

ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS MEMBRAN DALAM PERVAPORASI ETANOL-AIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE STATISTICAL QUALITY CONTROL

Miftahul Djana¹, Rizka Mayasari²

^{1,2}Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Muhammadiyah University Palembang, Jl. Jendral A Yani 13 Ulu Palembang 30263
miftadjana@gmail.com

ABSTRACT

Pervaporation is an alternative separation process using membrane which allows separations of organic mixtures and dehydrates organic solvents with low energy consumption. The purpose of this experiment is to analyze the influence of operating parameters such as feed temperature, times, variation of feed ethanol water mixtures, variation of membranes on pervaporation performance shown by the flux and selectivity by using ceramic membranes with variation of diatomaceous earth and clay as separation. Pervaporation process performance is determined from permeate selectivity and flux. Increase of permeate selectivity and flux means also increasing performance of pervaporation. However, increasing product flux may contribute on decreasing selectivity. The research consists of membrane preparation, pervaporation process, and optimization. Feed of this research are ethanol-water mixture with temperature varying between 40-60°C and downstream pressure 0.5 mbar. Ceramic membrane is used and modification with 30,60,90% of diatomaceous earth. From the results, the membranes have successfully improved the flux of this research. The results showed that the operating conditions of 0,5mbar pressure of permeate, the variation in temperatures of 40°C, 50°C and °, th variation of membranes and times produces the flux increases and selectivity decreases. In these conditions the maximum temperature, 60°C gives the flux of 0,1945 l/m².hr and the selectivity of 1,7198. In these conditions produce fuel grade ethanol with purity levels reached 98% from 95% ethanol feed. The test results indicated the mean value of $t = 31.400 > t_{table} = 2.00$ and $sig. = 0,000 < \alpha = 0.05$, thus the average (mean) of 1.806 insignificant. Thus the hypothesis that the level of damage membrane of the product significantly affect the process production is not proven.

Keyword : Pervaporation, diatomaceous earth, clay, flux, selectivity, statistical

I. PENDAHULUAN

Etanol merupakan salah satu senyawa kimia turunan alkohol (etil alkohol) yang tidak terdapat secara bebas di alam, namun banyak digunakan dalam berbagai bidang industri. Kebutuhan etanol sangat tinggi, karena etanol memiliki banyak manfaat seperti sebagai pelarut, cat, pembersih, antiseptik, bahan baku pembuatan senyawa lain, desinfektan, dan bahan bakar. Etanol merupakan salah satu sumber energi alternatif yang sekarang ini banyak dilirik karena mempunyai beberapa kelebihan, yaitu karena sifat etanol yang dapat diperbarui dan ramah lingkungan karena emisi CO₂ nya rendah.

Pada umumnya proses yang biasa dilakukan untuk memurnikan etanol adalah proses destilasi yang memanfaatkan perbedaan titik didih dari senyawa penyusunnya. Namun proses pemisahan ini memiliki kekurangan

yaitu memerlukan energi panas untuk mendidihkan salah satu komponen yang memiliki titik didih lebih rendah. Hal ini tentunya kurang efisien untuk memenuhi kebutuhan industri yang sangat besar. Selain itu, larutan etanol tersebut akan membentuk senyawa azeotrop. Dimana larutan azeotrop ini akan sangat sulit dipisahkan dengan metode destilasi biasa.

Untuk memisahkan suatu senyawa zat kimia tentunya banyak hal yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan prosesnya seperti kelayakan teknis dan kelayakan ekonomis. Faktor ini mencakup tingkat separasi, nilai ekonomi produk, kualitas produk, sifat bahan dan produk, jenis pengotor, konsumsi energi, dan kondisi lokasi, lingkungan dan kebijakan.

Salah satu proses pemisahan yang mulai banyak diminati oleh pihak industri

sebagai alternatif dari destilasi adalah pemisahan dengan teknologi membran. Untuk banyak kasus, teknologi ini memberikan keuntungan ekonomis yang lebih baik, terutama karena lebih rendah biaya instalasi dan operasinya, serta tidak menimbulkan pencemaran lingkungan (Wahyuni, 2012). Mengingat pemisahan etanol-air akan membentuk larutan azeotrop jika dipisahkan dengan prinsip kesetimbangan uap-cair maka digunakan membran dengan prinsip pervaporasi yang pemisahannya berdasarkan difusitas dan selektifitas membran terhadap larutan yang akan dipisahkan.

Membran yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah membran keramik yang berbahan dasar tanah liat dikombinasikan dengan tanah diatom. Di Indonesia sendiri kaya akan sumber daya alam tanah diatom. Menurut sifatnya, tanah diatom dikenal sebagai bahan alam yang memiliki sifat khusus seperti berpori kecil, massa jenis rendah, mempunyai daya serap air tinggi dan tidak mudah larut dalam asam. Oleh karena sifatnya itulah tanah diatom sering dimanfaatkan sebagai bahan penyaring (filter), pengisi (filler), isolasi, pendukung, katalis, dan adsorben (Nuryono, 2003).

