

II. TINJAUAN PUSTAKA

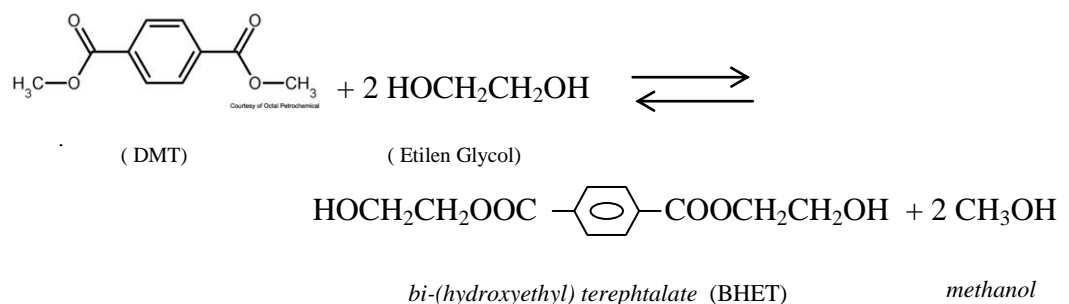
Polyethylene terephthalate dibuat melalui dua tahapan proses, yaitu proses *esterifikasi* dan proses *polykondensasi*. Secara garis besar ada dua proses esterifikasi yaitu (patent 5.008.230) :

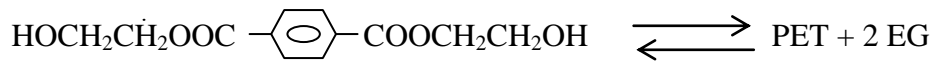
- Proses *Transesterifikasi*
- Proses *Direct Esterifikasi*

1. Proses *Transesterifikasi*

Pada proses ini bahan baku yang digunakan adalah *Dimethyl Terephthalat* (DMT) dan *Ethilen Glycol* (EG). Dengan penambahan katalis logam acetat untuk mempercepat terjadinya reaksi antara DMT dan EG direaksikan pada suhu 140 - 220 °C dengan tekanan 1 atm.. Metanol sebagai hasil samping dipisahkan dari campuran reaksi untuk menghasilkan *bi-(hydroxyethyl) terephthalate* (BHET) yang besar. Panas reaksi (ΔH°_{298}) sekitar 14 kcal/mol. *Prepolimerisasi* yang disiapkan berisi utamanya adalah BHET dan *oligomer* linier. Derajat *polimerisasi* (DP) dicapai dengan menggunakan rasio molar EG/DMT diatas 2. Jika rasio molar dibawah 2, reaksi *trans-esterifikasi* tidak dapat sempurna dan ini membatasi DP dari polimer yang diperoleh pada tahap polikondensasi.

Reaksi :





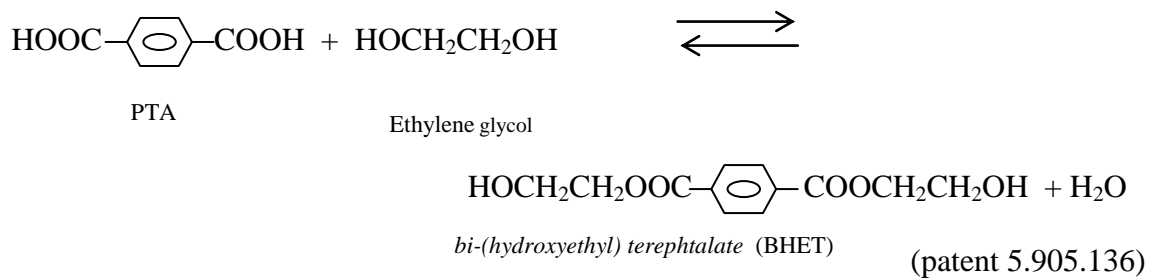
bi-(hydroxyethyl) terephthalate (BHET)

(Patent 5.905.136)

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 – 9 atm (patent 3.590.072). Air yang dihasilkan dihilangkan dari campuran reaksi untuk menggeser reaksi ke arah pembentukan BHET. Dalam kasus ini, group asam dari PTA mengkatalis reaksi dan katalis logam tidak begitu dibutuhkan.

