

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Etanol

Etanol pertama kali dibuat secara sintetik pada tahun 1826 secara terpisah oleh Henry Hennell dari Britania Raya dan S.G. Sérullas dari Prancis. Pada tahun 1828, Michael Faraday berhasil membuat etanol dari hidrasi etilena yang dikatalisis oleh asam. Proses ini mirip dengan proses sintesis etanol industri modern (Hennell, 1828).

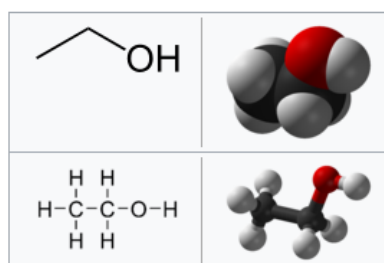
Etanol disebut juga etil alkohol, alkohol murni, alkohol absolut, atau alkohol saja, adalah sejenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tak berwarna, dan merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Etanol termasuk ke dalam alkohol rantai tunggal, dengan rumus kimia C_2H_5OH dan rumus empiris C_2H_6O atau yang biasa disebut isomer konstitusional dari dimetil eter. Etanol sering disingkat menjadi EtOH, dengan "Et" merupakan singkatan dari gugus etil (C_2H_5).

Etanol dan alkohol membentuk larutan azeotrop. Karena itu pemurnian etanol yang mengandung air dengan cara penyulingan biasa hanya mampu menghasilkan etanol dengan kemurnian 96%. Etanol murni (absolut) dihasilkan pertama kali pada tahun 1796 oleh Johan Tobias Lowitz yaitu dengan cara menyaring alkohol hasil distilasi melalui arang. Lavoisier menggambarkan bahwa etanol adalah senyawa yang terbentuk dari karbon, hidrogen dan oksigen. Pada tahun 1808, Saussure berhasil menentukan rumus kimia etanol. Lima puluh tahun kemudian (1858), Couper mempublikasikan rumus kimia etanol. Dengan demikian etanol adalah salah satu senyawa kimia yang pertama kali ditemukan rumus kimianya (Couper, 1858). Berikut ini merupakan tabel sifat fisik dari etanol berdasarkan SNI 06-3565-1994:

Tabel 2.1 Sifat Fisika Etanol

Parameter	Etanol
Rumus Kimia	C_2H_5OH
Berat Molekul	46,07 g/mol
Titik beku	-112,4°C
Titik didih	78,4°C
Titik Nyala	13°C
Densitas	0,7851 gr/ml
Viskositas pada 20°C	0,0122
Indeks bias	1,36
Panas Evaporasi	204 cal/gr

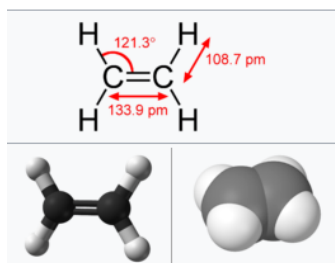
Sumber : Badan Standarisasi Nasional



Sumber: dosenpendidikan.co.id

Gambar 2.1 Struktur Etanol

Pada zaman modern, etanol yang ditujukan untuk kegunaan industri sering kali dihasilkan dari etilena (Myers, 2007). Etena atau etilena adalah senyawa alkena paling sederhana yang terdiri dari empat atom hidrogen dan dua atom karbon yang terhubung oleh suatu ikatan rangkap. Karena ikatan rangkap ini, etena disebut pula hidrokarbon tak jenuh atau olefin. Etena digunakan terutama sebagai senyawa antara pada produksi senyawa kimia lain seperti plastik (polietilena).



Sumber : dosenpendidikan.co.id

Gambar 2.2 Struktur Etena/Etilena

Tabel 2.2 Sifat Fisika Etena

Rumus kimia	C ₂ H ₄
Massa molar	28.05 g/mol
Densitas	1.178 kg/m ³ pada 15 °C, gas
Titik lebur	-169,2 °C
Titik didih	-103,7 °C

Sumber : *gestis.com*

Etanol dapat diperoleh dari berbagai cara, yakni hidrasi etilen, fermentasi glukosa atau sebagai hasil samping dari kegiatan industri. Namun, kadar etanol yang dihasilkan dari proses ini belum memenuhi syarat sebagai bahan bakar kendaraan bermotor, yakni 99,5% sehingga diperlukan suatu proses untuk meningkatkan kemurnian etanol tersebut. Masalah yang timbul pada proses pemurnian ini adalah etanol akan membentuk azeotrop dengan air pada temperatur 78,15°C pada konsentrasi 95,6% berat (97,2% volume) sehingga tidak dapat dipisahkan melalui proses distilasi biasa (Bisowarno dkk., 2010).

