

LAPORAN TUGAS PRARANCANGAN PABRIK

**PRARANCANGAN PABRIK N-BUTIL METAKRILAT
DARI ASAM METAKRILAT DAN BUTANOL
DENGAN PROSES ESTERIFIKASI
KAPASITAS 20.150 TON/TAHUN**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelara Kesarjanaan Strata 1 Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Oleh :
RETNOWATI
D500 050 028**

**Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. H.Ahmad M Fuadi, M.T.
Dr. Kusmiyati, ST, M.T.**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA
2010**



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang pendirian pabrik

Indonesia sebagai bagian negara-negara di dunia harus siap untuk menghadapi era perdagangan bebas yang sudah dimulai. Saat ini bisa dikatakan Indonesia masih tertinggal dibanding negara-negara lain dalam menghadapi era tersebut. Kondisi perekonomian yang terpuruk pada saat akan dimulainya era perdagangan bebas merupakan indikasi yang tidak dapat disangkal. Oleh karena itu perlu dicari usaha-usaha baru agar Indonesia lebih bisa berkompetisi dengan negara-negara lain dan bukan hanya sekedar berpartisipasi. Salah satunya adalah dengan pemantapan di bidang industri. Pembangunan industri sebagai bagian dari usaha pembangunan jangka panjang diarahkan untuk mencapai struktur ekonomi yang lebih kuat, yaitu struktur ekonomi dengan titik berat industri yang maju. Untuk itu, proses industrialisasi lebih dimantapkan untuk mendukung berkembangnya industri sebagai penggerak peningkatan laju pertumbuhan ekonomi dan perluasan lapangan kerja.

Salah satu produk industri kimia yang banyak digunakan adalah butil metakrilat. Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku butil metakrilat masih dilakukan *import*. Dari tahun 2000-2007, *import* butil metakrilat sebanyak 121.017 ton/tahun (BPS, 2007). Pendirian pabrik butil metakrilat ini diharapkan akan dapat memenuhi kebutuhan butil metakrilat di Indonesia sehingga akan mengurangi ketergantungan *import* dan menghemat devisa negara. Selain itu, hal ini dapat juga memacu tumbuhnya industri lain yang menggunakan butil metakrilat serta meningkatkan pengembangan sumber daya manusia Indonesia. Dipandang dari segi sosial akan dapat memberikan lapangan pekerjaan bagi penduduk serta meningkatkan pendapatan pemerintahan daerah setempat.



1.2. Kapasitas Perancangan

Pabrik butil metakrilat direncanakan didirikan tahun 2014. Dalam penentuan kapasitas rancangan pabrik butil metakrilat diperlukan beberapa pertimbangan, yaitu perkiraan kebutuhan butil metakrilat di Indonesia dan kapasitas rancangan minimum.

1.2.1. Kebutuhan butil metakrilat

Kebutuhan butil metakrilat dari tahun ke tahun terlihat pada Tabel 1.1.

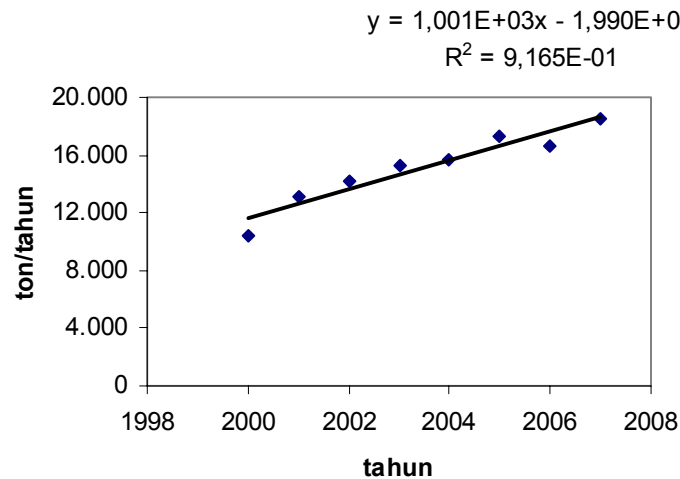
Tabel 1.1. Perkembangan *import* butil metakrilat di Indonesia.

