

STUDI EKSPERIMENTAL *FALLING FILM EVAPORATOR* PADA EVAPORASI NIRA KENTAL

Medya Ayunda Fitri^{1*}, Suhadi², Ali Altway³, dan Susianto⁴

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas NU Sidoarjo^{1*}

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas WR. Supratman Surabaya²

Program Studi Teknik Kimia, FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember^{3,4}

*E-mail: medya.a.fitri@gmail.com

Abstract

Falling film evaporator is a constructed equipment for concentrating dilute solution that are sensitive to heat flowing form a thin film. This research aims to study the evaporation of cane juice concentrated with air flow on falling film evaporator and knowing evaporation rate occurred in falling film evaporator used. In the process, cane juice from plant pumped to the falling film evaporator that used in this experiment. This research used concentrated cane juice and air flow rate for variables of this experiment. Cane juice flow from top of evaporator through distributor to form thin film and air flow from the bottom of evaporator. After that, temperatur of pipe wall, inlet and outlet temperature of cane juice and air were measured. This experiment concluded that the highest concentration of outlet solution is 59 brix for liquid flow rate 154 l/h and air flow rate 10 m³/h, and the other hand inlet solution concentration 51 brix. Optimum evaporation rate is 35 kg/m².h for 51 brix and air flow rate 10 m³/h.

Keywords: Concentrated cane juice, Evaporator, Evaporation rate, Falling film.

Abstrak

Falling film evaporator merupakan alat yang dirancang untuk mengurangi kadar air suatu liquidida yang sensitif terhadap panas, yang mengalir membentuk lapisan tipis. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penguapan nira pekat-udara dan mengetahui laju penguapan yang terjadi pada falling film evaporator yang digunakan. Prosesnya, nira dari pabrik dipompa menuju falling film evaporator yang digunakan pada eksperimen ini. Penelitian ini digunakan laju nira dan udara sebagai variabel pada eksperimen ini. Nira mengalir dari atas evaporator melalui distributor untuk membentuk lapisan tipis dan udara mengalir dari bagian bawah evaporator. Setelah itu, suhu dinding pipa, suhu masuk dan keluar nira juga diamati. Hasil dari penelitian ini adalah konsentrasi nira keluar terbesar yaitu sebesar 59 brix pada laju alir larutan 154 l/jam dan laju alir udara 10m³/jam, sedangkan konsentrasi nira masuk sebesar 51 brix. Laju penguapan optimal yaitu 35 kg/m².jam pada 51 brix dan laju alir udara 10 m³/jam.

Kata kunci: Nira pekat, Evaporator, Laju penguapan, Falling film.

1. PENDAHULUAN

Evaporasi merupakan proses pengurangan kadar air suatu larutan. Alat yang digunakan untuk evaporasi disebut dengan *evaporator*. Terdapat berbagai macam jenis *evaporator*, salah satu jenis yang digunakan adalah *falling film evaporator*.

Evaporator jenis ini digunakan untuk larutan yang peka terhadap panas. *Falling film evaporator* menggunakan gaya gravitasi untuk mengalirkan liquidida yang masuk melalui pipa. Liquidida yang mengalir membentuk film tipis yang masuk pada bagian atas kolom dan melewati *tube* yang

sudah dipanaskan. Keuntungan menggunakan *falling film evaporator* adalah waktu kontak yang singkat dan tidak merusak bahan karena pemanasan dilakukan pada suhu yang tidak terlalu tinggi (Elias, 2004).

Larutan yang digunakan pada penelitian ini adalah nira dengan kadar brix tinggi (nira pekat). Nira merupakan larutan hasil dari proses penggilingan tebu di pabrik gula dan memiliki warna coklat kekuningan.

