

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang terus melakukan pembangunan di berbagai sektor guna mencapai kemandirian dan ketahanan ekonomi nasional. Salah satu sektor yang menjadi fokus utama pembangunan nasional adalah sektor industri, khususnya industri kimia. Industri kimia memiliki peranan strategis dalam memperkuat struktur perekonomian nasional, meningkatkan ketahanan ekonomi, memperluas lapangan kerja, serta mendorong pertumbuhan sektor industri lainnya.

Perkembangan teknologi dan meningkatnya aktivitas industrialisasi, baik di dalam negeri maupun secara global, menyebabkan kebutuhan terhadap bahan-bahan kimia terus meningkat, baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Hampir seluruh negara di dunia saat ini mengandalkan sektor industri sebagai penggerak utama pertumbuhan ekonomi. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan industri yang mampu memproduksi bahan baku, bahan setengah jadi, serta bahan penunjang industri guna mendukung pembangunan industri kimia secara menyeluruh.

Salah satu bahan kimia yang memiliki peranan penting dan prospek yang baik untuk dikembangkan adalah Metil Metakrilat (*Methyl Methacrylate*/MMA). Kebutuhan metil metakrilat di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan berkembangnya industri pengguna. Namun, hingga saat ini pemenuhan kebutuhan Metil Metakrilat di dalam negeri masih bergantung pada impor dari luar negeri. Ketergantungan terhadap impor tersebut perlu dikurangi melalui pendirian pabrik Metil Metakrilat di dalam negeri.

Metil Metakrilat merupakan senyawa turunan ester dengan rumus molekul  $C_5H_8O_2$  yang digunakan sebagai monomer utama dalam pembuatan resin akrilik, khususnya *Poly-Methyl Methacrylate* (PMMA). PMMA memiliki berbagai keunggulan dibandingkan plastik jenis lain, antara lain tingkat transparansi yang tinggi, kestabilan yang baik, ketahanan terhadap goresan, mudah dibentuk, serta memiliki bobot yang ringan. Sifat-sifat tersebut menjadikan PMMA banyak digunakan dalam berbagai sektor industri.

Dengan meningkatnya permintaan PMMA, kebutuhan terhadap Metil Metakrilat juga akan terus meningkat. Oleh karena itu, pendirian pabrik Metil Metakrilat di Indonesia dinilai

memiliki prospek yang sangat baik dan strategis, baik dari segi teknis, ekonomis, maupun dalam mendukung pengembangan industri kimia nasional serta mengurangi ketergantungan terhadap produk impor

### 1.1.1 Sejarah

Metil metakrilat (MMA) awalnya dihasilkan dari reaksi antara asam akrilat dan metanol. Sejarah perkembangannya dimulai pada tahun 1843 ketika asam akrilat pertama kali diproduksi, diikuti dengan formulasi asam metakrilat dari asam akrilat pada tahun 1865. Tonggak penting terjadi pada tahun 1877 ketika ahli kimia Jerman Wilhelm Rudolf Fittig menemukan proses polimerisasi yang mengubah metil metakrilat menjadi polimetil metakrilat (PMMA).

Bahan ini terus dikembangkan di berbagai laboratorium pada tahun 1928 dan secara komersial dipasarkan oleh Rohm dan Haas pada tahun 1933, bersamaan dengan dipatenkannya nama merek "*Glass*". Tiga tahun kemudian pada 1936, ICI Acrylics (kini dikenal sebagai Lucite International) memulai produksi kaca pengaman akrilik secara komersial. Penggunaan akrilik mencapai puncaknya selama Perang Dunia II, di mana kekuatan Sekutu dan Poros memanfaatkan material ini untuk periskop kapal selam, kaca depan, kanopi, dan menara pesawat.

Perkembangan metil metakrilat hingga saat ini sangat signifikan karena fungsinya yang dapat diaplikasikan pada banyak bidang. Sebagai bahan baku utama, metil metakrilat digunakan untuk pembuatan berbagai turunan metakrilat lainnya, termasuk *Ethyl Meth-Acrylate* (EMA), *Butyl Meth-Acrylate* (BMA), dan *2-Ethyl Hexyl Meth-Acrylate* (2-EHMA). Senyawa ini juga digunakan untuk produksi *co-polymer Methyl Methacrylate Butadiene-Styrene* (MBS) yang berfungsi sebagai pengubah untuk PVC. Namun, aplikasi utama metil metakrilat adalah untuk pembuatan PMMA melalui reaksi polimerisasi adisi.

PMMA merupakan sejenis plastik transparan yang keras, kuat, ringan, dan fleksibel dengan sifat termoplastik (meleleh saat dipanaskan). Material ini dijual dengan berbagai merek dagang seperti *Flexiglas*, *Vitroflex*, *Perspex*, *Limacryl*, *Acrylite*, *Acryplast*, *Altuglas*, dan *Lucite*, serta umumnya disebut sebagai kaca akrilik atau akrilik. Penggunaannya dapat diamati pada lampu belakang mobil dan jendela pesawat sebagai campuran kaca dan logam.

Dalam bidang medis, PMMA juga digunakan sebagai "nat" oleh ahli bedah ortopedi untuk membuat sisipan tulang dalam perbaikan tulang.

### **1.1.2 Alasan Pendirian Pabrik**

Pendirian pabrik metil metakrilat (MMA) di Indonesia merupakan langkah strategis yang memberikan dampak positif signifikan bagi perekonomian nasional. Dengan meningkatnya permintaan global terhadap MMA, hal ini membuka peluang besar bagi Indonesia untuk mengembangkan ekonomi nasional melalui produksi lokal. Indonesia saat ini sangat membutuhkan bahan kimia dasar ini untuk mendukung berbagai sektor industri, namun hingga saat ini masih bergantung pada impor untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kementerian Perindustrian (Kemenperin), permintaan impor metil metakrilat Indonesia rata-rata mencapai 88101708.96 ton per tahun dari periode 2020 hingga 2025. Meskipun kebutuhan MMA tinggi dan kegunaannya beragam, Indonesia belum mampu memenuhi permintaan pasar domestik karena produksi komersial metil metakrilat masih sangat rendah dan Indonesia belum memiliki pabrik MMA yang beroperasi secara komersial.

