

ANALISA PIPA ALUR SPIRAL PADA ALAT PENYULING BIOETANOL

Didi Setiawan, Dwi Irawan

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara No. 116 Iringmulyo Kota Metro (0725) 42445-42454

ABSTRAK

Penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan titik didihnya. Pada penyulingan terdapat proses pertukaran kalor dimana pertukaran kalor ini dapat mempengaruhi hasil bioetanol yang dihasilkan. Pada proses penyulingan dalam penelitian ini alur yang dibuat adalah alur spiral, penyulingan ini dibuat dalam skala laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa banyak bioetanol yang dihasilkan dan berapa efisiensi penyulingan bioetanol. Hasil dari penelitian ini mendapatkan bioetanol sebanyak 4,55 liter, banyak kalor yang dibutuhkan untuk perebusan 7158,75 kJ, banyak kalor yang harus didinginkan 1146,6 kJ, banyak kalor yang diserap oleh air 1024,8 kJ, efisiensi termal 89,38 %, efisiensi penyulingan 13,18%, laju penyulingan bioetanol 0,24 liter/jam.

Abstrak : Kata kunci: penyulingan, alur spiral, bioetanol.

1. PENDAHULUAN

Kekhawatiran akan habisnya bahan bakar fosil ini menjadi perhatian dimasa depan untuk kepentingan itu sudah saatnya penggunaan sumber energi terbarukan berupa bahan bakar nabati (BBN) ditingkatkan, untuk menggantikan bahan bakar fosil yang semakin menipis. Bahan bakar nabati (BBN) cair berupa bioetanol sebagai pengganti bensin. Bioetanol berasal dari pati atau karbohidrat umbi-umbian seperti singkong, garut, ganyong, dan umbi-umbian sejenisnya.

Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan bioetanol adalah gayong yang merupakan salah satu tanaman umbi-umbian yang pemanfaatannya sangat kurang dan jumlahnya yang cukup banyak disekitar kita. Umbi ganyong berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif bioetanol, karena kandungan karbohidrat pada umbinya cukup tinggi. Secara singkat proses produksi bioetanol tersebut dapat dibagi dalam tiga tahap,

yaitu Persiapan bahan baku, Fermentasi, dan penyulingan.

Pada penyuling terdapat proses pertukaran kalor dimana pertukaran kalor ini dapat mempengaruhi hasil bioetanol yang dihasilkan, dalam pembuatan alur pipa diperlukan suatu rancangan bentuk alur penyuling yang sederhana dan optimal sesuai dengan teori yang ada, agar dapat digunakan untuk penyulingan skala industri kecil. Dalam pembuatan alur pipa penyuling dapat dibuat dengan beberapa bentuk alur seperti alur zig – zag, alur berliku, dan alur spiral. Dalam penelitian ini bentuk alur yang digunakan dalam proses penyulingan menggunakan pipa alur spiral supaya dapat memperluas permukaan pipa penyulingan yang terendam air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa banyak bioetanol yang dihasilkan dan berapa efisiensi penyulingan bioetanol.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Bioetanol

Bioetanol merupakan salah satu biofuel yang hadir sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan sifatnya yang terbarukan. Umbi ganyong dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif bioetanol, karena kandungan karbohidrat pada umbinya cukup tinggi. Secara singkat proses produksi bioetanol tersebut dapat dibagi dalam tiga tahap, yaitu Persiapan bahan baku, Fermentasi, dan penyulingan. Dalam pembuatan bioetanol pati dari umbi – umbian harus melalui proses fermentasi. Lama proses fermentasi umbi ganyong sekitar satu minggu. Bioetanol dapat digunakan dalam mesin bensin sebagai pengganti bensin, dalam penggunaannya etanol dicampur bensin dengan persentase tertentu.

Ganyong

Ganyong yang mempunyai nama latin (*canna edulis kerr*) merupakan tanaman herbal yang berasal dari Amerika Selatan merupakan salah satu tanaman jenis umbi-umbian yang banyak tumbuh disekitar kita yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif karena umbi ganyong memiliki unsur pati atau karbohidrat yang cukup tinggi.

