

# Produksi bioetanol melalui sistem distilasi nira dari pohon nipah dengan pemanfaatan energi panas kolektor surya

Azwar Hayat<sup>1</sup>, Mulyadi<sup>2</sup>, A. Erwin Eka Putra<sup>1</sup>, Novriany Amaliyah<sup>1</sup>, M. Noor Umar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Jl. Poros Malino Km. 6 Gowa Sulawesi

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Jl. Poros Malino Km. 6 Gowa Sulawesi  
Email korespondensi: azwar.hayat@unhas.ac.id

## Abstrak

Proses distilasi nira dari pohon nipah sebagai sumber utama bioetanol telah dilakukan dengan menggunakan kolektor surya. Pada penelitian ini, nira yang tanpa melalui proses fermentasi dialirkan di bagian bawah modul kolektor surya untuk menyerap panas secara langsung dari kolektor. Tipe kolektor yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe plat datar dengan kaca penutup tunggal. Nira dialirkan didalam pipa tembaga dengan plat aluminium yang telah dihitamkan sebagai plat penyerap panas (absorber). Uji kandungan nira nipah sebelum destilasi menunjukkan kandungan alkohol sekitar 5%; glukosa 0,04%; sukrosa 0,32%; abu 0,48%; dan sisanya adalah air. Setelah proses destilasi terlihat penurunan alkohol sekitar 1%. Perpindahan panas dari yang terjadi berupa konveksi dan radiasi dari udara luar ke kaca penutup, dari penutup ke udara didalam kolektor. Perpindahan panas radiasi dan konveksi dari penutup ke plat absorber telah diperhitungkan. Panas yang berguna untuk proses distilasi dinyatakan sebagai efisiensi aktual sebesar 42,24%, sedangkan untuk efisiensi teoritis sebesar 44,25%.

**Kata kunci:** nira nipah, bio-etanol, distilasi, kolektor plat datar.

## Abstract

The distillation process of neera from Nipah tree as the main source of bioethanol has been conducted by using solar collector. In this study, the neera without fermentation process was directed at the bottom of solar collector module to absorb heat directly from the collector. The type of collector used in this study is flat plate type with single cover glass. Neera directed inside a copper pipe with blackened aluminum as an absorbent plate (absorber). The test of Nipah neera content before distillation showed alcohol content about 5%; glucose 0,04%; sucrose 0,32%; ash 0,48%; and the rest is water. After distillation process, alcohol decreased about 1%. The heat transfers at the system are convection and radiation, from outside air to cover glass, from cover to air inside the collector. The convection and radiation heat transfers from cover to absorber plate were calculated. The heat that useful for distillation process is expressed as the actual efficiency of 42,42%, while theoretical efficiency is 44,25%.

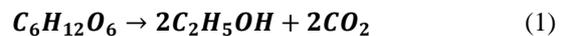
**Keywords:** neera of nipah tree, bio-ethanol, distillation, flat plate collector.

## 1. Pendahuluan

Nira sebagai sumber utama bioetanol umumnya dihasilkan dari tumbuhan yang juga merupakan sumber makanan. Bioetanol banyak dimanfaatkan pada produk makanan maupun obat-obatan. Tumbuhan lain sebagai sumber potensial bahan baku bioetanol adalah nira dari nipah, yang mempunyai kandungan selulosa dan hemiselulosa. Tumbuhan lain sebagai sumber potensial bahan baku bioetanol adalah Nipah, Aren, dan Lontar. Nipah, merupakan tumbuhan kelompok tanaman mangrove dengan luas 0,75-1,35 juta Hektar di Indonesia dan bukan merupakan sumber pangan [1].

Etanol sebagai salah satu sumber energi alternatif yang berpotensi sebagai energi substitusi bahan bakar bensin. Selain itu, etanol juga dapat menjadi bahan baku untuk memproduksi hidrogen [2].