Alkohol absolut tidak mengandung air dan hanya mempunyai gravitas spesifik 0,7938 pada suhu 15,55°C. Alkohol absolut C₂H₅OH sebagai contoh 100% etanol adalah etanol *anhydrous* murni. Alkohol absolut mempunyai titik didih 78,3°C. Alkohol absolut berbau tajam namun menyegarkan dan memiliki rasa yang tajam dan panas. Komposisi dasarnya berupa karbon 52,32, oksigen 34,38, dan hidrogen 13,30. Alkohol absolut didapat dari alkohol 95% dengan menggunakan azeotrop tersier. Campuran 95% etanol dan benzene merupakan azeotrop biner yang didistilasi terlebih dahulu, azeotrop tersier yang akan didistilasi terlebih dahulu, diikuti dengan azeotrop biner, dan fraksi akhir adalah dengan titik didih 78,3°C adalah alkohol absolute (Paramitha, 2015)

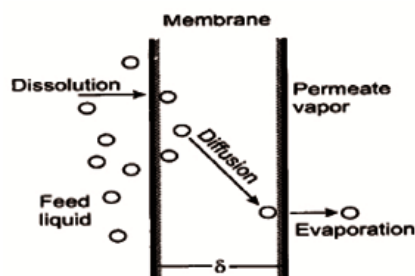
Sebelum dapat digunakan sebagai bahan bakar, proses pemisahan dan pemurnian bioetanol (dehidrasi) merupakan salah satu langkah penting yang harus dilalui (Uragami, 2005). Teknologi yang telah banyak digunakan pada tahap ini adalah distilasi konvensional, namun etanol yang dihasilkan kemurniannya maksimal hanya mencapai 95% karena terbentuknya campuran azeotrop antara etanol dan air (Widodo dkk., 2004; Uragami, 2005).

Beberapa metode telah diusulkan untuk pemisahan campuran azeotrop etanol-air guna mendapatkan etanol dengan kemurnian mendekati 100%. Distilasi ekstraksi dan distilasi absorben merupakan metode yang banyak dikenal, kedua teknik tersebut telah terbukti mampu memisahkan campuran azeotrop, tetapi prosesnya kurang kompetitif karena sangat kompleks dan memerlukan penambahan zat kimia (Kozaric dkk., 1987).

2.2 Teknologi Pervaporasi

Pervaporasi berasal dari kata permeasi dan vaporasi. Permeasi adalah perpindahan massa penetran dari satu sisi ke sisi lain dari membran yang digunakan sebagai pervaporasi. Vaporasi adalah perubahan fase cair penetran menjadi fasa uap. Sehingga pervaporasi dapat diartikan sebagai pemisahan senyawa berfase cair yang dilewatkan pada membran di mana terjadi perubahan fasa menjadi fasa uap; sisi umpan berupa cairan sedangkan sisi permeat berupa uap sebagai akibat diaplikasikannya tekanan yang sangat rendah (0,5 mbar) pada bagian hilir (Nasrun, 2004)

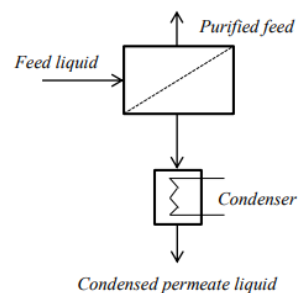
Pervaporasi adalah salah satu teknik pemisahan yang berbasis membran dan banyak diaplikasikan dalam pemerosesan makanan. Karena pervaporasi didasarkan pada difusi larutan, proses ini dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah pemisahan yang tidak dapat dilakukan secara tradisional, yaitu pemisahan berbasis kesetimbangan. Beberapa contoh aplikasi yang potensial dalam proses industri diantaranya pemurnian dan pemekatan senyawa aromatik, dealkoholisasi pada makanan, dan dewatering dari campuran azeotrop (Rangkuti, 2016).



