

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia merupakan salah satu negara industri terbesar di dunia. Menurut *U.S Manufacturing in International Respective*, Indonesia menempati urutan ke-4 dunia sebagai negara yang menciptakan nilai tambah tertinggi di sektor industri. Berdasarkan data pada triwulan I pertumbuhan industri meningkat 5,03 % dari periode sebelumnya pada triwulan IV 2017 hanya 4,46 % (Pusdatin Kemenperin, 2018). Hal ini menunjukkan bahwa industri tersebut memiliki kontribusi terbesar terhadap perekonomian nasional.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi adalah dengan meningkatkan sektor industri. Hal berdampak seperti, pada penyerapan tenaga kerja. Berdasarkan data dari (Kemenperin, 2018) menunjukkan peningkatan terhadap penyerapan tenaga kerja dari tahun 2016 sebanyak 15,54 juta hingga 2017 mencapai 17,01 juta. Selain itu, penambahan industri di Indonesia dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengurangi impor.

Etanolamin digunakan dalam berbagai aplikasi industri karena sifatnya bifungsional dari golongan amina primer (terdapat gugus amino) dan merupakan golongan alcohol primer (terdapat gugus hidroksil). Etanolamin diproduksi dengan mereaksikan antara ammonia dengan etilen oksida. Reaksi antara amonia dengan etilen oksida membentuk senyawa baru seperti monoetanolamin (MEA), dietanolamin (DEA) dan trietanolamin (TEA) (Laurence, 2003).

Permintaan monoetanolamin setiap tahun mengalami peningkatan 5-7% hingga saat ini melebihi 1,5 juta ton (Himtek engineering, 2018). Hingga saat ini monoetanolamin masih didatangkan dari luar negeri. Seiring dengan hal tersebut, pendirian pabrik monoetanolamin di Indonesia menjadi hal yang harus dipertimbangkan, supaya dapat mengurangi ketergantungan akan impor.

antara 500-2000 psig dan suhu yang digunakan 50-212°C. Proses pembuatan monoetanolamin suhu yang baik digunakan berkisar 72-212°C. Perbandingan amonia dan etilen oksida antara 10:1 sampai 40:1. Tekanan 1450 psig dan suhu 110°C dengan katalis silica-alumina dan perbandingan antara amonia dan etilen oksida sebesar 39,88:1 menghasilkan 87,69% monoetanolamin, 10,19% dietanolamin dan 2,125% trietanolamin (Jhonson,1984).

Pemilihan proses bertujuan untuk menentukan proses yang menguntungkan baik dari teknik maupun ekonomi. Berikut ini merupakan perbandingan kelebihan dan kekurangan dari proses produksi monoetanolamin dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel I. 1 Kelebihan dan kekurangan proses produksi *monoetanolamin*

Jenis Proses	Kelebihan	Kekurangan
<i>Non-catalytic</i>		
Kondisi Operasi: <ul style="list-style-type: none"> ● Tekanan : 3 atm ● Suhu : 40 °C 	<ul style="list-style-type: none"> ● Biaya mencairkan gas ammonia lebih mahal dibandingkan penyimpanan larutan amonia, sehingga penyimpanan larutan ammonia tergolong murah. ● Pada kondisi operasi, tekanan dan suhu yang digunakan lebih rendah sehingga lebih aman pada saat operasi berjalan. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Perlunya dilakukan pemisahan lebih lanjut dikarenakan bahan baku ammonia yang digunakan mengandung air. ● Menghasilkan konsentrasi yang lebih rendah.

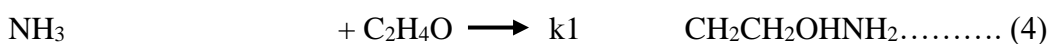
<i>Catalytic</i>		
Kondisi Operasi: <ul style="list-style-type: none"> • Tekanan 35-136 atm • Suhu : 50-275 °C 	<ul style="list-style-type: none"> • Produk dapat langsung digunakan dikarenakan proses yang dilakukan tanpa menggunakan air. • Menghasilkan konsentrasi produk yang lebih tinggi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan amonia <i>anyhrous</i>, sehingga proses yang dilakukan lebih mahal. • Biaya produksi tinggi dikarenakan proses dilakukan pada tekanan tinggi.