Persamaan reaksi *Direct Esterifikasi* :



Tabel 2.1, Perbandingan proses reaksi esterifikasi PET

No	Sifat	Trans Esterifikasi	Direct Esterifikasi
1	Kemurnian Produk	92 – 94 %	99 %
2	Katalis Sb ₂ O ₃	Banyak	Sedikit
3	Temperatur	140 – 220 °C	200 – 290 °C
4	Tekanan	1 atm	3 – 9 atm
5	Bahan baku	DMT	PTA
6	Keuntungan	<ul style="list-style-type: none"> - Suhu lebih rendah - Tekanan rendah 	<ul style="list-style-type: none"> - Kemurnian Produk tinggi - Katalis yg dibutuhkan lebih sedikit - Harga PTA lebih Murah dibanding DMT - Lebih ekonomis
7	Kerugian	<ul style="list-style-type: none"> - Kemurnian rendah - Membutuhkan katalis lebih banyak - Membutuhkan penanganan khusus terhadap methanol yg mudah meledak 	<ul style="list-style-type: none"> - Suhu lebih tinggi - Tekanan lebih tinggi

A. Pemilihan Proses

Proses yang dipilih dalam pembuatan PET yaitu proses *Direct Esterifikasi*. Proses ini dipilih karena memiliki banyak keunggulan diantaranya yaitu :

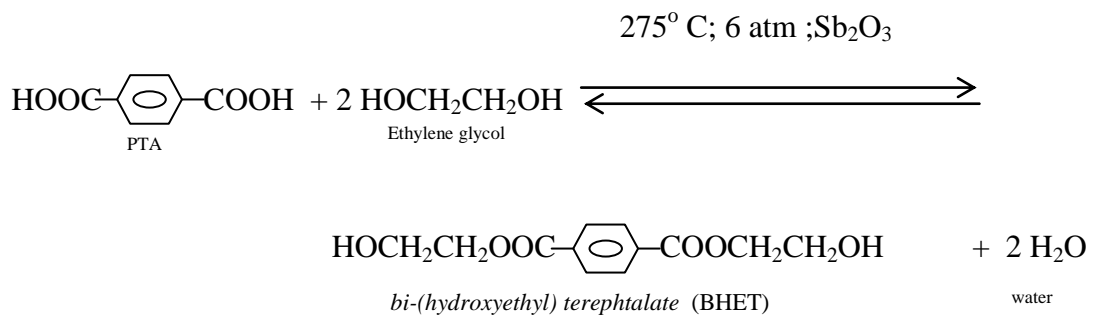
1. Kemurnian produk yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan *trans esterifikasi*.
2. DMT lebih mahal harganya dibandingkan dengan PTA (patent 3.590.072)
3. Laju reaksi pembentukan PET dengan *Transesterifikasi* lebih lambat dibandingkan dengan proses *Direct Esterifikasi*. (patent 3.590.072)
4. Bila dipakai bahan baku DMT untuk pembuatan PET maka akan terbentuk *methanol* sebagai hasil samping, dan *methanol* memiliki penanganan beresiko tinggi terjadinya ledakan (karena *methanol* mudah terbakar) dan untuk pencegahannya dibutuhkan *eksplosive protector* (pelindung ledakan). sehingga diperlukan biaya tambahan yang cukup besar. (patent 3.590.072)
5. Dari segi penyimpanan, maka untuk kapasitas penyimpanan yang sama memuat PTA lebih banyak (dengan bulk density 1 ton/m³) dibanding DMT dengan bulk density 0,75 ton/m³. (Patent 3.431.243)
6. Dengan digunakannya bahan baku PTA, katalis Sb₂O₃ yang digunakan lebih sedikit dibanding jika digunakan bahan baku DMT, karena dalam senyawa PTA terkandung gugus COOH yang dapat berfungsi sebagai *katalis*. (patent 5.008.230)