Sumber: *nanosmartfilter.com*

Gambar 2.3 Proses Pervaporasi Pemurnian dengan Membran

Pervaporasi adalah proses berbasis membran di mana aliran umpan yang berupa cairan murni atau campuran cairan kontak dengan membran di sisi umpan pada tekanan atmosferik sedangkan aliran permeat diambil sebagai uap karena tekanan uap pada sisi permeat lebih rendah. Campuran umpan cair bersentuhan dengan salah satu sisi membran dan permeat diambil sebagai uap dari sisi lainnya. Perpindahan melalui membran diinduksi oleh perbedaan tekanan uap antara larutan umpan dan uap permeat. Perbedaan tekanan uap ini dapat dijaga dalam beberapa cara. Pada skala laboratorium, pompa vakum biasanya digunakan untuk menciptakan kondisi vakum di sisi permeat sistem. Pada skala industri, vakum permeat paling ekonomis dicapai dengan mendinginkan uap. Perpindahan melalui membran diinduksi oleh perbedaan tekanan uap antara larutan umpan dan uap permeat. Perbedaan tekanan uap ini dapat dijaga dalam beberapa cara. Pada skala laboratorium, pompa vakum biasanya digunakan untuk menciptakan kondisi vakum di sisi permeat sistem. Pada skala industri, vakum permeat paling ekonomis dicapai dengan mendinginkan uap permeat hingga terkondensasi; kondensasi secara spontan menciptakan vakum parsial (Wenten et al., 2012).



Sumber: (Wenten et al., 2012)

Gambar 2.4 Skema Proses Pervaporasi

Pervaporasi dikenal sebagai suatu teknik pemisahan dalam umpan berupa cairan berdasarkan kemudahan menguapnya sebagian zat melalui membran permselective yang tidak berpori. Hasil dari pervaporasi adalah uap dari permeat dan cairan induk. Penguapan sebagian zat melalui membran menjadi dasar pemisahan dari pervaporasi. Perbedaan tekanan uap pada prinsipnya dapat terjadi oleh satu atau dua perbedaan variabel, salah satu cara adalah menurunkan tekanan total permeat pada membran dengan menggunakan rangkaian sistem kondensor dan

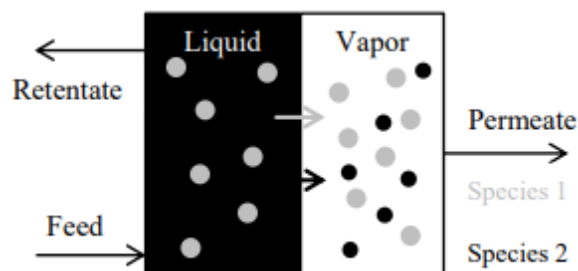
vakum, atau dengan mengalirkan gas *inert* pada permeat. Dua tipe proses yang dikenal adalah *vacuum pervaporation* dan *sweep gas pervaporation*, *vacuum pervaporation* lebih sering digunakan. Dalam kedua cara tersebut uap permeat diubah menjadi cairan dengan menggunakan kondensor (Rangkuti, 2016).

Menurut (Wenten, 2014), keuntungan dari pervaporasi antara lain :

- a. Tanpa tambahan entrainer dan tanpa kontaminasi
- b. Konsumsi energi rendah
- c. Selektivitas tinggi
- d. Ramah lingkungan
- e. Mudah dioperasikan
- f. Hemat tempat dan biaya instalasi relatif murah

Pervaporasi dapat dianggap sebagai proses alternatif yang menjanjikan karena ekonomis, aman, dan ramah lingkungan sehingga dapat disebut sebagai teknologi bersih. Keunggulan-keunggulan yang ditawarkan oleh teknologi pervaporasi diharapkan dapat menggantikan berbagai jenis proses konvensional dengan konsumsi energi yang relatif besar (*energy intensive*) seperti distilasi ekstraktif atau distilasi azeotropik (Wenten, 2016).

Pervaporasi banyak diaplikasikan untuk pemisahan campuran air dan etanol. Pervaporasi juga banyak digunakan untuk memisahkan campuran metanol dan methyl-tert-butyl ether (MTBE) yang merupakan campuran azeotropik yang sulit dipisahkan menggunakan metode distilasi (Wenten, 2015)



Sumber: (Wenten et al., 2012)

Gambar 2.5 Mekanisme Proses Pervaporasi

Pervaporasi banyak digunakan untuk dehidrasi pelarut, yaitu memisahkan sejumlah kecil air yang terkandung di dalam pelarut. Aplikasi terpenting dari

proses pervaporasi adalah dehidrasi campuran etanol dengan air. Umpan etanol pada umumnya mengandung 10% air. Pervaporasi memisahkan air sebagai spesi permeat, menghasilkan retentat berupa etanol murni dengan kandungan air kurang dari 1% (Baker, 2012)