Namun untuk mengurangi persentase cacat pada kualitas membran keramik yang digunakan, maka diperlukan metode dalam pengendalian kualitas dengan alat bantu statistik. Pemilihan metode Statistical Quality Control (SQC) dapat digunakan sebagai alat *detection* bila terjadi kerusakan dan terjadinya cacat pada membran yang digunakan. Selain pengecekan kualitas, metode ini dapat mengevaluasi kinerja proses produksi untuk memperbaiki produktifitas, waktu yang lebih efisien sehingga tercapainya kepuasan pelanggan dalam hal kualitas dan efisiensi pengeluaran.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka pada penelitian ini akan dilakukan analisis pengendalian kualitas membran dalam pervaporasi etanol-air dengan menggunakan metode Statistical Quality Control.

Penelitian ini bertujuan untuk memurnikan kadar etanol dengan menggunakan alat pervaporasi dan membran keramik dengan variasi temperatur, komposisi membran, campuran etanol-air, dan waktu serta menganalisa cara peningkatan kualitas membran dengan suatu aplikasi.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan alternatif yang lebih efisien dan simple untuk mendapatkan kadar etanol yang lebih murni, meminimalkan biaya dan waktu, mendapatkan alternatif alat yang lebih efisien dibandingkan dengan distilasi. Dalam cakupan ilmu pengetahuan diperoleh hasil analisis produk pemurnian etanol dan cara peningkatan kualitas membran dengan aplikasi SPSS.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Membran merupakan salah satu alat pemisahan berupa penghalang yang bersifat selektif yang dapat memisahkan dua fase dari berbagai campuran. Campuran tersebut dapat bersifat homogen atau heterogen dan dapat berupa padatan, cairan maupun gas. Proses pemisahan dengan membran terjadi karena adanya *driving force* yang mengakibatkan adanya perpindahan suatu zat melalui membran (Asip dan Okta, 2013).

Teknologi membran memiliki banyak keunggulan jika dibandingkan dengan teknologi pemisahan yang lain yaitu tidak perlukannya zat kimia tambahan dalam prosesnya, proses pemisahan dapat dilakukan secara kontinyu, temperatur operasional dan konsumsi energi rendah, non-destruktif atau tidak merusak umpan yang dipisahkan, teknologi yang steril sehingga tidak menimbulkan masalah polusi, material membran bervariasi sehingga mudah diadaptasikan sesuai kebutuhan, mudah dalam *scale up*, mudah digabungkan dengan proses pemisahan lainnya (*hybrid processing*). Kekurangan teknologi membran adalah biasanya selektifitas akan berbanding terbalik dengan fluks. Semakin tinggi selektivitas biasanya fluks akan menurun. Sedangkan dalam proses pervaporasi diharapkan selektifitas dan fluks berbanding lurus.

Salah satu proses dalam teknologi membran adalah pervaporasi. Pervaporasi berasal dari kata permeasi dan vaporasi. Permeasi adalah perpindahan massa penatran dari satu sisi ke sisi lain dari membran yang digunakan sebagai pervaporasi. Vaporasi adalah perubahan fase cair penatran menjadi fasa uap. Sehingga pervaporasi dapat diartikan sebagai pemisahan senyawa berfasa 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).

Menurut Shao dan Huang dalam Sari (2011) pervaporasi dapat diaplikasikan untuk dehidrasi pelarut organik (seperti alkohol, eter, ester dan asam) dan penghilangan komponen larutan organik dari air. Metode ini banyak dilakukan untuk pemisahan senyawa azeotrop yang memiliki titik didih hampir berdekatan. Pada proses pervaporasi, larutan akan bersentuhan dengan membran dan salah satu komponen dari larutan tersebut akan melewati membran sebagai titik-titik uap. Uap komponen yang lebih mudah terserap akan didinginkan melalui kondensor dan digerakkan vakum (Sari, 2011).

Jika dibandingkan dengan destilasi, proses pervaporasi ini memiliki beberapa keunggulan yaitu dapat memisahkan larutan yang komponennya memiliki titik didih dan berat molekul yang berdekatan, mampu memisahkan larutan azeotrop yang tidak dapat dipisahkan dengan proses destilasi biasa, tidak memerlukan zat aditif, biaya dan energi yang lebih rendah dan bebas dari polusi.

Mekanisme proses pemisahan pervaporasi pada campuran etanol-air dengan membran kompak (*dense membran*) berlangsung dalam tiga tahap, yaitu:

- 1) Penyerapan selektif salah satu komponen umpan oleh membran
Sorpsi selektif umpan pada membran dipengaruhi oleh afinitas antara penetrasi dengan membran. Interaksi ini dinyatakan dengan kelarutan (*solubility*).
- 2) Difusi selektif melalui membran
Penetrasi mengalami difusi melalui membran. Laju difusi penetrasi ditentukan oleh perbedaan tekanan parsial komponen-komponen senyawa pada kedua sisi membran.
- 3) Desorpsi ke fase gas pada sisi permeat
Penetrasi keluar dari membran dalam fase uap karena tekanan pada sisi permeat jauh lebih rendah daripada tekanan uap permeat.

- Kinerja Membran

Kemampuan membran dalam memisahkan senyawa kimia dapat diketahui dari selektivitas dan fluksnya. Dengan menghitung selektivitas dan fluksnya akan

diketahui efisiensi kerja dari membran tersebut.

