10	11	12
PET 100	8772,205	8722,205	
Antimony Trioksida	2342,523		2342,523
PTA	888,038		888,038
BHET	642,035	642,035	
PET 20	116,177	116,177	
Total	12710,981	12710,981	

4.3.1.2.7 Neraca Massa Centrifuge 2

Tabel 4. 8 Neraca Massa Cenfifuge 2

Komponen	INPUT (Kg/jam)	OUTPUT (Kg/jam)	
	11	14	13
PET 100	8722,205		8722,205
BHET	642,035	642,035	
PET 20	116,177		116,177
Total	9480,419	9480,419	

4.3.1.2.8 Neraca Massa Kristalizer

Tabel 4. 9 Neraca Massa Kristalizer

Komponen	INPUT (Kg/jam)	OUTPUT (Kg/jam)
	15	16
PET 100	8722,205	8722,295
PET 20	116,177	166,177
Total	8838,383	8838,383

4.3.1.2.9 Neraca Massa Condensor

Tabel 4. 10 Neraca Massa Condensor

Komponen	INPUT (Kg/jam)	OUTPUT (Kg/jam)
	16	17
EG	15150,876	1830,749
H ₂ O	1830,749	15150,876
Total	16981,626	16981,626

4.3.1.2.10 Neraca Massa Separator

Tabel 4. 11 Neraca Massa Separator

Komponen	INPUT (Kg/jam)	OUTPUT (Kg/jam)	
	17	18	19
H ₂ O	1830,750	15066,367	667,352
EG	15150,876	1163,397	84,509
	16981,626	16981,626	

4.3.1.2.11 Neraca Massa Evaporator

Tabel 4. 12 Neraca Massa Evaporator

Komponen	INPUT (Kg/jam)	OUTPUT (Kg/jam)	
	19	20	21
H ₂ O	16229,764	581,698	582,698
EG			15066,366
	16229,764	16229,764	

4.4.2 Neraca Panas

4.4.2.1 Neraca Panas Mix Point

Tabel 4. 13 Neraca Panas Mix Point

Komponen	INPUT (Kj/jam)		OUTPUT (Kj/jam)
	Input 1	Input 2	Output 1
EG	35732,107	2,520	35734,840
H ₂ O	280,228	0,243	250,259
Total	36015,100		36015,100

4.4.2.2 Neraca Panas Mixer Tank

Tabel 4. 14 Neraca Panas Mixer Tank

Komponen	INPUT (Kj/jam)		Output (Kj/jam)
	1	2	3
EG	237437,667		2654145,369
PTA		45517,408	537499,648
H ₂ O	3543,131	146,836	40815,372
Subtotal	286645,044		
Pendingin		2945815,345	
Total	3232460,389		3232460,389

4.4.2.3 Neraca Panas Reaktor 1

Tabel 4. 15 Neraca Panas Reaktor 1

Komponen	INPUT (Kj/jam)		OUTPUT (Kj/jam)	
	3	4	5	6
EG	2.654.145,369		14.520.036,850	
PTA	5.37.499,648	301.201,471		
Antimony Trioksida		303.685,121		
BHET				5914822
H ₂ O	40815,372		18.806.995,249	
Subtotal	3.675.580,600		15.082.731.630	
Panas reaksi			2.373.205,850	
Beban pemanas	13.780.356,890			
Total	17.455.937,490		17.455.937,490	

4.4.2.4 Neraca Panas Reaktor 2

Tabel 4. 16 Neraca Panas Reaktor 2

Komponen	INPUT (Kj/jam)	OUTPUT (Kg/jam)	
	6	7	8
BHET	6.762.608,580		338.130,429
PET20			6.220.617,130
PTA	301.201,471		335.262,163
Antimony Trioksida			49.759,249
EG		418.926,626	
Subtotal	6976277,810	7.362.695,595	
Panas reaksi		110997,943	
Beban pemanas	497415,728		
Total	7473693,538	7473693,538	

4.4.2.5 Neraca Panas Reaktor 3

Tabel 4. 17 Neraca Panas Reaktor 3

Komponen	INPUT (Kj/jam)	OUTPUT (Kj/jam)	
	8	9	10
PET20	6.220.617,130		67.372,487
PET100			4.345.870,256
BHET	338.130,429		365.732,913
PTA	335.262,160		370.512,600
EG		2.195.331,649	
Antimony Trioksida	49.759,249		
Subtotal	6.943.768,969	7.398.641,134	
Panas reaksi	303.138,906		
Beban pendingin		151733,258	
Total	7246907,876	7246907,876	

4.4.2.6 Neraca Panas Centrifuge 1

Tabel 4. 18 Neraca Panas Centrifuge 1

Komponen	INPUT (Kj/jam)	OUTPUT (Kj/jam)	
	10	11	12
PET100	573.982,860	573.982,860	
Antimony Trioksida	7.108,460		7.108,460
PTA	36.963,760		36.963,760
BHET	48.304,350	48.304,350	
PET20	8.898,250	8898,250	
Total	675.257,680	675.257,680	

4.4.2.7 Neraca Panas Centrifuge 2

Tabel 4. 19 Neraca Panas Centrifuge 2

Komponen	INPUT (Kj/jam)	OUPUT (Kj/jam)	
	11	13	14
PET100	573.982,846	573.982,846	
PET20	8.898,253	8.898,253	
BHET	48.304,347		48.304,347
Total	631.185,464	631.185,464	

4.4.2.8 Neraca Panas Kristalizer

Tabel 4. 20 Neraca Panas Kristalizer

Komponen	INPUT (Kj/jam)	OUTPUT (Kj/jam)
	15	16
PET100	574.007,374	82.001,053
PET20	8.886,465	1.269,495
Pendingin		500155,861
Kristalisasi	532,570	
Total	583.426,41	583.426,41

4.4.2.9 Neraca Panas Heat Exchanger 1

Tabel 4. 21 Neraca Panas Heat Exchanger 1

Panas	INPUT (Kj/kam)	OUTPUT (Kj/jam)
ΔH_1	284.999,243	
ΔH_2		2.025.195,666
$Q_{pemanasan}$	1.740.196,423	
Total	2.025.195,666	2.025.195,666

4.4.2.10 Neraca Panas Heat Exchanger 2

Tabel 4. 22 Neraca Panas Heat Exchanger 2

Panas	INPUT (Kj/jam)	OUPUT (Kj/jam)
ΔH_1	48.304,340	
ΔH_2		338.130,380
$Q_{pemanasan}$	289.826,040	
Total	338.130,380	338.130,380

4.4.2.11 Neraca Panas Heat Exchanger 3

Tabel 4. 23 Neraca Panas Heat Exchanger 3

Panas	INPUT (Kj/jam)	OUTPUT (Kj/jam)
ΔH_1	6.820.908,408	
ΔH_2		7.441.785,907
$Q_{pemanasan}$	620.877,498	
Total	7.441.785,907	7.441.785,907

4.4.2.12 Neraca Panas Heat Exchanger 4

Tabel 4. 24 Neraca Panas Heaxt Exchanger 4

Panas	INPUT (Kj/jam)	OUTPUT (Kj/jam)
ΔH_1	14.539.678	
ΔH_2		15.625.776,110
$Q_{pemanasan}$	1.086.097,274	
Total	15.625.776,110	15.625.776,110

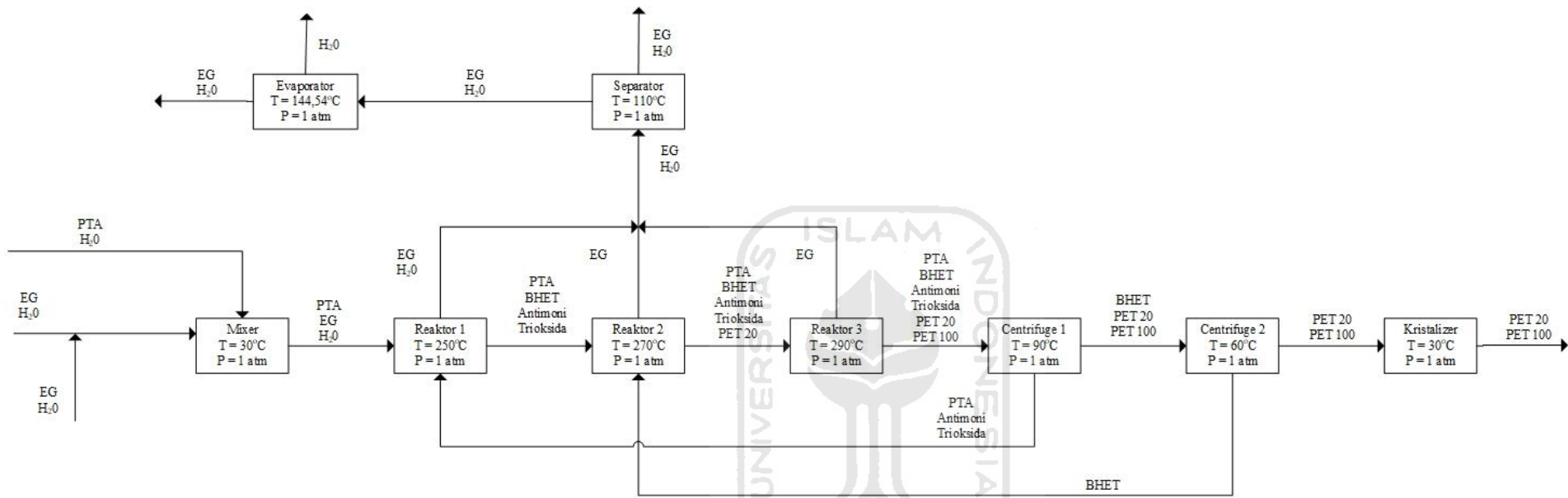
4.4.2.13 Neraca Panas Cooler

Tabel 4. 25 Neraca Panas Cooler

Panas	INPUT (Kj/jam)	OUTPUT (Kj/jam)
ΔH_1	5.145.011,042	
ΔH_2		675.270,606
$Q_{\text{pendingin}}$		4.469.740,435
Total	5.145.011,042	5.145.011,042

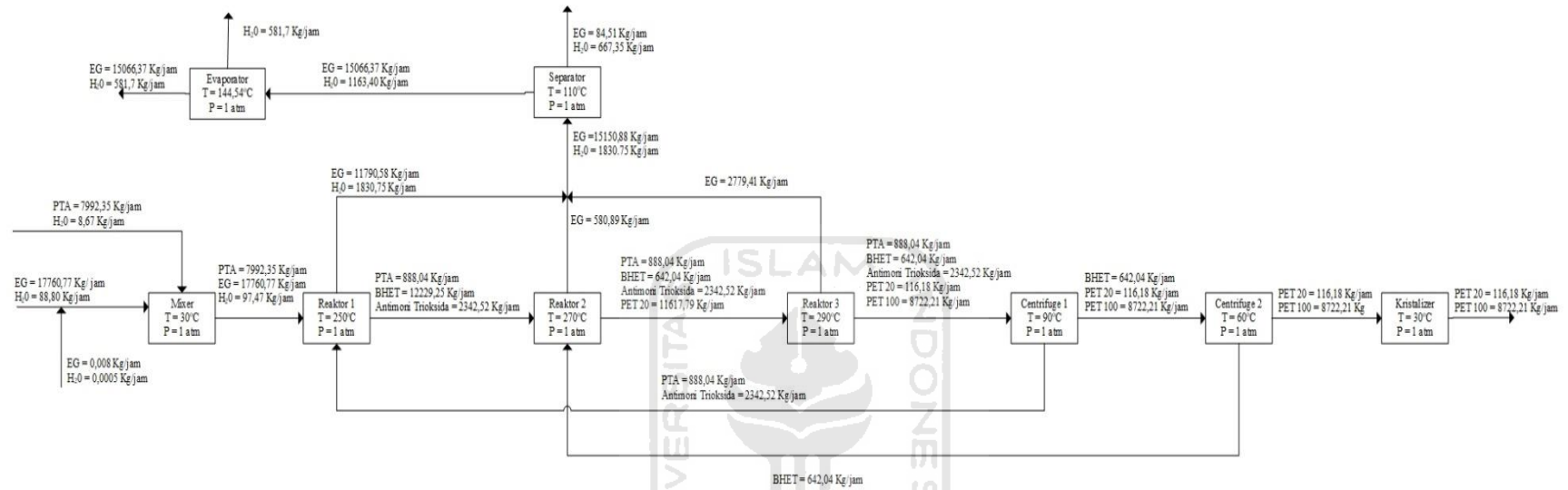


4.4.3 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 4. 5 Diagram Alir Kualitatif

4.4.4 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 4. 6 Diagram Alir Kuantitatif

4.4 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Unit pendukung proses atau sering disebut unit utilitas merupakan bagian penting untuk menunjang berlangsungnya suatu proses dalam suatu unit pendukung proses antara lain : unit penyediaan air (air proses, air pendingin, air sanitasi, air umpan boiler dan air untuk perkantoran dan air perumahan), steam, listrik dan pengadaan bahan bakar.

Unit pendukung proses yang dibutuhkan untuk pra-perancangan pabrik antara lain :

1. Unit Pengolahan dan Penyediaan Air

Unit ini berfungsi sebagai air proses, air pendingin, air umpan *boiler*, air sanitasi untuk air perkantoran dan air untuk perumahan. Proses pendinginan digunakan di *cooler*.

2. Unit Penyediaan *Steam*

Unit ini digunakan untuk proses pemanasan di *Heater*.

3. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini berfungsi menyediakan bahan bakar untuk *Bolier* dan *Generator*

4. Unit Penyediaan Listrik

Unit ini berfungsi sebagai tenaga penggerak untuk alat proses dan peneranga. Listrik diperoleh dari PLN dan *Generator* cadangan jika PLN mengalami gangguan.

5. Unit Pengolahan Limbah

Unit ini berfungsi untuk mengolah pabrik yang berupa cair maupun gas.

