

# BAB 1

## PEMBAHASAN UMUM

### 1.1. Pendahuluan

Dalam perekonomian disuatu negara, sektor industri dianggap sebagai sektor yang mampu menjadi pimpinan dari sektor-sektor lain. Makna pimpinan disini adalah dengan adanya pembangunan industri maka akan memacu dan mengangkan pembangunan sektor-sektor lainnya. Hal tersebut dikarenakan produk industri sangat beragam dan memberikan nilai serta manfaat yang tinggi bagi masyarakat. Industri menjadi penolong bagi perekonomian suatu negara terutama itu untuk negara berkembang. Tujuan utama dari pembangunan industri itu sendiri adalah untuk meningkatkan kemakmuran dan kesejahteraan rakyat, meningkatkan pertumbuhan ekonomi nasional, membuka lapangan kerja, dan juga menunjang serta memperkuat stabilitas nasional.

Dalam dunia industri selalu mengalami peningkatan produksi bahan kimia, salah satunya adalah 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. Metil metakrilat dapat dibuat dengan bahan baku asam metakrilat dan juga methanol dengan proses esterifikasi (*Ullmann, 1989*).

Otto Rohm (1901) mempelajari pembuatan lembaran polimer seperti karet yang jernih dan tidak berwarna. Pada tahun 1914 proses komersil untuk pembuatan monomer metakrilat tidak dikembangkan sampai tahun 1930-an (*Ullmann, 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, 1989*).

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, 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 (*Solikhin, 2016*).

Pertimbangan di atas menjadi landasan yang cukup untuk mengkaji pendirian pabrik metil metakrilat di Indonesia sebagai investasi dimasa yang akan datang. Pabrik ini akan beroperasi secara optimal dengan adanya dukungan kemampuan modal yang memadai.

## **1.2. Sejarah dan Perkembangan**

Pada tahun 1877 ahli kimia Jerman Wilhelm Rudolph Fittig menemukan proses polimerisasi yang mengubah metil metakrilat ke polimetil metakrilat. Bahan ini dikembangkan pada tahun 1928 di berbagai laboratorium dan dibawa ke pasaran oleh Rohm and Haas *Company* pada tahun 1933. Pada tahun 1936 ICI

akrilik (sekarang *Lucite International*) memulai produksi komersial pertama dari kaca pengaman akrilik.

Selama Perang Dunia II baik Sekutu dan pasukan Axis menggunakan kaca akrilik untuk periskop kapal selam, kaca depan pesawat, dan kanopi. Berdasarkan USITC (*United States International Trade Commission*), *Cyrol Industries*, *DuPont Company*, dan *Rohm & Haas Company* adalah produsen utama metil metakrilat di Amerika Serikat pada tahun 1992. Pada tahun 1992, produksi metil metakrilat diperkirakan 547,824 ton. Amerika Serikat mengimpor £10.000.000 dan mengekspor £120,000,000 metil metakrilat pada tahun 1992 (*Ullmann, 1989*).

Hingga saat ini perkembangan metil metakrilat sangat signifikan karena fungsinya yang dapat diaplikasikan di banyak bidang. Metil metakrilat merupakan bahan baku untuk pembuatan metakrilat lainnya. Turunannya ini meliputi Etil Metakrilat (EMA), Butil Metakrilat (BMA) dan 2-etil Heksil Metakrilat (2-EHMA). Namun, aplikasi utama dari metil metakrilat adalah pembuatan Polimetil Metakrilat (PMMA) (*Amaliyah, 2015*).

Poli Metil Metakrilat (PMMA) merupakan senyawa homopolimer yang dibentuk dari reaksi polimerisasi adisi senyawa metil metakrilat. Senyawa ini juga dikenal dengan nama dagang *flexiglass* (gelas yang fleksibel). PMMA berupa plastik bening, keras dan kuat, namun ringan dan fleksibel. Pemanfaatannya sebagai bahan pencampur gelas, pencampur logam, dan yang paling mudah kita amati adalah digunakan untuk lampu belakang mobil ataupun kaca jendela pesawat terbang (*Ullmann, 1989*).

