

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri kimia di Indonesia menunjukkan *trending* yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan produk-produk turunan petrokimia, baik untuk keperluan domestik maupun industri hilir. Salah satu senyawa penting dalam rantai industri petrokimia adalah *Ethylene Oxide* (C_2H_4O). Secara langsung *Ethylene Oxide* digunakan sebagai bahan desinfektan yang efektif dan banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga. Dalam bidang kedokteran *Ethylene Oxide* digunakan untuk sterilisasi peralatan bedah, peralatan dari bahan plastik dan alat-alat lain yang tidak tahan panas yang tidak dapat di sterilkan dengan uap. Dalam bidang industri, penggunaan *Ethylene Oxide* juga cukup luas. Selain digunakan sebagai bahan baku pembuatan *Ethylene glycol*, *Ethylene Oxide* juga digunakan sebagai bahan insektisida, bahan intermediet pembuatan *etanol amine*, *glycol eter* dan *poly Ethylene Oxide* (Kirk-Othmer, 2007).

Permintaan *Ethylene Oxide* di Indonesia terus mengalami peningkatan setiap tahunnya, namun kapasitas produksi domestik masih terbatas dan tidak mampu memenuhi kebutuhan nasional. Hal ini mengakibatkan ketergantungan terhadap impor produk tersebut, yang berdampak pada tingginya biaya produksi di sektor industri hilir dan menurunkan daya saing produk dalam negeri. Oleh karena itu, pembangunan pabrik *Ethylene Oxide* di Indonesia menjadi strategi penting untuk mengurangi ketergantungan impor, menghemat devisa negara, serta meningkatkan kemandirian dan daya saing industri nasional. (Farida & Adisty, 2024)

Proses produksi *Ethylene Oxide* yang umum digunakan secara komersial adalah proses oksidasi langsung (*Direct Oxidation*), yaitu reaksi antara *Ethylene* dengan udara atau oksigen menggunakan katalis perak (Ag) dalam reaktor *Fixed-Bed MultiTube* pada suhu dan tekanan tinggi. Proses ini memiliki keunggulan dari segi efisiensi, selektivitas, serta minimnya produk samping yang berbahaya dibandingkan dengan metode sebelumnya yaitu proses *Wurtz* atau proses klorohidrin. (H. W. P., 2014)

Berdasarkan latar belakang diatas penyediaan *Ethylene Oxide* di Indonesia memiliki potensi pasar yang besar. Pendirian pabrik *Ethylene Oxide* menjadi sangat urgent untuk mengurangi ketergantungan impor. Dalam tugas akhir ini, dilakukan kajian prarancangan pabrik *Ethylene Oxide* dengan kapasitas 210.000 ton/tahun menggunakan proses *Direct Oxidation*. Studi ini mencakup aspek teknis seperti neraca massa dan energi, desain alat utama, spesifikasi utilitas, serta tinjauan keekonomian dan pemilihan lokasi pabrik. Diharapkan hasil prarancangan ini dapat menjadi acuan awal dalam pengembangan industri *Ethylene Oxide* di Indonesia dan memberikan kontribusi nyata terhadap pembangunan sektor petrokimia nasional.

1.2. Tujuan

Tujuan pendirain Pabrik *Ethylene Oxide* dengan bahan baku dari *Ethylene* dan Oksigen adalah sebagai berikut:

1. Menurunkan ketergantungan impor *Ethylene Oxide*
2. Memenuhi kebutuhan *Ethylene Oxide* dalam negeri
3. Menciptakan lapangan kerja baru sehingga dapat mengurangi pengangguran di usia produktif

1.3. Tinjauan Pustaka

1.3.1. *Ethylene*

Ethylene adalah hidrokarbon olefin sederhana yang diproduksi secara luas melalui proses *Steam Cracking* hidrokarbon ringan dan menjadi bahan baku utama dalam industri petrokimia. Dalam pembuatan *Ethylene Oxide*, *Ethylene* direaksikan dengan oksigen pada fase gas menggunakan katalis perak (Ag), sehingga terjadi reaksi oksidasi parsial yang menghasilkan *Ethylene Oxide* sebagai produk utama. (Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2012).

Secara fisik, *ethylene* merupakan gas yang tidak berwarna, sangat mudah terbakar, dan memiliki bau manis yang khas. Karena sifatnya yang volatil, penanganan dan penyimpanannya di fasilitas industri memerlukan kontrol tekanan dan suhu yang ketat untuk memastikan keselamatan operasional. Permintaan global terhadap *ethylene* terus meningkat karena peran vitalnya sebagai prekursor utama dalam memproduksi berbagai senyawa turunan bernilai tinggi, termasuk polimer seperti polietilena dan senyawa intermediat seperti *ethylene glycol*, yang esensial dalam manufaktur plastik serta tekstil (Speight, 2019)

1.3.2. Oksigen

Oksigen merupakan unsur kimia golongan non-logam dengan nomor atom 8 yang pada kondisi normal berbentuk gas, tidak berwarna, tidak berbau, dan bersifat sangat reaktif. Dalam industri kimia, oksigen berfungsi sebagai agen pengoksidasi utama dan umumnya diperoleh dari proses pemisahan udara (*Air Separation Unit*). Oksigen murni sering digunakan untuk meningkatkan laju reaksi, selektivitas produk, serta mengurangi pembentukan produk samping hasil pembakaran sempurna. (Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 2014).

