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
NIM : 16521145

Nama : Fachrorozy Satria N.
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
NIM : 16521145

Nama : Fachrorozy Satria N.
NIM : 16521163

Yogyakarta, 23 Oktober 2020

Dosen Pembimbing I,

Ir.Tuasikal M.Amin,M.Sn.

NIP. 925210101

Dosen Pembimbing II,

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

NIP. 055210503

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

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama	: Brian Adi Febrananda	Nama	: Fachrorozy Satria N.
NIM	: 16521145	NIM	: 16521163

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagain 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	15/11/2020
Dr. Diana, S.T., M.Sc. Anggota I	15/11/2020
Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng. Anggota II	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 Spesifikai 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 (*Maintenance*) 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 Konsumi 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 Transesterfikasi 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 Cenrifuge 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 Reakor 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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirobbil ‘Alamin. Puji dan Syukur kami panjatkan kehadirat 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 Tererftalat memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan, bila ditinjau dari potensi bahan baku maupun industri pemakainya, namun hingga saat ini sektor ini belum dikembang 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 Thephthalate, Polymer, Industry, Reaction.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

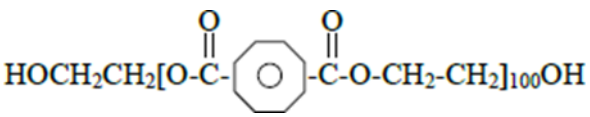
Indonesia pada saat ini sedang melakukan pembangunan dan mengembangkan di berbagai sector dan salah satunya itu adalah di sektor industri. Dengan banyak sekali kemajuan tersebut diharapkan bertambahnya kesejahteraan rakyat dan anggota industri tersebut. Dan pada saat ini sektor industri ini dikembangkan 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 seefisein mungkin.

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

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

Polyethylene Terepthlate (PET) ini sering dikenal juga dengan sebutan *polyester* yang dimana rumus truktur 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 indutri kimia untuk digunakan dalam serat sintesis, botol minuman (botol plastic yang transparan) seperti botol mineral, botol jus dan wadah makanan, aplikasi thermoforming.

Polyethylene Terephtalate (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 diuapayakan dengan memperhatikan segi teknis, *financial*, ekonom dan kapaita minimal. Lalu segi teknis, *Polyethylene Terephlate* (PET) memperhatikan peluang pasar, serta ketersediaan dan kontinyuitas 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 :

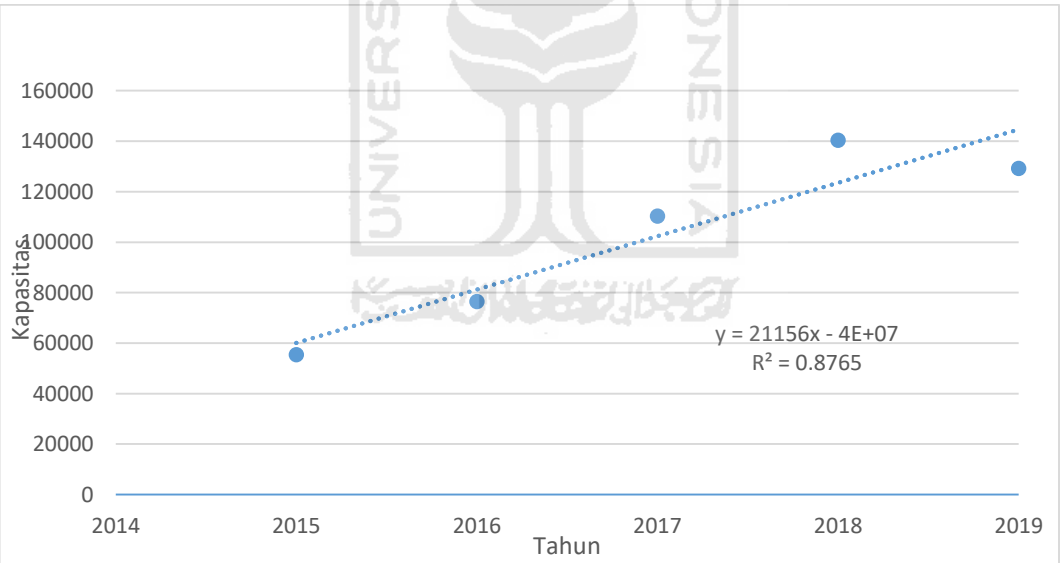
1. Perkiraan Kebutuhan *Polyethlene Terephlate* (PET) di Indonesia
   Berdasarkan data impor statistika tahun 2015-2019, kebutuhan *Polyethylene Terephlate* (PET) di Indonesia adalah

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

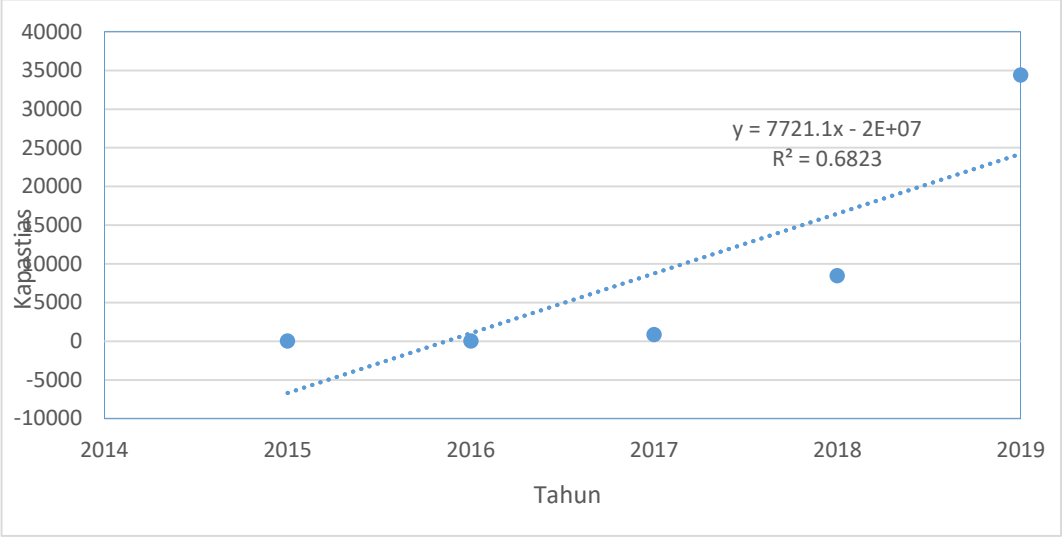
Sumber : Badan Pusat Statistik, 2015 – 2019

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 Synthectic	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 Konsumi 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 ton

Persamaan kapasitas dihitung dengan persamaan garis linear dengan cara :

Peluang = Demand – Supply

Dimana :

Peluang = Kapasitas yang ingin dicari

Demand = Jumlah dari kebutuhan lalu ditambah dengan ekspor

Supply = Jumlah dari produk dalam negeri ditambah dengan impor

Peluang = | 317433.1 – 836930 |

= 519.496 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 Terephalate* dapat bersaing dengan pasar yang sudah ada dan industri yang telah terlebih dahulu masuk ke dalam lingkup pasar *Polyethylene Terephalate*.

2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan Baku untuk membuat *Polyethylene Terephtalate* (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 Terephtalate*** **(PET)**

Ilmu dan teknologi tentang *polyeter* dimulai dengan adanya penelitian yang dilakukan oleh Krencle dan Carotherspada pada akhir tahun 1930. Penelitian ini tentang hal tersebut berdasarkan pada teknik alkil resin yaitu reaksi glycerol dengan *phtalic aic anhydride.*

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

Hasil penelitian ini mendasari pola piker lebih lanjut, adanya penemuan polyamide, nylon 66 pada tahun 1935. Sehingga adanya pendirian industry tekstil sintesis. Penemuan Carothes 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 *Ethtlene Glycol* (EG) dan *Dimethyl terephthalate* (DMT) yang menghasilkan *polyethylene terephthalate*

Lalu selanjutnya produksi *polyester* untuk serat sintesi menggunakan bahan baku *Terepthalate 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.

Penggunaanya 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.

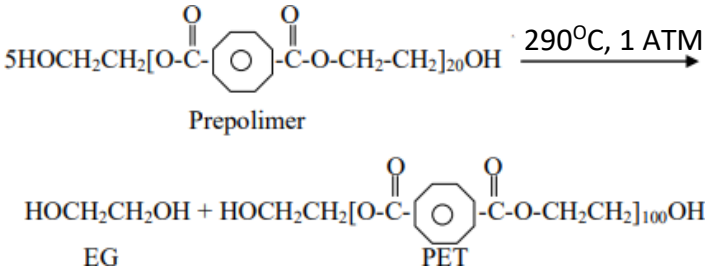
PET merupakan jenis 1, Tanda ini biasanya ditandai logo daur ulang dengan angka 1 di tengahnya serta tulisan PETE atau PET (*polyethylene terephthalate*) di bawah segitiga. Digunakan untuk botol plastic berwarna jernih/transparan dan dipakai hampir semua jenis botol minuman.

