

DESAIN EVAPORATOR DAN PENGUJIAN KONDISI OPERASI OPTIMAL PADA DESAIN PERALATAN

Achmad Faisal Faputri

*Program Studi Teknik Pengolahan Migas, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Akamigas Palembang
Jl. Kebon Jahe, Komperta Plaju, Palembang, Indonesia
Email: achmadfaisal@pap.ac.id*

Abstrak

Alat Evaporator berfungsi untuk memisahkan air dari kandungan etanol, dengan menggunakan pemanas yang berupa uap air atau steam yang mempunyai temperatur tinggi, sehingga mampu mengubah etanol dari fase liquid ke fase gas yang berada di dalam shell pada alat Evaporator. Dalam perancangan alat Evaporator banyak hal penting yang harus diperhatikan, mulai dari pemahaman cara kerja dan fungsi alat Evaporator, perancangan desain, pemilihan material sampai dengan proses perancangan alat Evaporator, hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang optimal dari kerja alat Evaporator. Pengaruh temperatur merupakan aspek penting dalam proses yang terjadi didalam alat Evaporator hal tersebut akan menentukan efektifitas dari Evaporator sehingga mampu memisahkan kandungan air dalam etanol. Kondisi optimum Δt LMTD dari rangkaian peralatan Evaporator yang telah dirancang pada temperatur tube inlet 230 °F dan tube outlet 226,4 °F dan shell inlet 89,6 °F dan shell outlet 176 °F.

Kata kunci : Perpindahan panas dan temperatur.

Abstract

Evaporator tool serves to separate water from ethanol content, using the heater in the form of water vapor or steam has a high temperature, so that can heat the ethanol inside the shell on a Evaporator tool. In designing tool Evaporator many important things that need to be noticed, ranging from understanding the workings and functions of the tool Evaporator, designing, material selection until the evaporator equipment design process, it aims to get the maximum results from the tools work Evaporator. The effect of temperature is an important aspect in the process that occurs within the tool Evaporator that will determine the effectiveness of the evaporator so as to separate the water content in ethanol. The optimum conditions of the circuit Evaporator equipment that it's designed on temperature of 230 °F inlet tube and outlet tube 226.4 °F and 89.6 °F shell inlet and outlet shell 176 °F.

Keywords : heat transfer and temperature.

1. Pendahuluan

Dalam industri perminyakan, banyak terdapat peralatan pemisah komponen seperti *Evaporator*, *Knockout Drum*, *Flash Drum*, *Distilasi* dan lain – lain. Semua peralatan tersebut mempunyai fungsi dan kemampuan untuk memisahkan komponen berdasarkan trayek didih. Agar tidak terjadi pemborosan energi yang digunakan maka diperlukan adanya satu manajemen energi, sehingga energi yang digunakan lebih efisien, tanpa adanya pengurangan kualitas dan kuantitas produk yang diperoleh.

Pada proses pengolahan minyak bumi, fungsi dan peran alat pemisah komponen berdasarkan perbedaan titik didih sangat penting, salah satunya seperti *Evaporator* yang

dirancang untuk memisahkan / memurnikan kandungan etanol dari air. *Evaporator* adalah suatu alat yang digunakan untuk memisahkan dua fasa antara liquid gas dan liquid cair dengan menggunakan media pemanas. Dengan cara memanaskan hingga salah satu komponen menguap pada trayek didihnya, sehingga dapat terpisah dari komponen lainnya. *Evaporator* ini merupakan jenis *vessel* yang menggunakan pemanas *steam* yang digunakan untuk memanaskan dan menguapkan fraksi etanol yang terdapat dalam kandungan air. Bagian *bottom Evaporator* berupa air dan bagian *top evaporator* berupa etanol.