Penggunaan oksigen dengan tingkat kemurnian tinggi dalam reaktor oksidasi berskala industri mengharuskan adanya sistem kendali rasio gas yang presisi guna menghindari pembentukan campuran reaktan yang melewati batas dapat terbakar (*flammability limit*). Selain itu, kemurnian suplai oksigen sangat krusial; kehadiran gas pengotor (seperti argon atau nitrogen) dapat terakumulasi dalam sistem aliran gas daur ulang (*recycle gas*), yang pada akhirnya akan menurunkan tekanan parsial reaktan, mengurangi efisiensi konversi katalitik, dan meningkatkan konsumsi energi kompresor (Kerry & Lee, 2021)

1.3.3. Ethylene Oxide

Ethylene Oxide pertama kali ditemukan oleh John Wurtz pada tahun 1859 dan diperoleh melalui proses klorohidrin, yaitu dengan cara mereaksikan *Ethylene* klorohidrin (2-kloroetanol) dengan larutan kalsium hidroksida. Wurtz mengukur titik didih *Ethylene Oxide* sebesar 13,5 °C, sedikit lebih tinggi dari nilai sekarang sebesar 10.7 °C dan menemukan kemampuan *Ethylene Oxide* bereaksi dengan asam dan garam logam. (Wurtz, A. (1859)).

Pada tahun 1931 kimiawan Perancis Theodore Lefort mengembangkan metode oksidasi langsung *Ethylene* dengan bantuan katalis perak (Ag). Sejak tahun 1940, hampir seluruh produksi industri *Ethylene Oxide* telah mengandalkan proses ini. Produksi komersial *Ethylene Oxide* terjadi pada tahun 1914 ketika BASF membangun pabrik pertama yang menggunakan proses klorohidrin dengan mereaksikan *Ethylene* klorohidrin dengan kalsium hidroksida. Namun proses klorohidrin kurang menarik karena berbagai alasan seperti efisiensi rendah dan biaya produksi lebih tinggi. Oksidasi langsung *Ethylene* menggunakan udara

diciptakan oleh Lefort pada tahun 1931. Proses Oksidasi langsung *Ethylene* menggunakan udara diadopsi Union Carbide yang membuka pabrik pertama menggunakan proses ini pada tahun 1937. Proses ini ditingkatkan lagi pada tahun 1958 oleh *Shell Oil Co* dengan mengganti udara menjadi oksigen murni dan menggunakan suhu tinggi antara 200-300°C pada tekanan (1-3 MPa). Proses yang lebih efisien ini menyumbang sekitar setengah dari produksi *Ethylene Oxide* di Amerika Serikat pada tahun 1950, dan menjadi proses utama pembuatan *Ethylene Oxide*. (H.W.P. , 2012)

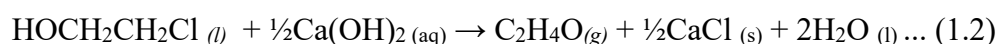
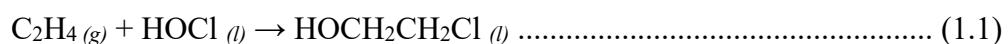
1.3.4. Proses Pembuatan *Ethylene Oxide*

Untuk dapat memproduksi *Ethylene Oxide* terdapat beberapa proses yang digunakan yaitu:

1. Proses Klorohidrin (*Wurtz*)
2. Proses Reaksi Oksidasi *Ethylene* dengan Oksigen,
3. Proses Reaksi Oksidasi *Ethylene* dengan Udara

1.3.4.1. Proses Klorohidrin (*Wurtz*)

Proses ini dikenal juga dengan proses klorohidrin yang merupakan proses pertama pembuatan *Ethylene Oxide* dan saat ini sudah tidak dioperasikan lagi secara komersial dikarenakan biaya investasi awal yang terlalu mahal. Proses ini terdiri dari dua reaksi utama yaitu reaksi pembentukan *Ethylene* klorohidrin dari reaksi antara *Ethylene* dengan asam hipoklorit serta reaksi pembentukan *Ethylene Oxide* dari reaksi *Ethylene* klorohidrin dan basa Ca(OH)_2 . Reaksinya adalah:



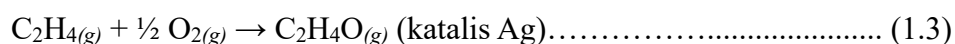
Proses klorohidrin menghasilkan *yield* sebesar 85-90% yang dilakukan di dalam reaktor *Packed Tower* pada suhu 27- 43°C dengan tekanan 2-3 atm. Selektivitas reaksi sebesar 90 - 95%. Konsentrasi klorohidrin pada reaksi klorohidrinasi dijaga di bawah 7% wt, hal ini dilakukan untuk menghindari adanya pembentukan produk samping (dikloro dietil eter, *Ethylene* klorida). Dalam pembentukan *Ethylene Oxide* dengan proses klorohidrin adalah dehidroklorinasi,

yang dilakukan dengan menambahkan 10%wt *Slurry* Ca(OH)₂ pada larutan klorohidrin. Campuran tersebut kemudian dipanaskan di dalam *Hydrolizer* (sebuah tangki berbentuk silinder yang dilengkapi dengan parsial kondenser yang beroperasi pada tekanan atmosferis) dengan temperatur suhu kurang dari 100°C. Saat klorohidrin bereaksi dengan Ca(OH)₂ menghasilkan produk berupa *Ethylene Oxide*, produk samping dan juga air. Dari reaksi ini, *Ethylene Oxide* yang terbentuk berupa bentuk uap dilewatkan melalui pendingin dan sebagian terkondensasi yang kemudian akan distilasi yang disusun seri (Perzon, 2015).