Prinsip dari proses pervaporasi yaitu larutan campuran dipanaskan pada temperatur tertinggi sesuai dengan sifat stabilitas membran dan materi yang ingin dipisahkan dalam sistem. Semua tekanan uap parsial dari komposisi campuran telah jenuh dan tetap pada temperatur ini. Di sisi permeat semua gas *noncondensable* dikeluarkan dengan cara pompa vakum, dan uap meresap dikondensasikan pada suhu yang cukup rendah dalam rangka untuk mempertahankan tekanan uap yang cukup rendah di sisi permeat. Sebagai campuran umpan cair mengalir di atas membran dan komponen yang lebih permeabel dihilangkan dan konsentrasi diturunkan, panas untuk penguapan permeat melewati membran juga diturunkan. Satu-satunya sumber untuk penguapan entalpi ini adalah panas yang masuk dari cairan. Dengan demikian penurunan konsentrasi dan suhu terjadi antara pintu masuk dan keluarnya umpan pada membran (PT.Tirta Abadi Gemilang Jakarta, 2015).

2.3 Membran Poliamida

Banyak industri kimia terus-menerus mengembangkan teknologi pemrosesan guna meningkatkan performa produksi dan juga meminimalkan biaya produksi. Salah satu teknologi yang banyak dikembangkan dalam proses pemisahan adalah teknologi berbasis membran. Metode pemisahan menggunakan membran memberikan banyak keuntungan jika dibandingkan dengan metode-metode pemisahan konvensional, di antaranya memiliki selektivitas yang tinggi, konsumsi energi rendah, rasio biaya terhadap performa menengah, memiliki desain modular yang rapat, dan sebagainya (Lipnizki et al., 1999) .

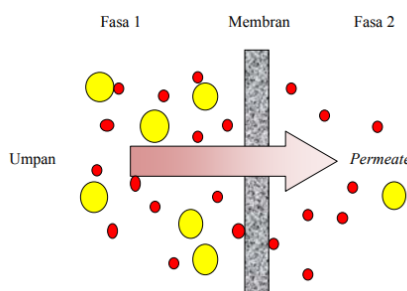
Membran didefinisikan sebagai lapisan tipis yang bersifat selektif (semipermeabel) sebagai pembatas antara dua fasa dan berfungsi mengatur perpindahan komponen pada kedua fasa tersebut. Jika suatu larutan umpan melewati sebuah membran, maka ada komponen dalam umpan yang tertahan oleh

membran (retentate) dan komponen yang melewati membran (permeate) (Mulder, 1996).

Metode sejenis pervaporasi adalah metode destilasi membran, tetapi menggunakan membran berpori. Karenanya, pada penelitian ini dilakukan proses pemurnian etanol dengan metode destilasi membran menggunakan membran berpori. Membran berpori merupakan lapisan tipis semipermeabel yang memisahkan suatu campuran berdasarkan ukuran molekul yang akan dipisahkan (Banat & Simandl, 1999).

Kinerja membran untuk proses PV biasanya dinyatakan dengan fluks permeat (permeabilitas) dan faktor pemisahan (selektivitas). Kualitas pemisahan akan semakin baik dengan meningkatnya selektivitas, sedangkan peningkatan selektivitas umumnya berbanding terbalik dengan fluks yang dihasilkan sehingga diperlukan suatu optimasi (Keane et al., 2007)

Membran sintesis adalah membran yang dibuat dari material tertentu. Contoh membran sintesis adalah poliamida, polisulfon dan polikarbonat (Widayanti, 2013). Membran sintesis dibagi menjadi dua yaitu membran organik seperti polimer dan membran anorganik seperti keramik. Membran poliamida (PA) merupakan salah satu membran nanofiltrasi yang tersedia secara komersial.



Sumber: Mulder, 1996

Gambar 2.6 Skema Sistem Dua Fasa yang Dipisahkan oleh Membran

Poliamida merupakan jenis membran yang telah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi. Membran ini memiliki ketahanan yang baik terhadap temperatur tinggi (Mulder, 1996). Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh (Kedang, 2018), poliamida merupakan salah satu matriks utama dalam polimer yang dibuat dari poli eter sulfon yang dicoating dengan piperzine dan 1,3,5-

benzotrikarbonil triklorida (TMC) sebagai stabilizer. Membran poliamida memiliki gugus klorin, amida, dan karboksil menyebabkan mudah untuk dimodifikasi. Poliamida mempunyai fluks air yang lebih tinggi dan rejection terhadap garam yang lebih rendah daripada membran selulosa asetat. Membran poliamida stabil pada rentang pH yang lebih luas daripada selulosa asetat membran. Namun, membran poliamida rentan terhadap degradasi oksidatif oleh klorin bebas. Membran yang digunakan pada penelitian ini adalah membran berpori bersifat hidrofilik yaitu membran poliamida