Tabell kandungan ganyong

| No | Kandungan Gizi | Kadar yang Terkandung |
|----|-------------------|-----------------------|
| 1 | Kalori (kal) | 95 kal) |
| 2 | Protein (grm) | 1 (grm) |
| 3 | Lemak (grm) | 0,11 (grm) |
| 4 | Karbohidrat (grm) | 22,6 (grm) |
| 5 | Vitamin B1 (mg) | 10,1 (mg) |
| 6 | Vitamin C (mg) | 10 (mg) |
| 7 | Kalsium (mg) | 21 (mg) |
| 8 | Fosfor (mg) | 70 (mg) |
| 9 | Zat besi (mg) | 1,9 (mg) |
| 10 | Air (grm) | 75 (mg) |

Sumber :Aninda

Kalor

Kalor didefinisikan sebagai energi panas yang dimiliki oleh suatu zat. Dari hasil percobaan yang sering dilakukan besar kecilnya kalor yang dibutuhkan suatu benda (zat) bergantung pada 3 faktor yaitu :

1. Massa zat
2. Jenis zat (kalor jenis)
3. Perubahan suhu

Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari tentang laju perpindahan panas diantara material. Pada instalasi penyuling perpindahan panas dapat dianalisa dengan dua cara yaitu

- a. Dengan cara aliran atau konveksi.
Perpindahan panas secara aliran atau konveksi yaitu perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir disekitarnya.
- b. Dengan cara perambatan atau konduksi.
Perpindahan panas secara rambatan atau konduksi adalah proses perpindahan panas yang mengalir dari tempat yang memiliki suhu lebih tinggi ketempat yang suhunya lebih rendah, dengan media penghantar panas tetap.

Penyuling

Penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan titik didih uapnya sehingga zat yang memiliki titik didih paling rendah akan menguap terlebih dahulu. Pada suhu 78 °C (setara dengan titik didih alkohol) etanol akan menguap terlebih dulu dari pada air yang memiliki titik didih 100 °C . Proses perubahan uap menjadi cair atau penyulingan berlangsung di dalam tabung, dimana fluida uap mengalir di dalam pipa dan fluida pendingin di luar pipa dalam tabung. Pertukaran kalor dari permukaan dinding fluida panas dengan

fluida dingin berlangsung secara konduksi dan konveksi karena fluida pedingin hanya diam tanpa aliran. Dalam proses penyulingan ada 4 jenis penyulingan atau destilasi yaitu :

A. Destilasi Sederhana

Pada destilasi sederhana, dasar pemisahannya adalah perbedaan titik didih yang jauh atau dengan salah satu komponen bersifat volatil.

B. Destilasi Fraksionisasi

Fungsi destilasi fraksionasi adalah memisahkan komponen-komponen cair, dua atau lebih, dari suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Distilasi ini juga dapat digunakan untuk campuran dengan perbedaan titik didih kurang dari 20 °C dan bekerja pada tekanan atmosfer atau dengan tekanan rendah.

C. Destilasi Uap

Destilasi uap digunakan pada campuran senyawa-senyawa yang memiliki titik didih mencapai 200 °C atau lebih. Distilasi uap dapat menguapkan senyawa-senyawa ini dengan suhu mendekati 100 °C dalam tekanan atmosfer dengan menggunakan uap atau air mendidih.

D. Destilasi Vakum

Destilasi vakum biasanya digunakan jika senyawa yang ingin didistilasi tidak stabil, dengan pengertian dapat terdekomposisi sebelum atau mendekati titik didihnya atau campuran yang memiliki titik didih di atas 150 °C. Metode distilasi ini tidak dapat digunakan pada pelarut dengan titik didih yang rendah jika kondensornya menggunakan air dingin, karena komponen yang menguap tidak dapat dikondensasi oleh air. Untuk mengurangi tekanan digunakan pompa vakum atau aspirator.

