

## PRA-RANCANGAN PABRIK MONOETANOLAMIN (MEA) DARI ETILEN OKSIDA DAN AMONIA DENGAN KATALIS $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ KAPASITAS 11.000 TON/TAHUN

Ditta Kharisma Yolanda Putri<sup>1</sup>, Helda Wika Amini<sup>1</sup>, Isni Salma Salsabillah<sup>1</sup>, Istiqomah Rahmawati<sup>1</sup>, Meta Fitri Rizkiana<sup>1</sup>, Sekar Jasmin Azzahra<sup>1</sup>, Wafiq Rifqi Abdul Wafi<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Jember

\*Corresponding Author: [wafiqrifqi874@gmail.com](mailto:wafiqrifqi874@gmail.com)

### Abstrak

*Monoetanolamin adalah senyawa organik yang biasa digunakan untuk penyerapan gas  $\text{CO}_2$ , pembuatan deterjen, dan bahan anti karat. Pabrik tersebut direncanakan akan didirikan di Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung dengan luas 87.000  $\text{m}^2$ . Monoetanolamin diproduksi dengan mereaksikan amonia dan etilen oksida dalam fase cair, dalam reaktor fixed bed multitube. Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermik yang membutuhkan pendingin untuk menjaga suhu. Produk utamanya adalah 99% monoetanolamin sebanyak 11.000 ton/tahun dengan produk sampingan berupa dietanolamin sebanyak 272 ton/tahun dan trietanolamin sebanyak 94 ton/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah amonia sebanyak 3.657.706 kg/jam dan etilen oksida sebanyak 7.514 ton/tahun. Kebutuhan air untuk utilitas adalah 1.020.786.220 kg/jam, kebutuhan listrik adalah 2.144.739 kW dan kebutuhan uap adalah 18.108,82 kg/jam. Dari analisis ekonomi, FCI diperoleh sebesar Rp.350.851.613.494 dan modal kerja Rp. 61.914.990.617 dengan asumsi bahwa pabrik ini berisiko rendah, maka RoI diperoleh 15,125%. Berdasarkan data evaluasi ekonomi, pabrik monoethanolamine layak untuk didirikan*

*Kata kunci : Monoetanolamin, reaktor fixed bed multitube, didirikan.*

### 1. Pendahuluan

Sektor industri saat ini telah mengalami perkembangan yang sangat cepat, salah satu negara yang telah mengalami perkembangan industri ialah Indonesia khususnya pada industri kimia. Perkembangan ini ditandai dengan semakin banyak industri kimia yang didirikan di Indonesia, industri skala kecil maupun skala besar. Meningkatnya bisnis dibidang industri kimia ini telah mendorong perluasan kebutuhan akan komponen bahan baku ataupun bahan penunjang. Bahan baku dan bahan penunjang untuk industri kimia di Indonesia saat ini masih bergantung pada distribusi melalui impor. Pendirian pabrik yang menghasilkan senyawa kimia produk antara sangat penting saat ini untuk dapat memenuhi bahan baku dan bahan penunjang industri kimia dalam negeri. Pendirian industri produk antara ini juga dapat menghemat devisa negara dikarenakan berkurangnya kegiatan impor dalam kegiatan pemenuhan bahan baku industri kimia. Etanolamin (EOA) merupakan salah satu bahan baku atau bahan penunjang yang terdiri atas monoetanolamin (MEA), dietanolamin (DEA), dan trietanolamin (TEA) (Maxwell, 2005).

MEA merupakan senyawa kimia yang paling umum digunakan dalam industri sebagai penghilang

$\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  pada gas alam dan limbah gas. MEA ini sangat diperlukan untuk bahan yang dapat menghambat terjadinya korosi, untuk memurnikan gas serta pelarut, serta diperlukan dalam industri kertas (Hasan dkk., 2020). MEA berfungsi sebagai zat antara dalam produksi surfaktan karena memiliki alkalinitas lebih rendah dan kelarutan dalam air yang lebih baik yang digunakan dalam formulasi deterjen pencuci pakaian dan pencuci piring cair, kosmetik, sampo, dan kondisioner rambut. Dalam aplikasi ini, mereka bertindak sebagai peningkat busa dan pengental (Knaak dkk., 1997). MEA juga merupakan bahan baku yang penting untuk produksi etilendiamin dan etilenamin (Frauenkron dkk., 2012). Selain menghasilkan produk utama berupa MEA, reaksi antara etilen oksida dan amonia cair menghasilkan produk samping yaitu DEA dan TEA. Kedua produk samping tersebut juga memiliki nilai jual, karena kedua produk samping tersebut memiliki kegunaan yang berbeda dalam bidang industri. DEA merupakan alkanolamin yang banyak digunakan dalam industri kimia dan kondensat asam lemaknya ada di banyak produk rumah tangga (Lehman-McKeeman & Gamsky, 1999). Sedangkan TEA banyak digunakan



dalam produksi pengemulsi, pengatur pH kimiawi, bahan baku kosmetik, dan semi-produk dalam sintesis sediaan obat (Andreev dkk., 2019).

