

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia khususnya industri kimia terus mengalami peningkatan. Dengan peningkatan sektor ini, maka peningkatan unsur-unsur penunjang industri juga makin meningkat, termasuk bahan-bahan pembantu dan penunjang. Dietil Eter (DEE) merupakan salah satu dari eter komersial yang paling penting. Hal ini disebabkan dietil eter memiliki nilai ekonomis yang sangat tinggi. Di bidang industri, dietil eter banyak digunakan sebagai bahan pelarut untuk melakukan reaksi-reaksi organik dan memisahkan senyawa organik dari sumber alamnya. Penggunaan sebagai pelarut diantaranya untuk pelarut minyak, lemak, getah, resin, mikroselolosa, parfum, alkaloid, dan sebagian kecil dipakai dalam industri butadiena. Di bidang kedokteran, dietil eter sangat identik dengan bahan anestesi. Dietil eter juga dapat digunakan sebagai bahan bakar baik sebagai campuran maupun komponen murninya. Dietil eter dicampur dengan etanol dapat mengatasi kekurangan bahan bakar etanol (Dani, 2019).

Dietil eter merupakan salah satu produk kimia yang banyak digunakan dan dibutuhkan untuk resin, solvent untuk keperluan industri, cairan anestesi untuk keperluan farmasi, dan bahan tambahan pada bahan bakar. Akan tetapi, saat ini Indonesia belum terdapat pabrik dietil eter, dan berdasarkan data bahan pusat statistik kebutuhan dietil eter bergantung pada impor dari luar negeri. Sehingga perlu adanya pembangunan pabrik dietil eter di Indonesia, untuk meminimalisir impor dari luar negeri (Fachreza, 2020).

Dietil eter yang juga dikenal sebagai eter dan etoksi etana, cairan mudah terbakar yang jernih, tak berwarna, dan bertitik didih rendah serta berbau khas. Salah satu paling umum dari gugusan campuran kimiawi yang secara umum dikenal sebagai eter ini merupakan sebuah isomernya butanol. Dietil eter memiliki nilai ekonomis yang tinggi karena banyak digunakan sebagai pelarut untuk reaksi-reaksi organik dan mulai dikembangkan untuk bahan bakar alternatif (Dani, 2019).

Dalam industri dietil eter banyak digunakan sebagai bahan pelarut untuk melakukan reaksi-reaksi organik dan memisahkan senyawa organik dari sumber alamnya. Penggunaan sebagai pelarut diantaranya untuk pelarut minyak, lemak, getah, resin, mikroselolosa, parfum, alkaloid, dan sebagian kecil dipakai dalam industri butadiena. Di dalam dunia kedokteran dietil eter sangat diidentikkan sebagai bahan anestesi. Eter merupakan senyawa yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan bilangan oktan dalam bahan bakar premium. Diantara jenis eter yang biasa dimanfaatkan untuk meningkatkan bilangan oktan adalah MTBE (*Methyl Tertiary Butyl Ether*) dan ETBE (*Ethyl Tertiary Butyl Ether*). Senyawa dietil eter akhir-akhir ini mulai dimanfaatkan sebagai pengungkit bilangan setana pada bahan bakar diesel atau biodiesel, karena mempunyai bilangan setana yang tinggi (Satriadi, 2008).

Permintaan dietil eter terus meningkat seiring dengan berkembangnya industri farmasi, otomotif, dan energi terbarukan. Dalam industri farmasi, dietil eter memiliki kegunaan sebagai anestesi dan pelarut ekstraksi senyawa aktif. Sementara itu, dalam sektor energi, dietil eter berpotensi menggantikan bahan bakar berbasis fosil karena memiliki angka cetane yang tinggi dan dapat dicampurkan dengan biodiesel untuk mengurangi emisi gas buang. Oleh karena itu, keberadaan pabrik dietil eter yang efisien dan berkelanjutan menjadi sangat penting dalam mendukung industri modern yang lebih ramah lingkungan.

Salah satu metode yang banyak digunakan dalam produksi dietil eter adalah dehidrasi etanol dengan bantuan katalis. Proses dehidrasi katalitik etanol untuk menghasilkan dietil eter memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode lain, seperti reaksi yang lebih selektif, biaya produksi yang lebih rendah, serta efisiensi energi yang lebih baik. Teknologi ini juga lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan produk samping yang berbahaya dan dapat menggunakan katalis heterogen yang dapat diregenerasi. Dalam hal ini, katalis alumina (Al_2O_3) digunakan sebagai katalis heterogen yang mampu meningkatkan selektivitas reaksi terhadap dietil eter dan meminimalkan pembentukan produk samping seperti etilena (Feng dkk., 2022).

Potensi dan nilai jual dalam industri yang di pandang cukup menjanjikan menjadi pertimbangan utama pendirian pabrik dietil eter. Kebutuhan dietil eter di

Indonesia belum diimbangi dengan suplai dari dalam negeri yang memadai. Hingga saat ini Indonesia belum mempunyai pabrik dietil eter, akibatnya pemenuhan kebutuhan dietil eter hanya mengandalkan impor. Oleh karena itu prarancangan pabrik dietil eter dengan kapasitas 75.000 ton/tahun ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pasar yang terus berkembang serta mendukung upaya substitusi bahan baku berbasis fosil dengan sumber daya yang lebih berkelanjutan.

Dalam prarancangan ini, berbagai aspek teknis dan ekonomi akan dianalisis secara detail, termasuk pemilihan teknologi reaktor yang optimal serta strategi pengelolaan limbah dan efisiensi energi. Salah satu pendekatan yang diterapkan adalah pemanfaatan panas yang dihasilkan dari reaksi dehidrasi etanol untuk meningkatkan efisiensi termal dalam proses produksi dietil eter. Dengan sistem ini, energi yang dilepaskan oleh reaktor dapat dimanfaatkan kembali untuk mendukung tahap pemanasan umpan atau proses distilasi, sehingga kebutuhan energi eksternal dapat dikurangi secara signifikan.