Bila terlalu sering dipakai, akan mengakibatkan lapisan polimer tersebut akan melelh 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 Transesterfikasi *DimethylTereftalat*



Tabel 1. 5 PET dari PTA dan EG

Parameter	**Proses 1**	**Proses 2**
Pressure	1 atm	1 atm
Temperature	250-290 ^{o}C	270-290^{o}C

Tabel 1. 6 PET dari Transesterfikasi DMT

Parameter	**Proses 1**	**Proses 2**
Konversi	0,99	0,95
Hasil samping	EG + H2O	metanol

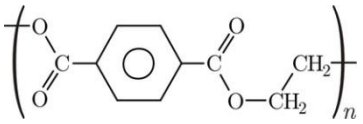
BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

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

a) Sifat-sifat Fisika :

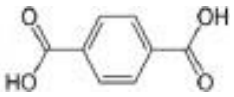
- Struktur kimia : 
- Rumus molekul : $C_{10}H_8O_4$
- Densitas : 1370 kg/m3
- Modulus Young : 2800-3100 Mpa
- *Tensile Strength* : 55-75 Mpa
- *Temperature glass* : 75^oC
- Diameter partikel : 3 mm
- Titik lebur : 260^oC
- Konduktivitas *thermal* : 0.24 W/(m.K)
- Panas *Specific* : 1.0 KJ/(Kg.K)
- Penyerapan air : 0.16
- Viskositas : 0.629 dl/g
- Kemurnian : 99%
- Derajat Polimerasasi : 100
- Jenis : PET *Crystalline*

b) Sifat-sifat kimia:

- *Polyethylene terepthlate* dihasilkan dari reaksi antar asam tereftalat dan Etilen glikol dengan menggunakan katalis Sb_2O_3
- *Polyethylene terephthalate* dihasilakn 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
- Diamater Partikel : 50 µm
- Densitas : 1,522 g/cm^3
- Titik lebur : 427 ^oC
- Titik didih : 402 ^oC
- Kelarutan dalam air : 1,7 g/ 100 mL (25^oC)
- Panas spesifik : 1202 J/(kg.K)

Sifat –sifat Kimia :

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

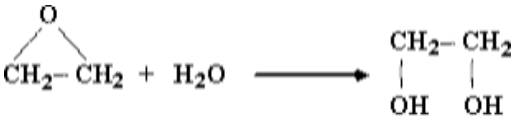
2. Etilen Glikol (Ullman's 1984)

a) Sifat-sifat Fisika :

- Struktur kimia :
- Rumus molekul : $C_2H_4(OH)_2$
- Berat molekul : $C_2H_4(OH)_2$
- Densitas : 1,1132 g/cm^3
- Titik didih : 197,3 ^oC
- Titik lebur : -12,9^oC
- Titik nyala : 111^oC (*closed cup)*
- Viskositas : 20,9 mPa.s (20^oC)
- *Index refractive* : 1,4318 $\eta^{20}D$
- 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

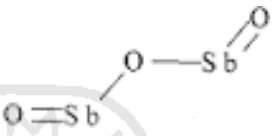


Etilen oksida Etilen glikol

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/cm^3
- Titik lebur : 656^{o}C
- Titik didih : 1425^{o}C
- Kelarutan dalam air : 1,4 mg/100 ml (30^{o}C)

b) Sifat-sifat kimia :

- Digunakan sebagai katalis pada reaksi pembentukan *Polyethylene terephthalate* dari asam tereftalat dan etilen glikol.
- AntimoniTrioksida dihasilkan dari reaksi oksidasi antimon 4Sb + 3O2 → 2Sb2O3
- Antimoni Trioksida bereaksi dengan asam klorida menghasilkan antimoni triklorida dan air

  Sb2O3 + 6HCl → 2SbCl3+ 3H2O
- Antimoni Trioksida bereaksi dengan asam bromida menghasilkan antimoni tribromida dan air

  Sb2O3 + 6HCl → 2SbCl3+ 3H2O

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) Pengawaan mutu bahan baku

   Pengawasan mutu bahan baku merupakan bagian pengawasan pada bahan dasar dan bahan tambaha dalam proses pembuatan PET untuk memantau atau monitoring kualiatas bahan baku tersebut datang daru 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

Terepthalate 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 ^{o}C ke suhu 195 ^{o}C. HE yang keluar dengan suhu 195 ^{o}C dialirkan lagi menuju reaktor esterifikasi (R-01) dengan menggunakan pompa.

Selanjutnya *Terepthalate acid* (PTA) dari (SL-01) dan katalis *antimony trioxide* (Sb_2O_3) yang diambil dari silo penyimpanan (SL-02) dicampurkan ke dalam reactor esterifikasi (R-01). Lalu saat masuk reaktor 1 (R-01) komponen direaksikan untuk menjadi BHET pada suhu 190 ^{o}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 ^{0}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 ^{o}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 ^{o}C.

Keluaran gas dari reaktor berupa Ethylen 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 110^{0}C. Setelah dari condense parsial dengan Ethylen 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 110^{O}C.

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 145^{O}C 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.

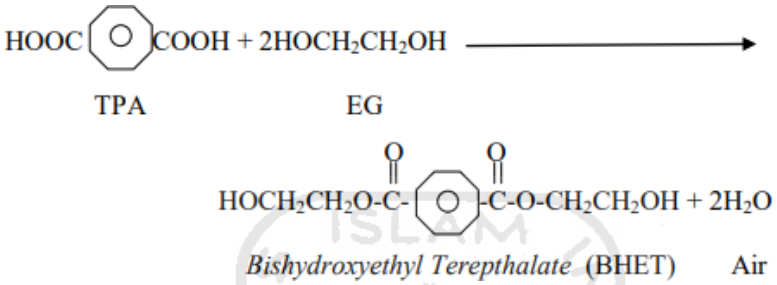
3.1.2 Reaksi Pembentukan BHET

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 *bishydroxyethly terephthalate* (BHET), air (H_2O) 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 ^{0}C dan tekanan 1 atm (M. Minarik and Z. Sir. 1975) .



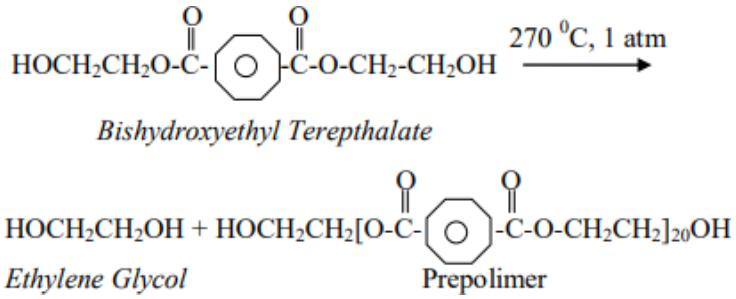
BHET (*bishydroxyethyl terepthalte)* yang terbentuk, PTA (*terephthalate acid)* yang tidak berekasi dan katalis dialirkan dari bagian bawah reaktor dan dialirkan ke reaktor polimerisasi dengan menggunakan pompa.

3.2 Proses Polimerisasi

Proses polimerisasi berlangusng dalam reaktor polimerisasi yang dilengkapi dengan pengaduk pada suhu 270 ^{o}C dan tekanan 1 atm dengan konversi *bishydroxyethly terephthalate* (BHET) sebesar 95%.

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

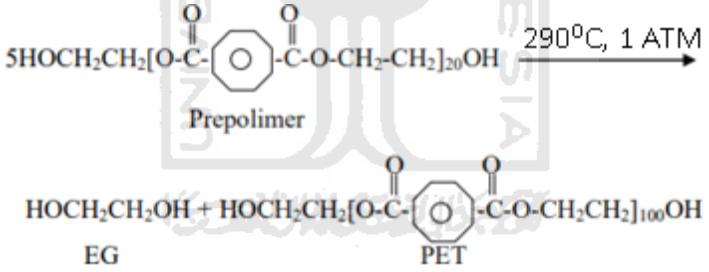
Dari reaksi polimerisasi ini PET dengan derajat polimerisasi 20 atau PET20 (Patent, US3496146A).



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 polimersasi yang semakin besar. Proses polikondensasi berlangsung dengan suhu 290 ^{o}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 *polyethyle terephthalate* (PET) yang dihasilkan polikondensasi dialirkan menggunakan pompa ke *cooler* (1) untuk menurunkan suhu 290 ^{o}C menjadi 110 ^{o}C. Cairan *cooler* di pompa dari 90 ^{o}C tersebut di dimasukkan ke dalam *centrifuge* untuk dipisahkan dari katalis Sb_2O_3 dan PTA sisa. Cairan kental *polyethylene terepthlate* 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 ^{o}C agar air di *ethylene glycol* bisa menguap dan setelah itu di umpankan menuju *evaporator* (EV-01) untuk menaikkan kemurnian *ethylene glycol*.

3.4 Spesifikai 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 ^{o}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 *shell*	: 3/16 in
Tebal *Head*	: 1/4 in
Jumlah	: 1 buah
Harga	: 9,863$
Jumlah	: 1buah

2. Silo Penyimpanan Katalis (Sb_2O_3) (SL-02)

Tugas	**:** Menyimpan bahan baku Antimony Trioksida sebanyak 2.342,523 kg/7hari
Kondisi penyimpanan	: Atmosferik, suhu perancangan 30 ^{0}C
Jenis	: Verf, Cone Roof
Ukuran	: Volume : 246.5303 m^3
	Tinggi : 13 m
	Diameter : 5,25 m
Bahan	: Carbon Steel
Tebal *shell*	: 3/16 in
Tebal *Head*	: 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 ^{0}C
Jenis	: Vert, Cone Roof
Ukuran	: Volume : 1.690, 821 m^3
	Tinggi : 24 m
	Diameter : 9.9 m
Bahan	: Carbon Steel
Tebal *shell*	: 3/16 in
Tebal *Head*	: 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 perancngan 30 ^{0}C
Jenis	: Vert, Cone Roof
Ukuran	: Volume : 3968,434 m^3
	Tinggi : 18,73 m
	Diameter : 12,87 m
Bahan	: *Stainless steel*
Tebal *shell*	: 3/16 in
Tebal *Head*	: 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 perancngan 30 ^{0}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	: *Stainless steel*
Tebal *shell*	: 2 in
Tebal *head*	: 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 *shell*	: 3/16 in
Tebal *Head*	: 3/16 in
Fase	: Padatan dan cair
Katalis	: Antimony Trioksida (Sb_2O_3)
Suhu Reaktor	: 195 ^oC
Tekanan	: 1 atm
Bahan	: *Stainless steel*
Harga	: 323,380$
Power	: 20 HP
Jumlah	: 1 buah

