

RANCANG BANGUN KONDENSOR PADA *DESTILATOR BIOETANOL* KAPASITAS 5 LITER/JAM DENGAN SKALA UMKM

Budi Rubianto

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: 201454102@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

Penggunaan bahan bakar minyak khususnya bahan bakar fosil disamping ketersediaannya semakin terbatas juga dapat merusak lingkungan yaitu menimbulkan polusi udara. Maka diperlukan produksi energi alternatif yang ramah lingkungan sebagai energi terbarukan pengganti bahan bakar fosil yaitu *bioethanol*. Dalam pelaksanaannya diperlukan alat sebagai proses destilasi yaitu destilator berpendingin kondensor untuk menghasilkan *bioethanol*. Kondensor berfungsi untuk mendinginkan uap ethanol pada siklus destilasi dari alat destilator *bioethanol*. Metode yang digunakan meliputi studi literatur, analisa kebutuhan teknis, proses perancangan, proses simulasi, gambar kerja, proses pembuatan, dan proses pengujian kondensor. Hasil yang diperoleh meliputi dimensi kondensor dengan tinggi total 600 mm dengan diameter 200 mm. menghasilkan ethanol dengan kapasitas 2,35 liter/jam dengan kemurnian 91 %.

Kata kunci: *bioethanol*, destilator, kemurnian, kondensor.

ABSTRACT

The use of fuel oil, especially fossil fuels, in addition to its increasingly limited availability can also damage the environment, which causes air pollution. Then the production of alternative energy that is environmentally friendly as a renewable energy substitute for fossil fuels is bioethanol. In its implementation, a device is needed as a distillation process, which is a condenser-cooled distillator to produce bioethanol. The condenser functions to cool ethanol vapor in the distillation cycle from the bioethanol destilator. The method used includes literature studies, technical requirements analysis, design process, simulation process, work drawings, manufacturing processes, and condenser testing processes. The results obtained include the dimensions of the condenser with a total height of 600 mm with a diameter of 200 mm. produces ethanol with a capacity of 2.35 liters / hour with a purity of 91%.

Keywords: *Bioethanol, destilator, purity, condenser.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia termasuk dalam organisasi penghasil minyak dunia, yaitu pada tahun 1989 menempati urutan 10 besar sebagai penghasil minyak bumi. Tetapi seiring dengan perkembangan jaman dan teknologi kebutuhan akan minyak setiap tahun akan terus mengalami peningkatan,

maka perlu adanya penghematan dalam penggunaan bahan bakar minyak tersebut. Penggunaan bahan bakar minyak khususnya bahan bakar fosil disamping ketersediaannya semakin terbatas juga dapat merusak lingkungan yaitu menimbulkan polusi udara [1]. Sehingga diperlukan energi alternatif sebagai proses pemenuhan energi yang dibutuhkan yaitu *bioethanol*.

Bioetanol merupakan suatu bentuk energy alternatif, karena dapat mengurangi ketergantungan terhadap Bahan Bakar Minyak (pengganti premium dan pertamax), sehingga pemakaiannya akan menghemat devisa dan sekaligus sebagai pemasok energi nasional. Bioetanol dapat diperoleh dari fermentasi bahan - bahan yang mengandung amilum, sukrosa, glukosa, maupun fruktosa, yang dihasilkan dari tetes tebu, singkong, jagung, sorghum maupun aren, sehingga bioethanol merupakan energi yang dapat diperbaharui. Bahan baku pembuatan bioetanol dibagi menjadi tiga kelompok yaitu bahan bersukrosa, bahan berpati, dan bahan berselulosa. Penggunaan bahan-bahan tersebut sebagai bahan baku bioetanol sudah banyak dilakukan. Diantaranya sari buah-buahan, ubi kayu, ubi jalar dan lainlain [2].

Dengan bahan baku *bioethanol* tersebut perlu adanya alat untuk memprosesnya, alat tersebut adalah destilator *bioethanol* dimana pada destilator tersebut diperlukan alat pendingin, yaitu kondensor. Kondensor merupakan komponen pendingin yang sangat penting yang berfungsi untuk memaksimalkan efisiensi pada mesin pendingin. Pada kondensor ini terjadi pelepasan kalor secara kondensasi dan kalor sensibel. Pada umumnya menggunakan kondensor tipe permukaan (*surface condenser*), tipe kondensor ini merupakan jenis *shell-tube* yang mana air pendingin disirkulasikan melalui *tube*[3].