B. Uraian Proses

Pada proses pembuatan *chips* PET, bahan baku yang digunakan adalah *Purified Terephthalate Acid* (PTA) yang berbentuk serbuk dan *Ethylene Glycol* (EG) yang berfasa cair. Sebelum PTA dan EG direaksikan pada reactor slurry, terlebih dahulu reaktan ini dicampurkan pada tangki pencampuran (mixer tank-201). Suhu keluraan dari mixer tank 201 ini yaitu 149 °C. Untuk mencapai kondisi operasi yaitu 275 °C, maka

umpan ini dipanaskan pada unit *Heat Exchanger* 302 (HE-302) dan *Heat Exchanger* 303 (HE-303). Selain bahan baku utama, ditambahkan katalis *Antimony Trioksida* (Sb_2O_3) pada reactor slurry. Reaksi yang terjadi pada reactor ini dikenal dengan reaksi *esterifikasi*. Reaksi yang terjadi di reactor *esterifikasi* bertujuan untuk pembentukan *monomer*, yaitu *bi-(hydroxyethyl) terephthalate* (BHET).

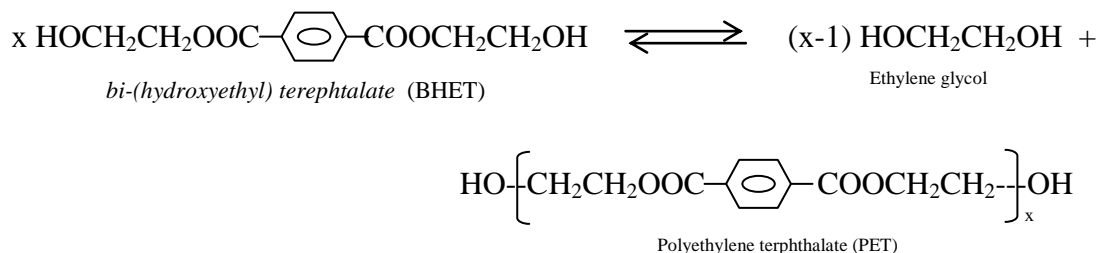
Reaksi yang terjadi :



Reaksi ini adalah *eksotermis*, sehingga kondisi operasi perlu dijaga pada suhu 275°C dengan menggunakan jaket pendingin. Pada reaksi *esterifikasi* ini tekanan operasi dibuat 6 atm. Pada tahap *esterifikasi* digunakan reaktor slurry dengan pemanas berupa jaket. Untuk media pendinginya digunakan air bersuhu 30°C . Konversi reaktan menjadi produk pada suhu 275°C dalam reaktor ini yaitu 95% (Patent 3.590.072).

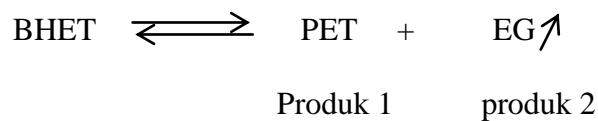
Kemudian produk *over flow* dari reaktor slurry ini di pompakan ke reaktor distilasi (patent 3590072). Reaksi yang terjadi pada reaktor distilasi ini dikenal dengan reaksi *polikondensasi*.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Reaksi ini bersifat endotermis, sehingga untuk membuat kondisi operasi berada dalam kondisi isothermal yang berarti suhu tetap 275°C, maka diperlukan *steam* dari luar untuk mentrasfer panas yang diperlukan reaksi *polykondensasi* ini.

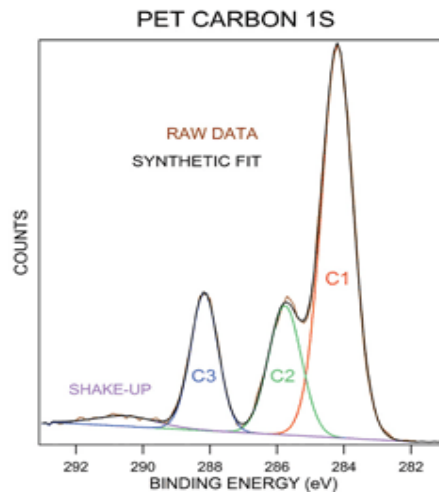
Berdasarkan paten 3.697.579 dinyatakan bahwa tekanan reaksi polikondensasi berada pada 0,001 – 0,67 atm. Berdasarkan ketentuan ini dipilih tekanan operasi vacuum (0,1 atm). Pemilihan kondisi ini karena dari hasil penelitian *Capanelli* didapatkan pada kondisi operasi suhu 275 °C dan tekanan 0,1 atm *Polyethylene Terephthalate* (PET) yang terbentuk 95%, kondisi ini adalah kondisi yang terbaik. Pada tahap ini selain terbentuk *Polyethylene Terephthalate* juga terbentuk *Ethylene Glycol* (produk 2). Secara stoikiometri bila kita dapat mengambil *Ethylene Glycol* (produk 2) yang terbentuk, maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke arah kanan atau produk. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada persamaan dibawah ini :



