



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Perkembangan teknologi dan industri menyebabkan semakin meningkatnya kebutuhan berbagai produk kimia, di antaranya metil metakrilat. Metil metakrilat (MMA) dengan rumus molekul $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_3$ merupakan senyawa yang dapat digunakan dalam industri cat, industri peralatan rumah tangga, industri komestik, dan industri polimer (Ullmann's, 1989).

Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan MMA adalah aseton sianohidrin, asam sulfat, dan metanol. Kemampuan metil metakrilat untuk berpolimerasi pertama kali diketahui pada tahun 1880 ketika diperoleh serbuk putih hasil distilasi metil metakrilat (Ullmann's, 1989).

Pengakuan awal terhadap kemampuan MMA dan turunannya untuk penggunaan secara komersil ditemukan pada tesis *doctoral* Otto Rohm dari University of Tubingen pada tahun 1901, yang mempelajari pembuatan lembaran polimer seperti karet yang jernih dan tidak berwarna. Walaupun Rohm memperoleh paten untuk aplikasi akrilat pada tahun 1914, proses komersil untuk pembuatan monomer metakrilat tidak dikembangkan sampai tahun 1930-an (Ullmann's, 1989).

Pada tahun 1933, Kirk dan Othmer mendiskusikannya kembali dan berhasil memperbaiki proses tersebut, yang ditunjang dengan percobaan-percobaan yang dilakukan para ahli sebelumnya (Ullmann's, 1989).

Pada tahun 1983 MMA mulai diproduksi di Jepang oleh Mitsubishi melalui proses oksidasi isobutan yang dikembangkan kembali pada tahun 1988 melalui proses aseton sianohidrin. Sampai saat ini MMA sangat diperlukan untuk berbagai jenis bahan baku di industri kimia. Dengan meningkatnya kebutuhan akan metil metakrilat, maka diperlukan



pengembangan metode esterifikasi yang memungkinkan produksi secara kontinyu dan efisien (Ullmann's, 1989).

Dengan berbagai sifat yang dimilikinya tersebut, aplikasi dari metil metakrilat menjadi cukup luas. Di negara-negara maju metil metakrilat banyak digunakan dalam industri pelapis kulit (20%), industri pengecoran (26%), resin (11%), industri polimer (28%) dan untuk industri lainnya (15%) (Kirk dan Othmer, 1995). Berdasarkan data yang diperoleh dari Biro Pusat Statistik (BPS) diketahui bahwa kebutuhan metil metakrilat di Indonesia cenderung terus meningkat setiap tahunnya dan sampai saat ini belum ada pabrik yang memproduksinya, sehingga seluruh kebutuhan metil metakrilat di dalam negeri masih di impor dari beberapa negara di Asia, Eropa dan Amerika.

1.2. Kapasitas Perancangan

Di dalam pemilihan kapasitas pabrik MMA ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu:

1. Kebutuhan MMA di Indonesia,
2. Ketersediaan bahan baku,
3. Kapasitas yang sudah beroperasi.

1.2.1. Kebutuhan Metil Metakrilat di Indonesia

Seiring dengan industri pemakainya, pendirian pabrik MMA perlu dilakukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor. Berdasarkan data impor dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan impor MMA seiring dengan kondisi industrialisasi di Indonesia. Peningkatan kebutuhan MMA di Indonesia dapat dilihat pada tabel di bawah ini:



Tabel 1.1. Kebutuhan Metil Metakrilat di Indonesia

| No. | Tahun | Berat (kg) |
|-----|-------|------------|
| 1 | 2000 | 11.798.256 |
| 2 | 2001 | 11.802.208 |
| 3 | 2002 | 14.890.236 |
| 4 | 2003 | 12.411.280 |
| 5 | 2004 | 21.538.326 |
| 6 | 2005 | 22.682.810 |
| 7 | 2006 | 28.201.586 |
| 8 | 2007 | 26.590.494 |
| 9 | 2008 | 30.173.959 |
| 10 | 2009 | 32.814.543 |
| 11 | 2010 | 39.234.097 |
| 12 | 2011 | 42.590.949 |
| 13 | 2012 | 44.968.759 |

(Anonim, 2013)

1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk industri MMA adalah aseton sianohidrin, asam sulfat, dan metanol. Bahan baku asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik (kapasitas 600.000 ton/tahun), bahan baku metanol diperoleh dari pulau Kalimantan terutama pulau Bunyu, sedangkan bahan baku aseton sianohidrin diperoleh secara impor dari negara Jepang, Singapura, dan Taiwan.