4.4.1 Unit Pengolahan dan Penyediaan Air

Pada umumnya, kebutuhan air pada pabrik digunakan untuk keperluan :

4.4.2 Air Pendingin

Air pendingin ini digunakan sebagai pendingin pada reaktor, kondensor, dan cooler (heat exchanger). Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pengolahan air laut sebagai pendingin adalah :

- Makhluk hidup makroskopis / partikel-partikel besar (mikroba dan konstituen lain)

- Makhluk hidup mikroskopis / partikel – partikel kecil (ganggang dan mikroorganisme laut).

Hal-hal ini perlu ditreatment agar tidak terjadi fouling pada alat alat penukar panas. Pengolahan dilakukan secara fisis dan kimia yang sebelumnya melalui proses desalinasi.

4.4.3 Air Umpan Boiler

Output dari boiler ini adalah saturated steam yang nantinya akan dijadikan sebagai pemanas pada heater dan reboiler. Untuk menghasilkan steam air akan dipanaskan hingga suhu diatas 100 °C. Agar tidak terjadinya kerusakan pada boiler, perlu memperhatikan beberapa hal sebagai berikut :

- Kandungan yang korosifitas.
- Kandungan yang dapat menyebabkan pembentukan scalling (kerak).
- Kandungan yang dapat menyebabkan pembentukan foaming (busa)

Input dari boiler ini harus diolah lagi setelah melewati tahap desalinasi. Tahapan proses yang pertama adalah demineralisasi dan lanjut ke proses deaerasi.

4.4.4 Air Konsumsi Umum dan Sanitasi

Penggunaan air tidak hanya dibutuhkan untuk proses, tetapi dibutuhkan juga untuk memenuhi kebutuhan umum seperti air untuk minum, air kantor dan masjid, air laboratorium dan air perumahan. Air yang digunakan untuk kebutuhan umum dan sanitasi harus memenuhi standar yang berlaku. Standar ini meliputi standar fisik dan standar kimia. Untuk standar secara fisik meliputi suhu air yang harus sama dengan suhu lingkungan, mempunyai warna yang bening/jernih dan tidak memiliki rasa dan bau. Sedangkan untuk standar secara kimia adalah tidak mengandung zat yang tidak beracun (zat organic maupun anorganik). Untuk memenuhi standar tersebut air perlu diproses desalinasi dan klorinasi sehingga air dapat dikonsumsi untuk umum dan sanitasi.

4.4.5 Air Pemadam Kebakaran

Air pemadam kebakaran harus ada keberadaannya di setiap pabrik. Jika suatu waktu terjadi kebakaran pada pabrik, dapat diatasi dengan mudah

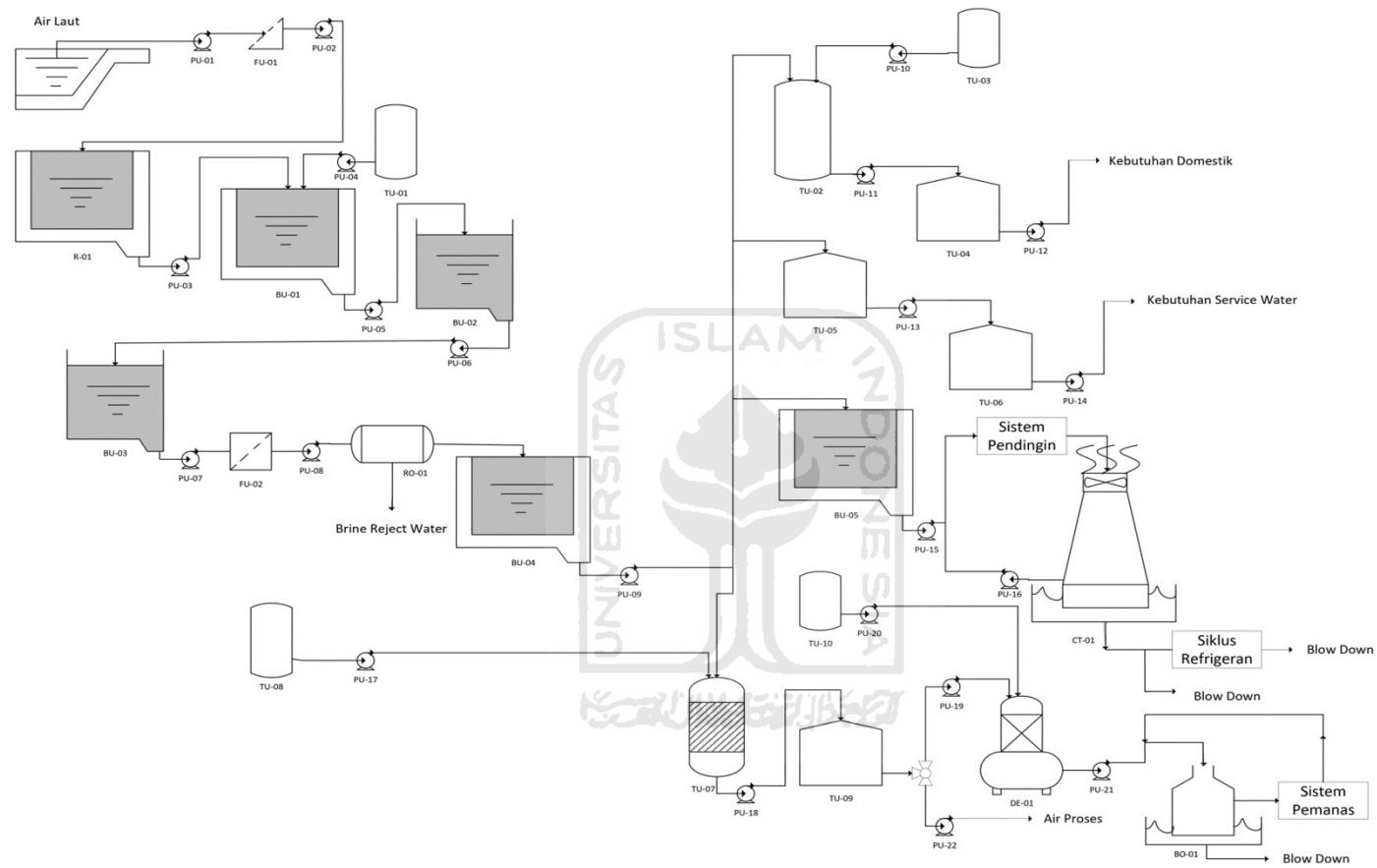
dan cepat dengan air pemadam kebakaran. Maka oleh itu air pemadam kebakaran harus dipersiapkan. Sama seperti penggunaan air yang lainnya, air pemadam kebakaran juga disediakan setelah air laut melewati proses desalinasi.

4.4.1.1 Unit Pengolahan Air

Kebutuhan air pabrik juga diperoleh dari air sungai dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan dapat meliputi secara fisika dan kimia.

Tahapan-tahapan pengolahan air sebagai berikut :





Gambar 4.4 Unit Utilitas

Keterangan :

1. PU : Pompa Utilitas
2. FU-01 : *Screening*
3. R-01 : Reservoir
4. BU-01 : Bak Pengendap (Koagulasi & Flokulasi)
5. TU-01 : Tangki Alum
6. BU-02 : Bak Pengendap 1
7. BU-03 : Bak Pengendap 2
8. FU-02 : *Sand Filter*
9. RO-01 : Membran *Reverse Osmosis*
10. BU-04 : Bak Penampung Air Bersih
11. TU-02 : Tangki Klorinasi
12. TU-03 : Tangki Kaporit
13. TU-04 : Tangki Air Kebutuhan Domestik
14. TU-05 : Tangki *Service Water*
15. TU-06 : Tangki Air Bertekanan
16. BU-05 : Bak *Cooling Water*
17. CT-01 : *Cooling Tower*
18. TU-07 : *Mixed-Bed*
19. TU-08 : Tangki NaCl
20. TU-09 : Tangki Air Demin
21. TU-10 : Tangki N₂H₄
22. DE-01 : *Deaerator*
23. BO-01 : *Boiler*

1. Penyaringan Awal / *screen*

Sebelum mengalami proses pengolahan, air dari sungai harus dibersihkan terlebih dahulu agar proses selanjutnya dapat berlangsung dengan lancar. Air sungai dilewatkan *screen* (penyaringan awal) berfungsi untuk menahan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti kayu, ranting, daun, sampah dan sebagainya. Kemudian dialirkan ke bak pengendap.

2. Bak penggumpal (B-01)

Air yang lewat di penyaringan awal kemudian dialirkan ke bak penggumpal yang berfungsi untuk menggumpalkan koloid-koloid tersuspensi dalam cairan yang tersaring dengan menambahkan senyawa kimia. Umumnya yang biasanya digunakan yaitu tawas atau alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan Na_2CO_3 . Dan reaksi yang terjadi dalam bak penggumpal yaitu :



3. *Clarifier* (C-01)

Air yang telah melewati bak penggumpal lalu dialirkan ke *Clarifier* untuk memisahkan gumpalan-gumpalan dari bak penggumpal. Air baku yang dialirkan kedalam *clarifier* alirannya telah diatur akan diatur dengan *agitator*.

Air keluar *clarifier* dari bagian pinggir secara *overflow* sedangkan *sludge* (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di *blow down* secara berkala dalam waktu yang telah ditemukan.

4. Bak Penyaring/*sand filter* (B-03)

Air yang keluar dari *clarifier* dialirkan ke bak saringan pasir, dengan tujuan untuk menyaring partikel-partikel halus yang masih lolos atau masih dalam kandungan air dan belum terendapkan. Dengan adanya *sand filter* terdiri dari antrasit, pasir, dan kerikil sebagai media penyaring.

5. Bak Penampung Sementara (B-04)

Air yang keluar dari bak dialirkan ke tangka penampung yang siap akan kita distribusikan sebagai air perumahan/pekantoran, air umpan *boiler*, air pendingin dan sebagai alat proses.

6. Tangki Karbon Aktif (TU-01)

Air setelah melalui bak penampung dialirkan ke tangka karbon aktif (TU-01). Air harus ditambahkan dengan klor atau kaporit untuk membunuh kuman dan mikroorganisme seperti amuba, ganggang dan lain-lain yang terkandung dalam air sehingga aman untuk dikonsumsi.

Klor merupakan zat kimia yang sering dipakai karena harganya murah dan masih mempunyai daya desinfeksi sampai beberapa jam setelah pembubuhannya.

Klorin dalam air membentuk asam hipoklorit, reaksinya adalah sebagai berikut :



Asam hipoklorid pecah sesuai reaksi berikut :



Kemudian air dialirkan ke Tangki air bersih (TU-02) untuk keperluan air minum dan perkantoran.

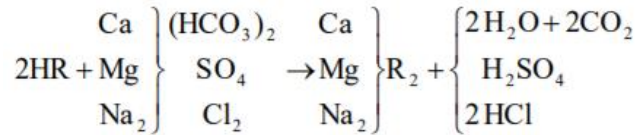
7. Tangki air bersih (TU-02)

Tangki air bersih ini berfungsi untuk menampung air bersih yang telah diproses. Dimana air bersih ini digunakan untuk keperluan air minum dan perkantoran.

8. Tangki *Kation Exchanger & Anion Exchanger* (TU-03)

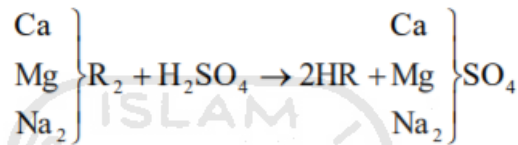
Air dari bak penampung (B-04) berfungsi sebagai *make up boiler*, selanjutnya air diumpankan ke tangka *kation exchanger* (TU-03). Tangki ini berisi resin pengganti kation-kation yang terkandung dalam air diganti ion H^+ sehingga air yang keluar dari *kation exchanger* adalah air yang mengandung anion ion H^+ .

Reaksi :



Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu regenerasi kembali dengan asam sulfat (H_2SO_4).

Reaksi :



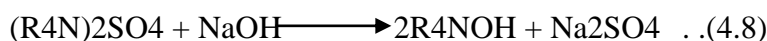
Air yang keluar dari tangki kation exchanger (TU-03) kemudian diumpankan ke tangki anion exchanger. Tangki ini berfungsi untuk mengikat ion-ion negative yang terlarut dalam air dengan resin yang bersifat basa, sehingga anioin-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- , dan SO_4^{2-} akan terikat dengan resin.

Reaksi :



Dalam waktu tertentu anion resin akan jenuh, sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH .

Reaksi :



Sebelum masuk boiler air diproses dalam unit daerator dan unit unit pendingin.

9. Tangki *Anion Exchanger & Kation Exchanger steady* (TU-04)

Untuk tangki *Anion & Kation* dibuat untuk cadangan untuk persiapan jikalau tangki yang digunakan bermasalah.

10. Unit Daerator (DE)

Daerasi adalah proses pembebasan air umpan *boiler* dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi pada *boiler* seperti oksiger (O_2) dan karbondioksida (CO_2). Air yang telah mengalami demineralisasi (*kation exchanger* dan *anioin exchanger*) dipompakan menuju daerator.