7. Reaktor Polikondensasi (R-02)

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

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 ^oC

Tekanan : 1 atm

Bahan : *Stainless steel*

Harga : 455,343

Power : 43.6 HP

Jumlah : 1buah

9. Centrifuge 1 (CF-01)

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

Jenis : *Knife discharge*

Suhu : 90 ^oC

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 ^oC
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 m^3/jam
Panjang	: 9,15 m
Diameter	: 0,61 m
Luas Transfer Panas	: 8,7591 m^2
Media Pendingin	: Air
Suhu Operasi	: Masuk : 60 ^oC
	Keluar : 30 ^oC
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 ^{o}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 ^{0}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 *shell* : 1/2 in

Tebal *Head* : 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 *Centrifugal*

Bahan : *Stainless steel*

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 *Centrifugal*

Bahan : *Stainless steel*

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 in^2

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 in^2

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 in^2

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 in^2

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 *Condensor* menuju separator
Jenis : Pompa *Centrifugal*
Bahan : *Stainless steel*
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 *Evaporator*
Jenis : Pompa *Centrifugal*
Bahan : *Stainless steel*
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 *Evaporator* menuju mix point
Jenis	: Pompa *Centrifugal*
Bahan	: *Stainless Steel*
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 *Mixer Tank*
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	: *screw conveyor* dengan *gate feeder*
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 masik ke reaktor esterifikasi (R-01) dari suhu 30 ^{o}C menjadi 60 ^{o}C dengan kebutuhan steam 339,712934 kg/jam
Beban panas	: 1.740.196,423 kj
Jenis	: *Double pipe heat exchanger*
Luas perpindahan panas	: 153,5536 ft^2
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 Pipe	: 3 in
Hairpin	: 11
Harga	: 49,868$
Jumlah	: 1 buah

31. Heat Exchanger (HE-02)

Tugas	: Menaikkan suhu larutan dari hasil keluaran *Centrifuge 1* (CF-01) menuju reaktor esterifikasi dari

60 ^{o}C menjadi 250 ^{o}C dengan kebutuhan steam 278.5041775 kg/jam

Beban panas : 289826.0408 kj/jam

Jenis : *Double pipe exchanger*

Luas perpindahan panas : 14,5554 ft^2

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 ^{o}C menjadi 270 ^{o}C dengan kebutuhan steam 596.6233 kg/jam

Beban panas : 620877,4985 kj

Jenis : *Double pipe exchanger*

Luas perpindahan panas : 88,5715 ft^2

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 ^{o}C menjadi 290 ^{o}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 ft^2

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	: *Centrifugal Blower*
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	: *Centrifugal Blower*
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 ^oC menjadi suhu 110 ^oC
Beban panas	: 4469740 kj/jam
Ukuran	: *Tube* : 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 :

- Lokai sumber bahan baku
- Besarnya kapasitas bahan baku dan berapa lama sumber itu dapat diandalakan 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 meruapakan 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 teresebut 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 sendri walaupun adanya beban tambahan. Namun keuntunganya sebagai daya tarik lebih bagi pekerja, untuk membantu penjagaan kesehatan fisik dan mental sehingga efisiensi kerja dapat dipertahankan.

4. Fasilitas finansial

   Perkembangn perusahaan dibantu oleh fasilitas finansial, dengan adanya pasarmodal, bursa, sumber-sumber modal, bang, 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, kemugnkinan 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 sebagaiya. 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 diketahuit. 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 invenstasi perumahan karyawan.

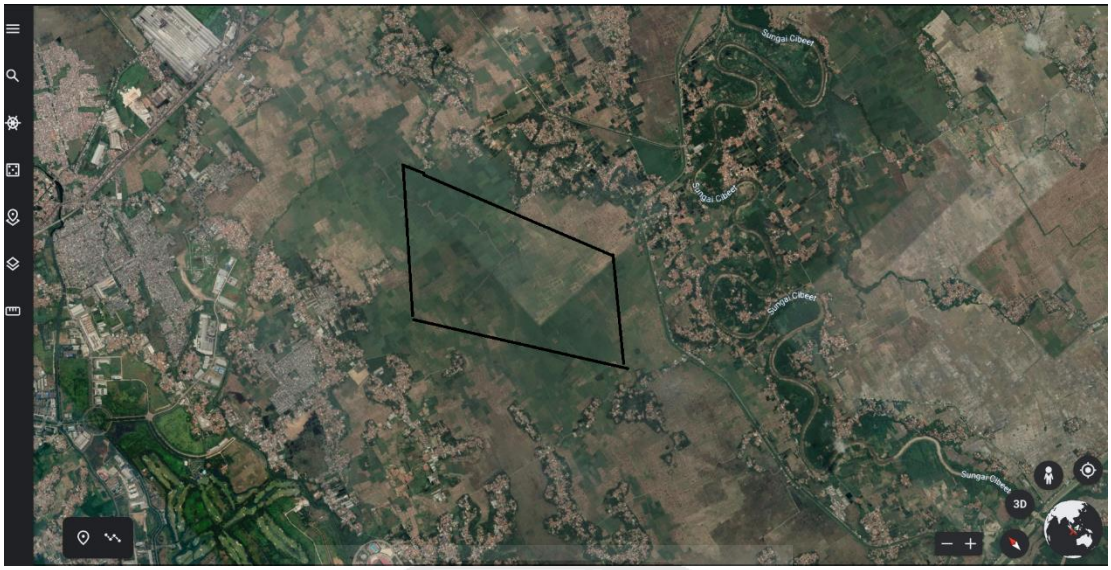
11. Daerah pinggiran kota

    Daerah pinggiran kota dapat menjadi lebih menarik untuk pembangunan pabrik. Tetapi akibatnya timbul efek desentralisasi industry. 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 dsitribusi yang minimal serta sosiologi dan budaya masyarakat yang ada disekitar lokasi pabrik (Timeerhause, 2004). Lalu faktor-faktor tersebut maka pabrik pembuatan PET ini akan direncakan berlokasi didaerah Karawang, Jawa Barat.



Gambar 4. 1 Daerah Lokasi Pabrik

Dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik adalah :

A. Bahan baku

Bahan baku akan direncakan 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. Tranportasi

Pembelian bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalan darat dan laut. Untuk lokasi dipilih dalam rencana pendirian pabrik merupakan kawasan indutri, 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 industry kimia berbasis PET mengakibatkan pemasaran tidak mengalami hambatan. Selain itu Karawang juga daerah industi sehingga produknya dapat dipasarkan kepada pabrik yang membutuhkan di sekitaran industry atau diekspor ke manca negara.

D. Kebutuhan air

Air yang akan dibutuhkan dalam proses diperoleh dari sungau 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. Walauapun 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

Perluasaan 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 menganggu 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 memasukka 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 perluasaan lokasi pada masa yang akan datang
c. Distribusi ekonomis pada pengadaaan 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.

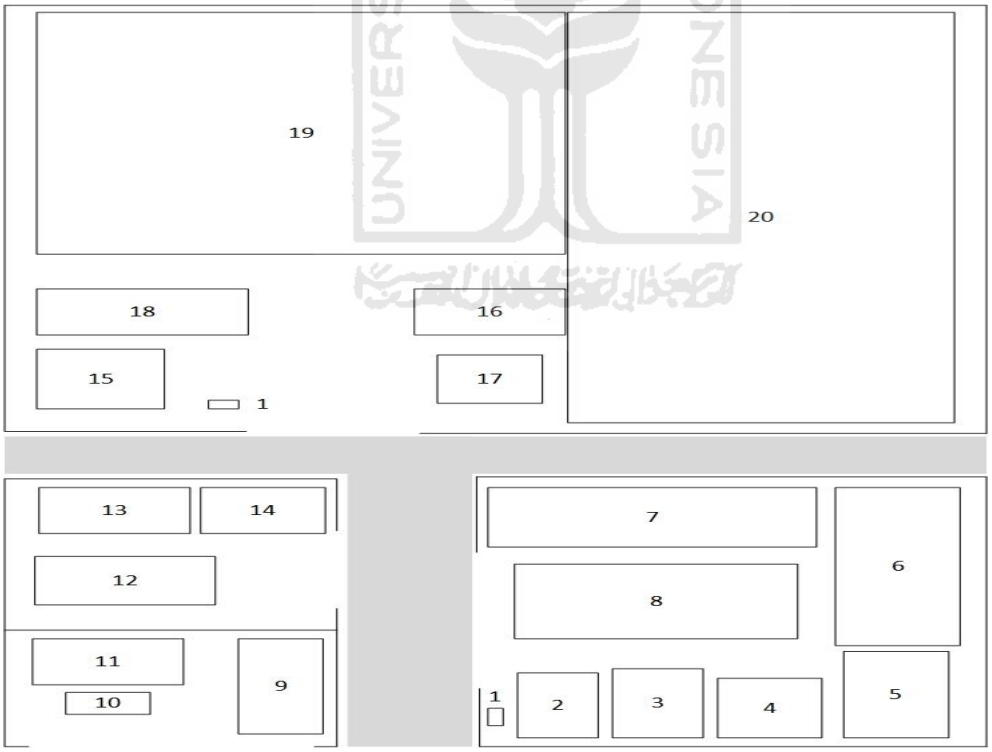
Perincian luas tanah yang digunakan sebagai tempat berdirinya pabrik diuraikan dalam Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Perincian luas tanah

Lokasi	**Panjang, m**	**Lebar, m**	**Luas, m^2**
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

