

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

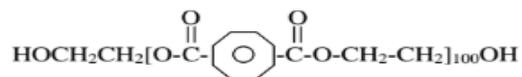
Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang terus menerus melakukan pembangunan dan pengembangan di berbagai sektor, salah satunya adalah di sektor industri. Dengan adanya peningkatan kemajuan dalam bidang industri diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Industri yang sedang berkembang di Indonesia begitu banyak salah satunya yaitu industri kimia. Dengan meningkatnya kebutuhan bahan kimia saat ini, maka kebutuhan bahan baku kimia juga akan meningkat. Oleh karena itu, Indonesia harus mampu memanfaatkan dengan meningkatkan potensi yang ada. Bahan baku kimia banyak yang berasal dari dalam negeri dan ada juga yang masih di *impor* dari luar negeri. Salah satu contoh bahan baku kimia yang masih di datangkan dari luar negeri adalah bahan baku untuk industri kimia pembuatan kemasan botol yaitu *Polyethylene Terephthalate*. Untuk mengurangi *impor* terhadap bahan baku PET di Indonesia maka pendirian pabrik sangat diharapkan bisa memberikan kontribusi yang besar bagi pendapatan serta menguntungkan negara.

Disamping itu perlu juga penguasaan teknologi baik yang sederhana maupun yang canggih, sehingga bangsa Indonesia dapat meningkatkan eksistensi dan kredibilitasnya sejajar dengan bangsa-bangsa lain yang telah maju.

Prarancangan pabrik *Polyethylene Terephthalate* saat ini menjadi hal yang penting karena kebutuhan manusia akan produk-produk yang menggunakan bahan baku PET semakin banyak.

Polyethylene Terephthalate (PET) memiliki rumus struktur sebagai berikut :



Polyethylene Terephthalate dengan berat molekul yang besar banyak digunakan untuk membuat serat sintesis, resin, pembungkus makanan dan minuman serta lainnya. PET merupakan salah satu bahan baku yang paling penting dalam kerajinan tekstil untuk pembuatan kain.

1.2 Maksud dan Tujuan Prarancangan

1.2.1 Maksud Prarancangan

Prarancangan ini dimaksudkan sebagai konsep penerapan fungsi ilmu Teknik Kimia yang telah didapat selama proses belajar.

1.2.2 Tujuan Prarancangan

Pra rancangan pabrik pembuatan polyethylene terephthalate ini bertujuan untuk menerapkan ilmu Teknik Kimia yang diperoleh selama pembelajaran. Tujuan lain dari pra rancangan pabrik pembuatan polyethylene terephthalate ini adalah untuk memenuhi kebutuhan polyethylene terephthalate dalam negeri yang masih diimpor dari negara lain. Selain itu, diharapkan dengan berdirinya pabrik ini akan memberi lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat dan meningkatkan produktivitas masyarakat sehingga dapat mengurangi angka pengangguran dalam negeri.

1.3 Penentuan Kapasitas Produk

1.3.1 Kebutuhan Produk

Berdasarkan data statistik, kebutuhan PET di Indonesia mengalami peningkatan. Produksi PET di Indonesia belum mencukupi kebutuhan dalam negeri mengakibatkan PET harus diimpor dari luar negeri.

Tabel 1.3 Peningkatan impor PET di Indonesia

Tahun	Ton/tahun(data impor)
2013	55.796.590
2014	47.639.677
2015	55.404.791
2016	76.483.745
2017	110.355.690

(Badan Pusat Statistik, Jakarta)

1.3.2 Perhitungan Kapasitas produksi

Berdasarkan data tabel 2.4.1 maka kapasitas pabrik dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan garis lurus sebagai berikut:

