

PRARANCANGAN PABRIK METIL METAKRILAT DARI ASETON SIANOHRIN DAN METANOL DENGAN PROSES ESTERIFIKASI KAPASITAS 65.000 TON/TAHUN

Ahmad Rizalli^{1*}, Ryan Rahmatullah¹

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jalan A. Yani KM 36,5, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: rizalliahmad.ar@gmail.com

Abstrak

Metil metakrilat (MMA) adalah salah satu bentuk monomer dari akrilik resin. Bahan kimia ini mempunyai rumus molekul $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_3$, sedangkan karakteristik lainnya antara lain mendidih pada temperatur 101°C , sedikit larut dalam air dan beberapa *solvent* organik lainnya. Metil metakrilat banyak digunakan dalam industri pelapis kulit (24%), industri kosmetik (21%), industri cat (18%), industri peralatan rumah tangga (10%), industri polimer (8%) dan untuk industri lainnya (19%). Pabrik metil metakrilat (MMA) ini direncanakan beroperasi selama 360 hari/tahun dengan kapasitas produksi sebesar 65.000 ton/tahun. Proses pembuatan metil metakrilat berlangsung melalui dua tahapan reaksi yaitu reaksi pertama merupakan reaksi hidrolisis, aseton sianohidrin bereaksi dengan asam sulfat membentuk metakrilamid sulfat, reaksi berlangsung pada fase cair, *irreversible*, eksotermis dan non adiabatik yang dilakukan di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Sedangkan reaksi kedua merupakan reaksi esterifikasi, metakrilamid sulfat bereaksi dengan metanol membentuk metil metakrilat. Reaksi berlangsung pada fase cair, *irreversible*, eksotermis dan non adiabatik yang dilakukan di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Reaksi hidrolisis dilakukan pada suhu 130°C dan tekanan 1 atm, sedangkan reaksi esterifikasi terjadi pada suhu 120°C dan tekanan 7 atm. Pemurnian produk metil metakrilat dilakukan dengan proses distilasi dan dekantasi, sehingga diperoleh produk dengan kemurnian 99,75%. Adapun berdasarkan hasil analisa ekonomi diperoleh nilai investasi modal total (TCI) adalah sebesar Rp. 632.257.576.143,- dan diperoleh hasil penjualan yaitu sebesar Rp. 2.519.976.153.777,- Selain itu diperoleh juga *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 15% dan *Return of Investment* (ROI) sesudah pajak sebesar 10%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu 2,3 tahun dan *Pay Out Time* (POT) sesudah pajak sebesar 2,9 tahun. Sehingga diperoleh nilai *Break Event Point* (BEP) sebesar 40,77% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 28,42%. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi tersebut, maka pabrik metil metakrilat dengan kapasitas 65.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

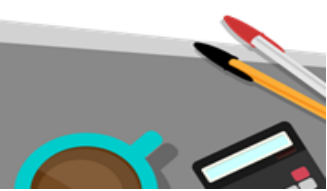
Kata kunci: Metil metakrilat, aseton sianohidrin, asam sulfat, metanol, hidrolisis, esterifikasi.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan industri yang disertai dengan perkembangan teknologi menyebabkan meningkatnya kebutuhan terhadap bahan kimia, salah satunya yaitu metil metakrilat (MMA) dengan rumus molekul $\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_3$. Pertimbangan utama mendirikan pabrik metil metakrilat ini pada dasarnya untuk melakukan usaha yang secara ekonomi cukup menguntungkan. Pabrik metil metakrilat sangat menguntungkan karena sifat prospektif metil metakrilat dimasa mendatang, memiliki potensi pasar, sebagian bahan baku mudah didapat, teknologi yang dibutuhkan dapat terpenuhi dan terdapatnya tenaga kerja. Pabrik ini

akan beroperasi secara optimal dengan adanya dukungan kemampuan modal yang memadai.

Metil metakrilat adalah bahan kimia yang berupa senyawa turunan ester dan salah satu monomer dari resin akrilik. Bahan ini berbentuk cairan tidak berwarna mendidih pada suhu 101°C , sedikit larut dalam air dan beberapa pelarut organik lainnya. Bahan baku pembuatan metil metakrilat adalah aseton sianohidrin, asam sulfat dan methanol (Uillmann's, 1989). Metil metakrilat di Indonesia ini masih terbatas penggunaannya pada industri plastik, jenis resin, perekat, dan cat.