Pabrik MEA di Indonesia belum ada hingga saat ini. Indonesia masih melakukan impor etanolamin (MEA, DEA, dan TEA) hingga tahun 2023 yaitu sebanyak 2.011,404 ton/tahun. Jumlah ini meningkat dibandingkan tahun sebelumnya pada tahun 2022 yaitu 1.595,919 ton/tahun (BPS, 2023). Tujuan didirikannya pabrik MEA ini ialah sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan bahan baku MEA di Indonesia, sehingga diharapkan pendirian pabrik MEA di Indonesia dapat mengurangi devisa negara karena berkurangnya distribusi impor, meningkatkan pendapatan negara, serta dapat menumbuhkan dan memperkuat ekonomi nasional. Pendirian industri MEA di Indonesia juga didorong dengan ketersediaan bahan baku yaitu amonia dan etilen oksida yang mendukung.

Sebelum dilakukan pemilihan kapasitas, perencanaan kapasitas perlu dilakukan supaya dapat mengendalikan fasilitas pabrik yang efisien. Kebutuhan MEA di Indonesia semakin meningkat dari tahun per tahun yang dapat dilihat dari tabel 1 data impor dan ekspor MEA sebagai berikut:

Tabel 1 Data impor dan ekspor MEA tahun 2019–2023

Tahun	Impor (Ton)	Ekspor (Ton)
2019	2.054,765	3,50
2020	2.107,376	29,04
2021	2.456,806	6,59
2022	1.595,919	59,83
2023	2.011,404	21,40

(Sumber: BPS, 2023)

Tabel 2 Data pertumbuhan impor dan ekspor MEA tahun 2019–2023

Tahun	Impor (Ton)	Ekspor (Ton)
2019 – 2020	2,56	729,71
2020 – 2021	16,58	-77,32
2021 – 2022	-35,04	808,36
2022 – 2023	26,03	-64,23
<b>Rata-rata pertumbuhan</b>	<b>2,53</b>	<b>349,02</b>

Perkiraan nilai konsumsi MEA dalam negeri pada tahun 2027 dapat dituliskan pada Persamaan 1.1 berikut:

$$m_5 = P(1 + i)^n$$

$$m_5 = 2.011,40 (1+0,025)^4 \quad (1.1)$$

$$m_5 = 2.223,14 \text{ ton/tahun}$$

Perkiraan jumlah ekspor pada tahun 2027 dapat dituliskan pada Persamaan 1.2 berikut:

$$m_4 = P(1 + i)^n$$

$$m_4 = 21,40 (1+3,49)^4 \quad (1.2)$$

$$m_4 = 8.700,19 \text{ ton/tahun}$$

Keterangan:

$m$  = Jumlah produk pada tahun 2023

$P$  = Data impor/ekspor pada tahun 2022

$i$  = Rata-rata kenaikan impor/ekspor tiap tahun

$n$  = Selisih tahun pabrik akan berdiri

Dikarenakan Indonesia belum memiliki pabrik MEA maka nilai produksi pabrik di dalam negeri akan dianggap 0, maka kapasitas pabrik aseton pada tahun 2027:

$$m_3 = (m_4+m_5)-(m_1+m_2)$$

$$m_3 = (8.700,19 + 2.223,14)-(0 - 0) \quad (1.3)$$

$$m_3 = 10.923,33 \text{ ton/tahun}$$

Keterangan:

$m_1$  : Nilai impor tahun 2027

$m_2$  : Produksi pabrik di dalam negeri

$m_3$  : Kapasitas pabrik yang akan didirikan

$m_4$  : Nilai ekspor tahun 2027

$m_5$  : Nilai konsumsi dalam negeri tahun 2027

Dari perhitungan peluang kapasitas produksi dapat diperoleh kapasitas produksi pabrik baru yaitu 10.923,33 ton/tahun. Sehingga ditetapkan kapasitas pabrik MEA yang akan berdiri pada tahun 2027 yaitu sebesar 11.000 ton/tahun.