Penerapan sistem pemanfaatan panas reaktor ini tidak hanya mengurangi konsumsi energi tetapi juga membantu menekan emisi karbon, menjadikannya pabrik lebih ramah lingkungan. Sesuai dengan prinsip industri hijau yang mengutamakan efisiensi sumber daya dan pengurangan limbah. Harapannya, pabrik ini tidak hanya mampu memenuhi kebutuhan industri kimia dalam skala besar tetapi juga berkontribusi dalam upaya dekarbonisasi industri guna mendukung transisi menuju ekonomi rendah emisi.

1.2 Rumusan Masalah

Semakin meningkatnya kebutuhan dietil eter di Indonesia setiap tahunnya dan produksi dietil eter di Indonesia tidak mencukupi, Prarancangan pabrik produksi dietil eter sangat potensial untuk direalisasikan. Hal ini bertujuan untuk memenuhi permintaan domestik, mengurangi ketergantungan impor, serta mendukung pengembangan industri kimia di Indonesia. Selain itu dengan beberapa pertimbangan pemangunan pabrik dietil eter yang efisien, ekonomis, dan ramah lingkungan.

1.3 Tujuan Prarancangan

Tujuan perancangan pabrik pembuatan dietil eter ini adalah merancang proses produksi dietil eter dengan proses dehidrasi etanol, untuk menerapkan disiplin ilmu Teknik Kimia, khususnya bidang rancang proses dan operasi teknik kimia. Tujuan lain dari prarancangan pabrik pembuatan dietil eter ini adalah untuk memenuhi kebutuhan dietil eter dalam negeri yang selama ini masih diimpor dari negara lain dan selanjutnya dikembangkan untuk ekspor. Selain itu, diharapkan dengan berdirinya pabrik ini akan memberi lapangan pekerjaan dan memicu peningkatan produktivitas rakyat yang pada akhirnya akan meningkatkan kesejahteraan rakyat. Pendirian pabrik ini didasarkan pada hal-hal berikut:

1. Terciptanya lapangan pekerjaan yang berarti akan mengurangi pengangguran.
2. Memicu pertumbuhan industri dietil eter yang menggunakan etanol.
3. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.
4. Meningkatkan pendapatan negara dari sektor industri, serta menghemat devisa negara.
5. Meningkatkan sumber daya manusia melalui proses alih teknologi.
6. Mengurangi angka impor dietil eter di Indonesia.

1.4 Manfaat

Dietil eter dapat di manfaatkan sebagai salah satu senyawa yang dapat menjadi alternatif bahan bakar energi terbarukan. Dietil eter juga dapat diuji coba untuk 3 bahan bakar perindustrian, transportasi, serta konsumsi rumah tangga, dan dietil eter dapat menjadi energi yang dapat bersaing dari segi harga, efisiensi penggunaan, dan juga sifatnya yang ramah lingkungan. Selain alasan-alasan di atas pendirian pabrik ini juga didasarkan pada hal-hal berikut ini:

1. Dapat memenuhi kebutuhan permintaan dietil eter di dalam negeri, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap negara lain, dan dapat menghemat devisa negara.

2. Dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat dan menunjang pemerataan pembangunan, memajukan ekonomi negara serta meningkatkan devisa negara.
3. Perancangan yang optimal, dapat dilakukan analisis pemanfaatan kembali energi dari proses produksi, seperti pemanfaatan panas buang atau integrasi sistem pemanasan ulang, guna meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi biaya operasional pabrik.

1.5 Batasan Masalah

Prarancangan pabrik dietil eter ini, dibatasi dengan bahan baku utama yaitu etanol menggunakan metode proses dehidrasi etanol dengan katalis alumina. Adapun pembuatan *flowsheet* prarancangan pabrik ini dibatasi dengan menggunakan *software* Aspen Hysys V11 dan *Piping and Instrumentation Diagram (P&ID)*.

1.6 Pemilihan Proses

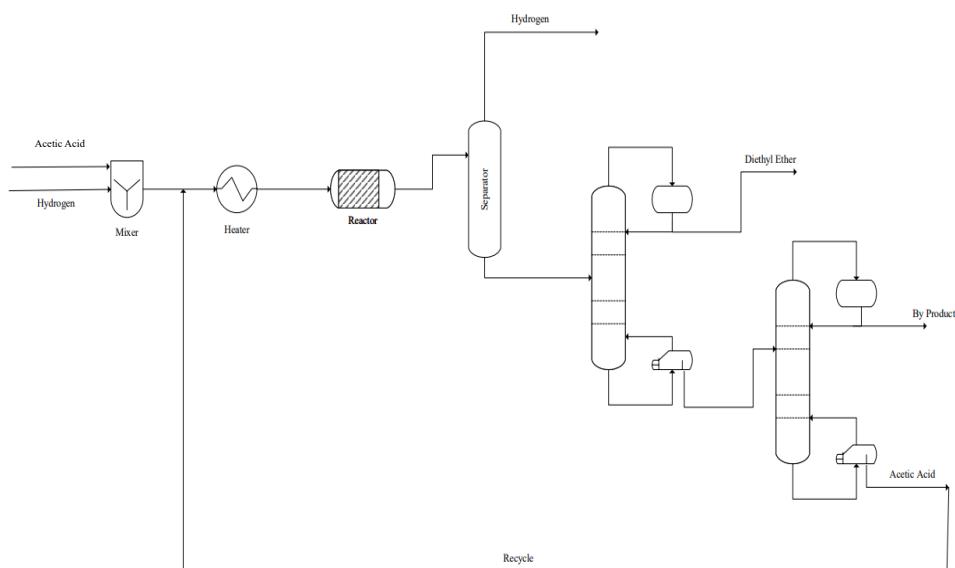
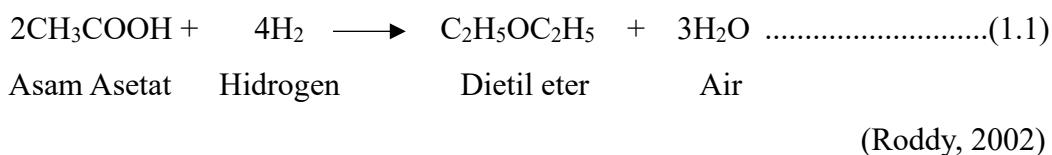
Terdapat beberapa macam proses pembuatan dietil eter, yaitu proses dehidrasi etanol dengan katalis sulfat dan proses dehidrasi etanol dengan katalis Alumina (Kirk & Othmer, 1991). Reaksi Dehidrasi merupakan reaksi yang paling penting dari etil alkohol atau etanol untuk membentuk suatu produk. Ikatan C – O dan ikatan C – H yang bersebelahan akan putus dan membentuk ikatan rangkap dua. Reaksi dehidrasi memerlukan adanya asam dan pemanasan. Adapun proses pembuatan dietil eter sebagai berikut.