Pada pengolahan air terutama *boiler* tidak boleh mengandung gas terlarut dan padatan terlarut, terutama yang dapat menimbulkan korosi. Unit *daerator* berfungsi menghilangkan gas O₂ dan CO₂ yang dapat menimbulkan korosi. Di dalam *daerator* diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N₂H₂) yang berfungsi mengikat oksigen berdasarkan reaksi :



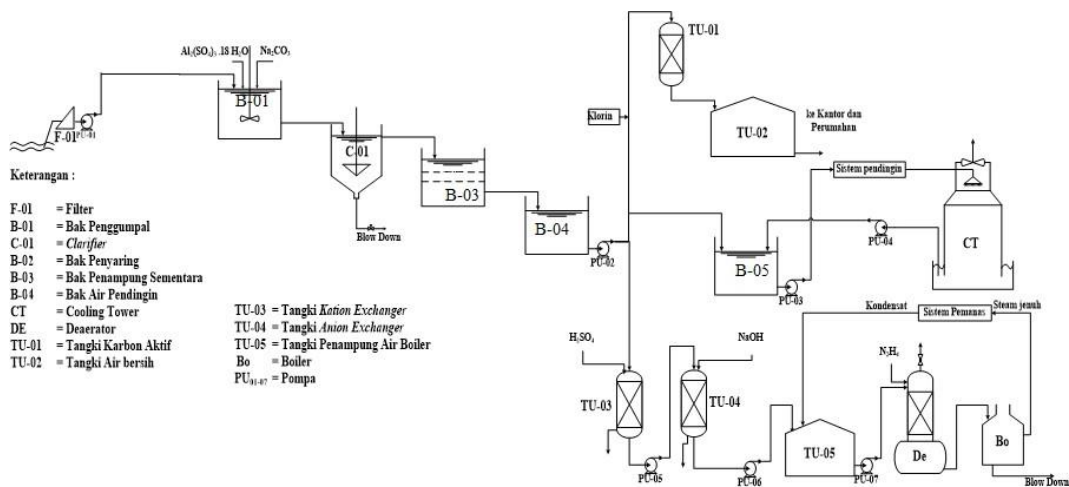
Sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada tube *boiler*. Air yang keluar dari *daerator* dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

11. Bak Air Pendingin (B-05)

Pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air yang telah digunakan dalam pabrik kemudian didinginkan dalam *cooling tower*. Kehilangan air karena penguapan, terbawa udara maupun dilakukannya *blow down* di *cooling tower* diganti dengan air yang disediakan di bak air bersih.

Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal tersebut diatas, maka kedalam air pendingin diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut :

- a. Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak.
- b. Klorin, untuk membunuh mikroorganisme.
- c. Zat *dispersant*, untuk mencegah timbulnya penggumpalan.



Gambar 4. 7 Diagram Alir Proses Utilitas

4.4.1.2 Unit Penyediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau auun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancang pabrik Polietilen Tereftalat ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai Cibeet. Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Pengolahan air sungai relative lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relative 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.

Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk :

1. Air pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut :

- a. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- b. Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- c. Dapat menyerap jumlah panas yang relative tinggi persatuan volume.

d. Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperature pendingin.

e. Tidak terdekomposisi.

2. Air Umpan *Boiler* (*Boiler Feed Water*)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* sebagai berikut :

a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

Korosi yang terjadi dalam *boiler* disebabkan air mengandung laurtan-larutan asam, gas-ga terlarut seperti O₂, , CO₂, H₂S dan NH₃. O₂ masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

b. Zat yang dapat mrnyebabkan kerak (*scale forming*).

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

c. Zat yang menyebabkan *foaming*.

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan foaming pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

3. Air sanitasi.

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran laboratorium, masjid.

Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

a. Syarat Fisika, meliputi :

- Suhu : Dibawah suhu udara
- Warna : Jernih
- Rasa : Tidak berasa
- Bau : Tidak berbau

b. Syarat kimia, meliputi :

- Tidak mengandung zat organic dan anorganik yang terlarut dalam air.
- Tidak mengandung bakteri.

4.4.1.3 Air Pendingin

Diketahui : $T_{in} = 30^{\circ}\text{C}$ dan $T_{out} = 45^{\circ}\text{C}$

Tabel 4. 26 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Reaktor 01	R-01	- 7,823.30
kristalizer	CR-01	83,359.3103
Total		75,536.0144

Diambil over design = 20%

Sehingga, volume total air pendingin = 90.634,21 kg/jam

- Kebutuhan *Make Up Water* (W_m)

$W_c = 90.634,21 \text{ kg/jam}$

Make up water

$W_m = W_e + W_d + W_b$ (Perry's, Persamaan 12-9)

Dimana :

$W_m = \text{Make up water}$

$W_d = \text{Drift loss}$

$W_b = \text{Blow down}$

Menghitung jumlah air yang menguap (W_e)

$W_e = 0,00085 * W_c * (T_{in} - T_{out})$

= 1.155,7 kg/jam

Menghitung *Blow Down* (W_b)

$W_b = W_e / (\text{siklus} - 1)$

= 1.137,572

Sehingga, jumlah air *Make up* (W_m)

$W_m = 2.311,4 \text{ kg/jam}$

Diambil over design = 20%

Sehingga, Air yang dibutuhkan untuk *make up* = 2.773,68 kg/jam

4.4.1.4 Air Domestik

- Jumlah karyawan = 150 orang
- Perkiraan kebutuhan air tiap karyawan = 100 L/hari
= 4,3 kg/jam
- Kebutuhan air total karyawan = 639,389 kg/jam
- Kebutuhan air untuk mess
Jumlah Mess = 30 rumah
Total penghuni mess = 120 orang
Perkiraan kebutuhan tiap orang = 100 L/hari
= 5 kg/jam
Kebutuhan air total untuk mess = 1.000 kg/jam

4.4.2 Penyediaan Steam

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan steam pada proses produksi, yaitu dengan menyediakan ketel uap (boiler) dengan spesifikasi:Berikut spesifikasi generator diesel yang digunakan :

Kapasitas : 922.569,25 kg/jam

Jenis : *water tube boiler*

Jumlah : 2 unit

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit economizer safety valve system dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis.

Air dari water treatment plant yang akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca, dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam boiler feed water tank. Selain itu juga perlu diatur pH nya yaitu sekitar 10,5 – 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi, korosivitasnya tinggi. Sebelum masuk ke boiler, umpan dimasukkan dahulu ke dalam economizer (alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batubara yang keluar dari boiler). Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 200oC kemudian diumpankan ke boiler.

Di dalam boiler, api yang keluar dari alat pembakaran (burner) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa-pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke economizer sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam boiler menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih. Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, kemudian dialirkan ke steam header untuk didistribusikan ke area-area proses.

4.4.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh 2 sumber yaitu PLN dan generator diesel. PLN menjadi sumber utama sedangkan generator sebagai sumber cadangan. Selain itu, generator digunakan untuk menggerakkan power-power yang dinilai penting antara lain boiler, kompresor, pompa.

Berikut spesifikasi generator diesel yang digunakan :

Kapasitas : 2000 kW
Jenis : AC generator diesel
Jumlah : 2 unit

Prinsip kerja generator ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi dan akan menghasilkan panas. Panas ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Listrik ini di distribusikan ke panel yang selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai. Pada operasi sehari-hari digunakan listrik PLN 100%. Tetapi apabila listrik padam, operasinya akan menggunakan tenaga listrik dari generator diesel 100%. Kebutuhan untuk alat proses terdapat pada rincian berikut:

Tabel 4. 27 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Mixer-01	M-01	200.0000	149140.0000
Reaktor-01	R-01	20.0000	14914.0000
Reaktor-02	R-02	60.0000	44742.0000
Reaktor -03	R-03	60.0000	44742.0000
Centrifuges-01	CF-01	40.0000	29828.0000
Centrifuges-02	CF-02	40.0000	29828.0000
Kristalizer	CR-01	0.5000	372.8500
Pompa-01	P-01	2.0000	1491.4000
Pompa-02	P-02	0.0500	37.2850
Pompa-03	P-03	1.0000	745.7000
Pompa-04	P-04	2.0000	1491.4000
Pompa-05	P-05	1.5000	1118.5500
Pompa-06	P-06	0.5000	372.8500
Pompa-07	P-07	0.0833	62.1168
Pompa-08	P-08	1.0000	745.7000
Pompa-09	P-09	3.0000	2237.1000
Pompa-10	P-10	1.5000	1118.5500
Pompa-11	P-11	7.0000	5219.9000
Pompa-12	P-12	3.0000	2237.1000
Belt Conveyor (SCP 1)	BC-01	0.333333	248.5664
Belt Conveyor (SCP 2)	BC-02	0.1250	93.2125
Bucket Elevator (SCP Out)	BE-01	1.5000	1118.5500
Screw Conveyor-01	SC-01	3.0000	2237.1000
Screw Conveyor-02	SC-02	3.0000	2237.1000
Blower 1	BL-01	1.0000	745.7000
Blower 2	BL-02	0.0833	62.1168
Total		452.1749	337,186.8475

Tabel 4. 28 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
\`	BU-01	2.0000	1491.4000
Blower Cooling Tower	BL-01	25.0000	18642.5000
Kompresor Udara	CP-01	5.0000	3728.5000
Cooling Tower Dowterm	BL-02	125.000	149140.000
Pompa-01	PU-01	125.0000	93212.5000
Pompa-02	PU-02	125.0000	93212.5000
Pompa-03	PU-03	125.0000	93212.5000
Pompa-04	PU-04	5.0000	3728.5000
Pompa-05	PU-05	125.0000	93212.5000
Pompa-06	PU-06	125.0000	93212.5000
Pompa-07	PU-07	40.0000	29828.0000
Pompa-08	PU-08	60.0000	44742.0000
Pompa-09	PU-09	30.0000	22371.0000
Pompa-10	PU-10	0.0500	37.2850
Pompa-11	PU-11	0.5000	372.8500
Pompa-12	PU-12	0.5000	372.8500
Pompa-13	PU-13	0.0833	62.1417
Pompa-14	PU-14	0.1250	93.2125
Pompa-15	PU-15	5.0000	3728.5000
Pompa-16	PU-16	5.0000	3728.5000
Pompa-17	PU-17	0.7500	559.2750
Pompa-18	PU-18	75.0000	55927.5000
Pompa-19	PU-19	25.0000	18642.5000
Pompa-20	PU-20	0.0500	37.2850
Pompa-21	PU-21	75.0000	55927.5000
Total		1,179.0583	879,223.7992

Total power alat proses yang dibutuhkan = 337,186,8475 kW

Total power utilitas yang dibutuhkan = 879.223.7992 kW

Sedangkan perkiraan untuk kebutuhan listrik pabrik lainnya sebagai berikut:

Kebutuhan listrik untuk Penerangan dan AC	= 170 kW
Kebutuhan listrik untuk laboratorium dan bengkel	= 100 kW
Kebutuhan listrik untuk instrumentai	= 30 kW
Sehingga,	
Total kebutuhan listrik pabrik Polietilen Tereftalat	= 1516,4106 kW
Faktor daya diperkarkan 80%	= 1895,5133 kW

4.4.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat pneumatic control pada alat kontrol instrumentasi. Total kebutuhan udara tekan yang digunakan pada pabrik styrene diperkirakan 33,644 m³/jam.

4.4.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Penyediaan bahan bakar diperlukan untuk generator dan boiler. Bahan bakar yang digunakan untuk generator adalah solar (Industrial Diesel Oil). Sedangkan pada boiler digunakan bahan bakar batu bara. Bahan bakar pada generator diperkirakan sebanyak 196 kg/jam dan bahan bakar pada boiler diperkirakan sebanyak 71.066,54 kg/jam.

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 produktivitas 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 memproduksi 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

1. Umur alat

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

2. Bahan baku

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

3. Tenaga manusia

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

4.6 Manajemen Perusahaan

4.6.1 Bentuk Organisasi Perusahaan

Pabrik *Polietilen Tereftalat* yang akan didirikan, direncanakan mempunyai klasifikasi berikut :

Bentuk perusahaan : Perseroan Terbatas (PT.)

Status perusahaan : Swata

Kapasitas produksi : 70.000 ton/tahun

Pemilihan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT.)

berdasarkan beberapa pertimbangan berikut :

1. Mudah mendapatkan modal yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggaungjawab pemegang saham terbatas sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.

3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta staff yang diawasi oleh dewan komisaris.
4. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak berpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta staff dan karyawan perusahaan.
5. Efisiensi dari manajemen para pemegang saham duduk dalam dewan komisaris dan dewan komisaris ini dapat memilih dewan direksi diantaranya Direktur Utama yang cukup berpengalaman.
6. Lapangan usaha lebih luas suatu PT. Dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat sehingga dengan modal ini PT. Dapat memperluas usahanya.

4.6.2 Struktur Organisasi

Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan.