Fase – fase yang terjadi dalam penyulingan

Uap jenuh yang dihasilkan dari ketel perebusan dimasukkan ke dalam pipa penyulingan didalam pipa penyulingan uap akan mengalami beberapa fase perubahan sebelum menjadi etanol cair. Uap yang ada pada pipa akan mengembun pada suhu tertentu saat didinginkan, waktu melakukan pendinginan disarankan dimulai dari kolom penyulingan bagian atas terlebih dahulu yang didinginkan agar embun mengalir ke kolom bagian bawah yang lebih panas, pada bagian ini akan mendidihkan uap yang tadi sudah dicairkan dengan menghasilkan uap etanol baru dengan kadar alkohol yang lebih tinggi. Uap yang tadi mencair akan menguap kembali dan akan diembunkan lagi dan menghasilkan cairan etanol dengan kadar yang lebih tinggi. Jadi, dengan mengulang – ulang proses penguapan dan pengembunan dalam sekali proses penyulingan akan meningkatkan kadar etanol yang dihasilkan.

Bentuk alur penyulingan

a. Bentuk alur berliku-liku

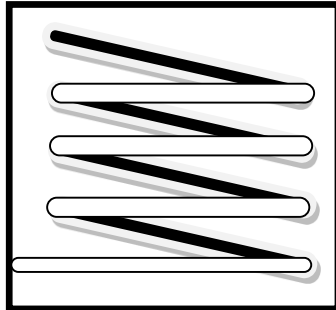
Penyuling ini dibuat dengan alur berliku-liku dengan arah vertical.



Gambar 1 Alur berliku-liku

b. Bentuk alur spiral

Penyuling ini dibuat dengan alur spiral atau lingkaran yang tersusun menurun dalam tangki pendingin.



Gambar 2. 2 Alur spiral

c. Bentuk alur zig zag

Penyuling ini dibuat dengan alur zig zag yang tersusun menurun kebawah dalam tangki pendinginan.

Alur spiral

Alur spiral adalah alur yang dibuat melingkar kebawah menggunakan bahan pipa. Alat ini mempunyai tujuan untuk mendinginkan uap panas yang melalui pipa sehingga menjadi cair kembali, umumnya digunakan sebagai alat penyulingan, misalnya pada alat penyulingan minyak nilam, alat penyulingan bioetanol, dan lain-lain. Dalam proses penyulingan ini untuk pendinginan uap tersebut menggunakan media air, karena air mudah menyerap dan melepas panas.

Cara Kerja Penyuling

Secara garis besar prinsip kerja penyuling adalah merubah uap menjadi cair dengan cara didinginkan menggunakan air sebagai media pendingin. Proses yang terjadi dalam pipa penyulingan :

- a. Uap panas etanol masuk ke pipa penyuling

- b. Uap ini akan berubah menjadi embun karena adanya perbedaan suhu antara pipa penyuling dan suhu air yang berada dalam tangki penyuling

- c. Embun akan mengalir kebawah selama embun mengalir bila pipa penyuling didinginkan secara terus – menerus maka embun akan berubah menjadi bioetanol cair.

Analisa Perhitungan

- a. Untuk mencari panas yang akan dilepas pada penyulingan bioetanol dan banyak kalor yang dibutuhkan untuk perebusan bioetanol dapat digunakan persamaan di bawah ini :
 $Q = G_1 \times \Delta \text{entalpi}$

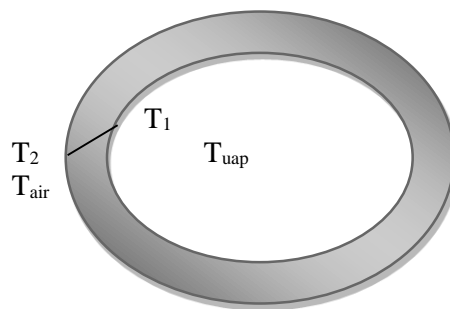
Keterangan :

Q = Panas yang dilepas(kJ)

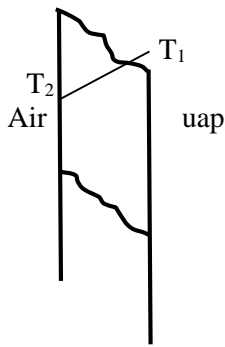
G₁ = Massa air yang dipanaskan(kg)