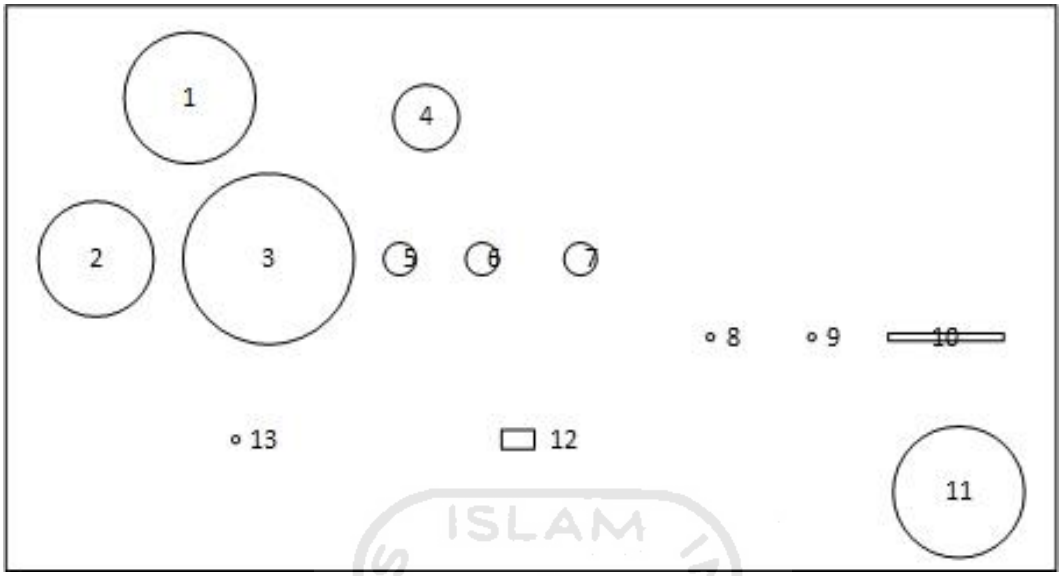
   Dalam perancangan *lay out* peralatan, perlu diperhatikan agar mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah karena saat terjadi ganggungan alat proses dapat segera diperbaiki, Namun untuk keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

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

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_20	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_20	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_20	88,806	8,670	97,476
Total	25850,583		25850,583

4.3.1.2.3 Necara Massa Reaktor 1

Tabel 4. 4 Neraca Massa Reaktor 1

Komponen	Input (Kg/jam)			Output (Kg/jam)	
	3	4	11	5	6
EG PTA	17760,767 7992,345	754,409	133,628	888,038	11790,582
Antimony Trioksida		754,409	2342,523	2342,523	
H_20	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 Cenrifuge 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_20	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_20	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_20	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_2O	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_2O	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_2O	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 Reakor 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

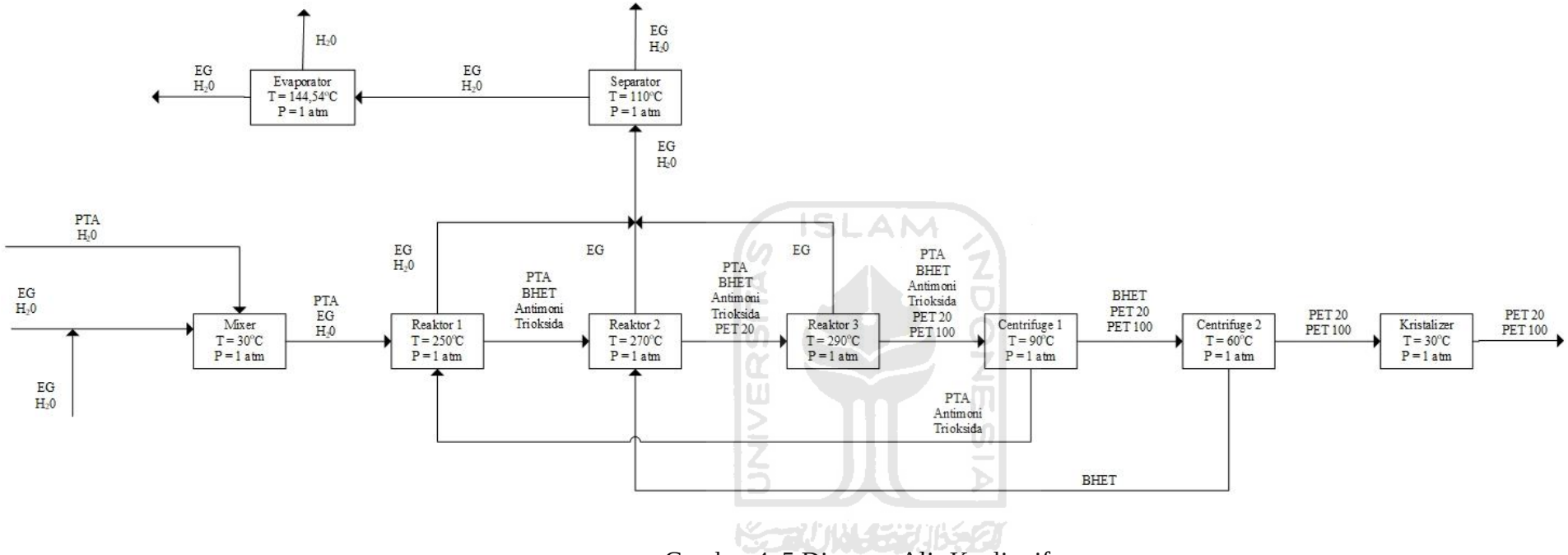
Panas	INPUT (Kj/jam)	OUTPUT (Kj/jam)
ΔH_1	14.539.678	
ΔH_2		15.625.776,110
$Q_{pemanasan}$	1.086.097,274	
Total	15.625.776,110	15.625.776,110

4.4.2.13 Neraca Panas Cooler

Tabel 4. 25 Neraca Panas Cooler

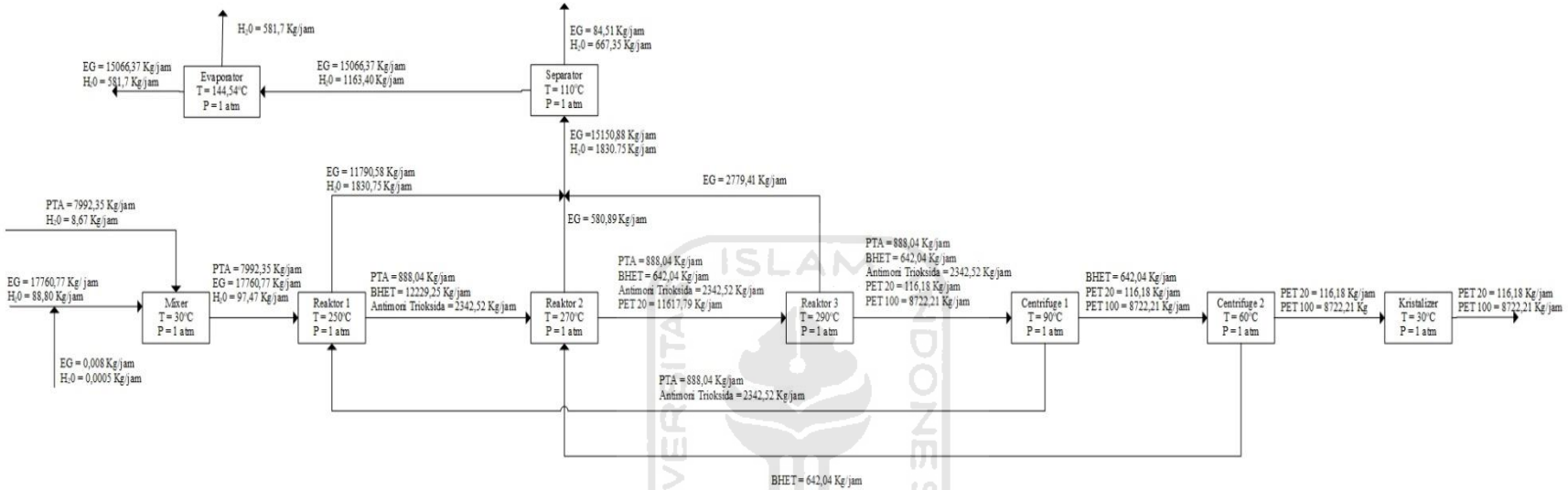
Panas	INPUT (Kj/jam)	OUTPUT (Kj/jam)
ΔH_1	5.145.011,042	
ΔH_2		675.270,606
$Q_{pendingin}$		4.469.740,435
Total	5.145.011,042	5.145.011,042

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 menunjuang 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 ^{o}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 laboraturium 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

