

Pra Desain Pabrik Dietil Eter dari Etanol dengan Proses Dehidrasi

Meilan Irma Dani¹, Savira Wicaksono Putri¹, Achmad Roesyadi^{1*}, dan Hikmatun Ni'mah¹

Abstrak— Sesuai dengan Perpres No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, ditargetkan konsumsi energi dari minyak bumi menjadi kurang dari 20% pada tahun 2005. Pemerintah Indonesia menargetkan sebesar 23% menggunakan Energi Baru Terbarukan (EBT) dimana untuk penggunaan *biofuel* sekitar 13,69 juta kL. Sejak tahun 2009, Pemerintah mulai mengembangkan penggunaan bahan bakar terbarukan sebagai solusi untuk mengurangi penggunaan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi dimana pengembangan produksinya setiap tahun semakin meningkat. DEE (Dietil Eter) yang juga dikenal sebagai eter dan etoksi etana, adalah cairan mudah terbakar yang jernih, tak berwarna, dan bertitik didih rendah serta berbau khas. DEE memiliki nilai ekonomis yang tinggi karena banyak digunakan sebagai pelarut untuk reaksi-reaksi organik dan mulai dikembangkan untuk bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar dari minyak bumi. Proses pembuatan DEE terdiri dari 3 tahapan proses, yaitu persiapan bahan baku, sintesis DEE dan pemurnian DEE. Tahap persiapan bahan baku meliputi adsorpsi air bertujuan untuk memurnikan etanol hingga 99%. Tahap sintesis DEE bertujuan untuk menghasilkan DEE yang dibuat dengan cara dehidrasi etanol. Tahap pemurnian DEE dilakukan untuk mendapatkan produk DEE dengan kemurnian 99,5%. Pabrik direncanakan beroperasi pada tahun 2023. Berdasarkan data impor, konsumsi, produksi yang terus meningkat didapat estimasi kapasitas pabrik sebesar 37.000 ton/tahun. Untuk itu dibutuhkan bahan baku etanol 96,5% yang digunakan sebesar 47.642 ton/tahun. Lokasi pendirian pabrik direncanakan di Ngargosari, Gresik, Jawa Timur. Untuk dapat mendirikan pabrik DEE dengan kapasitas 37.000 ton/tahun diperlukan modal total sebesar Rp 364.656.598.810,04,- dengan harga jual DEE sebesar \$2,02 per kg. Estimasi umur pabrik 10 tahun, sehingga dapat diketahui *internal rate of return* (IRR) sebesar 22,93%, *pay out time* (POT) 4,05 tahun dan *break even point* (BEP) sebesar 36,53%.

Kata kunci - Dietil Eter, Etanol, EBT

I. PENDAHULUAN

Pengurangan secara cepat dari cadangan minyak bumi adalah masalah yang paling penting sekarang dan di abad yang akan datang. Penggunaan yang berlebihan dari bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama adalah alasan utama dari kedua permasalahan di atas. Menurut BPH Migas, penggunaan bahan bakar murni di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya, penggunaan bensin jenis umum yang tidak disubsidi telah mencapai 51,1 juta kL di tahun 2018. Sesuai dengan Perpres No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, ditargetkan konsumsi energi dari minyak bumi menjadi kurang dari 20% pada tahun 2005. Pemerintah Indonesia menargetkan sebesar 23% menggunakan Energi Baru Terbarukan (EBT) dimana untuk penggunaan *biofuel* sekitar 13,69 juta kL (ESDM, 2018). Sejak tahun 2009, Pemerintah telah mengembangkan penggunaan bahan bakar terbarukan sebagai solusi untuk mengurangi penggunaan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi dimana pengembangan produksinya setiap tahun semakin meningkat. Maka dari itu, dibutuhkan bahan bakar terbarukan sebagai pengganti bahan bakar fosil yang mampu mengatasi permasalahan yang ditimbulkan tersebut. Dietil eter (DEE) merupakan salah satu bahan baku alternatif yang bisa menggantikan bahan bakar fosil.

DEE yang juga dikenal sebagai eter dan etoksi etana, adalah cairan mudah terbakar yang jernih, tak berwarna, dan bertitik didih rendah serta berbau khas.