## 2. Deskripsi Proses

Proses pembentukan MEA dapat menggunakan beberapa metode yaitu secara fermentasi, reaksi dengan bantuan katalis, ataupun reaksi tanpa katalis. Perbandingan dari ketiga proses diatas dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut:

Berdasarkan perbandingan ketiga proses tersebut dipilihlah proses katalitik dengan beberapa pertimbangan yaitu:

- Proses katalitik sangat ekonomis untuk beroperasi karena hampir semua etilen oksida bereaksi, tidak





ada air yang perlu dihilangkan, umur katalis yang lama dan amonia dapat didaur ulang.

- b. Katalis memiliki harga yang relatif terjangkau.
- c. Reaksi bersifat stabil pada suhu tinggi.
- d. Membutuhkan energi yang lebih rendah.
- e. Selektivitas MEA cukup tinggi.

Katalis yang dipilih dalam proses produksi MEA adalah katalis silika-alumina tipe 980 (25%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) pellet dimana memiliki selektivitas yang tinggi terhadap produk dan harga yang relatif terjangkau. Katalis silika-alumina dapat digunakan pada suhu 110 °C dan tekanan 98,65 atm menghasilkan konversi etilen oksida sebesar 98%, selektivitas terhadap MEA sebesar 87,04%; DEA sebesar 10,12%; dan TEA sebesar 2,10%.

Pembentukan MEA dengan proses katalitik dibagi dalam 3 tahapan, yaitu:

a. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan MEA yaitu amonia dan etilen oksida dalam bentuk *liquid*. Bahan baku amonia yang memiliki kemurnian 99,5% didapatkan dari PT Pupuk Sriwidjaja Palembang dan disimpan di dalam tangki penyimpanan amonia (F-110) pada suhu 30°C dan tekanan 15 atm. Etilen oksida dengan kemurnian 99% didapatkan dari PT Polychem Indonesia Tbk (ADMG) dan disimpan dalam tangki penyimpanan etilen oksida (F-120) pada suhu 30°C dan tekanan 5 atm. Kedua bahan baku tersebut dialirkan ke dalam alat *mixer* (M-130) untuk proses pencampuran antara bahan baku segar dengan bahan baku hasil *recycle* dari flash drum I dan II. Bahan baku yang sudah tercampur dialirkan menuju *valve pressure control* (L-131) untuk menaikkan tekanan menjadi 100 atm. Bahan baku kemudian dialirkan ke dalam *heat exchanger* (E-132) untuk dipanaskan terlebih dahulu sebelum memasuki reaktor (R-210), suhu operasi yang dibutuhkan pada proses reaksi di reaktor yaitu 110°C (Johnson Jr & Tex., 1984).

b. Proses Reaksi

Reaksi terjadi di dalam reaktor *fixed bed multitube* (R-210) pada suhu 110°C dan tekanan 100 atm. Pada reaktor, bahan baku akan bereaksi dengan bantuan katalisator silika-alumina yang akan menghasilkan produk utama berupa MEA dan produk samping berupa DEA dan TEA. *Tube* reaktor yang berisi katalis memiliki ujung atas dan bawah terbuka, pengelasan ujung tube pada pelat tabung agar bebas dari kebocoran. Masing-masing ujung tube tersebut terbuka ke dalam tutup yang terhubung ke dinding

luar di ujung atas dan bawah reaktor. Campuran yang akan bereaksi mengalir melalui tabung katalis, masuk dan keluar melalui tutup atas dan bawah reaktor. Media pendingin disirkulasikan melalui saluran yang terletak di antara pelat tabung paling atas dan paling bawah, dan media pendingin tersebut mengalir diantara tabung-tabung katalis (Olbert dkk., 2007). Proses produksi menghasilkan konversi sebesar 98% dan selektivitas produk utama MEA dengan produk samping DEA dan TEA secara berurutan yaitu 87,04%; 10,12%; dan 2,10%. Setelah itu produk dan bahan baku yang terbawa dari reaktor, dialirkan ke *flash drum* 1 (H-310) dan 2 (H-320) untuk dipisahkan antara amonia dan produk (MEA, DEA, dan TEA). Amonia dapat mudah dipisahkan dengan mengurangi tekanan hingga amonia berada pada fase gas, sehingga amonia dapat dipisahkan sebagai gas dan kemudian di *recycle*. *Recycle* amonia dalam fase gas kemudian dilewatkan alat kondensor sehingga kembali ke fase cair sebelum dicampur dengan etilen oksida. Amonia yang telah dipisahkan akan kembali menuju *mixer* (M-130). Produk utama dan samping akan dipisahkan dalam menara distilasi (Johnson Jr & Tex., 1984).