Tahun	<i>Import</i> (ton/tahun)
2000	10.439
2001	13.119
2002	14.123
2003	15.254
2004	15.644
2005	17.299
2006	16.587
2007	18.552

Biro Pusat Statistik data *import* Indonesia (2000-2007)



Dari data pada Tabel 1.1.dapat dibuat regresi linier hubungan antara tahun dengan *import* butil metakrilat.



Gambar 1.1. Regresi linier hubungan antara tahun dengan jumlah *import* butil metakrilat

Persamaan hasil regresi linier yang diperoleh yaitu :

$$y = 1,001.10^3 x - 1,990.10^6 \dots\dots\dots(1)$$

Pada tahun 2014 saat pembuatan pabrik butil metakrilat diperkirakan

$$\text{kebutuhan (ton per tahun)} = 1,001.10^3 x - 1,990.10^6 \dots\dots\dots(2)$$

$$= 1,001.10^3 (2014) - 1,990.10^6$$
$$= 26.014 \text{ ton/tahun}$$

1.2.2. Kapasitas rancangan minimum

Kapasitas rancangan tidak boleh terlalu kecil karena akan mengakibatkan biaya produksi yang tinggi yang bisa mengakibatkan pabrik tidak akan mendapatkan keuntungan. Perkiraan kapasitas pabrik yang dapat memberikan keuntungan dilakukan dengan melihat kapasitas pabrik butil metakrilat yang sudah berdiri. Dari Tabel 1.2. terlihat bahwa kapasitas 5.000 ton/tahun telah cukup menguntungkan.



Tabel 1.2. Kapasitas pabrik butil metakrilat yang sudah berdiri

Kapasitas, ton/tahun	Lokasi
10.000	Thailand
5.000	China
20.000	China
5.000	China

(*Business Development Asia*, 1999)

Dari dua pertimbangan di atas maka dipilih kapasitas prarancangan pabrik butil metakrilat sebesar 20.150 ton/tahun.

1.3. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan dan kelangsungan proses suatu pabrik, di antaranya adalah tersedianya bahan baku, pemasaran, tersediannya tenaga kerja, air, iklim, kebijakan pemerintah mengenai kawasan industri, pajak, peraturan, serta sarana komunikasi.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka lokasi pabrik butil metakrilat dipilih di kawasan industri Cilegon dengan pertimbangan sebagai berikut:

1.3.1 Faktor primer

Faktor ini langsung mempengaruhi tujuan utama dari pendirian pabrik. Tujuan utama meliputi produksi dan distribusi produk yang diatur menurut kualitas, waktu dan tempat yang dibutuhkan konsumen dengan tingkat harga yang wajar sedangkan pabrik masih mendapat keuntungan dalam jumlah yang cukup.



Faktor utama tersebut adalah:

a. Prospek pasar

Daerah Cilegon merupakan kawasan industri sehingga pemasaran produk dalam negeri akan mudah, mengingat kawasan Cilegon sebagai pusat industri yang berkembang pesat dewasa ini. Kelebihan kapasitas yang mungkin terjadi dapat dengan mudah diekspor melalui pelabuhan yang terletak relatif dekat.

b. Letak sumber bahan baku

Cilegon dekat dengan pelabuhan sehingga bahan baku butanol dan asam metakrilat impor mudah diangkut. Lokasi kawasan industri berjarak kurang lebih 20 km ke pelabuhan Merak.

c. Tersedianya fasilitas transportasi

Transportasi sangat dibutuhkan sebagai penunjang utama untuk penyediaan bahan baku, pemasaran produk.

Fasilitas transportasi meliputi: darat (jalan raya), laut (terdapat dua pelabuhan yaitu pelabuhan Banten-Merak, dan pelabuhan Karangantu) dan udara. Dengan adanya jalur transportasi ini maka hubungan antar daerah diharapkan tidak mengalami hambatan.

d. Tenaga kerja

Tenaga kerja ahli (*skilled labour*) tidak mudah didapatkan di setiap daerah tapi biasanya banyak berada di daerah yang dekat dengan pusat-pusat pendidikan. Tenaga kerja merupakan hal yang cukup penting untuk menunjang kelancaran proses produksi. Pemerataan tenaga kerja serta pemberian ongkos atau gaji yang cukup disesuaikan dengan pendidikan dan keterampilan yang dimiliki.

e. Pemasaran

Besar kecilnya pangsa pasar yang dikuasai oleh suatu perusahaan akan mempengaruhi perkembangan pabrik di masa yang akan datang.