Adapun alasan strategis pendirian pabrik MMA di Indonesia didasarkan pada beberapa pertimbangan. Pertama, memenuhi kebutuhan dalam negeri akan bahan kimia MMA sebagai bahan baku untuk industri plastik dan aplikasi lainnya, seperti industri cat, resin, peralatan rumah tangga, kosmetik, dan industri polimer. Kedua, menciptakan lapangan kerja baru yang dapat mengurangi tingkat pengangguran di Indonesia. Ketiga, menghemat devisa negara dengan mengurangi ketergantungan pada impor bahan kimia dan meningkatkan potensi pendapatan negara dari pajak serta ekspor produk ke berbagai negara. Keempat, mengantisipasi permintaan domestik yang terus berkembang dan mengurangi ketergantungan pada impor dari beberapa negara di Asia, Eropa, dan Amerika. Kelima, meningkatkan pengembangan sumber daya manusia melalui transfer teknologi dan peningkatan kemampuan industri dalam negeri.

Kehadiran pabrik MMA tidak hanya akan menguntungkan sektor ekonomi Indonesia, tetapi juga dapat mendorong pertumbuhan industri-industri yang bergantung pada MMA sebagai bahan baku. Melihat prospek yang cerah dan rencana pembangunan pabrik yang

matang, produksi Metil Metakrilat merupakan komoditas yang sangat relevan untuk diperhatikan, terutama dalam menghadapi persaingan ketat di dunia industri global.

## 1.2 Kapasitas Rancangan

Penetapan kapasitas produksi yang optimal didasarkan pada sejumlah faktor penting, meliputi proyeksi kebutuhan metil metakrilat di Indonesia, ketersediaan pasokan bahan baku, dan standar kapasitas produksi minimal yang diperlukan.

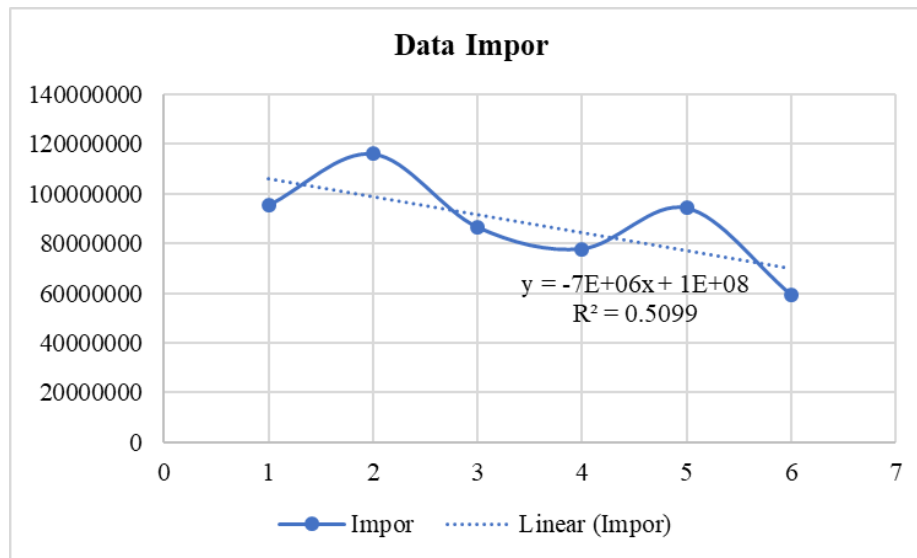
### 1.2.1 Kebutuhan

Kapasitas produksi metil metakrilat dapat ditentukan berdasarkan jumlah kebutuhan metil metakrilat di dalam negeri. Kebutuhan metil metakrilat yang ada di Indonesia dapat dilihat dari data impor pada ekspor-impor oleh Badan Pusat Statistik (BPS). Berdasarkan dari data-data yang telah dikumpulkan melalui Badan Pusat Statistik (BPS), kebutuhan metil metakrilat menunjukkan adanya peningkatan pada setiap tahunnya. Adapun kebutuhan metil metakrilat di Indonesia pada tahun 2020 sampai dengan 2025 dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1 Data Impor Metil Metakrilat Tahun 2020 - 2025

| Tahun                | Kebutuhan (Ton/Tahun) | %P                  |
|----------------------|-----------------------|---------------------|
| 2020                 | 95.265.660            | 0                   |
| 2021                 | 115.598.189           | 21,34298            |
| 2022                 | 86.509.201            | -25,16388           |
| 2023                 | 77.702.306            | -10,18029863        |
| 2024                 | 94.215.855            | 21,25232808         |
| 2025                 | 59.319.042,76         | -37,03921409        |
| Total                | 528.610.253,8         | -25,96718463        |
| <b>Rata-rata (i)</b> |                       | <b>-5,193436926</b> |

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2026)



Gambar 1.1 Grafik Kebutuhan Metil Metakrilat di Dalam Negeri

Kebutuhan metil metakrilat di Indonesia dapat diprediksi menggunakan persamaan linear dengan perhitungan sebagai berikut.

$$y = a + bx$$

Keterangan:

y = kebutuhan metil metakrilat

x = tahun

a, b = konstanta

Berdasarkan Gambar 1.1 dapat dilihat bahwa nilai  $R^2 < 0,9$  yang mengindikasikan bahwa metode interpolasi linear tidak dapat digunakan untuk memprediksi kapasitas pabrik yang akan dirancang karena  $R^2$  tidak dapat mewakili. Dengan demikian, metode yang akan digunakan untuk memprediksi data pembangunan pabrik metil metakrilat adalah dengan metode pertumbuhan rata-rata per tahun. Adapun perhitungan tersebut adalah sebagai berikut.