Nira yang dihasilkan dari nipah mempunyai kandungan selulosa dan hemiselulosa pada kisaran 28,9 – 45,6 % berat dan 21,8 – 26,4 % berat [3]. Proses produksi bioetanol dari selulosa diawali dengan konversi dari gula seperti pada reaksi (1) berikut :



Dimana 1 gram glukosa difermentasi menggunakan agen mikroba hidup (*yeast*) yang salah satunya adalah *Saccharomyces cereviceae* dapat menghasilkan 0,51 gram bioetanol dan 0,49 gram karbon dioksida [4]. Proses selanjutnya adalah proses pemurnian bioetanol melalui pemisahan cairan bioetanol dan air dengan pemanasan atau vakum, atau keduanya.

Energi alternatif lain yang dapat digunakan secara langsung adalah energi matahari. Energi ini telah banyak diaplikasikan sebagai sumber energi listrik dan energi panas. Kolektor surya yang memanfaatkan

energi panas dari matahari dapat digunakan untuk pemanasan air [5-7] dan oli [8].

Matahari sebagai sumber energi utama bagi makhluk hidup di bumi memiliki temperatur berkisar 5777 K. Suhu di daerah pusat luar diperkirakan  $8 \times 10^6$  sampai  $40 \times 10^6$  K dan massa jenisnya diperkirakan sekitar 100 kali dari air. Diperkirakan bahwa 90% dari energi yang dihasilkan di wilayah 0 sampai 0.23R (dimana R adalah jari-jari matahari) yang mengandung 40% dari massa matahari. Pada 0.7R jarak dari pusat, suhu telah turun menjadi sekitar 130.000 K dan massa jenis turun menjadi  $70 \text{ kg/m}^3$ , proses konveksi mulai menjadi penting, dan zona 0,7-1,0 R dikenal sebagai zona konvektif. Dalam zona ini suhu turun menjadi sekitar 5000 K dan massa jenis sekitar  $10\text{-}5 \text{ kg/m}^3$  [9].

Radiasi surya yang tersedia diluar atmosfer bumi seperti yang diungkapkan oleh konstanta surya sebesar  $1353 \text{ W/m}^2$  dikurangi oleh intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. *Solar constant* adalah energi dari matahari persatuan waktu diterima pada satuan luas permukaan tegak lurus terhadap arah rambatan dari radiasi pada rata-rata jarak bumi-matahari di luar atmosfer. Radiasi yang tiba di bumi telah mengalami perubahan yang disebabkan oleh refleksi dan penyebaran di atmosfer bumi. Radiasi yang tak mengalami perubahan arah disebut radiasi sorot (*beam radition*,  $I_b$ ) sedang radiasi yang telah mengalami perubahan arah karena refleksi dan penyebaran dinamakan radiasi difusi (*diffuse radiation*,  $I_d$ ). Jumlah radiasi sorot dan difusi radiasi global ( $I_g$ ). Pada cuaca terang radiasi sorot  $0,9 \text{ kW/m}^2$ . Radiasi difusi diukur berdasarkan atas fluks gelombang pendek yang tiba pada permukaan horizontal menghadap ke atas. Pada cuaca terang radiasi difusi berkisar  $0,1 \text{ kW/m}^2$ , sedang pada cuaca berawan harga tersebut berkisar  $0,3 - 0,6 \text{ kW/m}^2$ . Bila  $I_{bn}$  fluks radiasi matahari langsung yang tiba pada permukaan tegak lurus pada sinar sorot,  $\theta$  adalah sudut tiba (*incident angle*) sinar sorot pada permukaan horizontal, dan  $I_d$  adalah radiasi difusi matahari tiba pada permukaan horizontal, maka radiasi global ditunjukkan pada persamaan (2).

$$I_g = I_{bn} \cos \theta + I_d \quad (2)$$

Fluks radiasi matahari diukur dengan menggunakan alat piranometer dan pyrheliometer. Untuk mengukur radiasi global dan difusi adalah alat piranometer. Bila terpasang horizontal dan menghadap ke atas, radiasi yang terukur adalah radiasi global. Bila alat tersebut digunakan dengan perlengkapan tudung (untuk menghalangi radiasi sinar langsung yang tiba pada alat, maka yang diukur adalah radiasi difusi. Untuk mengukur radiasi sorot digunakan alat pirheliometer. Sensor pada alat tersebut senantiasa diarahkan ke sinar matahari, sehingga radiasi difusi terhalang dan yang terukur adalah radiasi sorot [10].