Berdasarkan perbandingan proses produksi monoetanolamin pada tabel 1 dan tabel 2 dapat disimpulkan bahwa proses *non-catalytic* lebih menguntungkan dari segi ekonomi dan lebih aman dari segi operasi.

I.3. Tinjauan Kinetika Reaksi

Ethanolamine diproduksi dalam skala industri dengan mereaksikan antara etilen oksida dan ammonia berlebih. Reaksi antara etilen oksida dan ammonia berjalan dengan lambat sehingga digunakan katalis berupa air untuk mempercepat reaksi. Reaksi pembentukan ethanolamine berlangsung pada fase liquid sehingga untuk menghindari penguapan dari ammonia dan etilen oksida maka tekanan dan suhu operasi dibuat cukup besar pada temperatur reaksi. Konsentrasi bahan baku yang digunakan yaitu ammonia sekitar 50 – 100%, dengan tekanan operasi mencapai 16 MPa, temperature reaksi mencapai 150°C dan ammonia berlebih yang digunakan mencapai 40 mol ammonia per mol etilen oksida (Ulmann's, 2012).

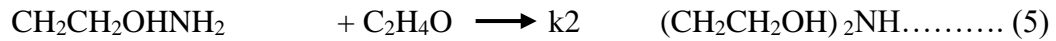
Reaksi antara etilen oksida dan ammonia merupakan seri paralel dan dapat dituliskan sebagai berikut:



Amonia

Etilen Oksida

Monoetanolamin (MEA)



Monoetanolamin (MEA) Etilen Oksida Dietanolamin (DEA)



Dietanolamin (DEA) Etilen Oksida Trietanolamin (TEA) (Robin Smith, 1995).

Dimana ketiga reaksi tersebut adalah orde dua masing - masing reaktan. Hukum laju pembentukan etanolamin dapat dilihat sebagai berikut:

$$-R_a = k \cdot C_a \cdot C_b \dots \dots \dots (7)$$

$$k = k_0 \exp\left(\frac{-E}{RT}\right) \dots \dots \dots (8)$$

$$\text{Etilen Oksida} = C_{ao} \left(\frac{1-XA}{1+\varepsilon A \cdot XA}\right) \dots \dots \dots (9)$$

$$\text{Amonia} = C_b = C_{bo} - C_{ao} \cdot XA = C_{bo} - C_{ao} \left(\frac{1-XA}{1+\varepsilon A \cdot XA}\right) \dots \dots \dots (10)$$

$$-R_a = k \cdot C_a \cdot C_b = k \cdot C_{ao} \left(\frac{1-XA}{1+\varepsilon A \cdot XA}\right) \left[C_{bo} - C_{ao} \left(\frac{1-XA}{1+\varepsilon A \cdot XA}\right)\right] \dots \dots \dots (11)$$

Dimana:

NH₃+ EO dengan k₀= 4,11 × 10⁸ L/mol.min

MEA+EO dengan k₀= 1,13 × 10¹⁰ L/mol.min

DEA+EO dengan k₀= 2,94 × 10⁹ L/mol.min

E = 14,6 kcal/mol

R = 8,314 × 10⁻³ KJ/mol.K

T = 40°C = 313,15 °K

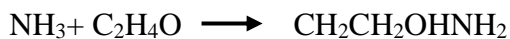
K1 = 0,026532596 L/mol.min

K2= 0,729484991 L/mol.min

$$K_3 = 0,18979521 \text{ L/mol.min}$$

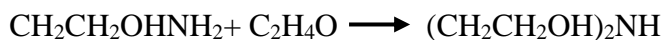
I.4. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika bertujuan untuk menentukan sifat reaksi dan arah reaksi dengan menggunakan panas pembentukan standar (ΔH_f°) dari reaktan dan produk. Reaksi pembentukan monoetanolamin, dietanolamin dan trietanolamin sebagai berikut :