Anggota paling umum dari gugusan campuran kimiawi yang secara umum dikenal sebagai eter ini merupakan sebuah isomernya butanol. DEE memiliki nilai ekonomis

yang tinggi karena banyak digunakan sebagai pelarut untuk reaksi-reaksi organik dan mulai dikembangkan untuk bahan bakar alternatif. DEE memiliki titik didih 34,6 °C sehingga lebih mudah digunakan sebagai bahan bakar dibandingkan etanol.

Selama ini, etanol umumnya digunakan sebagai bahan bakar dengan cara dicampur dengan bensin (gasohol). Gasohol merupakan campuran bensin atau *gasoline* dengan etanol *grade* bahan bakar 20%. Akan tetapi, penggunaan etanol ini memiliki kelemahan dimana sampai saat ini, masih mensyaratkan konsentrasi yang tinggi yaitu etanol absolut. Untuk memperoleh etanol absolut harus melalui tahap proses fermentasi etanol, proses pemisahan etanol 95% dan proses pemurnian etanol absolut/etanol *grade* bahan bakar. Akibat dari kelemahan tersebut, DEE seringkali digunakan sebagai bahan pencampur untuk mengatasi kelemahan bahan bakar etanol. Selain itu, DEE bisa digunakan sebagai aditif pada bahan bakar diesel yang terbukti dapat meningkatkan performa mesin dan menurunkan konsumsi bahan bakar (Widayat, 2011).

II. SELEKSI DAN URAIAN PROSES

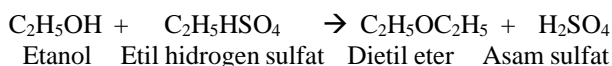
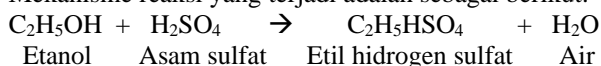
Terdapat beberapa macam proses pembuatan dietil eter, yaitu proses dehidrasi etanol dengan katalis sulfat dan proses dehidrasi etanol dengan katalis γ -Alumina (Kirk & Othmer, 1991). Reaksi Dehidrasi merupakan reaksi yang paling penting dari etil alkohol atau etanol untuk membentuk suatu produk. Ikatan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

¹ Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya, 60111, Indonesia. *Email: aroesyadi@chem-eng.its.ac.id.

1. Proses Dehidrasi Etanol dengan Katalis Sulfat

Dehidrasi etil alkohol (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 (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 *temperature* 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 reaktor *stainless steel* yang dilapisi timbal, dilengkapi pemanas koil dan pelindung kebocoran asam. Konversi dietil eter ($C_4H_{10}O$) dihasilkan sebesar 94–95% (Ullmann, 1987).

Mekanisme reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

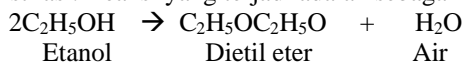


Mekanisme reaksi tersebut menunjukkan bahwa gugus etil C_2H_5 dari etanol akan mengikat gugus SO_4 dari H_2SO_4 membentuk etil sulfat $C_2H_5HSO_4$ dan H_2O dari gugus OH^- etanol dengan gugus H^+ asam sulfat. Etil sulfat yang terbentuk akan bereaksi dengan etanol kembali membentuk DiEtil Eter dan asam sulfat (Fessenden & 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 ($C_4H_{10}O$), alkohol dipisahkan dengan kolom fraksi. Setelah pemisahan terjadi, alcohol yang tidak bereaksi dengan air di *recycle*, dan dietil eter ($C_4H_{10}O$) 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 (Ullmann, 1987).

2. Proses Dehidrasi Etanol dengan Katalis γ -Alumina

Pembuatan DEE dari proses dehidrasi dengan katalis γ -Alumina yaitu bahan baku etanol (C_2H_5OH) diuapkan dan dialirkan kedalam reaktor *fixed bed multitube* dengan katalisator berupa alumina dan beroperasi pada suhu 200 – 250 °C dengan tekanan 3 atm sehingga dihasilkan dietil eter ($C_4H_{10}O$) dan etanol (C_2H_5OH). Hasil keluar reaktor dikondensasi kemudian dimurnikan dengan menggunakan distilasi. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



(Kirk & Othmer, 1991)