Perpindahan panas yang terjadi pada kolektor berupa konveksi dan radiasi dari udara luar ke kaca penutup,

dari penutup ke udara didalam kolektor, perpindahan panas radiasi dan konveksi dari penutup ke plat *absorber*.

Koefisien perpindahan panas konveksi oleh kaca penutup transparan terhadap udara luar, didasarkan pada hembusan angin di atas penutup transparan. Bilangan Reynold,  $Re$ , menunjukkan jenis aliran udara yang diperoleh dengan persamaan (3).

$$Re = V \frac{L}{\nu} \quad (3)$$

Dimana :

$V$  = kecepatan angin (m/s)

$L$  = panjang karakteristik penutup (m)

$\nu$  = viskositas kinematik ( $\text{m}^2/\text{s}$ ).

Bilangan Nusselt,  $N_u$  digunakan untuk menentukan koefisien perpindahan panas konveksi pada dinding penutup,  $h_w$ .

$$Nu = 0,94 Re_L^{1/2} Pr^{1/3} \quad (4)$$

$$h_w = \frac{Nu_L k}{L} \quad (5)$$

Dimana :

$k$  = konduktivitas thermal.

Koefisien perpindahan panas konveksi antara pelat *absorber* dengan penutup ( $h_i$ ) didekati dengan persamaan (6) dibawah [11].

$$Nu = 1 + 1,44 \left[ 1 - \frac{1708(\sin 1,8\beta)^{1,6}}{Ra \cos \beta} \right] + \left[ 1 - \frac{1708}{Ra \cos \beta} \right] + \left[ \left( \frac{Ra \cos \beta}{5830} \right)^{1/2} - 1 \right] \quad (6)$$

Dimana :

$\beta$  = sudut kemiringan kolektor.

Rayleigh Number,  $R_a$ :

$$Ra = \frac{g \cdot \beta' \cdot \Delta T \cdot L^3}{\nu \cdot \alpha} \quad (7)$$

Dimana :

$\Delta T$  = beda temperatur plat dengan cover (K)

$L$  = jarak pelat dengan penutup (m)

$\alpha$  = thermal diffusivity ( $\text{m}^2/\text{s}$ ).

Koefisien perpindahan panas konveksi antara pelat *absorber* dengan fluida kerja yang melibatkan aliran dalam (*internal flow*) dengan asumsi *heat fluks* konstan, Untuk aliran laminer maka :

$$h_{cf-p} = \frac{Nu_{kf}}{D_h} \quad (8)$$

Dimana :

$N_u$  = bilangan nusselt

$D_h$  = diameter hidrolisis (m).

$D_h$  adalah diameter hidrolisis dari pipa [10], yaitu :

$$D_h = \frac{4A}{P} \quad (9)$$

Dimana :

A = luas penampang ( $m^2$ )

P = keliling pipa (m).

Koefisien perpindahan panas radiasi antara kaca penutup terhadap udara luar [6] dapat dihitung berdasarkan :

$$h_{r_{c-a}} = \epsilon_c \frac{\sigma(T_c^4 + T_s^4)}{(T_c - T_s)} \quad (10)$$

Dimana :

$\epsilon_c$  = emisivitas penutup

$\sigma$  = konstanta Stefan-Boltzman ( $5,6697 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ )

$T_c$  = temperatur penutup (K)

$T_a$  = temperatur udara luar (K).