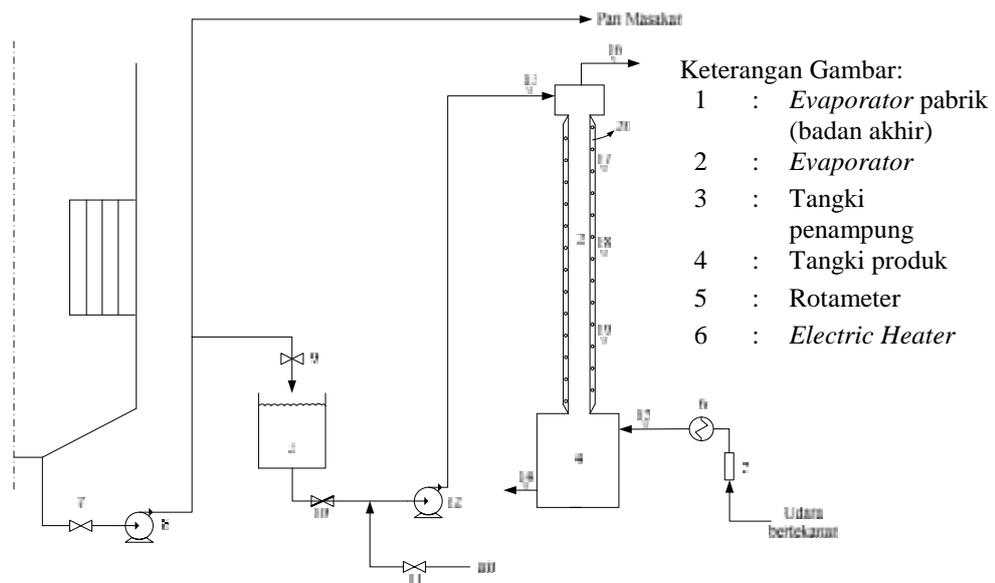
Beberapa penelitian terkait dengan evaporasi nira menggunakan *falling film evaporator* dan mempelajari reologi nira telah dilakukan. Penelitian-penelitian tersebut antara lain, Lonkar dkk (1991) melakukan penelitian tentang penyusunan aplikasi yang efektif dari distribusi masukan dan perpindahan panas pada *falling film evaporator* industri gula di India. Lailatul dkk (2000) mengadakan penelitian tentang pengaruh laju alir dan konsentrasi terhadap koefisien perpindahan panas untuk larutan gula pada tekanan atmosferik. Sahid dkk (2007) melakukan penelitian tentang perpindahan panas dan massa pada *falling film evaporator* dengan aliran udara searah untuk sistem larutan nira-udara. Filho dkk (2011) mengadakan penelitian tentang sifat reologi pada tiga jenis nira (*untreated*, *mixed*, dan *clarified* nira) dan dinamika fluida pada nira. Triwulandari dkk (2011) mengadakan simulasi *falling film evaporator* dengan sistem larutan nira encer-udara.

Penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu adalah tentang proses penguapan pada nira dengan kadar brix rendah (*encer*) yang merupakan larutan *newtonian*. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mempelajari proses penguapan nira kental dengan aliran udara pada *falling film evaporator* serta mengetahui kecepatan penguapan yang terjadi di dalam *falling film evaporator* yang digunakan dalam penelitian ini.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan *evaporator* jenis *falling film evaporator*. Nira yang diperoleh dari *evaporator* badan terakhir (*evaporator* Pabrik Gula Gempolkrep Mojokerto) dipompa masuk dari bagian atas *evaporator*. Laju alir yang digunakan untuk eksperimen adalah 154, 243 dan 301 l/jam. Nira tersebut kemudian melewati distributor sehingga nira yang masuk ke *tube* bisa membentuk *film* (lapisan tipis). Aliran udara dibuka dengan laju alir 0, 2, 4, 6, 8, dan 10 m³/jam dari bagian bawah *evaporator*. Selanjutnya, dilakukan pencatatan suhu pada nira masuk, nira keluar, udara masuk, udara keluar, dan pipa 1, 2, 3. Tahap berikutnya yaitu pengambilan sampel sebanyak 500 ml untuk digunakan dalam perhitungan brix.

Alat yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Evaporator Falling Film* dengan Aliran Udara *Counter Current*.