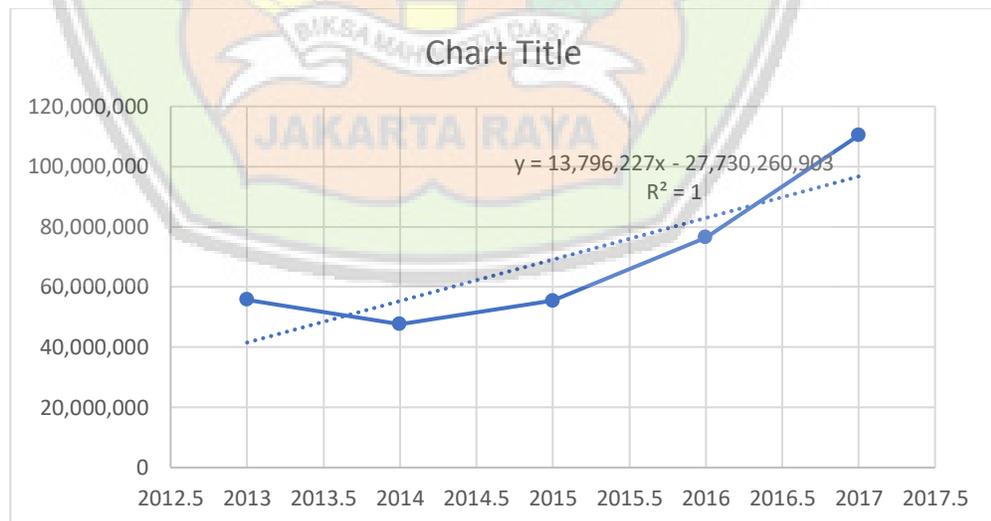
$$\Sigma Y = a.n + b. \Sigma X$$

$$\Sigma XY = a. \Sigma X + b. \Sigma X^2$$

Dimana : a dan b = Konstanta

Y = Variabel terkait

X = Variabel bebas



Perkiraan konsumsi PET di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 13.796.227x - 27.730.260.903$ dimana x sebagai tahun dan y sebagai jumlah konsumsi PET.

Dengan persamaan diatas diperkirakan untuk tahun 2023 kebutuhan PET di Indonesia adalah sebesar 179.506.318 kg/tahun atau 179.506,3 ton/ tahun.

Dengan kapasitas tersebut direncanakan pada tahun 2023 kapasitas pranrancangan pabrik yang akan didirikan adalah 200.000 ton/tahun dengan harapan bisa menutupi angka impor dari luar negeri.

1.4 Penentuan Lokasi Pabrik

1.4.1 Ketersediaan Bahan Baku

Dalam proses produksi PET, lokasi pendirian pabrik sangat bergantung dengan keberadaan bahan baku. Dengan keberadaan bahan baku yang digunakan berada di daerah yang sama dengan lokasi pabrik maka keuntungan yang diperoleh akan lebih besar

Bahan baku yang digunakan dalam memproduksi PET adalah Purified Terephthalat Acid (PTA) dimana di Indonesia terdapat 5 pabrik penghasil PTA dengan kapasitas total 2.025.000 ton/tahun. Secara rinci dapat dilihat pada tabel 1.4.

Tabel 1.4 Produsen PTA di Indonesia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas ton/tahun
PT. Pertamina	Plaju	225.000
PT. Mitsubishi Chemical Indonesia	Serang	650.000
PT. Polysindo Eka Perkasa	Karawang	350.000
PT. Amoco Mitsui PTA	Merak	400.000
PT. Polyprima Karyareksa	Serang	400.000

Mono Ethylene Glycol (MEG) dapat diperoleh dari PT. Polychem Indonesia Tbk. yang berlokasi di kabupaten Serang Banten dengan kapasitas produksi sebesar 216.000 ton/tahun.

1.4.2 Sarana Transportasi

Lokasi pabrik yang cukup strategis yaitu fasilitas jalan raya dan cukup dekat dengan pelabuhan memberikan keuntungan dalam mendistribusikan produk ke luar pulau Jawa seperti ke pulau Sumatera.

1.4.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Salah satu hal yang penting dalam prarancangan pabrik adalah pemilihan lokasi. Pemilihan lokasi dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga sebelum pabrik didirikan harus dilakukan berbagai macam pertimbangan. Lokasi pabrik PET akan didirikan di daerah Serang, Banten.

1.4.4 Sumber Daya Manusia

Tersedianya tenaga kerja merupakan faktor penting yang diperlukan dalam proses produksi PET. Tenaga kerja dapat direkrut dari berbagai daerah seperti Serang, cilegon, dan daerah sekitar pabrik.

1.5 Uraian Proses

1.5.1 Proses Persiapan Bahan Baku

Terephthalate acid (TPA) disalurkan dari tangki penyimpanan (TP-01) dengan menggunakan *conveyor* (C-01). Kemudian *Ethylene Glycol* (EG) dari tangki penyimpanan (TP-02) dialirkan dengan menggunakan pompa (P-01).

Bahan baku *Terephthalate acid* (TPA) dan *Ethylene Glycol* (EG) dari tangki penyimpanan dimasukkan ke dalam tangki pencampuran (MT-01). Perbandingan bahan baku antara *Terephthalate Acid* (TPA) dan *Ethylene Glycol* (EG) yang akan masuk ke dalam tangki pencampuran adalah 1 : 2 pada suhu 30°C tekanan 1 atm selama 30 menit. Pencampuran bahan baku *Terephthalate Acid* (TPA) dan *Ethylene Glycol* (EG) berfungsi untuk menghomogenkan bahan baku tersebut. Selain bahan baku utama, hasil dari daur ulang *Ethylene Glycol* (EG) yang berasal dari aliran atas reaktor esterifikasi (R-01), Reaktor polikondensasi (R-02) dan Flash destilasi (FD-01) kembali dimasukkan ke dalam

tangki pencampuran. Campuran yang dihasilkan tangki pengaduk berupa slury (US Patent 3.590.072)