Proses ini sudah jarang digunakan karena memiliki beberapa kekurangan, yaitu biaya yang 3-4 kali lebih tinggi daripada proses oksidasi *Ethylene* dengan oksigen atau udara, sulitnya menangani produk karena banyak mengandung kadar hidrokarbon dan kalsium klorida dalam klorin dan glikol (Mubashir, Muhammad, dkk.,2022). Proses klorohidrin juga tidak efisien dikarenakan saat bereaksi, sebagian besar klorin yang digunakan habis digunakan sebagai kalsium klorida (IARC Monograph *Working Group*. 2007).

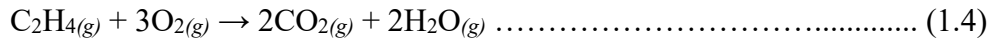
1.3.4.2. Proses Reaksi Oksidasi *Ethylene* dengan Oksigen

Proses reaksi oksidasi *Ethylene* terjadi di dalam *Fixed Bed Reactor* dengan menggunakan katalis perak (Ag) yang berfungsi untuk meningkatkan laju reaksi serta selektivitas terhadap produk yang diinginkan, yaitu *Ethylene Oxide*. Proses ini berlangsung pada suhu 220–330°C dan tekanan 10–30 bar, dengan selektivitas pembentukan *Ethylene Oxide* sebesar 80–90% (Mubashir, Muhammad, dkk., 2022). Reaksi utama yang terjadi pada proses ini adalah oksidasi parsial *Ethylene* dengan oksigen membentuk *Ethylene Oxide*, yang dapat dituliskan sebagai berikut:
Reaksi utama:



Selain reaksi utama tersebut, juga terjadi reaksi samping berupa oksidasi sempurna *Ethylene* yang menghasilkan karbon dioksida dan air. Reaksi samping ini tidak diinginkan karena menurunkan selektivitas pembentukan *Ethylene Oxide* dan meningkatkan beban pemisahan pada tahap pemurnian. Reaksi oksidasi sempurna tersebut dinyatakan sebagai berikut:

Reaksi samping:



Untuk mengendalikan reaksi samping, kondisi operasi reaktor diatur secara ketat serta ditambahkan inhibitor dalam jumlah kecil, seperti karbon dioksida dari hasil reaksi samping, bisa digunakan untuk menekan oksidasi sempurna *Ethylene*. Produk keluar reaktor selanjutnya dialirkan ke unit pemurnian untuk memisahkan *Ethylene Oxide* dari air dan karbon dioksida. Peralatan pada unit pemurnian umumnya terbuat dari baja tahan karat untuk menahan kondisi operasi bersuhu tinggi dan bersifat korosif (Perzon, 2015).

Proses oksidasi *Ethylene* dengan oksigen memiliki beberapa kelebihan (MO, K. A. E., & Alla, M. Y. A. 2022), yaitu:

1. Memiliki selektivitas dan produktivitas yang tinggi terhadap *Ethylene Oxide*
2. Proses relatif sederhana dan telah matang secara industri
3. Penggunaan katalis dalam jumlah kecil dengan umur pakai yang panjang
4. Jumlah polutan udara yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan proses lainnya

1.3.4.3. Proses Reaksi Oksidasi *Ethylene* dengan Udara

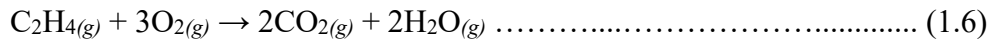
Proses reaksi oksidasi *Ethylene* berbasis udara pada prinsipnya serupa dengan proses oksidasi berbasis oksigen murni. Udara yang digunakan sebagai oksidator memiliki komposisi sekitar 21% oksigen dan 79% nitrogen. Dalam proses ini, masuknya nitrogen dalam jumlah besar ke dalam sistem menyebabkan akumulasi gas *Inert* di dalam aliran daur ulang. Oleh karena itu, diperlukan pembuangan sebagian gas daur ulang (*Purge Gas*) untuk menjaga konsentrasi nitrogen tetap konstan dalam sistem (McKetta, 1984). Nitrogen bersifat *Inert* dan berperan dalam mengurangi risiko eksplosivitas campuran reaksi, serta membantu menyerap panas reaksi atau berfungsi sebagai media pendingin selama proses berlangsung. Reaksi utama pada proses oksidasi berbasis udara adalah oksidasi parsial *Ethylene* membentuk *Ethylene Oxide* dengan bantuan katalis perak, yang dinyatakan sebagai berikut:

Reaksi utama:



Selain reaksi utama, terjadi pula reaksi samping berupa oksidasi sempurna *Ethylene* yang menghasilkan karbon dioksida dan air, sebagaimana ditunjukkan pada reaksi berikut:

Reaksi samping:



Karbon dioksida dan air yang terbentuk berasal dari reaksi samping tersebut dan meningkatkan beban pemisahan pada tahap pemurnian. Proses oksidasi *Ethylene* berbasis udara umumnya memiliki selektivitas yang lebih rendah, yaitu sekitar 65–75%, dibandingkan proses berbasis oksigen murni (Perzon, 2015). Selain itu, proses ini memerlukan lebih banyak peralatan tambahan, seperti beberapa reaktor yang disusun secara seri, penggunaan katalis dalam jumlah lebih banyak, kompresor *multi-stage*, unit pemurnian udara, serta sistem pengolahan gas buang. Akibatnya, biaya investasi spesifik per kapasitas produksi menjadi lebih tinggi.