$$m = P (1 + i) n$$

(Peters & Timmerhaus, 1996)

Keterangan:

m = jumlah produk pada tahun-tahun mendatang

P = data besarnya impor tahun 2029 (ton/tahun)

i = rata-rata kenaikan impor tiap tahun (%)

n = selisih tahun (tahun proyeksi - 2025)

Berikut merupakan hasil perhitungan proyeksi kebutuhan impor metil metakrilat di Indonesia pada tahun 2029 berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS).

$$m_{2029} = 59.319.042,76 (1 + (-5,193436926))^5$$

$$m_{2029} = 47.923,4136 \text{ ton/tahun}$$

Konsumsi metil metakrilat di Indonesia didominasi oleh pabrik pembuatan resin akrilik. Berikut merupakan pabrik berbahan baku metil metakrilat di Indonesia.

Tabel 1.2 Pabrik Berbahan Baku Metil Metakrilat di Indonesia

| No. | Pabrik                | Industri                | Kapasitas<br>(ton/tahun) | Lokasi    |
|-----|-----------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|
| 1.  | PT Diachem Resin      | Resin Akrilik           | 12.500                   | Jakarta   |
| 2.  | PT Marga Cipta        | Akrilik, Flexible tubes | 15.000                   | Tangerang |
| 3.  | PT Indochemical Citra | Chemical Material       | 5.000                    | Jakarta   |
| 4.  | PT Astari Niagara     | Akrilik, Plates, Sheets | 17.000                   | Tangerang |
| 5.  | PT Pardic Jaya        | Cat dan Resin           | 12.000                   | Tangerang |
| 6.  | PT BASF               | Akrilik                 | 1.000                    | Serang    |
| 7.  | PT Dow Indonesia      | Akrilik                 | 50.000                   | Serang    |
| 8.  | PT GJ International   | Spare Parts             | 8.000                    | Jakarta   |
| 9.  | PT Polyplast          | PMMA                    | 9.000                    | Serang    |

| No.                      | Pabrik | Industri | Kapasitas<br>(ton/tahun) | Lokasi |
|--------------------------|--------|----------|--------------------------|--------|
| <b>Total (Ton/Tahun)</b> |        |          | 129.500                  |        |

Kemudian untuk penentuan kapasitas pabrik sebaiknya berdasarkan kebutuhan konsumsi di Indonesia. Pabrik metil metakrilat belum pernah dibangun di Indonesia sehingga untuk melihat data kapasitas minimum yang telah diproduksi perlu dilihat dari data pabrik yang ada di luar negeri dapat dilihat pada Tabel 1.3 berikut.

Tabel 1.3 Kapasitas Industri Metil Metakrilat

| No. | Industri                | Kapasitas (ton/tahun) |
|-----|-------------------------|-----------------------|
| 1.  | Thai MMA                | 70.000                |
| 2.  | Sumitomo Chemical       | 53.000                |
| 3.  | Honam Petrochemical     | 40.000                |
| 4.  | Mitsui Chemical         | 20.000                |
| 5.  | Kuraray                 | 65.000                |
| 6.  | Mitsubishi Gas Chemical | 51.000                |

Berdasarkan Tabel 1.3 dapat diketahui bahwa kapasitas rata-rata pabrik metil metakrilat yang sudah beroperasi sebesar 50.000 ton/tahun. Kapasitas pabrik baru yang belum berdiri di Indonesia dapat dihitung dari selisih antara nilai proyeksi kebutuhan metil metakrilat (MMA) dengan konsumsi pabrik berbahan metil metakrilat (MMA) di Indonesia yang selanjutnya dikalikan 1.5 dari nilai proyeksi sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

$$\text{Selisih} = 129.500 - 47.923,4136 = 81.576,5864 \text{ ton/tahun}$$

$$m_{2029} = 81.576,5864 \times 1,5 = 122.364,8976 \text{ ton/tahun}$$

Penentuan kapasitas pabrik baru juga mempertimbangkan aspek persaingan usaha. Untuk menghindari potensi penguasaan pasar yang berlebihan oleh satu pelaku usaha,

kapasitas pabrik yang akan didirikan dibatasi hingga sebagian tertentu dari total kebutuhan pasar. Hal ini sejalan dengan ketentuan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1999 tentang Larangan Praktik Monopoli dan Persaingan Usaha Tidak Sehat yang bertujuan menjaga iklim persaingan usaha yang sehat. Oleh karena itu, kapasitas pabrik metil metakrilat yang direncanakan ditetapkan sebesar 40% dari kapasitas hasil proyeksi.

$$m_{2029} = 122.364,8976 \times 40\% = 48.945,9518 \text{ ton/tahun}$$

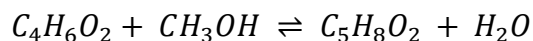
Maka pabrik MMA yang akan didirikan di Indonesia pada tahun 2029 adalah sebesar 49.000 ton/tahun.

### 1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Salah satu hal yang harus dipertimbangkan dalam merencanakan suatu pabrik adalah menentukan bahan baku karena kualitas dan proses dari pabrik tersebut akan ditentukan berdasarkan bahan bakunya. Bahan baku utama digunakan dalam proses pembuatan metil metakrilat adalah asam metakrilat dan metanol. Adapun bahan pendukung, yaitu katalis NKC-9. Bahan baku dan pendukung tersebut diperoleh dari industri kimia sebagai berikut.