Penentuan kapasitas suatu pabrik yang akan dibangun dapat ditentukan dengan mempertimbangkan beberapa hal seperti ketersediaan bahan baku, permintaan produk dan kapasitas pabrik yang sudah ada. Data kapasitas pabrik metil metakrilat yang sudah ada dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Pabrik Metil Metakrilat Proses ACH di Dunia (Kirk dan Othmer, 2006)

Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
Rohm and Haas, Deer Park (Texas)	372.000
Lucite International, Memphis (Tennessee)	290.000
Evonik CYRO Industries, Fortier (Louisiana)	125.000
Fenoquimica, Mexico	16.000
Quimica Metacril, Sau Paulo (Brazil)	13.000
Inoes and ICI, Billingham (UK)	220.000
Atochem SA, Puteaux (France)	135.000
Mitsubishi Gas, Osaka (Jepang)	50.000
Mitsubishi Rayon, Ohtake (Jepang)	215.000
Formosa Plastics, Taiwan	154.000
Kaohsiung Monomer Co. Taiwan	80.000

Kapasitas produksi merupakan salah satu hal yang harus diperhitungkan dalam perancangan suatu pabrik. Hal ini berkaitan dengan jumlah impor metil metakrilat untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Berdasarkan data statistik tentang perdagangan luar negeri Indonesia, jumlah impor metil metakrilat sejak tahun 2009 sampai 2018 dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut.

Tabel 2 Kebutuhan Impor Metil Metakrilat

No	Tahun	Impor (Ton)
1	2009	32.814,54
2	2010	39.234,10
3	2011	42.580,95
4	2012	44.968,76
5	2013	45.400,16
6	2014	50.814,03
7	2015	48.264,53
8	2016	62.136,91
9	2017	59.723,57
10	2018	56.245,32

Berdasarkan data di atas, perkiraan jumlah kebutuhan metil metakrilat pada tahun 2023 dapat diperkirakan menggunakan perhitungan *discounted method* dengan rumus sebagai berikut (Peters, 1991) :

$$F = P (1+i)^n \quad \dots(1.1)$$

Pabrik metil metakrilat direncanakan akan didirikan pada tahun 2023. Perkiraan konsumsi dalam negeri pada tahun 2023 (m_5):

$$m_5 = P(1+i)^n \quad \dots(1.2)$$

P = besarnya impor tahun 2018 (ton/tahun)

i = Kenaikan impor rata-rata

n = Selisih tahun (tahun ke-)

Sehingga :

$$m_5 = 56.245,32 (1+(0,060602683))^6 = 80.057,63 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan beberapa pertimbangan dan perhitungan kebutuhan diatas, maka diputuskan untuk membangun pabrik yang dapat memenuhi 80% dari kebutuhan metil metakrilat dalam negeri yaitu dengan kapasitas sebesar 64.046,1025 ton/tahun yang kemudian dikenakan menjadi 65.000 ton/tahun.





2. Deskripsi Proses

Proses pembuatan metil metakrilat dapat dilakukan dengan tiga cara berdasarkan bahan baku

yang digunakan (Kirk dan Othmer, 2006). Adapun perbandingannya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pertimbangan pemilihan proses pembuatan Metil Metakrilat (Kirk dan Othmer, 2006)

Faktor	Aseton Sianohidrin	Isobutilena / Isobutanol	Etilena
Proses	1. Hidrolisis 2. Esterifikasi	Oksidasi 2 tahap	Kondensasi 4 tahap
Suhu	1. 80-160°C 2. 100-150°C	1. 300-400°C 2. 270-350°C	30-450°C
Tekanan	1. 1 atm 2. 7 atm	1. 1-2 atm 2. 1-10 atm	6,8-7,5 atm
Konversi	80-98%	30-75%	68-75%
Katalis	Cair	Padat	Padat
Jenis reaktor	RATB	PFR, RATB	PFR, RATB

Berdasarkan kondisi operasi masing-masing proses tersebut dipilih menggunakan aseton sianohidrin berdasarkan pertimbangan berikut:

1. Konversi bahan baku menjadi produk tertinggi sekitar 80-98%.

2. Kondisioperasi 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.





Proses pembuatan metil metakrilat ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

1. Persiapan Bahan Baku

a. Tahap Penyiapan Aseton Sianohidrin (ACH)