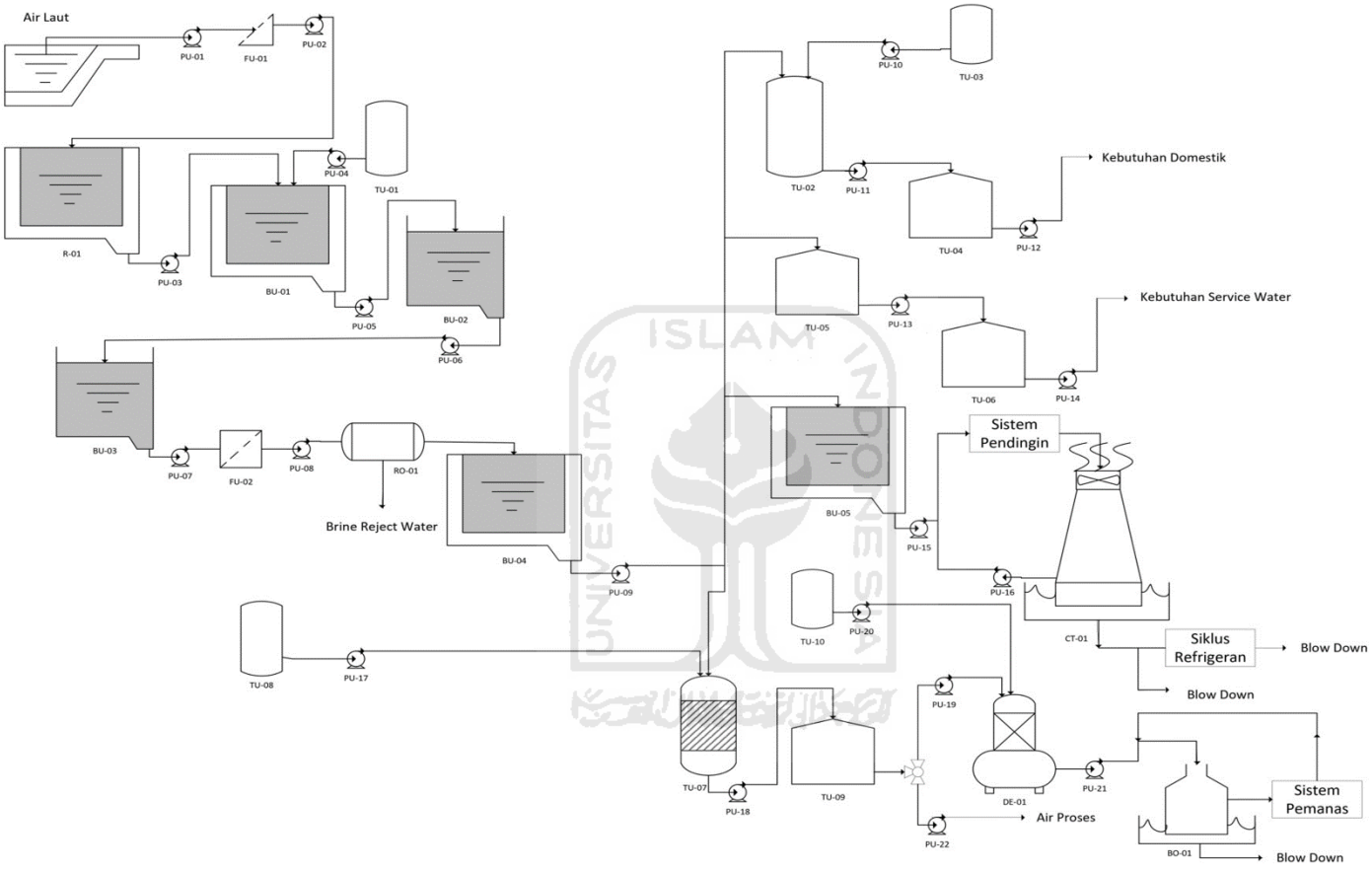
Air pemadam kebakaran harus ada keberadaannya di setiap pabrik. Jika suatu waktu terjadi kebakaran pada pabrik, dapat diatasi dengan mudah

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 digunaka. Pengolahan dapat meliputi secara fisika dan kimia.

Tahapan-tahapan pengolahn 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 N_2H_4
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 ($Al_2(SO_4)_3$) dan Na_2CO_3. Dan reaksi yang terjadi dalam bak penggumpal yaitu :

$$Al2(SO4)3 + 3Ca(HCO3)2 \longrightarrow 2Al(OH)3 + 3CaSO4 + 6CO2 \quad ..(4.1)$$

$$CaSO4 + Na2CO3 \longrightarrow Na2SO4 + CaCO3 \quad ..(4.2)$$

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 proes.

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 dikonumsi.

   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 :

   $$Cl2 + H2O \longrightarrow H+ + Cl- + HOCl \quad \ldots(4.3)$$

   Asam hipoklorid pecah sesuai reaksi berikut :

   $$HOCl + H2O \longrightarrow OCl - + H+ \quad \ldots(4.4)$$

   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 utuk 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 *kaiton 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 :

$$2HR + \begin{Bmatrix} Ca \\ Mg \\ Na_2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} (HCO_3)_2 \\ SO_4 \\ Cl_2 \end{Bmatrix} \rightarrow \begin{Bmatrix} Ca \\ Mg \\ Na_2 \end{Bmatrix} R_2 + \begin{Bmatrix} 2H_2O + 2CO_2 \\ H_2SO_4 \\ 2HCl \end{Bmatrix}$$

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

Reaksi :

$$\begin{Bmatrix} Ca \\ Mg \\ Na_2 \end{Bmatrix} R_2 + H_2SO_4 \rightarrow 2HR + \begin{Bmatrix} Ca \\ Mg \\ Na_2 \end{Bmatrix} SO_4$$

Air yang keluar dari tangka kation exchanger (TU-03) kemudian diumpankan ke tangka anion exchanger. Tangki ini berfungsi untuk mengikat ion-ion negative yang terlarut dalam air dengan resin yang bersifat basa, sehingga anioin-anion seperti CO32-, Cl-, dan SO42- akan terikat dengan resin.

Reaksi :

H2SO4 + 2R4NO ⟶ (R4N)2SO4 + 2H2 . .(4.7)

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

Reaksi :

(R4N)2SO4 + NaOH⟶2R4NOH + Na2SO4 . .(4.8)

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, teruta,a yang dapat menimnilkan korosi. Unit *daerator* berfungsi menghilangkan gas O_2 dan CO_2 yang dapat menimbulkan korosi. Di dalam daerator diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N_2H_2) yang berfungsi mengikat oksigen berdasarkan reaksi :

$$2\ N2H2 + O2 \longleftrightarrow 2\ N2 + 2\ H2O \quad ..(4.9)$$

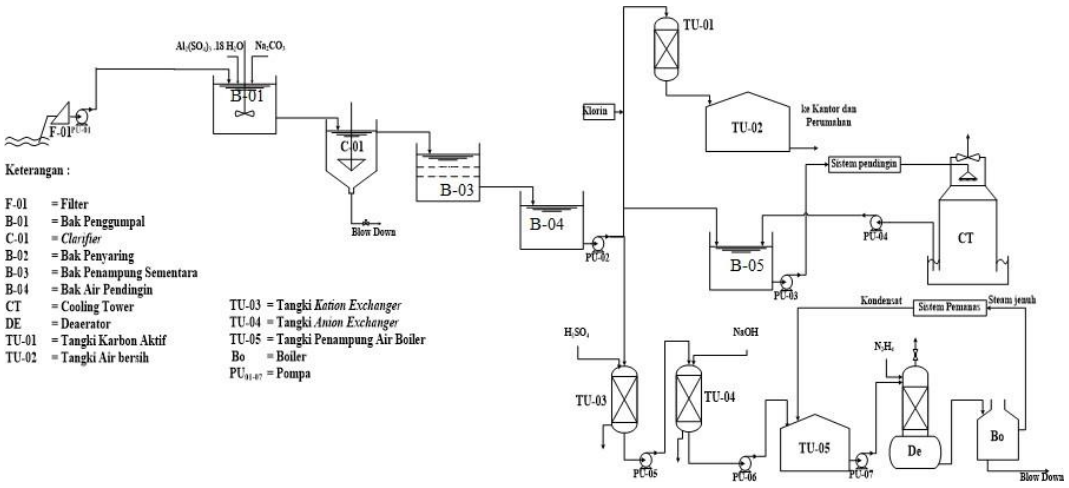
Sehingga dapat mencegah terjadinya korosi pada tube *boiler.* Air yang keluar dari daerator dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

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 mengggunakan air sumur, air sungai, air danau auun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancanga pabrik Polietilen Tereftalat ini, sumber air yang digunaan berasal dari air sungai Cibeet. Adapun penggunaan air sungai sebgai 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 kekuranga 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 O_2, , 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^{o}C dan T out = 45^{o}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* (Wm)

Wc = 90.634,21 kg/jam

Make up water

Wm = We + Wd + Wb (Perry's, Persamaan 12-9)

Dimana :

Wm = *Make up water*

Wd = *Drift loss*

Wb = *Blow down*

Menghitung jumlah air yang menguap (We)

We = 0,00085 * Wc * (Tin-Tout)

= 1.155,7 kg/jam

Menghitung *Blow Down* (Wb)

Wb = We/(siklus-1)

= 1.137,572

Sehingga, jumlah air *Make up* (Wm)

Wm = 2.311,4 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 diperkiarakan 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 berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

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

1. *Over head* 1 x 1 tahun

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

2. *Repairing*

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

Faktor-faktor yang mempengaruhi maintenance

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 Terbata (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 lias suatu PT. Dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat sehingga dengan modal ini PT. Dapat memperluas usahanya.

4.6.2 Struktur Organisasi

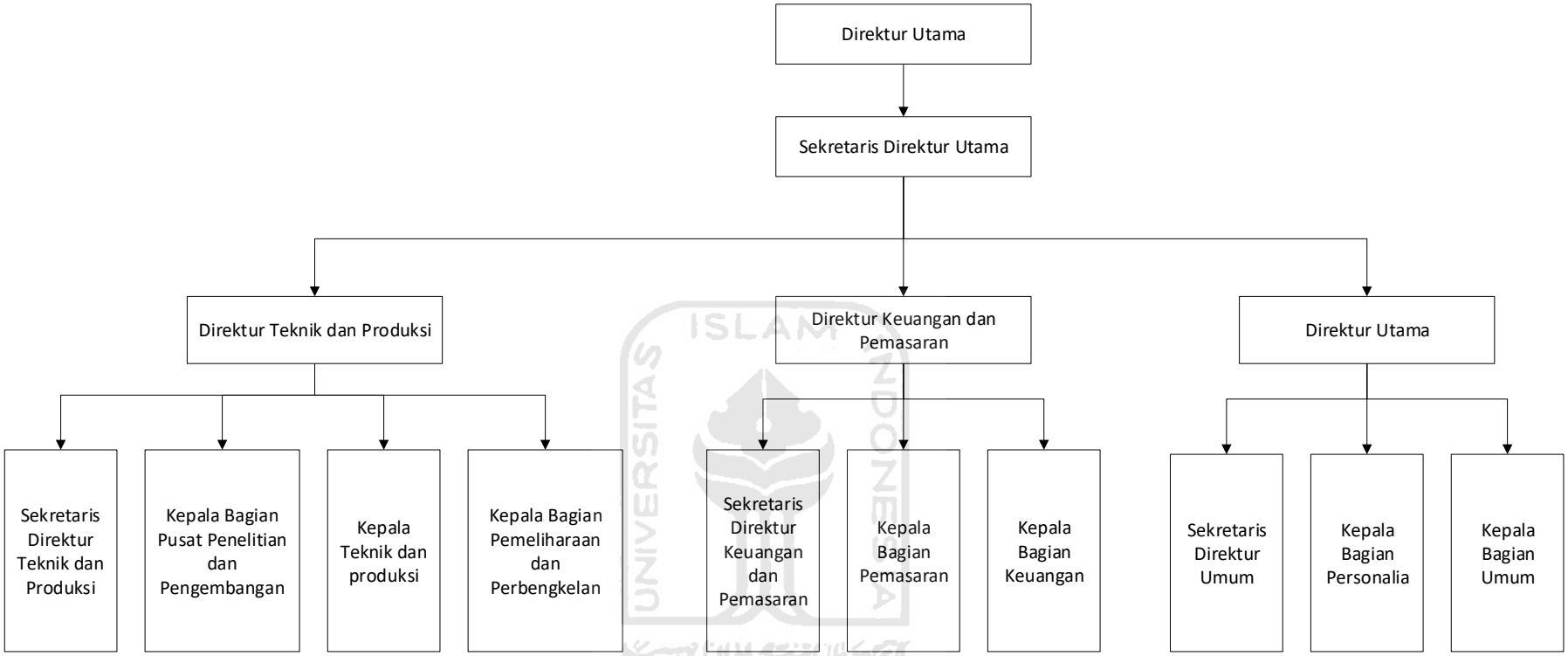
Dalam rangka menjalankan suatu proses pabrik dengan baik, diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan.