c. Pemisahan dan Pemurnian Produk

Proses pemisahan dilakukan dengan menyingkirkan produk samping (DEA dan TEA) dari produk utama (MEA) dalam distilasi 1 (D-410) pada suhu 188,72°C dan tekanan 2,04 atm. MEA akan menguap menjadi produk atas dan kemudian diturunkan suhu menggunakan *cooler* (E-414) sebelum masuk ke tangki penyimpanan MEA (F-430). Produk samping DEA dan TEA akan mengalir ke distilasi 2 (D-420) untuk dipisahkan. Pemisahan DEA dan TEA dilakukan pada suhu 238,10°C dan tekanan 1,09 atm. DEA akan menguap menjadi produk atas dan TEA produk bawah. Kedua produk samping tersebut dialirkan dan disimpan pada tangki penyimpanan DEA (F-440) dan tangki penyimpanan TEA (F-450). Produk yang dihasilkan yaitu produk utama yaitu MEA dengan kemurnian 99,2%, produk samping yaitu DEA dengan kemurnian 95% dan TEA dengan kemurnian 97% (Khamzah & Malik, 2018).



Tabel 3 Perbandingan Setiap Proses

Parameter	Proses		
	Fermentasi	Katalitik	Non-Katalitik
Bahan	Glukosa dan bakteri rekombinan	<i>Ammonia anhydrous</i>	<i>Liquid amonia (60% aqueous solution)</i>
Suhu (°C)	20 – 40	75 – 132	110 – 150
Tekanan	Tekanan Ruang	34 – 136,09 atm	49,35 – 118,43 atm
Konversi	79 g/L	98%	22%
Produk samping	CO <sub>2</sub>	TEA dan DEA MEA : 87,04 DEA : 10,12 TEA : 2,10	TEA dan DEA MEA : 58,7 DEA : 30,6 TEA : 10,7
Selektivitas (%)	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dapat menghasilkan senyawa MEA dengan selektivitas yang tinggi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hanya perlu air untuk dapat mempercepat reaksi.</li> </ul>
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Suhu operasi rendah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak diperlukan proses pemisahan air karena produk tidak mengandung air.</li> <li>• Produk yang dihasilkan berkonsentrasi tinggi.</li> </ul>	
Kekurangan	Proses fermentasi atau secara biosintesis alami untuk produk MEA dalam skala besar belum bisa direalisasikan di Industri	Penggunaan bahan baku dalam bentuk anhidrat sehingga lebih berbahaya	Dibutuhkan proses evaporasi atau pemisahan air dari produk akhir sehingga membutuhkan lebih banyak konsumsi energi

### 3. Utilitas

Pengolahan air yang dilakukan pada pabrik MEA ini memiliki beberapa tahapan yakni koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, demineralisasi dan deaerasi. Sumber air yang digunakan berasal dari Sungai Way Seputih. Kebutuhan air pada pabrik MEA ini dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4 Kebutuhan total air pabrik MEA

Kebutuhan	Jumlah (kg/jam)
Air Sanitasi	554,9
Air Pendingin	994.154,61
Air umpan Boiler	26.076,71
<b>Total</b>	<b>1.020.786,220</b>

Pabrik MEA ini memakai sebuah boiler dengan jenis *fire tube boiler* dikarenakan tekanan *steam* yang diperlukan tidak lebih dari 10 atm dan juga dua buah generator. Bahan bakar yang dipakai pada boiler yaitu *fuel oil*, sedangkan bahan bakar pada generator menggunakan *diesel oil* (solar). Kebutuhan bahan bakar pada pabrik MEA ini dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 5 Kebutuhan total bahan bakar pabrik MEA

Kebutuhan	Jumlah (kg/jam)
Boiler	76,37
Generator	211,62
<b>Total</b>	<b>287,99</b>

Pabrik MEA ini juga mempunyai kebutuhan listrik untuk keperluan seperti penerangan, peralatan proses produksi, unit utilitas, dan lain-lain (peralatan kantor, lemari es, AC). Kebutuhan listrik pada pabrik MEA ini dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

Tabel 6 Kebutuhan total listrik pabrik MEA

Kebutuhan	Jumlah (kW)
Peralatan proses produksi	128,26
Unit utilitas	0,24
Penerangan	1.804,60
Lain-lain	16,67
<b>Total</b>	<b>1.949,76</b>