1) Fluks

Fluks adalah volume yang melewati membran persatuan luas dalam satuan waktu. Fluks dapat dinyatakan dengan

$$J = \frac{V}{A \times t} \quad (1)$$

Keterangan: J = nilai fluks
V = volume permeat
A = luas membran (m²)
t = waktu

2) Selektivitas

Selektivitas menyatakan kemampuan membran untuk melewatkan suatu komponen senyawa terhadap komponen lain. Selektivitas dinyatakan dengan:

$$\alpha = \frac{\left(\frac{Y_W}{Y_A}\right)}{\left(\frac{X_W}{X_A}\right)} \quad (2)$$

Keterangan:

A = selektivitas pemisahan
Y_W = konsentrasi air dalam permeat (%)
Y_A = konsentrasi etanol dalam permeat (%)
X_W = konsentrasi air dalam umpan (%)
X_A = konsentrasi etanol dalam umpan (%)

- Membran Keramik

Keramik merupakan senyawa yang terbentuk melalui panas atau kombinasi panas dan tekanan yang setidaknya tersusun dari dua unsur yaitu salah satu unsurnya berupa padatan non logam dan salah satu lainnya berupa logam atau non logam lainnya (Sunaryo, 2010). Contoh membran keramik adalah membran alumina atau zirkonia. Membran keramik menghasilkan muatan listrik yang berasal dari oksida logam sehingga permukaan material keramik lebih kuat. Dalam penelitian Brown, dkk (Sunaryo, 2010) yang menggunakan teknologi membran dalam penelitiannya untuk meningkatkan kualitas air minum membuktikan bahwasanya penggunaan membran keramik mampu memisahkan bakteri patogen dan menurunkan turbiditas.

Tanah liat banyak digunakan sebagai bahan pembuat membran keramik karena memiliki sifat paling stabil dan tahan erosi. Untuk dapat dijadikan membran keramik tanah liat harus memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Sifat plastis

Sifat plastis diperlukan sebagai pengikat sehingga ketika tanah liat

dibentuk tidak akan mengalami keretakan, pecah atau berubah bentuk ketika dalam proses pembentukan.

2. Kemampuan bentuk
Tanah liat harus memiliki kualitas penopang yang baik sehingga mampu berfungsi sebagai penyangga ketika proses pembentukan berlangsung.
3. Susut kering dan susut bakar
Tanah liat diharapkan tidak memiliki presentasi penyusutan diatas 15%, karena akan beresiko retak atau pecah ketika proses pembentukan karena sifatnya yang terlalu plastis.
4. Suhu kematangan (vitriifikasi)
Suhu kematangan adalah suhu dimana keramik telah matang secara sempurna tanpa mengalami perubahan bentuk.
5. Porositas
Membran keramik yang bagus adalah membran yang memiliki porositas yang tinggi yang tentunya akan meningkatkan fluks membran, namun tanpa menurunkan kekuatan mekanik membran tersebut.

Tanah diatom merupakan salah satu bahan penyerap yang tersedia di alam. Koloni diatomakan berkembang baik apabila di tempat itu terdapat batuan piroklastik (mengandung banyak SiO_2). Tanah diatom dengan rumus kimia ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) adalah batuan sedimen silika yang terutama terdiri dari sisa kerangka fosil tumbuhan air, ganggang yang bersel tunggal. Komposisi kimia diatom terdiri dari 86% silika, 5% natrium, 3% magnesium dan 2% besi (Rahmah dkk., 2011). Jenis dan jumlah unsur yang terkandung (pengotor) dalam tanah diatom ini tergantung dari tempat asalnya.

Sifat-sifat tanah diatom:

1. Kekerasan : 1-5 Skala Mohs
2. Berat Jenis : 2,1-2,2 (kecuali yang murni sekitar 0,13-0,45)
3. Titik Cair : 1,610-1,750 °C
4. Indeks Bias : 1,44-1,46
5. Warna : putih, abu-abu, kadang dapat berwarna lain seperti jingga kemerah-merahan, kekuning-kuningan (tergantung polusinya)
6. Daya Serap : tinggi
7. Sangat berpori
8. Mudah pecah
9. Mempunyai daya penahan suhu (Samosir, A. 2009)

Tanah diatom biasa digunakan sebagai penyerap dalam industri *dry cleaning*, farmasi, minuman (bir, anggur, *liquor*), air nira, air kolam renang; *filler* dan *extender* untuk cat; pencegah pengerasan/isolasi panas; *carrier* untuk katalisator; bahan pembantu kromatograf; *extender* untuk pemoles, abrasif dan pestisida (Rahmah dkk., 2011).

Menurut Samosir (2009), tanah diatom sering dimanfaatkan sebagai bahan penyaring dan bahan pemutih, bahan isolasi panas dan bunyi, bahan pengisi, bahan penyerap dan pembawa, bahan gosok, bahan pendukung dan pembawa katalis seperti dalam proses hidrogenasi dan Fischer-tropsch, campuran bahan bangunan, sumber silika, hidroponik, sebagai pestisida non toksik dan sebagai adsorben.