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 penyimpangan 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. Mengawai 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, berwewenang :
     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, berwewenang :
     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 perusaahan.

6. Kepala bagian

Kepala Bagian adalah seseorang yang memimpin setiap departemen yang dibawahi 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 melakanakan 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
Cleaning Service	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 mancari 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) (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 Perhtiungan 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 berkatitan langung 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

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

2. *Pay Out Time* (POT)

   Pay Out Time adalah :

   a. 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.
   b. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk pengembalian modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan.
   c. Waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

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

3. *Break Even Point* (BEP)

   Break Even Point (BEP) adalah :

   a. Titik impas produksi (sutau kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian).
   b. 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.
   c. 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.

$$BEP = \frac{(Fa\ +\ 0{,}3Ra)}{(Sa\ -\ Va\ -\ 0{,}7Ra)}\ x100\%$$

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 :

a. 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),
b. 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.
c. Level produksi di mana biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost.*
d. Merupakan titik produksi dimana pabrik mengalami kebangkrutan sehingga pabrik harus berhenti atau tutup.

$$SDP = \frac{0{,}3Ra}{(Sa - Va - 0{,}7Ra)}\ x100\%$$

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. *Dicounted Csh Flow Rate of Return* (DCFR)

Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) adalah :

a. 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.
b. 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.

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

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	**Tipe of Capital Investment**	**Biaya (Rp)**	**Biaya ($)**
1	Engineering and Construstion	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	Tipe 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	Tipe of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Payroll Overhead*	Rp 5,102,100,000	$ 345,670.732
2	*Laboratory*	Rp 3,401,400,000	$ 230,447.154
3	*Plant Overhead*	Rp 17,007,000,000	$ 1,152,235.772
4	*Packaging and Shipping*	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	Tipe of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Depreciation*	Rp 48,026,329,269	$ 3,253,816.346
2	*Property taxes*	Rp 9,605,265,854	$ 650,763.269
3	*Insurance*	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	Tipe of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Direct Manufacturing Cost* (DMC)	Rp 1,078,119,569,870	$ 73,043,331.292
2	*Indirect Manufacturing Cost (*IMC)	Rp 128,831,199,551	$ 8,728,401.054
3	*Fixed Manufacturing Cost* (FMC)	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	Tipe of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Raw Material Inventory*	$ 18,387,859,560.541	$ 1,245,789.943
2	*Inproses Onventory*	$ 1,923,310,602.230	$ 130,305.596
3	*Product Inventory*	$ 26,926,348,431.221	$ 1,824,278.349
4	*Extended Credit*	$ 43,833,024,052.064	$ 2,969,717.077
5	*Available Cash*	$ 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	Tipe of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Administration*	Rp 50,775,399,899	$ 3,440,067.744
2	*Sales Expense*	Rp 279,264,699,444	$ 18,920,372.591
3	*Research*	Rp 101,550,799,798	$ 6,880,135.488
4	*Finance*	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	Tipe of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	*Manufacturing Cost* (MC)	Rp 1,269,384,997,471.830	$ 86,001,693.596
2	*General Expenses(GE)*	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	Tipe of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	Depresiasi	Rp 48,026,329,269	$ 3,253,816
2	Proerty Taxes	Rp 9,605,265,854	$ 650,763
3	Asuransi	Rp 4,802,632,927	$ 325,382
Total Fa		**Rp62,434,228,050**	**$ 4,229,961**

Tabel 4. 43 Variable Cost (Va)

No	Tipe of Expenses	Biaya (Rp)	Biaya ($)
1	Raw Material	Rp 866,856,236,425	$ 58,730,097.319
2	Packaging and Shipping	Rp 103,320,699,551	$ 7,000,047.395
3	Utilities	Rp 46,734,422,430	$ 3,166,288.783
4	Royalty & Patent	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	Tipe 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)

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

ROI sebelum pajak = 70,37%

ROI setelah pajak = 52,38%

2. *Pay Out Time* (POT)

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

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 (*salesl*) = 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.

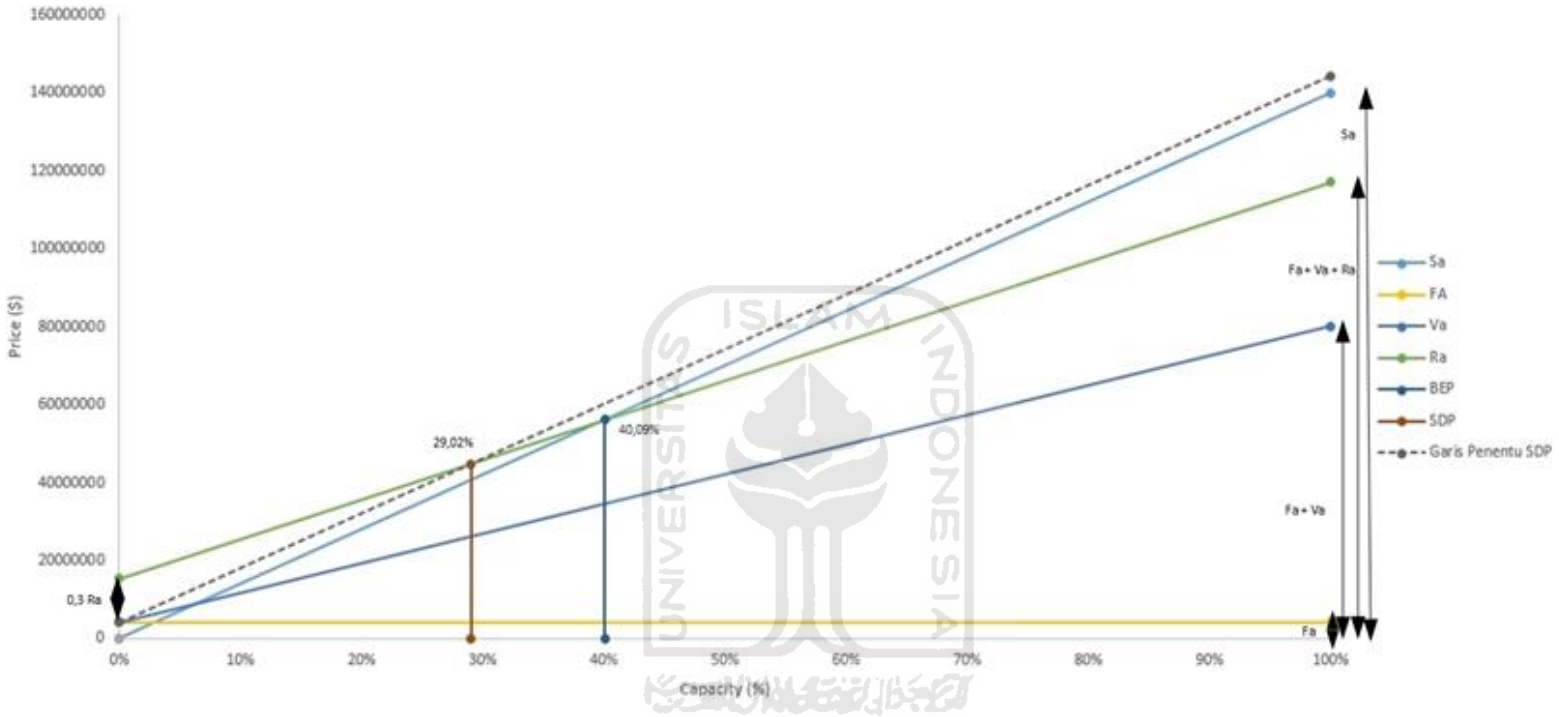
Tabel 4.4 1 Tabel resiko ekonomi

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**	**Keputusan Menteri Kesehatan Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri** dan **Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor Per.13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja** menetapkan Baku Mutu Emisi atau Nilai Ambang Batas (NAB) untuk: Etilen Glikol = 5 mg/m3 Asam Tereftalat = 10 mg/m3 Politetilen Tereftalat =10mg/m3 Emisi yang dihasilkan oleh Rancangan Pabrik Asetanilida: Etilen Glikol = 2,1 mg/m3 Asam Tereftalat = 4,2 mg/m3 Debu Polietilen Tereftalat = 0,084 mg/m3 Sehingga Memenuhi standar baku mutu emisi yang ditentukan pemerintah	√	
		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	√	
5	**Keberadaan pabrik**	Pabrik Polietielen Tereftalat sudah ada didirikan di Indonesia, beberapa diantaranya yaitu: 1. PT. Mitsubishi Chemical Indonesia 2. PT. Polipet Karya Indonesia	√	

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 depoito 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.