Polimetil metakrilat (*Polymethyl methacrylate*) atau poli (*methyl 2-metilpropenoat*) adalah polimer sintetis dari metil metakrilat. Bahan yang bersifat

thermoplastis (mencair bila dipanasi) dan transparan ini dijual dengan merek dagang *Plexiglas*, *Vitroflex*, *Perspex*, *Limacryl*, *Acrylite*, *Acrylplast*, *Altuglas*, dan *Lucite* serta pada umumnya disebut dengan 'kaca akrilik' atau sekedar 'akrilik'. Metil metakrilat juga digunakan untuk produksi co-polymer Metil Metakrilat-Butadiena-Stirena (MBS), sebagai pengubah untuk PVC, dan juga digunakan sebagai "nat" oleh ahli bedah ortopedi untuk membuat sisipan tulang untuk memperbaiki tulang (*Amaliyah, 2015*)

### **1.3. Kegunaan Produk**

Penggunaan Metil Metakrilat adalah sebagai berikut:

#### **1. Industri Polimer**

##### **a. Polimetil Metakrilat (PMMA)**

Penggunaan terbesar Metil Metakrilat adalah sebagai bahan baku dalam pembuatan Polimetil Metakrilat, yaitu sebesar 47% (ICIS, 2007). Polimetil Metakrilat merupakan salah satu jenis resin sintesis yang diperoleh dari hasil polimerisasi Metil Metakrilat dengan metode emulsi dan suspensi. Sebagai plastik yang transparan dan kaku serta memiliki sifat transmisi cahaya tampak yang hampir sempurna, Polimetil Metakrilat dapat menjadi bahan yang ideal sebagai pengganti kaca. Penggunaan Polimetil Metakrilat yang cukup populer adalah pada tanda-tanda internal yang menyala untuk iklan dan arah. Selain itu, Polimetil Metakrilat juga digunakan sebagai bahan dalam pembuatan kanopi pesawat, panel instrumen, lensa pada lampu

eksterior dalam mobil, kaca otomotif, dan langit-langit (Houston Astrodome) (Ullmann, 1989).

b. Resin Akrilik

Resin Akrilik merupakan plastik (resin) yang dihasilkan melalui reaksi kimia dengan cara menerapkan inisiator polimerisasi dan pemanasan Metil Metakrilat. Pada dasarnya Resin Akrilik tersedia dalam beberapa macam bentuk, seperti bentuk bubuk-cairan, gel, dan lembaran. Namun, saat ini bentuk bubuk-cairan merupakan bentuk yang paling populer. Resin Akrilik terdiri atas bubuk polimer berupa Polimetil Metakrilat dan cairan monomer berupa Metil Metakrilat dengan perbandingan 3:1 (berdasarkan volume) dan 2:1 (berdasarkan berat) (Sabrina, 2019).

c. Cat dan Pelapis

Penggunaan terbesar Metil Metakrilat dalam industri pembuatan cat dan resin adalah sebagai *co-monomer* pada cat dan resin berjenis akrilik. Sebagian besar jenis cat akrilik mengandung satu atau lebih dari produk Metakrilat, termasuk cat perumahan, komersial dan industri serta pelapis bubuk. Sifat-sifat monomer Metil Metakrilat memungkinkan produsen pelapis polimer untuk merancang penggunaan pelapis akhir yang dapat diterapkan untuk mengurangi emisi senyawa organik yang mudah menguap yang berperan dalam pembentukan kabut asap. Metil Metakrilat memungkinkan cat dan pelapis dibuat dan mudah diaplikasikan untuk menghasilkan lapisan permukaan pelindung yang tahan lama karena sangat tahan terhadap

cuaca, sinar matahari, dan faktor lain yang dapat menyebabkan kegagalan jenis lapisan lainnya. Penggunaan Metil Metakrilat tersebut antara lain pada pelapis logam, perekat, *sealant*, pemoles lantai, tinta, *industrial finishing*, *textile finishing*, *PVC impact modifiers*, dan lain sebagainya (Sabrina, 2019).

