

RANCANG BANGUN MENARA *REFLUKS* PADA *DESTILATOR* *BIOETHANOL* KAPASITAS 5 LITER/JAM BERSKALA UMKM

Hendri Susanto

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: 201454074@std.umk.ac.id

Rochmad Winarso

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: rochmad.winarso@umk.ac.id

Rianto Wibowo

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: rianto.wibowo@umk.ac.id

ABSTRAK

Bioethanol merupakan energi terbarukan yang berasal dari bahan dasar nabati. Sebagaimana fungsinya, *bioethanol* diharuskan memiliki tingkat kemurnian sesuai dengan standar mutu yang telah ditentukan sebagai energi terbarukan. Untuk mencapai keketentuan tersebut, telah dilakukan proses rancang bangun menara refluks pada destilator *bioethanol* pada saat proses kondensasi berlangsung. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah berupa studi literatur terhadap artikel terkait, proses perencanaan *design*, perancangan dan pembuatan terhadap komponen – komponen penyusun dari menara refluks, serta proses pengujian mesin untuk mengetahui fungsi kerja dari menara refluks pada destilator *bioethanol*. hasil penelitian menunjukkan menara refluks dapat digunakan sebagai proses kondensasi pada siklus destilasi *bioethanol*. Dengan dimensi *shell* berdiameter 114 mm dan tinggi 2000 mm, dimensi *tube* berdiameter 94 mm dan tinggi total *coil* 400 mm dengan jarak antar *coil* 40 mm. dan dihasilkan kapasitas produksi *ethanol* pada mesin destilator *bioethanol* sebanyak 2,35 liter dengan kadar kemurnian 91%.

Kata kunci : *bioethanol*, kondensasi, menara refluks, kemurnian

ABSTRACT

Bioethanol is a renewable energy derived from vegetable base material. As a functions, *bioethanol* is required to have a degree of purity in accordance with quality standards that have been determined as renewable energy. To achieve this regulation, a reflux tower design process has been built on *bioethanol* destilator in order to increase the purity level of *bioethanol* during the condensation process. The method used in this research is literature study on related articles, design planning process, designing and manufacturing components of the reflux tower, and testing process of the machine to recognize the working function of the reflux tower on *bioethanol* destilator. The results showed that the reflux tower can be used as a condensation process in the distillation cycle of *bioethanol*. With shell dimensions 114 mm in diameter and 2000 mm in height, tube dimensions 94 mm in diameter and 400 mm total coil height with pitch distance of 40 mm coil. And the production capacity of ethanol is 2,35 liters with the highest purity level of 91%.

Keywords : *bioethanol*, condensation, reflux tower, purity

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dari bahan bakar minyak bumi (BBM) di berbagai negara di dunia dalam tahun terakhir ini mengalami peningkatan. Tidak hanya pada negara – negara maju, tetapi juga di negara berkembang seperti Indonesia. Untuk mengantisipasi krisis bahan bakar minyak bumi (BBM) pada masa yang akan datang. Saat ini telah dikembangkan pemanfaatan etanol sebagai sumber energi terbarukan, contohnya untuk pembuatan *bioethanol*.

Bioetanol (C_2H_5OH) merupakan salah satu *biofuel* yang hadir sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan sifatnya yang terbarukan. Bioetanol dapat diproduksi dari berbagai bahan baku yang banyak terdapat di Indonesia, sehingga sangat potensial untuk diolah dan dikembangkan karena bahan bakunya sangat dikenal masyarakat. Tumbuhan yang potensial untuk menghasilkan bioetanol antara lain tanaman yang memiliki kadar karbohidrat tinggi, seperti : tebu, nira, aren, sorgum, ubi kayu, jambu mete (limbah jambu mete), garut, batang pisang, ubi jalar, jagung, bonggol jagung, jerami dan bagas [1].