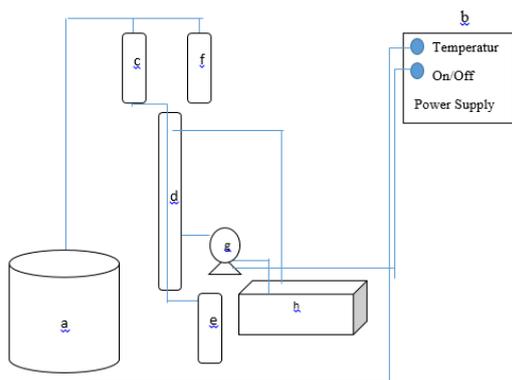
Statistik merupakan teknik pengambilan keputusan pada suatu analisa informasi yang terkandung dalam suatu sampel dari populasi. Metode statistik memegang peranan penting dalam jaminan kualitas. Metode statistik memberikan cara-cara pokok dalam pengambilan sampel produk, pengujian serta evaluasi dan informasi di dalam data yang digunakan untuk mengendalikan dan meningkatkan proses pembuatan.

Pengendalian kualitas merupakan aktivitas teknik dan manajemen dimana mengukur karakteristik kualitas dari produk atau jasa, kemudian membandingkan hasil pengukuran itu dengan spesifikasi produk yang diinginkan serta mengambil tindakan peningkatan yang tepat apabila ditemukan perbedaan kinerja aktual dan standar. Pengendalian kualitas produksi dapat dilakukan dengan berbagai cara, misalnya dengan penggunaan bahan/material yang bagus, penggunaan mesin-mesin/peralatan yang memadai, tenaga kerja yang terampil dan proses produksi yang tepat.

Pengendalian kualitas statistik (*Statistical Quality Control*) adalah teknik yang digunakan untuk mengendalikan dan mengelola proses baik manufaktur maupun jasa menggunakan metode statistik. Pengendalian kualitas statistik merupakan teknik penyelesaian masalah yang digunakan untuk memonitor, mengendalikan, menganalisis, mengelola dan memperbaiki produk dan proses menggunakan metode-metode statistik.

III. METODE PENELITIAN

1. Siapkan rangkaian alat (Gambar 3.1.) dan bahan yang digunakan.



Gambar 1. Rangkaian alat proses pervaporasi

Keterangan:

- a. Tangki umpan etanol
- b. Penyuplai panas dari listrik
- c. Housing membran yang berisi membran dengan luas 0,5 m²
- d. Kondensor
- e. Tangki permeat
- f. Tangki retentat
- g. Pompa vakum
- h. Tangki air pendingin

1. Masukkan larutan etanol kedalam tangki penyimpanan dengan volume 2 liter dengan variasi konsentrasi 30%, 50%, 95% secara bergantian.
2. Tutup tangki penyimpan dan pastikan dalam keadaan vakum.
3. Hidupkan pemanas untuk memanaskan umpan dengan variasi temperatur yaitu 40°C, 50°C, 60°C.
4. Setelah suhu yang diinginkan tercapai, hidupkan pompa yang akan mengalirkan umpan menuju membran dan proses pervaporasi berlangsung.
5. Biarkan selama 20 menit kemudian ukur volume hasil permeat yang didapat dan ukur konsentrasinya dengan alkoholmeter dan analisa GC.

Analisis Data

Analisis Data Produk dari Pervaporasi

Untuk mengetahui konsentrasi permeat dan retentat dilakukan pengukuran dengan alat alkoholmeter dan analisa GC. Kemudian untuk menghitung kinerja membran dilakukan

dengan cara menghitung fluks dan selektivitasnya.

Dari hasil pengolahan data diatas akan ditampilkan dalam bentuk gambar untuk mengetahui perbandingan konsentrasi dan temperatur terhadap permeat serta gambar fluks dan retentat membran.

Analisis Data Dengan Metode Statistical Quality Control (SQC)

Pada penelitian ini digunakan analisa kualitatif dengan metode SQC dengan tujuan mengendalikan kualitas dari produk pervaporasi etanol-air yang dihasilkan.

- Variabel yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Variabel Bebas
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kadar etanol dan air serta membran yang digunakan dalam pervaporasi
2. Variabel Terikat
Variabel terikat yaitu kualitas dari produk yang dihasilkan.

- Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode SQC, data yang digunakan yaitu

1. Data yang didapatkan dari data yang diukur sebenarnya atau dari data pengamatan langsung terhadap objek penelitian.
2. Mencatat data asli dari penelitian yang dilakukan dengan menghitung normalitas data untuk menguji apakah data yang dikumpulkan berdistribusi normal berdasarkan uji *chi square*.
3. Menghitung hasil rata-rata dan rentang rata-rata dari data yang diperoleh.
4. Mengumpulkan data menggunakan *check sheet* agar memudahkan dalam memahami data tersebut sehingga bisa dilakukan analisis lebih lanjut.
5. Menghitung normalitas data untuk menguji apakah data yang dikumpulkan berdistribusi normal berdasarkan uji *chi square*.
6. Menghitung hasil rata-rata dan rentang rata-rata dari data yang diperoleh.
7. Mencari faktor penyebab yang dominan dengan diagram sebab akibat
8. Analisa hasil penelitian dan hasil pengolahan data.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja membran keramik dengan komposisi tanah liat dan tanah diatom pada pervaporasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kondisi operasi seperti komposisi membran, suhu, dan waktu dengan selektivitas dan fluks total. Dua parameter umumnya digunakan untuk mengkarakterisasi proses pervaporasi, yaitu fluks total dari komponen permeat dan selektivitas membran. Fluks total melalui membran didefinisikan sebagai arus massa total dari semua komponen perembesan melalui membran per satuan luas per satuan waktu. Dalam bab ini dibahas tentang uji coba dan data hasil pervaporasi.

