

Pengaruh Temperatur dan Laju Alir pada Evaporasi Nira Kelapa Menggunakan *Falling Film Evaporator*

Faiz Antar Rafi¹, Yohandri Bow², Robert Junaidi³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

e-mail: antarafi@gmail.com

Abstrak

Evaporasi adalah proses yang bertujuan untuk menaikkan konsentrasi atau kadar kepekatan suatu larutan. Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah nira kelapa. Pada penelitian ini, pemekatan nira kelapa dilakukan menggunakan evaporator tipe *falling film*. *Falling film evaporator* (FFE) memiliki kelebihan antara lain mudah dirancang, memiliki area perpindahan panas yang besar dan berproduksi dengan waktu tinggal yang singkat. Kualitas produk dari proses evaporasi pada *falling film evaporator* bergantung pada beberapa variabel, seperti laju alir dan suhu. Pada penelitian ini, dilakukan pengujian evaporasi nira kelapa dengan variable temperatur (60, 70, 80, 90 dan 100°C) dan laju alir umpan (1,5, 2,5 dan 3,5 l / menit) kemudian dilakukan analisa kadar air dan kadar gula (brix), serta dilakukan perhitungan konsumsi energi yang digunakan. Hasil penelitian ini menunjukkan, kadar gula tertinggi yang dihasilkan nilainya 50,7 brix dan kadar air terendah sebesar 49,156% yang keduanya didapat pada kondisi operasi temperatur 100°C laju alir 1,5 l/menit.

Kata kunci: *Evaporasi; FFE; Laju Alir; Nira Kelapa; Temperatur*

Abstract

Evaporation is a process that aims to increase the concentration or level of concentration of a solution. The raw material used in this research is coconut sap. In this study, the concentration of coconut sap was carried out using a falling film type evaporator. Falling film evaporator (FFE) has the advantages of being easy to design, has a large heat transfer area and produces with a short residence time. The quality of the product from the evaporation process in a falling film evaporator depends on several variables, such as flow rate and temperature. In this study, coconut sap evaporation was tested with variable temperature (60, 70, 80, 90 and 100°C) and feed flow rate (1.5, 2.5 and 3.5 l/min) and then analyzed for water content and sugar (brix), as well as the calculation of energy consumption used. The results of this study showed that the highest sugar content produced was 50.7 brix and the lowest water content was 49.156%, both of which were obtained at an operating temperature of 100°C with a flow rate of 1.5 l/minute.

Keywords: *Coconut Sap; Evaporation; FFE; Flow Rate; Temperature*

PENDAHULUAN

Bahan baku pada industri pangan kerap kali terdapat kandungan kadar zat pelarut, biasanya air, yang lebih banyak dibandingkan dengan yang diperlukan pada produk akhir. Proses pemekatan untuk mengurangi kadar air dalam bahan, yang intinya adalah meningkatkan konsentrasi zat terlarut dengan mengurangi air melalui penguapan. Menurut McCabe dkk. (1995), evaporasi bertujuan untuk menaikkan konsentrasi atau kadar kepekatan suatu larutan yang terdiri dari zat pelarutnya yang relatif mudah menguap. Proses penguapan terjadi pada alat yang disebut evaporator, dimana prosesnya melibatkan perpindahan panas dari sumber panas ke cairan, yang menyebabkan cairan menguap.