1.6.1 Proses Hidrogenasi Asam Asetat

Pembuatan dietil eter dari proses hidrogenasi asam asetat dengan bahan baku asam asetat (CH_3COOH) dan hidrogen (H_2) menggunakan katalis heterogen yaitu platina (Pt). Reaksi ini terjadi pada fase gas, dimana asam asetat direaksikan dengan hidrogen pada kondisi operasi suhu $135^\circ\text{C} - 350^\circ\text{C}$ dengan tekanan 30 atm menggunakan reaktor *fixed Bed Multitube* dengan perbandingan umpan asam asetat dan hidrogen yaitu 1:4. Konversi dietil eter ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$) dihasilkan sebesar 60-80%. Setelah proses hidrogenasi, dietil eter harus dimurnikan untuk memisahkannya dari sisa asam asetat, etanol, air, dan gas hidrogen. Pemurnian dimulai dengan

pendinginan untuk produk, setelah itu pemisahan gas hidrogen yang tidak bereaksi yang akan di *recycle* kembali. Kemudian produk dialirkan ke kolom distilasi, di mana dietil eter yang memiliki titik didih 34,6°C, menguap lebih dulu dan dikondensasi menjadi produk murni. Sisa campuran yang masih mengandung air, dan asam asetat selanjutnya dipisahkan air dapat dipisahkan melalui distilasi tambahan, sedangkan sisa asam asetat diekstraksi dan di *recycle* ke reaktor untuk meningkatkan efisiensi bahan baku. Setelah mencapai kemurnian yang diinginkan, dietil eter disimpan dalam tangka penyimpanan produk (Roddy, 2002).

Mekanisme reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Gambar 1.1 Proses Hidrogenasi Asam Asetat

(Roddy, 2002)

Analisa ekonomi awal merupakan perhitungan jumlah dari harga bahan baku dan harga produk yang akan dijual sebagai penentu apakah pabrik yang akan dirancang dapat memberikan keuntungan atau memberikan kerugian. Pemasaran produk dietil eter untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri di seluruh Indonesia. Jika kebutuhan dalam negeri dapat terpenuhi maka pemasaran diarahkan

ke luar Indonesia. Untuk mengetahui analisa pasar perlu untuk mengetahui potensi produk terhadap pasar.

Analisa ekonomi awal pada proses hidrogenasi asam asetat. Berikut ini bahan baku dan produk dari prarancangan pabrik dietil eter berdasarkan kurs US\$ = Rp.16.305 pada februari tahun 2025. Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik, kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lain yaitu diperlihatkan pada Tabel 1.1 sebagai berikut.

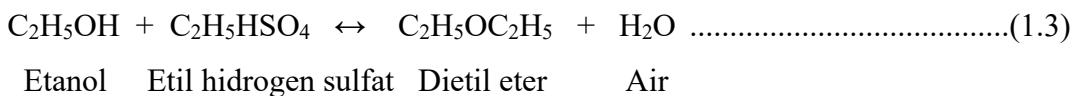
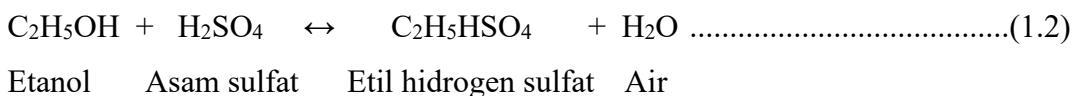
Tabel 1.1 Analisa Ekonomi Awal

	Bahan Baku Utama		Produk
	Asam Asetat	Hidrogen	Dietil Eter
Berat Molekul	60,05 gr/mol	2,01 gr/mol	74,12 gr/mol
Harga Per Kg	USD 1 (Rp. 16.305)	USD 1,23 (Rp. 20.055,15)	USD 3 (Rp. 48.915)
Kebutuhan	2 mol x 60,05 gr/mol = 120,01 gr = 0,1201 kg	4 mol x 2,01 gr/mol = 8,01 gr = 0,0080 kg	1 mol x 74,12 gr/mol = 74,12 gr = 0,07412 kg
Harga Total	0,1201 x 16.305 = Rp. 1.958,2305	0,0080 x 20.055,15 = Rp. 160,4412	= 0,07412 x 48.915 = Rp. 3.625,5798
Analisa Ekonomi Awal	$ \begin{aligned} &= (\text{Harga Produk}) - (\text{Harga Total Bahan Baku Utama} + \\ &\quad \text{Bahan baku Pendukung}) \\ &= (\text{Rp. } 18.792,58) - (\text{Rp. } 1.958,2305 + \text{Rp. } 160,4412) \\ &= (\text{Rp. } 3.625,5798) - (\text{Rp. } 2.118,6717) \\ &= \text{Rp. } 1.506,9081/\text{kg} \end{aligned} $		