1.1 Proses Pemisahan dalam industri kimia

Pemisahan bahan dalam suatu proses industri pengolahan bahan merupakan metode yang umum digunakan. Pemisahan bahan ini dimanfaatkan untuk memperoleh bahan dengan fraksi atau bentuk dan ukuran yang diinginkan. Adapun metode umum pemisahan bahan yaitu pemisahan dengan cara mekanis dan pemisahan bahan dengan cara kontak keseimbangan bahan. Perbedaan keduanya adalah pada ada tidaknya perubahan fasa bahan setelah dipisahkan. Pemisahan dengan metode mekanis merupakan pemisahan bahan dengan tetap mempertahankan fasa bahan atau tidak mengalami perubahan fasa bahan, sedangkan pemisahan bahan dengan kontak keseimbangan bahan dapat mengubah fasa bahan yang dipisahkan dari fasa awalnya. Pemisahan mekanis ini contohnya adalah pengendapan, filtrasi, ekstraksi, dan sentrifugasi. Sedangkan metode pemisahan bahan dengan kontak keseimbangan bahan meliputi penguapan, distilasi, adsorpsi, koagulasi, dan kristalisasi. Metode ini banyak diterapkan dalam industri khususnya industri pengolahan minyak dan gas bumi untuk memproduksi produk tertentu. Pengetahuan mengenai metode ini perlu dikuasai agar penggunaannya dalam industri dapat disesuaikan dengan kebutuhan pemisahan bahan baku sampai menjadi produk dengan kemurnian yang diinginkan.

1.1.1 Pemisahan Secara Mekanik

a. Pengayakan

Pengayakan adalah metode pemisahan bahan berdasarkan ukuran dengan menggunakan gaya gravitasi dan getaran. Ayakan dapat berbahan logam, pelat logam berlubang, kain. Ukuran lubang ayakan ini berkisar antara 4 in sampai 400 mesh. Contoh pengayakan adalah pemisahan ukuran bahan pati dengan *vibrating screen*. Penggunaan ukuran ayakan ini tergantung dari ukuran bahan yang akan diayak.

b. Filtrasi

Filtrasi adalah metode pemisahan untuk memisahkan zat padat dari cairannya dengan menggunakan alat berpori (penyaring). Dasar pemisahan ini adalah dengan perbedaan ukuran partikel antara pelarut dan zat terlarutnya. Penyaring akan menahan zat padat dengan ukuran yang lebih besar dari pori saringan. Proses ini dilakukan dengan bahan yang berbentuk larutan cair. Hasil penyaringan disebut *filtrate* dan zat yang tertahan disebut residu.

c. Pengendapan

Pengendapan merupakan metode pemisahan dua bahan cair yang tidak dapat bercampur, atau bahan cair dan bahan padat, dipisahkan dengan membiarkan bahan ini sampai pada keadaan keseimbangan di bawah pengaruh gaya gravitasi, bahan yang lebih berat

akan jatuh terlebih dahulu daripada bahan yang ringan.

d. Ekstraksi

Ekstraksi merupakan pemisahan zat dengan larutan yang berdasarkan kepolaran dan massa jenisnya. Contohnya adalah pemisahan senyawa organik dan pelarutan air dan minyak.

e. Sentrifugasi

Sentrifugasi adalah proses pemisahan komponen yang terdiri dari bahan cair yang tidak saling melarutkan dengan memanfaatkan gaya sentrifugal. Prinsipnya adalah dengan pemutaran objek secara horizontal pada jarak tertentu. Dengan metode ini proses pengendapan atau pemisahan bahan dapat lebih cepat dan optimum dibanding teknik biasa. Prinsip ini dapat optimum dengan memasukkan Rpm dan nilai konsentrasi yang tepat dalam alat sentrifugasi. Pada industri, contoh penggunaan metode ini adalah dalam proses pembuatan minyak kelapa. Santan yang merupakan campuran air dan minyak dapat disentrifugasi dengan kecepatan antara 3000-3500 rpm sehingga terpisah fraksi kaya minyak (*krim*) dan fraksi miskin minyak (*skim*). Lalu krim yang diasamkan disentrifugasi lagi untuk memisahkan minyak dan bagian bagian bukan minyak.