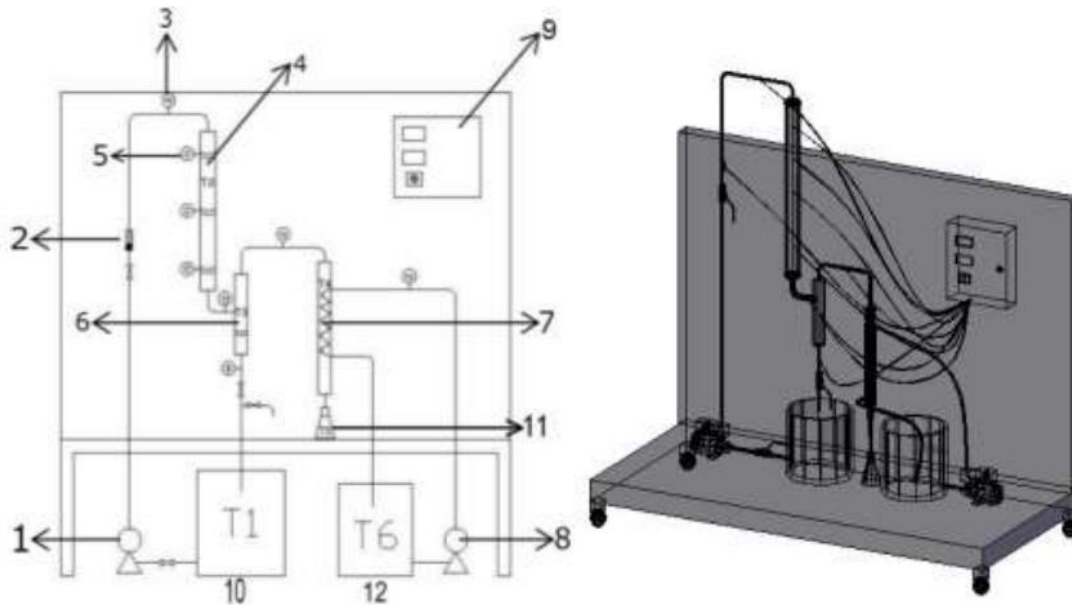
Berbagai jenis evaporator yang digunakan dalam industri diantaranya sebagai falling-film, pelat, dan evaporator tabung horizontal. *Falling-film evaporator* (FFE) memiliki susunan shell-and-tube. Evaporator ini bentuknya menyerupai suatu penukar kalor jenis tabung, yang posisinya vertikal dan dilengkapi dengan separator zat cair-uap di bawahnya, serta distributor zat cair di atas (McCabe, 1995). Dalam FFE, lapisan tipis cairan mengalir ke permukaan yang dipanaskan, dan uap dihasilkan saat cairan dipanaskan dan diuapkan. Uap dipisahkan dari cairan dan dikondensasikan, menghasilkan produk cairan pekat. FFE lebih disukai daripada jenis evaporator lainnya karena mudah dirancang, memiliki area perpindahan panas yang besar dan berproduksi dengan waktu tinggal yang singkat (Zhang dkk., 2018). Selain itu, falling film evaporator telah menemukan aplikasi yang luas di industri makanan sebagai karakteristik mereka, karena nilai yang tinggi dari koefisien perpindahan panas pada suhu penguapan yang lebih rendah dan waktu tinggal yang relatif singkat (Angeletti, 2017).

Nira kelapa adalah cairan bening yang ada di dalam mayang kelapa yang pucuknya belum membuka, didapatkan dengan penyadapan (Said, 2017). Air dalam nira merupakan bagian yang terbesar yaitu antara 75-90%. Sukrosa merupakan bagian zat padat yang terbesar berkisar antara 8-21%, gula reduksi antara 0,50-1,00% dan sisanya merupakan senyawa organik serta anorganik (Apriwinda, 2013). Nira kelapa segar merupakan bahan baku pengolahan gula kelapa, seperti gula cair. Proses produksi gula kelapa cair meliputi beberapa tahap, salah satunya adalah evaporasi nira kelapa, yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam nira agar menghasilkan gula kelapa yang pekat. Efisiensi evaporasi nira kelapa dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas gula yang dihasilkan serta biaya produksi.

Kualitas produk hasil evaporasi dari *falling film evaporator* bergantung pada beberapa parameter operasi, seperti laju alir dan suhu evaporasi. kualitas produk yang ditinjau pada penelitian ini dinyatakan dalam 2 parameter kualitas yakni kadar gula (brix) dan kadar air. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur dan laju alir terhadap kualitas produk pada proses evaporasi nira kelapa di *falling film evaporator*. Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan nira kelapa pekat dengan kualitas yang baik atau mendekati standar mutu.

