



BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam – Macam Proses

Dimetil Tereftalat dapat diproduksi melalui dua proses antara lain :

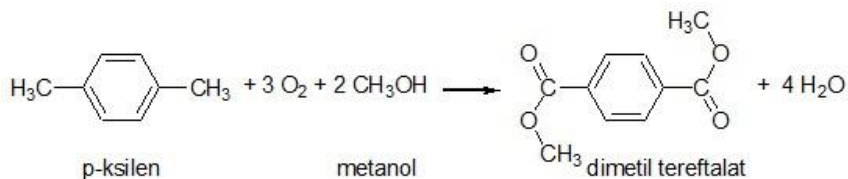
1. Pembentukan Dimetil Tereftalat dari *p*-Xylene dan Metanol dengan Proses Dynamit-Nobel (Witten)

Proses Dynamit-Nobel (Witten) adalah metode produksi dimetil tereftalat (DMT) yang dikembangkan oleh Chemische Werke Witten dan dimodifikasi oleh perusahaan lain seperti Standard Oil of California. Proses ini melibatkan beberapa tahap utama yaitu oksidasi *p*-xylene yang diolah dalam reaktor oksidasi menggunakan oksigen dari udara terkompresi dan katalis berbasis kobalt yang akan menghasilkan *p*-toluic acid. Proses ini menggunakan katalis berbasis kobalt-mangan-bromin yang sangat efisien, dengan oksigen dari udara sebagai oksidator, dan asam asetat sebagai pelarut. Reaktor oksidasi beroperasi pada suhu sekitar 175–230°C dengan tekanan yang cukup untuk menjaga reaksi berlangsung secara optimal. *p*-toluic acid kemudian diesterifikasi dengan metanol dalam reaktor esterifikasi dengan kondisi operasi pada suhu sekitar 250°C dan tekanan sekitar 2500 kPa untuk membentuk *methyl p*-toluate. *Methyl p*-toluate dioksidasi kembali menjadi monometil tereftalat (MMT) dalam reaktor oksidasi kedua, menggunakan proses yang serupa dengan tahap awal dan menjadi *Methyl p*-toluate dan DMT. *Methyl p*-toluate yang dihasilkan kemudian diesterifikasi dengan kondisi operasi pada suhu sekitar 250°C dan tekanan sekitar 2500 kPa dan dilakukan pemisahan untuk membentuk DMT sebagai produk akhir pada kolom distilasi. Kolom distilasi beroperasi pada tekanan rendah (10–20 kPa absolut) dengan suhu sekitar 200–230°C untuk memisahkan o-xylene, methyl ester, dan DMT sebagai produk akhir (Sheehan,2012).

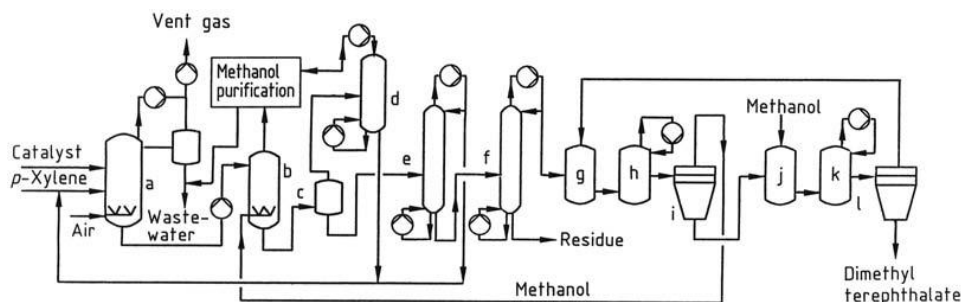


PRA-RANCANGAN PABRIK

PABRIK DIMETIL TEREFTALAT ($C_{10}H_{10}O_4$) DARI ASAM TEREFTALAT ($C_8H_6O_4$) DAN METANOL (CH_3OH) DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/ TAHUN