3. Pemilihan Proses

Proses Dehidrasi Etanol dengan Katalis γ -Alumina lebih menguntungkan dibandingkan dengan proses Dehidrasi

Etanol dengan Katalis Asam Sulfat. Keuntungan dari proses Dehidrasi Etanol dengan Katalis γ -Alumina adalah sebagai berikut :

- Proses lebih singkat.
- Katalis yang digunakan bersifat heterogen dan tidak korosif, sehingga proses pemisahan katalis lebih mudah dan tidak memerlukan peralatan yang tahan terhadap korosi.
- Produk samping yang dihasilkan lebih sedikit yaitu air pada kondisi operasi (temperatur 200-250 °C dan tekanan 2,5 – 3 atm).
- Konversi DEE yang dihasilkan sebesar 95%.
- Peralatan tambahan yang dihasilkan lebih sedikit.
- Biaya yang dibutuhkan lebih murah.

Perbandingan proses pembuatan dietil eter dari proses dehidrasi dengan asam sulfat dan katalis γ -Alumina ditunjukkan dalam **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Perbandingan Proses Pembuatan Dietil Eter

Parameter	Macam-Macam Proses	
	Dehidrasi Etanol dengan Katalis Asam Sulfat	Dehidrasi Etanol dengan Katalis γ -Alumina
Bahan Baku Utama	Etanol	Etanol
Bahan Baku Penolong	Asam sulfat	γ -Alumina
Reaktor	<i>Mixed flow</i>	<i>Fixed bed multitube</i>
Tahapan Proses	- Persiapan bahan baku - Sintesis DEE - Pemisahan SO_2 dan H_2SO_4 - Pemisahan DEE - Pemisahan Etanol dan air	- Persiapan bahan baku - Sintesis DEE - Pemisahan DEE - Pemisahan Etanol dan air
Fase Reaksi	Cair	Gas
Sifat Katalis	Homogen dan korosif	Heterogen dan tidak korosif
Pemisahan Katalis	Sulit	Mudah
Kondisi Operasi		
- Suhu (°C)	125 – 140	200 – 250
- Tekanan (atm)	1	2,5 – 3
Produk Utama	Dietil eter	Dietil eter
Produk Samping	Etil hidrogen sulfat Asam sulfat dan Air	Air
Konversi (%)	94 - 95	95
Peralatan Tambahan	<i>Scrubber</i> Distilasi	Distilasi
Biaya Produksi	Mahal	Murah

Sumber :

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas, maka proses yang dipilih yaitu proses Dehidrasi Etanol dengan Katalis γ -Alumina.

4. Uraian Proses

Tahap proses pembuatan DEE dari etanol dengan proses dehidrasi adalah sebagai berikut:

- Persiapan bahan baku
- Sintesis DEE
- Pemurnian

4.1. Persiapan Bahan Baku

Tahap ini bertujuan untuk menyiapkan etanol sebelum direaksikan ke dalam reaktor. Pada tahap ini juga meliputi tahap adsorpsi H_2O yang bertujuan untuk mengurangi kadar air sehingga dapat meningkatkan kadar kemurnian etanol hingga 2-4%. Adsorpsi H_2O pada etanol ini akan dilakukan dengan menggunakan *molecular sieve* sebagai

adsorben. Adsorben yang digunakan adalah *molecular sieve* jenis zeolite 3A.

1. Adsorpsi

Sebelum proses adsorpsi, etanol 96,5% berbentuk cairan akan dicampur dengan *recycle* etanol dari hasil pemisahan pada unit *Ethanol Distillation*. Di dalam Adsorber terjadi proses penyerapan air yang terkandung dalam larutan etanol, sehingga akan dihasilkan larutan etanol yang lebih murni sebesar 99%. Proses pemurnian ini menggunakan adsorben zeolit *molecular sieve* dengan jenis 3A karena diameter pori dari *molecular sieve* ini tidak bisa ditembus oleh molekul etanol tapi molekul air dapat terserap.

Etanol yang keluar dari adsorber merupakan etanol hidrat (etanol 99%). Sedangkan *molecular sieve* yang telah digunakan, perlu diregenerasi. Penggunaan adsorber berupa zeolit *molecular sieve* biasanya dapat beroperasi selama 4 jam sehingga setelah 4 jam lebih maka proses regenerasi dimulai. Regenerasi dari *molecular sieve* tersebut dapat menggunakan udara kering (*dry air*).