Sedangkan menurut [2] bioetanol merupakan etanol yang terbuat dari hasil fermentasi tanaman yang mengandung karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme. Bioetanol dikembangkan sebagai bahan bakar pengganti BBM dengan *fuel grade ethanol* $\geq 99,5\%$ untuk mengimbangi kelangkaan sumber minyak bumi. Bioetanol menjadi energi alternatif karena memiliki kandungan oksigen yang tinggi, bilangan oktan yang tinggi, mudah terurai, dan sumber energi di perbaharui. Kandungan oksigen yang tinggi akan meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi terjadinya pencemaran akibat gas buang seperti emisi hidrokarbon, karbon monoksida, dan emisi partikulat, ataupun gas – gas rumah kaca. *Bioethanol* sebagai energi alternatif sangatlah berpengaruh terhadap tingkat kemurnian yang dimiliki. Dimana dalam pencapaian tingkat kemurnian tersebut, akan dikembangkan alat untuk proses pengolahan *bioethanol* dengan tingkat kemurnian tinggi, yaitu dengan menggunakan destilator *bioethanol* sistem *reflux* bertingkat.

Karakteristik etanol sebagai bahan bakar memiliki nilai kerapatan massa $780\text{ (kg/m}^3\text{)}$ (20°C) dan kalor pembakaran 9600 (Kcal/kg) . Selain itu *bioethanol* juga memiliki banyak sifat – sifat fisika maupun kimia [3]. Berikut pada tabel 1 merupakan karakteristik sifat fisika pada etanol

Tabel 1. Sifat fisika etanol

No.	Sifat Fisika Etanol	Keterangan
1.	Berat Molekul	46,06 gr/mol
2.	Titik Molekul	78,4°C
3.	Densitas	0,7893 gr/mL
4.	Indesk Bias	1,36143 cP
5.	Viskositas 20°C	1,17 cP
6.	Panas Penguapan	200,6 kal/gr
7.	Warna Cairan	Tidak Berwarna
8.	Kelarutan	Larut Dalam Air
9.	Aroma	Memiliki Aroma Yang Khas

Berdasarkan karakteristik serta manfaat *bioethanol* terhadap *supply* energi, maka akan dilakukan proses rancang bangun pada komponen destilator *bioethanol* yaitu menara refluks. Dimana proses rancang bangun ini ditujukan untuk meningkatkan kadar kemurnian *bioethanol* sebagai energi terbarukan.

Dengan mengendalikan temperatur pendingin, sering disebut sebagai deflegmator, sebuah *reflux steel* dapat digunakan untuk memastikan bahwa komponen yang mempunyai titik didih lebih tinggi kembali ke dalam labu sementara unsur – unsur yang lebih ringan keluar menuju pendingin kedua.

Dalam proses pelaksanaannya, metode ekstraksi dengan menggunakan sistem refluks ini sangatlah sederhana, sehingga mempercepat kerja yang dilakukan, suhu yang digunakan sesuai

dengan pelarut yang digunakan dan sangat cocok digunakan untuk mengekstraksi sampel yang mempunyai tekstur keras dan komponen kimianya tahan terhadap pemanasan, serta dengan menggunakan metode ini maka proses ekstraksi dapat dilakukan dalam waktu yang relatif lebih singkat [4].

Adanya pengaruh perlakuan panas pada refluks dapat meningkatkan kemampuan pelarut untuk mengekstraksi senyawa – senyawa yang tidak larut di dalam kondisi suhu kamar, sehingga aktivitas penarikan senyawa lebih maksimal atau memberikan peningkatan rendemen [5].

Cara kerjanya adalah, uap panas *alcohol* dan air yang naik akan menyentuh *reflux coil*. Karena *reflux coil* lebih dingin (akibat aliran air) dari pada uap *alcohol* – air, maka uap akan terkondensasi atau menjadi cair lagi dan jatuh ke *packing*. Dalam perjalanan jatuhnya cairan tersebut di dalam kolom akan bertemu dengan uap panas dari bawah yang naik sehingga cairan menjadi panas kembali dan *alcohol* menguap dengan kandungan yang lebih kaya karena *alcohol* bertitik didih lebih rendah dari pada air, sementara itu air akan terus turun sampai mendapatkan panas yang cukup untuk menguap lagi. Proses ini terjadi berulang ulang didalam kolom sampai akhirnya sebagian uap berhasil lolos menuju kondensor. Uap yang lolos ini sudah berkadar *alcohol* tinggi karena sudah beberapa kali mengalami proses naik-turun atau destilasi berulang kali didalam kolom [6].