Gambar II.1 Reaksi Pembentukan Dimetil Tereftalat dari *p*-xylene dan metanol



Gambar II.2 Produksi Dimetil Tereftalat dengan Proses Dynamit-Nobel (Witten)

Sumber : (Sheehan,2012)

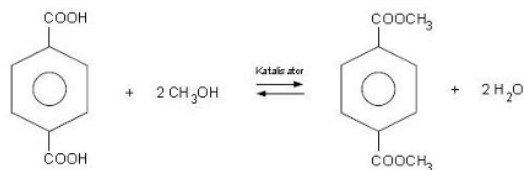
2. Pembentukan Dimetil Tereftalat dari Asam Tereftalat dan Metanol dengan Proses Esterifikasi

Asam tereftalat dapat dihasilkan dan dapat diproses menjadi dimetil tereftalat yaitu dengan proses esterifikasi dengan metanol dan dimurnikan dengan proses destilasi. Proses ini membutuhkan umpan tereftalat yang mempunyai kemurnian yang tinggi. Asam Tereftalat yang berbentuk kristal harus disublimasi terlebih dahulu dengan uap metanol untuk mempurifikasi Asam Tereftalat dari zat-zat impurities yang volatilitasnya lebih rendah serta logam-logam yang tidak tersublimasi. Excess metanol yang digunakan harus sangat berlebihan untuk menyublimasi Asam Tereftalat. Asam Tereftalat dan metanol dalam fase gas ini kemudian diesterifikasi di fixed bed reaktor yang berisikan katalis alumina aktif. Reaksi berlangsung sangat cepat pada suhu 300-330°C dengan konversi reaktor bisa mencapai 96-99 % dan reaksi samping yang sangat sedikit. Suhu reaktor terbatas pada maksimal 330°C karena di atas suhu 330°C akan terjadi minor disintegration dan banyak nya reaksi samping (US Patent 3,972,912).

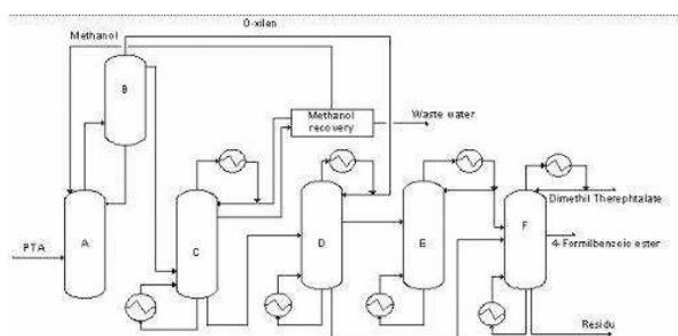


PRA-RANCANGAN PABRIK

PABRIK DIMETIL TEREFTALAT ($C_{10}H_{10}O_4$) DARI ASAM TEREFTALAT ($C_8H_6O_4$) DAN METANOL (CH_3OH) DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/ TAHUN



Gambar II.3 Reaksi pembentukan Dimetil tereftalat dari Asam Tereftalat dan metanol



Gambar II.4 Produksi Dimetil Tereftalat dengan Proses Esterifikasi Asam Tereftalat dan metanol. Sumber : (Sheehan,2012)

II.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan Proses yang dilakukan terhadap proses pembentukan Dimetil Tereftalat, dapat dibuat perbandingan sebagai berikut:

Tabel II.1 Pemilihan Proses

No.	Parameter	Proses Dynamit-Nobel (Witten)	Proses Esterifikasi
1.	Bahan Baku	C_8H_{10} dan CH_3OH	$C_8H_6O_4$ dan CH_3OH
2.	Tekanan	25 atm	2-5 atm
3.	Suhu Operasi	250°C	300-330°C
4.	Katalis	Kobalt-mangan-bromin	Alumina
5.	Alat Utama	Reaktor Oksidasi dan Reaktor Esterifikasi	Reaktor Fixed Bed
6.	Konversi	97-99%	96-99 %
7.	Reaksi Samping	<i>p</i> -toluic acid, methyl <i>p</i> -toluate, Monometil Tereftalat (MMT)	H_2O