Geankapolis, 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.

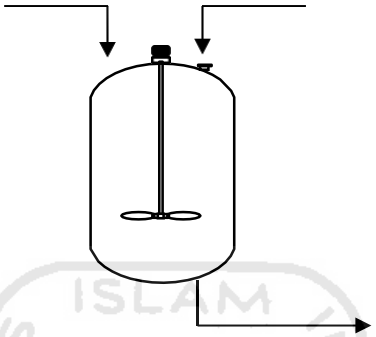
Ullrich, G.D., "A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics", John Wiley & Sons, New York,1984.

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 : *Stainless Steel SA 204 Grade B*

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi pembentukan *Bis Hidroksiethyl terephthalate* dan hasil sampingnya

Kondisi operasi : Temperatur = 195^{o}C

Tekanan = 1 atm

= 14,7 psia

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

a. Neraca Massa

Reaksi : PTA + 2EG → BHET + 2H2O

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_20	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_2O	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_2O	97,47				1830,749
BHET				29081,256	
Total	29081,145			29081,145	

2. MENGHITUNG DENSITAS DAN KECEPATAN LAJU ALIR VOLUMETRIC PADA 250^{O}C

- **Menghitung Viskositas produk pada suhu operasi**

$$\text{Log } \mu = A + B/T + CT + DT2$$

T = 195 C = 468 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
H2O	-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**

  Density = A. B –(1-T/Tc) ^ n

  T = 195C = 468 K

Komponen	A	B	n	Tc	ρ kg/m3	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
H2O	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)**

  $Fv = \frac{\text{Massa,kg/jam}}{\text{Densitas,kg/m3}}$ = 25,051 = 25015,2807 l/jam

- **Menghitung Konentrasi Umpan**

  Ca0 dihitung berdasarkan kelarutan PTA dalam EG pada suhu operasi dengan persamaan kelarutan

  Kelarutan PTA dalam Etilen Glikol:

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

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

Konsentrasi EG (CB0)	=	286,464	kmol/jam	286.464	gmol/jam
		25,051	m^3/jam	25015,2807	l/jam
		= 11,43522	kmol/m^3	11.435,232	gmol/l

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

3. Menghitung Harga K

T = 195ºC = 468 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:

$$-rA = k.C_A.C_{B^2} \qquad C_B = C_{B0} - 2\,X_A.C_{A0}$$

$$-rA = -\frac{dC_A}{dt} = k.C_A.C_{B^2} \qquad C_B = C_{A0}.\left(\frac{C_{Bo}}{C_{A0}} - 2\,X_A\right)$$

$$C_A = C_{A0}.(1 - X_A) \qquad C_B = C_{A0}.(m - 2\,X_A)$$

$$dC_A = -C_{A0}.dX_A$$

Dengan k = konstanta kecepatan reaki, sehingga :

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_{A0}.(1 - X_A).C_{A0}{}^2.(m - 2\,X_A) \qquad kdt = \frac{dX_A}{C_{A0}{}^2.(1 - X_A).(m - 2\,X_A)^2}$$

$$C_{A0}\frac{dX_A}{dt} = kC_{A0}{}^3.(1 - X_A).(m - 2\,X_A)^2$$

$$\frac{dX_A}{dt} = kC_{A0}{}^2.(1 - X_A).(m - 2\,X_A)^2 \qquad \int_{t0}^{t1} kdt = \frac{1}{C_{A0}{}^2}\int_{X0}^{X}\left(\frac{dX_A}{(1 - X_A).(m - 2\,X_A)^2}\right)$$

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

$$k = \frac{1}{t_1 \, C_{A0}{}^2} \int_{X0}^{X} \left(\frac{A}{(1 - X_A)} + \frac{B}{(m - 2\,X_A)} + \frac{C}{(m - 2\,X_A)^2} \right)$$

$$k = \frac{1}{t \, C_{A0}{}^2} \left(A \int_{X0}^{X} \frac{dX_A}{(1 - X_A)} + B \int_{X0}^{X} \frac{dX_A}{(m - 2\,X_A)} + C \int_{X0}^{X} \frac{dX_A}{(m - 2\,X_A)^2} \right)$$

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

4. Menentukan optimasi jumlah reaktor

1. Jumlah Reaktor 1

   X_1 = 0,9

   K = 3,18 m^3/kmol.jam

   Fv = 0,0250 m^3/jam

   Ca0 = 1,921 kmol/m^3

   Persaaman umun = $$V = \frac{F_V . X_A}{k C_{A0}{}^2 . (1 - X_A) . (m - 2\,X_A)^2}$$

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

   X_1 = 0,9

   X_0 = 0

2. Jumlah Reaktor 2

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

   X_2 = 0.9

   X_1 = 0.6

   X_0 = 0

Waktu tinggal reaktor 1

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

= 8,5 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*

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

D = 0,7244 m

= 2,376 ft

= 28,519 in

Sehingga, Hs = 28,519 in

= 0,7244 m

Mencari tebal shell

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

(Eq. 13.1 Brownell, hal. 254)

Dimana :

ts = tebal shell (in)

P = tekanan desain (psia)

ri = 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

Ph (tekanan hidrostatik) = ρ . g . ZL ρ = 1032.2101 kg/m3

g = 9,8 m/s2

sehingga : Ph = 8766,602 Pa

= 1,271 psi

P desain = 1,2 . (P operasi + Ph)

= 18,83 psia

Jari-jari dalam tangki (ri) = Di/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 in

= 0.0012 m

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

6. Menghitung Diameter Standar

OD = ID + 2.ts

= 101,6250 in

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

ID terstandar = OD – 2.ts ID = 102 – (2 . 1/4)

= 100.5000 in

= 3,425 m

7. Menghitung tebal head (th)

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

(Eq.13.13 Brownell hal. 258)

Rc = OD/2 = 102/2 = 51 in

t_h = 0,0781 in

= 0,0019 m

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

8. Mencari tinggi penutup dan alas

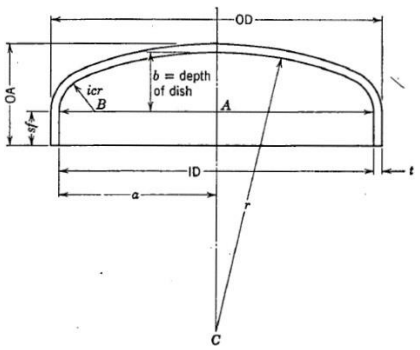


Fig. 5.8 Brownell halaman 87

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 ½ in

Sehingga didapatkan tinggi penutup atas dan bawah :

OA = t + b + sf

OA = 0,5 m

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

Sehingga didapatkan tinggi total reaktor :

= 3,4256 m

9. Perancangan Pengaduk

Komponen	Fw (Kg/jam)	ρ (kg/l)	Xi%	µi(cp)	ln µi	Xi.ln µi	Xi.ρ	µ 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_2O	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

$$ln\ \mu = \sum Xi\ ln\ \mu i$$

= -1,062

µ = 0,2934 cp

= 0.000197 lb/ft.s

ρ = 1.036 kg/liter

= 64.6781 lb/ft^3

= 1036.044 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

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

Dimana :

ZL = tinggi cairan dalam silinder = 0,6036 m

SpGr = *specific gravity* = 1,3312

ID = *inside diameter* = 2,5812

Sehingga didapatkan jumlah pengaduk :

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

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

Dimensi pengaduk

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

Di = *diameter of impeller*

Dt = *diameter of tank*

n = *revolutions per second*

w = *width of baffle*

Zi = *elevation of impeller above tank bottom*

Zt = *height of liquid in tank*

Zr = tinggi reaktor = 3,426 m

ZL = tinggi cairan dalam silinder =0,6036 m

Diketahui :

Dt = 2,815 m

Dt/Di = 3 → Di = 0,8604 m

= 2,822 ft

W/Di = 0.17 → W = 0.1462 m

= 0.4798 ft

Zt/Di = 2.3 → Zt = 2.323 m

= 7,621 ft

Zi/Di = 0.64 → Zi = 0.6453 m

= 2.1171 ft

11. Menghitung kecepatan pengaduk dalam reaktor

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

Eq. 8.8 HF Rase,halaman 345

Dimana :

WELH = water equipment quid height

Di = diameter pengaduk (ft)

N = kecepatan pengaduk (rpm)

H = tinggi pengaduk (ft)

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

= 0,8036 m

= 2,6366 ft

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

= 46,2154 rpm

= 0,77 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 = 1.152,7838ft.lbf/s

= 16,468 Hp

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

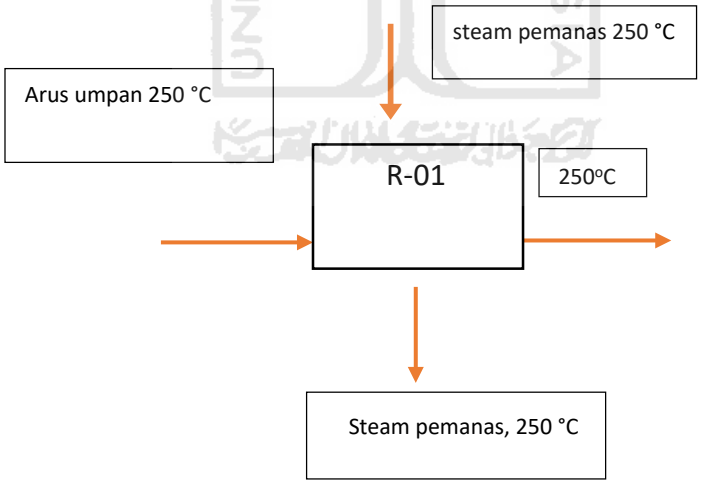
Sehingga power motor :

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

= 18,92 Hp

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

Asumsi : reaksi beralngsung isothermal pada suhu 250^{o}C



Panas masuk reaktor (QinR-01) = Panas keluar heater anilin + Panas kelar heater asam asetat