1.6.2 Proses Dehidrasi Etanol dengan Katalis Asam Sulfat

Dehidrasi etanol (C_2H_5OH) secara kontinyu dengan asam sulfat (H_2SO_4) pertama diuraikan oleh P.Boullay, tetapi kemudian ditetapkan sebagai Proses Barbet. Proses produksi secara tidak langsung adalah dimana dietil eter merupakan produk samping dalam proses produksi etanol (C_2H_5OH) dari etilen merupakan produk samping dalam proses etanol (C_2H_5OH) dari etilen (C_2H_4). Proses asam sulfat dilakukan dengan cara bahan baku etanol (C_2H_5OH) dan katalis asam sulfat (H_2SO_4) (katalis homogen) dipanaskan sampai temperatur antara 125-140 °C dengan perbandingan 1:3. Umpam alkohol secara kontinyu masuk ke dalam campuran asam-alkohol dengan pemanasan terlebih dahulu mendekati suhu 127°C. Proses dilakukan pada *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) stainless steel yang dilapisi timbal, dilengkapi pemanas koil dan pelindung kebocoran asam. Konversi dietil eter ($C_2H_5OC_2H_5$) dihasilkan sebesar 90–95% (Ullmann, 1987).

Mekanisme reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

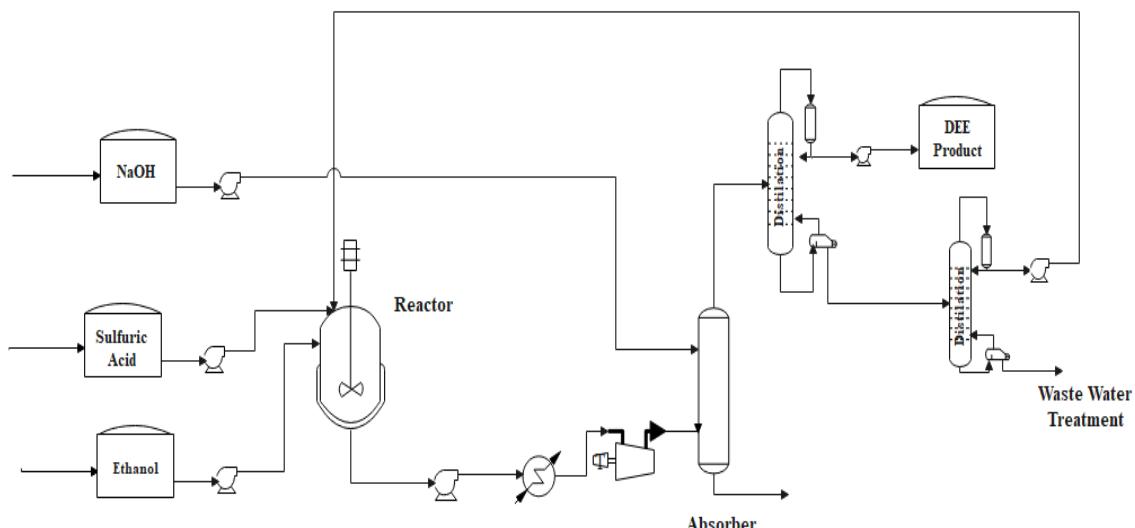


(Kirk & Othmer, 2005)

Mekanisme reaksi tersebut menunjukkan bahwa gugus etil (C_2H_5) dari etanol (C_2H_5OH) akan mengikat gugus SO_4 dari H_2SO_4 membentuk etil sulfat $C_2H_5HSO_4$ dan H_2O dari gugus OH etanol dengan gugus H^+ asam sulfat. Etil sulfat yang terbentuk akan bereaksi dengan etanol (C_2H_5OH) kembali membentuk dietil eter ($C_2H_5OC_2H_5$) dan asam sulfat (Fessenden, 1999).

Untuk menghilangkan sulfur dioksida (SO_2) dan asam sulfat (H_2SO_4), campuran dari reaktor dilewatkan *caustic scrubber*. Hasil yang mengandung sedikit larutan alkali, dietil eter ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$), alkohol dipisahkan dengan kolom fraksi. Setelah pemisahan terjadi, alkohol yang tidak bereaksi dengan air di *recycle*, dan dietil eter ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$) sebagai hasil disimpan pada tangki-tangki penyimpanan (Kirk & Othmer, 1991).

Meskipun begitu, Proses Barbet mempunyai kelemahan dalam pemisahan katalis. Hal ini dikarenakan sifat katalis asam sulfat yang homogen dan bersifat korosif. Dengan demikian membutuhkan investasi peralatan yang cukup mahal (Ullman, 1987). Adapun uraian proses dehidrasi etanol dengan katalis Asam Sulfat dapat dilihat pada Gambar 1.2 sebagai berikut :



Gambar 1.2 Proses Dehidrasi Etanol Dengan Katalis Asam Sulfat

(R. Norris, 1956)

Adapun analisa ekonomi awal pada proses dehidrasi etanol dengan katalis asam sulfat. Berikut ini bahan baku dan produk dari prarancangan pabrik dietil eter berdasarkan kurs US\$ = Rp.16.305 pada februari tahun 2025. Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik, kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lain yaitu diperlihatkan pada Tabel 1.2 sebagai berikut.