$\Delta \text{entalpi} = (w_{d2} - w_{d1}) (\text{kJ} / \text{kg})$

- b. Untuk menganalisa perpindahan panas yang terjadi pada pipa penyulingan bioetanol :



Gambar 2. 4 penampang pipa



Gambar 2. 5 dinding pipa

Dari gambar dapat diperoleh persamaan sebagai berikut

$$Q_{K1} = \alpha \cdot A \cdot (T_b - T_1)$$

$$Q_{K2} = \alpha \cdot A \cdot (T_2 - T_c)$$

Keterangan :

Q_{K1} = Jumlah panas yang diserahkan dinding pipa bagian dalam (kJ/Jam)

Q_{K2} = Jumlah panas yang diserahkan dinding pipa bagian luar (kJ/Jam)

T_b = Temperatur uap ($^{\circ}\text{C}$)

T_c = Temperatur air ($^{\circ}\text{C}$)

T_1 = Temperatur dinding pipa bagian dalam ($^{\circ}\text{C}$)

T_2 = Temperatur dinding pipa bagian luar ($^{\circ}\text{C}$)

A = Luas permukaan pipa yang terendam air (m^2)

α = Angka peralihan panas (kJ /Jam. m^2 . $^{\circ}\text{C}$)

- c. Untuk mencari perpindahan panas diketel perebusan dapat digunakan persamaan di bawah ini :

$$q = \frac{-k \cdot A}{x} \frac{T_s - T_b}{\text{Holman}} \quad (\text{J. P.})$$

Keterangan :

q = Banyak panas yang dibutuhkan di ketel perebusan (kJ / jam)

k = Konduktivitas termal (kJ /jam. m. $^{\circ}\text{C}$)

T_c = Dinding ketel yang berbatasan dengan api ($^{\circ}\text{C}$)

T_b = Temperatur di dalam ketel ($^{\circ}\text{C}$)

A = Luas penampang (m^2)

x = Tebal plat (m)

- d. Untuk mencari banyak kalor yang arus didinginkan

$$Q = G_2 \cdot C_p \cdot T_b$$

Keterangan :

Q = Banyak kalor yang diterima air pendingin (kJ)

G_2 = Massa air yang tersuling (kg)

C_p = Kalor jenis uap air (J/kg $^{\circ}\text{C}$)

T_b = Temperatur uap ($^{\circ}\text{C}$)

- e. Untuk mencari banyak kalor yang diserap oalah air dapat digunakan persamaan di bawah ini :

$$Q = G_3 \cdot C_p \cdot (T_c - T_d)$$

Keterangan :

Q = Banyak kalor yang diterima air pendingin (kJ)

G_3 = Massa air pendingin (kg)

C_p = Kalor jenis air (J/kg $^{\circ}\text{C}$)

T_c = Suhu air pendingin awal penyulingan ($^{\circ}\text{C}$)

T_d = Suhu air pendingin akhir penyulingan ($^{\circ}\text{C}$)

- f. Untuk mencari perpindahan panas secara konduksi pada pipa penyuling dapat digunakan persamaan di bawah ini :

$$\frac{q}{l} = \frac{2 \cdot \pi (T_1 - T_2)}{\ln(r_1/r_2) \cdot k} \quad (\text{J. P. Holman})$$

Keterangan :

q = Panas yang dipindahkan pada pipa penyuling(kJ)

T₁ = Temperatur dinding pipa yang berbatasan dengan uap(°C)

T₂ = Temperatur dinding pipa yang berbatasan dengan air(°C)

k = Konduktivitas termal(kJ /jam. m. °C)

r₁ = Jari - jari pipa bagian luar (m)

r₂ = Jari - jari pipa bagian dalam(m)

l = Panjang pipa(m)

- g. Untuk mencari efisiensi termal pada proses penyuling dapat digunakan persamaan di bawah ini:

$$\eta_k = \frac{\text{kalor yang diserap air}}{\text{kalor yang dibutuhkan untuk perebusan}} \times 100\%$$

- h. Untuk mencari efisiensi penyuling dapat digunakan persamaan di bawah ini :

$$\eta_p = \frac{\text{bioetanol yang dihasilkan}}{\text{bahan baku bioetanol}} \times 100\%$$