- Asam metakrilat diperoleh dari Lucite International Asia Pacific Pte Ltd. Singapura dengan kapasitas pabrik 135.000 ton/tahun
- Metanol diperoleh dari PT Kaltim Metanol Industri dengan kapasitas pabrik 660.000 ton/tahun
- Katalis NKC-9 diperoleh dari Tianjin Yunkai Resin Technology Co., Ltd.

Untuk menentukan kebutuhan bahan baku pembuatan metil metakrilat (MMA) dapat dilakukan dengan perhitungan stoikiometri dimana kapasitas produksi yang akan digunakan sebesar 49.000 ton/tahun sehingga kebutuhan asam metakrilat dan metanol dapat dirumuskan sebagai berikut.



$$\begin{aligned} \text{Mol metil metakrilat} &= \frac{\text{Kapasitas}}{BM \text{ MMA}} \\ &= \frac{49.000.000 \text{ kg}}{100,12 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}} \\ &= 489.412,7048 \text{ kmol/tahun} \\ \text{Mol asam metakrilat} &= 1 \times \text{mol MMA} \\ &= 1 \times 489.412,7048 \text{ kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 489.412,7048 \text{ kmol/tahun} \\
\text{Mol metanol} &= 1 \times \text{mol MMA} \\
&= 1 \times 489.412,7048 \text{ kmol} \\
&= 489.412,7048 \text{ kmol/tahun} \\
\text{Kebutuhan asam metakrilat} &= \text{mol asam metakrilat} \times \text{BM asam metakrilat} \\
&= 489.412,7048 \frac{\text{kmol}}{\text{tahun}} \times 86,09 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \\
&= 42.133.539,75 \text{ kg/tahun} \\
&= 42.133,53975 \text{ ton/tahun} \\
\text{Kebutuhan metanol} &= \text{mol metanol} \times \text{BM metanol} \\
&= 489.412,7048 \frac{\text{kmol}}{\text{tahun}} \times 32,04 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \\
&= 15.680.783,06 \text{ kg/tahun} \\
&= 15.680,78306 \text{ ton/tahun}
\end{aligned}$$

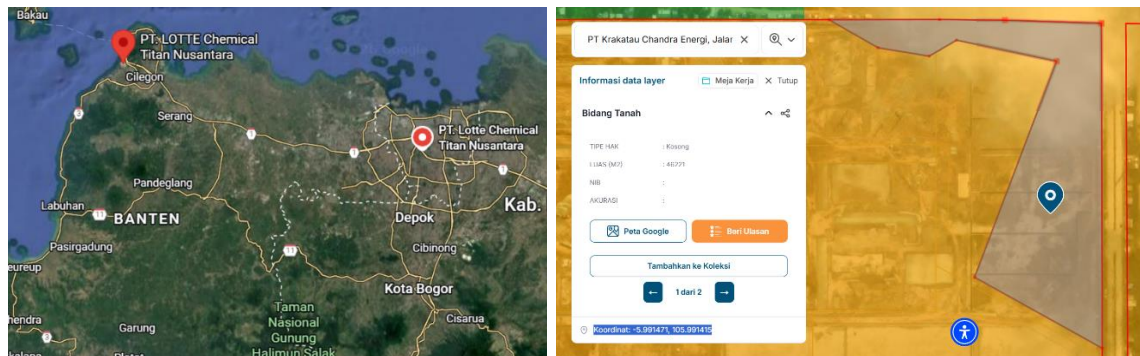
### 1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu aspek krusial dalam tahap perencanaan pabrik karena berpengaruh langsung terhadap kelancaran proses produksi serta distribusi produk. Lokasi yang sesuai akan memberikan dampak signifikan terhadap keberlanjutan dan perkembangan pabrik, baik selama masa operasi maupun di masa mendatang. Oleh sebab itu, penentuan lokasi pabrik perlu dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai aspek teknis dan ekonomis, termasuk upaya untuk meminimalkan biaya produksi dan distribusi.

Selain faktor teknis dan ekonomis, aspek sosial juga perlu diperhatikan, khususnya yang berkaitan dengan karakteristik dan kondisi masyarakat di sekitar lokasi pabrik. Pertimbangan ini penting agar potensi permasalahan sosial yang mungkin timbul di kemudian hari dapat diperkirakan dan diantisipasi sejak awal. Pemilihan lokasi pabrik yang tepat akan menentukan kelancaran proses produksi, efektivitas distribusi, serta keberlangsungan operasional pabrik secara keseluruhan.

Beberapa faktor utama yang harus diperhatikan dalam pemilihan lokasi pabrik meliputi ketersediaan bahan baku, potensi pasar, akses transportasi, ketersediaan tenaga

kerja, kondisi iklim, serta kebijakan dan regulasi yang ditetapkan oleh pemerintah daerah setempat (Peter, M. S. dan Timmerhaus, 1991).



Gambar 1.2 Peta Lokasi Pabrik

Berdasarkan berbagai pertimbangan yang telah diuraikan sebelumnya, pabrik Metil Metakrilat (MMA) direncanakan akan didirikan di kawasan industri Cilegon, Provinsi Banten dengan mengacu pada teori lokasi industri Alfred Weber, khususnya konsep *Weight Gain* dan *Weight Loss*. Konsep *Weight Gain* terjadi apabila massa produk akhir lebih besar dibandingkan dengan bahan baku yang digunakan, seperti pada proses produksi yang melibatkan penambahan air atau udara. Pada kondisi ini, pendirian pabrik akan lebih menguntungkan apabila berlokasi dekat dengan pasar guna menekan biaya transportasi produk.

Sebaliknya, konsep *Weight Loss* terjadi apabila massa produk akhir lebih kecil dibandingkan dengan bahan baku awal, di mana produk samping berupa air atau gas relatif mudah dibuang ke lingkungan. Dalam kondisi tersebut, pabrik akan lebih efisien apabila didirikan dekat dengan sumber bahan baku. Proses produksi Metil Metakrilat (MMA) termasuk ke dalam kategori *Weight Loss*, karena massa produk akhir yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan bahan baku yang digunakan.