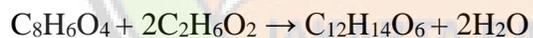
1.5.2 Proses Reaksi

1.5.2.1 Reaksi Esterifikasi

Slury yang dihasilkan dari pencampuran bahan baku (TPA + EG) pada tangki pencampuran dialirkan menuju reaktor esterifikasi (R-01) dengan bantuan pompa (P-02). Dari tangki pencampuran, slury dipanaskan dalam alat *heat exchanger* (HE-01) yang bertujuan untuk menaikkan suhu dari 30° C menjadi 250°C. Campuran slury (TPA dan EG) diaduk dengan menggunakan batang pengaduk yang digerakkan oleh motor selama 100 menit dengan tekanan 1 atm.

Selain bahan baku utama, ditambahkan katalis Antimony Trioksida (Sb_2O_3) pada reaktor slurry. Reaksi yang terjadi pada reaktor ini dikenal dengan reaksi esterifikasi. Reaksi yang terjadi di reaktor esterifikasi bertujuan untuk pembentukan monomer, yaitu Bis-2(hydroxyethyl) terephtalate (BHET). Hasil lain yang diperoleh dari reaksi ini adalah air (H_2O), EG dan PTA yang tidak bereaksi. Konversi reaktan PTA adalah sebesar 90% (US Patent 5.830.981).

Reaksi yang terjadi :



1.5.2.2 Reaksi Polikondensasi

BHET yang terbentuk, PTA yang tidak bereaksi dan katalis Sb_2O_3 dialirkan dari bagian bawah reaktor esterifikasi (R-01) menuju alat Dekanter (DC-01) dengan menggunakan pompa. untuk memisahkan BHET dari PTA yang tidak bereaksi dan katalis Sb_2O_3 . Pada reaktor ini, reaksi berjalan secara endotermis, Uap air dan EG yang keluar dari reaktor Esterifikasi dengan suhu 196°C dialirkan menuju kondensor (CD-01) untuk dikondensasikan.. Proses ini bertujuan untuk daur ulang Ethylene Glycol untuk digunakan kembali pada

tangki pencampuran (MT-01). Konversi reaktan menjadi produk pada suhu 250°C dan tekanan 1 atm dalam reaktor ini yaitu 95% (Patent 3.590.072).

Pada proses ini menghasilkan monomer dengan derajat polimerisasi 100 (PET100), EG dan BHET yang tidak bereaksi. EG yang tidak bereaksi akan dihisap oleh steam yang dihasilkan oleh ejektor kemudian akan di kondensasikan oleh kondensor untuk di daur ulang kembali. PET100 dari reaktor polikondensasi yang terbentuk dialirkan ke dekanter (DC-03) untuk memisahkan produk yang akan masuk ke Flash Destilasi (FD-01) dengan BHET yang tidak bereaksi. BHET yang telah terpisah dipompakan kembali menuju *mixing point* untuk digunakan kembali.

Reaksi yang terjadi :



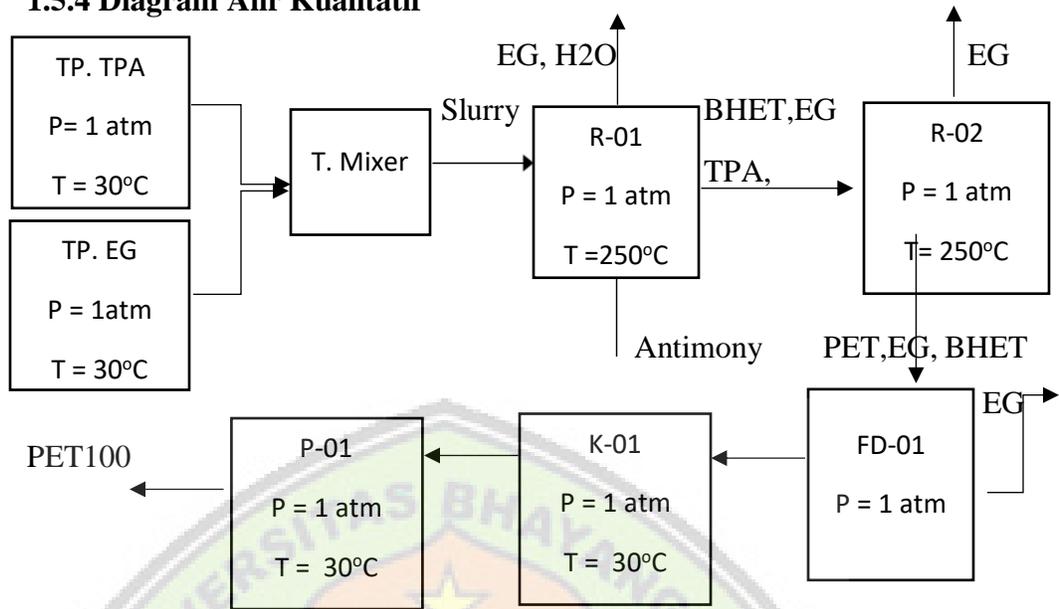
Proses ini berlangsung pada temperatur 250°C dengan tekanan 200 Pa (0,00197 atm). Berdasarkan US patent 3.697.579 reaksi polikondensasi dioperasikan pada tekanan yang bersifat vacuum. Untuk memvakumkan tekanan dari 1 atm menjadi 0,00197 atm digunakan steam ejektor (EJ-01).