Untuk memperoleh performan yang sebaik-baiknya maka alat penukar kalor harus dirancang dengan cara yang seksama dan seoptimal mungkin. Oleh karena itu penguasaan metode perancangan sebuah alat penukar kalor menjadi sangat penting karena akan memberikan kontribusi yang sangat besar kepada upaya peningkatan performance instalasi industri, yang berarti juga kepada upaya penghematan energi terutama di sektor industri[4].

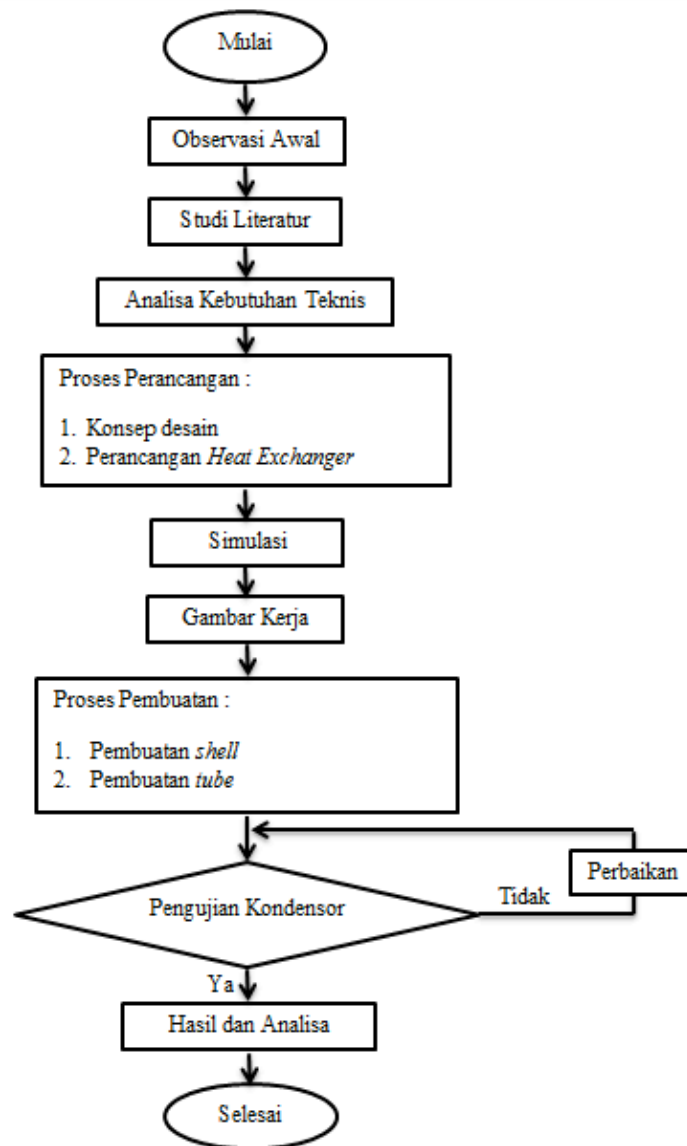
Pada penelitian sebelumnya telah di hasilkan tingkat kadar etanol mencapai 92% dengan waktu fermentasi selama 7 hari sedangkan bahan uji menggunakan ketela pohon[5].

Dari penelitian ini diharapkan mampu melakukan perancangan sebuah alat penukar kalor (APK) sesuai dengan standar yang berlaku sehingga dapat dihasilkan alat penukar kalor (APK) yang memiliki efektifitas yang tinggi[6].

Setelah melakukan pengamatan pemodelan kondensor terdapat beberapa kondensor tidak melalui proses pengujian terlebih dahulu sehingga proses kondensasi tidak dapat menghasilkan etanol yang diinginkan, dengan adanya proses perancangan kondensor pada destilator *bioethanol* dan melalui pengujian maka mendapatkan kondensasi yang sempurna dengan hasil etanol sesuai yang diinginkan, sehingga etanol yang diinginkan dapat tercapai sesuai dengan standar yang telah di tentukan sebelumnya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

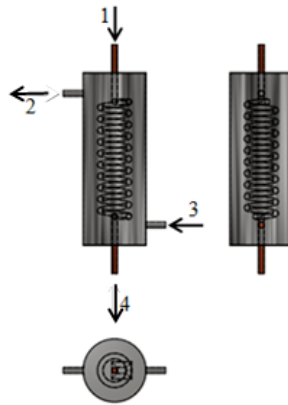
Setelah melakukan perancangan kondensor pada destilator bioetanol kapasitas 5 liter/jam dengan skala UMKM maka di perlukan diagram alir. Diagram alir dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian Kondensor

Tahap pertama dilakukan proses observasi lapangan pada komponen kondensor dari destilator *bioethanol*, selanjutnya dilakukan studi literatur pada artiket – artikel terkait, proses perancangan pada kondensor kemudian setelah melakukan perancangan di lanjutkan ke proses pembuatan kondensor. Setelah melakukan proses perancangan dan pembuatan kemudian melakukan proses pengujian untuk mengetahui layak atau tidaknya kondensor tersebut digunakan.