METODE

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang. Waktu penelitian berlangsung selama 1 bulan, yaitu dari tanggal 5 Juni 2023 sampai dengan 5 Juli 2023. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap, yaitu persiapan bahan dan alat, penelitian, dan analisis data. Bahan baku yang digunakan adalah nira kelapa sebanyak 4 liter dalam 1 kali running. Nira kelapa didapat dari Desa Penobaan, Kecamatan Bakauheni, Kabupaten Lampung Selatan. Peralatan operasi yang digunakan berupa satu set Prototype Falling Film Evaporator, erlenmeyer 500 ml, refraktometer, gelas ukur 1000 ml, corong dan *stopwatch*. Untuk skema Prototype Falling Film Eevaporator yang akan digunakan dalam penelitian evaporasi nira kelapa ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema Prototype Falling Film Eevaporator

Keterangan :

- | | | |
|-----------------------|-------------------------|---------------------------|
| 1 = Pompa Feed | 5 = Heater | 9 = Control Panel |
| 2 = Flowmeter | 6 = Tabung Seperator | 10 = Tangki Feed & Produk |
| 3 = Termokopel | 7 = Kondensor | 11 = Penampung Distilat |
| 4 = Tabung Evaporator | 8 = Pompa Cooling Water | 12 = Tangki Cooling Water |

Pada penelitian ini, terdapat beberapa variable yang diambil antara lain variable tetap dan variable tidak tetap. Variable tak tetap meliputi temperatur operasi yaitu 60,70,80,90 dan 100°C dan variasi laju alir umpan 1.5, 2.5, 3.5 l/menit. Sedangkan variable tetapnya adalah volume 4 liter/running dan waktu operasi 3 jam. Produk yang dihasilkan dari proses evaporasi berupa nira pekat dilakukan analisa untuk mengetahui kualitas produk tersebut. Analisa yang dilakukan antara lain meliputi analisa kadar gula (brix) dan kadar air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

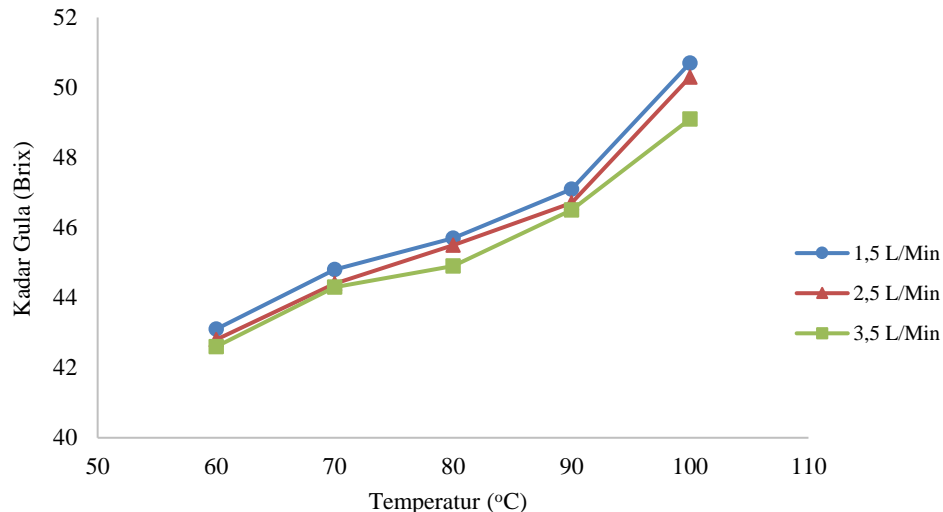
Proses evaporasi untuk pemekatan nira kelapa pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan seperangkat alat *falling film evaporator* dengan menggunakan variasi temperatur dan laju alir. Kualitas produk gula kelapa cair hasil evaporasi dapat ditentukan dengan melakukan analisa berupa kadar gula (brix) dan kadar air. Setelah melaksanakan running dan didapatkan data pengamatan, produk yang dihasilkan dari proses evaporasi dilakukan analisa laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Hal-hal yang dianalisa antara lain meliputi kadar gula dan kadar air yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Analisa Produk

Nama Sampel	Temperatur (°C)	Laju Alir (L/Min)	Kadar Gula (Brix)	Kadar Air (%)
Awal	Sebelum Perlakuan		19,5	79,847
Sampel A1	60	1,5	43,1	55,528
Sampel A2		2,5	42,8	55,714
Sampel A3		3,5	42,6	55,751
Sampel B1	70	1,5	44,8	53,935
Sampel B2		2,5	44,4	54,064
Sampel B3		3,5	44,3	54,557
Sampel C1	80	1,5	45,7	53,219

Sampel C2		2,5	45,5	53,416
Sampel C3		3,5	44,9	53,731
Sampel D1		1,5	47,1	51,02
Sampel D2	90	2,5	46,7	51,075
Sampel D3		3,5	46,5	53,015
Sampel E1		1,5	50,7	49,156
Sampel E2	100	2,5	50,3	49,62
Sampel E3		3,5	49,1	50,763

Dari data hasil analisa produk yang diperoleh, didapatkan grafik hubungan temperatur dan laju alir terhadap kadar gula produk yang dihasilkan, dapat dilihat pada gambar 2.