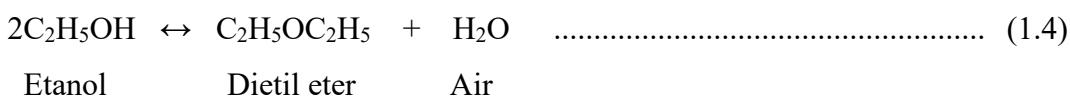
Tabel 1.2 Analisa Ekonomi Awal

	Bahan Baku Utama	Bahan Baku Pendukung	Produk
	Etanol	NaOH	Dietil Eter
Berat Molekul	46,07 gr/mol	39,99 gr/mol	74,12 gr/mol

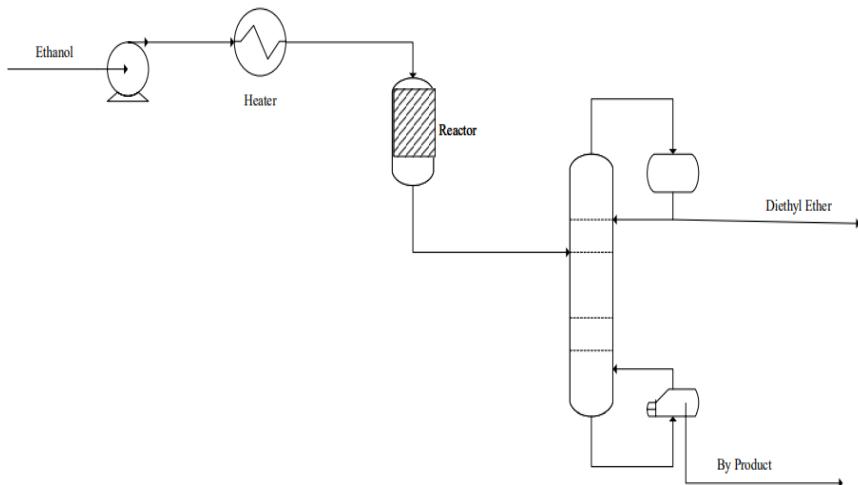
	Bahan Baku Utama	Bahan Baku Pendukung	Produk
	Eanol	NaOH	Dietil Eter
Harga Per Kg	USD 0,95 (Rp. 15.489,75)	USD 1,4 (Rp. 2.119,65)	USD 3 (Rp. 48.915)
Kebutuhan	1 mol x 46,07 gr/mol = 92,14 gr = 0,09214 kg	1 mol x 39,99 gr/mol = 39,99 gr = 0,03999 kg	1 mol x 74,12 gr/mol = 74,12 gr = 0,07412 kg
Harga Total	= 0,09214 x 15.489,75 = Rp. 1.427,2256	= 0,03999 x 2.119,65 = Rp. 84,5740	= 0,07412 x 48.915 = Rp. 3.625,5798
Analisa Ekonomi Awal	$ \begin{aligned} &= (\text{Harga Produk}) - (\text{Harga Total Bahan Baku Utama} + \\ &\quad \text{Bahan baku Pendukung}) \\ &= (\text{Rp. } 3.625,5798) - (\text{Rp. } 1.427,2256 + \text{Rp. } 84,5740) \\ &= (\text{Rp. } 3.625,5798) - (\text{Rp. } 1.511,7996) \\ &= \text{Rp. } 2.113,7802 \end{aligned} $		

1.6.3 Proses Dehidrasi Etanol dengan Katalis Alumina

Pembuatan dietil eter dari proses dehidrasi dengan katalis alumina yaitu bahan baku etanol (C_2H_5OH) diuapkan dan dialirkan kedalam reaktor *fixed bed multitube* dengan katalis berupa alumina dan beroperasi pada suhu $180 - 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan tekanan 3 atm sehingga dihasilkan dietil eter ($C_2H_5OC_2H_5$) dan etanol (C_2H_5OH) dengan konversi 99%. Hasil keluar reaktor dikondensasi kemudian dimurnikan dengan menggunakan distilasi (Zhang dkk, 2014). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



(Kirk & Othmer, 2005)



Gambar 1.3 Proses Dehidrasi Etanol Dengan Katalis Alumina

(Ullman, 1987).

Adapun analisa ekonomi awal pada proses dehidrasi etanol dengan katalis alumina. Adapun reaksi pembentukan dietil eter sebagai berikut:



Berikut ini bahan baku dan produk dari prarancangan pabrik dietil eter berdasarkan kurs US\$ = Rp. 16.305 pada februari tahun 2025. Meskipun secara teori semakin besar kapasitas pabrik, kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lain yaitu diperlihatkan pada Tabel 1.3 sebagai berikut.

Tabel 1.3 Analisa Ekonomi Awal

	Bahan Baku Utama	Produk
	Etanol	Dietil Eter
Berat Molekul	46,07 gr/mol	74,12 gr/mol
Harga Per Kg	USD 0,95 (Rp. 15.489,75)	USD 3 (Rp. 48.915)
Kebutuhan	2 mol x 46,07 gr/mol = 92,14 gr = 0,09214 kg	1 mol x 74,12 gr/mol = 74,12 gr = 0,07412 kg

	Bahan Baku Utama	Produk
	Etanol	Dietil Eter
Harga Total	= $0,09214 \times 15.489,75$ = Rp. 1.427,2256	= $0,07412 \times 48.915$ = Rp. 3.625,5798
Analisa Ekonomi Awal	= (Harga Produk) – (Harga Bahan Baku Utama) = (Rp. 3.625,5798) – (Rp. 1.427,2256) = Rp. 2.198,3542/ kg	

Adapun perbandingan proses pembuatan dietil eter dari proses dehidrasi dengan asam sulfat dan katalis alumina, perbandingan ini mencakup berbagai parameter penting seperti konversi reaksi, selektivitas produk, kondisi operasi (suhu dan tekanan), kebutuhan energi, serta dampak lingkungan dari masing-masing proses. Dengan adanya tabel ini, diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kelebihan dan kekurangan dari setiap metode, sehingga dapat menentukan proses yang paling efisien dan sesuai untuk diterapkan dalam skala industri ditunjukkan dalam Tabel 1.4 sebagai berikut.