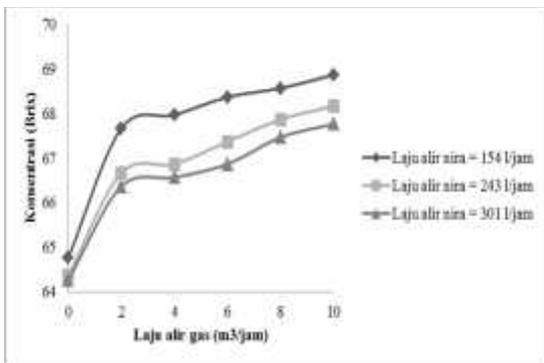
Keterangan Gambar (lanjutan):

7, 9, 10, 11 : *Valve*

- 8, 12 : Pompa
- 13 : Pengukur suhu umpan
- 14 : Pengukur suhu produk
- 15 : Pengukur suhu udara masuk
- 16 : Pengukur suhu udara keluar
- 17, 18, 19 : Pengukur suhu dinding
- 20 : Pemanas dinding

3. HASIL DAN DISKUSI

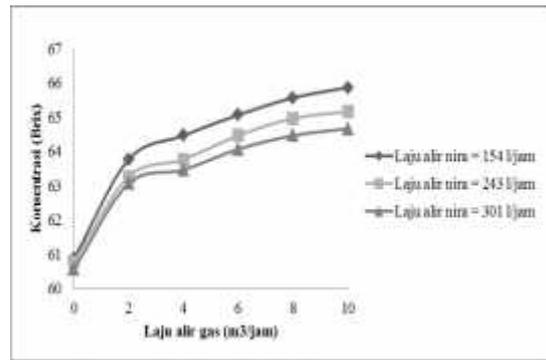
Laju alir gas pada *falling film evaporator* sangat berpengaruh. Konsentrasi akhir yang dihasilkan akan semakin kecil apabila semakin besar laju alir larutan (nira). Hal ini dikarenakan laju penguapan yang sangat kecil.



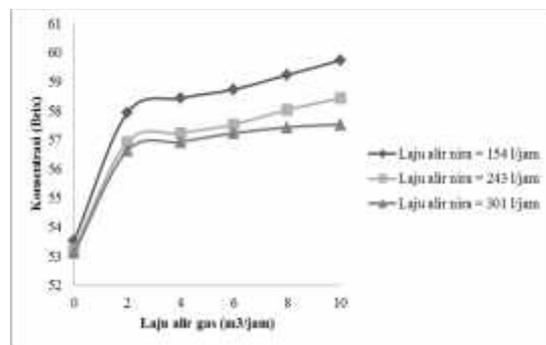
Gambar 2. Hubungan Antara Laju Alir Gas terhadap Harga brix pada Larutan dengan Pemanas Dinding Sebesar 3 kW dan pada Konsentrasi Nira Awal 63 brix.

Gambar 2 menunjukkan hasil eksperimen hubungan laju alir gas terhadap harga brix pada larutan dengan pemanas dinding sebesar 3 kW dan pada konsentrasi nira awal 63 brix. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa konsentrasi nira keluar yang didapatkan pada laju alir nira 301 l/jam adalah paling kecil. Hal ini disebabkan karena *film* yang terbentuk sangat tebal pada laju alir larutan yang semakin besar sehingga proses penguapan dan proses perpindahan massa menjadi kurang optimal/maksimal.

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada konsentrasi nira awal adalah 59 brix, tidak terjadi perbedaan yang terlalu signifikan. Proses penguapan yang paling optimal terjadi pada laju alir nira 154 l/jam dengan laju alir gas 10 m³/jam. Hal ini disebabkan oleh semakin besar laju alir gas, maka koefisien perpindahan massa dan panas semakin besar sehingga proses penguapan yang terjadi semakin cepat.