Tabel 1. 1 Perbandingan Proses Pembuatan *Ethylene Oxide*

Parameter	Bobot	Jenis Proses		
		Oksidasi dengan oksigen	Oksidasi dengan udara	Klorohidrin
Selektivitas	0,25	4	3	5
Biaya Produksi	0,30	5	4	1
Efisiensi Proses	0,25	5	4	2
Dampak Lingkungan	0,20	5	4	1
Skor Total	1,00	4,75	3,75	2,25

Keterangan Skala:

- 1 = Sangat tidak baik,
- 2 = tidak baik
- 3 = cukup baik
- 4 = baik
- 5 = Sangat baik

Penentuan proses terbaik dilakukan menggunakan metode pembobotan berdasarkan kriteria selektivitas, biaya produksi, efisiensi proses, dan dampak

lingkungan. Skala penilaian yang digunakan adalah 1 hingga 5, dengan nilai 5 menunjukkan performa terbaik. Berdasarkan hasil perhitungan skor total, proses oksidasi langsung menggunakan oksigen memiliki nilai tertinggi sehingga dipilih sebagai proses produksi *Ethylene Oxide*.

1.4. Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik

Salah satu aspek penting dalam proses prarancangan pabrik yaitu kapasitas perancangan produksi. Kapasitas produksi dapat didefinisikan sebagai jumlah maksimum yang diproduksi oleh pabrik per satuan waktu tertentu. Hal ini akan berpengaruh pada sektor ekonomi pabrik itu sendiri, maka diperlukan perhitungan agar dengan biaya produksi yang minimum bisa mendapat profit yang optimum.

1.4.1. Kapasitas Pabrik yang Sudah Ada

Kebutuhan *Ethylene Oxide* tidak hanya digunakan di Indonesia tetapi juga di dunia. Hingga saat ini, Indonesia belum memiliki pabrik *Ethylene Oxide*, sehingga pemenuhan kebutuhan dalam negeri masih sepenuhnya bergantung pada kegiatan impor. Secara global, pabrik *Ethylene Oxide* telah beroperasi dengan kapasitas produksi yang bervariasi. Kapasitas produksi terbesar tercatat sekitar 668.000 ton/tahun, sedangkan kapasitas produksi terkecil sekitar 45.000 ton/tahun. Keberadaan pabrik-pabrik tersebut menunjukkan bahwa kapasitas produksi dalam rentang tersebut telah terbukti layak secara teknis dan ekonomis.. Adapun pabrik *Ethylene Oxide* yang sudah berdiri beserta kapasitasnya dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut:

Tabel 1. 2 Pabrik *Ethylene Oxide*

Produsen	Lokasi Pabrik	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
BASF	Geismar, Los Angeles	218.000
DOW	Plaquemine, Los Angeles	227.000
Eastman	Longview, Texas	91.000
Hoechst-Celanese	Clear Lake, Texas	209.000
Olin	Brandenburg, Kentucky	50.000
Oxy Petrochemicals	Bayport, Texas	250.000
PD Glycols	Beaumont, Texas	202.000
Quantum	Morris, Illinois	113.000

<i>Shell</i>	Geismar, Los Angeles	364.000
Sun Refining	Claymont, Delaware	45.000
Texaco	Port Neches, Texas	332.000
Union Carbide	Taft, Los Angeles	668.000

1.4.2. Penentuan Kapasitas Perancangan

Kebutuhan *Ethylene Oxide* akan terus meningkat dalam beberapa tahun ke depan. Jika tidak mengambil langkah yang tepat maka Indonesia akan terus bergantung dalam memenuhi kebutuhan *Ethylene Oxide* dari negara lain. Oleh sebab itu, diperlukan adanya perancangan pabrik dengan kapasitas yang mampu memenuhi kebutuhan *Ethylene Oxide* dalam negeri. Kapasitas suatu pabrik dapat ditetapkan dengan menggunakan data impor, data ekspor, data produksi, data kebutuhan konsumsi produk dalam negeri dan kapasitas pabrik yang sudah ada sebelumnya. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), Indonesia masih membutuhkan impor *Ethylene Oxide* untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang dapat terlihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. 3 Data Impor *Ethylene Oxide*

Tahun	Impor = Konsumsi (ton)
2020	119.061
2021	198.070
2022	466.567
2023	619.597
2024	603.067

Sumber: Badan Pusat Statistik 2025

Dari data Impor *Ethylene Oxide* pada tahun 2020-2024 yang terus meningkat, maka untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor, Indonesia ditargetkan dapat memenuhi kebutuhan *Ethylene Oxide* dalam negeri, maka perlu didirikan pabrik *Ethylene Oxide* di Indonesia.