$T_s$  adalah sky temperature yang berkaitan dengan temperatur udara luar , sehingga dapat dihitung berdasarkan :

$$T_{sky} = 0,0552 \cdot T_a^{1,5} \quad (11)$$

Koefisien perpindahan panas radiasi pelat-penutup [6], yaitu :

$$h_{r_{p-c}} = \frac{\sigma(T_p^2 + T_c^2)(T_p + T_c)}{\frac{1 - \epsilon_p}{\epsilon_p} + \frac{1}{F_{1-2} A_p} + \frac{1 - \epsilon_c}{\epsilon_c A_c}} \quad (12)$$

Dimana :

$\epsilon_c$  = emisivitas cover

$\epsilon_p$  = emisivitas pelat

$A_p$  = luas Absorber ( $m^2$ )

$A_c$  = luas penutup ( $m^2$ ).

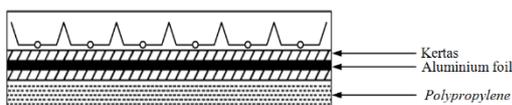
Koefisien perpindahan panas bagian atas kolektor atas ( $U_t$ ). Dari rangkaian termal,

$$R_1 = \frac{1}{h_w + h_{r_{c-a}}} \quad (13)$$

$$R_2 = \frac{1}{h_{c_{p-c}} + h_{r_{p-c}}} \quad (14)$$

$$U_t = \frac{1}{(R_1 + R_2)} \quad (15)$$

Pada bagian bawah kolektor, terjadi pula perpindahan panas ( $U_b$ ) antara material yang digunakan yaitu kertas, aluminium dan Polypropylene seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Susunan material kolektor.

$$U_b = \frac{1}{\left[ \frac{L_p}{k_p} + \frac{L_a}{k_a} + \frac{L_{pp}}{k_{pp}} + \frac{1}{h_f} \right]} \quad (16)$$

Dimana:

$L_p$  = ketebalan kertas (m)

$L_a$  = ketebalan aluminium foil (m)

$L_{pp}$  = ketebalan polypropylene (m)

$k_p$  = konduktivitas kertas (W/mK)

$k_a$  = konduktivitas aluminium foil (W/mK)

$k_{pp}$  = konduktivitas polypropylene (W/mK)

$h_f$  = koefisien konveksi pelat ke air (W/m<sup>2</sup>K).

Koefisien perpindahan panas total kolektor.

$$U_L = U_t + U_b \quad (17)$$

Efisiensi kolektor dipengaruhi oleh radiasi matahari yang diserap (S), dengan faktor efisiensi kolektor ( $F'$ ):

$$m = \sqrt{\frac{U_L}{k\delta}} \quad (18)$$

$$F = \frac{\tanh[m(W-D)/2]}{m(W-D)/2} \quad (19)$$

$$F' = \frac{\frac{1}{U_L}}{W \left[ \frac{1}{U_L[D+(W-D)F]} + \frac{1}{\pi D_i h_{p-f}} \right]} \quad (20)$$

Dimana:

W = jarak antara pipa (m)

D = diameter luar pipa (m)

$D_i$  = diameter dalam (m)

k = konduktivitas termal absorber (W/m.K)

$\delta$  = tebal absorber (m).

Collector flow factor ( $F''$ ) [6]:

$$F'' = \frac{\dot{m} C_p}{A_c U_L F'} \left[ 1 - \frac{\frac{S}{U_L} - (T_{f,o} - T_a)}{\frac{S}{U_L} - (T_{f,i} - T_a)} \right] \quad (21)$$

Dimana:

$\dot{m}$  = laju aliran massa (kg/s)

S = radiasi surya yang diserap oleh absorber (W/m<sup>2</sup>)

$A_c$  = luasan absorber ( $m^2$ )

$T_{f,o}$  = temperatur fluida keluar (K)

$T_{f,i}$  = temperatur fluida masuk (K).