1.5.3 Proses Finishing

Cairan PET yang dihasilkan dari hasil pemisahan pada Flash Destilasi dialirkan menggunakan pompa ke cooler (CL-01) untuk menurunkan suhu menjadi 30°C .

Cairan PET yang keluar dari cooler (CL-01) dialirkan menuju alat Spray Dryer (SD-01) untuk proses mengkristalkan produk PET. Produk keluaran berupa kristal PET kemudian dimasukan ke alat pelletizer untuk memperkecil ukuran PET. Kristal PET yang dihasilkan diangkut menuju tangki penyimpanan menggunakan belt conveyor (BC-01)

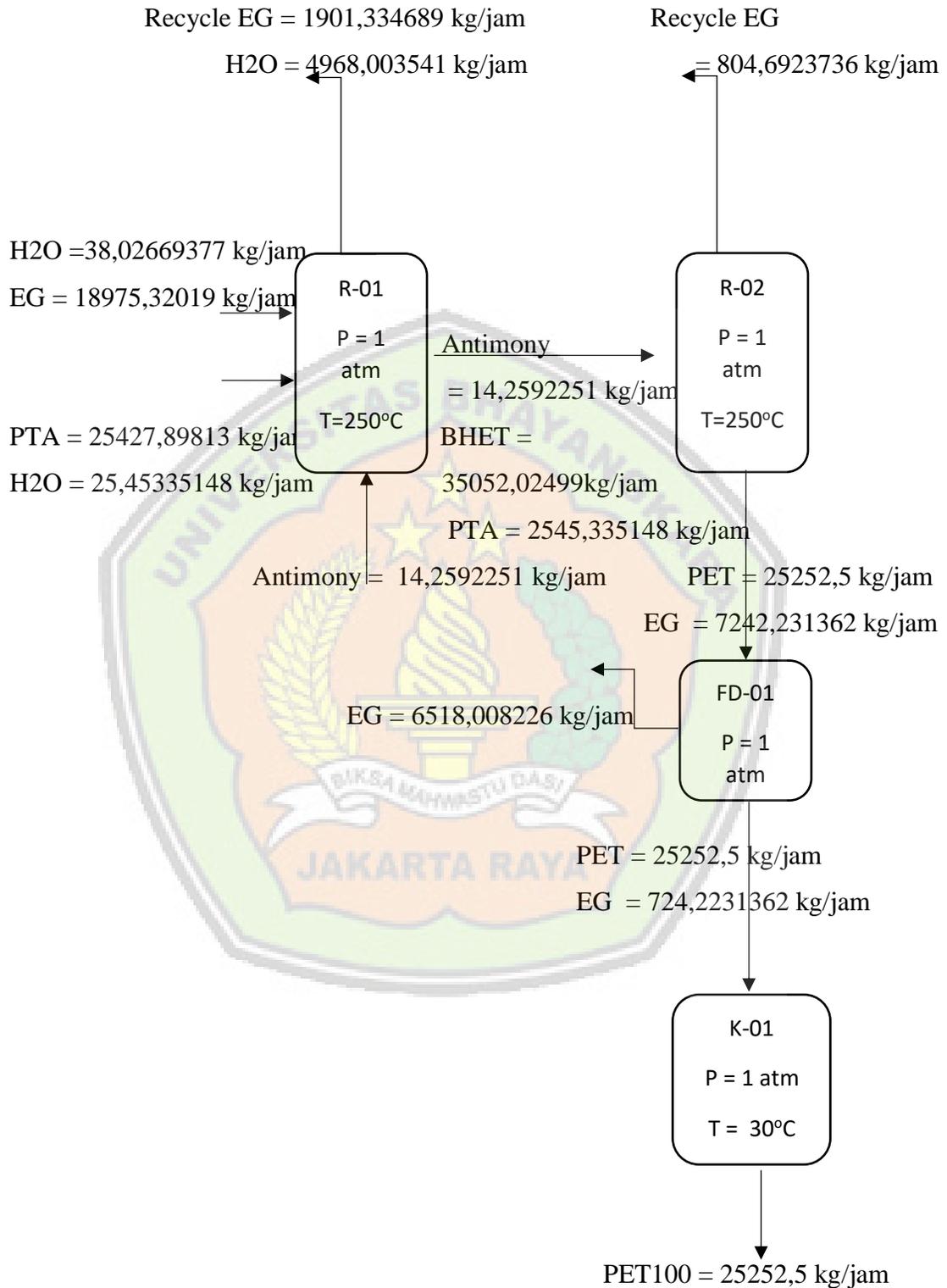
1.5.4 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 1.5.1 Grafik Proses Kualitatif