Panas keluar pemanas EG = 2.654.145,369 kJ/jam

Panas keluar pemanas asam tereftalat = 838.701,119 kJ/jam

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

Panas keluar pemanas H_2O = .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 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_2O	-241,83	-23.286,6134
Delta HR		-75569,0713

$$\Delta H_f^o = \left(\Delta H_f^o\ BHET + Air\right) - (\ \Delta_f^o PTA + Etilen\ Glikol)$$

= -2504,59 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

$$\int_{Treff}^{T} Cp\ dT = A(T - Treff) + \frac{B}{2}(T^2 - Treff^2) + \frac{C}{3}(T^3 - Treff^3) + \frac{D}{4}(T^4 - Treff^4)$$

Treff = 25^{o}C

Tin = 250^{o}C

Tout = 250^{0}C

14. Mencari Panas Keluar Panas

- Arus 5

Komponen	n (kmol/jam)	∫Cp(kJ/kmol.K)	Q5
Etilen Glikol	190,1707	76.352,6497	14.520.036,85
H_2O	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)	∫Cp(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 x 0,90

= 48,1466 kmol/jam

Sehingga, panas reaksi :

= 53,4963 kmol/jam x (-2504,59 kJ/kmol)

= -133.986,298 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 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_2O	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 kg/jam

17. Perancangan Jaket Pendingin

Medium pemanas

Dipilih : air suhu 30^{o}C dan tekanan 1 atm

Tc1 = suhu masuk jaket pendingi = 30^{o}C

Tc2 = suhu keluar jaket pendingin = 60^{o}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 ^{o}F

Nilai U_D adalah antara : 50-125 Btu/jam.ft^2.F (Tabel 8,Kern, halaman 840)

Diambil nilai U_D : 125 Btu/jam.ft^2.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) :

$$A = \frac{Q}{U_D \, . LMTD}$$

= 273,8875 ft^2

Luas transfer panas tersedia (a) :

$$a = \pi \, . D \, . Hs$$

= 17,75246 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 m^3/jam

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

Diketahui : Diameter dalam = 120 in

Tebal dinding = 1/4 in

D1 = 102 + (2 x 3/16)

= 102,375 in

= 2,600325 M

Tinggi jaket pendingin = tinggin shell

Tinggi jaket = 0,7244 m

Asumsi,jarak jaket = 5 in

Diameter luar jaket (D2) = D1 + (2 x jarak jaket)

D2 = 102,375 + (2 x 5)

= 112,375 in

= 2,8543 m

Luas penampang yang dilalui air pemanas (A)

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

= 1.687,3214 in^2

= 2,8543 m^2

Kecepatan air pemana (v)

v = (volume air pemanas / A)

v = (6,0321 m^3/jam) / (1,0885 m^2)

= 5,5412 m/jam

18. Mencari tebal dinding jaket

Diketahui :

H jaket = 28,5199 in

= 0,7244 m

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

Diketahui :

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

$P_{hidrostatis}$ = 9,2850 psia

Sehingga tekanan desain :

$$P_{desain} = P_{operasi} + P_{hidrostatis}$$

= 3.684,285 psia

Dipilih bahan *Stainless steel SA-204 Grade B*

Allowable stress (f) = 17500 psi

Welded joint (E) = 85%

Corrosion allowance (c) = 0.002 in/tahun

Umur alat (n) = 10 tahun

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

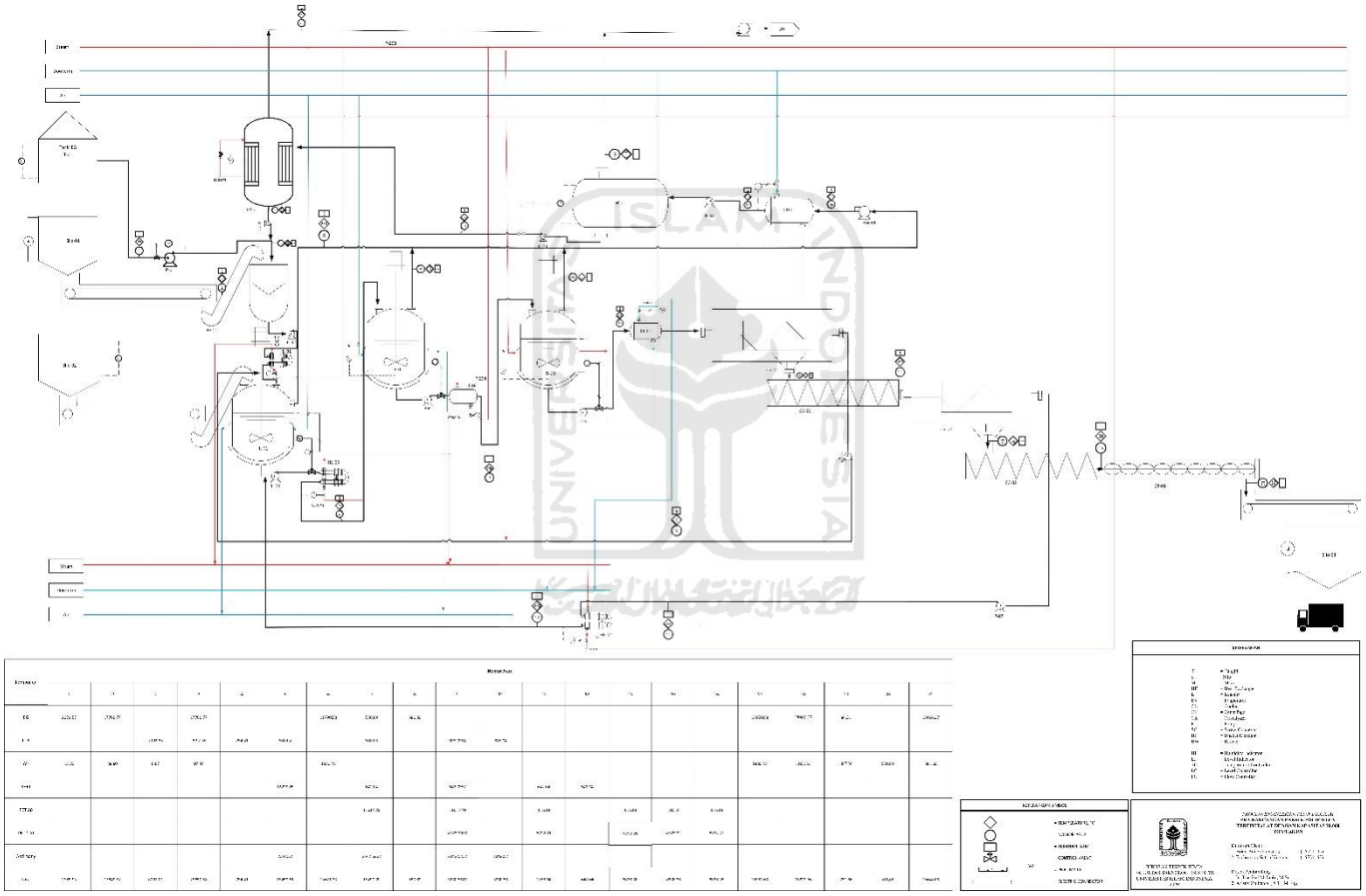
= 0,02 in

= 0,00058 m

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

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINNERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK POLIETILEN TEREPHTALAT
KAPASITAS 70.000 TON/TAHUN



LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Brian Adi Febrananda
No. Mahasiswa 1 : 16521145
Nama Mahasiswa 2 : Fachrotozy Satria Nugraha
No. Mahasiswa 2 : 16521163
Judul Pra rancangan Pabrik : Pra-rancangan Pabrik Polietilen Tereftalat kapasitas 20.000 ton/tahun

Mulai Masa Bimbingan : 17 April 2020
Selesai Masa Bimbingan : 29 Oktober 2020

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	5 mei 2020	Perkenalan dengan Dospem 2	✓
2	12 mei 2020	konsultasi judul Pra-rancangan Dospem	✓
3	19 mei 2020	Konsultasi bahan baku, produk, utilitas	✓
4	12 juni 2020	Konsultasi impor-ekspor polietilen	✓
5	22 juni 2020	Konsultasi neraca massa	✓
6	25 juli 2020	Konsultasi neraca panas	✓
7	15 Agustus 2020	Konsultasi alat proses	✓
8	29 September 2020	Konsultasi Utilitas	✓
9	29 September 2020	Konsultasi ekonomi	✓
10	6 Oktober 2020	Konsultasi naskah	✓
11	13 Oktober 2020	Konsultasi PEFD	✓
12	20 Oktober 2020	Pengerjakan naskah, PEFD + Revisi	✓

Disetujui Draft Penulisan :
Yogyakarta, 29 Oktober 2020
Pembimbing,

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

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

Dipindai dengan CamScanner

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Brian Adi Fetrananda
No. Mahasiswa 1 : 16521195
Nama Mahasiswa 2 : Fachrorazy Satria Nugraha
No. Mahasiswa 2 : 16521163
Judul Pra rancangan Pabrik : Pra - rancangan Pabrik Polietilen - Tereftalat kapasitas 90.000 ton/tahun

Mulai Masa Bimbingan : 29 April 2020
Selesai Masa Bimbingan : 29 Oktober 2020

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	7 mei 2020	Perkenalan dengan Dosfem,	
2.	12 mei 2020	Konsultasi judul pra-rancangan Dosfem	
3.	24 mei 2020	Konsultasi bahan baku, produk, katalis	
4.	10 juni 2020	Konsultasi ekspor - impor polimer tereftalat	
5.	18 Agustus 2020	Konsultasi alat proses	
6.	17 September 2020	Konsultasi utilitas	
7.	28 September 2020	Konsultasi ekonomi.	
8.	18 Oktober 2020	Pengecekan naskah, PFD + Revisi	

Disetujui Draft Penulisan :
Yogyakarta, ...
Pembimbing,

(Ir. Tasrikal H. Amin., M.Sn)

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

Dipindai dengan CamScanner