Program Studi S-1 Teknik Kimia

Fakultas Teknik Dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur



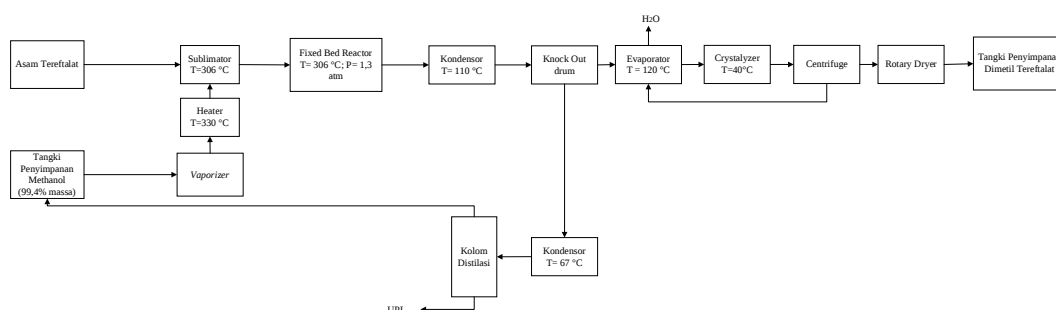
PRA-RANCANGAN PABRIK

PABRIK DIMETIL TEREFALAT ($C_{10}H_{10}O_4$) DARI ASAM TEREFALAT ($C_8H_6O_4$) DAN METANOL (CH_3OH) DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/ TAHUN

Dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan dari kedua proses di atas, maka dalam pra rancangan pabrik ini, proses yang digunakan adalah Pembentukan Dimetil Tereftalat dari Asam Tereftalat dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dengan menggunakan katalis alumina aktif pada reaktor fixed bed. Pemilihan ini didasarkan pada kelebihan proses ini, jika dibandingkan dengan kedua proses lainnya, yaitu:

1. Proses Esterifikasi memiliki keunggulan pada kondisi operasi yakni tekanan yang lebih rendah (2-3 atm) sehingga proses lebih aman dan efisien dalam penggunaan energi.
2. Proses Esterifikasi menghasilkan produk dengan konversi tinggi yaitu mencapai 99% dengan sistem operasi reaktor yang lebih sederhana.
3. Proses Esterifikasi menggunakan katalis alumina yang lebih murah, mudah diperoleh, serta ramah lingkungan dibandingkan katalis logam berat seperti kobalt.

II.3 Uraian Proses



Gambar II. 5 Blok Diagram Pembentukan Dimetil Tereftalat dari Asam Tereftalat dan Metanol

1. Tahap Pemurnian Bahan Baku

Asam tereftalat yang berbentuk padatan mula-mula disimpan di gudang penyimpanan (F-110) yang berfungsi sebagai tempat penampungan bahan baku padat sebelum diproses. Padatan tersebut diangkut menggunakan Screw Conveyor (J-111) yang berfungsi memindahkan material padat secara



PRA-RANCANGAN PABRIK

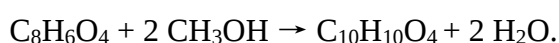
PABRIK DIMETIL TEREF TALAT (C₁₀H₁₀O₄) DARI ASAM TEREF TALAT (C₈H₆O₄) DAN METANOL (CH₃OH) DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/ TAHUN

horizontal lalu diangkut menggunakan bucket elevator (F-112) menuju Hopper (F-113), yang berfungsi sebagai buffer atau penampung sementara serta pengatur laju umpan padatan yang masuk, sebelum padatan disublimasikan dalam Sublimator (B-114) pada suhu 306 °C. Sublimator berfungsi mengubah asam tereftalat dari fase padat langsung menjadi fase gas melalui proses sublimasi, sekaligus memurnikan bahan baku dari pengotor yang tidak ikut tersublimasi.