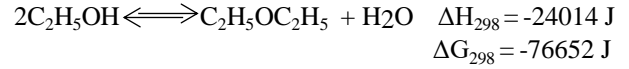
2. Penguapan Etanol

Etanol 99% dari hasil adsorpsi kemudian akan diuapkan menggunakan *Vaporizer* sehingga etanol berubah fase menjadi gas. Selanjutnya, etanol dipanaskan hingga mencapai suhu operasi reaktor.

4.2. Sintesis DEE

Sintesis DEE terjadi didalam reaktor *fixed bed multitube*. Di dalam reaktor, etanol akan mengalami reaksi dehidrasi dengan bantuan katalis γ -Alumina. Reaksi terjadi pada suhu 215°C dan tekanan 2,5 atm. Pada proses dehidrasi dalam reaktor ini, suhu dijaga agar dietil eter yang telah

dihasilkan tidak membentuk kembali etanol dan etilen. Berikut merupakan reaksi yang terjadi.



4.3. Pemurnian DEE

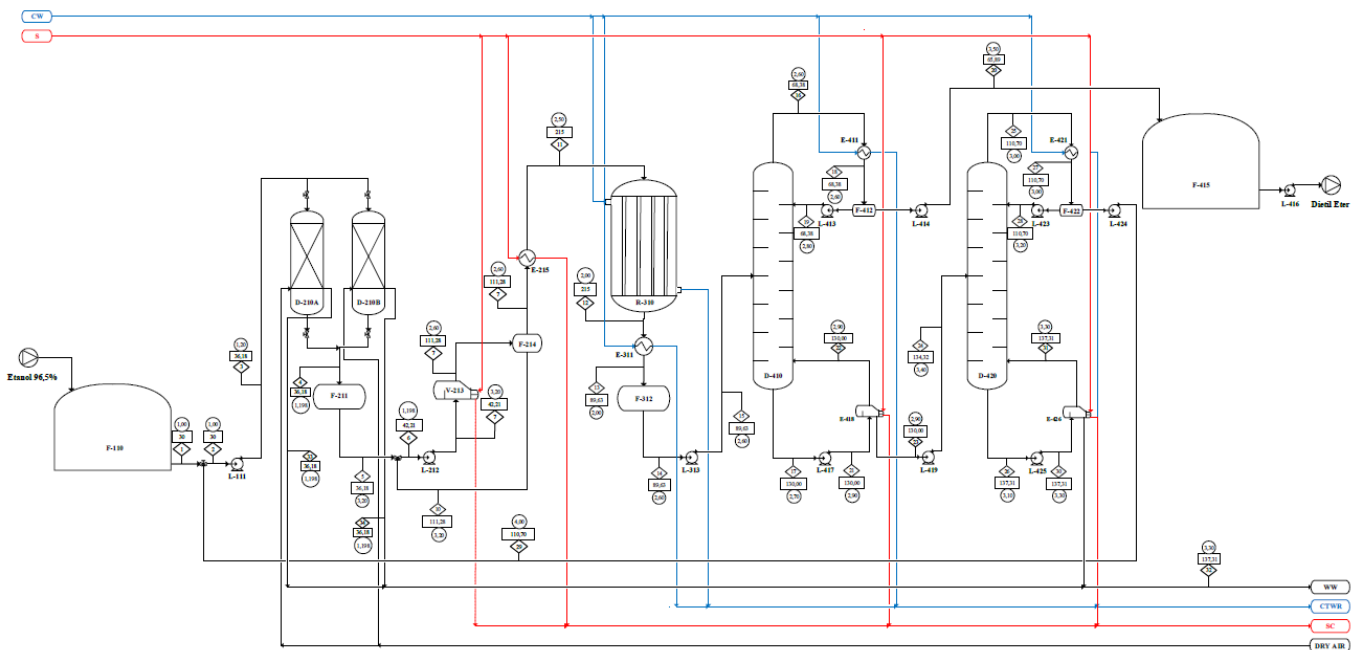
Dalam unit pemisahan ini dilakukan dengan proses pemisahan produk menggunakan kolom distilasi. Unit pemurnian tersebut dibagi menjadi 2 tahapan proses pemisahan, yaitu pemisahan DEE menggunakan *Diethyl Ether Distillation* dan tahap pemisahan etanol dan air menggunakan *Ethanol Distillation*.