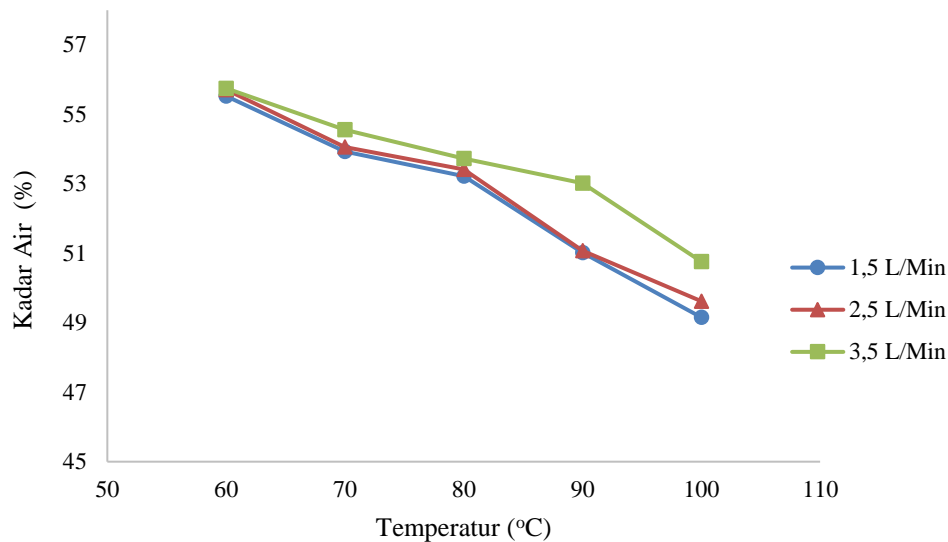


Gambar 2. Grafik Pengaruh Temperatur dan Laju Alir terhadap Kadar Gula Produk

Nira kelapa sebagai bahan baku pada penelitian ini memiliki kadar gula 19,5 brix sebelum perlakuan. Kadar gula tertinggi setelah perlakuan dihasilkan pada kondisi operasi di temperatur 100 °C dengan laju alir umpan 1,5 liter/menit yakni sebesar 50,7 brix, sedangkan kadar gula terendah ada pada temperatur 60 °C dengan laju alir umpan 3,5 liter/menit yakni sebesar 42,6 brix. Dapat dianalisa bahwa semakin tinggi temperatur operasi maka dihasilkan kadar gula pada produk yang semakin tinggi pula. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi suhu pemanasan maka air yang diupakan akan semakin banyak. Hal ini didukung oleh pernyataan Fellow (2000) dimana semakin tinggi suhu, kalor laten air semakin rendah menunjukkan pada suhu yang lebih tinggi air lebih mudah menguap sehingga penguapan lebih besar]. Pada suhu yang lebih tinggi semakin banyak partikel air yang diupakan sehingga kandungan air menurun (Muhlisin dkk., 2015).

Selain itu laju alir juga mempengaruhi dimana semakin besar debit input bahan, maka presentase jumlah bahan menguap terhadap debit input semakin kecil. Hal ini disebabkan ketebalan yang melapisi dinding bagian dalam pipa semakin meningkat seiring dengan peningkatan debit input bahan menuju evaporator, sehingga panas yang berasal dari *heater* membutuhkan suhu dan waktu lebih tinggi untuk menguapkan bahan yang berada dilapisan terluar. Hal ini juga diungkapkan dalam penelitian oleh Fitri, (2016) dimana dengan adanya kenaikan laju alir fluida maka film yang akan terbentuk akan tebal dan menyebabkan proses penguapan dan perpindahan masa akan menjadi kurang optimal (Fitri, 2020).