Pabrik butil metakrilat yang akan didirikan ini bertujuan untuk memenuhi permintaan dalam negeri. Produk butil metakrilat mudah disalurkan karena kawasan Cilegon dekat dengan pelabuhan. Keuntungan yang diperoleh dari produksi butil metakrilat cukup besar, perbandingan mol antara bahan baku dan produk yaitu 1:4 dengan harga bahan baku \$289 dan harga produk \$866.

f. Tersedianya air

Di dalam perencanaan pabrik ini, air diperlukan untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan selama berlangsungnya proses produksi. Air tersebut dipergunakan sebagai air proses, air sanitasi dan air umpan *boiler*. Kebutuhan akan air ini diperoleh dari sungai Cidanau dengan debit di musim kemarau 33 liter/detik, sedangkan debit di musim hujan 284 liter/detik (BPDAS Citarum-Ciliwung, 2007).

g. Komunikasi

Komunikasi merupakan faktor yang penting untuk kemajuan suatu industri di daerah Cilegon khususnya kawasan industri Cilegon. Kota Cilegon memiliki sarana pendukung antara lain sarana pembangkit tenaga listrik, air, gas, dan fasilitas telekomunikasi yang mudah didapatkan.

h. Keadaan geografis dan iklim

Lokasi yang dipilih merupakan daerah bebas banjir, gempa dan angin topan, sehingga keamanan bangunan pabrik terjamin

1.3.2. Faktor sekunder

Faktor sekunder meliputi :

a. Harga tanah dan bangunan

Harga tanah di sini telah diatur oleh pemerintah dan ditetapkan sebagai kawasan industri. Luas tanah yang diperlukan untuk pendirian pabrik butil metakrilat ini diperkirakan sebesar 30.000 m² luas tanah.



Harga tanah belum mengalami kenaikan yang cukup tinggi. Untuk daerah yang jauh dari pemukiman penduduk harga tanah masih berkisar Rp. 100.000/m² (Krakatau industrial estate Cilegon, 2009).

b. Kemungkinan perluasan pabrik

Daerah Cilegon merupakan daerah dengan jumlah penduduk yang relatif banyak, tetapi sebagai kawasan industri perluasan pemukiman penduduk dibatasi agar upaya perluasan pabrik dapat berjalan dengan lancar. Peruntukan kawasan industri masih relatif luas ±500 Ha, baik di luar kawasan maupun di dalam kawasan industri (Potensi Kota Cilegon, 2009)

c. Kawasan industri dan keadaan masyarakat

Peraturan daerah perlu dipelajari lebih dahulu, tetapi karena daerah Cilegon dan sekitarnya telah ditetapkan sebagai kawasan industri tentunya peraturan pemerintah daerah akan banyak membantu industri-industri baru. Masyarakat daerah dapat dijadikan sebagai sumber tenaga kerja.

1.4. Tinjauan Pustaka

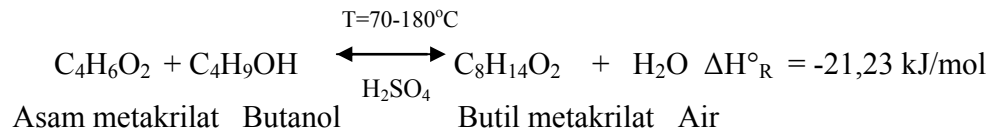
1.4.1. Macam-macam proses

Butil metakrilat mempunyai beberapa sinonim, di antaranya *2-methyl-2-propenoic acid butyl ester*, *butyl 2-methyl-2-propenate*, dan *2-methyl butyl acrylate*. Senyawa ini merupakan cairan tak berwarna. Rumus molekulnya adalah C₈H₁₄O₂. Butil metakrilat dapat dibuat dengan tiga cara, yaitu dengan bahan baku asam metakrilat dan butanol, dengan bahan baku metakrolein, butanol, dan oksigen, dan dengan bahan baku metil metakrilat dan butanol.