- i. Untuk mencari laju bioetanol dapat digunakan persamaan di bawah ini :

$$q = \frac{\text{Bioetanol yang dihasilkan}}{\text{Waktu penyulingan}}$$

METODE PENELITIAN

1. Tahap penelitian

- Persiapkan alat dan bahan yang digunakan.
- Pasang pipa yang masing – masing ujungnya dihubungkan

dengan lubang keluar ketel dan lubang masuk uap pada penyuling

- Masukkan air ketangkai penyuling sebagai media pendingin.
- Pasang termometer ke titik yang akan diukur
- Melihat dan mencatat kenaikan suhu pada proses penyulingan dalam waktu tertentu
- Mencatat hasil penelitian
- Mengelola data yang didapat dari penelitian
- Hasil

2. Desain alat penyuling

- Penyuling dibuat dengan alur spiral dan bahan pipa penyuling yang digunakan pipa baja karbon rendah dengan diameter ½ inchi (0,0127 m).
- Jari – jari pipa bagian dalam 0,00535 m
- Jari – jari pipa bagian luar 0,00635 m
- Jumlah lingkaran penyuling 10
- Panjang pipa penyuling yang terendam air 10 m (1)
- Tebal pipa penyuling 0,002 m
- Tebal plat dinding penyuling 0,002 m
- Diameter lingkaran spiral 0,318 m
- Diameter tabung penyuling 0,4 m
- Tinggi tabung penyuling 0,5 m
- Jarak antara alur penyuling 0,035 m

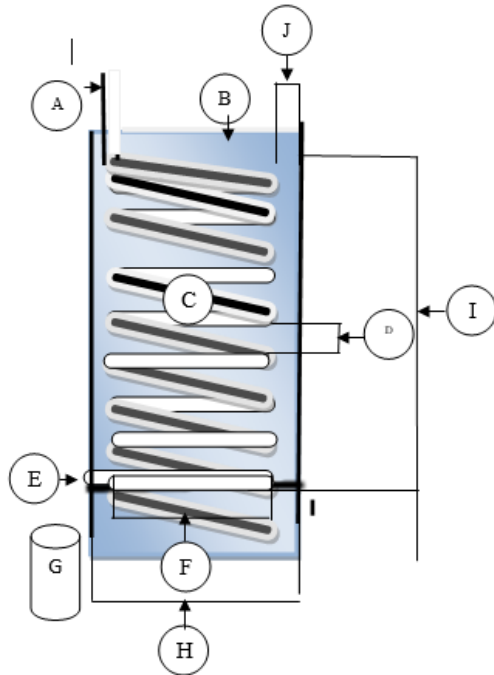
- l. Jarak antara pipa penyuling dengan dinding tabung penyuling 0,02 m

3. Data lapangan

- a. Jumlah pati 8,3 kg
- b. Perbandingan air dan pati adalah 3 kg : 1 kg
- c. Bubur gayong yang direbus 35 kg
- d. Bubur gayong yang sudah difermentasi (G_1) = 34,5 kg
- e. Temperatur awal air yang berada pada ketel (T_a) = 29 °C
- f. Temperatur akhir air yang berada pada ketel atau temperatur uap (T_b) = 78 °C
- g. Temperatur awal air yang berada pada tabung penyulingan (T_c) = 29 °C
- h. Temperatur akhir air yang berada pada tabung penyulingan (T_d) = 33 °C
- i. Temperatur dinding ketel yang berbatasan dengan api (T_e) = 135 °C
- j. Kalor jenis air (C_{p1}) = 4200 J/kg °C
- k. Kalor jenis uap (C_{p2}) = 2100 J/kg °C
- l. Massa air yang tersuling (G_2) = 7 kg
Massa air yang berada pada tabung penyulingan (G_3) = 61 kg
- m. Waktu penyulingan = 19 jam
- n. Bioetanol yang dihasilkan = 4,55 liter
- o. Konduktivitas termal (k) = 43 W / m.°C = 154,8 kJ/Jam.m.°C