1.2.3. Kapasitas Pabrik

Diketahui bahwa kapasitas minimal yang sudah ada untuk pendirian pabrik metil metakrilat adalah 10.000 ton/tahun yang berlokasi di Brazil (Kirk dan Othmer, 1995). Sedangkan kapasitas terbesar sampai saat ini untuk pabrik tersebut adalah 640.000 ton/tahun dengan lokasi pabrik di Amerika Serikat (Weissermel dan Jurgen, 2003).



Berdasarkan pada kebutuhan produk, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas pabrik yang sudah ada, maka dalam perancangan pabrik MMA ini dipilih kapasitas 50.000 ton/tahun dan pabrik mulai beroperasi pada tahun 2015. Dengan kapasitas ini diharapkan:

1. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga tidak perlu impor,
2. Dapat membuka kesempatan berdirinya lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat, dan
3. Sebagian produk bisa diekspor ke luar negeri sehingga menghasilkan tambahan devisa bagi negara.

1.3. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan dan kelangsungan proses suatu pabrik. Pemilihan lokasi pabrik didasarkan pada beberapa pertimbangan berikut:

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan hal yang paling utama dalam pengoperasian suatu pabrik, karena suatu pabrik akan beroperasi atau tidak sangat tergantung pada ketersediaan bahan baku. Bahan baku yang digunakan adalah aseton sianohidrin (ACH), asam sulfat, dan metanol. Bahan baku asam sulfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik. Bahan baku metanol diperoleh dari pulau Kalimantan terutama pulau Bunyu, sedangkan bahan baku aseton sianohidrin diperoleh secara impor dari negara Jepang, Singapura, dan Taiwan.

2. Pemasaran

Besar kecilnya pangsa pasar yang dikuasai oleh suatu perusahaan akan mempengaruhi perkembangan pabrik pada masa yang akan datang. Pabrik metil metakrilat yang akan didirikan ini bertujuan untuk memenuhi permintaan dalam negeri dan untuk diekspor. Untuk pemasaran dalam negeri yaitu pulau Jawa dan Sumatra. Untuk pemasaran luar negeri yaitu pabrik plastik (Malaysia, Australia, Cina), pabrik resin (Jepang, Malaysia, Cina), pabrik cat (Jepang), dan pabrik kosmetik (Argentina, Amerika).



Dengan perbandingan persentase 75% dari kapasitas produksi untuk kebutuhan dalam negeri dan sisanya untuk diekspor ke luar negeri.

3. Transportasi

Transportasi sangat dibutuhkan sebagai penunjang utama untuk penyediaan bahan baku pemasaran produk. Fasilitas transportasi meliputi darat (jalan raya), laut dan udara. Dengan adanya jalur transportasi ini, maka hubungan antar daerah diharapkan tidak mengalami hambatan.

4. Tenaga Kerja

Faktor tenaga kerja merupakan hal yang cukup penting untuk menunjang kelancaran proses produksi. Tenaga kerja dapat dipenuhi dari sumber daya manusia dari berbagai tingkat pendidikan.

5. Air

Kebutuhan pabrik akan air sangat besar. Untuk itu, diperlukan lokasi yang memungkinkan penyediaan air yang memadai. Daerah sekitar pantai atau kawasan industri yang kebutuhan airnya ter-support dengan baik, sangat potensial untuk menjadi lokasi pabrik ini.

6. Iklim

Lokasi pabrik dipilih di daerah yang memiliki iklim kondusif. Iklim yang terlalu panas akan mengakibatkan diperlukannya peralatan pendingin yang lebih banyak sedangkan iklim yang terlalu dingin atau lembab akan berakibat bertambahnya biaya konstruksi pabrik karena diperlukan perlindungan khusus pada alat-alat proses.

7. Sarana Komunikasi

Sarana komunikasi merupakan faktor penting untuk kelancaran industri dalam beroperasi. Fasilitas telekomunikasi yang memadai akan mempermudah komunikasi antara pabrik dengan para *stakeholder* yang berada di daerah sekitar pabrik.

Dari beberapa pertimbangan di atas, lokasi pabrik ini ditetapkan di Gesik, Jawa Timur.



1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1. Macam-macam Proses Berdasarkan Bahan Baku

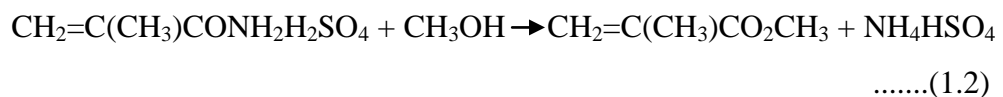
Berdasarkan bahan baku yang digunakan proses pembuatan MMA dapat dibedakan menjadi tiga cara yaitu (Gupta dan Edwards, 2003):

- a. Metil metakrilat dari aseton sianohidrin,
- b. Metil metakrilat dari isobutilen,
- c. Metil metakrilat dari etilen.