Tabel 1. Data Hasil Pervaporasi (Etanol-Air (30%-70%))

Memb ran	Temp eratur (°C)	Wakt u (Min)	Fluks (L/m ² . min)	Selekt ivitas
Memb ran I	40°C	10	0,1411	1,2665
		20	0,0719	1,7812
		30	0,0502	1,4376
	50°C	10	0,1452	1,4554
		20	0,0760	2,2666
		30	0,0515	1,4996
	60°C	10	0,1561	1,4301
		20	0,0842	2,1404
		30	0,0579	1,2905
Memb ran II	40°C	10	0,1493	1,6875
		20	0,0767	2,1730
		30	0,0515	2,4051
	50°C	10	0,1547	2,0822
		20	0,0787	2,7796
		30	0,0538	2,4051
	60°C	10	0,1616	1,2723
		20	0,0856	3,1428
		30	0,0584	0,8809
Memb ran III	40°C	10	0,1520	2,3056
		20	0,0801	2,9125
		30	0,0547	2,25
	50°C	10	0,1616	3,0871
		20	0,0828	4,4523
		30	0,0575	1,6689
	60°C	10	0,1684	2,9006
		20	0,0876	6,1775
		30	0,0593	1,2253

Tabel 2. Data Hasil Pervaporasi (Etanol-Air (50%-50%))

Komposisi Membran	Tempe ratur (°C)	Ti me (M in)	Fluks (L/m ² . min)	Selekt ivitas
Membran I	40°C	10	0,1506	1,2216
		20	0,0780	1,8333
		30	0,0547	1,5561
	50°C	10	0,1574	1,8361
		20	0,0821	2,1670
		30	0,0570	2,0810
	60°C	10	0,1602	1,8573
		20	0,0849	1,9506
		30	0,0575	1,5144
Membran II	40°C	10	0,1534	1,9091
		20	0,0801	2,2533
		30	0,0552	2,9762
	50°C	10	0,1547	2,2531
		20	0,0821	2,4550
		30	0,0570	3,0454
	60°C	10	0,1602	2,3565
		20	0,0828	2,2691
		30	0,0589	2,125
Membran III	40°C	10	0,1575	2,5519
		20	0,0821	3,4489
		30	0,0552	3,6319
	50°C	10	0,1616	3,1604
		20	0,0828	4,3143
		30	0,0579	4,9707

60°C	10	0,165	2,8168
	7		
	20	0,086	3,2222
	3		
30	0,059	3,3852	
	3		

Table 3. Data Hasil Pervaporasi (Etanol-Air (95%-5%))

Komp osisi Membran	Temperatur (°C)	Waktu (Min)	Fluks (L/m ² .min)	Selektivitas
Membran I	40°C	10	0,1684	1
		20	0,0883	1
		30	0,0611	1,5319
	50°C	10	0,1739	1,2638
		20	0,0904	1,4308
		30	0,0621	1,2766
	60°C	10	0,1794	1
		20	0,0931	2,0869
		30	0,0639	1,4308
Membran II	40°C	10	0,1739	1,2638
		20	0,0890	2,0638
		30	0,0616	1,2638
	50°C	10	0,1794	1,5319
		20	0,0917	2,0638
		30	0,0634	2,8114
	60°C	10	0,1821	1,5315
		20	0,0924	2,0683
		30	0,0639	2,4692
Membran III	40°C	10	0,1808	1,7154
		20	0,0924	2,4332
		30	0,0643	3,6882
	50°C	10	0,1876	1,8064
		20	0,0952	3,6882
		30	0,0662	4,2608
	60°C	10	0,1945	1,7198
		20	0,1013	1,8062
		30	0,0689	4,2607

- Karakteristik Membran

Dalam penelitian ini diamati kinerja membran, temperatur, dan waktu. Variasi komposisi membran keramik seperti tanah diatom 30% dan tanah liat 70%; Tanah diatom 60% dan tanah liat 40%; dan tanah diatom 90% dan tanah liat 10%. Dari penelitian ini, kita dapat menemukan hasil terbaik dengan variasi komposisi, waktu dan suhu membran. Adsorpsi pada permukaan membran dipengaruhi oleh interaksi atau afinitas air dan etanol yang ditembus ke dalam membran.

Interaksi ini dinyatakan dengan parameter kelarutan. (Feng, 1997; Pangarkar 2009; Wee et al., 2008). Percobaan pervaporasi dilakukan dengan menggunakan pompa vakum untuk menghasilkan tekanan hilir yang tersisa sekitar 0,5 mbar.