Secara garis besar, komponen utama dari menara refluks adalah dengan menggunakan baja tahan karat atau *stainless steel*. Dimana tujuan dari penggunaan baja tahan karat ini adalah dari sifatnya yang tahan karat dan tahan terhadap suhu kerja yang tinggi.

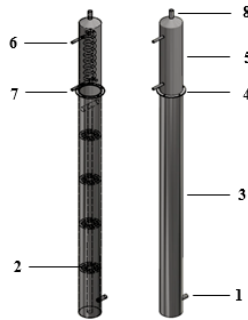
Dilaporkan pada bahwa, berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan menggunakan bahan fermentasi ketela pohon dengan proses fermentasi selama 46 jam, didapat kadar etanol tertinggi sebesar 76% [7].

Proses penelitian tersebut berlanjut dalam proses pengembangan destilator *bioethanol* model refluks, dan dari hasil uji coba pada proses destilasi fermentasi ketela pohon menunjukkan kadar tertinggi yang dapat dihasilkan dari mesin destilasi *bioethanol* dengan sistem refluks bertingkat adalah 92% [8].

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu : (1) Tahap perancangan atau *design* menara refluks pada destilator *bioethanol*; (2) Tahap pembuatan menara refluks berdasarkan spesifikasi, dan dimensi yang telah ditentukan; (3) Tahap pengujian menara refluks yang berorientasikan pada hasil capaian yang diharapkan, serta pengujian pada mesin destilator *bioethanol* yang telah dilakukan proses perancangan dan pembuatan.

Tahap satu yaitu proses perancangan *design* menara refluks, dilakukan kegiatan sebagai berikut: proses *design* yang meliputi design bentuk dan dimensi dari masing – masing komponen menara refluks. Serta proses pemilihan material bahan yang akan digunakan. Tahap dua yaitu proses pembuatan menara refluks yang terdiri atas komponen – komponen yaitu *flange*, sekat zeolit, *reflux coil*, pipa refluks, dan menara pendingin. Proses pemesinan yang digunakan dalam pembuatan menara refluks ini meliputi pemotongan, pengeboran, pengerollan, dan pengelasan. Tahap ketiga yaitu pengujian menara refluks yang berorientasikan hasil dari proses *heat transfer* yang dilakukan dengan capaian suhu 78°C. Proses pengujian berikutnya adalah pada mesin destilator *bioethanol* yang berorientasikan pada hasil capaian 5 liter/jam dengan tingkat kemurnian diatas 90%. Berikut pada gambar 1, merupakan *design* perencanaan menara refluks pada destilator *bioethanol*.



Gambar 1. Menara Refluks

Keterangan gambar :

1. Saluran masuk uap etanol
2. Sekat zeolit
3. Menara penndingin
4. *Flange*
5. Pipa refluks
6. Saluran masuk air pendingin
7. Saluran keluar air pendingin
8. Saluran keluar uap etanol

Sistem kerja dari menara refluks pada desitilator *bioethanol* ini pada umumnya adalah sebagai berikut :

1. Bahan fermentasi yang telah dipanaskan pada tangki pemanas akan terjadi fase penguapan, selanjutnya uap yang terbentuk akan mengalir menuju ke menara refluks melalui pipa penghubung.
2. Didalam menara refluks uap akan melewati kolom bertingkat yang berisi batu zeolit. Batu tersebut berfungsi untuk menangkap uap air panas sehingga kadar air dapat berkurang dalam proses destilasi, dan proses tersebut berulang – ulang sebanyak 4 kali didalam kolom destilasi.
3. Selanjutnya uap akan menuju ke *reflux coil* untuk pendinginan awal. Karena *reflux coil* bertemperatur lebih dingin (akibat aliran air) daripada uap alkohol – air, maka uap tersebut akan mengalami proses kondensasi sehingga menjadi cair lagi dan akan jatuh ke bawah. Dalam perjalanan jatuhnya cairan tersebut, di dalam kolom akan bertemu dengan aliran uap panas dari bawah yang naik ke atas, sehingga cairan akan menjadi panas kembali. Alkohol akan menguap dengan kandungan yang lebih kaya karena alkohol bertitik didih lebih rendah daripada air, sementara itu air akan terus turun sampai mendapatkan panas yang cukup untuk menguap kembali.
4. Kemudian uap etanol akan mengalir ke sistem kondensor (sistem pendinginan uap) sehingga akan menjadi cairan *ethanol*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses perencanaan menara refluks pada destilator ini meliputi, perhitungan perancangan, simulasi *design*, perhitungan pembuatan dan proses pengujian.