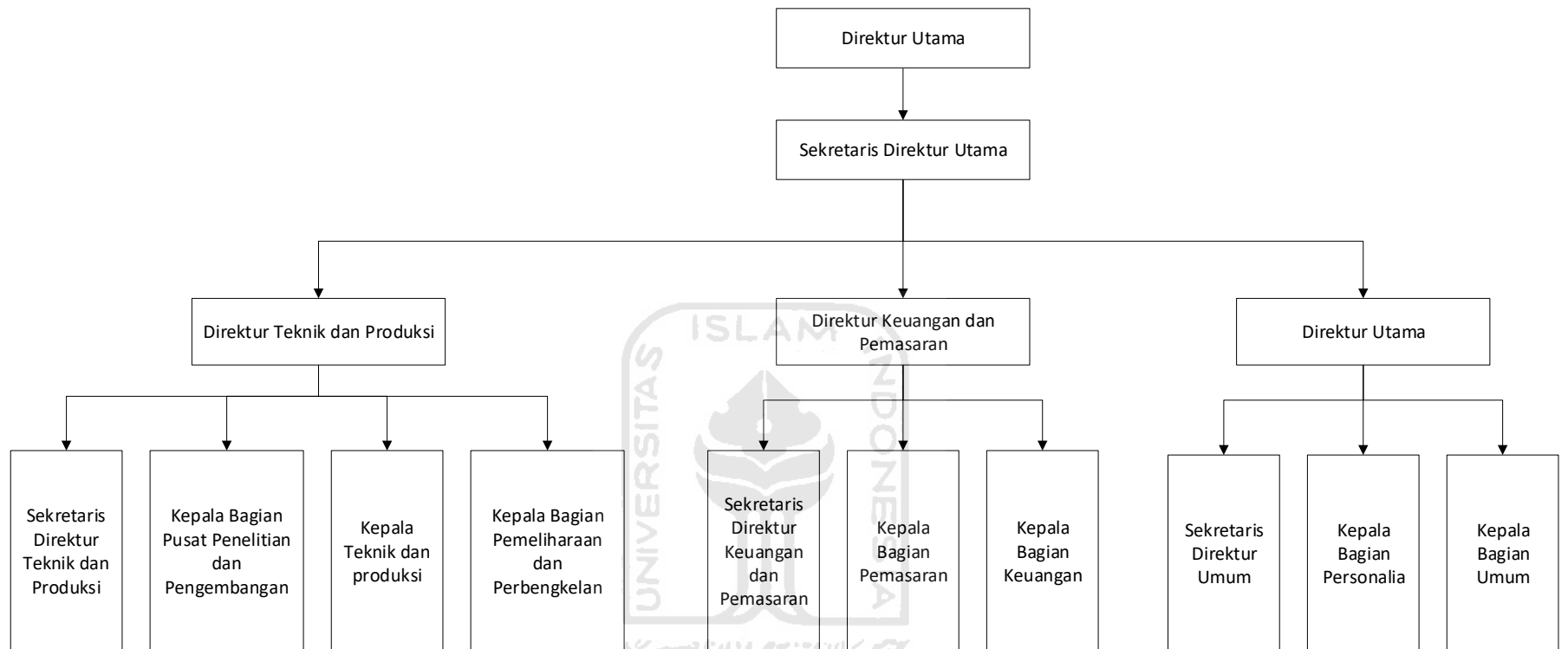
Dalam perusahaan ini, Dewan Komisaris merupakan badan tertinggi yang berkewajiban mengawasi serta menentukan keputusan dan kebijaksanaan perusahaan dan sebagai pelaksana langsung operasional perusahaan. Dewan Komisaris menunjuk dan mengangkat seorang Direktur Utama yang bertanggungjawab langsung kepada Dewan Komisaris.

Dalam melaksanakan tugasnya, Direktur Utama dibantu oleh tiga orang Direktur bagian, yaitu:

1. Direktur Teknik dan Produksi, membawahi :
 - a. Bagian Teknik dan Produksi
 - b. Bagian Pemeliharaan
 - c. Bagian Pusat Penelitian dan Pengembangan
2. Direktur Keuangan dan Pemasaran
 - a. Bagian Keuangan
 - b. Bagian Pemasaran
3. Direktur Umum
 - a. Direktur Umum
 - b. Bagian Personalia







Gambar 4. 8 Struktur Organisasi Perusahaan

4.6.3 Tugas Dan Wewenang

1. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris dipilih oleh seluruh anggota pemegang saham melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Biasanya anggota Dewan Komisaris adalah orang atau badan hukum yang memiliki saham mayoritas atau memiliki pengalaman dalam perusahaan. Anggota Dewan memiliki tanggung jawab kepada Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) terhadap seluruh kegiatan yang dilakukan oleh perusahaan. Berikut adalah tugas dari Dewan Komisaris:

- a. Menunjuk dan membentuk jajaran direktur yang akan mengoperasikan perusahaan.
- b. Memutuskan tujuan dan kebijakan perusahaan berdasarkan rencana para pemegang saham.
- c. Melakukan pengontrolan kinerja pada jajaran direktur.
- d. Mengorganisasikan pelaksanaan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).

2. Direktur Utama

Direktur Utama memiliki kewajiban dalam menginformasikan seluruh kebijakan yang telah ditentukan oleh Dewan Komisaris. Dalam melaksanakan kewajibannya, Direktur Utama dibantu oleh Direktur Teknik, Direktur Komersial, dan Direktur Umum. Direktur Utama memiliki tanggungjawab kepada Dewan Komisaris dan seluruh pemegang saham.

Berikut wewenang yang dimiliki oleh seorang Direktur Utama:

- a. Melaksanakan kebijaksanaan Dewan Komisaris.
- b. Mempertanggungjawabkan kebijaksanaan yang telah dijalankan.
- c. Memberikan laporan tentang hal-hal yang berhubungan dengan kegiatan perusahaan kepada Dewan Komisaris.
- d. Mengambil inisiatif serta membuat perjanjian-perjanjian dan kontrak kerja sama dengan pihak di luar organisasi perusahaan.

3. Direktur Teknik dan Produksi

Direktur Teknik dan Produksi mempunyai wewenang dalam merumuskan kebijaksanaan teknik dan operasi pabrik serta mengawasi kesinambungan operasional pabrik. Direktur Teknik dan Produksi membawahi:

- Bagian Teknik dan Produksi, berwenang :
 - a. Melaksanakan operasi selama proses berlangsung.
 - b. Mengawasi persediaan bahan baku dan penyimpanan hasil produksi transportasi produk.
 - c. Bertanggung jawab atas kelancaran fungsional dan utilitas.

- Bagian Teknik Pemeliharaan dan Perbengkelan, berwenang :
 - a. Mengawasi dan melaksanakan pemeliharaan peralatan pabrik serta menjaga keselamatan kerja.
 - b. Melakukan perbaikan serta mendukung kelancaran operasi.
 - c. Mengawasi dan melaksanakan pemeliharaan peralatan dan sarana pendukung.
 - d. Membuat program inovasi peningkatan mutu hasil produksi.

4. Direktur Keuangan dan Pemasaran

Direktur Keuangan dan Pemasaran dalam melaksanakan tugasnya memiliki wewenang untuk merencanakan anggaran belanja dan pendapatan perusahaan serta melakukan pengawasan keuangan perusahaan. Direktur Keuangan dan Pemasaran membawahi:

- Bagian Keuangan, berwenang :
 - a. Mengatur dan mengawasi setiap pengeluaran bagi penyediaan bahan baku dan pemasukkan hasil penjualan produk.
 - b. Mengatur dan menyerahkan gaji karyawan.
 - c. Mengatur dan merencanakan anggaran belanja.
- Bagian Pemasaran, berwenang :
 - a. Menentukan daerah pemasaran.
 - b. Menetapkan harga jual produk dan mempromosikan hasil produksi.
 - c. Meningkatkan hubungan kerja sama dengan perusahaan lain.
 - d. Bertanggung jawab atas kelancaran transportasi bahan baku dan hasil produksi.

5. Direktur Umum

Direktur Umum dalam melaksanakan tugas memiliki wewenang untuk melaksanakan tata laksana seluruh unsur dalam organisasi. Direktur Umum membawahi:

- Bagian Personalia, berwenang :
 - a. Memberi pelayanan administrasi kepada semua unsur organisasi.
 - b. Mengatur dan meningkatkan hubungan kerja sama antar karyawan perusahaan dengan masyarakat.
 - c. Memberi pelatihan dan pendidikan bagi karyawan-karyawan perusahaan.
- Bagian Umum
 - a. Memberi pelayanan kepada semua unsur dalam organisasi di bidang kesejahteraan dan fasilitas kesehatan serta keselamatan kerja bagi seluruh karyawan dan keluarganya.
 - b. Memberikan penyuluhan mengenai fasilitas perusahaan.

6. Kepala bagian

Kepala Bagian adalah seseorang yang memimpin setiap departemen yang dibawah oleh Direktur. Adapun tugas dan wewenang dari Kepala Bagian adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan tugas yang diberikan oleh pimpinan dan melakukan pengawasan terhadap kinerja bawahannya.
- b. Memberikan laporan pertanggung jawaban kepada pimpinan atas tugas-tugas yang diberikan setelah menerima dan memeriksa tugas yang telah dilakukan oleh bawahannya.
- c. Mengawasi pelaksanaan dari rencana yang dibuat oleh pimpinan dan memberikan saran yang berhubungan dengan pelaksanaan tugas tersebut.

7. Kepala Seksi

Kepala seksi mempunyai tugas dan wewenang sebagai berikut :

- a. Bertanggung kepada Kepala Bagian atau atasan masing-masing atas kelancaran kerja dalam mencapai target yang telah ditentukan.
- b. Mengetahui kualitas dan kuantitas barang-barang dan peralatan yang menjadi tanggung jawabnya.
- c. Menciptakan suasana kerja yang baik dan menjamin keselamatan kerja para karyawan.

8. Operator/karyawan

Operator atau karyawan merupakan tenaga pelaksana yang secara langsung bertugas melaksanakan pekerjaan di lapangan sesuai dengan bidang dan keahliannya masing-masing. Semua pekerjaan operasi lapangan menjadi tugas dan tanggung jawab operator.

4.6.4 Sistem Kerja

Pabrik styrene ini berkapasitas 125.000 ton/tahun beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan 24 jam dalam sehari. Untuk menjaga kelancaran proses produksi serta mekanisme administrasi dan pemasaran, maka waktu kerja diatur dengan daily dan shift.

1. Waktu Kerja Karyawab Harian

a) Hari Senin s/d Kamis

Pukul 07.00 – 12.00 WIB

Pukul 13.00 – 16.30 WIB

b) Hari Jum'at

Pukul 07.00 – 11.30 WIB

Pukul 13.00-17.00 WIB

c) Hari Sabtu, Minggu, dan hari besar libur

2. Waktu Kerja Karyawan Shift

Kegiatan perusahaan yang dijalani oleh pekerja staff adalah selama 8 jam per hari. Pembagian shift dilakukan 3 kali tiap hari secara periodik dengan perulangan dalam 8 hari. Jumlah tim dalam pekerja non staff adalah 4 tim (A, B, C, dan D) dengan 3 tim bekerja secara bergantian dalam 1 hari sedangkan 1 tim lainnya libur.

Berikut penjadwalan dalam 1 hari ker per periode (30 hari) :

- Shift I (pagi) Pukul 07.00 – 15.00 WIB
- Shift II (sore) Pukul 15.00 – 23.00 WIB
- Shift III (malam) Pukul 23.00 – 07.00 WIB
- Shift IV Libur

Tabel 4. 29 Jadwal Pembagian Shift

Tanggal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Grup A	I	I			III	III	II	II	I	I			III	III	II
Grup B	II	II	I	I			III	III	II	II	I	I			III
Grup C	III	III	II	II	I	I			III	III	II	II	I	I	
Grup D			III	III	II	II	I	I			III	III	II	II	I
Tanggal	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Grup A	II	I	I			III	III	II	II	I	I			III	III
Grup B	III	II	II	I	I			III	III	II	II	I	I		
Grup C		III	III	II	II	I	I			III	III	II	II	I	I
Grup D	I			III	III	II	II	I	I			III	III	II	II

4.6.5 Penggolongan Jabatan dan Keahlian

Setiap jabatan dalam sebuah struktur organisasi pada pabrik ini memiliki kualifikasi dan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan tanggungjawab. Berikut rinci jenjang pendidikan karyawan:

Tabel 4. 30 Jabatan dan Keahlian

Jabatan	Pendidikan (min)	Gaji
Direktur Utama	S-2	Rp31,000,000 – Rp35,000,000
Direktur	S-2	Rp26,000,000 – Rp30,000,000
Kepala Bagian	S-1	Rp21,000,000 – Rp25,000,000
Kepala Seksi	S-1	Rp18,000,000 – Rp20,000,000
Staff Ahli	S-1	Rp15,000,000 – Rp17,000,000
Sekretaris	S-1	Rp7,500,000 – Rp9,000,000
Medis	D-3	Rp8,000,000 – Rp9,500,000
Paramedis	D-3	Rp6,000,000 – Rp7,000,000
Karyawan	SLTA	Rp12,000,000 – Rp17,000,000
Sopir	SLTA	Rp3,500,000 – Rp5,500,000
<i>Cleaning Service</i>	SLTP	Rp3,500,000 – Rp5,500,000
Satpam	SLTA	Rp4,000,000 – Rp 6,500,000

4.7 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra-rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik, dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu, analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan dapat menguntungkan dan layak atau tidak untuk didirikan.

Dalam evaluasi ekonomi ini faktor – faktor yang ditinjau adalah :

1. *Return on investment*
2. *Pay out Time*
3. *Discounted cash flow*
4. *Break even point*
5. *Shut down point*

Sebelum dilakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap beberapa 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*), meliputi :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya 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*)
- c. Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

4.7.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit, sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Pabrik polietilen tereftalat beroperasi selama satu tahun produksi yaitu 330 hari, dan tahun evaluasi pada tahun 2034. Di dalam analisa ekonomi harga-harga alat maupun harga-harga lain diperhitungkan pada tahun analisa. Untuk mencari harga pada tahun analisa, maka dicari indeks pada tahun analisa.

Harga indeks tahun 2034 diperkirakan secara garis besar dengan data indeks dari tahun 1990 sampai 2034, dicari dengan persamaan regresi linier.

Tabel 4. 31 Harga Indeks

Tahun	CE Index
1995	381.1
1996	381.7
1997	386.5
1998	389.5
1999	390.6
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
2016	561.7
2017	567.5
2018	614.6
2019	589.909

Persamaan yang diperoleh adalah $y = 11,331x - 22247$ sehingga indeks pada tahun 2034 adalah 800,254.