Tabel 1.4 Perbandingan Proses Pembuatan Dietil Eter

Parameter	Macam-macam Proses		
	Hidrogenasi Asam Asetat	Dehidrasi Etanol dengan Katalis Asam Sulfat	Dehidrasi Etanol dengan Katalis Alumina
Bahan Baku Utama	Asam Asetat dan Hidrogen	Etanol	Etanol
Katalis	Platina	Asam Sulfat	Alumina
Reaktor	<i>Fixed Bed Multitube</i>	<i>Mixed Flow</i>	<i>Fixed Bed Multitube</i>
Tahapan Proses	- Persiapan bahan baku - Sintesis DEE	- Persiapan bahan baku - Sintesis DEE	- Persiapan bahan baku - Sintesis DEE

Parameter	Macam-macam Proses		
	Hidrogenasi Asam Asetat	Dehidrasi Etanol dengan Katalis Asam Sulfat	Dehidrasi Etanol dengan Katalis Alumina
	<ul style="list-style-type: none"> - Pemisahan hidrogen - Pemisahan DEE - Pemisahan Asam Asetat dan Air 	<ul style="list-style-type: none"> - Pemisahan SO₂ dan H₂SO₄ - Pemisahan DEE - Pemisahan Etanol dan Air 	<ul style="list-style-type: none"> - Pemisahan DEE - Pemisahan etanol dan air
Fase Reaksi	Gas	Cair	Gas
Sifat Katalis	Heterogen dan tidak korosif	Homogen dan korosif	Heterogen dan tidak korosif
Kondisi Operasi :			
<ul style="list-style-type: none"> - Suhu - Tekanan 	135-350 °C 30 atm	120-140 °C 1 atm	200-250 °C 2,5 – 3 atm
Produk Utama	Dietil eter	Dietil eter	Dietil eter
Produk Samping	Air	Etil hidrogen sulfat, asam sulfat dan air	Air
Konversi	60 –80 %	94 – 95 %	99 %
Peralatan Tambahan	Separator dan distilasi	Scrubber dan distilasi	Distilasi
Analisis Ekonomi Awal	Rp. 1.506,9081/ kg	Rp. 2.113,7802/ kg	Rp. 2.198,3542/ kg

Dengan melihat kedua macam proses diatas maka dalam perancangan pabrik dietil eter dipilih proses dehidrasi etanol dengan katalis alumina Dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Konversi yang tinggi yaitu mencapai 99%.
- b. Menggunakan peralatan yang sedikit dan proses yang sederhana.
- c. Keuntungan yang besar dari proses yang lain.
- d. Katalis yang digunakan bersifat heterogen dan tidak korosif, sehingga proses pemisahan katalis lebih mudah dan tidak memerlukan peralatan yang tahan terhadap korosi.
- e. Produk samping yang dihasilkan lebih sedikit yaitu air pada kondisi operasi (temperatur 200-250 °C dan tekanan 2,5 – 3 atm).
- f. Peralatan tambahan yang dibutuhkan lebih sedikit, yaitu distilasi.
- g. Biaya yang dibutuhkan lebih murah dimana biaya yang dimaksud mencakup biaya pengolahan bahan baku dan biaya peralatan tambahan.

1.7 Uraian Proses

Adapun uraian proses pembuatan dietil eter dengan penambahan katalis alumina dapat dibagi menjadi 3 tahapan yaitu sebagai berikut:

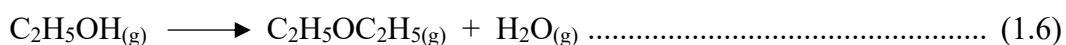
1.7.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan Baku etanol (C_2H_5OH) dengan kemurnian 96% dan impuritis berupa air sebanyak 4% yang bersumber dari PT. Molindo Raya Industrial disimpan di tangki penyimpanan baku (TK-101) dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Kemudian etanol dialirkan dan dinaikkan tekanannya menggunakan pompa (P-101) dari tekanan 1 atm menjadi 1,1 atm, berikutnya etanol yang telah dinaikkan tekanan menuju *Vaporizer* (VP-101) untuk dilakukan pemanasan dari suhu 30,01°C menjadi 78,14°C dan berubah fasa menjadi gas yang memanfaatkan panas aliran produk keluaran reaktor (R-201) berupa dietil eter, air dan etanol yang tidak bereaksi dengan suhu 346,4°C sehingga meningkatkan efisiensi energi pada proses ini. Dialirkan dengan kompresor (K-101) untuk menaikkan tekanan menjadi 3 atm sesuai dengan kondisi operasi, kemudian etanol yang telah dipanaskan masuk menuju *Preheater* (PH-101) untuk dilakukan pemanasan sehingga berubah fasanya menjadi uap disesuaikan dengan kondisi suhu 200°C, dimana media pemanas yang di pakai berasal dari utilitas setelah itu masuk ke reaktor (R-201).

1.7.2 Tahap Pembentukan Produk

Pembentukan dietil eter dari etanol dengan proses dehidrasi menggunakan katalis alumina (Al_2O_3) terjadi di reaktor (R-201) dengan jenis reaktor *Fixed Bed Multitube*. Reaksi terjadi pada fase gas dengan kondisi operasi pada suhu 200°C dan tekanan 3 atm, reaksi bersifat eksotermis dan reaktor (R-201) beroperasi secara *adiabatic non isothermal* sehingga untuk mempertahankan kondisi operasi didalam reaktor (R-201) maka diperlukan adanya pendingin. Nilai energi aktivasi (E_a) pada reaksi dehidrasi etanol menjadi dietil eter dengan katalis alumina didapat yaitu sebesar 80 kJ/mol pada suhu reaksi 200°C dengan konversi reaksi sebesar 99,68%. Energi aktivasi ini menggambarkan jumlah energi minimum yang diperlukan agar molekul etanol dapat bereaksi dan membentuk dietil eter (Phung dkk., 2015).