1.1 Perhitungan perancangan menara refluks

Perhitungan proses perancangan yang dilakukan pada penelitian rancang bangun menara refluks pada destilator *bioethanol* ini meliputi :

1. Perhitungan bejana tekan

Data awal perhitungan yang ditetapkan meliputi tekanan dalam bejana (p) 500.000 N/m² dengan *safety factor* 2.5, diameter bejana (D) 114 mm, panjang (L) 2000 mm dan tebal (t) 2 mm dengan tegangan tarik ijin bahan 205×10^6 N/m².

Perhitungan bejana tekan [9] yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui kemampuan bejana dalam sistem kerjanya, yang meliputi :

2. Analisa ketebalan bejana terhadap kemungkinan belah (t_b) dan kemungkinan putus (t_p)

Analisa ketebalan bejana terhadap kemungkinan belah dapat dihitung menggunakan persamaan 1 berikut :

$$t_b = \frac{D \cdot p}{2 \cdot \sigma_t \left(\frac{D}{L} \right)} \quad (1)$$

Ketebalan bejana terhadap kemungkinan putus dihitung menggunakan persamaan 2 berikut :

$$t_p = \frac{p \cdot D}{4 \cdot \sigma_t} \quad (2)$$

Berdasarkan proses perhitungan analisa ketebalan bejana didapatkan data hasil perhitungan sebagaimana tabel 2 berikut:

Tabel 2. Data hasil perhitungan

Variabel Perhitungan	Hasil (mm)	Ketentuan
t_b	0.33	$t_b \geq t_p$
t_p	0.17	

3. Analisa gaya pada bejana terhadap kemungkinan belah dan kemungkinan putus

Gaya yang membelah dinding bejana pada menara refluks dapat dihitung menggunakan persamaan 3 berikut :

$$P = L \cdot D \cdot p \quad (3)$$

Gaya sebesar (P) ditahan oleh dinding bejana dengan luas irisan (A_1), sebagaimana persamaan 4.

$$A_1 = \{ 2 \cdot L \cdot t + 2 \cdot t (D + 2t) \} \quad (4)$$

Dengan terjadi tegangan didalam bejana tekan tekan sebesar σ_t , sebagaimana persamaan 5.

$$\sigma_t = \frac{P}{A_1} \quad (5)$$

Gaya yang memutuskan dinding bejana pada menara refluks dapat dihitung menggunakan persamaan 6 berikut :

$$P = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot p \quad (6)$$

Gaya sebesar (P) akan ditahan oleh dinding bejana tekan, dengan luas irisan (A_2), sebagaimana persamaan 7.

$$A_2 = \frac{\pi}{4} (4 \cdot D \cdot t + 4t^2) \quad (7)$$

Dengan terjadinya tegangan didalam dinding bejana tekan sebesar σ_t , sebagaimana persamaan 8.

$$\sigma_t = \frac{P}{A_2} \quad (8)$$

Berdasarkan proses perhitungan analisa gaya bejana didapatkan data hasil perhitungan sebagaimana tabel 3 berikut :

Tabel 3. Data hasil perhitungan

Variabel Perhitungan	Hasil (N/mm ²)	Ketentuan
σ_{t1}	33.6	$\sigma_{t \text{ ijin}} \geq \sigma_t$
σ_{t2}	17.5	$\sigma_{t \text{ ijin}} \geq \sigma_t$