1.5.5 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 1.5.2 grafik proses kuantitatif

1.6 Tinjauan Pustaka

Polyethylene Terephthalate (disingkat PET, PETE atau dulu PETP, PET-P) adalah suatu resin polimer plastik termoplas dari kelompok poliester. PET banyak diproduksi dalam industri kimia dan digunakan dalam serat sintetis, botol minuman dan wadah makanan, aplikasi thermoforming, dan dikombinasikan dengan serat kaca dalam resin teknik. PET merupakan salah satu bahan mentah terpenting dalam kerajinan tekstil.

Perkembangan ilmu dan teknologi mengenai polyester (polyethylene terephthalate) dimulai dengan penelitian yang dilakukan oleh Krenle dan Carothers pada akhir tahun 1930. Adapun penelitian Krenle mengenai hal tersebut di atas berdasarkan pada teknik alkil resin yaitu reaksi antara glycerol dengan phthalic acid anhydrid. Sedangkan penelitian lain, yaitu Carothers mempelajari persiapan dan halhal lain yang berkenaan dengan kelinieran polyester (polyethylene terephthalate). Dari percobaannya telah ditemukan beberapa sifat pembentukan fiber. Hasil percobaan ini merupakan kemajuan tentang struktur bebas dari polimer. Penemuan ini mendasari pola pikir lebih lanjut, yaitu dengan adanya penemuan polyamide, nylon 66 pada tahun 1935, sehingga menuju ke arah pendirian industri tekstil sintetis yang modern. Penemuan Carothers masih memiliki kekurangan yaitu fiber yang dihasilkan memiliki titik leleh yang sangat rendah. (Kirk Othmer, 1981)

Pada perkembangan selanjutnya produksi polyester (polyethylene terephthalate) untuk serat-serat sintetis menggunakan bahan baku Terephthalate Acid (TPA) dan Ethylene Glycol (EG). Produksi serat polyester (polyethylene terephthalate) secara komersial dimulai pada tahun 1944 di Inggris dengan nama dagang “Terylene” dan pada tahun 1953 di Amerika Serikat (Dupont) dengan nama dagang “Dacron”. (Kirk Othmer, 1981)

PET dapat berwujud padatan amorf (transparan) atau sebagai bahan semi kristal yang putih dan tidak transparan tergantung kepada proses dan riwayat termalnya.

1.6.1 Macam-macam proses Pembuatan *Polyethylene terephthalate*

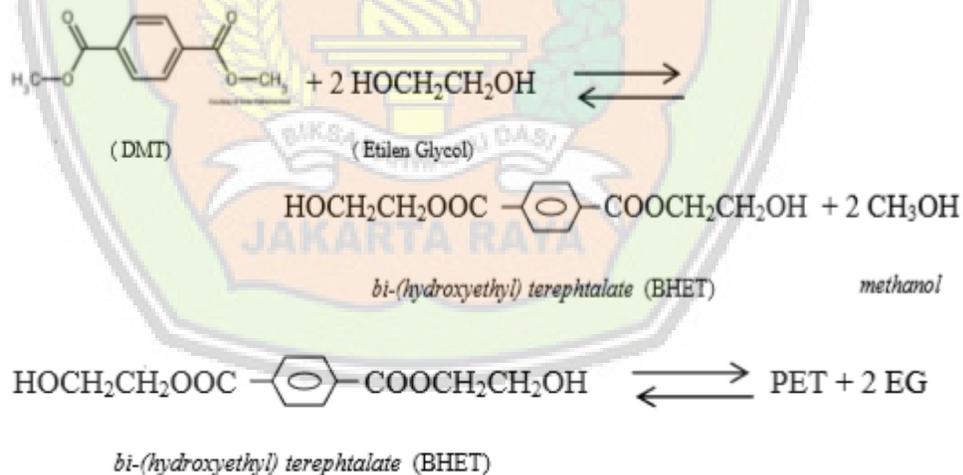
Polyethylene terephthalate dibuat melalui dua tahapan proses, yaitu : (patent 3.590.072)

1. Proses *Transesterifikasi*
2. Proses *Direct Esterifikasi*

1.6.1.1 Proses *Transesterifikasi*

Pada proses ini bahan baku yang digunakan adalah Dimethyl Terephthalat (DMT) dan Ethilen Glycol (EG). Dengan penambahan katalis logam seperti magnesium, kobalt, mangan, seng, kalsium asetat dan titanium alkoholat yang bertujuan untuk mempercepat terjadinya reaksi antara DMT dan EG. Reaksi terjadi pada suhu 160 - 190°C dengan tekanan 1 atm.. Hasil samping dari reaksi ini adalah Metanol kemudian dipisahkan dari campuran reaksi untuk menghasilkan bi-(hydroxyethyl) terephthalate (BHET).