Parameter kualitas yang dianalisa selanjutnya adalah kadar air. Dari data hasil analisa produk, dapat diperoleh grafik hubungan pengaruh laju alir dan temperatur dengan kadar air yang dihasilkan pada produk, yang ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Temperatur & Laju Alir terhadap Kadar Air Produk

Dari grafik pada gambar 3, terlihat bahwa produk yang menghasilkan kadar air terendah ada pada perlakuan temperatur 100°C dan laju alir 1,5 l/min dengan nilai kadar air sebesar 49,156% sedangkan kadar air tertinggi terdapat pada temperatur 60 °C dengan laju alir umpan 3,5 liter/menit yakni sebesar 55,528%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Dewi dkk. (2014) yang menyatakan bahwa semakin lama waktu pemasakan nira dan semakin tinggi temperaturnya maka akan menyebabkan proses penguapan air menjadi lebih banyak. Sehingga dapat dianalisa bahwa antara kadar gula (brix) dengan kadar air memiliki hubungan yang berbanding terbalik dimana semakin banyak air yang menguap atau semakin rendah kadar air maka semakin tinggi kadar gulanya.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang didapat bahwa temperature dan laju alir pada proses evaporasi nira kelapa menggunakan falling film evaporator memiliki pengaruh yang cukup signifikan pada kualitas karakteristik produk yang dihasilkan, yang dinyatakan dalam kadar gula (brix) dan kadar air. Semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi kadar brix yang dihasilkan produk, namun sebaliknya, semakin tinggi temperatur menghasilkan kadar air yang semakin rendah. Pada laju alir, semakin rendah laju alir akan memperbesar penguapan sehingga menghasilkan kadar gula yang lebih besar, berbanding terbalik dengan kadar air yang lebih sedikit. Kondisi operasi optimum yang menghasilkan kualitas produk terbaik pada penelitian ini didapat pada kondisi temperatur 100°C dengan laju alir 1,5 l/menit yang menghasilkan kadar gula tertinggi sebesar 50,7 brix dan kadar air terendah 49,16%.

DAFTAR PUSTAKA

- Angeletti, Sandro & Moresi, Mauro. (2007). Modeling of multiple-effect falling-film evaporators. *International Journal of Food Science & Technology*. 18. 539 - 563.
- Apriwinda. 2013. *Studi Fermentasi Nira Batang Sorgum Manis (Sorghum bicolor (L) Moench) untuk Produksi Etanol*. Skripsi. Makassar: Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin.
- Dewi, dkk. (2014). The Effect of Temperature Cooking of Sugar Juice and Stirring Speed on The Quality of Brown Sugar Cane. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 15. 149-158. 10.21776/ub.jtp.2014.015.03.01.
- Fellows, P.J. 2000. *Food Processing Technology, Principles and Practice*. 2nd edn. Wood Head Publishing Ltd.: England.

- Fitri, M. A. . (2020). Simulasi Pengaruh Laju Alir Larutan Nira Terhadap Distribusi Temperatur pada Falling Film Evaporator. *Journal of Research and Technology*, 6(1), 91–96.
- Hesty , Heryani (2016) Keutamaan Gula Aren dan Strategi Pengembangan Produk. In: Keutamaan Gula Aren dan Strategi Pengembangan Produk. Lambung Mangkurat Universit Press, pp. 1-157.
- McCabe, W.I. and Smith, J.C. 1985. *Unit Operation of Chemical Engineering. 4th edition.* McGraw Hill Book Company: Singapore.
- Muhlisin, A., Hendrawan, Y., & Yulianingsih, R. (2015). Uji performansi dan keseimbangan massa evaporator vakum double jacket tipe water jet dalam proses pengolahan gula merah tebu. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Biosistem*, 3, 24-36.
- Said, ahmad. 2007. *Pembuatan Gula Kelapa.* Ganeca Exact: Jakarta.
- Zhang Y., Munir M. T., Udugama I., Yu W., Young B. R. (2018). Modelling of a milk powder falling film evaporator for predicting process trends and comparison of energy consumption. *Journal of Food Engineering*. 225. 26- 33. 10.1016/j.jfoodeng.2018.01.016