1.1.2 Pemisahan dengan kontak keseimbangan

a. Sublimasi

Sublimasi adalah metode pemisahan campuran dengan menguapkan zat padat tanpa melalui fasa cair sehingga kotoran tak menyublim akan tertinggal. Evaporasi adalah penguapan bahan pelarut untuk memperoleh zat terlarut (garam) dengan prinsip perbedaan titik didih (garam titik didih lebih tinggi sehingga akan tertinggal).

b. Kristalisasi

Kristalisasi adalah metode pemisahan untuk memperoleh zat padat yang terlarut dalam suatu larutan. Dasarnya adalah dengan prinsip kelarutan bahan dalam pelarut dan perbedaan titik beku. Contohnya adalah dalam pembuatan garam dapur dari air laut dan dalam proses pembuatan Kristal gula pasir dari nira tebu.

c. Distilasi

Distilasi merupakan metode pemisahan untuk memperoleh bahan berwujud cair yang terkotori oleh zat padat lain atau bahan yang memiliki titik didih berbeda. Bahan yang dipisahkan dapat dalam bentuk larutan atau cair, tahan terhadap pemanasan, dan perbedaan titik didihnya tidak terlalu dekat. Contoh metode ini adalah dalam penyulingan minyak bumi menjadi fraksi-fraksi seperti bensin, avtur. Selain itu juga dalam pembuatan minyak kayu putih,

pemurnian parfum dari ekstrak tanaman, serta dalam pemurnian air minum juga destilasi air laut untuk memperoleh air murni. Metode selanjutnya adalah dengan ekstraksi merupakan metode pemisahan dengan melarutkan bahan campuran dengan pelarut yang sesuai. Dasarnya adalah dengan prinsip kelarutan bahan dalam pelarut tertentu.

d. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan metode pemisahan untuk membersihkan suatu bahan pengotor dengan penarikan bahan pengadsorpsi secara kuat sehingga menempel.

e. Evaporator

Evaporator adalah suatu alat yang digunakan untuk memisahkan dua fasa antara liquid gas dan liquid cair dengan menggunakan media pemanas. Dengan cara memanaskan hingga salah satu komponen menguap pada trayek dididnya, sehingga dapat terpisah dari komponen lainnya

Berikut ini adalah Jenis – jenis Evaporator:

1. Horizontal Tube

Horizontal tube adalah *tube-tubnya* terletak horizontal, karena kondisinya yang demikian, harga *evaporator* ini *relative* murah dengan konstruksi *design* yang memudahkan penggantian *tube – tubnya*.

2. Calandria Vertical Tube

Calandria Vertical Tube prinsipnya sama seperti dengan *Horizontal Tube*, hanya saja letak *tube* yg berbeda, dimana *Calandria Vertical Tube Evaporator*, *tubnya* akan berada pada posisi vertikal, dimana *Feed* masuk melalui *shell Evaporator* kemudian *steam* akan masuk kedalam *tube* melalui bagian bawah (tinggi cairan hampir sama dengan tinggi *tube*).

3. Long Tube Vertical

Jenis ini sama seperti *Vertical Tube Evaporator*, yang membedakan hanya panjang *tube*, pada *tube* memiliki panjang berkisar antara 12 sampai 24 ft dan terdiri dari *tube* vertikal yang panjang dilalui oleh bahan baku (cairan) sedangkan *steam* di sisi *shell*.

1.2. Jenis Panas

1.2.1 Pengertian Panas

Panas adalah salah satu perubahan energi, jika suatu zat menerima atau melepaskan panas, maka akan ada dua kemungkinan yang akan terjadi yang pertama adalah terjadinya perubahan temperatur dari zat tersebut, panas yang seperti ini disebut dengan panas sensibel (*sensible heat*). dan yang kedua adalah terjadi perubahan fase zat, panas jenis ini disebut dengan panas laten (*latent heat*).

a. Panas Sensibel (*Sensible Heat*)

Seperti yang sudah di jelaskan sebelumnya, apabila suatu zat menerima panas sensibel maka akan mengalami peningkatan temperatur, namun jika zat tersebut melepaskan panas sensible maka akan mengalami penurunan temperatur. Persamaan panas sensibel adalah sebagai berikut:

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T \dots\dots\dots(1.1)$$

Dimana :