Tabel 1. 4 Konsumsi dan Pertumbuhan *Ethylene Oxide* di Indonesia

Tahun	Impor (ton)	% Pertumbuhan
2020	119.061	0

2021	198.070	39,89
2022	466.567	57,55
2023	619.597	24,70
2024	603.067	-2,74
% Pertumbuhan rata rata		23,88

Karena diasumsikan bahwa jumlah konsumsi sama dengan jumlah impornya dan di harapkan tahun 2030 tidak ada impor lagi serta belum ada pabrik yang di dirikan di Indonesia, maka dapat diproyeksikan kebutuhan *Ethylene Oxide* pada tahun 2030 dapat di hitung dengan

$$F = Fo(1+i)^n$$

Dimana:

F = Perkiraan kebutuhan *Ethylene Oxide* pada tahun 2030 (ton)

Fo = Jumlah impor *Ethylene Oxide* pada tahun 2024

i = Jumlah % pertumbuhan

n = selisih waktu (tahun)

Fo = 603.067 ton/tahun

n = 2030 - 2024 = 6

i = Jumlah % Pertumbuhan = 0,2388

$$F = Fo(1+i)^n$$

$$F = 603.067 \text{ ton/tahun} \times (1 + 0,2388)^6$$

$$F = 603.067 \text{ ton/tahun} \times (1,2388)^6$$

$$F = 603.067 \text{ ton/tahun} \times 3,61$$

$$F = 2.179.455 \text{ ton/tahun}$$

Dengan ditetapkannya pabrik baru sebesar 10% dari kapaistas tahun 2030 serta berdasarkan hasil perhitungan untuk memperkirakan kapasitas pabrik baru sehingga ditentukan untuk kapasitas pabrik baru sebesar 210.000 ton/year.

1.5. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pembangunan pabrik menjadi hal yang sangat penting dalam proses perancangan pabrik, karena hal ini akan berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan. Faktor yang perlu dipertimbangkan guna mendapatkan tempat yang terbaik adalah sebagai berikut:

1.5.1. Faktor Utama

Berikut di bawah ini adalah beberapa faktor utama yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik karena dapat memberikan efek secara langsung terhadap berjalannya suatu pabrik agar sesuai dengan tujuan berdirinya pabrik dalam proses produksi dan distribusi. Faktor utama tersebut adalah:

1.5.1.1. Sumber Bahan Baku

Suatu pabrik akan sangat menguntungkan jika dekat dengan sumber bahan baku dan daerah pemasaran, sehingga transportasi dapat berjalan dengan baik. Bahan baku pabrik *Ethylene Oxide* ini yaitu *Ethylene* dan oksigen yang diperoleh dari pabrik yang ada di Indonesia. Untuk bahan baku *Ethylene*, didapatkan dari PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk yang berlokasi di Cilegon, Banten dengan kapasitas produksi *Ethylene* sebesar 500.000 ton/tahun. Oleh karena itu, diperkirakan untuk dapat merancang pabrik *Ethylene Oxide* dengan kapasitas 210.000 ton/tahun ini bahan baku dari PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk masih dapat terpenuhi. Kota Cilegon merupakan kota yang paling strategis terkait ketersediaan bahan baku. KITB di kota Batang juga berpotensi terpilih menjadi lokasi pembuatan pabrik *Ethylene Oxide* karena akses lokasi yang mudah dan ketersediaan utilitas, selain itu Kota Cilacap walaupun jarak dari sumber bahan baku relatif jauh namun bisa menjadi alternatif untuk pembuatan pabrik *Ethylene Oxide* karena ketersediaan utilitas dan IPAL

1.5.1.2. Utilitas

Sebagai salah satu penunjang penting dalam berjalannya proses suatu pabrik yaitu utilitas. Utilitas yang paling banyak digunakan di industri yaitu air dan listrik. Kota Cilacap dan Kota Cilegon memiliki keunggulan dari sisi utilitas karena sudah berkembang sebagai kawasan industri energi dan kimia, sehingga infrastruktur air dan listrik relatif mapan dan mudah diakses. Namun kapasitas dan distribusinya masih perlu diperkuat untuk mendukung skala industri yang lebih besar. Di sisi lain, KITB di Kota Batang yang merupakan kawasan industri baru juga memiliki utilitas yang memadai.

1.5.1.3. Sarana Transportasi dan Distribusi

Ketersediaan sarana transportasi yang memadai merupakan salah satu faktor penting dalam pemilihan lokasi pembangunan pabrik *Ethylene Oxide*. Aksesibilitas

terhadap jalur darat, laut, akan sangat berpengaruh terhadap efisiensi distribusi baik bahan baku maupun hasil produksi. Lokasi yang dekat dengan pelabuhan atau terminal distribusi akan mempermudah distribusi *Ethylene Oxide* ke pasar domestik maupun ekspor. Dengan lokasi pabrik *Ethylene Oxide* yang strategis di harapkan rantai pasokan distribusi baik berupa bahan baku maupun produk jadi dapat berjalan lancar dan berkesinambungan.