Sementara itu, metanol cair dengan kemurnian 99,4% massa yang berasal dari pemasok disimpan dalam Tangki Penyimpanan Metanol (F-120) yang berfungsi menampung metanol cair sebelum diproses, kemudian dipompa menggunakan Pompa 1 (L-121) yang berfungsi mengalirkan dan menaikkan tekanan metanol cair menuju Vaporizer (V-122), yang berfungsi menguapkan metanol cair menjadi fase uap. Uap metanol tersebut selanjutnya dipanaskan lebih lanjut pada Heater (E-123) yang berfungsi menaikkan suhu uap metanol hingga mencapai suhu operasi yang sesuai, kemudian tekanannya diturunkan melalui Expansion Valve (K-124) yang berfungsi menurunkan tekanan aliran sebelum diumpankan bersama uap asam tereftalat ke dalam reaktor. Uap asam tereftalat dari Sublimator (B-113) terlebih dahulu dinaikkan tekanannya menggunakan Kompresor (G-115) yang berfungsi menaikkan tekanan gas agar sesuai dengan kondisi operasi reaktor..

2. Tahap Pembentuk Produk Dimetil Tereftalat

Umpan asam tereftalat dan metanol yang telah dimurnikan dan dikondisikan pada tahap sebelumnya kemudian direaksikan di dalam Reaktor (R-210), yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya reaksi esterifikasi antara kedua bahan baku. Reaksi ini berlangsung antara gugus karboksilat pada asam tereftalat dengan gugus hidroksil pada metanol, menghasilkan dimetil tereftalat (DMT) sebagai produk utama dan air sebagai produk samping, sesuai dengan persamaan reaksi:





PRA-RANCANGAN PABRIK

PABRIK DIMETIL TEREFALAT ($C_{10}H_{10}O_4$) DARI ASAM TEREFALAT ($C_8H_6O_4$) DAN METANOL (CH_3OH) DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/ TAHUN

Produk keluaran reaktor berupa campuran fase uap yang terdiri dari DMT, air, serta metanol sisa yang tidak bereaksi sempurna. Campuran tersebut selanjutnya didinginkan sebagian pada Kondensor 1 (E-211), yang berfungsi menurunkan suhu campuran gas untuk mengawali proses pengembunan/pemisahan fase, sebelum dialirkan menuju tahap pemurnian produk.

3. Tahap Pemurnian Produk

Campuran hasil reaksi yang telah didinginkan sebagian dipisahkan fase gas dan cairnya di dalam Knock Out Drum (D-220), yang berfungsi memisahkan fase gas dan fase cair berdasarkan perbedaan densitas/gravitasi. Fase gas yang sebagian besar merupakan metanol sisa dikondensasikan kembali pada Kondensor 2 (E-221), yang berfungsi mengembunkan sisa uap metanol menjadi cairan, untuk kemudian direcycle menuju Tangki Penyimpanan Metanol (F-120) sehingga mengurangi kebutuhan metanol segar pada proses. Sementara itu, fase cair yang mengandung DMT dan air dipompa menggunakan Pompa 2 (L-222) dan Pompa 3 (L-223), yang berfungsi mengalirkan cairan proses menuju unit berikutnya, yaitu Menara Distilasi (D-310) yang berfungsi memisahkan DMT dari air dan sisa metanol berdasarkan perbedaan titik didih komponen.