Q = Energi kalor yang dilepas atau diterima suatu zat [J]

m = Massa zat yang mengalami perubahan temperatur [kg]

Cp = kalor jenis zat [J/kg/K]

ΔT = Perubahan temperatur yang terjadi [K]

b. Panas Laten (*Latent Heat*)

Jika suatu zat menerima atau melepaskan panas, pada awalnya akan terjadi perubahan temperatur, namun demikian hal tersebut suatu saat akan mencapai keadaan jenuhnya dan menyebabkan perubahan fase. Kalor yang demikian itu disebut sebagai panas laten. Pada suatu zat terdapat dua macam kalor laten, yaitu panas laten peleburan atau pembekuan dan panas penguapan atau pengembunan, panas laten suatu zat biasanya lebih besar dari kalor sensibelnya, hal ini karena diperlukan energi yang besar untuk merubah fase suatu zat.

Secara umum panas laten yang digunakan untuk merubah fase suatu zat di rumuskan dengan ; $L = \tau \cdot LB \cdot T/TB \dots\dots\dots(1.2)$

Dimana :

L = *Heat Vaporization at Absolute Temperature*

LB = *Heat of vapor zation at absolut normal boiling point*

τ = *Factor Abtainet*

T = *Temperature* (°F)

TB = *Temperature Boiling Point* (°F)

Hubungan antara energi kalor dengan laju perpindahan kalor yang terjadi adalah sebagai berikut : $Q = q \cdot \Delta T \dots\dots\dots(1.3)$

Dimana :

Q = Energi kalor yang dilepas atau di terima suatu zat

q = Laju perpindahan panas (Watt)

ΔT = Waktu yang di butuhkan untuk memindahkan energi panas

1.3. Pengertian alat penukar panas

Alat penukar panas (*Heat Exchanger*) adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas antara dua buah fluida atau lebih yang memiliki perbedaan temperature yaitu fluida yang bertemperatur tinggi kefluida yang bertemperatur rendah. Perpindahan panas teesebut baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Pada kebanyakan sistem kedua

fluida ini tidak mengalami kontak langsung. Kontak langsung alat penukar kalor terjadi sebagai contoh pada gas kalor yang terfluidisasi dalam cairan dingin untuk meningkatkan temperature cairan atau mendinginkan gas.

Alat penukar panas digunakan dalam instalasi industri, antara lain pada : *Boiler, Kondensor, Cooler, Cooling Tower*. Sedangkan pada kendaraan kita dapat menjumpai radiator yang fungsinya pada dasarnya adalah sebagai alat penukar panas.

Tujuan perpindahan panas tersebut di dalam proses industri diantaranya adalah :

- Memanaskan atau mendinginkan fluida hingga mencapai temperatur tertentu yang dapat memenuhi persyaratan untuk proses selanjutnya, seperti pemanasan reaktan atau pendinginan produk dan lain-lain.
- Mengubah keadaan (fase) fluida : destilasi, evaporasi, kondensasi dan lain-lain.

2. Metode Perhitungan

Langkah-langkah perhitungan desain alat evaporator :

2.1. Menghitung Panas Laten

$$L = \gamma \cdot LB \cdot T/TB \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.1})$$

Dimana :

L = Heat Vaporization at absolute temperatur

LB = Heat of vaporization at absolut normal boiling point

γ = Faktor obtainet

T = Temperatur (°F)

TB = Temperatur Boiling Point (°F)

2.2. Menghitung Heat Balance

Merupakan variable perhitungan untuk menentukan harga neraca panas (Q) yang dihasilkan, menggunakan persamaan :

$$q = W \cdot Cp \cdot \Delta T \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.2 a})$$

$$q = W \cdot (L_{\text{vapor}} - L_{\text{liquid}}) \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.2 b})$$

$$Q = q + q \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.2 c})$$

$$Q = w \cdot Cp \cdot \Delta T \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.2 d})$$

Dimana :