Lokasi pabrik ditentukan berdasarkan beberapa faktor, antara lain ketersediaan bahan baku, transportasi, keadaan geografis, pemasaran, tenaga kerja, dan utilitas. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, dimana lokasi yang berpotensi untuk didirikan pabrik metil metakrilat adalah Cilegon, Merak, dan Gresik. Pertimbangan lokasi pabrik ditentukan berdasarkan aspek-aspek matriks Tabel 1.4

Tabel 1.4 Matriks Pemilihan Lokasi Pabrik

| Aspek             | Cilegon, Banten                                                                                                  | Merak, Banten                                                                                                    | Gresik, Jawa Timur                                                                                               |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lokasi pendirian  | Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC)                                                                        | Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Bojonegara, Merak                                                                   | Kawasan Industri Gresik (KIG)                                                                                    |
| Bahan baku        | Asam metakrilat: Lucite International Asia Pacific Pte Ltd (Mitsubishi Chemical Group), Jurong Island, Singapore | Asam metakrilat: Lucite International Asia Pacific Pte Ltd (Mitsubishi Chemical Group), Jurong Island, Singapore | Asam metakrilat: Lucite International Asia Pacific Pte Ltd (Mitsubishi Chemical Group), Jurong Island, Singapore |
|                   | Metanol: PT Kaltim Methanol Industri, Bontang, Kalimantan Timur                                                  | Metanol: PT Kaltim Methanol Industri, Bontang, Kalimantan Timur                                                  | Metanol: PT Kaltim Methanol Industri, Bontang, Kalimantan Timur                                                  |
|                   | Katalis NKC-9: Tianjin Yunkai Resin Technology Co., Ltd., China                                                  | Katalis NKC-9: Tianjin Yunkai Resin Technology Co., Ltd., China                                                  | Katalis NKC-9: Tianjin Yunkai Resin Technology Co., Ltd., China                                                  |
| Skor harga tanah  | 7<br>2.26 - 2.7 juta/m <sup>3</sup>                                                                              | 7<br>2.5 - 3 juta/m <sup>3</sup>                                                                                 | 8<br>1.1 - 3.45 juta/m <sup>3</sup>                                                                              |
| Skor transportasi | 10<br>Pelabuhan Merak (15 km), tol merak jakarta, akses kereta api,                                              | 10<br>Pelabuhan Merak (langsung), tol akses langsung, KEK                                                        | 8<br>Pelabuhan Gresik (10 km), tol Surabaya - Gresik, dekat Tanjung                                              |

| Aspek                          | Cilegon, Banten                                                                                                                                     | Merak, Banten                                                                                                                                              | Gresik, Jawa Timur                                                                                                |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                | infrastruktur sangat memadai                                                                                                                        | dengan fasilitas prioritas, dermaga khusus industri                                                                                                        | Perak, akses kereta tersedia                                                                                      |
| Skor listrik                   | 10<br>PLN & PLTU Suralaya, tarif: Rp1035.78/kWh, <i>redundancy</i> sangat tinggi, <i>emergency backup</i> lengkap                                   | 10<br>PLN & PLTU Suralaya, tarif: Rp1035.78/kWh, <i>dedicated line</i> untuk KEK, 99.9% <i>uptime guarantee</i>                                            | 9<br>PLN stabil, tarif: Rp 1035.78/kWh, PLTU Gresik <i>nearby</i> , <i>backup</i> memadai                         |
| Skor air                       | 10<br>PDAM industri stabil (Rp5-10K/m <sup>3</sup> ), air tanah tersedia, <i>sea water desalination option</i> , <i>multiple sources</i>            | 9<br>PDAM (Rp5-10K/m <sup>3</sup> ), air tanah tersedia, <i>sea water desalination ready</i> , infrastruktur sedang dikembangkan, perlu investasi tambahan | 9<br>PDAM tersedia (Rp5-10K/m <sup>3</sup> ), air tanah cukup, kualitas baik, <i>treatment</i> standar            |
| Skor ketersediaan tenaga kerja | 9<br><i>Pool engineer</i> Jakarta/Serang/Banten, politeknik & SMK industri, UMK 2024: Rp5.209 juta, <i>turnover</i> rendah, ekosistem <i>mature</i> | 8<br><i>Pool</i> dari Cilegon/Serang, perlu <i>training</i> lebih intensif, UMK 2024: Rp5.209 juta, kompetisi dengan industri lain, upah kompetitif        | 9<br>ITS Surabaya, politeknik negeri, UMK 2024: Rp4.747 juta (lebih rendah 9%), <i>pool</i> besar & berpengalaman |

| Aspek                            | Cilegon, Banten                                                                                                    | Merak, Banten                                                                                                              | Gresik, Jawa Timur                                                                                              |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Skor lokasi pasar                | 9<br>Jabodetabek (pasar terbesar), distribusi Jawa efisien, ekspor via Merak, <i>lead time minimal</i> ke customer | 9<br>Jabodetabek dekat, KEK <i>facilities</i> untuk ekspor, <i>one-stop logistics, fast track customs</i>                  | 8<br>Pasar Jatim-Bali besar, Surabaya hub industri, ekspor via Tanjung Perak, <i>regional distribution good</i> |
| Skor limbah                      | 10<br>WWTP komunal KIEC, <i>waste management established</i> , TPS B3 tersedia, <i>disposal</i> terstruktur        | 8<br>WWTP sedang dikembangkan, fasilitas <i>waste management basic</i> , perlu investasi tambahan, TPS B3 dalam konstruksi | 9<br>WWTP kawasan tersedia, <i>waste management</i> memadai, TPS B3 tersedia, sistem terintegrasi               |
| Skor kebijakan pemerintah daerah | 9<br><i>Support</i> industri kuat, perizinan terstruktur (OSS), insentif pajak daerah, <i>track record</i> baik    | 10<br>Status KEK-insentif besar, <i>tax holiday</i> tersedia, perizinan super cepat, <i>one-stop service</i>               | 8<br>Pemda <i>supportive</i> , perizinan lancar, insentif standar, koordinasi baik                              |
| Skor sistem pengupahan dan UMK   | 7<br>UMK 2024: Rp 5209000, kompetisi tenaga kerja tinggi, <i>benefit</i> perlu kompetitif                          | 7<br>UMK 2024: Rp5209000, <i>turnover</i> sedang, perlu retensi strategi                                                   | 8<br>UMK 2024: Rp4747000, <i>cost of living</i> lebih murah, loyalitas tinggi                                   |