Aseton sianohidrin (ACH) disimpan dalam fase cair pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm di dalam tangki penyimpanan (F-120), pada kondisi demikian ACH dalam keadaan cair karena titik didihnya suhu 190°C tekanan 1 atm, selain itu juga dikarenakan fase reaktor adalah cair-cair. Dari tangki penyimpanan, ACH dialirkan menggunakan pompa (L-121), kemudian dipanaskan pada *heater-2* (E-122) sampai suhu 130°C dan dialirkan menuju reaktor hidrolisis.

b. Tahapan Penyiapan Asam Sulfat

Asam sulfat 98% disimpan dalam fase cair pada suhu 30°C tekanan 1 atm di dalam tangki penyimpanan (F-110). Sebelum masuk reaktor hidrolisis, asam sulfat dialirkan menggunakan pompa (L-111), dan dipanaskan sampai suhu 130°C dengan *heater-1* (E-112).

c. Tahapan Penyiapan Metanol

Metanol 98% disimpan dalam tangki penyimpanan (F-130). Dari tangki penyimpan, metanol dialirkan menuju *heater* dengan pompa (L-131) untuk dipanaskan menggunakan *Heater-3* (E-132) dari suhu 30°C menjadi 120°C dan tekanan 7 atm. Kemudian metanol dimasukkan ke reaktor esterifikasi.

2 Tahapan Reaksi

Tahap pembuatan metil metakrilat terdiri dari dua tahapan reaksi diantaranya:

a. Tahap pembentukan metakrilamid sulfat

Metakrilamid sulfat merupakan senyawa intermediet, produk dari reaksi antara aseton sianohidrin dengan asam sulfat pada reaktor hidrolisis (R-210) dengan perbandingan mol aseton sianohidrin dengan asam sulfat 1 : 1,8. Reaktor hidrolisis yang dipakai adalah reaktor alir tangki berpengaduk dengan *coil* pendingin dan reaksi berlangsung pada fase cair. Kondisi operasi berlangsung pada suhu 130°C dan tekanan 1 atm. Pada reaksi ini asam sulfat berfungsi sebagai reaktan, pelarut, dan katalis. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis untuk itu agar reaksi dapat dijaga tetap pada suhu operasi 130 °C, maka reaktor dipasang *coil* pendingin. Hasil reaktor ini adalah metakrilamid sulfat, sisa aseton sianohidrin, sisa asam sulfat dan air yang kemudian dialirkan menggunakan pompa (L-211) menuju reaktor esterifikasi (R-220) direaksikan dengan metanol. Namun sebelum di alirkan menuju reaktor esterifikasi

(R-220) metakrilamid sulfat dan pengotor-pengotornya didinginkan dari suhu 130 °C menjadi suhu 120 °C menggunakan *cooler-1* (E-212)

b. Tahap reaksi pembentukan metil metakrilat

Reaksi pembentukan MMA terjadi di reaktor esterifikasi (R-220), yang juga merupakan reaktor alir tangki berpengaduk. Kondisi operasi di dalam reaktor esterifikasi ini yaitu pada suhu 120°C tekanan 7 atm. Metakrilamid sulfat yang berasal dari reaktor hidrolisis direaksikan dengan metanol, dimana perbandingan mol metakrilamid sulfat dengan metanol adalah 1 : 1,6 (Kirk dan Othmer, 2006).

Reaksi yang terjadi pada reaktor ini adalah jenis reaksi metanolisis dan juga merupakan reaksi eksotermis, sehingga digunakan *coil* pendingin. Hasil keluaran reaktor adalah MMA, amonium bisulfat, sisa metakrilamid sulfat, sisa metanol, sisa ACH, sisa asam sulfat, dan air. Kemudian hasil dari reaktor esterifikasi ini dialirkan ke tahap pemisahan dan pemurnian produk.