Sumber: *Indonesian.alibaba.com*

Gambar 2.7 Membran Poliamida

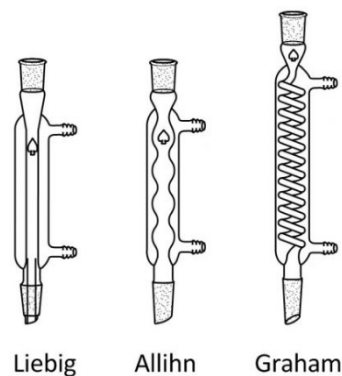
2.4 Vacuum Pump

Vacuum pump (pompa vakum) terdiri atas tiga jenis, diantaranya *low vacuum*, *medium vacuum*, dan *high vacuum*. *Low vacuum* memiliki rentang 20-50 mmHg dan bisa digunakan dalam proses *rotary evaporation*, filtrasi vakum, dan distilasi. *Medium vacuum* berkisar 5-15 mmHg dengan memiliki fungsi yang hampir sama dengan pompa berjenis *low vacuum*, seperti evaporasi dan distilasi untuk larutan yang lebih sulit menguap. *High vacuum* bertekanan dibawah 1 mmHg dan digunakan untuk menyerap atau menghilangkan *solvent* atau *moisture* dari sebagian kecil bahan yang didistilasi atau dievaporasi dan untuk didistilasi dari sebuah minyak yang mendidih.

2.5 Kondensor

Kondensor adalah alat gelas yang digunakan untuk mendinginkan uap panas dalam beberapa metode kimia menjadi zat cair. Kondensor dapat pula diartikan

sebagai alat penukar kalor yang berfungsi untuk mengkondensasikan fluida. Prinsip kerja dari kondensor ialah dengan menurunkan suhu uap secara drastis. Setiap kondensor akan memiliki sistem pendinginan menggunakan aliran air. Oleh karena itu, dalam menggunakan kondensor kita membutuhkan pompa air untuk membuat aliran air dalam kondensor terus berjalan. Aliran air ini memiliki fungsi untuk menurunkan suhu dalam kondensor sehingga uap yang memiliki suhu tinggi akan berubah menjadi fasa cair ketika menyentuh permukaan kondensor yang memiliki suhu sangat rendah. Kondensor pada laboratorium umumnya terdiri dari tiga jenis, diantaranya kondensor Liebig, kondensor Allihn, dan kondensor Graham. Kondensor Liebig atau kondensor lurus yang merupakan bentuk kondensor yang paling dasar dan paling banyak digunakan. Kondensor jenis ini umumnya digunakan dalam proses destilasi sederhana dalam pemisahan zat yang memiliki perbedaan titik didih cukup jauh. Kondensor ini mengalirkan air pendingin pada sekeliling pipa yang mengalirkan uap. Kondensor Liebig menjadi kondensor yang paling sederhana jika dibandingkan dengan jenis kondensor lainnya.



Sumber: Indonesian.alibaba.com

Gambar 2.8 Jenis-jenis Kondensor

Kondensor Allihn atau juga dikenal dengan kondensor bola adalah jenis kondensor yang memiliki bentuk seperti bola pada bagian pipa pengalir uap didalamnya. Kondensor bola sering digunakan dalam proses refluks yang membutuhkan proses kondensasi dengan cepat. Fungsi bentuk bola pada bagian dalam kondensor ini adalah meningkatkan luas permukaan kondensor sehingga akan lebih banyak bagian uap yang mengalami kontak dengan permukaan

kondensor tersebut dan membuat proses kondensasi berjalan lebih cepat. Kondensor jenis ini tidak digunakan dalam proses destilasi karena bentuk bola akan menghambat laju aliran zat yang telah terkondensasi pada saat destilasi karena posisi yang horizontal, sedangkan untuk refluks kondensor akan diposisikan secara vertikal sehingga tidak akan ada hambatan untuk zat terkondensasi saat kembali ke bagian bawah. Jenis kondensor lainnya adalah kondensor Graham atau juga dikenal dengan kondensor koil. Kondensor jenis ini memiliki bagian pengalir uap dalam kondensor yang berbentuk spiral. Bentuk ini memungkinkan terjadinya proses kondensasi yang lebih optimal karena luas permukaan besar. Kondensor graham umumnya digunakan dalam proses destilasi yang lebih lanjut untuk memperoleh hasil kondensasi yang lebih optimal dibandingkan dengan kondensor Liebig, namun kondensor graham tidak diperuntukkan dalam penggunaan refluks mengingat bentuknya yang spiral dan sempit.