Reaksi pada proses *Transesterifikasi* :

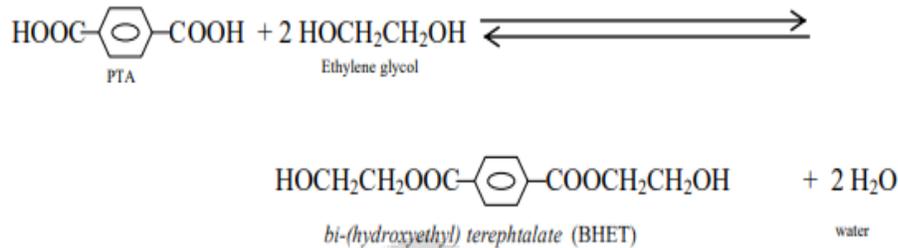


1.6.1.2 Proses *Direct Esterifikasi*

Pada proses ini bahan baku yang digunakan adalah Purified Terephthalat Acid dan Ethylene Glycol pada suhu 200 – 290°C serta tekanan 3 atm atau 50 psig (patent 3.590.072). Pada proses ini, air yang dihasilkan dalam campuran reaksi dihilangkan

bertujuan untuk menggeser reaksi ke arah pembentukan BHET. PTA mengkatalis reaksi dan katalis logam tidak begitu dibutuhkan dalam proses ini.

Reaksi pada proses *Direct Esterifikasi* :



Sebelum menentukan pilihan proses yang tepat perlu adanya studi perbandingan antara kedua proses baik dari aspek teknis maupun ekonomis.

Tabel 1.6 Perbandingan proses pembuatan *Polyethylene terephthalate*

No.	Parameter	Proses <i>Trans Esterifikasi</i>	Proses <i>Direct Esterifikasi</i>
1.	Kemurnian Produk	92 – 94 %	99 %
2.	Penggunaan Katalis	Banyak	Sedikit
3.	Suhu operasi	160 – 190°C	200 – 290°C
4.	Tekanan	1 atm	3 atm
5.	Bahan Baku	DMT	PTA
6.	Keuntungan	1. Suhu operasi rendah 2. Tekanan rendah	1. Kemurnian produk tinggi 2. Penggunaan katalis sedikit 3. Harga bahan baku lebih murah 4. Lebih ekonomis

7.	Kerugian	1. Kemurnian Produk rendah 2. Penggunaan katalis banyak	3. Suhu operasi lebih tinggi 4. Tekanan lebih tinggi
----	----------	--	---

Dari tabel diatas maka proses yang paling baik dan efisien yang dapat digunakan dalam perencanaan pendirian pabrik *Polyethylene terephthalate* adalah proses Direct Esterifikasi karena produk yang dihasilkan kemurniannya tinggi dan harga bahan baku yang digunakan lebih murah.

1.6.2 Kegunaan Produk

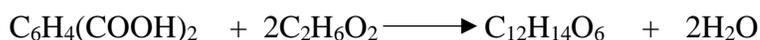
Polyethylene terephthalate digunakan dalam serat resin, pembuatan botol minuman (botol plastik yang jernih atau transparan), dan wadah makanan. PET juga merupakan bahan mentah dalam kerajinan tekstil untuk pembuatan kain. Selain itu, PET juga digunakan dalam pembuatan film fotografi, kaset audio dan kaset video.

PET juga digunakan untuk aplikasi *thermoforming* dan dikombinasikan dengan serat kaca dalam resin teknik

1.6.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara Termodinamika digunakan untuk mengetahui sifat reaksi tersebut, membutuhkan panas (endotermis) atau melepaskan panas (eksotermis), dan juga untuk mengetahui arah reaksi, apakah reaksi tersebut berjalan searah (irreversible) atau berbalik reversible). Penentuan panas reaksi berjalan secara endotermis/eksotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada $P = 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$.