$$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ &= \Delta H_f^{\text{produk}} - \Delta H_f^{\text{reaktan}} \dots \dots \dots (12) \\ &= \Delta H_f^{\text{MEA}} - (\Delta H_f^{\text{EO}} + \Delta H_f^{\text{Amonia}}) \\ &= -210,19 - (-52,63 + (-45,90)) \\ &= -111,16 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, maka didapatkan harga ΔH_f° untuk persamaan (2 dan 3) adalah sebagai berikut:



$$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ &= \Delta H_f^{\text{produk}} - \Delta H_f^{\text{reaktan}} \dots \dots \dots (13) \\ &= \Delta H_f^{\text{DEA}} - (\Delta H_f^{\text{MEA}} + \Delta H_f^{\text{EO}}) \\ &= -396,88 - (-210,19 + (-52,63)) \\ &= -134,06 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ &= \Delta H_f^{\text{produk}} - \Delta H_f^{\text{reaktan}} \dots \dots \dots (14) \\ &= \Delta H_f^{\text{TEA}} - (\Delta H_f^{\text{DEA}} + \Delta H_f^{\text{EO}}) \\ &= -562,08 - (-396,88 + (-52,63)) \\ &= -112,57 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Panas reaksi standar bernilai negatif sehingga reaksi bersifat eksotermis (Yaws, 1999)

Apabila ditinjau dari energi Gibbs (G°).

$$\begin{aligned} G^\circ_{f298} &= G^\circ_f \text{C}_2\text{H}_7\text{ON} + (G^\circ_f \text{NH}_3 + \text{C}_2\text{H}_4\text{O}) \\ &= -106,88 + (-16,40 + 13,10) \text{ kJ/mol} \\ &= -110,18 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G^\circ_{f298} &= G^\circ_f \text{C}_4\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N} + (G^\circ_f \text{C}_2\text{H}_7\text{ON} + \text{C}_2\text{H}_4\text{O}) \\ &= -214,08 + (-106,88 + 13,10) \text{ kJ/mol} \\ &= -307,86 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G^\circ_{f298} &= G^\circ_f \text{C}_6\text{H}_{15}\text{O}_3\text{N} + (G^\circ_f \text{C}_4\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N} + \text{C}_2\text{H}_4\text{O}) \\ &= -299,33 + (-214,08 + 13,10) \text{ kJ/mol} \\ &= -500,91 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

I.5. Kegunaan Produk

Etanolamin memiliki banyak kegunaan, diantaranya:

1. Monoethanolamine (MEA)

Monoethanolamine digunakan dalam industri kosmetik, pengemulsi, pemurnian gas (menyerap gas H_2S dan CO_2), plasticizer.

2. Diethanolamine (DEA)

Diethanolamine digunakan dalam kosmetik, deterjen, tekstil, pestisida, lilin, industri anti korosi (anti korosi), pembersih gas, dan pembersih logam (polishing).

3. Triethanolamin (TEA)

Triethanolamine digunakan dalam industri karet, tekstil, aditif semen, bahan toilet, penghambat korosi (penghambat karat), pembersih logam (bahan pemoles), pembersih cat (dispersan), campuran cat untuk menghasilkan senyawa lain. digunakan sebagai pelarut dan zat antara reaksi untuk (Kirk dan Osmer, 1998).