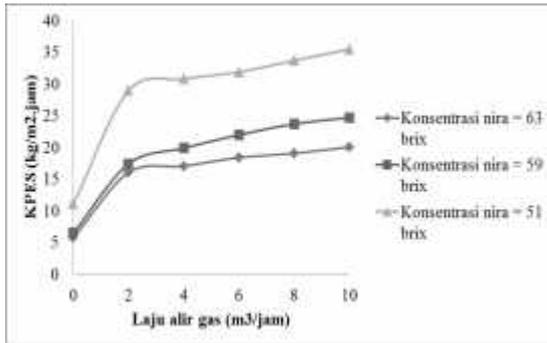
Gambar 3. Hubungan Antara Laju Alir Gas terhadap Harga brix pada Larutan dengan Pemanas Dinding Sebesar 3 kW dan pada Konsentrasi Awal 59 brix.



Gambar 4. Hubungan Antara Laju Alir Gas terhadap Harga Brix pada Larutan dengan Pemanas Dinding Sebesar 3 kW dan pada Konsentrasi Nira Awal 51 brix.

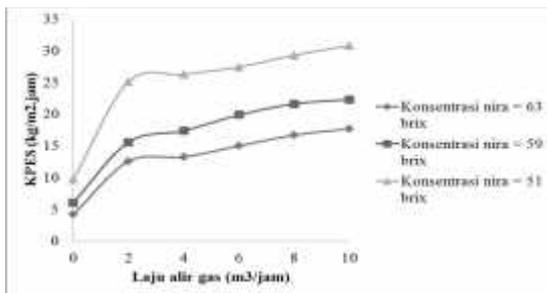
Gambar 4 menunjukkan hubungan laju alir gas terhadap harga brix dengan konsentrasi nira awal adalah 51 brix. Harga konsentrasi nira keluar yang paling besar penguapannya yaitu pada laju alir gas 10m³/jam dengan laju alir nira 154 l/jam. Hal ini disebabkan oleh tekanan parsial uap air turun bila laju alir gas semakin besar sehingga laju penguapan menjadi naik.

Laju penguapan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja *evaporator* yang perlu diperhatikan untuk dibandingkan dengan *evaporator* yang lain. Selanjutnya hal tersebut didefinisikan dengan laju penguapan per luas perpindahan panas *evaporator*. Data eksperimen yang ditunjukkan pada Gambar 2, 3, dan 4 dapat dinyatakan dalam bentuk kecepatan penguapan *evaporator* spesifik (KPES) dan ditunjukkan pada Gambar 5, 6, dan 7.



Gambar 5. Hubungan Pengaruh Laju Alir Gas terhadap KPES pada Laju Alir Nira 154 l/jam.

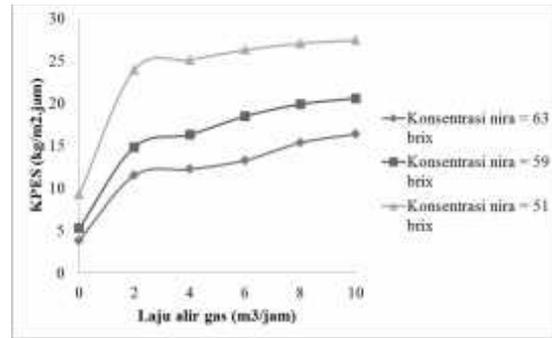
Gambar 5 menunjukkan hubungan pengaruh laju alir gas terhadap KPES pada laju alir nira 154 l/jam. Nilai KPES dengan konsentrasi awal nira 51 brix, naik dari 10 kg/m².jam pada laju alir gas 0 m³/jam menjadi 35 kg/m².jam pada laju alir gas 10 m³/jam. Sedangkan nilai KPES pada konsentrasi awal nira 63 brix, naik dari 5 kg/m².jam pada laju alir gas 0 m³/jam menjadi 20 kg/m².jam pada laju alir gas 10 m³/jam. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar laju alir udara dan semakin kecil konsentrasi larutan, maka nilai KPES cenderung naik. Kecenderungan tersebut disebabkan oleh adanya aliran udara, maka tekanan parsial nira mengalami penurunan sehingga penguapan yang terjadi lebih besar.



Gambar 6. Hubungan Pengaruh Laju Alir Gas terhadap KPES pada Laju Alir Nira 243 l/jam.