## 2. Industri Kosmetik

Metil Metakrilat digunakan sebagai bahan pengikat pada proses pembuatan kuku sintetis. Sebagai bahan pengikat pada kuku sintetis, Metil Metakrilat lebih cepat dan lebih kuat melekat dibandingkan dengan bahan pengikat lainnya. Kendati memiliki harganya yang relatif lebih murah dibandingkan kuku akrilik lainnya, penggunaan Metil Metakrilat pada kuku sintetis tersebut memiliki beberapa kekurangan, diantaranya tidak fleksibel, lebih keras dan sulit untuk dihilangkan. Kuku sintetis berbasis Metil Metakrilat tersebut banyak digunakan di Australia, sedangkan di Indonesia penggunaan Metil Metakrilat masih terbatas pada industri cat dan resin. Selain itu, Metil Metakrilat juga digunakan dalam bentuk mikrosfer di beberapa cairan yang disuntikkan dibawah kulit untuk mengurangi kerutan dan bekas luka (Sastri, 2010).

## 3. Bidang Kesehatan

Metil Metakrilat yang dapat digunakan dalam bidang kesehatan merupakan Metil Metakrilat yang berbasis ester Asam Metakrilat dan ester Asam Akrilat. Secara umum, penggunaan Resin Akrilik dalam bidang kedokteran gigi adalah sebagai bahan *denture base*, *orthodontik base*, basis gigi tiruan, pembuatan anasir gigi tiruan (*artificial teeth*) dan dapat

pula digunakan sebagai bahan restorasi untuk mengganti gigi yang rusak. Resin akrilik ini memiliki beberapa keunggulan daya serap air relatif rendah, dan dalam proses manipulasinya mudah dilakukan karena tidak memerlukan peralatan rumit. Selain itu, Resin Akrilik dengan Polimetil Metakrilat yang memiliki kemurnian tinggi juga digunakan dalam pembuatan peralatan medis seperti inkubator bayi, implan intraokular atau lensa intraokular (IOL), *cuvettes*, paket tes diagnostik dan lain sebagainya (Sastri, 2010).

#### 1.4. Macam-Macam Proses Pembuatan Metil Metakrilat

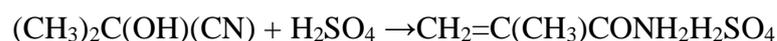
Berdasarkan proses yang digunakan dalam pembuatan MMA dapat dibedakan menjadi 4 cara yaitu:

- a. Metil metakrilat dari proses hidrolisa dan esterifikasi
- b. Metil metakrilat dari proses oksidasi dan esterifikasi
- c. Metil metakrilat dari proses eliminasi, oksidasi, dan esterifikasi
- d. Metil metakrilat dari proses esterifikasi

##### 1.4.1. Proses Hidrolisa dan Esterifikasi

Pendekatan yang paling aman untuk sintesa MMA adalah dengan hidrolisa metakrilamid sulfat yang didapat dari aseton sianohidrin (Edwards, 2003).

Reaksinya:



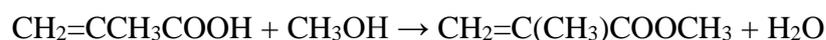
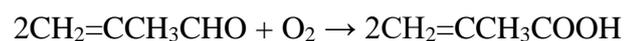
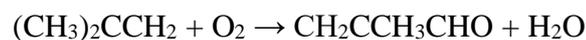
Aseton sianohidrin direaksikan dengan asam sulfat dalam reaktor hidrolisis untuk menghasilkan metakrilamid sulfat. Asam sulfat bertindak sebagai

reaktan, katalis dan pelarut untuk reaksi. Reaksi ini berlangsung pada suhu 130°C, 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% (*Edwards, 2003*).

#### 1.4.2. Proses Oksidasi dan Esterifikasi

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% (*Edwards, 2003*).

Reaksinya:



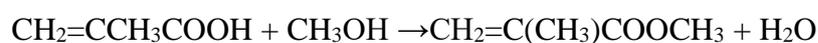
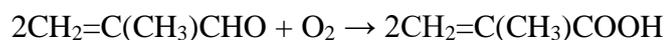
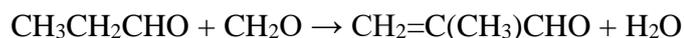
Reaktor oksidasi pertama beroperasi pada suhu 395°C, dengan tekanan operasi 1-2 atm. Reaktor oksidasi tahap kedua beroperasi pada suhu 350°C,

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.