1.4.1.1 Metil Metakrilat dari Aseton Sianohidrin

Pendekatan yang paling aman untuk sintesa MMA adalah dengan hidrolisa metakrilamid sulfat, yang didapat dari aseton sianohidrin.

Reaksinya:



Aseton sianohidrin direaksikan dengan asam sulfat dalam reaktor hidrolisis untuk menghasilkan metakrilamid sulfat. Asam sulfat bertindak sebagai reaktan, katalis dan pelarut untuk reaksi. Reaksi ini berlangsung pada suhu 130°C dengan tekanan operasi 1 atm. Tahap selanjutnya, metakrilamid sulfat dialirkan menuju reaktor esterifikasi dengan penambahan metanol untuk mendapatkan MMA dan amonium bisulfat dengan kondisi reaktor pada suhu 110°C pada tekanan 5 atm. Konversi yang dihasilkan 98%. Selanjutnya aliran keluar reaktor dialirkan menuju kolom *stripper* guna memisahkan kandungan asam dari MMA. MMA yang masih banyak mengandung pengotor dimasukkan kolom distilasi yang selanjutnya dimurnikan di dekanter agar didapatkan produk yang lebih murni.

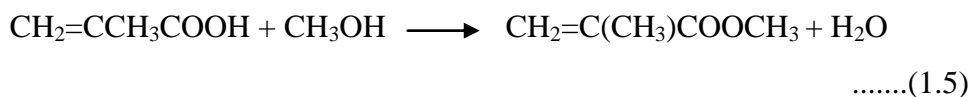
1.4.1.2 Metil Metakrilat dari Isobutilen

Tahap pertama dari reaksi ini adalah mengoksidasi isobutilen menjadi metakrolein. Kemudian tahap kedua adalah mengoksidasi



metakrolein menjadi asam metakrilat. Sedang untuk tahap terakhir adalah mereaksikan asam metakrilat dengan metanol untuk menghasilkan MMA. Ketiga reaksi ini berlangsung dengan bantuan katalis. Katalis yang umum dipakai pada tahap pertama adalah oksida logam multi komponen yang mengandung bismut, molibdenum dan sejumlah logam lain untuk meningkatkan aktivitas dan selektivitas. Tahap kedua menggunakan katalis yang dasarnya mengandung fosfolibdat, namun juga mengandung logam alkali untuk mengontrol keasaman. Untuk tahap ketiga umumnya menggunakan katalis asam sulfat. Masing-masing reaksi ini berlangsung dalam reaktor yang berbeda. Konversi yang dihasilkan 75%.

Reaksinya:



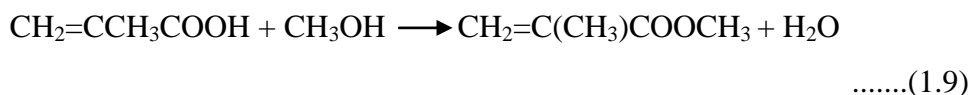
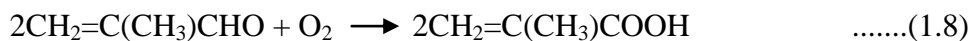
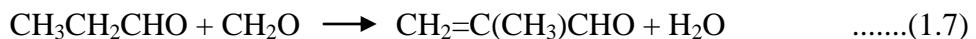
Reaktor oksidasi pertama beroperasi pada suhu 395°C, dengan tekanan operasi 1-2 atm. Reaktor oksidasi tahap kedua beroperasi pada suhu 350°C, dengan tekanan operasi 3,7 atm. Tahap ketiga menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk dengan tekanan 6,8-7,5 atm pada suhu 70-100°C. Selanjutnya aliran keluar reaktor ketiga dialirkan melalui *scrubber* untuk mendapatkan *crude* MMA. Keluaran *scrubber* yang berupa gas dilewatkan ke dalam *absorber* untuk menyerap metakrolein yang tidak bereaksi. Sebagai penyerap biasanya digunakan larutan asam-asam karboksilat. *Off gas absorber* dikirim ke unit pembakaran sebelum dibuang ke udara. Sedang metakrolein yang terserap dialirkan ke *stripper*, yang mana metakrolein akan dikembalikan ke reaktor kedua dan penyerap dikembalikan ke *absorber*. MMA mentah yang diperoleh dikirim ke menara distilasi untuk mendapatkan MMA dengan kemurnian yang tinggi.