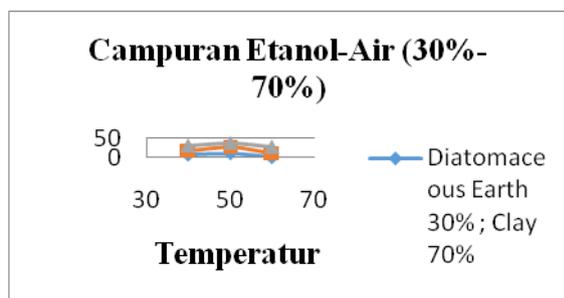
- Pervaporasi Campuran Etanol-Air

1. Pengaruh kondisi operasi pada campuran etanol-air pervaporasi

Kinerja membran khususnya membran untuk proses pervaporasi ditentukan oleh dua parameter, yaitu fluks permeat dan selektivitas. Kedua parameter ini sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi seperti temperatur dan waktu. Dalam proses membran, selektivitas membran menggambarkan kemampuan untuk memisahkan komponen campuran. Parameter ini umumnya berbanding lurus satu sama lain. Tingkat permeasi atau fluks yang lebih besar, selektivitasnya akan lebih kecil. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan eksperimen pervaporasi campuran etanol-air pada berbagai temperatur (40, 50, dan 60°C) dan waktu (10, 20, dan 30 menit). Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi operasi pervaporasi yang akan digunakan dalam pemisahan campuran etanol-air. Campuran umpan menggunakan larutan dengan konsentrasi 30%, 50% dan 95% air ethanol. Luas permukaan aktif membran adalah 4,38 m². Dalam data eksperimen yang diambil dari percobaan ini adalah massa dan konsentrasi etanol dalam permeat. Kinerja pemisahan kedua campuran diteliti berdasarkan nilai fluks (J), pemisahan faktor / selektivitas, dan konsentrasi etanol dalam permeat setelah proses pervaporasi.

2. Pengaruh konsentrasi umpan di permeat

Konsentrasi etanol dapat menurun pada permeat membuktikan bahwa proses pemisahan pada membran terjadi. Dimana pada sisi permeate membran akan melewati kelembaban dan akan menolak etanol. Jadi etanol yang ditolak akan mengalir kembali ke sisi retentate.

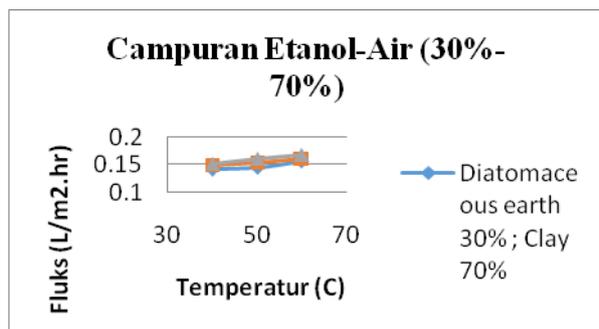


Gambar 2. Pengaruh temperatur terhadap penurunan permeat dengan variasi komposisi membran

Hal ini dapat dilihat dari grafik, penurunan konsentrasi etanol dalam permeat meningkat sampai mencapai 50°C. Setelah kondisi 50°C, maka akan berkurang, dan akan turun pada suhu 60°C. Hal ini bisa terjadi karena pori-pori membran membesar sehingga jumlah molekul yang ikut etanol melewati pori-pori membran.

3. Pengaruh Temperatur

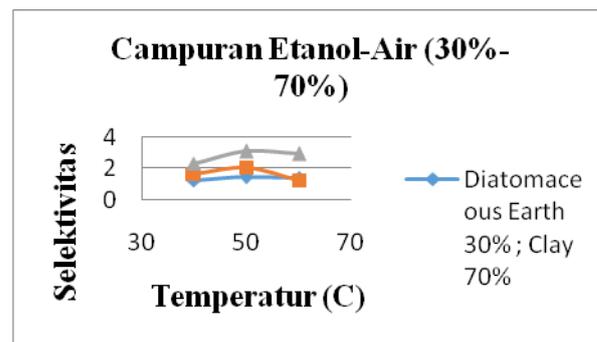
Pengaruh suhu membran terhadap nilai laju permeasi (fluks), pemisahan faktor (α), dan konsentrasi air pada percobaan penguapian permeat larutan uap etanol 30%, 50% dan 95%, akan dibahas pada paragraf ini. Pengaruh suhu pada hasil fluks dan selektivitas untuk berbagai komposisi membran ditunjukkan pada Gambar 5.2 sampai Gambar 5.4.



Gambar 3. Pengaruh temperatur terhadap Fluks dengan variasi komposisi membran pada campuran etanol-air (30%-70%)

Berdasarkan teori volume bebas, molekul penetran bisa berdifusi dari satu tempat ke tempat lain jika ada ruang kosong atau volume bebas yang cukup (Mulder, 1991). Pergerakan panas akan menghasilkan perbesaran volume bebas di dalam membran. Oleh karena itu, laju difusi setiap penetran molekul meningkat pada Temperatur Tinggi dan menghasilkan nilai fluks

permeasi yang tinggi pula (Bakhsi et al., 2006).