- p. Nilai koefisien perpindahan panas kondensasi untuk uap (α_1) = 9600 W / m².°C = 34560 kJ/Jam.m².°C
- q. Nilai koefisien perpindahan panas konveksi (α_2) = 890 W / m².°C = 3204 kJ/Jam.m².°C
- r. Diameter tabung ketel = 350 mm

Gambar penyuling yang digunakan



Keterangan gambar penyuling :

- A. Pipa masuk uap dengan diameter ½ inchi
- B. Air pendingin
- C. Alur pipa spiral dengan jumlah 10 lingkaran
- D. Jarak antar alur 35 mm
- E. Pipa keluar etanol
- F. Diameter linkaran spiral 318 mm
- G. Tempat penampungan bioetanol
- H. Diameter tangki penyuling 400 mm
- I. Tinggi tabung penyuling 500 mm
- J. Jarak antara alur dengan dinding tabung 20 mm

PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Banyak kalor yang dibutuhkan untuk proses perebusan di ketel

- $T_a = 29^{\circ}\text{C}$ Entalpi air mendidih (w_{d1})
- $= 121 \text{ kJ/kg}$
- $T_b = 78^{\circ}\text{C}$ Entalpi air mendidih (w_{d2}) $= 328,5 \text{ kJ/kg}$

Makabanyakkalor yang dibutuhkan untuk proses perebusan

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= G_1 \times (w_{d1} - w_{d2}) \\
 &= 34,5 \text{ kg} \times \left(328,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 121 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \\
 &= 34,5 \text{ kg} \times \left(207,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \\
 &= 7158,75 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Perpindahan panas diketel perebusan

- Luas dinding ketel yang bersentuhan dengan api

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \pi \times r^2 \\
 &= 3,14 \times 0,175^2 \\
 &= 0,96 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- perpindahan panas diketel perebusan

$$\begin{aligned}
 q &= -k \cdot A_1 \frac{T_b - T_e}{x} \\
 &= - 154,8 \text{ kJ/Jam} \cdot \text{m} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot 0,096 \\
 &\quad \cdot \frac{78^{\circ}\text{C} - 135^{\circ}\text{C}}{0,002 \text{ m}} \\
 &= - 14,89 \text{ kJ} \cdot \text{m/Jam} \cdot ^{\circ}\text{C} \\
 &\quad (- 28500^{\circ}\text{C/m}) \\
 &= 424249,72 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

Perpindahan panas secara konveksi pada proses penyulingan

- Luas pipa yang terendam air

$$\begin{aligned}
 A_2 &= 2 \pi r l \\
 &= 2 \cdot 3,14 \cdot 0,00635 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} \\
 &= 0,398 \text{ m}^2 \\
 &= 0,4 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- Temperatur dinding pipa yang berbatasan dengan uap

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= \alpha_1 \cdot A_2 \cdot (T_b - T_1) \\
 T_1 &= T_u + \frac{Q_1}{\alpha_1 \cdot A_2} \\
 &= 78^0 \text{ C} + \frac{7158,75 \frac{\text{kJ}}{\text{Jam}}}{34560 \frac{\text{kJ}}{\text{Jam}} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot 0,4 \text{ m}^2} \\
 &= 78^0 \text{ C} + \frac{7158,75 \frac{\text{kJ}}{\text{Jam}}}{13824 \frac{\text{kJ}}{\text{Jam}} \cdot ^\circ\text{C}} \\
 &= 78^0 \text{ C} + 0,52^0 \text{ C} \\
 &= 78,52^0 \text{ C}
 \end{aligned}$$

- Temperatur dinding pipa yang berbatasan dengan air

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= \alpha_2 \cdot A_2 \cdot (T_2 - T_d) \\
 T_2 &= T_d + \frac{Q_1}{\alpha_2 \cdot A_2} \\
 &= 33^0 \text{ C} + \frac{7158,75 \frac{\text{kJ}}{\text{Jam}}}{3204 \frac{\text{kJ}}{\text{Jam}} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot 0,4 \text{ m}^2} \\
 &= 33^0 \text{ C} + \frac{7158,75 \frac{\text{kJ}}{\text{Jam}}}{1281,6 \frac{\text{kJ}}{\text{Jam}} \cdot ^\circ\text{C}} \\
 &= 33^0 \text{ C} + 5,59^0 \text{ C} \\
 &= 38,59^0 \text{ C}
 \end{aligned}$$