1.4.1.3 Metil Metakrilat dari Etilen

Pembuatan MMA dari etilen melewati 4 tahap yaitu dengan cara mengkondensasi etilen dengan karbon monoksida dan hidrogen untuk mendapatkan propionaldehid pada kondisi 15 atm, 30°C pada fase gas. Kemudian direaksikan dengan formaldehid untuk mendapatkan metakrolein dalam dengan kondisi operasi 49 atm, 160-185°C. Reaksi berjalan pada fase cair. Metakrolein yang terbentuk direaksikan dalam fase gas dengan oksigen pada tekanan 350 atm dan suhu 100°C sehingga menghasilkan asam metakrilat yang kemudian direaksikan dengan metanol. Reaksi tahap terakhir tersebut terjadi pada fase cair pada suhu 70-100°C, tekanan 6,8-7,5 atm. Reaksi ini akan memberikan konversi sebesar 75% dengan menggunakan katalis berupa logam multi komponen.

Reaksinya:



Berdasarkan ciri masing-masing proses tersebut, maka pembuatan MMA ini menggunakan proses dengan bahan baku aseton sianohidrin, dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Proses ini menghasilkan konversi yang paling tinggi, yaitu 98%,
2. Kondisi operasi yang mudah dicapai sehingga tidak memerlukan perlakuan awal yang rumit dan tidak memerlukan energi yang besar,
3. Katalis yang digunakan juga sebagai reaktan dan pelarut sehingga tidak memerlukan perlakuan khusus seperti pada proses yang lain.

1.4.2. Kegunaan Metil Metakrilat

Secara komersil MMA banyak digunakan sebagai bahan baku polimer, di mana polimer (polimer metakrilat) tersebut dapat diproduksi menjadi plastik yang kuat, transparan dan tingkat kestabilan yang tinggi.



Karakteristik khusus dari polimer ini mempunyai kejernihan yang sangat baik dan tahan terhadap bermacam-macam reagen. Dengan sifat-sifat yang dimilikinya tersebut maka tidak dibutuhkan zat-zat aditif dalam pembuatan plastik.

Tabel 1.2. Industri Pemakai MMA

| No | Jenis Industri | Produk |
|----|-----------------|---|
| 1. | Lembaran cor | Plastik pelapis tahan panas |
| 2. | Pelapisan kulit | Pelapis kulit, cat |
| 3. | Pengecoran | Bahan kimia untuk elektronik dilapisi plastik tahan panas |
| 4. | Minyak adisi | Minyak pelumas, sintetis pelumas, bensin adisi |

1.4.3. Sifat Fisika dan Sifat Kimia Bahan Baku dan Produk

1.4.3.1. Bahan Baku

A. Aseton Sianohidrin

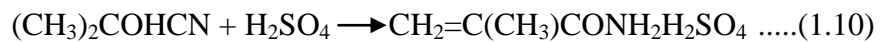
A.1. Sifat Fisis (Yaws, 1999)

| | |
|-------------------|--|
| Rumus molekul | : $(\text{CH}_3)_2\text{COHCN}$ |
| Bentuk fisik | : cair |
| Warna | : tidak berwarna |
| Berat molekul | : 85,11 g/mol |
| Titik Didih | : 170,85°C |
| Titik lebur | : -19°C |
| Temperatur kritis | : 373,85°C |
| Tekanan kritis | : 41,9 atm |
| Densitas | : 923,2938 kg/m ³ (pada T=30°C) |
| Viskositas | : 0,59 cp (pada T=30°C) |
| Kemurnian | : minimal 98% berat aseton sianohidrin |
| Impuritas | : maksimal 2% berat air |



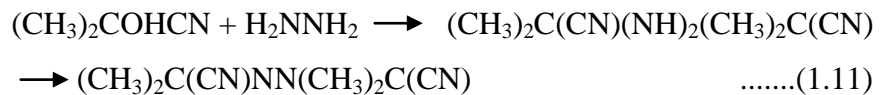
A.2. Sifat Kimia (Kirk dan Othmer, 1995)

1. Bereaksi dengan asam sulfat membentuk metakrilamid sulfat



2. Bereaksi dengan hidrazin

Aseton sianohdrin akan bereaksi dengan hidrazin membentuk hidrazin A yang kemudian dengan oksidasi menggunakan air dan klorin akan menghasilkan 2,2 azobisisobutironitril (AIBN)