1.4.1.1. Bahan baku asam metakrilat dan butanol

Butil metakrilat disintesis dengan reaksi esterifikasi sebagai berikut (Fauconet *et al.*, 1996):



Esterifikasi antara asam metakrilat dengan butanol merupakan reaksi kesetimbangan. Konversi di dalam reaktor tidak bisa melebihi nilai tertentu yang ditentukan konstanta kesetimbangan. Untuk meningkatkan konversi reaksi dapat dilakukan dengan carasalah satu reaktan dibuat berlebihan (Sakakura, 1995).

Katalis yang dapat digunakan dalam reaksi esterifikasi antara lain *asam sulfat, p-toluenesulfonic acid, naphthenesulfonic acid, benzenesulfonic acid, dan methanesulfonic acid*. Asam kuat ini harus dihilangkan setelah reaksi. Penghilangan asam dapat dilakukan dengan mereaksikan produk keluar reaktor dengan larutan alkali sehingga terjadi netralisasi. Dengan cara ini diperlukan alkali yang banyak agar netralisasi dapat sempurna. Selain itu sangat sulit mengambil kembali katalis asam dan asam metakrilat yang telah dinetralkan. Limbah yang dihasilkan cukup banyak dan mengandung garam dengan konsentrasi tinggi.

Untuk mengatasi permasalahan diatas maka dipakai proses lain agar katalis asam dapat dipakai kembali sehingga beban limbah dan biaya operasional dapat dikurangi. Hal ini dilakukan dengan cara mencuci cairan keluar reaktor dengan air sehingga katalis asam terbawa ke fase *aqueous*. Larutan *aqueous* yang mengandung asam selanjutnya di *recycle* ke reaktor.

Perbandingan mol reaktan yang biasa digunakan antara asam metakrilat dengan butanol yaitu 1,0 : 1,2 sampai dengan 1,0 : 0,8.

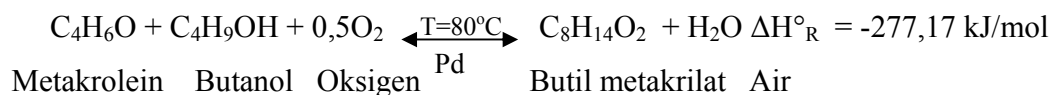


Kadar katalis asam sebaiknya antara 0,5 sampai dengan 2% berat. Reaksi dijalankan pada kisaran suhu 70°C sampai dengan 180°C (Sakakura, 1995). Cairan keluar reaktor selanjutnya didinginkan antara 10°C sampai dengan 60°C lalu dicuci dengan air untuk ekstraksi. Suhu air pencuci sama atau lebih rendah dengan cairan keluar reaktor. Rasio berat antara air pencuci dengan cairan keluar reaktor antara 0,05 sampai dengan 0,2. Pencucian dapat dilakukan dengan *mixer* lalu didiamkan agar terpisah. Air yang telah digunakan untuk mencuci produk keluar reaktor mengandung katalis asam dan asam metakrilat. Kadar air dikurangi dengan cara evaporasi, selanjutnya larutan asam ini di *recycle* ke reaktor.

1.4.2.1. Bahan baku metakrolein, butanol, dan oksigen

Butil metakrilat disintesis dalam reaktor alir tangki berpengaduk dengan katalis Paladium.

Reaksi yang terjadi (Yamaguchi *et al.*, 2000) :



Air yang dihasilkan berkompetisi dengan butanol dalam bereaksi dengan metakrolein. Reaksi air dengan metakrolein membentuk asam karboksilat sebagai produk samping. Selain itu produk air dan asam karboksilat mudah teradsorpsi ke permukaan katalis sehingga menurunkan kecepatan reaksi lebih cepat saat konsentrasi air dan asam karboksilat bertambah.