Perpindahan panas secara konduksi pada pipa spiral dalam proses penyulingan

- Perpindahan panas secara konduksi pada pipa penyuling per meter

$$\begin{aligned}
 \frac{Q_3}{l} &= \frac{2 \cdot \pi (T_1 - T_2)}{\ln(r_1/r_2)} \\
 \frac{Q_3}{l} &= \frac{2 \cdot 3,14 (78,52^0 \text{ C} - 38,59^0 \text{ C})}{\ln(0,00635 \text{ m} / 0,00535 \text{ m})} \\
 &= \frac{6,48 (39,93^0 \text{ C})}{154,8 \frac{\text{kJ}}{\text{Jam}} \cdot \text{m} \cdot ^\circ\text{C}}
 \end{aligned}$$

$$\frac{Q_3}{l} = \frac{6,48 (39,93^0 \text{ C})}{\ln(1,19) \cdot 154 \frac{\text{kJ}}{\text{Jam}} \cdot \text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\frac{Q_3}{l} = \frac{258,75^0 \text{ C}}{0,00112 \frac{\text{kJ}}{\text{Jam}} \cdot \text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\frac{Q_3}{l} = 231026,79 \frac{\text{kJ}}{\text{Jam}} \cdot \text{m}$$

- Perpindahan panas secara konduksi total pada pipa penyulingan

$$\begin{aligned}
 Q_{3\text{total}} &= \text{perpindahan panas per meter} \times l \\
 &= 231026,79 \text{ kJ/Jam} \cdot \text{m} \times 10 \text{ m} \\
 &= 2310267,9 \text{ kJ/Jam}
 \end{aligned}$$

Banyak kalor yang harus didinginkan

$$q = G_2 \cdot C_p \cdot T_u$$
$$= 7 \text{ kg} \cdot 2,1 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \cdot 78^\circ\text{C}$$
$$= 1146,6 \text{ kJ}$$

Banyak kalor yang diserap air pendingin

$$q = G_3 \cdot C_p \cdot (T_d - T_c)$$
$$= 61 \text{ kg} \cdot 4,2 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \cdot (33^\circ\text{C} - 29^\circ\text{C})$$
$$= 256,2 \text{ kJ/ } ^\circ\text{C} \cdot (4^\circ\text{C})$$
$$= 1024,8 \text{ kJ}$$

Efisiensi termal

$$\eta_t = \frac{\text{banyaknya kalor yang diserap air}}{\text{banyak kalor yang harus didinginkan}} \times 100$$
$$= \frac{1024,8 \text{ kJ}}{1146,6 \text{ kJ}} \times 100 \%$$
$$= 89,38 \%$$

Efisiensi penyulingan bioetanol

$$\eta_p = \frac{\text{bioetanol yang dihasilkan}}{\text{bahan baku bioetanol}} \times 100 \%$$
$$= \frac{4,55 \text{ kg}}{34,5 \text{ kg}} \times 100 \%$$
$$= 13,18 \%$$

Laju penyulingan bioetanol

$$q = \frac{\text{Bioetanol yang dihasilkan}}{\text{Waktu penyulingan}}$$
$$= \frac{4,55 \text{ liter}}{19 \text{ jam}}$$
$$= 0,24 \text{ liter / jam}$$
$$= 0,067 \text{ mili liter/detik}$$