I.6. Penentuan Kapasitas Pabrik

Metode penentuan kapasitas produksi yang menguntungkan didasarkan pada beberapa pertimbangan, antara lain:

1) Ketersediaan bahan baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor pertimbangan untuk menentukan kapasitas produksi. Proses pembuatan monoetanolamin bahan baku yang digunakan adalah amonia dan etilen oksida. Bahan baku amonia di peroleh dari PT. Pupuk Kujang dengan kapasitas produksi 660.000 ton/tahun (PT. Pupuk Kujang, 2021). Sedangkan bahan baku etilen oksida diperoleh dari PT. PolycemIndonesia 44.000 ton/tahun (*Annual Report Polychem*, 2016).

2) Kebutuhan dalam negeri

Data kebutuhan monoethanolamin dalam negeri dapat diperoleh dari besarnya kebutuhan impor Indonesia yang dapat dilihat pada Tabel 1.2

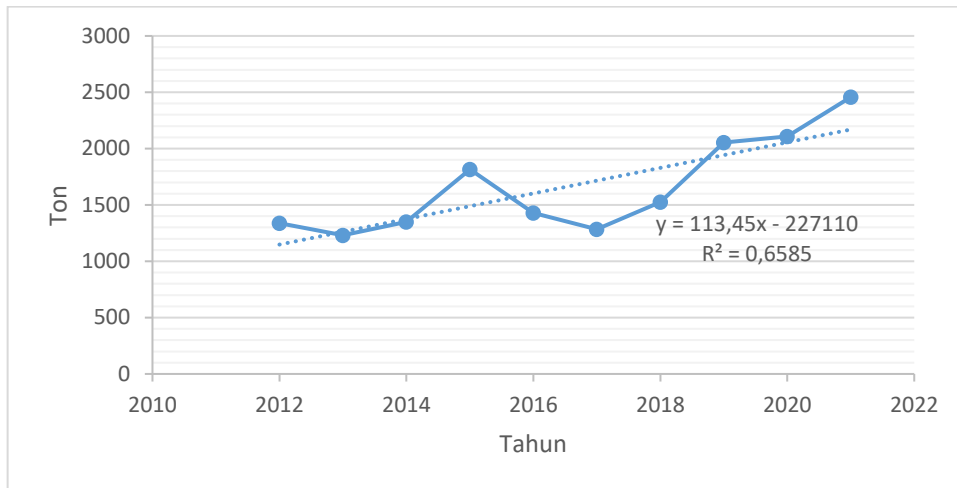
Tabel I. 2 Data Impor *Monoetanolamin* Indonesia

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2012	1338
2013	1231
2014	1350
2015	1814
2016	1428
2017	1283
2018	1526
2019	2055
2020	2107
2021	2457

(Badan Pusat Statistik, 2021)

Data pada Tabel 1.2 menunjukkan bahwa impor monoethanolamine Indonesia berfluktuasi namun cenderung meningkat. Sejauh ini, belum ada pabrik di Indonesia yang memproduksi monoethanolamine. Kebutuhan monoethanolamine di Indonesia selalu dipenuhi dari impor, sehingga pabrik yang akan dibangun diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri.

Jika pabrik dibangun pada tahun 2023, diperkirakan memiliki masa konstruksi 4 tahun, dan beroperasi pada tahun 2027, maka kebutuhan monoethanolamine pada tahun 2027 dapat diperkirakan dengan menggunakan metode regresi linier. Berikut adalah grafik perkiraan permintaan impor monoethanolamina di Indonesia, yang ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar I. 1 Grafik Impor *Monoethanolamin* di Indonesia

Sehingga dapat diperkirakan kebutuhan monoethanolamin di Indonesia pada tahun 2027 diperoleh dari persamaan berikut:

$$Y = 113,45x - 227110$$

$$Y = 113,45 (2027) - 227110$$

$$Y = 2853,15 \text{ ton}$$

Maka berdasarkan hasil dari persamaan diatas, dibutuhkan 2853,15 Ton Monoethanolamin untuk memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri.