Faktor pelepasan panas (FR) :

$$F_R = F' \cdot F'' \quad (22)$$

Sehingga diperoleh panas yang berguna ( $q_u$ ) :

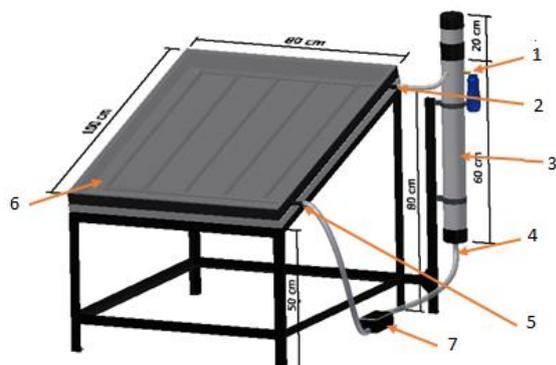
$$q_u = A_c \cdot F_R [S - U_L(T_i - T_a)] \quad (23)$$

Akhirnya diperoleh efisiensi kolektor ( $\eta$ ):

$$\eta = \frac{q_u}{A_c I_T} \quad (24)$$

## 2. Metode

Kolektor surya yang digunakan adalah buatan sendiri seperti diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan kolektor surya.

Keterangan :

1. Saluran etanol
2. Pipa nira nira keluar kolektor
3. Tabung penampungan nira nira
4. Keran air keluar tabung penampungan
5. Pipa nira nira masuk kolektor
6. Kolektor
7. Pompa

Prosedur pengambilan data dilakukan dengan pertama-tama memeriksa keadaan alat-alat pengujian yang akan digunakan pada pengujian distilasi nipah, seperti kolektor surya, tangki nipah, alat ukur, dan pompa. Memasang dan meletakkan kolektor surya pemanas di bawah matahari dengan kemiringan  $10^\circ$ . Kolektor surya dibiarkan 10 menit sampai diperoleh panas yang stabil pada kolektor sebelum pengukuran dilakukan. Membuka keran dengan debit sebesar  $0.00002 \text{ m}^3/\text{s}$  untuk mengalirkan nira nipah ke dalam kolektor.

Mengukur temperatur awal nira nipah sebelum masuk ke dalam kolektor, temperatur nira nipah yang keluar, temperatur kolektor surya, intensitas matahari, dan kaca penutup. Mensirkulasikan nira nipah dari tabung penampungan ke kolektor untuk dipanaskan kembali dengan bantuan pompa, tunggu sampai hasil distilasi nira nipah yang berupa etanol dan kemudian di tampung di tabung penampungan etanol. Mengukur kadar etanol yang terdapat dalam hasil distilasi. Mengisi ulang kembali tangki dengan nipah. Data pengukuran yang diperoleh dimasukkan ke persamaan perhitungan untuk melihat perpindahan panas dan efisiensi dari kolektor.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian distilasi dilakukan dengan sebanyak 5 kali, dimana sampel yang digunakan hanya untuk sekali pengujian saja untuk melihat kinerja kolektor surya tanpa proses fermentasi pada nira. Hasil distilasi yang diperoleh dilakukan pengujian kadar etanol dan hasil yang didapatkan adalah 51-84%.

Tabel 1. Hasil pengujian kadar ethanol.

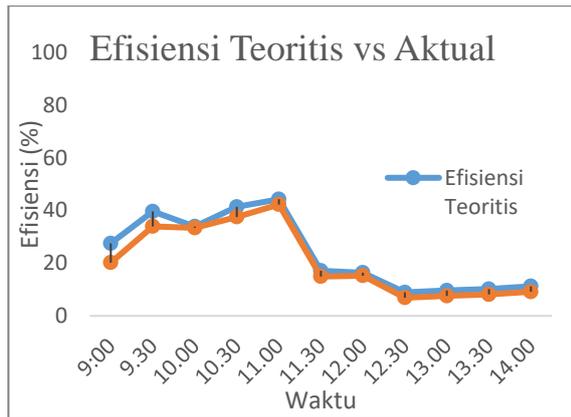
No	Nama Sampel	Kadar Etanol	Volume Etanol
1	Sampel 1	84,21 %	20 ml
2	Sampel 2	59,4 %	20 ml
3	Sampel 3	58,9 %	20 ml
4	Sampel 4	71,2 %	20 ml
5	Sampel 5	51,35 %	20 ml

Tabel 2 menunjukkan perubahan kadar etanol nira nipah dari bahan, sebelum proses distilasi dan setelah proses distilasi, untuk melihat perubahan kadar etanol pada nira nipah.