Hasil yang diperoleh pada Gambar 6 adalah nilai KPES pada laju alir nira 243 l/jam dengan konsentrasi awal nira 51 brix, naik dari 10 kg/m².jam pada laju alir gas 0 m³/jam menjadi 31 kg/m².jam pada laju alir gas 10 m³/jam. Sedangkan nilai KPES pada konsentrasi awal nira 63 brix, naik dari 4

kg/m².jam pada laju alir gas 0 m³/jam menjadi 18 kg/m².jam pada laju alir gas 10 m³/jam. Hal ini menunjukkan bahwa nilai KPES semakin besar pada konsentrasi larutan yang semakin kecil. Selain itu, kenaikan konsentrasi nira menyebabkan konduktivitas panas semakin rendah sehingga perambatan panas menjadi kurang optimal.



Gambar 7. Hubungan Pengaruh Laju Alir Gas terhadap KPES pada Laju Alir Nira 301 l/jam.

Gambar 7 menunjukkan nilai KPES pada laju alir nira 301 l/jam dengan konsentrasi awal nira 51 brix, naik dari 9 kg/m².jam pada laju alir gas 0 m³/jam menjadi 28 kg/m².jam pada laju alir gas 10 m³/jam. Sedangkan nilai KPES pada konsentrasi awal nira 63 brix naik dari 4 kg/m².jam pada laju alir gas 0 m³/jam menjadi 17 kg/m².jam pada laju alir gas 10 m³/jam. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai KPES cenderung naik dengan semakin besarnya laju alir udara dan semakin kecil konsentrasi larutan nira, maka kenaikan nilai KPES semakin besar dibanding dengan larutan nira yang lebih pekat.

Dari Gambar 5 sampai dengan 7 terlihat bahwa nilai KPES untuk laju alir nira 154 l/jam lebih besar daripada nilai KPES untuk laju alir nira 243 l/jam dan 301 l/jam. Nilai KPES pada laju alir nira 154 l/jam dengan laju alir 10 m³/jam dan konsentrasi nira awal 51 brix adalah 35 kg/m².jam.

4. KESIMPULAN

Perubahan konsentrasi terbesar yang diperoleh adalah dari 51 brix menjadi 59,73 brix. Hal ini berlangsung pada laju alir larutan nira adalah 154 l/jam dan laju alir udara adalah 10 m³/jam. Sedangkan untuk laju

penguapan (KPES) pada *evaporator* yang paling optimal adalah sebesar 35 kg/m².jam pada laju alir 154 l/jam dengan konsentrasi awal nira 51 brix dan laju alir udara 10 m³/jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Elias, M. (2004). Study of Heat and Mass Transfer in a Falling Film Evaporation Process. *Master Thesis*. National University of Singapore.
- Filho, Z.A., Telis V.R.N., De Oliveira, E.B., Coimbra J.S.d.R., dan Romero, J.T. (2011). Rheology and fluid dynamics properties of sugarcane juice. *Biochemical Engineering Journal*, 53: 260 – 265.
- Lailatul dan Nikolina. (2000). Pengaruh Laju Alir dan Konsentrasi terhadap Koefisien Perpindahan Panas untuk Larutan Gula. *Skripsi*, Jurusan Teknik Kimia ITS, Surabaya.
- Lonkar, M.Y., Bhojaraj, S.K., dan Gavande, C.N. (1991). Falling film evaporator: a potential application to indian sugar industry. *Proceedings Journal of the 54th Annual Convention, The Sugar Technologists Association of India*. India.
- Sahid, U. dan Yulianto A. (2007). Perpindahan Panas dan Massa *Falling Film Evaporator* untuk Sistem Larutan Nira-Udara. *Skripsi*, Jurusan Teknik Kimia ITS, Surabaya.
- Subhanuel B. dan Bambang E.S. (2007). Plate evaporator as new technology for juice evaporation. *Indonesian Sugar Research Journal*, Indonesian Sugar Institute, Pasuruan. 43(4): 235-245.
- Triwulandari, R. dan Zawawi, R. (2011). Simulasi Proses Evaporasi Nira dalam *Falling Film Evaporator* dengan Adanya Aliran Udara. *Skripsi*, Jurusan Teknik Kimia ITS, Surabaya.