Harga-harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi dengan persamaan :

$$Ex = Ey (Nx/Ny) \quad (\text{Aries \& Newton, 1955})$$

Dimana, Ex : Harga pembelian pada tahun 2023

Ey : Harag pembelian pada tahun referensi

Nx : Indeks harga pada tahun 2023

Ny : Indeks harga pada tahun referensi

4.7.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi styrene = 70.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Umur pabrik = 10 tahun

Pabrik didirikan pada tahun = 2034

Kurs mata uang = \$ 1 = Rp 14.674,-

(per 25/09/2020)

Harga bahan baku

1. .Asam Tereftalat = Rp 140.144.914.210/tahun
2. Antimony Trioksida = Rp 34.575.876,68 /tahun
3. Etilen Glikol = Rp 726.681.764.806/tahun

Harga jual

1. Polietilen Tereftalat =Rp2.066.413.991.025 /tahun

4.7.3 Perhitungan Biaya

1. *Capital Investment*

Capital investment adalah banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. Capital investment terdiri dari:

a. *Fixed Capital*

Fixed capital investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

b. *Working Capital Investment*

Working capital investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

2. *Manufacturing Cost*

Manufacturing cost merupakan jumlah *Direct*, *Indirect*, dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

Menurut Aries & Newton, *Manufacturing Cost* meliputi:

a. *Direct Cost*

Direct cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

b. *Indirect Cost*

Indirect cost adalah pengeluaran – pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik.

c. *Fixed Cost*

Fixed cost adalah biaya-biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak atau pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

3. *General Expense*

General expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

4.7.4 Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial atau tidak, maka dilakukan suatu analisa atau evaluasi kelayakan. Berikut beberapa cara yang dilakukan untuk menyatakan kelayakan sebuah pabrik:

1. *Percent Return On Investment*

Return On Investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan

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

2. *Pay Out Time (POT)*

Pay Out Time adalah :

- Jumlah tahun yang telah berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya capital investment dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.
- Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
- Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$POT = \frac{\text{Fixed capital investment}}{(\text{keuntungan tahunan} + \text{depresiasi})}$$

3. *Break Even Point (BEP)*

Break Even Point (BEP) adalah :

- Titik impas produksi (satu kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
- Titik yang menunjukkan pada tingkat beberapa biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan BEP kita dapat menentukan harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga serta unit penjualan yang harus dicapai agar mendapat keuntungan.
- Kapasitas produksi pada saat sales sama dengan total cost. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan akan untung jika beroperasi di atas BEP.

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

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

4. *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point (SDP) adalah :

- Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi atau karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit),
- Persen kapasitas minimal suatu pabrik dapat mencapai kapasitas produk yang diharapkan dalam setahun. Apabila tidak mampu mencapai persen minimal kapasitas tersebut dalam satu tahun maka pabrik harus berhenti operasi atau tutup.
- Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.
- Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

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

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

5. *Discounted Csh Flow Rate of Return* (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) adalah :

- Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFR dibuat dengan menggunakan nilai uang yang berubah terhadap waktu dan dirasakan atau investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik.
- Laju bunga maksimal dimana suatu proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

- c. Merupakan besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

$$(FC + WC)(1 + i)^N = C\Sigma(1 + i)^N + WC + SV$$

dimana, FC : *Fixed Capital*

WC : *Working Capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow*

: *profit after taxes + depresiasi + finance*

N : umur pabrik = 10 tahun

i : Nilai DCFR

4.7.5 Hasil Perhitungan

Perhitungan rencana pendirian pabrik Polietilen Tereftalat memerlukan rencana PPC, PC, MC, serta *General Expense*. Hasil rancangan masing-masing disajikan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 32 Physical Plant Cost (PPC)

No	Jenis	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Purchased Equipment cost	Rp 106,250,798,745	\$ 7,198,564
2	Delivered Equipment Cost	Rp 26,562,699,686	\$ 1,799,641
3	Instalasi cost	Rp 16,670,145,644	\$ 1,129,414
4	Pemipaan	Rp ,648,241,697	\$ 1,669,935
5	Instrumentasi	Rp 26,434,421,283	\$ 1,790,950
6	Insulasi	Rp 3,966,048,616	\$ 268,702
7	Listrik	Rp 15,937,619,812	\$1,079,785
8	Bangunan	Rp 20,672,000,000	\$1,400,542
9	Land & Yard Improvement	Rp 92,374,200,000	\$ 6,258,415
Total		Rp333,516,175,481	\$ 22,595,947

Tabel 4. 33 Direct Plant Cost (DPC)

No	Type of Capital Investment	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Engineering and Constrution	Rp 66,703,235,096	\$ 4,519,189.370
2	PPC	Rp 333.516.175.481	\$ 22,595.947
DPC		Rp 400,219,410,578	\$ 27,115,136.218

Tabel 4. 34 Fixed Capital Investment (FCI)

No	Fixed Capital	Biaya (Rp)	Biaya, \$
1	Direct Plant Cost	Rp 400,219,410,578	\$ 27,115,136.218
2	Cotractor's fee	Rp 40,021,941,058	\$ 2,711,513.622
3	Contingency	Rp 40,021,941,058	\$ 2,711,513.622
Jumlah		Rp 480,263,292,693	\$ 32,538,163.462

Tabel 4. 35 Direct Manufacturing Cost (DMC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Raw Material	Rp 866,856,236,425	\$ 58,730,097.319
2	Labor	Rp 34,014,000,000	\$ 2,304,471.545
3	Supervision	Rp 5,102,100,000	\$ 345,670.732
4	Maintenance	Rp 19,210,531,708	\$ 1,301,526.538
5	Plant Supplies	Rp 2,881,579,756	\$ 195,228.981
6	Royalty and Patents	Rp 103,320,699,551	\$ 7,000,047.395
7	Utilities	Rp 46,734,422,430	\$ 3,166,288.783
Direct Manufacturing Cost (DMC)		Rp 1,078,119,569,870	\$ 73,043,331.292

Tabel 4. 36 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 5,102,100,000	\$ 345,670.732
2	<i>Laboratory</i>	Rp 3,401,400,000	\$ 230,447.154
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 17,007,000,000	\$ 1,152,235.772
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 103,320,699,551	\$ 7,000,047.395
Indirect Manufacturing Cost (IMC)		Rp 128,831,199,551	\$ 8,728,401.054

Tabel 4. 37 Fixed Manufacturing Cost (FMC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 48,026,329,269	\$ 3,253,816.346
2	<i>Property taxes</i>	Rp 9,605,265,854	\$ 650,763.269
3	<i>Insurance</i>	Rp 4,802,632,927	\$ 325,381.635
Fixed Manufacturing Cost (FMC)		Rp 62,434,228,050	\$ 4,229,961.250

Tabel 4. 38 Total Manufacturing Cost (MC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 1,078,119,569,870	\$ 73,043,331.292
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 128,831,199,551	\$ 8,728,401.054
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 62,434,228,050	\$ 4,229,961.250
Manufacturing Cost (MC)		Rp 1,269,384,997,472	\$ 86,001,693.596

Tabel 4. 39 Working Capital (WC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	\$ 18,387,859,560.541	\$ 1,245,789.943
2	<i>Inproses Onventory</i>	\$ 1,923,310,602.230	\$ 130,305.596
3	<i>Product Inventory</i>	\$ 26,926,348,431.221	\$ 1,824,278.349
4	<i>Extended Credit</i>	\$ 43,833,024,052.064	\$ 2,969,717.077
5	<i>Available Cash</i>	\$ 115,398,636,133.803	\$ 7,818,335.781
Working Capital (WC)		\$ 206,469,178,779.858	\$ 13,988,426.747

Tabel 4. 40 General Expense (GE)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp 50,775,399,899	\$ 3,440,067.744
2	<i>Sales Expense</i>	Rp 279,264,699,444	\$ 18,920,372.591
3	<i>Research</i>	Rp 101,550,799,798	\$ 6,880,135.488
4	<i>Finance</i>	Rp 27,469,298,859	\$ 1,861,063.608
General Expenses(GE)		Rp 459,060,197,999	\$ 31,101,639.431

Tabel 4. 41 Total Production Cost (TPC)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp 1,269,384,997,471.830	\$ 86,001,693.596
2	<i>General Expenses(GE)</i>	Rp 459,060,197,999.345	\$ 31,101,639.431
Total Production Cost (TPC)		Rp 1,728,445,195,471.170	\$ 117,103,333.027

Tabel 4. 42 Fixed Cot (Fa)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Depresiasi</i>	Rp 48,026,329,269	\$ 3,253,816
2	<i>Proerty Taxes</i>	Rp 9,605,265,854	\$ 650,763
3	<i>Asuransi</i>	Rp 4,802,632,927	\$ 325,382
Total Fa		Rp62,434,228,050	\$ 4,229,961

Tabel 4. 43 Variable Cost (Va)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 866,856,236,425	\$ 58,730,097.319
2	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 103,320,699,551	\$ 7,000,047.395
3	<i>Utilities</i>	Rp 46,734,422,430	\$ 3,166,288.783
4	<i>Royalty & Patent</i>	Rp 103,320,699,551	\$ 7,000,047.395
Total Va		Rp 1,120,232,057,958	\$ 75,896,480.891

Tabel 4. 44 Regulated Cost (Ra)

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya (\$)
1	Gaji Karyawan	Rp 34,014,000,000	\$ 2,304,472
2	Payroll Overhead	Rp 5,102,100,000	\$ 345,671
3	Supervision	Rp 5,102,100,000	\$ 345,671
4	Plant Overhead	Rp 17,007,000,000	\$ 1,152,236
5	Laboratorium	Rp 3,401,400,000	\$ 230,447
6	General Expense	Rp 459,060,197,999	\$ 31,101,639
7	Maintenance	Rp 19,210,531,708	\$ 1,301,527
8	Plant Supplies	Rp 2,881,579,756	\$ 195,229
Total Ra		Rp 545,778,909,463	\$ 36,976,891

4.7.6 Analisa Keuntungan

Harga jual Polietilen Tereftalat	= Rp 2000,00/kg
Annual Sales (Sa)	= Rp 2.066.413.991,026
Total production cost	= Rp 1.728,445,195,471
Keuntungan (sebelum tax)	= Annual sales – total production cost = Rp 337.968.795.554,69
Tax 25%	= Rp 84.492.198.889
Keuntungan (setelah tax)	= Rp 253.476.596.666

4.7.7 Hasil Kelayakan Ekonomi

1. Percent Return On Investment (ROI)

$$ROI = \frac{\text{keuntungan sebelum pajak}}{\text{fixed capital}} \times 100\%$$

ROI sebelum pajak = 70,37%

ROI setelah pajak = 52,38%

2. Pay Out Time (POT)

$$POT = \frac{\text{fixed capital}}{\text{keuntungan} + \text{depresiasi}}$$

POT sebelum pajak = 1,2 tahun

POT setelah pajak = 1,6 tahun

3. Break Even Point (BEP)

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

Fa (fixed cost) = Rp 62.434.228.050

Ra (regulated cost) = Rp 545.778.909.463

Va (variable cost) = Rp 1.120.232.057.958

Sa (sales) = Rp 2.066.413.991.958

4. Maka, nilai BEP = 40,09% (BEP layak 40-60%)

5. *Shut Down Point* (SDP)

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

$$SDP = 29,02\%$$

6. *Discounted Cash Floe Rate* (DFFR)

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed Capital Investment = Rp 480.263.292.693

Working Capital = Rp. 206.469.178.780

Salvage Value = Depresiasi

= Rp.48.026.329..269

Annual Cash Flow (Ck)

= Annual profit + Depresiasi + Finance

= Rp. 280.949.149.341

Discounted Cash Flow Rate dihitung secara *trial & error*

$$(FCI + WC)(1 + i)^N = \Sigma \sum_{n=0}^{n=N-1} Ck(1 + i)^N + WC + SV$$

Suatu pabrik harus dilihat risikonya apakah pabrik beresiko tinggi (*high risk*) atau beresiko rendah (*low risk*). Resiko pabrik dapat ditinjau dari berbagai parameternya yang dapat dilihat dari Tabel 4.41.

Tabel 4.4 1 Tabel resiko ekonomi

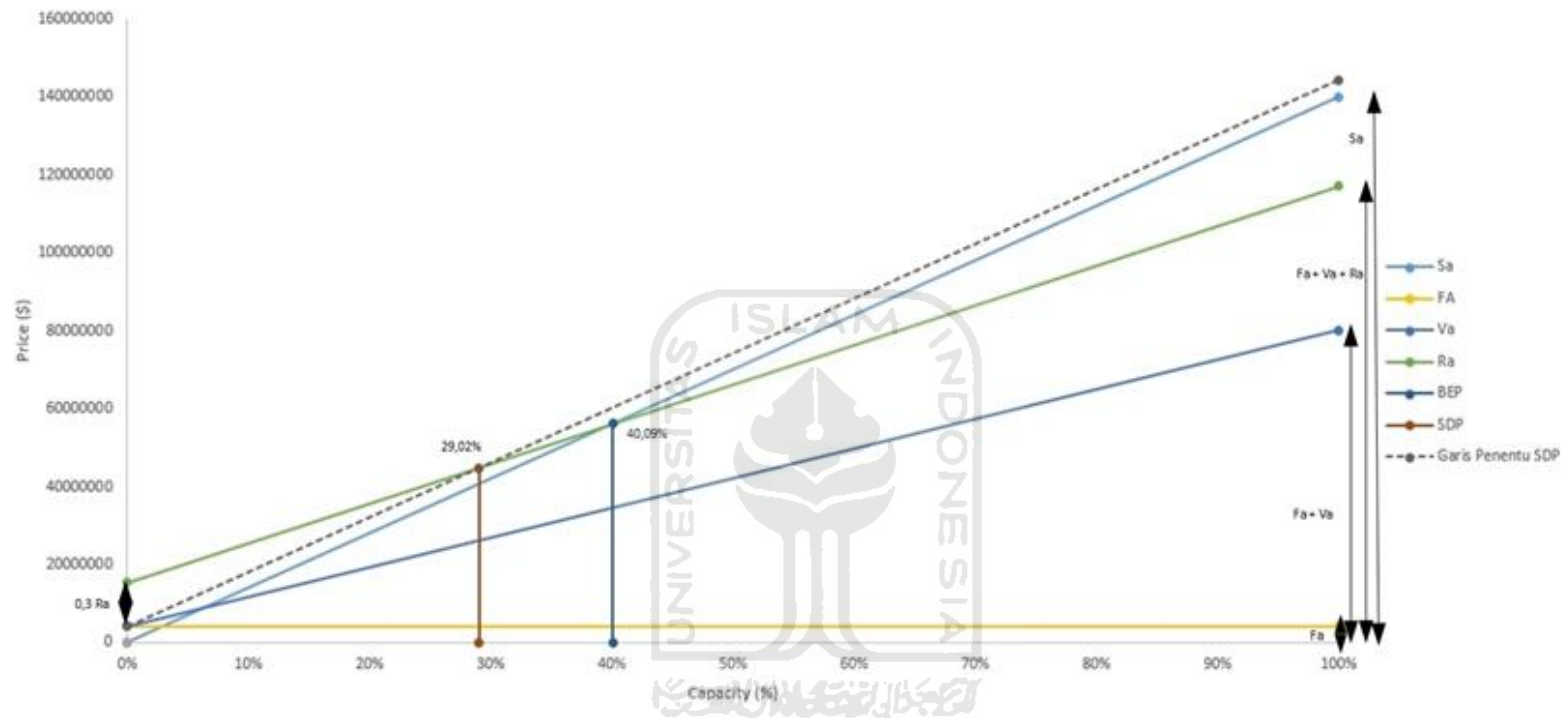
No	Parameter Resiko	Deskripsi	Risk	
			Low	High
1	Kondisi Operasi	Suhu maksimal yang digunakan 290 C		√
		Tekanan maksimal yang digunakan 1 atm	√	
2	Bahan baku yang digunakan			
	Etilen Glikol	Toksisitas : Irritant		√
		Explosion Limits: lower 3,2 %	√	
		Flamability: uap mudah terbakar		√
		Stabilitas: stabil di suhu kamar	√	
	Asam Tereftalat	Toksisitas : bukan bahan berbahaya	√	
		Explosion Limits: tidak meledak	√	
		Flamability: padatan mudah terbakar		√
Stabilitas: stabil di suhu kamar		√		
3	Sifat Produk yang dihasilkan			
	Polietilen Tereftalat	Toksisitas : Tidak mengandung komponen yang persisten, bioakumulasi, dan toksik (PBT)	√	
		Explosion: Non explosion	√	
		Flamability: Dapat terbakar		√
Stabilitas: stabil di suhu kamar		√		