Tabel 2. Perubahan kadar.

No	Nama Sample	Kandungan Etanol pada Nira Nipah		
		Sebelum Distilasi	Setelah Distilasi	Kadar
1.	Sampel 1	5,5 %	4,6 %	47,06 %
2.	Sampel 2	4,8 %	4,3 %	65,7 %

Gambar 3 menunjukkan hubungan efisiensi teoritis dan efisiensi aktual terhadap waktu. Efisiensi aktual dan efisiensi teoritis mengalami peningkatan mulai pukul sembilan dan maksimum pada pukul 11.00 dimana efisiensi aktual sebesar 42,24%, sedangkan untuk efisiensi teoritis sebesar 44,25%. Hal ini disebabkan oleh panas yang diperoleh dari matahari dimanfaatkan untuk meningkatkan suhu nira nipah dan penurunan efisiensi mulai terlihat pada pukul 11.30 sampai 14.00 yang disebabkan oleh panas yang diterima kolektor hanya sedikit yang dimanfaatkan untuk memanaskan tetapi cenderung hanya untuk mempertahankan suhu nira.



Gambar 3. Grafik efisiensi teoritis dan aktual.

#### 4. Kesimpulan

Rancang bangun kolektor surya plat datar menggunakan pipa tembaga yang diketahui mempunyai konduktivitas termal tinggi. Nira nipah terdistilasi dengan menggunakan kolektor surya memiliki kadar etanol berkisar 45-65% yaitu pada sampel 1, sebesar 47,06%. dan sampel 2 sebesar 65,7%. Pengujian distilasi sebanyak 5 kali menghasilkan etanol dengan kadar masing-masing 84,21 %; 59,4 %; 58,9 %; 71,2%; dan 51,35 % dengan rata-rata 65,01%. Efisiensi kolektor terukur dengan kemampuan memanfaatkan panas matahari sebesar 40% dengan efisiensi aktual sebesar 42,24%, sedangkan untuk efisiensi teoritis sebesar 44,25%.

#### Daftar Pustaka

- [1] A. Sugiyono, Anindhita, M.S. Boedoyo, Adiarso. 2014. *Outlook Energy Indonesia 2014*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- [2] A.E.E. Putra. 2014. Produksi bahan bakar gas melalui dekomposisi bioetanol. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIII*, Depok, 15-16 Oktober.
- [3] P. Tamunaidu, S. Saka. 2011. "Chemical characterization of various parts of nipa palm (*nypa fruticans*)."  
*Industrial Crops and Products*. Vol. 34. 1423-1428.
- [4] Chairul, S.R. Yenti. 2013. Pembuatan bioetanol dari nira nipah menggunakan *sacharomyces cereviceae*." *Jurnal Teknobiologi*. Vol. 4, No. 2. 105-108.
- [5] Jalaluddin, A.E.E. Putra. 2002. "Studi teoritis efisiensi kolektor menggunakan plat absorber bergelombang." *Jurnal Penelitian Enjiniring*. Vol 8, No.1.
- [6] E. Wirapraja, B.A. Dwiyantoro. 2014. "Annular fins pada kolektor surya pemanas air dengan satu dan dua kaca penutup." *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 3, No. 2.
- [7] R. Oktov. 2012. "Pengaruh cacah kaca penutup terhadap kenaikan suhu maksimum air tandon pada kolektor surya plat datar." *Berkala Fisika Indonesia*. Vol. 4, No. 1-2.

- [8] F. Mammadov, U. Samadova, O. Salamov. 2008. "Experimental results of using a parabolic trough solar collector for thermal treatment of crude oil." *Journal of Energy in Southern Africa*. Vol. 19, No. 1.
- [9] J.A. Duffie, W.A. Beckman. 1991. *Solar Engineering of Thermal Processes 2nd Edition*. John Willey and Sons inc., New York.
- [10] S. Himran. 2005. *Energi Surya*. CV Bintang Lamumpatue, Makassar.
- [11] Y.A. Cengel. 2008. *Heat Transfer 2nd Edition*. The Mc Graw Hill Companies, New York.