| Aspek        | Cilegon, Banten                                                           | Merak, Banten                                                             | Gresik, Jawa Timur                                                                |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Skor         | 10                                                                        | 10                                                                        | 8                                                                                 |
| ketersediaan | MAA                                                                       | MAA                                                                       | MAA                                                                               |
| & akses      | Lucite Singapore via                                                      | Lucite Singapore via                                                      | Lucite Singapore via                                                              |
| bahan baku   | Merak: 2-3 hari (900 km laut)                                             | Merak: 2-3 hari (900 km laut)                                             | Gresik/Tanjung Perak: 5-7 hari (1400 km laut)                                     |
|              | Metanol                                                                   | Metanol                                                                   | Metanol                                                                           |
|              | PT Kaltim via <i>coastal shipping</i> 7-10 hari (1800 km)                 | PT Kaltim via <i>coastal shipping</i> 7-10 hari (1800 km)                 | PT Kaltim via <i>coastal shipping</i> 5-7 hari (800 km)                           |
|              | Katalis                                                                   | Katalis                                                                   | Katalis                                                                           |
|              | Tianjin Yunkai Resin Technology Co., Ltd. via Merak: 2-3 minggu (3200 km) | Tianjin Yunkai Resin Technology Co., Ltd. via Merak: 2-3 minggu (3200 km) | Tianjin Yunkai Resin Technology Co., Ltd. via Tanjung Perak: 2-3 minggu (3500 km) |
| Total        | 91                                                                        | 88                                                                        | 84                                                                                |

### 1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Pembuatan Metil Metakrilat memerlukan bahan baku utama berupa asam metakrilat yang diperoleh dari Lucite International Asia Pacific Pte Ltd Singapore. Selain itu, metanol diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Industri di Kalimantan. Bahan-bahan tersebut dapat didistribusikan melalui Pelabuhan Cilegon Mandiri. Sementara itu, bahan lainnya seperti NKC-9 diperoleh dari Tianjin Yunkai Resin Technology Co., Ltd., China. Dengan mempertimbangkan faktor lokasi yang dekat dengan sumber bahan baku, pendirian pabrik di Cilegon menjadi sangat menguntungkan.

### **1.3.2 Keadaan Geografis**

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam merancang suatu pabrik. Karakteristik dan kondisi lingkungan seperti jenis tanah, ketinggian dari permukaan laut, kedalaman air tanah, sistem drainase, kecepatan angin, curah hujan, serta potensi bencana alam juga merupakan faktor penting menentukan lokasi geografis pendirian pabrik. Oleh karena itu, pemilihan pendirian pabrik ini perlu dipertimbangkan supaya memberikan keuntungan baik secara teknis maupun ekonomis yang dimana lokasi pabrik Metil Metakrilat ini memiliki lingkungan yang cukup mendukung, yang memungkinkan operasional pabrik dapat berjalan dengan baik dan lancar, sehingga mendukung keberhasilan pendirian pabrik tersebut. Berdasarkan beberapa hal yang telah dipertimbangkan maka pemilihan lokasi dari pabrik metil metakrilat direncanakan didirikan di Kawasan Industri Cilegon, Kota Cilegon, Provinsi Banten.

### **1.3.3 Transportasi**

Ketersediaan sarana transportasi dan infrastruktur jalan yang memadai sangat berperan dalam menunjang kelancaran distribusi produk kepada konsumen serta pemenuhan kebutuhan bahan baku. Produk dapat didistribusikan ke berbagai wilayah di Pulau Jawa melalui jalur darat, sementara keberadaan pelabuhan memungkinkan pengiriman produk ke wilayah di luar Pulau Jawa. Selain itu, fasilitas bandara turut mendukung kegiatan pengiriman dan ekspor produk ke pasar internasional.

### **1.3.4 Pemasaran**

Produk metil metakrilat sebagian besar akan didistribusikan di pulau Jawa seperti Tangerang dan Jakarta yang membutuhkannya sebagai bahan baku, seperti industri kaca, plastik, polimer, dan sejenisnya. Sebagian juga akan di ekspor ke pasar Asia seperti pabrik akrilik di Sri Lanka, pabrik akrilik di Australia (Chembid), dan kosmetik di Filipina (Ellana Cosmetics)

### **1.3.5 Tenaga Kerja**

Kota Cilegon memiliki ketersediaan tenaga kerja yang memadai dan berpengalaman, khususnya di sektor industri kimia dan petrokimia. Hal ini didukung oleh keberadaan berbagai industri besar yang telah beroperasi di kawasan tersebut, sehingga tenaga kerja lokal memiliki keterampilan teknis dan pemahaman yang baik terhadap operasi pabrik skala besar.

Selain itu, lokasi Cilegon yang dekat dengan pusat pendidikan teknik dan vokasi di wilayah Banten, Jawa Barat, dan Jabodetabek memudahkan pemenuhan kebutuhan tenaga kerja terampil, baik sebagai operator, teknisi, maupun tenaga ahli, sehingga dapat menunjang kelancaran operasional pabrik Metil Metakrilat secara berkelanjutan. Dengan meratakan penyerapan tenaga kerja di pabrik ini, diharapkan dapat membantu mengurangi angka pengangguran di Indonesia.