Permasalahan di atas ditangani dengan berbagai metode di antaranya dengan menambahkan adsorben ke dalam reaktor untuk menjerap air. Dengan metode ini selektivitas menjadi lebih baik. Metode yang lain yaitu dengan menambahkan membran di dalam reaktor yang mampu dilewati air



namun tidak bisa ditembus oleh asam, alkohol, maupun ester yang terbentuk (Yamaguchi *et al.*, 2000).

Kondisi operasi reaktor :

Fase : gas-cair

Suhu : 80°C

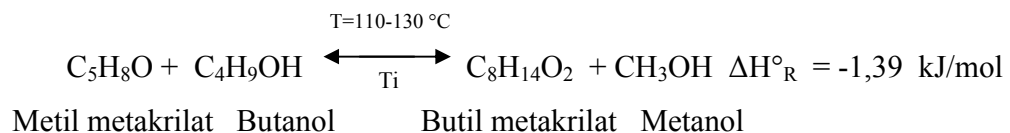
Tekanan : 5 atm

Proses ini memiliki kelemahan yaitu harga katalis dan bahan baku metakrolein yang mahal sehingga tidak ekonomis dibandingkan proses lain bila diaplikasikan di industri.

1.4.3.1 Bahan baku metil metakrilat dan butanol

Metil metakrilat dibuat dengan reaksi transesterifikasi antara metil metakrilat dengan butanol.

Reaksi yang terjadi (Strehlke, 1975) :



Reaksi dijalankan dengan bantuan katalis titanium atau zirconium alkoholat. Benzena atau sikloheksan ditambahkan untuk melarutkan metanol yang terbentuk selama reaksi. Perbandingan mol reaktan metil metakrilat dengan butanol masuk reaktor antara 2 : 1 sampai dengan 1,1 : 1. Kadar katalis antara 0,1 sampai dengan 1% berat. Ke dalam reaktor juga ditambahkan karbon aktif untuk menghilangkan warna yang terbentuk selama reaksi. Kadar karbon antara 0,1-0,2% berat. Gas yang mengandung oksigen misalnya udara, dialirkan ke dalam reaktor untuk membawa metanol dan benzena atau sikloheksan sebagai hasil atas. Suhu reaksi sebaiknya antara 110°C sampai dengan 130°C.



Campuran keluar reaktor dihilangkan sisa metil metakrilatnya dengan stripping menggunakan steam. Hasil sampingnya adalah terhidrolisisnya katalis titanium alkoholat menjadi titanium hidroksida. Endapan titanium hidroksida bersama-sama dengan karbon aktif selanjutnya disaring. Dipilih proses dengan bahan baku asam metakrilat dan butanol karena tekanan operasi rendah, katalis lebih murah, dan reaksi cair-cair sehingga penanganan lebih mudah.

1.4.2 Kegunaan produk

Kegunaan senyawa ini di antaranya sebagai pendispersi pigmen, promotor perekatan, sehingga untuk aplikasinya banyak digunakan di dalam industri pelapisan kulit, pengkilap lantai, lapisan pelindung, bahan perekat dan industri cat.

1.4.3. Tinjauan proses secara umum

Butanol, asam metakrilat, dan asam sulfat bersama-sama dimasukkan ke dalam reaktor alir tangki berpengaduk. Reaksi terjadi pada suhu 90°C dengan konversi 90%. Produk keluar reaktor dipisahkan fase ester dengan fase airnya di dalam dekanter. Fase air diumpankan ke dalam evaporator sedangkan fase ester diumpankan ke dalam ekstraktor untuk dicuci dengan air. Campuran keluar ekstraktor dipisahkan di dalam dekanter. Fase air diumpankan ke dalam evaporator dan fase ester dibawa ke netralizer. Evaporator memekatkan larutan asam dengan menguapkan air. Larutan pekat asam di *recycle* ke reaktor. Larutan ester masuk netralizer dinetralkan asamnya dengan menambahkan larutan NaOH secara stoikiometris lalu dipisahkan di dalam dekanter. Fase air dibuang sebagai limbah dan fase ester diumpankan ke dalam menara distilasi untuk dimurnikan esternya. Butanol keluar sebagai hasil atas di *recycle* ke reaktor dan produk ester keluar sebagai hasil bawah.