#### 1.4.3. Proses Eliminasi, Oksidasi, dan Esterifikasi

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(Edwards, 2003).

Reaksinya:

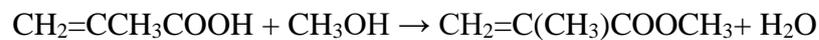


#### 1.4.4. Proses Esterifikasi

Tahap utama dari reaksi ini adalah mereaksikan asam metakrilat dengan metanol untuk menghasilkan MMA menggunakan katalis asam sulfat. Reaksi ini berlangsung dalam Reaktor CSTR pada suhu 60-92 °C dan tekanan 1 atm. Reaksi

yang terjadi bersifat eksotermis sehingga memerlukan air pendingin untuk menjaga suhu operasi. Konversi yang dihasilkan adalah 99,6% (*Edwards, 2003*).

Reaksinya:



(Asam Metakrilat) (Metanol) (Metil Metakrilat) (Air)

Berdasarkan ciri masing-masing proses tersebut, maka pembuatan MMA ini menggunakan proses esterifikasi, dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Proses yang tidak panjang karena tanpa pembentukan metakrolein dan asam metakrilat terlebih dahulu,
2. Proses ini menghasilkan konversi yang sangat tinggi, yaitu sebesar 99,6%
3. Kondisi operasi yang mudah dicapai sehingga tidak memerlukan perlakuan awal yang rumit dan tidak memerlukan energi yang besar,
4. Katalis yang digunakan mudah didapat.

(*Patent CN107056617A, 2017*)

## 1.5. Sifat Fisika dan Kimia

### 1.5.1. Bahan Baku

#### 1.5.1.1. Metanol

##### a. Sifat Fisis

Rumus molekul	: CH <sub>3</sub> OH
Bentuk fisik	: cair
Warna	: tidak berwarna
Berat molekul	: 32,0421 g/mol
Titik Didih	: 64,75°C

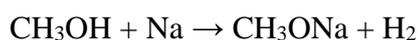
Titik lebur	: -117,68°C
Temperatur kritis	: 219,43°C
Tekanan kritis	: 79,90 atm
Densitas	: 792 kg/m <sup>3</sup> ( pada T=30°C )
Viskositas	: 0,5050 cp ( pada T=30°C )
Kemurnian	: minimal 85% berat metanol
Impuritas	: maksimal 15% berat air

(Yaws, 1999)

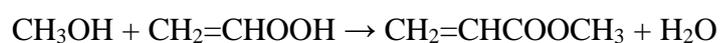
#### b. Sifat Kimia

Metanol merupakan alkohol alifatik dengan rumus molekul CH<sub>3</sub>OH yang reaktifitasnya ditentukan oleh gugus hidroksinya. Reaksi dengan metanol terjadi melalui pecahnya gugus C-O dan ikatan -H. Reaksi yang penting dalam industri :

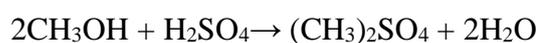
1. Dengan logam Na membentuk sodium metilat dan gas H<sub>2</sub>



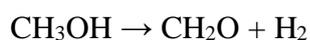
2. Dengan asam akrilat membentuk metil akrilat



3. Dengan asam sulfat membentuk dimetil sulfat



4. Dehidrogenasi metanol akan menghasilkan formaldehid



(Kirk dan Othmer, 1995)

### 1.5.1.2. Asam Metakrilat

#### a. Sifat Fisis)

Rumus molekul	: CH <sub>2</sub> =CCH <sub>3</sub> COOH
Bentuk fisik	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Berat molekul	: 86,0906 g/mol
Titik didih	: 325,4°F (163°C )
Titik lebur	: 60,8°F (16°C)
Temperature kritis	: 370 °C
Tekanan kritis	: 46,38 atm
Viskositas	: 1,4276 cp
Densitas	: 1,011 kg/m <sup>3</sup>
Kemurnian	: 98 % berat asam metakrilat