Dari beberapa proses pemilihan desain kondensor type helical tube adalah desain yang tepat karena konsep tersebut penampangnya lebih luas. dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini :



Gambar 2. Kondensor

Keterangan :

1. Uap masuk.
2. Air pendingin keluar.
3. Air pendingin masuk.
4. Kondensat / sudah menjadi etanol.

Prinsip kerja kondensor :

1. Uap dari menara refluks masuk ke pipa tembaga (*tube*).
2. Air pendingin dari tangki di alirkan dengan menggunakan pompa menuju ke tabung kondensor (*shell*).
3. Air akan bekerja untuk mendinginkan uap dengan cara sirkulasi.
4. Setelah melewati proses kondensasi uap tersebut akan menjadi etanol.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondensor

Kondensor merupakan alat penukar kalor yang berfungsi sebagai tahap akhir destilasi dengan cara mengubah uap panas menjadi etanol melalui proses kondensat atau pengembunan.[7]

Perancangan kondensor pada destilator *bioethanol* adalah berupa proses perencanaan pada *shell* dan *tube* yang akan digunakan untuk proses *heat transfer*. Adanya proses perhitungan ini bertujuan untuk memaksimal etanol yang akan dihasilkan pada saat pengujian mesin destilator *bioethanol*.

Perhitungan perancangan kondensor merupakan perhitungan untuk mencari nilai LMTD, faktor koreksi, *reynold numer*, *nuzlt number*, *koefisien konveksi* perpindahan panas, koefisien perpindahan panas total, kalor, luas permukaan, panjang pipa, jumlah *pitch*, jarak *pitch*, berdasarkan pada rumus berikut [8]:

Perhitungan *Log Mean Temperature Differential (LMTD)* dapat dilihat pada rumus 1:

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad (1)$$

ΔT_1 merupakan selisih temperatur uap masuk dan air pendingin keluar, ΔT_2 merupakan selisih temperatur uap keluar dan air pendingin masuk. Perhitungan faktor koreksi (F_c) dapat dilihat pada rumus 2:

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

R merupakan laju rasio, P merupakan efektifitas temperatur fluida dingin. Perhitungan *reynolds number* (Re) dapat dilihat pada rumus 3 :

$$Re = \frac{\rho \cdot u \cdot d_{in}}{\mu} \quad (3)$$

ρ merupakan massa jenis gas, u merupakan kecepatan laju aliran, μ merupakan koefisien gesek, d_{in} merupakan diameter dalam. Perhitungan nuzelt number (Nu) dapat dilihat pada rumus 4:

$$Nu = 2,8 \cdot De^{0,2} \cdot Pr^{0,28} \quad (4)$$

De merupakan *equifalen*, Pr merupakan *prandel number*. Perhitungan koefisien konveksi perpindahan panas dapat dilihat pada rumus 5:

$$h_i = Nu \cdot \frac{k}{d_{in}} \quad (5)$$

Nu merupakan *Nuzzelt Number*, k merupakan konduktifitas termal, d_{in} merupakan diameter dalam. Perhitungan koefisien perpindahan panas total (U_o) dapat dilihat pada rumus 6:

$$U_o = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_{fi} + \frac{t}{k} + \frac{1}{h_o}} \quad (6)$$

h merupakan koefisien konveksi, R_{fi} merupakan *resistance of fouling factor*, t merupakan tebal dinding, k merupakan konduktivitas termal. Perhitungan kalor (Q) dapat dilihat pada rumus 7:

$$Q = m_{uap} \cdot c_p \cdot (T_{hi} - T_{ho}) \quad (7)$$

m_{uap} merupakan laju aliran uap, c_p merupakan *spesifik heat*, T_{hi} merupakan uap panas masuk, T_{ho} merupakan uap keluar (etanol). Perhitungan luas permukaan pipa (A) dapat dilihat pada rumus 8:

$$A = \frac{Q}{U_o \cdot F \cdot \Delta T_m} \quad (8)$$

Q merupakan kalor, U_o merupakan koefisien perpindahan panas total, F merupakan faktor koreksi, ΔT_m merupakan nilai LMTD yang sudah dihiung dengan faktor koreksi. Perhitungan panjang pipa (L) dapat dilihat pada rumus 9:

$$L = \frac{A}{\pi \cdot d} \quad (9)$$

A merupakan permukaan pipa, d merupakan diameter pipa. Perhitungan jumlah *pitch* (n) dapat dilihat rumus 10:

$$n = \frac{\text{Panjang Tembaga}}{\text{Panjang 1 pitch}} \quad (10)$$

Jumlah *pitch* dapat dicari dengan mengetahui panjang tembaga dibagi dengan panjang 1 *pitch*. Jarak *pitch* (l) dapat dilihat pada rumus 11:

$$l = \frac{a}{n} \quad (11)$$

a merupakan luas permukaan pipa, n merupakan jumlah *pitch*.

3.2 Hasil Perhitungan Kondensor

Perhitungan dalam perancangan kondensor didasarkan pada beberapa rumus sebagaimana pada rumus 1-11 dengan hasil dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil perhitungan kondensor

Perhitungan	Hasil
<i>Log Mean Temperature Differential</i> (LMTD)	4,8°C
Koefisien kalor total (Uo)	0,00022 W/°C
Kalor (Q)	0,0032562 kW
Luas permukaan pipa (A)	0,426 m ²
Panjang pipa (L)	6500 mm
Jumlah <i>pitch</i> (n)	12
Jarak <i>pitch</i> (l)	50 mm

Berdasarkan proses perhitungan dalam perancangan telah dihasilkan penelitian perancangan kondensor pada destilator bioetanol kapasitas 5 liter/jam dengan skala UMKM, dengan spesifikasi sebagai berikut :

a. Shell

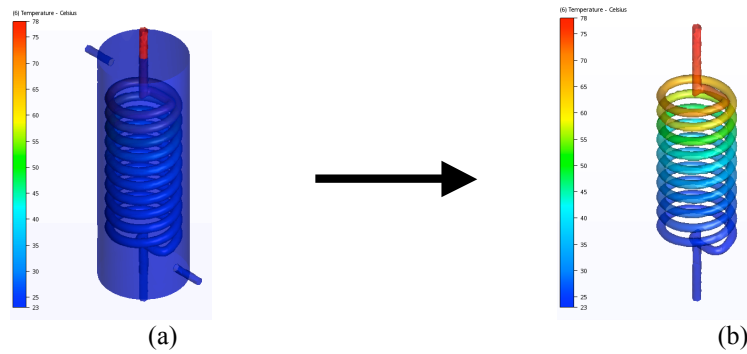
1. Material : Plat *stainless steel* 304 tebal 2 mm
2. Diameter : 200 mm
3. Tinggi : 600 mm

b. Pipa spiral (*Tube*)

1. Material : Tembaga tebal 1 mm.
2. Diameter : ½ inch
3. Panjang : 6500 mm.

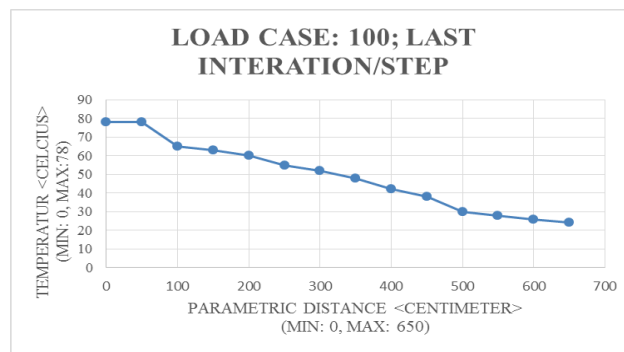
3.3 Proses Simulasi Desain

Proses simulasi pada perancangan kondensor menggunakan simulasi cfd (*Computational Fluida Dynamics*) yaitu proses simulasi heat transfer dengan data yang di masukkan berupa temperatur input fluida uap (thi) sebesar 78°C dan laju aliran 1,5 m/s sedangkan input data fluida air pendingin (tci) sebesar 23°C sedangkan debit yang di butuhkan 30 l/menit. Hasil simulasi CFD pada kondensor dapat dilihat pada gambar 3 berikut :