Q = Jumlah panas yang dihasilkan, Btu/jam

W = Laju alir fluida panas, lb/hr

w = Laju alir fluida dingin

Cp = Kapasitas panas fluida, Btu/Ft².hr.°F

2.3. Menghitung LMTD (Log Means Temperature Differences)

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}} \dots\dots\dots(\text{pers. 2.3a})$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots(\text{pers. 2.3b})$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} \dots\dots\dots(\text{pers. 2.3c})$$

Mencari nilai FT dengan menggunakan **Figure 18 D.Q Kern**

Mencari Nilai Δt LMTD koreksi :

$$\Delta t \text{ LMTD} = LMTD \times F_T$$

Dimana :

R dan S = *Temperature efficiency*

T₁ dan T₂ = Temperatur *inlet* dan *outlet* fluida panas, °F

t₁ dan t₂ = Temperatur *inlet* dan *outlet* fluida dingin, °F

F_T = Faktor perbedaan temperature

2.4. Menentukan Temperatur Kaloric

$$\frac{\Delta t_c}{\Delta t_h} = \frac{T_2 - t_1}{T_1 - t_2} \dots\dots\dots(\text{pers. 2.4})$$

FC di dapatkan pada table **Figure 17 D.Q Kern**

2.5. Menentukan temperatur rata-rata fluida

$$T_c = T_2 + F_c(T_1 - T_2) \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.5})$$

$$t_c = t_1 + F_c(t_2 - t_1) \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.6})$$

Dimana :

TC = Temperatur *caloric* fluida panas, (°F)

tc = Temperatur *caloric* fluida dingin, (°F)

FC = *Factor caloric*, (°F)

T₁ = Temperatur *inlet* fluida panas, (°F)

T₂ = Temperatur *outlet* fluida panas, (°F)

t₁ = Temperatur *inlet* fluida dingin, (°F)

t₂ = Temperatur *outlet* fluida dingin, (°F)

2.6. Menentukan area heat transfer

UD Asumsi dengan menggunakan **Table 8**

D. Q Kern

$$A = \frac{Q}{U_D \cdot \Delta t \text{ LMTD}} \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.7})$$

$$\text{Number of tube} = \frac{A}{L \cdot a''}$$

Dimana :

A = Area perpindahan panas, ft²

Q = Jumlah Panas yang dihasilkan, Btu/jam

UD = Pendekatan Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan Desain

Δt LMTD = *Long Mean Temperature Difference* Terkoreksi. °F

2.7. Menghitung Flow Area tube side

$$a_t = N_t a'_t / 144n \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.8})$$

2.8. Menghitung Mass Velocity tube side

$$G_t = W/a_t \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.9})$$

Dimana :

G_t = Kecepatan massa aliran fluida dalam tube, lb/hr.Ft²
 w = Massa aliran fluida dingin, lb/hr
 a_t = Luas flow area tube, Ft²
 n_t = Jumlah tube
 n = jumlah pass tube
 Pada T_c didapatkan nilai μ menggunakan figure 14 **D.Q Kern**

2.9. Menghitung Reynold Number tube side

$Re_t = D.G_t / \mu$(Pers. 2.10)
 Dimana :
 Re_t = Nilai Reynold Number pada tube
 D = Diameter tube, Ft

2.10. Menentukan Heat Transfer factor j_H tube

Rasio $\frac{L}{D}$; j_H didapatkan dari figure 24 **D.Q Kern**
 Dimana =
 L = Length of tube, Ft
 D = Diameter tube, Ft

2.11. Menentukan koefisien transfer (h_o dan h_i)

Pada temperatur t_c didapatkan nilai c (Btu/lb.°F) dan k (Btu/(hr.ft²)(°F/ft))
 $(\frac{c\mu}{k})^{1/3}$ didapatkan dari figure 16 **D.Q Kern**

$$h_i = j_H \frac{k}{D} \left(\frac{c\mu}{k} \right)^{1/3} \Phi_t \dots \text{pers. 2.11a)}$$

$$\frac{h_{io}}{\phi_t} = \frac{h_i ID}{\phi_t OD} \dots \text{(pers. 2.11b)}$$

Dapatkan nilai μ_w dan $\Phi_t = (\mu/\mu_w)^{0.14}$ didapatkan dari figure 24 **D.Q Kern**