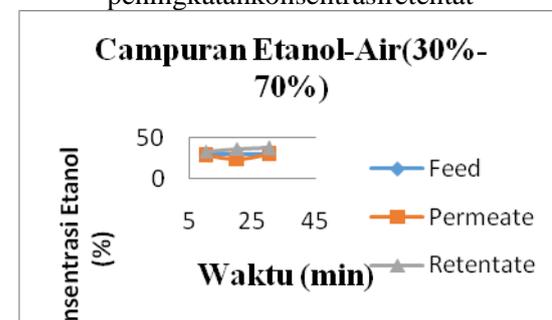


Gambar 4. Pengaruh temperatur terhadap selektivitas pada campuran etanol-air (30%-70%)

Kondisi optimum yang dipilih untuk proses penguapian campuran etanol-air azeotrop adalah kondisi dengan nilai fluks yang tinggi, nilai selektivitas yang juga cukup tinggi. Diketahui bahwa proses perulatan etanol-air pada suhu 60°C diberikan nilai fluks dan selektivitas. Suhu optimum dibandingkan dengan yang lainnya. Hal ini ternyata juga didukung oleh kandungan etanol.

4. Pengaruh Waktu Operasi

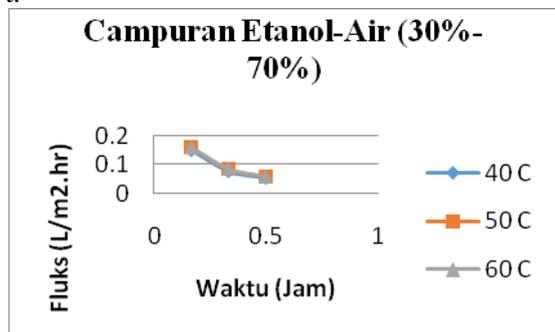
- Efek waktu operasi terhadap konsentrasi etanol
 Waktu operasi akan mempengaruhi nilai konsentrasi. Waktu operasi yang panjang, diperkirakan nilai konsentrasi permeate akan makin kecil, dan terdapat peningkatan konsentrasi retentat



Gambar 5. Pengaruh waktu terhadap konsentrasi etanol pada campuran etanol-air (30%-70%)

Dari grafik di atas, dapat dilihat bahwa nilai konsentrasi permeat turun menjadi nilai konsentrasi pakan dan retensi. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa proses pemisahan campuran air etanol dalam membran telah terjadi.

5. Efek waktu operasi terhadap fluks
 Konsentrasi etanol dalam permeat sebagai fungsi waktu ditunjukkan pada Gambar 5.4. Namun, hasil proses pervaporasi campuran etanol-air tidak memberikan peningkatan yang signifikan dalam konsentrasi etanol dalam permeat.



Gambar 6. Pengaruh waktu terhadap fluks dengan variasi membran dan campuran etanol-air (30%-70%)

Pemisahan campuran etanol-air dengan etanol-air 30% dapat meningkatkan konsentrasi etanol dalam retentate hingga 31%. Variasi komposisi membran berpengaruh terhadap hasil konsentrasi etanol, semakin tinggi hasil konsentrasi etanol di dalam membran dengan variasi tanah diatom 90%; tanah liat 10%. Salah satu hasil penelitian terdapat konsentrasi etanol yang kecil, hal itu disebabkan masih ada molekul air yang bisa menembus membran karena interaksi etanol dengan air di membran. Dengan adanya efek ini menyebabkan nilai fluks etanol meningkat dan selektivitas membran ke air rendah.

Hasil perhitungan kerusakan membran

- Menghitung Hasil Kerusakan Membran
 Hasil check sheet yang telah dilakukan pada proses produksi menunjukkan bahwa :

1. Volume membran pada bulan Januari – Maret 2017 sebanyak 15 unit.
2. Tingkat kerusakan / pecahnya produksi pada membran ini selama mabulan Januari sampai Maret sebanyak 9 unit.

- Data Uji Normalitas
 Uji normalitas juga menggunakan analisis statistik Kolmogorov-Smirnov untuk dijelaskan di bawah ini.
 Hasil yang diperoleh adalah bilangan signifikan (Asymp. Sig.) = 0,592 > α =

0,05 jadi tidak signifikan.
 Kondisi ini mencerminkan data dalam distribusi normal.

- Uji Rata-rata (Mean)
 Uji rata-rata digunakan untuk menguji signifikansi rata-rata sampel data. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai t dengan t tabel dan angka signifikansi (sig.) Dengan studi error rate (A = 0,05). Jika hasilnya signifikan maka rata-rata data sampel mungkin mewakili populasi. Tabel berikut menunjukkan hasil tes yang berartit tingkat kerusakan yang terjadi pada pervaporasi membran.

Kerusakan Membran	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
	31.40	6	.000	1.80645
	0	1		

Tabel di atas menunjukkan bahwa nilai t = 31.400 > t tabel = 2.000, (df = n-1 = 62-1 = 61, α = 0,05, uji dua pihak) dan sig. = 0,000 < α = 0,05, sehingga rata-rata (mean) 1,806 signifikan.