B. Asam Sulfat

B.1. Sifat Fisis (Yaws, 1999)

| | |
|--------------------|---|
| Rumus molekul | : H_2SO_4 |
| Bentuk fisik | : cair |
| Warna | : tidak berwarna |
| Berat molekul | : 98,08 g/mol |
| Titik Didih | : 336,85°C |
| Titik lebur | : 10,49°C |
| Temperature kritis | : 651,85°C |
| Tekanan kritis | : 63,16 atm |
| Densitas | : 1826,9712 kg/m ³ (pada T=30°C) |
| Viskositas | : 19,7 cp (pada T=30°C) |
| Kemurnian | : minimal 98% berat asam sulfat |
| Impuritas | : maksimal 2% berat air |

B.2. Sifat Kimia (Kirk dan Othmer, 1995)

1. Merupakan asam kuat
2. Bersifat higroskopis
3. H_2SO_4 bereaksi dengan HNO_3 akan menghasilkan ion nitrit/nitronium (NO_2^+) yang berguna dalam reaksi nitrasi.





C. Metanol

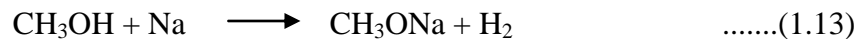
C.1. Sifat Fisis (Yaws, 1999)

| | |
|-------------------|--|
| Rumus molekul | : CH ₃ OH |
| Bentuk fisik | : cair |
| Warna | : tidak berwarna |
| Berat molekul | : 32,04 g/mol |
| Titik Didih | : 64,75°C |
| Titik lebur | : -117,68°C |
| Temperatur kritis | : 219,43°C |
| Tekanan kritis | : 79,90 atm |
| Densitas | : 782,6686 kg/m ³ (pada T=30°C) |
| Viskositas | : 0,5050 cp (pada T=30°C) |
| Kemurnian | : minimal 85% berat metanol |
| Impuritas | : maksimal 15% berat air |

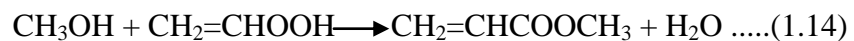
C.2. Sifat Kimia (Kirk dan Othmer, 1995)

Metanol merupakan alkohol alifatik dengan rumus molekul CH₃OH yang reaktifitasnya ditentukan oleh gugus hidroksinya. Reaksi dengan metanol terjadi melalui pecahnya gugus C-O dan ikatan -H. Reaksi yang penting dalam industri :

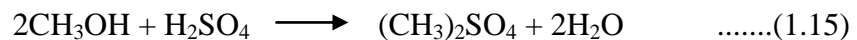
1. Dengan logam Na membentuk sodium metilat dan gas H₂



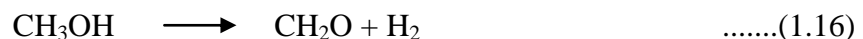
2. Dengan asam akrilat membentuk metil akrilat



3. Dengan asam sulfat membentuk dimetil sulfat



4. Dehidrogenasi metanol akan menghasilkan formaldehid





1.4.3.2. Produk

A. Metil Metakrilat

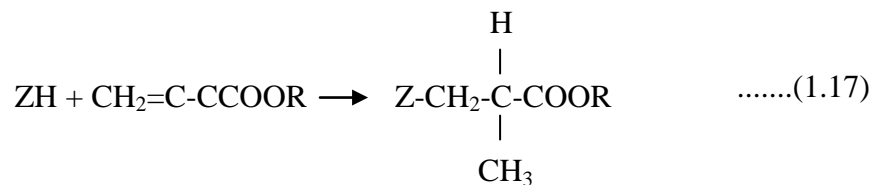
A.1. Sifat Fisis (Yaws, 1999)

| | |
|-------------------|--|
| Rumus molekul | : CH ₂ C(CH ₃)CO ₂ CH ₃ |
| Bentuk fisik | : cair |
| Warna | : tidak berwarna |
| Berat molekul | : 100,11 g/mol |
| Titik Didih | : 100,35°C |
| Titik lebur | : -48°C |
| Temperatur kritis | : 290,85°C |
| Tekanan kritis | : 36,32 atm |
| Densitas | : 931,5888 kg/m ³ (pada T=30°C) |
| Viskositas | : 0,512 cp (pada T=30°C) |
| Kemurnian | : minimal 99% berat metil metakrilat |
| Impuritas | : maksimal 1% impuritas |

A.2. Sifat Kimia (Kirk dan Othmer, 1995)

1. Reaksi adisi pada ikatan rangkap karbon

Penambahan hidrogen sianida, hidrogen halida, hidrogen sulfida, merkaptan, alkil amina, alkohol, fenol atau fosfin akan menghasilkan β yang tersubstitusi menjadi α -metil propionat.



2. Reaksi Dies-Alder

Reaksi Dies-Alder terjadi dengan diena, seperti butadiena dan siklopentadiena.