Reaksi yang terjadi pada reaktor I :



Reaksi yang terjadi pada reaktor II :



Harga ΔH_f° 298 Reaksi dan ΔG 298 reaksi masing masing komponen dapat dilihat pada **tabel 1.6** berikut :

Tabel 1.6.1 data ΔH_f° 298 komponen

Komponen	Hf (kj/kmol)
PTA	-717,9
EG	-387,5
BHET	-668,3
H2O	-241,8
PET	-663

(Carl L. yaws)

$$\text{Panas reaksi I} = \Delta H_f \text{ Produk} - \Delta H_f \text{ Reaktan}$$

$$= -1151,9 - (-1492,9)$$

$$= 341 \text{ Kj/kmol}$$

$$\text{Panas reaksi II} = \Delta H_f \text{ Produk} - \Delta H_f \text{ Reaktan}$$

$$= -54525,5 - (-93562)$$

$$= 39036,5 \text{ Kj/kmol}$$

Hasil ΔH_R 298 bernilai positif , maka reaksi pembentukan PET bersifat *endotermis* atau membutuhkan panas selama reaksi berlangsung.

Energi beban Gibbs (ΔG) digunakan untuk menentukan apakah reaksi berlangsung secara spontan, tidak spontan atau berada dalam kesetimbangan. Jika ΔG° adalah negatif maka reaksi dapat berjalan, jika bernilai positif maka reaksi tidak dapat

berjalan , sedangkan jika ΔG° adalah nol maka reaksi bersifat spontan. Berikut adalah perhitungan nilai ΔG° .

Tabel 1.6.2 data ΔG° 298 komponen

Komponen	$\Delta H G^\circ$ (kJ/mol)
PTA	-399
EG	-296,6
BHET	-494
H2O	-249,91
PET	-526

(Carl L. yaws)

$$\begin{aligned}
 \Delta G^\circ I &= \Delta G^\circ \text{Produk} - \Delta G^\circ \text{Reaktan} \\
 &= [-494 + (2 \times -249,91)] - [-399 + (2 \times -296,6)] \\
 &= -993,82 - (-992,2) \\
 &= -1,62 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Perhitungan harga konstanta kesetimbangan (K) dapat ditinjau dari rumus sebagai berikut :

$$K = (\exp)^{-\frac{\Delta G}{RT}}$$

Dimana : ΔG° = Energi bebas Gibbs standar, (kJ/mol)

R = Tetapan gas ideal, (0,008314 kJ/mol.K)

T = Temperatur, K

K = Konstanta kesetimbangan

(S, K Dogra & S. Dogra, 1990)

Dari persamaan diatas dapat dihitung konstanta keseimbangan pada $T_{\text{referensi}} = 298 \text{ K}$ adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 K_{298} &= (\exp)^{-\frac{\Delta G}{RT}} \\
 &= \exp - \frac{-1,62}{0,008314 \times 298} \\
 &= \exp 0,6539 \\
 &= 1,923026
 \end{aligned}$$

Reaksi dijalankan pada suhu 250°C, sehingga harga konstanta kesetimbangan K pada suhu 523 K dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{K_{operasi}}{K_{298}} = \exp - \frac{\Delta H^{\circ}_{298}}{R} \left[\left(\frac{1}{T_{operasi}} \right) - \left(\frac{1}{T_{298}} \right) \right]$$

$$\frac{K_{operasi}}{1,923026} = \exp - \left(\frac{341}{0,008314} \right) \left[\left[\left(\frac{1}{523} \right) - \left(\frac{1}{298} \right) \right] \right]$$

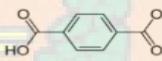
$$K_{operasi} = 5,22732663$$

1.7 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Pada pembuatan PET bahan-bahan yang digunakan adalah *Terephthalate Acid* dan *Ethylene Glycol*. Sedangkan produk yang dihasilkan adalah *Polyethylene Terephthalate*. Sifat-sifat fisika dan kimia bahan-bahan tersebut diuraikan sebagai berikut :

1. *Terephthalate Acid* (TPA)

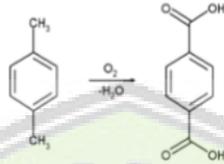
a. Sifat-sifat fisika :

- Struktur Kimia : 
- Nama Lain : 1,4- *Ethyl Benzene Dicarboxylic Acid*
- Rumus molekul : C₆H₄(COOH)₂
- Kemurnian : >99.9%
- Berat molekul : 166
- Wujud : Bubuk atau kristal berwarna putih
- Densitas : 1,522 g/cm³
- Titik lebur : 427°C
- Titik didih : 402°C
- Kelarutan dalam air : 1,7 g/ 100 mL (25°C)
- Panas spesifik : 1202 J/(kg.K)
- Larut dalam dimethyl sulfoxide dan alkali serta sedikit larut dalam etanol, metanol, asam asetat, dan asam sulfat.