4. Analisa tegangan terhadap bejana (tegangan *longitudinal* dan *circumferential*)

Tegangan arah memanjang (*longitudinal*) yang terjadi di dalam bejana dapat dihitung menggunakan persamaan 9 berikut :

$$S_{1\sigma} = \frac{p \cdot D}{4t} \quad (9)$$

Sedangkan, tegangan arah melingkar (*circumferential*) yang terjadi di dalam bejana dapat dihitung menggunakan persamaan 10 berikut :

$$S_{2\sigma} = \frac{p \cdot D}{2t} \quad (10)$$

Berdasarkan proses perhitungan analisa tegangan bejana didapatkan data hasil perhitungan sebagaimana tabel 4 berikut :

Tabel 4. Data hasil perhitungan

Variabel Perhitungan	Hasil (N/mm ²)	Ketentuan
$S_{1\sigma}$	17.8	$\sigma_{t \text{ ijin}} \geq S_{1\sigma}$
$S_{2\sigma}$	35.6	$\sigma_{t \text{ ijin}} \geq S_{2\sigma}$

Berdasarkan hasil data dari masing – masing perhitungan, bejana tekan dinyatakan aman untuk bekerja pada spesifikasi yang telah ditentukan.

1.2 Perhitungan *heat exchanger*

Perhitungan *heat exchanger* ini bertujuan untuk menentukan panjang pipa sebagai *heat transfer* pada siklus destilasi *bioethanol*. Perencanaan yang dilakukan pada *heat exchanger* adalah dengan menentukan nilai LMTD, nilai kalor, *reynolds number*, *nuzelt number*, nilai koefisien konveksi perpindahan panas, luas permukaan, panjang pipa, jumlah *pitch*, jarak antar *pitch*, dan sudut *helical* [10].

Jenis aliran yang digunakan dalam perencanaan *heat exchanger* ini adalah menggunakan jenis aliran *counter-curent flow* dimana untuk temperatur masuk uap (T_{hi}) 100°C, temperatur keluar uap (T_{ho}) 78°C, temperatur masuk air pendingin (T_{ci}) 65°C, dan temperatur keluar air pendingin (T_{co}) 86°C.

Persamaan perhitungan untuk harga beda *log-mean temperature different* (LMTD) dihitung menggunakan persamaan 11 sebagai berikut :

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \quad (11)$$

Dimana untuk ΔT_1 adalah beda temperatur masuk uap (T_{hi}) dan ΔT_2 adalah temperatur keluar air pendingin (T_{co}). Untuk nilai faktor koreksi (Fc), ditentukan menggunakan persamaan 12 berikut :

$$F_c = \frac{\sqrt{R^2 + 1} \cdot (P + 1)}{(R + 1) \cdot \ln P/R} \quad (12)$$

Dimana untuk (P) adalah laju kapasitas energi panas dan (R) adalah efektivitas temperatur fluida pendingin. Sehingga nilai *log-mean temperature different* berdasarkan faktor koreksi (Fc) persamaan 13,

$$\Delta T_m = F_c \cdot \Delta T_{LMTD} \quad (13)$$

Sedangkan untuk nilai kalor (Q) ditentukan berdasarkan perkalian antara massa uap (m_{uap}), panas jenis (C_p) dan selisih temperatur (ΔT), sebagaimana persamaan 14.

$$Q = m_{uap} \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (14)$$

Dimana untuk nilai selisih antara temperatur masuk uap (T_{hi}) dan temperatur keluar uap (T_{ho}). Untuk mengetahui aliran yang terbentuk pada proses *heat exchanger*, persamaan 15 perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} \quad (15)$$

(Re) diartikan sebagai *reynold number*, (ρ) adalah rapat massa, (v) adalah laju aliran *fluida*, (d) adalah diameter dalam pipa, dan (μ) adalah nilai koefisien gesek.