Tabel 4.45. Lanjutan

4	Regulasi pemerintah	<p>Keputusan Menteri Kesehatan Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri</p> <p>dan</p> <p>Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor Per.13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja</p> <p>menetapkan</p> <p>Baku Mutu Emisi atau Nilai Ambang Batas (NAB) untuk:</p> <p>Etilen Glikol = 5 mg/m³ Asam Tereftalat = 10 mg/m³ Politetilen Tereftalat = 10 mg/m³</p> <p>Emisi yang dihasilkan oleh Rancangan Pabrik Asetanilida:</p> <p>Etilen Glikol = 2,1 mg/m³ Asam Tereftalat = 4,2 mg/m³ Debu Polietilen Tereftalat = 0,084 mg/m³</p> <p>Sehingga</p> <p>Memenuhi standar baku mutu emisi yang ditentukan pemerintah</p>	√	
		<p>Kebijakan Pemerintah dalam bidang investasi, Pemerintah masih membuka kesempatan investasi bagi industri asetanilida di Indonesia. Hal ini terlihat dalam Daftar Negatif Investasi (DNI) yang tertuang dalam Keppres No.54 tahun 1993, bahwa Polietilen Tereftalat tidak termasuk dalam bidang usaha yang tertutup mutlak bagi penanam modal, sehingga masih terbuka peluang investasi untuk PMDN maupun PMA</p>	√	
		<p>Pabrik Polietilen Tereftalat sudah ada didirikan di Indonesia, beberapa diantaranya yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. PT. Mitsubishi Chemical Indonesia 2. PT. Polipet Karya Indonesia 	√	
5	Keberadaan pabrik			

Jadi setelah melihat tabel diatas bahwa dapat disimpulkan bahwa pabrik Polietilen Tereftalat ini dikategorikan pabrik beresiko rendah.





Gambar 4. 9 Grafik Break Even Point

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pabrik Polietilen Tereftalat dari Asam Tereftalat dan Etilen Glikol dengan katalis Antimoni Trioksida dengan kapasitas 70.000 ton/tahun, dapat digolongkan sebagai pabrik beresiko rendah karena :

1. Berdasarkan tinjauan proses, kondisi operasi, sifat-sifat bahan baku dan produk, serta lokasi pabrik, maka pabrik Polietilen Tereftalat dari Asam Tereftalat dan Etilen Glikol dengan katalis Antimoni Trioksida ini tergolong pabrik beresiko rendah.
2. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
 - a. Keuntungan yang diperoleh :
Keuntungan sebelum pajak Rp337,968,795,554.69/tahun, dan keuntungan setelah pajak 25% sebesar Rp253,476,596,666 /tahun.
 - b. *Return On Investment* (ROI)
Presentase ROI sebelum pajak sebesar 70,37% dan ROI setelah pajak sebesar 52,78%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia minimum adalah 11% (Aries & Newton, 1955).
 - c. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak selama 1,2 tahun dan POT setelah pajak selama 1,6 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton, 1955).
 - d. Break Event Point (BEP) pada 40,09%, dan Shut Down Point (SDP) pada 29,02%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40–60%.
 - e. Discounted Cash Flow Rate (DCFR) sebesar 33,34 %. Deposito di bank saat ini adalah 5,63 % (13 November, 2020). Syarat minimum DCFR adalah di atas deposito bank yaitu sekitar 1,5 x suku depoitto bank (1,5 x 5,63% = 8,445%).

Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik Polietilen Tereftalat dari Asam Tereftalat dan Etilen Glikol dengan kapasitas 70.000 ton/tahun ini layak dan menarik 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 Polietilen Tereftalat dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.
4. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik - pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Aries, R.S., and Newton, R.D., "Chemical Engineering Cost Estimation", Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York, 1955.

Backhurst, J.R. and Harker, J.H., "Process Plant Design", Heinemen Chemical Engineering Series, London, 1983.

Biro Pusat Statistik, "Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia", Indonesia Foreign, Trade Statistic Import, Jakarta, 2009-2014.

Brownell, L.E., and Young, E.H., "Process Equipment Design", John Wiley and Sons, Inc., New York, 1959.

Coulson, J.M., and Richardson, J.F., "Chemical Engineering (1st Ed.)", Pergamon Internasional Library, New York, 1983.

Geankopolis, C.J., "Transport Process and Unit Operations (3rd Ed)", Pretince – Hall International, Inc., New Jersey, 1993.

Jackson, D.L., "Preparation of Formic Acid by Hidrolysis of Methyl Formate (US.Patent No. 4299981)", United States Patent., New Jersey, 1981.

Kern, D.Q., "Process Heat Transfer", Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York, 1983.

Ludwig, E.E., "Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants", Gulf Publishing, Co., Houston, 1964.

Perry, R.H., and Green, D.W., "Perry's Chemical Engineer's Handbook (6th ed)", Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York, 1986.

Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., "Plant Design and Economics for Chemical Engineers (3rd Ed)", Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York, 1980.

Treyball, Robert.H., "Mass Transfer Operations (3rd ed)", Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York, 1981.

The Engineering Toolbox.,”Conductivity of Fiber Glass”,

Walas, S.M ., “Reaction Kinetics for Chemical Engineer”, Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York,1959.

Ullrich, G.D., “A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics”, John Wiley & Sons, New York,1984.

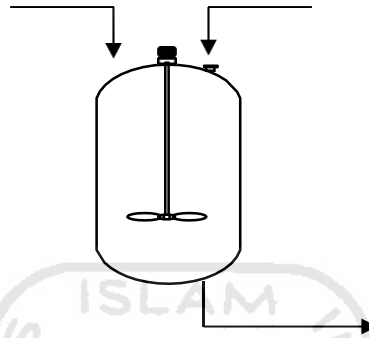
Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry,1984



LAMPIRAN A

PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT

1. Perancangan Reaktor (R-01)



Kode Alat	: R-01
Jenis	: Reaktor berpengaduk dilengkapi jaket pemanas
Bahan	: <i>Stainless Steel SA 204 Grade B</i>
Fungsi	: Tempat berlangsungnya reaksi pembentukan <i>Bis Hidroksiethyl terephthalate</i> dan hasil sampingnya
Kondisi operasi	: Temperatur = 195°C
	Tekanan = 1 atm
	= 14,7 psia

(Frederick. j. sebelits. Dkk, untuk du pont de Nemours and company 1962)

a. Neraca Massa



Masuk Reaktor :

- Arus 1

Komponen	Kmol/jam	Fraksi Mol	BM	Kg/jam	Fraksi berat
EG	286,464	0,8425	62	17.760,076	0,6871
PTA	48,146	0,141	166	7992,34	0,309
H ₂ O	5,4150	0,0159	18	97,47	0,003
Total	340,025	1,000		25850,583	1,0000

- **Arus 2**

Komponen	Kmol/jam	Fraksi mol	BM	Kg/jam	Fraksi Berat
Antimony	53,496	0,90	291	2342,523	0,946
PTA	5,3496	0,09	166	133,628	0,054
Total	8,8549	1,000		2476,151	1,000

- **Arus 3**

Komponen	Kmol/jam	Fraksi mol	BM	Kg/jam	Fraksi Berat
BHET	48,146	0,45	254	12229,251	0,932
PTA	5,349	0,05	166	888,038	0,067
Antimony	53,496	0,5	291	2342,523	0,946
Total	106,992	1,000		15459,813	1,000

- **Arus 4**

Komponen	Kmol/jam	Fraki mol	BM	Kg/jam	Fraksi Berat
EG	190,17	0,652	62	11790,582	0,8656
H ₂ O	101,708	0,348	18	1830,749	0,1344
Total	291,879	1,000		13621,332	1,0000

- **Neraca Massa Total**

Komponen	Input			Output	
	1	2	11	3	4
EG	17760,767				11790,582
PTA	7992,345	754,409	133,628	888,038	
Antimony			2342,523	2342,523	
H ₂ O	97,47				1830,749
BHET				29081,256	
Total	29081,145			29081,145	

2. MENGHITUNG DENSITAS DAN KECEPATAN LAJU ALIR VOLUMETRIC PADA 250°C

- Menghitung Viskositas produk pada suhu operasi

$$\log \mu = A + B/T + CT + DT^2$$

$$T = 195 \text{ C} = 468 \text{ K}$$

Tabel 5.2 Densitas

Komponen	A	B	C	D	log μ	μ , cp	μ ,x
EG	-16,973	3118,600	0,033	0,000	-4,039	0,000	0,000
H ₂ O	-10,216	1792,500	0,018	0,000	-0,944	0,114	0,090

Lanjutan Tabel 5.2

Komponen	A	B	C	D	log μ	μ , cp	μ_x
BHET					0,014	1,034	0,953
PTA	-47,188	10175	0,074	0,000	0,227	1,688	0,113
AT					0,000	0,000	0,000
TOTAL						2,835	1,155

- Menghitung Densitas pada suhu operasi

$$\text{Density} = A \cdot B \cdot (1-T/T_c)^n$$

$$T = 195C = 468 K$$

Komponen	A	B	n	Tc	ρ kg/m ³	ρ_x	xi/pi	Fv
EG	0,325	0,255	0,172	645	906,774	396,488	0,000	19,586
PTA	0,392	0,181	0,286	1113	1.630,11	924,149	0,000	4,902
H ₂ O	0,347	0,274	0,286	643	778,25	39,685	0,000	0,125
Katalis AT	1,724	0,300	0,286	2765	5365,44	5.400	1,000	0,436
TOTAL					8680,58	6761,295	0,001	25,051

- Menghitung kecepatan laju alir volumetric (Fv)

$$F_v = \frac{\text{Massa,kg/jam}}{\text{Densitas,kg/m}^3} = 25,051 = 25015,2807 \text{ l/jam}$$

- **Menghitung Konentrasi Umpan**

CaO dihitung berdasarkan kelarutan PTA dalam EG pada suhu operasi dengan persamaan kelarutan

Kelarutan PTA dalam Etilen Glikol:

$$\ln S = 1.19 \frac{1240}{C \cdot T} = 0,131$$

dimana c adalah konsentrasi TPA pada mol / kg larutan dan T dalam satuan(sumber: Yahya Banat dan Ziad Abu El-Rub,2001).