1. Pemisahan DEE

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan produk DEE dari etanol dan air. Pemisahan ini terjadi pada kolom *Diethyl Ether Distillation*. Produk atas yang dihasilkan adalah produk DEE dengan kemurnian sebesar 99,5% berat dengan impuritas etanol yang kemudian akan disimpan dalam tangki penyimpanan DEE. *Bottom product* berupa campuran etanol dan air yang akan sebagian diumpukan pada ke kolom *Ethanol Distillation*.

2. Pemisahan Etanol dan Air

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan etanol dan air yang merupakan *bottom product* dari ke kolom *Diethyl Ether Distillation*. Pemisahan ini terjadi pada kolom *Ethanol Distillation* dimana produk atas berupa campuran sedikit dietil eter, etanol dan air yang akan *direct cycle* sedangkan *bottom product* berupa air dan sedikit etanol.



Gambar 1. Process Flow Diagram Pra Desain Pabrik Dietil Eter dari Etanol dengan Proses Dehidrasi

III. NERACA MASSA

Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa pada pabrik Dietil Eter ini, maka dibutuhkan bahan baku etanol sebesar 47.642 ton/tahun, dengan kapasitas produksi sebesar 37.000 ton/tahun.

IV. ANALISA EKONOMI

Dari perhitungan analisis ekonomi, dengan harga jual DEE sebesar \$2,02 per kg diperoleh *Internal Rate Return* (IRR) sebesar 22,93%. Dengan IRR tersebut mengindikasikan bahwa pabrik layak untuk didirikan dengan suku bunga 10,50% dan waktu pengembalian modal (*pay out time*) selama 4,05 tahun. Perhitungan analisa ekonomi didasarkan pada *discounted cash flow*. Modal untuk pendirian pabrik menggunakan rasio 60% modal sendiri dan 40% modal pinjaman. Modal total yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik adalah sebesar Rp. 364.656.598.810,04, sedangkan *Break Event Point* (BEP) yang diperoleh adalah sebesar 36,53%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa pabrik garam industri ini didesain akan beroperasi secara semi kontinyu selama 24 jam, 330 hari/tahun operasi dengan perencanaan sebagai berikut:

Kapasitas produksi	: 37.000 ton/tahun
Kebutuhan etanol	: 47.642 ton/tahun
Umur pabrik	: 10 tahun
Masa konstruksi	: 2 tahun

Secara singkat evaluasi perencanaan pendirian pabrik tersebut dapat disajikan sebagai berikut:

1. Pra Desain Pabrik : Dietil Eter dari Etanol
2. Proses : Dehidrasi dengan Katalis γ -Alumina
3. Operasi : Kontinyu, 330 hari/tahun, 24 jam/hari
4. Lokasi pabrik : Ngargosari, Gresik, Jawa Timur
5. Analisa Ekonomi :
 - a. *Internal Rate of Return* (IRR) : 22,93%
 - b. *Pay Out Time* (POT) : 4,05 tahun
 - c. *Break Even Point* (BEP) : 36,53%

Berdasarkan hasil uraian diatas, ditinjau dari segi ekonomis maupun teknis, pabrik dietil eter dari etanol dengan proses dehidrasi ini layak didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ESDM, "Handbook of Energy & Economy Statistics of Indonesia," Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018.
- [2] R. J. Fessenden, and J. S. Fessenden, "Kimia Organik," Jilid 1, Edisi Tiga, Jakarta: Penerbit Erlangga, 1999.
- [3] R. E. Kirk, and D. F. Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology," 4th Edition, Vol. 4, New York: John & Wiley and Sons Inc., 1991.
- [4] Ullmann, "Encyclopedia of Industrial Chemistry," 5th Edition, Vol. A.10, Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft, 1987.
- [5] Widayat, "Studi Proses Produksi Dietil Eter Dari Etanol Dengan Katalis Zeolit Berbasis Zeolit Alami, Disertasi Dr. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2011.