Adapun reaksi pembentukan dietil eter yaitu sebagai berikut:



Gas keluaran reaktor (R-201) yang terdiri dari dietil eter, etanol yang tidak bereaksi dan air memiliki suhu 346,4°C dan tekanan 3 atm kemudian diumpulkan menuju *Vaporizer* (VP-101) yang digunakan sebagai fluida panas untuk merubah bahan baku etanol dari fasanya cair menjadi gas. Setelah dimanfaatkan panasnya produk keluaran reaktor (R-201) suhunya menjadi 69,01°C dengan tekanan 2,9 atm kemudian diturunkan tekanan menggunakan *Valve* (VLV-301) menjadi tekanan 1 atm. Kemudian didinginkan menggunakan *cooler* (C-301) menjadi 50°C, setelah itu menuju distilasi (D-301) untuk dilakukan pemurnian.

1.7.3 Proses Purifikasi (Pemurnian)

Tahap pemurnian produk dilakukan untuk memisahkan dietil eter dari H₂O dan sisa etanol yang tidak bereaksi agar diperoleh dietil eter dengan kemurnian 98,55%. Sebelum dialirkan ke kolom distilasi didinginkan terlebih dahulu menggunakan *cooler* (C-301) menjadi suhu 50°C . Kemudian dialirkan ke dalam distilasi (D-301) dengan umpan masuk pada suhu 50°C tekanan 1 atm. Hasil atas distilasi (D-301) berupa dietil eter yang dikondensasikan pada kondensor dengan suhu titik didihnya yaitu 34,26°C pada tekanan 1 atm kemudian dipompa menggunakan pompa (P-302) menuju tanki penyimpanan produk dietil eter (TK-302) dengan kemurnian produk dietil eter sebesar 98,55%. Sedangkan hasil

bawah distilasi (D-301) adalah air dan sisa etanol yang kemudian dimasukan ke dalam reboiler, penguapan yang dilakukan di reboiler menggunakan steam yang bersumber dari utilitas. Hasil keluaran reboiler lalu dialirkan menggunakan pompa (P-03) dengan suhu 98,40°C dan tekanan 1 atm menuju *cooler* (C-302) untuk didinginkan kembali menjadi 30°C dan dengan tekanan 1 atm, kemudian akan dialirkan menuju unit utilitas.

1.8 Penentuan Kapasitas

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam mendirikan sebuah pabrik karena akan mempengaruhi produksi dan kalkulasi ekonomi. Semakin besar kapasitas pabrik, semakin besar keuntungannya, namun saat menentukan kapasitasnya, faktor lain perlu diperhatikan. Yang perlu diperhatikan saat menentukan kapasitas pembangkit adalah data dietil eter di Indonesia dan dunia.

1.8.1 Bahan Baku

Sehubungan dengan rencana pendirian pabrik di Indonesia, diperlukan informasi ketersediaan bahan baku untuk produksi dietil eter. Pabrik dietil eter akan menggunakan etanol yang dihasilkan oleh PT. Molindo Raya Industrial dengan kapasitas 80.000 kL/tahun dan PT. Indo Acitama Chemical dengan kapasitas 50.000 kL/Tahun, sedangkan untuk kebutuhan katalis alumina yang digunakan sebagai katalis dipasok dari Sasol yang berkapasitas produksi 5.000 ton/tahun yang merupakan bahan impor akan dikirim melalui transportasi laut. Dari segi bahan baku, sangat menguntungkan untuk membangun pabrik dietil eter dengan bahan bakunya ethanol, karena harga dietil eter jauh lebih tinggi dibandingkan etanol sebagai bahan bakunya. Bahan baku pembuatan dietil eter ini adalah etanol, pada Tabel 1.5 merupakan pabrik yang memproduksi etanol di Indonesia.

Tabel 1.5 Produsen Etanol di Indonesia

No.	Nama Pabrik	Produksi (kL/tahun)
1.	PT. Aneka Kimia Nusantara	5.000
2.	PT. Basis Indah	16.000
3.	PT. Bukit Manikam Subur Persada	51.200

No.	Nama Pabrik	Produksi (kL/tahun)
4.	PT. Indo Acitama Chemical	50.000
5.	PT. Madu Baru	6.700
6.	PT. Molindo Raya Industrial	80.000
7.	PT. Perkebunan Nusantar XI	6.000
8.	PT. Indo Lampung Distilley	6.000
9.	PT. Sampurna	16.800
10.	PT. RNI dan Choi Biofuel Co	11.200
11.	Kinematsu Corporation	30.000
TOTAL		262.900 kL/Tahun
		209.005 Ton/Tahun

Sumber : (Wibowo, Andi, 2014, dalam Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi).

1.8.2 Kapasitas Pabrik DEE yang Beroperasi di Dunia

Berikut ini merupakan pabrik dietil eter yang telah beroperasi di dunia dengan kapasitas pertahunnya ditunjukkan pada Tabel 1.6 data ini dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan kapasitas produksi pabrik dietil eter agar sesuai dengan permintaan pasar dan memastikan operasional yang efisien sebagai berikut.

Tabel 1.6 Produsen Dietil Eter di Dunia

No.	Produsen	Negara	Kapasitas (Ton/Tahun)
1.	Sasol	Jerman	5.000
2.	SODES	Perancis	10.000
3.	Sigma Solvent & Pharamateucal	India	900
4.	Equistar Chemicals	Amerika Serikat	14.500
5.	TKM Pharma	India	2.000
6.	Shijiazhuang Huangzhu Chemical	China	6.000
Rata-rata kapasitas pabrik DEE			6.400

Sumber : (Wibowo, Andi, 2014, dalam Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi).

Berdasarkan data pada Tabel 1.6 kapasitas produksi pabrik dietil eter di dunia bervariasi, dengan rata-rata produksi mencapai 6.400 ton per tahun. Pabrik dengan kapasitas terbesar dimiliki oleh Equistar Chemicals di Amerika Serikat, yang mampu memproduksi hingga 14.500 ton per tahun. Sementara itu, kapasitas produksi terkecil terdapat pada Sigma Solvent & Pharmaceutical di India, yaitu 900 ton per tahun. Perbedaan kapasitas ini menunjukkan adanya variasi skala produksi di berbagai negara, yang dipengaruhi oleh kebutuhan pasar dan teknologi yang digunakan. Meskipun terdapat pabrik dengan skala produksi kecil, industri DEE tetap berkembang dengan adanya permintaan global yang terus meningkat.