Nilai *nuzelt number* (Nu) ditentukan berdasarkan perkalian antara *dean number* (De) dan *prandtl number* (Pr). Sebagaimana persamaan 16.

$$Nu = 2,08 \cdot De^{0,2} \cdot Pr^{0,28} \quad (16)$$

Untuk menentukan nilai koefisien perpindahan panas (h) dapat dihitung menggunakan persamaan 17 sebagai berikut :

$$h = Nu \frac{k}{d} \quad (17)$$

Dimana (k) adalah nilai konduktivitas bahan. Sehingga total perpindahan panas (U_o) dihitung menggunakan persamaan 18 berikut :

$$U_o = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_{fi} + \frac{t}{k} + \frac{1}{h_o}} \quad (18)$$

Nilai (t) merupakan tebal bahan, dan R_{fi} adalah nilai *resistance of fouling factor*. Berdasarkan persamaan 19 perhitungan yang telah ditentukan, maka luas permukaan pipa (A) adalah,

$$A = \frac{Q}{U_o \cdot F \cdot \Delta T_m} \quad (19)$$

Sehingga diperoleh panjang pipa *heat exchanger* (L) yang akan digunakan pada proses pembuatan sebagaimana persamaan 20 berikut :

$$L = \frac{A}{\pi \cdot d} \quad (20)$$

Dengan nilai panjang yang telah diperoleh maka untuk jumlah lingkaran *pitch* (n) pada pipa *heat exchanger* sebagaimana persamaan 21.

$$n = \frac{\text{Panjang Pipa (mm)}}{\text{Panjang 1 pitch (mm)}} \quad (21)$$

Maka, jarak *pitch* dihitung menggunakan persamaan 22 berikut :

$$\text{Jarak Pitch} = \frac{\text{Tinggi Coil}}{\text{Jml Pitch}} \quad (22)$$

Untuk sudut *helical* (H) pada perencanaan *coil heat exchanger* ditentukan menggunakan persamaan 23 berikut.

$$H = R (\theta - \theta_{in} + 2\pi n) \tan \theta \quad (23)$$

(R) adalah harga radius, sudut (θ) memiliki *range* antara $0 - 2\pi$, jika pada bagian *inlet* sebagai bagian bawah *coil*, maka sudutnya adalah (θ_{in}), dan jumlah belokan adalah (n).

Berdasarkan data hasil perhitungan *heat exchanger* dari menara refluks pada destilator *bioethanol*, maka dapat disimpulkan data perhitungan sebagaimana tabel 5 berikut :

Tabel 5. Data hasil perhitungan

Variabel Perhitungan	Hasil Perhitungan
LMTD	58.05°C
Kalor (Q)	0.007253 kW
<i>Reynold Number</i> (Re)	1552.85
<i>Nuzelt Number</i> (Nu)	8.23
Total Perpindahan Panas (Uo)	1.827 x 10 ⁻⁴ W.m ² /C
Luas Permukaan Pipa (A)	0.16 m ²
Panjang Pipa (L)	3 m
Jumlah Lingkar <i>Pitch</i> (N)	10
Jarak <i>Pitch</i>	40 mm
Sudut <i>Helical</i> (H)	7.4°

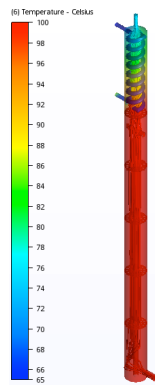
Berdasarkan proses perhitungan perancangan diperoleh spesifikasi yang akan digunakan pada proses pembuatan menara refluks, meliputi :

- a. Menara Refluks
 1. Material : Pipa *stainless steel* 304 tebal 2 mm
 2. Diameter pipa : 114.3 mm (4")
 3. Panjang pipa : 2000 mm
- b. *Reflux Coil*
 1. Material : Pipa tembaga ASTM B280 tebal 1 mm
 2. Diameter pipa : 3/8"
 3. Panjang pipa : 3000 mm

1.3 Simulasi *Design*

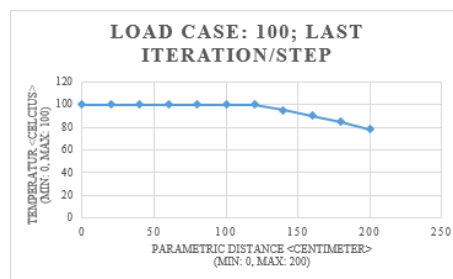
Proses desain pada umumnya memperhitungkan aspek fungsi, estetika, dan berbagai macam aspek lainnya dengan sumber data yang didapatkan dari riset, pemikiran, maupun dari desain yang sudah ada sebelumnya. Proses permodelan yang dilakukan pada menara refluks ini adalah menggunakan analisis simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Dimana proses simulasi *design* yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui fase – fase aliran fluida yang terbentuk pada *design* menara refluks. Dimana proses simulasi ini digunakan sebagai proses perencanaan terhadap *design* dari menara refluks pada destilator.