(Yaws, 1999)

#### b. Sifat Kimia

1. Berada pada golongan asam karboksilat
2. Bersifat toksisitas
3. Bereaksi dengan oksigen menghasilkan metil metakrilat



(Othmer, 1995)

### 1.5.1.3. Asam Sulfat

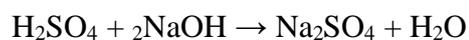
#### a. Sifat Fisis)

Rumus molekul	: H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Bentuk fisik	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Berat molekul	: 98,08 g/mol
Titik didih	: 336,85 °C
Titik leleh	: 10,31°C
Suhu kritis	: 650,89 °C
Tekanan Kritis	: 63,16 atm
Viskositas	: 3,9 cp (pada 25 °C)
Densitas	: 1,84 g/cm <sup>3</sup>
Kemurnian	: 98,5 %

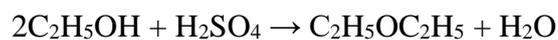
(Yaws, 1999)

#### b. Sifat Kimia

1. Bereaksi dengan basa membentuk garam dan air



2. Bereaksi dengan alkohol menghasilkan ester dan air



## 1.5.2. Produk

### 1.5.2.1. Metil Metakrilat

#### a. Sifat Fisis

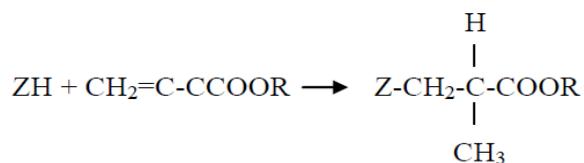
Rumus molekul	: CH <sub>2</sub> C(CH <sub>3</sub> )CO <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
Bentuk fisik	: cair
Warna	: tidak berwarna
Berat molekul	: 100,1157 g/mol
Titik Didih	: 100,35°C
Titik lebur	: -48°C
Temperatur kritis	: 290,85°C
Tekanan kritis	: 36,32 atm
Densitas	: 940 kg/m <sup>3</sup> (pada T=30°C)
Viskositas	: 0,912 cp ( pada T=30°C)
Kemurnian	: minimal 99% berat metil metakrilat
Impuritas	: maksimal 1% impuritas

(Yaws, 1999)

#### b. Sifat Kimia

##### 1. Reaksi adisi pada ikatan rangkap karbon

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



## 2. Reaksi Dies-Alder

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

*(Kirk dan Othmer, 1995)*

### 1.5.2.2. Air

#### a. Sifat Fisis

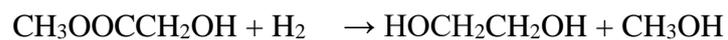
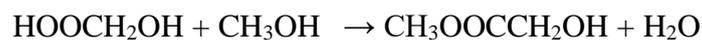
Rumus molekul	: H <sub>2</sub> O
Bentuk fisik	: cair
Warna	: tidak berwarna
Berat molekul	: 18,0153 gr/mol
Titik Didih	: 100 °C (373,15 K) (212 °F) (pada 1 atm)
Titik lebur	: 0 °C (273,15 K) (32 °F) (pada 1 atm)
Temperatur kritis	: 374 °C
Tekanan kritis	: 217 atm
Spesifik gravity	: 1,00 (4 °C)
Densitas	: 997kg/m <sup>3</sup> (pada T=30°C)
Viskositas	: 0,8949 cp
Kapasitas panas	: 1 kal/gr
Indeks bias	: 1,333 (20 °C)
Panas pembentukan	: 80 kal/gr
Panas penguapan	: 540 kal/gr

*(Perry, 1997)*

**b. Sifat Kimia**

Air mempunyai rumus kimia  $H_2O$ , yang berarti satu molekul air terdiri dari dua atom hydrogen dan satu atom oksigen. Sering digunakan sebagai pelarut. Air juga merupakan senyawa kimia yang paling aman dan paling dibutuhkan seluruh makhluk hidup karena tanpa air, makhluk hidup tidak akan bisa bertahan hidup

Salah satu reaksi yang penting dalam industri adalah dalam pembentukan etilen glikol:



*(Mc Ketta, 1984)*