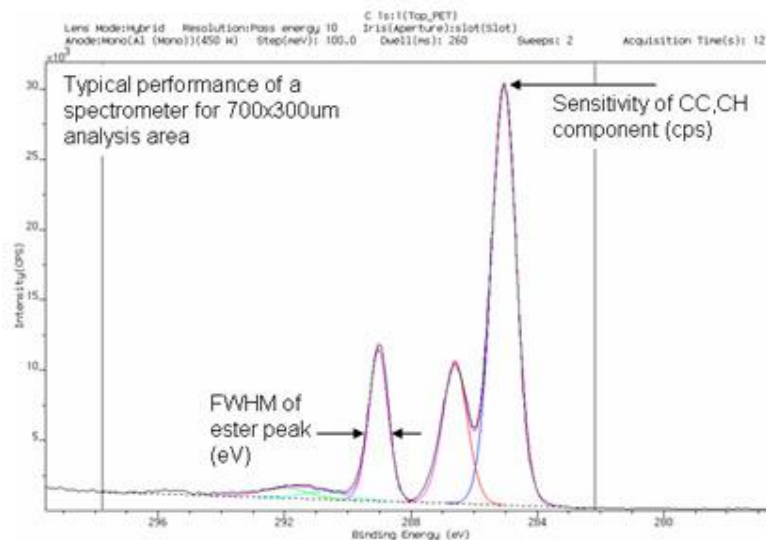
Produk yang dihasilkan dari reactor 302 (reactor distilasi) di pompakan ke unit decanter, untuk memisahkan PET dari produk samping yang terjadi pada reaksi *polykondensasi*. Produk samping itu yaitu BHET dimana memiliki densitas lebih besar dari PET. Bottom prodak dari decanter 401 (DC-401) ini yaitu BHET di umpankan kembali ke reactor 302 melalui *mixed point* 101 (MP-101). *Top produk* dari DC-401 yaitu PET di pompakan ke melt hooper untuk dilanjutkan dengan proses *Pelleting*. Proses *pelleting* ini dilakukan pada unit melt spinning yang terdiri dari melt hopper untuk menyimpan cairan PET, Air Spray untuk menyemprotkan udara pendingin keluran dari melt hopper sehingga suhu dari PET turun dari 275 °C menjadi 69 °C dan fasa PET berubah dari liquid menjadi padat, *Spinning Rool* untuk memintal/merool PET yang sudah mulai memadat dan cutter untuk memotong PET menjadi *chips* PET sesuai yang diinginkan. Produk

keluaran dari *melt spinning* ini yaitu berupa *chips* PET ditampung pada silo (S-601) sebagai tempat penyimpanan sementara PET sebelum di umpankan ke unit pengemasan.

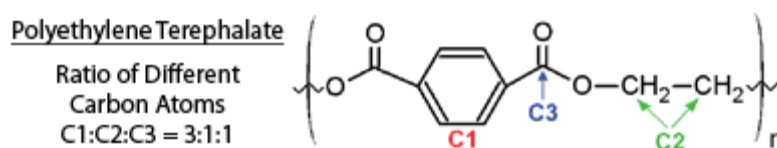
Untuk mengetahui terbentuknya PET dapat digunakan analisa dengan X-Ray and UV Photoelectron Spectroscopy.



Gambar.2.1 Pola Spektroskopy PET



Gambar. 2.2. Spektrum PET dengan X-Ray monokromatic



Gambar 2.3. Monomer PET