3) Kapasitas pabrik di luar negeri

Berikut ini merupakan beberapa pabrik penghasil monoethanolamin di Dunia dapat dilihat pada Tabel 1.3

Tabel I. 3 Daftar Perusahaan *Monoetanolamin*

No	Nama Perusahaan	Negara	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	Jiaxiang Jinyan Chemical Co. Ltd	RRC	50.000
2	Yinyan Chemical, Changhoo taihua, Cgemical Material. Co. Ltd	RRC	10.000
3	Dow Chemical Company	Amerika Serikat	190.000
4	Doq, Plaquemine, Los Angles	Amerika Serikat	84.000
5	Hunsmen, Port Neches, Texas	Amerika Serikat	150.000
6	Union Carbide, Seadrift, Texas	Amerika Serikat	180.000
7	Exw Arak Petrochemical Complex	Amerika Serikat	10.000
8	Industrias Derivadosdel Etileno	Mexico	7.000
9	INEOS Group Ltd	Belgia	80.000

(Global Market Insight, 2019)

Berdasarkan tabel 1.3 dapat dilihat bahwa kebutuhan monoetanolamin mengalami kenaikan setiap tahunnya. Menurut Global Market Insight, etanolamin (monoetanolamin, dietanolamin, trietanolamin) diperkirakan akan mengalami peningkatan sekitar 4% selama 2016-2024. Ini dikarenakan adanya kenaikan permintaan dari agrokimia dan surfactan. Untuk memenuhi kebutuhan etanolamin dunia, maka harus didirikan pabrik-pabrik monoetanolamin.

Kapasitas yang dimiliki pabrik monoetanolamin berbeda-beda tergantung target pasarnya. Beberapa pabrik didirikan untuk memenuhi kebutuhan domestik, sehingga pabrik memiliki kapasitas kecil yaitu sekitar 2.000 - 20.000 ton/tahun. Ada juga pabrik yang didirikan untuk memenuhi kebutuhan dunia yang memiliki kapasitas besar sekitar 50.000 - 180.000 ton/tahun. Sehingga kapasitas produksi pabrik dapat ditentukan range-nya sesuai target pasar yang diinginkan. Dari pertimbangan diatas maka Pendirian pabrik Monoetanolamin direncanakan akan memiliki kapasitas 50.000 ton/tahun. Dengan target pasar, selain untuk memenuhi kebutuhan monoetanolamin dalam negeri, sebagian besar produk monoetanolamin ini juga akan di ekspor untuk memenuhi kebutuhan monoetanolamin di dunia.

I.7. Pemilihan Lokasi Pabrik

Letak geografis suatu pabrik memiliki dampak yang sangat besar terhadap keberhasilan dan kelangsungan hidup suatu perusahaan. Beberapa faktor dapat dijadikan acuan dalam menentukan lokasi pabrik, seperti: Faktor kunci seperti ketersediaan bahan baku, lokasi pasar, transportasi, tenaga kerja dan pasokan, dan faktor pendukung seperti potensi perluasan pabrik, lokasi pabrik, peraturan nasional dan daerah, kondisi masyarakat dan perencanaan ke depan, ketersediaan air, ketersediaan fasilitas layanan/pemeliharaan, ketersediaan belanja, biaya tanah dan bangunan, tempat tinggal yang ada dan fasilitasnya, iklim.

Dengan memperhitungkan hal tersebut, maka lokasi pabrik monoetanolamin ini dipilih di Cikampek, Jawa Barat dengan 9 pertimbangan.

1. Penyediaan bahan baku

Bahan baku untuk produksi monoethanolamine adalah amonia dan etilen oksida. Dimana Ammonia yang di import dari PT. Pupuk Kujang dan etilen oksida dari PT. Polychem Indonesia Tbk.

2. Letak pabrik terhadap daerah pemasaran

Monoetanolamin merupakan bahan kimia yang memiliki berbagai kegunaan di bidang industri. pemilihan lokasi di Cikampek dinilai tepat, karena Cikampek merupakan salah satu kawasan industri yang membuat jarak antara pabrik yang memproduksi dengan pabrik bahan baku cukup dekat. Pemasaran produk monoetanolamin salah satunya ke PT. Pertamina EP Subang.