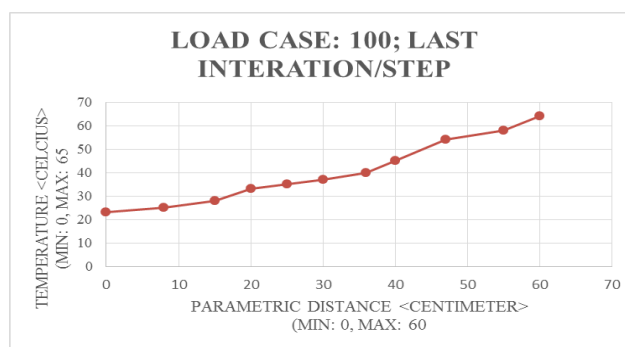
Gambar 3. Proses Simulasi CFD

Bedasarkan data simulasi CFD sebagaimana gambar 3 diatas maka di dapatkan hasil data output berupa grafik presentase dari fluida uap (etanol) dan fluida air. Grafik presentase simulasi CFD dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Grafik Penurunan Suhu Uap

Data *output* fluida uap (etanol) berdasarkan grafik yang diperoleh mendapatkan hasil temperatur 24 °C, menandakan terjadi penerunan temperatur kerja pada fluida uap. Sedangkan grafik presentase pada fluida air pendingin dapat dilihat pada gambar 5berikut.



Gambar 5. Grafik Kenaikan Suhu Air Pendingin

Sedangkan hasil data *output* grafik presentase fluida air pendingin mencapai temperatur 64 °c. Dimana pada fluida pendingin ini mengalami fase kenaikan temperatur kerja.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan proses pembuatan kondensor pada destilator bioetanol kapasitas 5 liter/jam dengan skala UMKM, maka di diperoleh hasil kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dirancang dan dibuat kondensor dengan shell berdiameter 200 mm dan tinggi tabung 600 mm berbahan stainless steel 304 dan tebal plat 2mm, sehingga proses sirkulasi air pendingin lebih sempurna.
2. Telah dirancang dan dibuat tube pada kondensor dengan diameter 180 mm dan tinggi 600mm dengan bahan tembaga 1/2 inch dan tebal pipa 1mm, berbahan pipa tembaga ASTM B208 sehingga proses pendinginan pada uap lebih sempurna .
3. Pada proses pengujian diperoleh temperatur masuk uap (T_{hi}) sebesar 78°C, sehingga dihasilkan etanol atau temperatur keluar uap (T_{ho}) sebesar 24°C
4. Telah di hasilkan etanol pada mesin destilator bioetanol dengan hasil 2,35 liter/jam dengan kemurnian 91 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sukadana and Tenaya, “Pengaruh Jumlah Tingkat Destilasi Kontinyu terhadap Kualitas dan Kapasitas Produksi Arak Bali sebagai Bahan Bakar Alternatif,” *Energi dan Manufaktur*, vol. 7, pp. 1–2, 2014.
- [2] N. K. Sari, “Vapor-Liquid Equilibrium (V_{le}) Water-Ethanol From Bulrush Fermentantion,” *Tek. Kim.*, vol. 5, no. 1, p. 5, 2010.
- [3] J. Delly, M. Hasbi, and A. Zenius, “Analisa Bioetanol Dari Nira Aren Menggunakan Destilasi Fraksinasi Ganda Sebagai Bahan Bakar,” *J. Ilm. Mhs. Tek. mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 3–4, 2016.
- [4] P. M. Ragi, J. Ragi, D. A. N. Waktu, H. S. Jhonprimen, A. Turnip, and M. H. Dahlan, “Pengaruh massa ragi, jenis ragi dan waktu fermentasi pada bioetanol dari biji durian,” *Tek. Kim.*, vol. 18, no. 2, p. 4, 2012.
- [5] M. Ichsan *et al.*, “Analisa Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Pada Mesin Destilator Model Reflux,” *SIMETRIS*, vol. 6, no. 2, p. 5, 2015.
- [6] S. Ihsan, “Perencanaan dan Analisa Perhitungan Jumlah Tube dan Diameter Shell pada Kondensor Berpendingin Air pada Sistem Refrigerasi NH 3,” *Teknol. proses Inov. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–3, 2017.
- [7] R. Winarso *et al.*, “Pengembangan Alat Destilator Bioetanol Model Refluk Bertingkat Dengan Bahan Baku Singkong,” *SIMETRIS*, vol. 5, no. 2, pp. 4–5, 2014.
- [8] J. . Holman, *Heat Transfer*. singapore: McGraw.Hill, 1986.