3. Pemurnian Produk

Tahap ini bertujuan untuk memperoleh produk metil metakrilat hingga mencapai kemurnian 99,8%. Produk reaktor esterifikasi (R-220) dialirkan menuju menara distilasi (D-310) menggunakan pompa (L-221) untuk dipisahkan dari asam-asamnya. Hasil atas *light key component* (LK) menara distilasi (D-310) adalah metil metakrilat dengan kemurnian 79%, aseton sianohidrin, metakrilamid sulfat, metanol, air dan asam sulfat. Hasil bawah *heavy key component* (HK) terdiri dari amonium bisulfat, ACH, MS, MMA dan asam sulfat. Hasil bawah Menara Distilasi 1 (D-310) akan dialirkan menggunakan pompa (L-315) menuju evaporator (V-340) untuk memisahkan asam sulfat dan amonium bisulfat dengan pengotor lain, kemudian ammonium bisulfat dialirkan menggunakan pompa (L-342) menuju dekanter 2 (H-360) untuk memisahkannya dari asam sulfat dengan kemurnian mencapai 99,5% sebelum diumpankan ke tangki penyimpanan akhir produk samping (F-420) menggunakan pompa (L-361). Namun sebelum dialirkan menuju dekanter 1 (H-360) Produk didinginkan dari suhu 226,3 °C menjadi suhu 30 °C menggunakan *cooler-3* (E-343). Sedangkan hasil atas menara distilasi 1 (D-310) berupa produk MMA kemurnian 79% akan diumpankan ke menara distilasi 2 (D-320) untuk menghilangkan kandungan methanol pada produk MMA menggunakan pompa (L-313). Hasil atas dari menara distilasi 2 (D-320) adalah metanol dan air dengan kemurnian komponen 98% akan diumpankan kembali untuk direcycle kedalam reaktor esterifikasi (R-220) menggunakan pompa (L-323), sedangkan hasil bawah menara distilasi 2 (D-





320) berupa produk MMA kemurnian 94,4%, aseton sianohidrin, metakrilamid sulfat, air dan sedikit methanol diumpahkan menuju dekanter 1 (H-330) menggunakan pompa (L-325) untuk proses pemurnian akhir. Namun sebelum dialirkan menuju dekanter 1 (H-330) Produk didinginkan dari suhu 101 °C menjadi suhu 30 °C menggunakan cooler-2 (E-326). Produk atas dekanter 1 (H-330) berupa MMA kemurnian 99,73% dengan sedikit ACH, MS diumpahkan menuju tangki penyimpanan produk (F-410) menggunakan pompa (L-331), sedangkan produk bawah dekanter-1 (H-330) berupa air, sedikit MMA dan methanol di alirkan menuju UPL menggunakan pompa (L-332)

4. Pemurnian Produk

Produk yang dihasilkan kemudian dimasukkan ke tangki penyimpanan produk pada 30°C dan tekanan 1 atm. Untuk distribusi atau penjualan produk terdiri dari dua kemasan, yaitu drum dengan kapasitas 200 liter dan mobil tangki dengan kapasitas 5 – 20 Ton.

3. Utilitas

Sumber air untuk pabrik metil metakrilat diperoleh dari Sungai Berantas dan Bengawan Solo dengan debit air sebesar 3.153.600 m³/jam. Pembangkit listrik utama menggunakan generator dengan bahan dasar *diesel oil* yang diperoleh dari PT. Pertamina dan sebagian kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN. Kebutuhan total utilitas yang diperlukan pada operasi pabrik metil metakrilat dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Kebutuhan Utilitas Pabrik Metil Metakrilat

Kebutuhan	Jumlah
Air	930.093,2815 kg/jam
Listrik	2930,8941 kW
Bahan Bakar	270,3587 kg/jam
Limbah	240.5514 L/jam

4. Analisis Ekonomi

Data harga bahan baku dan produk pada pabrik metil metakrilat dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Daftar Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (Rp/Kg)
Asam sulfat	3.072
Aseton sianohidrin	12.593
Metanol	7.180
Metil metakrilat	39.575
Ammonium bisulfat	11.290

Adapun biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik metil metakrilat dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Total Biaya Pabrik Metil Metakrilat

Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	482.003.422.753
WC	120.500.855.688
TCI	632.257.576.143
TPC	2.790.556.165.192