- Analisis Menggunakan Kontrol Peta
 Bagaimanakah kontrol P memiliki manfaat untuk membantu mengendalikan an produksi berkualitas dan memberikan informasi tentang kapandian di mana harus melakukan perbaikan kualitas. Program Statistical Computer Product Service Solution (SPSS) versi 17.0 dapat diperoleh dengan mencetak bentuk grafik. Berdasarkan kontrol peta p dapat dilihat bahwa Garis Pusat (CL) sebesar 0,018 atau 1,80% dan tidak melebihi garis LCL dan UCL. sehingga data yang diperoleh berada dalam batasan kontrol yang telah ditetapkan, dan dapat dikatakan bahwa prosesnya terkontrol. Hal ini menunjukkan tidak terjadi penyimpangan yang signifikan dalam proses produksi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Hasil konsentrasi etanol, fluks dan selektivitas proses pervaporasi dipengaruhi oleh jenis membran, suhu dan waktu operasi. Nilai fluks dan konsentrasi etanol

akan meningkat seiring dengan kenaikan suhu. Hasil terbaik dalam penelitian ini ditunjukkan pada suhu 60°C dengan komposisi membran (90% tanah diatom dan tanah liat 10%) serta konsentrasi etanol 72%.

2. Meningkatkan suhu dan komposisinya menyebabkan pembengkakan pada membran dan hal tersebut memberi efek terhadap fluks dan selektivitas, dimana fluks akan meningkat, namun selektivitasnya menurun.
3. Hasil pengujian menunjukkan nilai rata-rata $t = 31.400 > t \text{ tabel} = 2,00$ dan $\text{sig.} = 0,000 < \alpha = 0,05$, sehingga rata-rata (mean) 1,806 signifikan. Dengan demikian, hipotesis bahwa tingkat kerusakan membran produk berpengaruh secara signifikan terhadap proses produksi tidak terbukti
4. Melalui kegiatan pengendalian mutu dapat mengurangi tingkat kerusakan produksi dan menjaga kualitas produk yang dihasilkan. Dengan demikian hipotesis bahwa penerapan metode SQC dalam mengendalikan kualitas produk dan dapat menekan terjadinya kerusakan produk yang telah terbukti.

Saran

- 1) Dilakukannya penelitian tentang membran dengan bahan baku lain untuk pemisahan larutan organik dan anorganik.
- 2) Dilakukannya penelitian lebih lanjut tentang kemampuan membran keramik berbahan tanah liat dan tanah diatom untuk memisahkan larutan organik lainnya.
- 3) Melakukan perbandingan analisa pengendalian kualitas dengan metode lain

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, R. 2007. *Teknologi Pervaporasi untuk Dehidrasi Etanol Menggunakan Membran Zeolit NaA*. ITB.
- Asip, F. dan Okta, T. 2013. *Adsorpsi H₂S Pada Gas Alam Menggunakan Membran Keramik Dengan Metode Titrasi*

Iodometri. Jurnal Teknik Kimia No. 4, Vol. 19.

- Fessenden, R.J, Fessenden, J.S. 1986. *Kimia Organik Jilid I*. Terjemahan Aloysius Hadyana Pudjaatmaka. Erlangga, Jakarta.
- Nasrun, 2004. *Studi Pemakaian Zeolit untuk Meningkatkan Performansi Membran*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Nuryono, dkk. 2003. *Kajian Kinetika Adsorpsi Krom(III) Pada Tanah Diatom Setelah Perlakuan dengan Asam Sulfat dan Asam Klorida*. Jurnal Indonesian Journal of Chemistry, 3 (1):32-38.
- Rahmah dkk. 2011. *Kapasitas Adsorpsi Tanah Diatomeae (Tanah Diatom) terhadap Ion Kromium (VI)*. Jurnal Jurnal Chemical Vol. 12 Nomor 1 Juni 2011:60 – 66.
- Rarasati, R. dan Puspitasari, R.A. 2010. *Pemodelan Matematik Dehidrasi Bioetanol dengan Membran Pervaporasi*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Samosir, A. 2009. *Pengaruh Tawas dan Diatomea (Tanah Diatom) dalam Proses Pengolahan Air Gambut dengan Metode Elektrokoagulasi*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Sano, Tsuteji. Hiroshi Yanagishita. 1994. *Separation of Ethanol-Water Mixture by Silicate Membran on Pervaporation*. Science and Technology. Japan.
- Sari, M.D. 2011. *Membran Pervaporasi Polistirena Dengan Variasi Penambahan Konsentrasi Pluronic*. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Sunaryo dan Widyawidura, W. *Pengembangan Bahan Membran Keramik Untuk Peningkatan Kualitas Air Minum*. Jurnal Spektra, Volume 10 Nomor 2 Desember 2010
- Sutanto, E dan Ryandadari, D.2014. *Analisis Kualitas Billet Dengan Metode Statistical Process Control (Spc) Pada Pt. Hanil Jaya Steel*.JPTM. Volume 03 Nomor 01 Tahun 2014, 213-221
- Wahyuni, Ika. 2012. *Studi Pemisahan Campuran Azeotrop Etanol-Air dan Isopropil Alkohol-Air Melalui Proses Pervaporasi dengan Membran Thin Film Composite Komersial*. Universitas Indonesia. Depok.