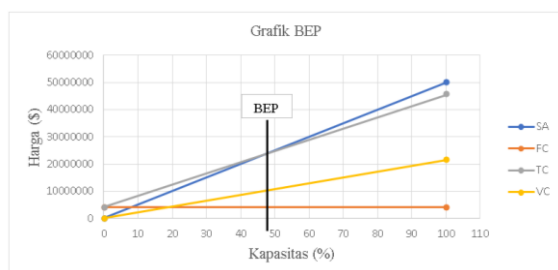


## 4. Analisis Ekonomi

Analisa kelayakan ekonomi merupakan landasan untuk menentukan sumber daya ekonomi yang dibutuhkan untuk kegiatan tertentu dan dapat menentukan laba yang diinginkan. Analisis kelayakan ekonomi dibutuhkan untuk mengetahui apakah suatu bisnis layak atau tidak layak dijalankan. Tabel 7 berikut menunjukkan hasil evaluasi ekonomi yang dilakukan untuk pabrik MEA :

Tabel 7 Evaluasi ekonomi pabrik MEA

Analisa	Hasil	Kesimpulan
ROI	15,125%	Low Risk
POT	4,68	Layak
BEP	49,78%	Layak
DCFR	17,48%	Layak



Gambar 2 Analisis Break Event Point

Berdasarkan perhitungan, didapatkan nilai BEP sebesar 49,78% dimana nilai tersebut masih dalam range yang diperbolehkan (40-60%). (Kusnarjo, 2010).

## 5. Kesimpulan

Pabrik monoetanolamin (MEA) ini akan didirikan di daerah Bandar Lampung dengan luas 87.000 m<sup>3</sup> dengan waktu operasi selama 330 hari/tahun secara kontinyu. Bentuk badan usaha yang direncanakan pada pabrik ini yaitu Perseroan Terbatas (PT) dengan total karyawan sebanyak 179 orang. Berdasarkan analisis ekonomi pabrik ini layak didirikan dengan POT 4,68 tahun; RoI 15,125%; dan BEP 49,78%.

## DAFTAR PUSTAKA

Andreev, D. V., Sergeev, E. E., Makarshin, L. L., Ivanov, E. A., Gribovskii, A. G., Adonin, N. Y., Pai, Z. P., & Parmon, V. N. (2019). Catalytic Synthesis of Triethanolamine in a Microchannel Reactor. *Catalysis in Industry*, 11(1), 45–52. <https://doi.org/10.1134/S2070050419010033>

BPS. (2023). Data Impor dan Ekpor MEA. <https://www.archive.bps.go.id/exim/>.

Frauenkron, M., Melder, J.-P., Ruider, G., Roszbacher, R., & Hoke, H. (2012). Ethanolamines and propanolamines. *Environmental Protection*, 421(8).

Hasan, S., Abbas, A. J., & Nasr, G. G. (2020). Improving the carbon capture efficiency for gas power plants through amine-based absorbents. *Sustainability*, 13(1), 72.

ICIS. (2016). *Chemical Profile: Asia Monoethanolamines*. <https://www.icis.com/subscriber/icb/chemicalprofile?commodityId=10166&regionId=10007>.

Johnson Jr, F. L., & Tex., A. (1984). *Selective production of monoalkanolamines from alkylene oxides and ammonia over acidic inorganic catalysts* (Patent No. US 4,438,281). Google Patents.

Khamzah, & Malik, R. A. (2018). *Pra Rancangan Pabrik Kimia MEA Dari Etilen Oksida Dan Amonia Dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun*. Universitas Islam Indonesia.

Knaak, J. B., Leung, H. W., Stott, W. T., Busch, J., & Bilsky, J. (1997). Toxicology of mono-, di-, and triethanolamine. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 149, 1–86. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2272-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2272-9_1).

Kusnarjo. (2010). *Desain Bejana Bertekanan*. ITS Press.

Lehman-McKeeman, L. D., & Gamsky, E. A. (1999). Diethanolamine Inhibits Choline Uptake and Phosphatidylcholine Synthesis in Chinese Hamster Ovary Cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 262(3), 600–604. <https://doi.org/https://doi.org/10.1006/bbrc.1999.1253>.

Maxwell, G. R. (2005). *Synthetic Nitrogen Products*. Springer Science.

Olbert, G., Corr, F., Reuter, P., Wambach, L., & Hammon, U. (2007). *Multi-tube Fixed Bed Reactor, Especially for Catalytic Gas Phase Reactions* (Patent No. US 7,226,567 B1). Google Patents.