Koefisien koreksi

$$h_{io} = \frac{h_i \phi_t}{\phi_t} \dots \text{(pers. 2.11c)}$$

2.12. Mencari temperatur dinding

Tube wall temp, t_w

$$t_w = t_c + \frac{h_o}{h_{io} + h_o} (T_c - t_c) \dots \text{(pers. 2.12)}$$

2.13. Mencari U_c Koefisien perpindahan panas menyeluruh saat bersih

$$U_c = \frac{h_{io} h_o}{h_{io} + h_o} \dots \text{(pers. 2.13)}$$

2.14. Mencari Dirt factor R_d

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c U_d} \dots \text{(pers. 2.14)}$$

Dimana :

U_c = Koefisien perpindahan panas bersih.

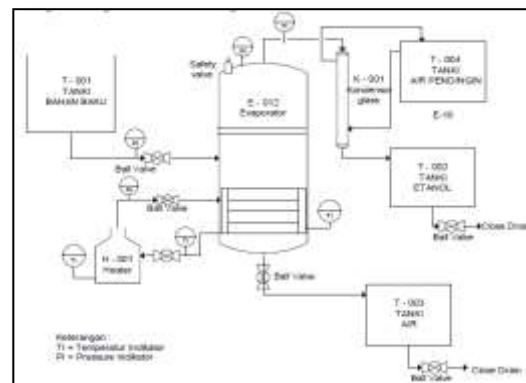
U_d = koefisien perpindahan panas kotor

3. Metodologi penelitian

3.1 Data Hasil Perhitungan

Tabel 1 :Data Hasil Perhitungan Desain Dan Alat Evaporator

Variabel	Fluida Dingin (Shell Side)	Fluida Panas (Tube Side)	Satuan
Nama Fluida	Etanol	Steam	
Aliran Massa	1056,96	792,72	Lb/hr
Temperatur Masuk	89,6	225,5	°F
Temperatur Keluar	175,62	173,88539	°F
Δt	86,024	51,61	°F
°API Gravity	23,823	10	
ID	25,4	0,482	Inch
OD	26	¾	Inch
BWG		10	
Length	1,5		Ft
Pitch Tube	1		Inch
Tube Clearance	¼		Inch
Pass (n)	2		Pass
a't		0,182	Inch ²
Nt	10		buah
a"		0,1963	inch
Tipe Tube	Square Tube		
Uc	351,6145		Btu/hr.Ft ² .°F
Ud	260		Btu/hr.Ft ² .°F
Rd	0,001		hr.ft ² .°F/Btu



Gambar 1.Alat Evaporator

Alat *Evaporator* dirancang dengan jenis *shell and tube* dengan menggunakan aliran 1 *pass shell* dan 2 *pass tube*, dan mempunyai jumlah *tube* sebanyak 10 tube dengan panjang tube yaitu 1.5 ft dan diameter tube $\frac{3}{4}$ inch menggunakan tipe susunan tube yaitu square pitch. Bahan material yang digunakan pada rancangan Alat *Evaporator* ini menggunakan bahan *tube* yaitu stainless steel dan konstruksi *shell* yaitu besi baja. Rancangan alat *Evaporator* ini dirancang untuk memisahkan kandungan Etanol dan air dengan menggunakan media pemanas yaitu *steam*.

3.2. Uji Coba Rancangan Alat

Setelah alat penukar panas yang telah selesai didesain dan dibangun, kemudian langkah selanjutnya adalah pengujian alat yang sudah selesai tersebut, apakah hasilnya sesuai dengan data - data yang ada pada referensi perhitungan untuk perancangan Alat penukar panas tersebut. Sebelum melakukan pengujian untuk menunjang kelangsungan pengujian supaya di dapatkan hasil yang maksimal, terdapat beberapa peralatan dan bahan penunjang yang dibutuhkan untuk mengoperasikan rekonstruksi Alat penukar panas ini.