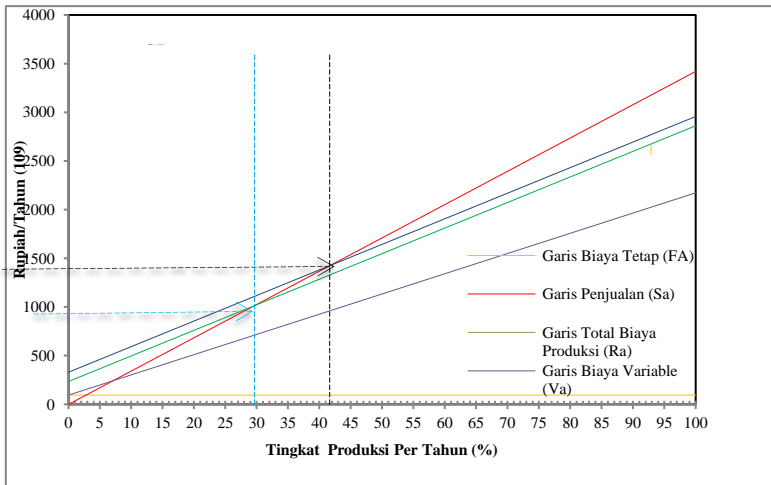
Berdasarkan keuntungan yang diperoleh, suatu pabrik untuk dapat dikategorikan layak atau tidak untuk didirikan maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan ekonominya. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan ekonomi adalah *Percent Profit On Sales (POS)*, *Percent Return On Investment (ROI)*, *Pay Out Time (POT)*, *Net Present Value (NPV)*, *Interest Rate of Return (IRR)*, *Break Even Point (BEP)*, dan *Shut Down Point (SDP)*. Hasil analisa ekonomi pabrik metil metakrilat dapat dilihat pada Tabel 9 berikut:

Tabel 9. Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	15 %	Min. 11%	Layak
POT	2,3 thn	2-5 thn	Layak
BEP	40,77%	40-60%	Layak
SDP	28,42%	20-40%	Layak

Return On Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. *Pay Out Time (POT)* adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui berapa lama investasi yang telah dilakukan akan kembali. *Break Even Point (BEP)* adalah titik impas atau suatu kondisi dimana pabrik menunjukkan biaya dan penghasilan jumlahnya sama atau tidak untung dan tidak rugi. *Shut Down Point (SDP)* adalah suatu titik atau saat dimana penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expense (Fa)* dibandingkan harus produksi. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi atau tidak menghasilkan profit (Aries, 1955). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik metil metakrilat dapat dilihat pada Gambar 2.





Gambar 2. Grafik BEP dan SDP Pabrik Metil Metakrilat Kapasitas 65.000 Ton/Tahun

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan pada prarancangan pabrik metil metakrilat dari aseton sianohidrin dan metanol dengan proses esterifikasi kapasitas produksi 65.000 ton/tahun diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas rancangan pabrik direncanakan sebesar 65.000 ton/tahun.
2. Bentuk hukum perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT).
3. Bentuk organisasi yang direncanakan adalah garis dan staf dengan jumlah total atasan dan tenaga kerja yang dibutuhkan 120 orang.
4. Pabrik terletak di di Jl. Prof Dr Moh Yamin, Gresik, Jawa Timur dengan luas tanah yang dibutuhkan adalah 35.050,8 m².
5. Berdasarkan hasil analisa ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik metil metakrilat ini bisa dipertimbangkan pendiriannya dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

Daftar Pustaka

- Aries, R.S. and Newton, R.D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. Mc-Graw Hill Book Company Inc. New York.
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Data Impor Metil Metakrilat di Indonesia*. <http://www.bps.go.id/> Diakses pada tanggal 4 April 2019
- Bauer, William Jr. 2005. *Methacrylic Acid and Derivatives*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Kawamura, Susumu. 1991. *Integrated Design of Water Treatment Facilities*. Jhon Wiley & Sons, Inc. New York.
- Kirk, Raymond E. and Donald F. Othmer. 2006. *Encyclopedia of Chemical Technology, Pigments to Powders, Handling*. John Wiley & Sons, Inc. Universitas Michigan.
- Perry, Robert H. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*. McGraw-Hill Company. USA.
- Polievka, M and J. Balak. 1982. *Kinetics of Hydrolysis of Methacrylamide Sulfate in The Medium of Sulfuric Acid*. Research Institute of Petrochem. Novaky.
- Polievka, M and J. Balak. 1982. *Kinetics of Esterification of Methacrylic Acid with A Mixture of Methanol and Water in The Presence of Sulfuric Acid*. Research Institute of Petrochem. Novaky.
- Peters, M.S and Timmerhause, K.D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineering 4th Edition*. McGraw-Hill Inc. Singapore.
- Trisnadi, A., dkk. *Optimasi Tawas dan Kapur untuk Koagulasi Air Keruh dengan Penanda I-131*. Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta.
- Ullmann. 1996. *Ullmann's Encyclopedia of Industry Chemistry 5th Edition*. Weinheim Willey-Vch Verlag GmbH & Co KgaA. Germany.