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi EG (CB0)} &= \frac{286,464 \text{ kmol/jam}}{25,051 \text{ m}^3/\text{jam}} = \frac{286.464}{25015,2807} \text{ l/jam} \\ &= 11,43522 \text{ kmol/m}^3 = 11.435,232 \text{ gmol/l} \end{aligned}$$

$$Cb = Cb0 (1 - X_A) = 0,1135$$

3. Menghitung Harga K

$$T = 195^\circ\text{C} = 468 \text{ K}$$

$$K = 0.053$$

Harga konstanta kecepatan reaksi (k) dihitung berdasarkan data percobaan Frederick. j. sebelits. Dkk, untuk du pont de Nemours and company (us patent no 3,057,909. Oct 9, 1962) persamaan kecepatan reaksi:

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_{B^2}$$

$$C_B = C_{B0} - 2 X_A \cdot C_{A0}$$

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = k \cdot C_A \cdot C_{B^2}$$

$$C_B = C_{A0} \cdot \left(\frac{C_{B0}}{C_{A0}} - 2 X_A \right)$$

$$C_A = C_{A0} \cdot (1 - X_A)$$

$$C_B = C_{A0} \cdot (m - 2 X_A)$$

$$dC_A = -C_{A0} \cdot dX_A$$

Dengan k = konstanta kecepatan reaksi, sehingga :

$$\begin{aligned} -\frac{dC_A}{dt} &= k C_{A0} \cdot (1 - X_A) \cdot C_{A0}^2 \cdot (m - 2 X_A) & k dt &= \frac{dX_A}{C_{A0}^2 \cdot (1 - X_A) \cdot (m - 2 X_A)^2} \\ C_{A0} \frac{dX_A}{dt} &= k C_{A0}^3 \cdot (1 - X_A) \cdot (m - 2 X_A)^2 & & \\ \frac{dX_A}{dt} &= k C_{A0}^2 \cdot (1 - X_A) \cdot (m - 2 X_A)^2 & \int_{t_0}^{t_1} k dt &= \frac{1}{C_{A0}^2} \int_{X_0}^X \left(\frac{dX_A}{(1 - X_A) \cdot (m - 2 X_A)^2} \right) \end{aligned}$$

$$\text{Maka: } A(m - 2X_A)^2 + B(1 - X_A)(m - 2X_A) + C(1 - X_A) = 1$$

$$k = \frac{1}{t_1 C_{A0}^2} \int_{X_0}^X \left(\frac{A}{(1 - X_A)} + \frac{B}{(m - 2X_A)} + \frac{C}{(m - 2X_A)^2} \right)$$

$$k = \frac{1}{t C_{A0}^2} \left(A \int_{X_0}^X \frac{dX_A}{(1 - X_A)} + B \int_{X_0}^X \frac{dX_A}{(m - 2X_A)} + C \int_{X_0}^X \frac{dX_A}{(m - 2X_A)^2} \right)$$

$$k = \frac{1}{t C_{A0}^2} \left(A \ln \left(\frac{1}{(1 - X_A)} \right) + \frac{B}{2} \ln(m - 2X_A) + \frac{C}{2} \frac{1}{(m - 2X_A)} \right)$$

4. Menentukan optimasi jumlah reaktor

1. Jumlah Reaktor 1

$$\begin{aligned} X_1 &= 0,9 \\ K &= 3,18 \text{ m}^3/\text{kmol.jam} \\ F_v &= 0,0250 \text{ m}^3/\text{jam} \\ C_{A0} &= 1,921 \text{ kmol/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Persamaan umum} = \frac{F_v \cdot X_A}{k C_{A0}^2 \cdot (1 - X_A) \cdot (m - 2X_A)^2}$$

$$V_{\text{coba-coba}} = 2,023 \text{ m}^3$$

$$X_1 = 0,9$$

$$X_0 = 0$$

2. Jumlah Reaktor 2

$$V_{\text{coba-coba}} = 1,461 \text{ m}^3$$

$$X_2 = 0,9$$

$$X_1 = 0,6$$

$$X_0 = 0$$

Waktu tinggal reaktor 1

$$\text{Waktu tinggal} = \frac{0,3560}{25,0515} = 0,014 \text{ jam}$$

$$= 8,5 \text{ menit}$$

mencari harga reaktor

$$Eb = Ea \left(\frac{cb}{ca} \right)^{0,6}$$

aries newton : *Chemical Engineering Cost Estimation*-Newton hal:15

jika menggunakan 1 reaktor	jika menggunakan 2 reaktor
\$ 654,195	\$ 330,937
	\$ 330,937
total harga	total harga
\$ 654,195	\$ 661,874

5. Menghitung Diameter Shell

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_{reaktor}}{\frac{\pi}{4} + 2(0,000076)}}$$

$$D = 0,7244 \text{ m}$$

$$= 2,376 \text{ ft}$$

$$= 28,519 \text{ in}$$

Sehingga, Hs = 28,519 in
= 0,7244 m

Mencari tebal shell

$$t_s = \frac{P r i}{f E - 0,6 P} + n c$$

(Eq. 13.1 Brownell, hal. 254)

Dimana :

t_s = tebal shell (in)

P = tekanan desain (psia)

r_i = jari-jari dalam tangki (in)

f = allowable stress (psia)

E = joint efficiency

C = corrosion allowance (in/tahun) = 0,002 in/tahun

n = umur alat (tahun) = 10 tahun

Mencari tekanan desain (P) :

Tinggi larutan dalam tangka (ZL) $ZL = (V_1/V_r).D$

$ZL = 0,603$ m

P_h (tekanan hidrostatik) = $\rho \cdot g \cdot ZL$ $\rho = 1032.2101$ kg/m³

$g = 9,8$ m/s²

sehingga : $P_h = 8766,602$ Pa

= 1,271 psi

$P_{\text{desain}} = 1,2 \cdot (P_{\text{operasi}} + P_h)$

= 18,83 psia

Jari-jari dalam tangki (r_i) = $D_i/2 = 102$ in / 2 = 51 in

Bahan yang digunakan adalah *Stainless Steels SA-240 Grade B Type 430*, karena tahan korosif dan memiliki batas tekanan yang diijinkan besar (sampai dengan 17.500 psi pada suhu -20 °F – 1500 °F)

Dari item 4. Brownell halaman 342, didapatkan nilai :

allowable stress (f) adalah = 17500 psi

Jenis pengelasan yang digunakan adalah single-welded, sehingga didapatkan :

joint efficiency (E) = 85% (Tabel 13.2 Brownell halaman 254)

menghitung nilai ts :

$$= 0.0403 \text{ in}$$

$$= 0.0012 \text{ m}$$

Dari table 5.7 Brownell halaman 91, diambil tebal standar = 3/16 in

6. Menghitung Diameter Standar

$$OD = ID + 2 \cdot ts$$

$$= 101,6250 \text{ in}$$

Dari table 5.7 Brownell halaman 91, diambil OD = 102 in

$$ID \text{ terstandar} = OD - 2 \cdot ts \quad ID = 102 - (2 \cdot 1/4)$$

$$= 100.5000 \text{ in}$$

$$= 3,425 \text{ m}$$

7. Menghitung tebal head (th)

$$t_h = \frac{0.885 \cdot P \cdot rc}{fE - 0,1P} + c$$

(Eq.13.13 Brownell hal. 258)

$$Rc = OD/2 = 102/2 = 51 \text{ in}$$

$$t_h = 0,0781 \text{ in}$$

$$= 0,0019 \text{ m}$$

Dari table 5.7 Brownell halaman 91, diambil tebal standar = 3/16 in

8. Mencari tinggi penutup dan alas

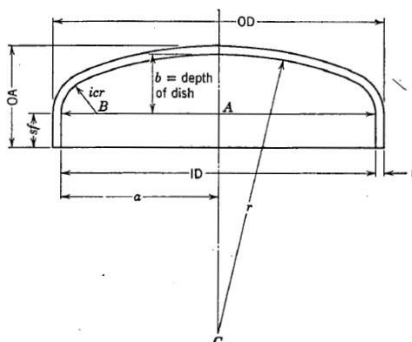


Fig. 5.8 Brownell halaman 87

Dimana :

ID	: diameter dalam tangki (in)
OD	: diameter luar tangka (in)
a	: ID/2 ; jari-jari tangki (in)
t	: tebal head (in)
icr	: inside corner radius (in)
sf	: straight flange (in)
b	: depth of dish (in)
OA	: overall dimension (in)

Dari table 5.7 Brownell halaman 91, didapatkan :

OD	= 102 in
r	= 96 in
irc	= 6 1/8 in

Sehingga untuk dimensi tutup atas dan bawah dapat dihitung sebagai berikut :

➤ a	= 0.5 ID
	= 50,8125 in
➤ AB	= a – icr
	= 44,6875
➤ BC	= r – icr
	= 89,8750
➤ AC	= $\sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$
	= 77,9778 in
➤ B	= r – AC
	= 18,022 in

Dari table 5.8 Brownell halaman 93, didapatkan :

$$sf = 1 \frac{1}{2} \text{ in}$$

Sehingga didapatkan tinggi penutup atas dan bawah :

$$OA = t + b + sf$$

$$OA = 0,5 \text{ m}$$

Karena alas sama dengan penutup, sehingga tinggi alas = 0,5 m

Sehingga didapatkan tinggi total reaktor :

$$= 3,4256 \text{ m}$$

9. Perancangan Pengaduk

Komponen	Fw (Kg/jam)	ρ (kg/l)	$X_i\%$	$\mu_i(\text{cp})$	$\ln \mu_i$	$X_i \cdot \ln \mu_i$	$X_i \cdot \rho$	$\mu \cdot x$
PTA	7992,345	1,63	0,283	0,415	-0,87	-0,24	0,46	0,11
EG	17760,767	0,90	0,629	0,278	-1,28	-0,806	0,57	0,17
H ₂ O	97,47	0,77	0,003	0,106	-2,23	-0,007	0,002	0,0003
Antimony	2342,523	5,36	0,083	0	0	0	0	0
Total	28193,106	8,68	1	0,8	-4,39	-1,06	1,03	0,293

$$\ln \mu = \sum X_i \ln \mu_i$$

$$= -1,062$$

$$\mu = 0,2934 \text{ cp}$$

$$= 0.000197 \text{ lb/ft.s}$$

$$\rho = 1.036 \text{ kg/liter}$$

$$= 64.6781 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 1036.044 \text{ kg/m}^3$$

Karena campuran liquid mempunyai viskositas yang tinggi, dan hasil campuran diharapkan homogen, maka dipilih pengaduk jenis Turbine with 6 Flat Blades, karena pengaduk jenis ini cocok untuk liquid dengan viskositas medum hingga heavy. Selain itu pengaduk jenis ini juga mudah ditemukan.

10. Menentukan jumlah pengaduk

$$\text{jumlah pengaduk} = \frac{ZL \times SpGr}{ID}$$

Dimana :

ZL = tinggi cairan dalam silinder = 0,6036 m

SpGr = *specific gravity* = 1,3312

ID = *inside diameter* = 2,5812

Sehingga didapatkan jumlah pengaduk :

$$\text{Jumlah pengaduk} = \frac{0,6036 \text{ m} \times 1,3312}{2,5812}$$

$$= 0,311 \approx 1 \text{ buah}$$

Dimensi pengaduk

Tipe pengaduk yang digunakan adalah *Turbine with 6 Flat Blades* (Fig. 47 Brown halaman 507)

D_i = *diameter of impeller*

D_t = *diameter of tank*

n = *revolutions per second*

w = *width of baffle*

Z_i = *elevation of impeller above tank bottom*

Z_t = *height of liquid in tank*

Z_r = tinggi reaktor = 3,426 m

ZL = tinggi cairan dalam silinder = 0,6036 m

Diketahui :

D_t = 2,815 m

$D_t/D_i = 3 \rightarrow D_i = 0,8604 \text{ m}$

= 2,822 ft

$$W/D_i = 0.17 \rightarrow W = 0.1462 \text{ m}$$

$$= 0.4798 \text{ ft}$$

$$Z_t/D_i = 2.3 \rightarrow Z_t = 2.323 \text{ m}$$

$$= 7,621 \text{ ft}$$

$$Z_i/D_i = 0.64 \rightarrow Z_i = 0.6453 \text{ m}$$

$$= 2.1171 \text{ ft}$$

11. Menghitung kecepatan pengaduk dalam reaktor

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

Eq. 8.8 HF Rase, halaman 345

Dimana :

WELH = water equipment quid height

D_i = diameter pengaduk (ft)

N = kecepatan pengaduk (rpm)

H = tinggi pengaduk (ft)

$$WELH = ZL \times \frac{\rho_{cairan}}{\rho_{air}}$$

$$= 0,8036 \text{ m}$$

$$= 2,6366 \text{ ft}$$

$$N = \frac{600}{\pi D_i} \sqrt{\frac{WELH}{2 D_i}}$$

$$= 46,2154 \text{ rpm}$$

$$= 0,77 \text{ rps}$$

12. Mencari nilai bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{N D_i^2 \rho}{\mu}$$

$$= 201333$$

Didapatkan nilai $Re > 2110$, maka merupakan aliran turbulen

Dari fig. 477 Brown halaman 507, didapatkan :

$$Po = 1.152,7838 \text{ ft.lbf/s}$$

$$= 16,468 \text{ Hp}$$

Dari fig. 14 Peter halaman 521, diperoleh efisiensi = 87%

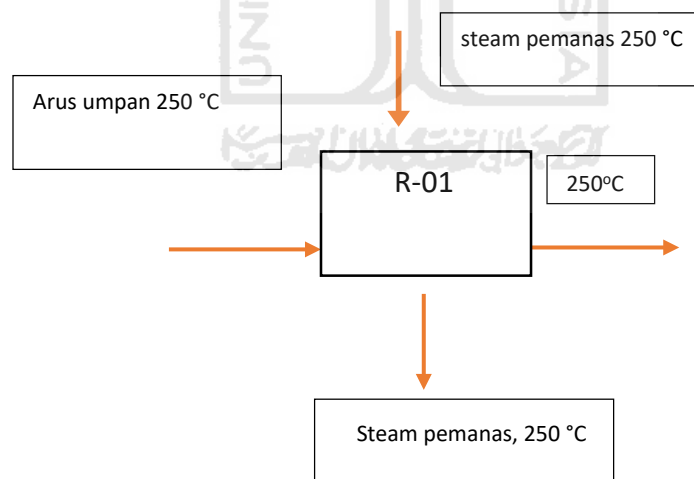
Sehingga power motor :

$$= \frac{16,468}{87\%}$$

$$= 18,92 \text{ Hp}$$

13. Perhitungan panas di reaktor 1 (R-01)

Asumsi : reaksi berlangsung isothermal pada suhu 250°C



Panas masuk reaktor (Q_{inR-01}) = Panas keluar heater anilin + Panas keluar heater asam asetat

$$\text{Panas keluar pemanas EG} = 2.654.145,369 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Panas keluar pemanas asam tereftalat} = 838.701,119 \text{ kJ/jam}$$

Panas keluar pemanas Antimony Trioxide = 303.685,121 kJ/jam

Panas keluar pemanas H₂O = .40.815,372 kJ/jam

$$Q_{in} R01 = 2.654.145,369 + 838.701,119 + 303.685,121 + 40.815,372$$

$$= 3.837.346,981 \text{ kJ/jam}$$

Komponen	Delta Hf (kJ/kmol)	Delta H (kJ/jam)
PTA	19,87	956,6741
EG	-389,32	-37.488,9152
BHET	-327,13	-15.750,2168
H ₂ O	-241,83	-23.286,6134
Delta HR		-75569,0713

$$\Delta H_f^o = (\Delta H_f^o \text{ BHET} + \text{Air}) - (\Delta_f^o \text{ PTA} + \text{Etilen Glikol})$$

$$= -2504,59 \text{ kJ/jam}$$

Data kapasitas panas liquid Cp :