3.2.1 Peralatan yang digunakan, diantaranya :

- Instalasi perpipaan yang terdiri dari : Pipa besi, *Ball valve* $\frac{3}{4}$ Kuningan, Selang pendingin kondensor, *Ball valve* $\frac{3}{4}$ Galvanis, Koupling dan sambungan (*Elbow*).
- Tempat penampungan fluida (*Storage*) berupa panci *stainless steel*.
- Tempat penampungan air pendingin kondensor berupa *box plastic*
- Pompa akuarium
- Kompur listrik.
- Kondensor *glass*.
- Temperatur indikator dan *Pressure* indikator
- Safety valve*

3.2.2. Fluida yang digunakan untuk proses yaitu :

- Fluida dingin yang akan diuapkan yaitu Etanol 60 %.
- Fluida panas yang digunakan untuk pemanas yaitu air.

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan uji coba langsung terhadap rancangan peralatan *Evaporator*, dalam proses uji coba tersebut peneliti melakukan uji coba terhadap kondisi operasi desain pada peralatan yaitu 225 °F. Kemudian peneliti melakukan uji coba kondisi operasi peralatan

dengan menggunakan variasi temperatur yaitu temperatur steam pada 224,6°F, 225,5 °F, 226,4°F dan 230 °F untuk memanaskan fluida dingin (etanol 60%), kemudian dengan menggunakan steam tersebut diharapkan didapatkan pada temperatur fluida panas (*steam*) yang paling efisien untuk memanaskan fluida dingin (etanol 60%) tersebut, sehingga terjadi proses penguapan etanol sebagai mana fungsi dari rancangan Alat *Evaporator* tersebut.

4. Hasil Penelitian

Pada saat melakukan pengujian alat *Evaporator* peneliti mencatat temperatur *inlet* dan *outlet* pada *tube* dan *shell* untuk mendapatkan hasil dari kinerja peralatan yang telah dirancang apakah sesuai antara kondisi operasi desain dengan kondisi operasi pada saat uji coba, dengan cara melakukan percobaan berdasarkan data pada desain alat, sehingga nantinya didapatkan data dari hasil ujicoba.

Tabel 2. Data Desain Peralatan

Temperatur Shell °F		Temperatur tube °F	
Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
89,6	175,6 23	225,5	173, 88

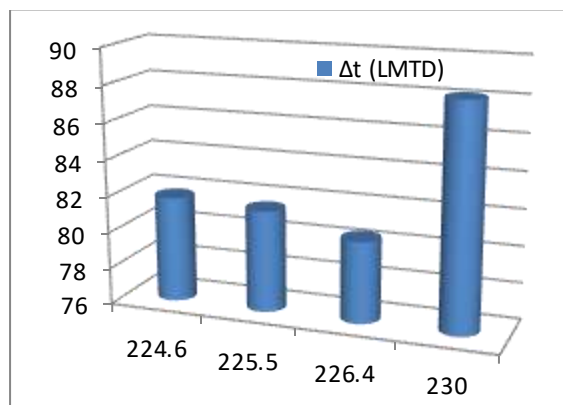
Tabel 3. Hasil Uji Coba Berdasarkan Perbedaan Temperature Diferensial Δt (LMTD)

No.	Temperatur Shell °F		Temperatur Tube °F		Δt (LMTD) °F
	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	
1.	89,6	174,2	224,6	222,8	81,789
2.	89,6	176	225,5	219,2	81,5579
3.	89,6	176	226,4	215,6	80,4439
4.	89,6	176	230	226,4	88,185

4.1 Pembahasan

Pada alat *Evaporator* yang telah dirancang dengan tipe *shell and tube*, yang berfungsi untuk menguapkan fluida dingin yang berupa etanol 60% dengan media pemanas berupa *steam* yang mengalir pada *tube*, dengan menggunakan system aliran 2 *pass*. Pada saat pengujian alat *Evaporator*, disini peneliti melakukan pengujian temperatur disain rancangan alat, yang akan digunakan untuk memanaskan fluida dingin yaitu (Etanol 60%). Dengan temperatur desain untuk fluida panas (*steam*) yang mengalir kedalam tube yaitu 225,5 °F yang berfungsi untuk memanaskan fluida dingin (Etanol 60%) yang terdapat pada bagian *shell* dengan temperature awal 89,6 °F, setelah proses pemanasan terjadi di dalam alat *Evaporator*

maka didapatkan hasil yaitu fluida dingin mengalami peningkatan temperatur menjadi 175,62435 °F.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Temperature Inlet Steam Terhadap Δt LMTD