Kota Cilegon berada dalam jalur transportasi Merak-Jakarta, yang merupakan pintu gerbang pulau jawa dari sumatera. Kawasan industri Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) ini juga telah memiliki fasilitas jalan kelas satu, dengan demikian transportasi darat dari sumber bahan baku, dan pasar tidak lagi menjadi masalah. Untuk sarana transportasi laut, KIEC memiliki pelabuhan yang dapat disandari kapal berukuran 100.000 DWT

Kabupaten Batang berada di jalur transportasi tol pantai utara jawa yang menghubungkan Jakarta, Semarang, Surabaya. Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB) berada di jalur exit tol batang sehingga sangat strategis untuk transportasi darat karena menghubungkan beberapa kota besar, KITB juga memiliki dermaga yang dapat menampung kapal dibawah 10.000 DWT

Kabupaten Cilacap berada di pesisir pantai selatan jawa, letaknya yang menjorok kearah selatan dan belum adanya integrasi ruas tol yang menghubungkan harus di pertimbangkan untuk pemilihan transportasi jalur darat, namun untuk Pelabuhan cilacap memiliki Pelabuhan yang dapat menampung kapal berukuran 100.000 DWT

1.5.1.4. Tenaga Kerja

Tenaga kerja dengan mudah bisa dipenuhi dari lingkungan sekitar lokasi pabrik maupun dari luar lokasi pabrik yang sepadan dengan keperluan dan kriteria pabrik. Tenaga kerja dengan lulusan universitas terbaik seperti: Universitas Indonesia, Institut Teknologi Bandung, Universitas Gajah Mada Institut Teknologi Sepuluh November, Universitas Diponegoro, UNNES, Universitas Sebelas Maret dan untuk bagian operator didapatkan dari lulusan POLINES, atau lulusan SMA maupun SMK sederajat. Pendirian pabrik di KITB ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai lapangan kerja baru agar dapat meminimalisir pengangguran di Indonesia.

Jumlah penduduk di Kabupaten Cilacap tercatat 2,04 juta jiwa, jumlah penduduk usia produktif tercatat 1,31 juta jiwa atau 64,06%. Jumlah penduduk di Kabupaten Batang tercatat 849.69 ribu jiwa, Jumlah penduduk usia produktif tercatat 546.25 ribu jiwa atau 64.29%. Jumlah penduduk di Kota Cilegon tercatat 476.87 ribu jiwa, Jumlah penduduk usia produktif tercatat 315.74 ribu atau 66.21% (BPS, 2024) dengan adanya pembuatan pabrik *Ethylene Oxide* di KITB diharapkan dapat menyerap tenaga kerja dari Kabupaten Batang secara optimal dan kota kota di Tawa Tengah lainnya