Uap hasil atas menara distilasi, yang terdiri dari air dan sisa metanol, dikondensasikan pada Kondensor 3 (E-311), yang berfungsi mengembunkan uap hasil atas kolom distilasi, dan ditampung sementara dalam Akumulator (F-312) yang berfungsi menampung kondensat sebelum dibagi menjadi aliran refluks dan produk atas. Sebagian cairan hasil kondensasi direfluks kembali ke dalam menara distilasi menggunakan Pompa 4 (L-314), yang berfungsi mengalirkan cairan refluks untuk menjaga efisiensi pemisahan, sedangkan sebagian lainnya didinginkan pada Cooler 1 (E-313), yang berfungsi menurunkan suhu aliran produk sebelum direcycle. Panas yang dibutuhkan untuk proses distilasi disuplai melalui Reboiler (E-315), yang berfungsi



PRA-RANCANGAN PABRIK

PABRIK DIMETIL TEREFALAT ($C_{10}H_{10}O_4$) DARI ASAM TEREFALAT ($C_8H_6O_4$) DAN METANOL (CH_3OH) DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/ TAHUN

menguapkan sebagian cairan pada dasar kolom untuk menghasilkan uap panas yang mendukung proses pemisahan. Produk bawah menara distilasi berupa DMT cair dengan kemurnian yang lebih tinggi selanjutnya dipompa menggunakan Pompa 5 (L-316) menuju Evaporator (V-320), yang berfungsi menguapkan sisa air dan metanol yang masih terkandung dalam DMT cair sehingga diperoleh larutan DMT dengan konsentrasi tinggi.

Uap yang terbentuk pada evaporator dikondensasikan pada Kondensor 4 (E-322), yang berfungsi mengembuskan uap hasil evaporasi, kemudian didinginkan pada Cooler 2 (E-323), yang berfungsi menurunkan suhu aliran, sebelum sebagian direcycle dan sebagian dialirkan menuju unit pengolahan air limbah (WWT). Larutan DMT pekat yang diperoleh dari evaporator dialirkan ke Crystallizer (K-330), yang berfungsi membentuk kristal DMT melalui proses pendinginan bertahap, sehingga terbentuk slurry kristal DMT.

Slurry kristal tersebut kemudian dipisahkan dari cairan induknya (mother liquor) menggunakan Centrifuge (H-340), yang berfungsi memisahkan padatan kristal dari cairan berdasarkan gaya sentrifugal. Mother liquor hasil pemisahan dipompa kembali menggunakan Pompa 7 (L-342), yang berfungsi mengalirkan cairan induk untuk direcycle menuju tahap evaporasi/kristalisasi guna memaksimalkan perolehan produk. Kristal DMT hasil sentrifugasi selanjutnya diangkut menggunakan Screw Conveyor-2 (J-341), yang berfungsi memindahkan padatan kristal, menuju Rotary Dryer (H-350), yang berfungsi mengeringkan kristal DMT menggunakan udara panas yang disuplai oleh Blower (G-352), yang berfungsi mengalirkan udara pengering, dan telah dipanaskan terlebih dahulu pada Heater (E-354), yang berfungsi menaikkan suhu udara pengering.

Partikel halus produk yang terbawa aliran udara panas ditangkap kembali oleh Cyclone (H-351), yang berfungsi memisahkan partikel padat halus dari aliran udara berdasarkan gaya sentrifugal agar tidak terbuang bersama udara buang, sedangkan kandungan uap air dalam udara pengering diserap oleh



PRA-RANCANGAN PABRIK

PABRIK DIMETIL TEREFTALAT ($C_{10}H_{10}O_4$) DARI ASAM TEREFTALAT ($C_8H_6O_4$) DAN METANOL (CH_3OH) DENGAN PROSES ESTERIFIKASI DENGAN KAPASITAS 60.000 TON/ TAHUN

Molecular Sieve (H-353), yang berfungsi menyerap kelembapan/uap air dari aliran udara, sebelum udara tersebut direcycle kembali ke dalam sistem pengeringan guna mengurangi konsumsi energi. Produk DMT kering yang telah memenuhi spesifikasi selanjutnya diangkut menggunakan Screw Conveyor-3 (J-355) dan Bucket Elevator (J-356), yang berfungsi memindahkan dan menaikkan produk padat, menuju Hopper-2 (F-411), yang berfungsi sebagai penampung sementara sebelum produk disimpan dalam Tangki Penyimpanan Produk (F-410) sebagai produk akhir dimetil tereftalat.