Dari hasil percobaan dan data grafik membuktikan bahwa, temperatur desain mampu memanaskan fluida dingin atau menguapkan (Etanol 60%) sehingga dapat memisahkan etanol dari kandungan air yang sebagai mana fungsi dari alat *Evaporator*, hal ini dapat dilihat dari perubahan temperatur yang terjadi pada fluida dingin, dimana peningkatan temperatur awal dari fluida dingin (Etanol 60%) pada percobaan temperatur awal etanol 89,6 °F meningkat menjadi 174,2 °F dimana etanol tersebut sudah mengalami perubahan fase dikarenakan etanol mempunyai titik didih dan berubah fase pada temperatur 174,2 °F. Sehingga etanol mulai mengalami perubahan fase dari cair menjadi uap etanol dari temperatur awal 89,6 °F menjadi 174,2 °F. Pada percobaan kedua peneliti mengamati bahwa temperatur pada saat percobaan mendekati temperatur *design* alat *Evaporator* dimana temperature pada saat percobaan *inlet shell* 89,6 °F serta *outlet shell* 176 °F, dan pada bagian *tube* temperatur *inlet* 225,5 °F dan *outlet* 219,2 °F, yang dibandingkan temperature *design* alat *Evaporator* pada bagian *shell inlet* sebesar 89,6 °F *shell outlet* 175,62435 °F dan pada bagian *tube inlet* sebesar 225,5 °F dan *tube outlet* sebesar 173,88539 °F. Dimana perubahan fase dari fluida dingin (etanol 60%) tersebut sepenuhnya teruapkan pada saat dipanaskan dengan temperatur desain.

Dalam permasalahan ini pada dasarnya, peneliti ingin mengetahui kinerja kondisi operasi desain pada proses pengujian rancangan alat, apabila dilihat dari hasil uji coba pada proses pemanasan fluida dingin (etanol 60%) kondisi operasi desain sudah mampu menguapkan etanol 60% dari air dimana titik didihnya lebih rendah dari air, serta kondisi operasi desain tersebut

sudah efektif untuk penguapan secara keseluruhan.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian perancangan alat *Evaporator*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Untuk mendisain *Evaporator* jenis *shell and tube* hal yang perlu diperhatikan adalah menghitung nilai Δt LMTD, N_t (jumlah *tube*), dan R_d .
2. Prinsip kerja *Evaporator* adalah memurnikan kandungan etanol dari air dengan menggunakan prinsip perpindahan panas serta panas sensible dan panas laten
3. Jenis alat evaporator yang dibuat yaitu tipe *Horizontal – Tube Force Circulation Evaporator*.
4. Kondisi optimal dari *Evaporator* yang dirancang adalah pada nilai Δt LMTD = 88,185 °F

DAFTAR PUSTAKA

- Geankoplis C.J., 1993, *Transport Processes and Unit Operations* Third Edition, Prentice-Hall Inc. (p. 491 - 492)
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: International Student Edition, McGraw-Hill Book. (p. 466 – 477)
- Ludwig, E .E. 1984. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plant Volume III*. Houston, Texas: Gulf Publishing Company. (p. 57 – 580).
- McCabe W.L, Smith J.C, Harriott P, 1993, *Unit Operations Of Chemical Engineering 5th Edition*, New York McGraw-Hill. (p 476, 482, 532, 549)
- Nelson W.L, 1958, *Petroleum Refinery Engineering, 4th Edition*, McGraw-Hill. (p. 174-177).
- Trot, A.R & Welch, T. (2000). *Refrigeration and Air conditioning* (3th end). Woburn Butterword-Heinemann. (p. 83 – 90)