Proses simulasi permodelan menggunakan analisis CFD (*Computational Fluid Dynamics*), akan diperoleh data berupa presentase temperatur yang akan digunakan sebagai proses perencanaan *heat exchanger* pada menara refluks. Presentase yang akan dianalisa pada menara refluks adalah jenis aliran H₂O fase uap dan aliran H₂O fase cair. Berikut pada gambar 2, merupakan hasil permodelan terhadap aliran H₂O fase uap yang terjadi didalam menara refluks.



Gambar 2. Simulasi Aliran H₂O Fase Uap

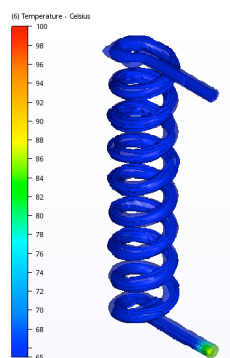
Berdasarkan hasil simulasi, diperoleh data berupa penurunan temperatur H₂O fase uap sebagaimana gambar 3 berikut.



Gambar 3. Grafik Simulasi H₂O Fase Uap

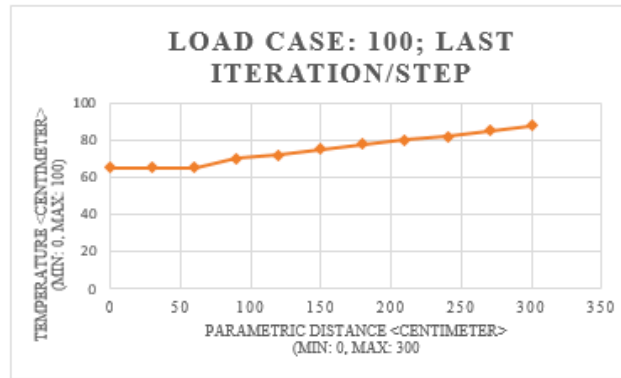
Dengan data *input* berupa temperatur masuk uap (T_{hi}) sebesar 100°C, dengan tekanan asumsi sebesar 1 bar dan laju aliran uap sebesar 1.5 m/s, terjadi penurunan temperatur secara bertahap pada siklus aliran yang terjadi. Penurunan akhir terhadap temperatur keluar uap (T_{ho}) adalah sebesar 78°C.

Sedangkan pada gambar 4 berikut hasil simulasi pada siklus aliran yang terjadi pada H₂O fase cair di dalam menara refluks.



Gambar 4. Simulasi Aliran H₂O Fase Cair

Berdasarkan hasil simulasi, diperoleh data berupa penurunan temperatur H₂O fase cair sebagaimana gambar 5 berikut.



Gambar 5. Grafik Simulasi H₂O Fase Cair

Dengan data *input* berupa temperatur masuk uap (T_{ci}) sebesar 65°C, dengan laju aliran air sebesar 30 *l/min*, terjadi penurunan temperatur secara bertahap pada siklus aliran yang terjadi. Penurunan akhir terhadap temperatur keluar uap (T_{co}) adalah sebesar 88°C.

1.4 Proses pengujian

Proses pengujian pada menara refluks dilakukan untuk mengetahui perencanaan *heat exchanger* yang telah dilakukan perhitungan secara matematis sebelumnya. Berikut pada tabel 6 merupakan tabel hasil pengujian lapangan pada menara refluks.