#### **1.3.6 Utilitas**

Utilitas merupakan komponen penting yang menunjang kelancaran operasional pabrik, meliputi penyediaan air, listrik, uap, serta fasilitas pendukung lainnya. Kawasan Cilegon memiliki ketersediaan air yang relatif melimpah karena letaknya yang berada di wilayah pesisir dan berdekatan langsung dengan laut lepas, sehingga mampu memenuhi kebutuhan air untuk proses produksi maupun utilitas pabrik. Selain itu, lokasi pabrik yang dekat dengan sumber energi dan bahan bakar menjadi keuntungan tersendiri dalam mendukung kegiatan operasional.

Kebutuhan listrik pabrik dipenuhi melalui pembangkit listrik mandiri berupa generator yang dikelola oleh unit utilitas dan dapat disuplai dari PLN Cilegon apabila generator pabrik mengalami gangguan, sedangkan pasokan bahan bakar diperoleh melalui kerja sama dengan PT Pertamina, sehingga kontinuitas pasokan energi bagi pabrik dapat terjamin.

### **1.4 Tinjauan Proses**

#### **1. Pemilihan Proses**

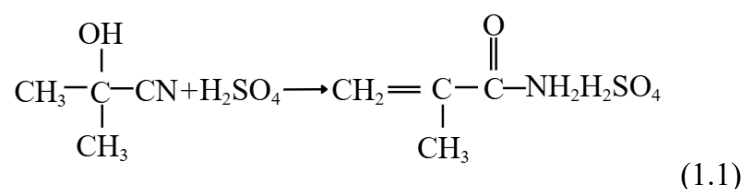
Proses pembuatan metil metakrilat ditinjau dari bahan baku yang digunakan dapat dilakukan dengan empat cara, sebagai berikut.

##### **a. Metil Metakrilat dari Aseton Sianohidrin**

Proses produksi yang paling aman untuk memproduksi metil metakrilat adalah proses aseton sianohidrin (ACH). Pertama kali digunakan untuk memproduksi secara komersial tahun 1937 yang dipatenkan oleh ICI (produsen metil metakrilat) tahun 1934. Teknologi ini dilakukan dengan cara hidrolisis aseton sianohidrin untuk menghasilkan metakrilamit sulfat. Aseton sianohidrin direaksikan dengan asam sulfat berlebih (1,4 - 1,8 mol asam sulfat per

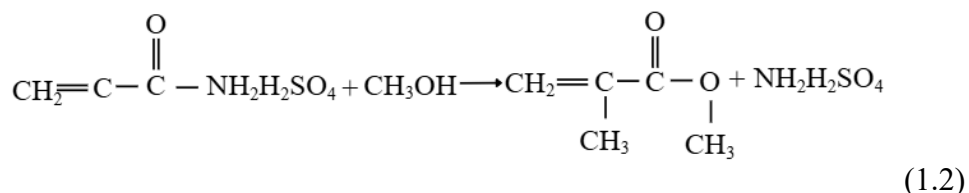
mol aseton sianohidrin). Asam sulfat berfungsi sebagai reaktan, katalis dan pelarut untuk reaksi. Reaksi ini berlangsung di dalam reaktor tangki alir berpengaduk pada suhu 80-100°C dengan tekanan 1 atm, kemudian diikuti dengan proses pemanasan singkat *thermal cracking* (reaksi perengkahan) pada suhu 120°C - 160°C dan tekanan 1 atm untuk mengkonversi produk samping ( $\alpha$ -hydroxyisobutyramit sulfat) menjadi metakrilat sulfat. Proses pada tahap ini berlangsung selama  $\pm$  1 jam dengan konversi 90-98%. Reaksi yang berlangsung di dalam reaktor hidrolisis sebagai berikut (Kirk & Othmer, 1995).

– Reaksi Hidrolisis



Proses selanjutnya, ekstraksi metakrilamit sulfat dengan metanol berlebih di dalam reaktor esterifikasi (reaktor tangki alir berpengaduk) pada kondisi operasi suhu 100-150°C dan tekanan 7 atm untuk mendapatkan produk metil metakrilat dengan produk samping amonium bisulfat. Waktu tinggal dalam reaktor ini kurang dari 1 jam dengan konversi 80-98%. Reaksi yang berlangsung di dalam reaktor esterifikasi dibahas pada poin berikutnya.

– Reaksi Esterifikasi



Selanjutnya hasil proses esterifikasi akan melalui beberapa proses separasi (pemisahan) dan purifikasi (pemurnian) hingga didapatkan produk metil metakrilat dengan kemurnian yang tinggi dan bersih dari pengotoranya.

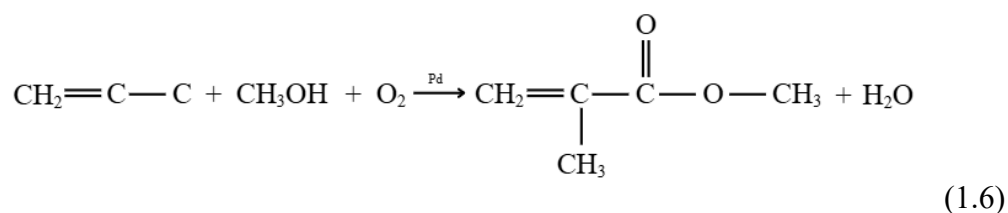
b. Metil metakrilat dengan proses *Reactive Dividing Wall Distillation Column*