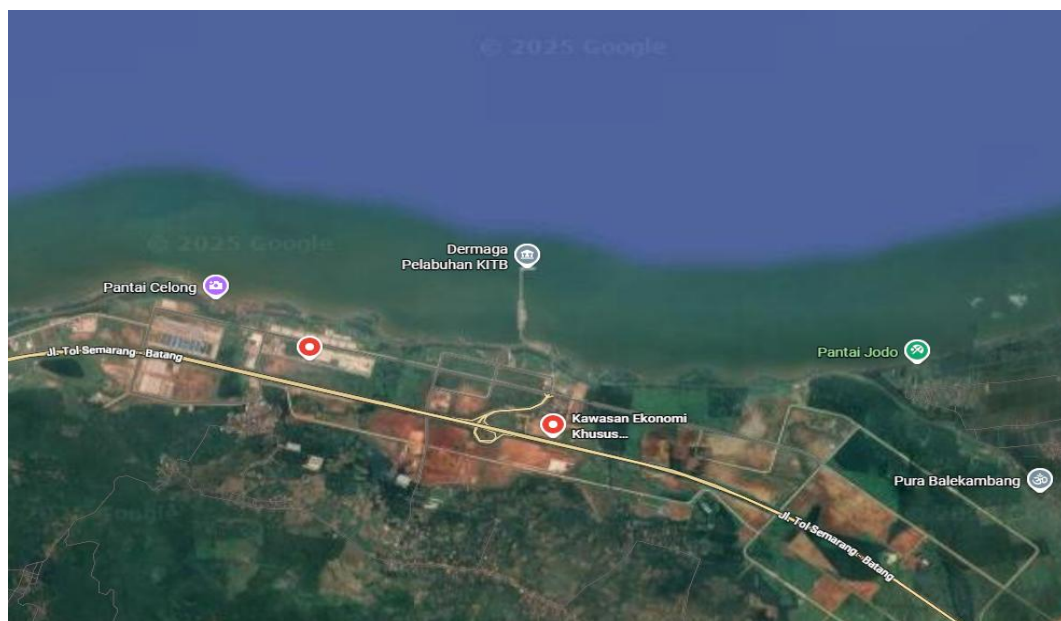
1.5.1.5. Pembuangan Limbah

Pertimbangan terhadap pengelolaan dan pembuangan limbah menjadi aspek penting dalam pemilihan lokasi pembangunan pabrik *Ethylene Oxide*, mengingat proses produksi menghasilkan limbah cair, padat, dan gas yang harus ditangani sesuai standar lingkungan. Lokasi yang memiliki akses ke sistem pengolahan limbah terpadu atau memiliki lahan cukup untuk instalasi IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) akan lebih mendukung keberlanjutan operasional pabrik. Kota Batang memiliki keunggulan karena memiliki kawasan industri dengan fasilitas lingkungan pendukung serta regulasi yang jelas dalam pengelolaan limbah industri dan masih banyak lahan yang luas. Di sisi lain, Kota Cilegon dan Kota Cilacap masih menghadapi keterbatasan infrastruktur pengelolaan limbah industri apabila di bangun pabrik baru, sehingga memerlukan investasi tambahan dalam membangun sistem pembuangan dan pengolahan limbah secara mandiri. Oleh karena itu, lokasi yang mendukung pengelolaan limbah secara efektif dan berkelanjutan akan lebih layak dipilih guna meminimalkan risiko lingkungan dan memenuhi ketentuan perizinan industri

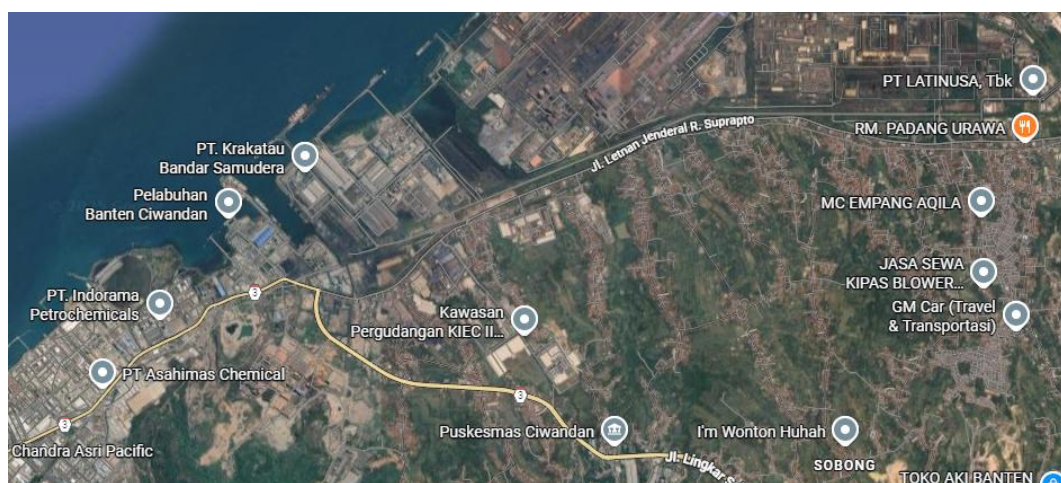
1.5.1.6. Letak Geografis

Secara geografis penentuan letak lokasi suatu pabrik sangat menentukan kemajuan pabrik tersebut saat produksi dan masa yang akan datang. Letak geografis suatu wilayah berpengaruh dalam pemilihan lokasi pembangunan pabrik *Ethylene Oxide* , karena menentukan kemudahan akses, kedekatan dengan sumber daya, serta keterhubungan dengan wilayah pasar atau distribusi. Lokasi yang secara geografis strategis dekat dengan pelabuhan, jalan utama, atau pusat industri akan memberikan keuntungan logistik dan efisiensi biaya operasional. Kabupaten Cilacap memiliki

posisi geografis yang strategis di selatan Jawa dan terhubung langsung dengan jalur distribusi regional serta pelabuhan samudera, yang menjadikannya ideal untuk distribusi ke pasar nasional maupun internasional namun untuk akses jalur darat Cilacap kurang optimal karena belum terintegrasi jalan tol sehingga distribusi akan lebih lambat di banding kota Cilegon dan Kabupaten Batang. Selain itu juga terkait *issue “sunda mega thrust”* membuat investor memilih KITB sebagai tempat yang lebih aman untuk pembuatan pabrik *Ethylene Oxide* karena KITB berada di wilayah pesisir pantai utara, tidak seperti Kabupaten Cilacap dan Kota Cilegon yang berada di pesisir pantai selatan.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Kabupaten Batang (KITB) (sumber: Google Maps)



Gambar 1. 2 Peta Lokasi Kota Cilegon (KIEC) (sumber: Google Maps)



Gambar 1. 3 Peta Lokasi Kota Cilacap (KIC) (sumber: Google Maps)

1.5.2. Faktor Pendukung

Faktor pendukung secara tidak langsung berperan penting dalam dunia industri karena sangat mempengaruhi berjalannya industri tersebut. Faktor-faktor pendukung penentuan lokasi pabrik meliputi:

1.5.2.1. Harga Tanah dan Ekspansi Pabrik

Faktor pendukung seperti harga tanah dan ketersediaan lahan untuk perluasan menjadi pertimbangan penting dalam pemilihan lokasi pembangunan pabrik *Ethylene Oxide*. Lokasi dengan harga tanah yang terjangkau akan menurunkan investasi awal, terutama untuk pembangunan skala besar, sementara ketersediaan lahan cadangan memungkinkan ekspansi kapasitas produksi di masa depan. Kota Cilegon dan kota Cilacap yang telah berkembang sebagai kawasan industri memiliki harga tanah yang cenderung lebih tinggi, meskipun ketersediaan lahan masih memungkinkan untuk ekspansi, terutama di area pinggir kota atau kawasan peruntukan industri. Namun berbeda dengan KITB yang merupakan Kawasan industrial baru untuk harga tanah lebih terjangkau di banding dengan kota industri *existing* dan lahan untuk ekspansi pabrik lebih memadai.