Berikut ini merupakan kebutuhan dietil eter di dunia. Adapun negara *European* meliputi : Austria, France, Germany, Hungaria, Italy, Portugal, Romania, dan lain – lain. Adapun negara *Non-European* meliputi Australia, Brazil, Brunei Darussalam, China, Myanmar, India, Thailand, dan lain- lain ditunjukkan pada Tabel 1.7 berikut.

Tabel 1.7 Kebutuhan Dietil Eter di Dunia

Tahun	Ton/Tahun	
	<i>European Union Import</i>	<i>Non-European Union Import</i>
2018	1.453.507,943	4.279.783,727
2019	1.513.714,498	4.709.105,79
2020	1.386.709,881	4.782.989,258
2021	1.855.294,283	4.658.487,393
2022	2.098.464,77	5.545.613,71
2023	2.574.079,898	5.821.117,834
2024	1.850.453,721	1.402.314,946

(Sumber : *Uncomtrade*, 2025)

Berdasarkan Tabel 1.7 data kebutuhan dietil eter di dunia, dengan peningkatan pada tahun-tahun awal diikuti oleh penurunan dalam beberapa tahun terakhir. Penurunan ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti perubahan permintaan industri, adanya substitusi bahan kimia lain, peningkatan kapasitas produksi dalam negeri di beberapa negara, serta regulasi lingkungan yang lebih

ketat. Oleh karena itu, dalam menentukan kapasitas produksi pabrik dietil eter, perlu mempertimbangkan tren permintaan global serta prospek pasar di masa depan agar produksi tetap efisien dan sesuai dengan kebutuhan industri

1.8.3 Data Kebutuhan DEE di Indonesia

Di Indonesia umumnya dietil eter digunakan dalam industri kimia seperti obat bius, pelarut untuk produksi cat, minyak, parfum dan sebagian kecil dipakai dalam pelarut butadiene. Berikut merupakan data kebutuhan impor dietil eter di Indonesia dari tahun 2016-2024 ditunjukkan pada Tabel 1.8 sebagai berikut.

Tabel 1.8 Data Kebutuhan Impor Dietil Eter di Indonesia Tahun 2016-2024.

No.	Tahun	Jumlah Impor (Ton/Tahun)
1.	2016	3,880
2.	2017	7,073
3.	2018	2,593
4.	2019	11,953
5.	2020	12,379
6.	2021	5,161
7.	2022	2,016
8.	2023	9,677
9.	2024	24,512

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2016-2024)

Berdasarkan Tabel 1.8 didapat suatu persamaan linier untuk memperkirakan kebutuhan dietil eter pada tahun 2030. Analisis ini bertujuan untuk memprediksi kebutuhan dietil eter di masa mendatang dengan mempertimbangkan data pada tahun sebelumnya yang tersedia. Untuk menghitung kebutuhan dietil eter pada tahun berikutnya, dengan menggunakan metode linier kebutuhan dietil eter dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$F = 24,512 (1 + 0,99694437)^6$$

$$F = 1.554,442$$

Berdasarkan hasil perkiraan kebutuhan dietil eter dengan menggunakan metode linier tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.9 berikut:

Tabel 1.9 Data Perkiraan Kebutuhan Dietil Eter di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah Impor (Ton/Tahun)
1.	2025	48,949
2.	2026	97,748
3.	2027	195,198
4.	2028	389,800
5.	2029	778,410
6.	2030	1.554,442

Berdasarkan Tabel 1.9 menunjukkan proyeksi kebutuhan impor dietil eter di Indonesia berdasarkan hasil metode linier dari tren data sebelumnya. Dari tahun 2025 hingga 2030, jumlah impor dietil eter diprediksi mengalami peningkatan yang signifikan setiap tahunnya. Tren ini mengindikasikan bahwa permintaan dietil eter di Indonesia terus bertambah, yang kemungkinan disebabkan oleh pertumbuhan industri yang menggunakan dietil eter sebagai bahan baku atau pelarut.

Dengan memperkirakan kebutuhan tersebut, diperkirakan pada tahun 2030 kebutuhan akan meningkat hingga 1.554,442 ton/tahun. Selain itu ada beberapa pabrik yang memproduksi dietil eter yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan didunia. Maka kapasitas produksi pabrik dietil eter ditetapkan 75.000 ton/tahun. Keputusan ini didasarkan pada analisis permintaan yang menunjukkan bahwa produksi akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri di Indonesia, selain itu akan dialokasikan untuk pasar ekspor guna memenuhi permintaan dietil eter di negara-negara yang membutuhkan. Ekspor ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan daya saing industri kimia dalam negeri di pasar global, tetapi juga sebagai upaya untuk memperluas jaringan perdagangan dan meningkatkan devisa negara. Dengan kapasitas produksi yang telah ditetapkan, diharapkan pabrik ini dapat berkontribusi secara signifikan dalam memenuhi kebutuhan dietil eter baik di dalam negeri maupun di pasar internasional.

Adapun beberapa negara yang tercatat sebagai pengimpor utama DEE untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri mereka yaitu negara Jepang menjadi salah satu

pengimpor terbesar pada tahun 2024, selain Jepang, negara-negara seperti Italy, *Netherlands, Greece, Poland, Portugal, Turkiye, Switzerland* juga aktif mengimpor DEE, dengan nilai impor jutaan dolar setiap tahunnya. Impor ini mencerminkan tingginya permintaan akan DEE di negara-negara dengan aktivitas industri dan penelitian yang berkembang pesat. Negara-negara pengimpor umumnya mendapatkan pasokan DEE dari produsen utama seperti India, China, Perancis dan Jerman sendiri, yang juga merupakan eksportir utama bahan kimia ini.