(Kirk Othmer, 1981)

b. Sifat-sifat Kimia :

- Bereaksi dengan ethylene glycol menghasilkan polyethylene terephthalate
- Bereaksi dengan metanol menghasilkan dimethyl terephthalate.
- Dihasilkan dengan mengoksidasikan p-dimetil benzena

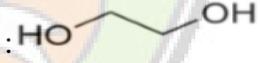


- Hasil reaksi yang terjadi dengan mengoksidasikan p-xylene menggunakan katalis cobalt.
- Hasil reaksi yang terjadi antara dipotassium terephthalate dengan asam sulfat

(Kirk Othmer, 1981)

2. Ethylene Glycol

a. Sifat-sifat Fisika :

- Struktur Kimia : 
- Rumus molekul : C₂H₄(OH)₂
- Berat molekul : 62,068 g/mol
- Densitas : 1,1132 g/cm³
- Titik lebur : -12,9°C
- Titik didih : 197,3 °C
- Titik nyala : 111 °C
- Temperatur Autoignition : 410 °C
- Viskositas : 20,9 mPa.s (20 °C)
- Index refractive : 1,4318_{n²⁰D}
- Uap panas : 52,24 kJ/mol (pada 101.3 kPa)

- Larut dalam air
(Kirk Othmer, 1981)

b. Sifat-sifat Kimia :

- Bereaksi dengan ethylene glycol dengan menggunakan katalis antimon trioksida menghasilkan polyethylene terephthalate.
- Bereaksi dengan Carbonat menghasilkan ethylene carbonat dan metanol.
- Dihidrasi dengan menggunakan katalis asam menghasilkan 1,4-dioxane.
- Bereaksi dengan Methylamine menghasilkan N-methylmorpholine.
- Bereaksi dengan keton dan aldehyd menghasilkan 1,3-dioxolanes (cyclic ketals dan acetals) dan air.
- Dihasilkan dari reaksi hidrolisis etylene oxide.

(Kirk Othmer, 1981)

3. Spesifikasi Katalis Antimony Trioxide

a. Sifat-sifat Fisika :

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

([http://www.wikipedia.org/wiki/antimony trioxide](http://www.wikipedia.org/wiki/antimony_trioxide))

b. Sifat-sifat kimia :

- Berfungsi sebagai katalis pada reaksi pembentukan PET dari terephthalate acid dan ethylene glycol.

- Dihasilkan dari reaksi oksidasi antimon



- Bereaksi dengan asam klorida menghasilkan antimony trihaloride dan air



- Bereaksi dengan asam bromida menghasilkan antimony tribromide dan air $\text{Sb}_2\text{O}_3 + 6\text{HBr} \longrightarrow 2\text{SbBr}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

- Bereaksi dengan asam klorida menghasilkan antimony oxychloride dan air



(Kirk Othmer, 1981)

i. Spesifikasi Produk *Polyethylene Terephthalate*

a. Sifat-sifat Fisika :

- Struktur kimia :



- Rumus molekul : $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4$
- Wujud : Padat
- Berat molekul : 26942 Kg/Kgmol
- Densitas : 1370 kg/m³
- Modulus young : 2800-3100 MPa
- Tensile strength : 55-75 MPa
- Temperatur glass : 75°C
- Titik lebur : 260°C
- Konduktivitas thermal : 0,24 W/(m.K)
- Panas specific : 1,0 kJ/(kg.K)

- Penyerapan air (ASTM) : 0,16
- Viskositas intrinsik : 0,629 dl/g
- Cp : 1,0 KJ/Kg K
- Kelarutan : tidak larut dalam air

b. Sifat-sifat kimia :

- Dihasilkan dari reaksi antara terephthalate acid dan ethylene glycol dengan menggunakan katalis Sb_2O_3
- Dihasilkan dari reaksi antara dimetylil terephthalate dan ethylene glycol.

(Kirk Othmer, 1981)

4. *Polyethylene Terephthalate*

c. Sifat-sifat Fisika :

- Struktur kimia :



- Rumus molekul : $C_{10}H_8O_4$
- Wujud : Padat
- Berat molekul : 26942 Kg/Kgmol
- Densitas : 1370 kg/m³
- Modulus young : 2800-3100 MPa
- Tensile strength : 55-75 MPa
- Temperatur glass : 75°C
- Titik lebur : 260°C
- Titik didih : > 350°C
- Konduktivitas thermal : 0,24 W/(m.K)
- Panas specific : 1,0 kJ/(kg.K)
- Penyerapan air (ASTM) : 0,16
- Viskositas intrinsik : 0,629 dl/g

- Cp : 1,0 KJ/Kg K
- Kelarutan : tidak larut dalam air

d. Sifat-sifat kimia :

- Hasil dari reaksi yang terjadi antara asam tereftalat dan etilen glicol dengan menggunakan katalis *Antimony trioxide* (Sb_2O_3)
- Dihasilkan dari reaksi antara dimetyl terephthalate dan ethylene glycol.

(Kirk Othmer, 1981)