Komponen	A	B	C	D
Etilen Glikol	75,878	0,64182	-0,0016493	0,0000016937
Air	92,05	-0,03995	-0,000211	0,0000005347
PTA	22	0,556	0	0

$$\int_{T_{reff}}^T C_p dT = A(T - T_{reff}) + \frac{B}{2}(T^2 - T_{reff}^2) + \frac{C}{3}(T^3 - T_{reff}^3)$$

$$+ \frac{D}{4}(T^4 - T_{reff}^4)$$

Treff = 25°C

Tin = 250°C

Tout = 250°C

14. Mencari Panas Keluar Panas

➤ Arus 5

Komponen	n (kmol/jam)	$\int C_p(kJ/kmol.K)$	Q5
Etilen Glikol	190,1707	76.352,6497	14.520.036,85
H ₂ O	106,1604	17.021,3681	1.806.995,249
Total	296,3311	93.374,0178	16.327.032,1

➤ Arus 6

Komponen	n (kmol/jam)	$\int C_p(kJ/kmol.K)$	Q6
BHET	48,1467	12.280	5.914.822,095
PTA	5,3496	56.303,55	301.201,471
Antimony		5.676,75	
Total	53,4963	184.830,3	6.216.023,56

15. Mencari panas Reaksi

Mol yang dibawa umpan = 349,8274 kmol/jam

Konversi di reaktor 1(R-01) = 0,90

Mol yang bereaksi di reaktor 1 (R-01) :

$$= 53,4963 \times 0,90$$

$$= 48,1466 \text{ kmol/jam}$$

Sehingga, panas reaksi :

$$= 53,4963 \text{ kmol/jam} \times (-2504,59 \text{ kJ/kmol})$$

$$= -133.986,298 \text{ kJ/jam}$$

16. Mencari panas ke pemanas

Panas ke pemanas = (panas umpan + panas reaksi) – panas produk

$$= (22.543.055,66 + (-133.986,298) - 3.837.346,981$$

$$= 18.571.722,38 \text{ kJ/jam}$$

Komponen	INPUT		OUTPUT	
	3	4	5	6
EG	2654145,36		14.520.036,85	
PTA	537.499,84	301.201,47		301.201,5
Antimony		303.685,12		
BHET				5.914.822
H ₂ O	40.815,37		1.806.995,24	
Sub total	3.837.346,98		20.736.060,42	
Panas Reaksi			4.153.401,78	
Beban pemanas	21.052.115,22			
Total	24.889.462,2		24.889.462,2	

Jumlah air pendingin yang diperlukan (m) :

$$m = \frac{18.571.722,38}{2801,1} = 6.032 \text{ kg/jam}$$

17. Perancangan Jacket Pendingin

Medium pemanas

Dipilih : air suhu 30°C dan tekanan 1 atm

Tc1 = suhu masuk jaket pendingin = 30°C

Tc2 = suhu keluar jaket pendingin = 60°C

Fluida panas (F)	Fluida dingin (F)	Selisih (F)
T1 572	t ₂ 122	450
T2 572	t ₁ 86	486
T2-T1 0	t ₂ -t ₁ 36	36

$$LMTD = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$= 467,7691 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Nilai U_D adalah antara : 50-125 Btu/jam.ft².F (Tabel 8,Kern, halaman 840)

Diambil nilai U_D : 125 Btu/jam.ft².F

Panas yang diberikan oleh media pana adalah = 16.896.208,8 kj/jam =
16.014.514 Btu/jam

Luas transfer paas yang diperlukan (A) :

$$A = \frac{Q}{U_D \cdot LMTD}$$

$$= 273,8875 \text{ ft}^2$$

Luas transfer panas tersedia (a) :

$$a = \pi \cdot D \cdot Hs$$

$$= 17,75246 \text{ ft}^2$$

Karena luas transfer dingin tersedia lebih besar dari pada lua transfer panas diperlukan, maka pemanas yang digunakan adalah **Jaket Pemanas**

Jumlah air pemanas yang dibutuhkan = 6.032,184 kg/jam

Volume air pemanas = 6,032184 m³/jam

Diamater dalam jaket (D1) = diameter luar + (2 x tebal dinding)

Diketahui : Diameter dalam = 120 in

Tebal dinding = 1/4 in

$$D1 = 102 + (2 \times 3/16)$$

$$= 102,375 \text{ in}$$

$$= 2,600325 \text{ M}$$

Tinggi jaket pendingin = tinggin shell

Tinggi jaket = 0,7244 m

Asumsi,jarak jaket = 5 in

$$\text{Diameter luar jaket (D2)} = D1 + (2 \times \text{jarak jaket})$$

$$D2 = 102,375 + (2 \times 5)$$

$$= 112,375 \text{ in}$$

$$= 2,8543 \text{ m}$$

Luas penampang yang dilalui air pemanas (A)

$$A = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2)$$

$$= 1.687,3214 \text{ in}^2$$

$$= 2,8543 \text{ m}^2$$

Kecepatan air pemanas (v)

$$v = (\text{volume air pemanas} / A)$$

$$v = (6,0321 \text{ m}^3/\text{jam}) / (1,0885 \text{ m}^2)$$

$$= 5,5412 \text{ m/jam}$$

18. Mencari tebal dinding jaket

Diketahui :

$$H \text{ jaket} = 28,5199 \text{ in}$$

$$= 0,7244 \text{ m}$$

$$P_{\text{hidrostatatis}} = \frac{H - 1}{144} \times \rho_{\text{air}}$$

Diketahui :

$$\rho_{\text{air}} = 1.008 \text{ kg/liter}$$

$$P_{\text{hidrostatatis}} = 9,2850 \text{ psia}$$

Sehingga tekanan desain :

$$P_{\text{desain}} = P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatatis}} \\ = 3.684,285 \text{ psia}$$

Dipilih bahan *Stainless steel SA-204 Grade B*

$$\text{Allowable stress (f)} = 17500 \text{ psi}$$

$$\text{Welded joint (E)} = 85\%$$

Corrosion allowance (c) = 0.002 in/tahun

Umur alat (n) = 10 tahun

$$t_j = \frac{P D}{f E - 0.6 P} + n c$$

$$= 0,02 \text{ in}$$

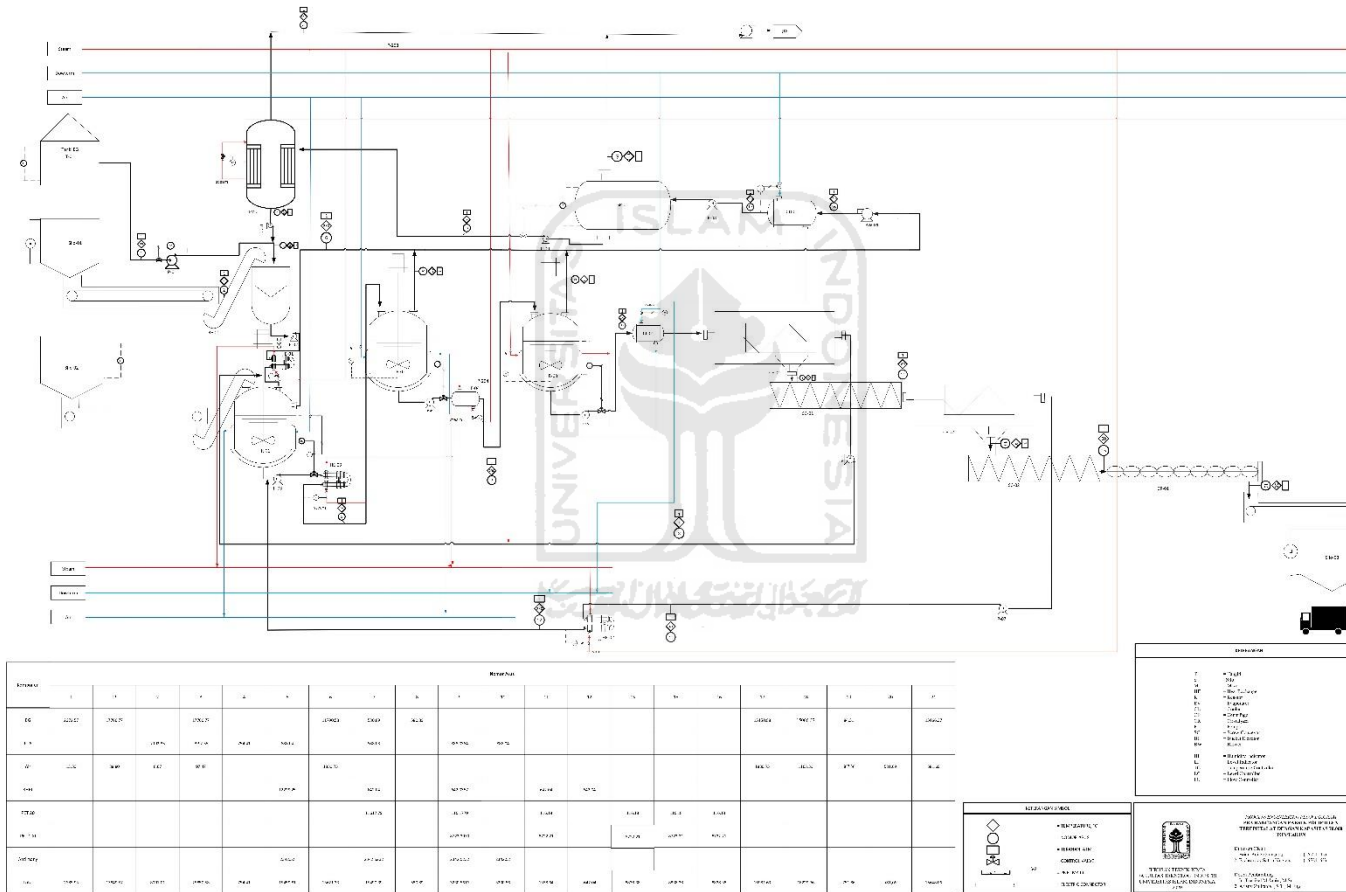
$$= 0,00058 \text{ m}$$

Dipilih tebal jaket standar = 1/8 in (Tabel 5,2 Brownell halaman 83)

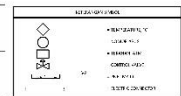


LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
 PRA RANCANGAN PABRIK POLIETILEN TEREPITALAT
 KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN



KETERANGAN	MATERIAL																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
11	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
12	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
13	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
14	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
15	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
16	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
17	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
18	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
19	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125
20	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625	1.5625



KETERANGAN	
1	Water
2	Steam
3	Electricity
4	Control Air
5	Control Water
6	Control Gas
7	Control Oil
8	Control Acid
9	Control Base
10	Control Inert
11	Control Solvent
12	Control Catalyst
13	Control Additive
14	Control Pigment
15	Control Filler
16	Control Lubricant
17	Control Grease
18	Control Wax
19	Control Resin
20	Control Plasticizer



LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Brian Adi Februananda
 No. Mahasiswa 1 : 16521165
 Nama Mahasiswa 2 : Fachrasy Satrio Nugroho
 No. Mahasiswa 2 : 16521165
 Judul Pra rancangan Pabrik : Rca. rancangan Pabrik Polietilen Tereftalat Kapasitas 20.000 ton/tahun
 Mulai Masa Bimbingan : 17 April 2020
 Selesai Masa Bimbingan : 24 Oktober 2020

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	5 Mei 2020	Perkenalan dengan Despen 2	✓
2	12 Mei 2020	Konsultasi Judul Pra-rancangan Despen	✓
3	19 Mei 2020	Konsultasi bahan baku produk utralis	✓
4	12 Juni 2020	Konsultasi impur-eluspar polietilen	✓
5	12 Juni 2020	Konsultasi neraca massa	✓
6	25 Juli 2020	Konsultasi neraca panas	✓
7	15 Agustus 2020	Konsultasi alat proses	✓
8	20 September 2020	Konsultasi utilitas	✓
9	20 September 2020	Konsultasi elemen	✓
10	6 Oktober 2020	Konsultasi naskah	✓
11	13 Oktober 2020	Konsultasi PEF0	✓
12	20 Oktober 2020	Pengecekan naskah, PEF0 + Basis	✓

Disetujui Draft Penulisan :
 Yogyakarta, 23 Oktober 2020...
 Pembimbing,


 (Ariany Zulkania, ST., M.Eng..)

Catatan:


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

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Brian Adi Febranda
 No. Mahasiswa 1 : 1651145
 Nama Mahasiswa 2 : Fachrudin Satya Nugraha
 No. Mahasiswa 2 : 16521163
 Judul Pra rancangan Pabrik : Pra - rancangan pabrik Polietilen Tereftalat
 Kapasitas : 90.00 ton/tahun
 Mulai Masa Bimbingan : 27 April 2020
 Selesai Masa Bimbingan : 24 Oktober 2020

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	7 Mei 2020	Pertemuan dengan Dosen 1	(T.M.)
2.	12 Mei 2020	Konsultasi Judul pra-rancangan Pabrik	(T.M.)
3.	24 Mei 2020	Konsultasi bahan baku, produk, pabrik	(T.M.)
4.	10 Juni 2020	Konsultasi etasa - impor pemilihan alat alat	(T.M.)
5.	18 Agustus 2020	Konsultasi alat proses	(T.M.)
6.	17 September 2020	Konsultasi utilitas	(T.M.)
7.	28 September 2020	Konsultasi ekonomi	(T.M.)
8.	18 Oktober 2020	Revisi naskah, PFD + Revisi	(T.M.)

Disetujui Draft Penulisan :
 Yogyakarta,
 Pembimbing,


 (Ir. Toasikal H. Amri, M.Sc.)

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