Tabel 6. Hasil pengujian menara refluks

Bahan Baku (l)	Temp. In Refluks (°C)	Temp. Out Refluks	
		Rencana (°C)	Hasil (°C)
50	100	78	77
50	100	78	78
50	100	78	78

Berdasarkan data pengujian yang diperoleh, maka dapat disimpulkan temperatur keluar menara rata – rata adalah sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum}{n} = \frac{(77 + 78 + 78)^{\circ}\text{C}}{3} = 77,67^{\circ}\text{C} \quad (24)$$

Sedangkan tabel hasil pengujian keseluruhan terhadap mesin destilator *bioethanol* yang telah dibuat adalah sebagaimana tabel 7 berikut :

Tabel 7. Hasil pengujian destilator *bioethanol*

Lama Fermentasi (Hari)	Temp. Refluks (°C)	Pengujian <i>Bioethanol</i>	
		Hasil (l)	Kadar (%)
7	78	2,35	91

Berdasarkan hasil pengujian pada destilator *bioethanol* dengan lama fermentasi 7 hari pada tetes tebu, didapatkan hasil etanol 2,35 liter dengan tingkat kemurnian pada 91%.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian terkait rancang bangun menara refluks pada destilator *bioethanol* kapasitas 5 liter/jam berskala UMKM, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dirancang menara refluks berbahan *stainless steel* tipe 304 dengan dimensi *shell* berdiameter 114 mm, ketinggian 2000 mm dan tebal 2 mm. Telah dirancang pula *reflux coil* berbahan tembaga ASTM B280 dengan total ketinggian *coil* 400 mm, dengan jumlah lingkaran 10 buah dan jarak antar *pitch* 40 mm.
2. Telah dibuat menara refluks pada destilator *bioethanol* dengan komponen – komponen yang dibuat meliputi, *flange*, sekat zeolit, *reflux coil*, pipa refluks dan pipa menara pendingin.
3. Berdasarkan pengujian lapangan pada komponen mesin destilator *bioethanol* yaitu menara refluks didapatkan data temperatur masuk uap (T_{hi}) sebesar 100°C dan temperatur keluar uap (T_{ci}) rata – rata sebesar 77.67°C dalam waktu 1 jam beroperasi.
4. Berdasarkan pengujian lapangan pada destilator *bioethanol* yang dibuat telah di hasilkan *bioethanol* sebesar 2,35 liter dalam waktu 1 jam dengan kadar kemurnian 91 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hambali, Erliza, and S. Mujdalipah, *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: Agromedia Edition, 2007.
- [2] M. Balat, H. Balat, and C. Ot, “Progress in Bioethanol Processing,” *Energy Combust. Sci.*, vol. 34, pp. 551–552, 2007.
- [3] M. Afriani, Gusnedi, and Ratnawulan, “Pengaruh Tinggi Kolom Pada Distilasi Terhadap Kadarbioetanol Dari Tebu (*Saccharum Officinarum*),” *PILLAR Phys.*, vol. 5, p. 28, 2015.
- [4] M. Hasanah, N. Andriani, and Noprizon, “Perbandingan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Kersen (*Muntingia calabura L.*) Hasil Ekstraksi Maserasi Dan Refluks,” *SCIENTIA*, vol. 6, no. 2, p. 87, 2016.
- [5] J. . Harbone, *Metode Fitokimia, Penuntun Cara Modern Menganalisa Tumbuhan, Diterjemahkan Oleh K. Padmawinata*. Bandung: ITB Press, 1987.
- [6] S. Ihsan, “Perencanaan dan Analisa Perhitungan Jumlah Tube dan Diameter Shell pada Kondensor Berpendingin Air pada Sistem Refrigerasi NH 3,” *J. Teknol. PROSES DAN Inov. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 14–15, 2017.
- [7] R. Winarso, B. S. Nugraha, A. Muttaqin, and N. Rofiudin, “Pengembangan Alat Destilator Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif,” *Pros. SNST Univ. Wahid Hasyim Semarang*, pp. 47–48, 2014.
- [8] M. Ichsan, B. S. Nugraha, and R. Winarso, “Analisa Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Pada Mesin Destilator Model Reflux,” *J. SIMETRIS*, vol. 6, no. 2, p. 318, 2015.
- [9] Djokosetyardjo, *KETEL UAP*. Jakarta: Pradnya Paramita, 2003.
- [10] J. P. Holman, *HEAT TRANSFER*. Singapore: McGraw-Hill.Inc, 1986.