1.5.2.2. Kebijakan Pemerintah, Batasan Hukum dan Pajak

Kebijakan Pemerintah, Batasan hukum dan kebijakan fiskal, seperti peraturan perizinan, tata ruang, serta insentif atau beban pajak daerah, merupakan

faktor pendukung yang penting dalam menentukan lokasi pembangunan pabrik *Ethylene Oxide*. Lokasi yang memiliki regulasi yang mendukung investasi, proses perizinan yang transparan, serta keringanan pajak daerah akan mempercepat proses pembangunan dan meningkatkan efisiensi biaya operasional. KITB baru saja resmi ditetapkan sebagai Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Industropolis Batang pada 20 Maret 2025 berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 12 Tahun 2025 tentang Kawasan Ekonomi Khusus Industropolis Batang. Hal ini lebih menarik perhatian para investor untuk lebih memilih Kawasan KITB untuk mendirikan pabrik *Ethylene Oxide* dari pada Kabupaten Cilacap dan Kota Cilegon yang juga berpotensi besar untuk pemilihan lokasi pembangunan pabrik *Ethylene Oxide*. Oleh karena itu, lokasi dengan kepastian hukum, tata ruang yang mendukung kegiatan industri, serta potensi insentif fiskal akan lebih menguntungkan bagi pengembangan dan keberlanjutan pabrik *Ethylene Oxide*.

1.5.3. Penentuan Lokasi Pabrik

Untuk menentukan lokasi paling ideal bagi pembangunan pabrik *Ethylene Oxide* berbahan baku *Ethylene* dan Oksigen diperlukan analisis komprehensif terhadap sejumlah parameter penentu kelayakan. Penilaian ini mencakup aspek teknis, ekonomi, lingkungan, dan administratif seperti ketersediaan bahan baku, utilitas, akses transportasi dan distribusi, ketersediaan tenaga kerja, kesiapan pengelolaan limbah serta letak geografis. Selain itu, faktor-faktor pendukung seperti harga tanah dan potensi perluasan, batasan hukum dan pajak, serta dukungan kebijakan pemerintah juga dipertimbangkan. Masing-masing parameter diberikan bobot dan skor untuk menghasilkan total nilai yang mencerminkan kelayakan relatif dari masing-masing lokasi. Tabel berikut menyajikan hasil penilaian skoring terhadap tiga lokasi alternatif: Kabupaten Batang, Kabupaten Cilacap dan Kota Cilegon.

Tabel 1. 5 Pemilihan Lokasi Pembangunan Pabrik *Ethylene Oxide* Berdasarkan Metode Skoring Tertimbang

Parameter	Skor (%)	Kabupaten Batang	Kabupaten Cilacap	Kota Cilegon
Sumber Bahan Baku	15	10	9	14
Utilitas	15	12	14	12
Sarana Transportasi & Distribusi	15	12	10	13
Tenaga Kerja	10	8	8	6
Pembuangan Limbah	10	9	8	7
Letak Geografis	10	9	6	6
Harga Tanah & Ekspansi Pabrik	15	12	11	10
Kebijakan Pemerintah	5	4	3	3
Batasan Hukum dan Pajak	5	4	3	3
Total Skor Tertimbang	100	80	72	74

Keterangan: Penilaian dilakukan menggunakan metode skoring tertimbang berdasarkan beberapa parameter utama. Skor diberikan dengan skala 1–15, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan kondisi yang lebih menguntungkan. Skor akhir diperoleh dari penjumlahan nilai setiap parameter yang telah disesuaikan dengan skor tertimbang.

Berdasarkan hasil perbandingan skoring, Kabupaten Batang menempati posisi tertinggi dengan total skor sebesar 80% sehingga dipilih sebagai lokasi pembangunan pabrik *Ethylene Oxide*. Keunggulannya terletak pada kemudahan pembuangan limbah, ketersediaan tenaga kerja, letak geografis yang strategis, serta dukungan kebijakan pemerintah dan regulasi. Meskipun sumber bahan baku paling jauh jaraknya dibanding wilayah lain namun akses distribusi dan transportasi produk relatif mudah untuk kota kota besar di pulau Jawa.

Kota Cilegon menempati peringkat kedua dengan skor sebesar 74% unggul dalam ketersediaan sumber bahan baku dan sarana transportasi dan distribusi, namun masih memerlukan penguatan pembuangan limbah karena sudah banyak pabrik petrokimia sehingga butuh sarana pembuangan limbah yang lebih kompleks.

Sementara itu, Kabupaten Cilacap berada di posisi ketiga dengan skor 72% dengan kelebihan pada utilitas karena bisa terintegrasi dari kilang PT KPI RU IV Cilacap untuk kebutuhan utilitas seperti listrik dan air, namun memiliki tantangan besar pada aspek transportasi distribusi serta bahan baku.

Hasil ini dapat dijadikan dasar pertimbangan awal dalam proses studi kelayakan dan pemilihan lokasi pabrik *Ethylene Oxide* dengan bahan baku *Ethylene* dan Oksigen secara lebih objektif dan terukur.