3. Transportasi

Transportasi yang baik sangat diperlukan untuk mendukung pertumbuhan suatu industri. Kawasan Industri Cikampek dekat dengan kawas Tol, juga terdapat fasilitas transportasi jalan raya yang akan mempermudah sistem transportasi material dan produk.

4. Tenaga kerja

Ketersediaan tenaga kerja terampil merupakan salah satu faktor kunci dalam menjaga reputasi pabrik. Di kawasan industri Cikampek yang terletak di dekat Jabodetabek, dimana dibutuhkan lembaga pendidikan

formal dan informal yang banyak menghasilkan tenaga kerja terampil dan tidak terampil, tenaga kerja mudah ditemukan.

5. Utilitas

Sarana penunjang seperti ketersediaan air, listrik dan sarana lainnya harus diperhatikan agar proses produksi dapat berjalan dengan lancar. Pasokan kebutuhan listrik dapat dipenuhi oleh PLN yang memiliki jaringan yang tersedia di wilayah ini, sedangkan penyediaan air pengolahan, air pendingin dan air umpan boiler diambil dari Sungai Citarum.

6. Peraturan daerah

Terkait otonomi daerah, kebijakan pemerintah daerah sangat mendukung pendirian pabrik-pabrik yang akan meningkatkan pendapatan daerah.

7. Keadaan masyarakat

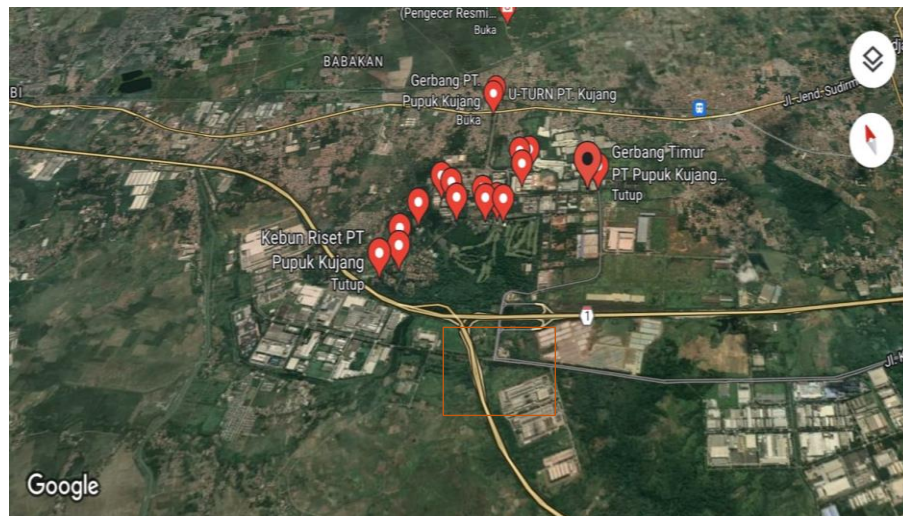
Orang yang membutuhkan pekerjaan akan mendukung pendirian pabrik. Karena dengan berdirinya pabrik akan membuka banyak lapangan kerja baru, sehingga membuka peluang bagi masyarakat sekitar pabrik..

8. Rencana masa depan

Rencana masa depan sangat mungkin diterapkan pada kawasan industri terlebih biaya tanah dan bangunan/gedung yang relatif murah di Indonesia.

9. Iklim dan geografis

Indonesia dengan iklim tropisnya sangat mendukung untuk berdirinya industri. Dari segi geografis, kawasan Cikampek sangat cocok untuk pendirian pabrik karena jarang terjadi bencana alam seperti banjir, gempa bumi, dan gunung meletus yang dapat mengganggu operasional pabrik.



Gambar I. 2 Pemilihan Lokasi Pabrik