Pembahasan

Untuk menguapkan bubuk gayong yang telah difermentasi untuk menghasilkan

bioetanol kita memerlukan sejumlah energi, energi yang dibutuhkan untuk menguapkan bubuk gayong sebesar 7158,75 kJ. proses perpindahan panas didalam pipa penyuling dianalisa dengan dua cara yaitu secara konveksi dan konduksi, untuk perpindahan secara konveksi yang terjadi adalah, dari temperatur uap bioetanol 78 °C fluida bergerak ke arah dinding pipa sehingga temperatur dinding pipa yang berbatasan dengan uap bioetanol menjadi 78,52 °C, pada tagki penyuling temperatur air 33 °C. Karena ada perbedaan temperatur antara didalam pipa dan air dalam tangki penyuling sehingga temperatur dinding pipa yang berbatasan dengan uap bioetanol menjadi 38,59 °C. Sedangkan energi yang terserap air sebanyak 1024,8 kJ. Sementara itu perpindahan panas secara konduksi yang terjadi pada proses perebusan uap gayong sebesar 424249,72 kJ/jam . dan yang terjadi pada pipa penyuling per meter sebesar 2301026,79 $\frac{\text{kJ}}{\text{Jam} \cdot \text{m}}$ sehingga perpindahan panas secara konduksi pada penyulingan sebesar 23010267,9 $\frac{\text{kJ}}{\text{jam}}$. Sedangkan bioetanol yang didapat sebanyak 4,55 liter.

Dari data yang telah diperoleh, dapat untuk mencari efisiensi yang terjadi pada proses penyulingan yang terjadi seperti, efisiensi termal sebesar 89,38 % dan efisiensi penyulingan yang terjadi sebesar 13,18 %, selanjutnya laju penyulingan yang terjadi 0,24 liter / jam

KESIMPULAN

Analisa perpindahan panas yang terjadi selama proses penyulingan : temperatur dinding pipa yang berbatasan dengan uap 78,52 °C , temperatur dinding pipa yang berbatasan dengan air 38,59 °C , perpindahan panas secara konduksi pada pipa penyuling per meter 231026,79

$\frac{\text{kJ}}{\text{Jam}} \cdot \text{m}$, perpindahan panas secara konduksi pada pipa penyuling total $\frac{\text{kJ}}{\text{Jam}}$, perpindahan panas secara konduksi pada perebusan sebesar 424249,71 kJ/jam, selama proses penyulingan banyaknya bioetanol yang dihasilkan 4,55 liter, efisiensi termal yang terjadi pada pipa penyulingan sebesar 89%, efisiensi penyulingan pada proses pembuatan bioetanol sebesar 13,18 %, sedangkan laju penyulingan yang terjadilaju penyulingan 0,24 liter / jam

DAFTAR PUSTAKA

Annida, 30 Desember 2011 “Kandungan Gizi Serta Nutrisi Ganyong”. (online) <http://tepungganyong.annida.net/?p=26> di akses tanggal 15 Maret 2012

Ruhayat, nanang. “pembuatan prototype”. staf pengajar fakultas teknik industri universitas mercu buana

Artikel non-personal, 23 Maret 2008, “kalor” (oline), <http://alljabbar.wordpress.com/2008/03/23/kalor> diakses 19 maret 2012

Artikel non-personal, 5 Maret 2012, “suhu”, Wikipedia Bahasa Indonesia (online). <http://id.wikipedia.org/wiki/Suhu>. diakses 15 maret 2012

Chadidjah, Siti dan Wiyoto. “Konsep Teknologi Renewable Energi”, Jakarta. Genta Pustaka. 2011

Djokosytyardjo, M, J. “ketel uap”, Jakarta. PT Prandya Paramita. 1993

Holman, J, P. “perpindahan kalor”, Jakarta. PT gelora aksara pratama. 1997

Mahardian, Andi, 17 oktober 2008, “alat destilasi manual bioetanol”,

(online) http://bioethanolmania.multiply.com/journal/item/1?&show_interstitial=1&u=%2Fjournal%2Fitem diakses 15 maret 2012

Richana, Nur. “Bioetanol bahan baku, Teknologi, Produksi, dan Pengendalian Mutu”. Bandung. Nuansa Cendikia. 2011.

Suryanto, edi. Jaan, R, Rasa. To, podung, A. “distilasi fraksinasi alkohol dari nira aren sebagai model teknologi tepat guna pedesaan ” (online),. <http://arenindonesia.wordpress.com/makalah-aren/edi-suryanto-et-al> diakses 10 maret 2012

Suwarda, Rosiniyati. “analisa energi proses penyulingan minyak akar wangi dengan peningkatkan tekanan dan laju alir uap air secara bertahap” IPB (Bogor agricultural university). 2010