Proses ini menggunakan asam metakrilat (MAA) dan metanol (MeOH) sebagai bahan baku untuk menghasilkan metil metakrilat (MMA). Sintesis MMA dilakukan melalui reaksi esterifikasi yang berlangsung di dalam kolom distilasi reaktif. Sebelum diumpankan ke

dalam kolom, MAA dan MeOH terlebih dahulu dipanaskan hingga mencapai suhu 95°C. Selanjutnya, kedua reaktan dialirkan menuju kolom distilasi reaktif pertama dan masuk ke zona reaksi pada sisi kiri dinding pemisah. Reaksi esterifikasi berlangsung di zona tersebut hingga menghasilkan produk MMA, yang kemudian terakumulasi pada sisi kanan dinding pemisah dan dialirkan menuju *decanter*. Pada tahap ini, MMA dipisahkan dari sisa reaktan MAA dan MeOH berdasarkan perbedaan densitas masing-masing komponen. Aliran MMA selanjutnya diproses dalam kolom distilasi kedua untuk memurnikan produk dari sisa reaktan berdasarkan perbedaan titik didih. Produk MMA yang dihasilkan dari kolom distilasi kedua memiliki tingkat kemurnian sebesar 99,80%.

c. Metil metakrilat dengan proses *Direct Oxidation Esterification*

Metakrolein direaksikan dengan metanol serta gas oksigen dengan penambahan katalis logam mulia heterogen dalam reaksi esterifikasi oksidatif. Reaksi berlangsung dalam *trickle bed reactor* pada suhu 80°C dan tekanan 6 bar atau 5,92 atm. Selanjutnya aliran keluaran reactor akan dipisahkan dalam di separator untuk memisahkan antara fasa gas dan fasa cair. Kemudian fase cair akan dialirkan ke kolom distilasi dengan tujuan memisahkan kandungan dari metil metakrilat dengan sisa reaktan yang tidak bereaksi di dalam reaktor. Konversi yang diperoleh dalam proses ini adalah sebesar 70,8% dengan selektivitas 97,40%. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



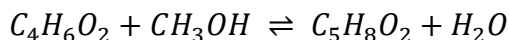
2. Seleksi Proses

Dalam produksi metil metakrilat ditinjau berdasarkan bahan bakunya, maka pertimbangan perlu dilakukan dengan melihat perbandingan pada Tabel 1.5 sebagai berikut.

Tabel 1.5 Perbandingan Proses

| <b>Proses <i>Acetone Cyanohydrin</i> (ACH)</b>                                                                    | <b>Proses <i>Direct Oxidative Esterification</i></b>                                          | <b>Proses <i>Reactive Dividing Wall Distillation Column</i></b>                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Tidak ramah lingkungan karena menghasilkan limbah sulfat dalam jumlah tinggi                                      | Ramah lingkungan                                                                              | Ramah lingkungan                                                               |
| Reaksi pembentukan produk terjadi melalui 3 tahapan reaksi (hidrolisis, <i>cracking</i> , <i>esterification</i> ) | Reaksi pembentukan produk terjadi melalui 1 tahapan reaksi (oksidasi-esterifikasi MAL + MeOH) | Reaksi pembentukan produk terjadi melalui 1 tahapan reaksi (reaksi, pemisahan) |
| Tidak ekonomis karena membutuhkan <i>cost</i> yang tinggi dalam proses pembuatannya                               | Tahapan proses lebih ringkas dan lebih ekonomis                                               | Tahapan proses lebih ringkas dan ekonomis                                      |
| Konversi 90-98%                                                                                                   | Konversi 70,8%                                                                                | Konversi 88,35%                                                                |
| Tidak ada katalis logam; H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> sebagai reaktan & katalis                                 | Memakai katalis Pd (palladium)                                                                | Memakai katalis resin penukar ion NKC-9 (resin asam tersulfonasi)              |
| Suhu operasi hidrolisis (80-100°C); <i>cracking</i> (120-160°C); dan esterifikasi (100-150°C)                     | Suhu operasi 80°C                                                                             | Suhu operasi 95 - 115°C                                                        |
| Tekanan hidrolisis (1 atm); <i>cracking</i> (1 atm); dan esterifikasi (7 atm)                                     | Tekanan operasi 5,92 atm                                                                      | Tekanan operasi 1 atm                                                          |

Pemilihan proses dalam pra-rancang pabrik metil metakrilat dipilih proses *Reactive Dividing-Wall Distillation Column* (RDWDC) antara asam metakrilat dan metanol. Proses ini mengacu pada U.S Patent 10392337B2 dengan reaksi yang terjadi antara asam metakrilat dan metanol adalah sebagai berikut.



### 3. Kegunaan Produk

Secara komersial metil metakrilat banyak digunakan sebagai bahan baku polimer, dimana polimer (polimer metakrilat) tersebut dapat diproduksi menjadi plastik yang kuat, transparan dan tingkat kestabilan yang tinggi. Polimer dan kopolimer metil metakrilat juga digunakan sebagai pelapis permukaan, perekat, pelapis kulit dan kertas, tinta, pelapis lantai, tekstil, prostesis gigi, semen tulang bedah, dan perisai radiasi akrilik bertimbal. Mayoritas metil metakrilat diprediksi akan dipancarkan ke udara, dengan jumlah yang sangat kecil dilepaskan ke air dan tanah. Metil metakrilat tidak diharapkan terjadi biokonsentrasi di lingkungan, dan inhalasi dari udara kemungkinan merupakan rute utama paparan manusia (Sumber: Jurnal CICAD). Di Indonesia metil metakrilat penggunaan pada industri plastik masih terbatas seperti jenis resin, perekat, dan cat. Di Amerika Serikat, metil metakrilat banyak digunakan dalam industri pelapis kulit (24%), kosmetik (21%), cat (18%), peralatan rumah tangga (10%), polimer (8%), dan untuk industri lainnya (19%) (Ullmann's, 1989).