

## **SIMULASI PENGARUH LAJU ALIR LARUTAN NIRA TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR PADA FALLING FILM EVAPORATOR**

**Medya Ayunda Fitri**

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo

\*e-mail: medyafitri.tkm@unusida.ac.id

### **Abstract**

Cane juice is the main raw material in sugar factories. The processing of cane juice to produce the highest quality sugar must be through the proper evaporation process. If the evaporation temperature is too high, the cane juice can be damaged and this will affect the quality of sugar produced. The type of evaporator that is often used to reduce water content in food is falling film evaporator. This study obtained to determine the effect of the flow rate of cane juice on the temperature distribution at the interface and wall. This research was conducted using Matlab Software and the Runge-Kutta Method. The research variables used were the flow rate of 154, 243, and 301 l/hr and the air flow rate of 4, 8 and 10 m<sup>3</sup>/hr. The results showed that the smaller flow rate of the solution, the smaller temperature of the solution at the interface with the same position. The temperature distribution on the wall has increased at the beginning of evaporator operation, but then decreased due to evaporation.

**Keywords:** Cane Juice, Falling Film Evaporator, Simulation.

### **Abstrak**

*Nira merupakan bahan baku utama pada pabrik gula. Proses pengolahan nira untuk mendapatkan gula dengan kualitas terbaik harus melalui proses evaporasi yang tepat. Apabila suhu evaporasi terlalu tinggi, nira bisa mengalami kerusakan dan akan mempengaruhi kualitas gula yang dihasilkan. Jenis evaporator yang sering digunakan untuk mengurangi kadar air pada bahan makanan adalah falling film evaporator. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju alir larutan nira terhadap distribusi temperatur pada bagian interface dan dinding. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Software Matlab dan Metode Runge-Kutta. Variabel penelitian yang digunakan adalah laju alir larutan 154, 243, dan 301 l/jam serta laju alir udara 4, 8, dan 10 m<sup>3</sup>/jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin kecil laju alir larutan, maka semakin kecil pula temperatur larutan pada interface dengan posisi yang sama. Distribusi temperatur pada bagian dinding mengalami kenaikan pada awal pengoperasian alat, namun kemudian mengalami penurunan akibat terjadinya penguapan.*

**Kata kunci:** Nira, Falling Film Evaporator, Simulasi.

### **1. PENDAHULUAN**

Nira adalah cairan berwarna kuning kecoklatan dan merupakan hasil perasan

tebu yang mengandung air, sakarosa, senyawa organik, dan gula reduksi. Pada pabrik gula, setelah didapatkan nira dari

hasil perasan tebu, nira dijernihkan dan selanjutnya dikurangi kadar airnya untuk membentuk kristal gula yang diinginkan. Pengurangan kadar air pada nira biasanya dilakukan dengan menggunakan *evaporator*. *Evaporator* yang sering digunakan adalah tipe *falling film evaporator* (FFE) (Fitri, 2016).

FFE adalah jenis *evaporator* yang digunakan dalam pengurangan kadar air pada bahan makanan yang sensitif terhadap panas. Keuntungan yang diperoleh apabila menggunakan FFE yaitu waktu kontak yang singkat, pemanasan dilakukan pada suhu yang tidak terlalu tinggi, perbedaan tekanan yang terjadi sangat kecil, dan memiliki koefisien transfer panas yang besar (Elias, 2004). Hal dasar yang perlu diperhatikan pada aplikasi FFE yaitu tebal film dari aliran laminar, karena aliran tersebut mempengaruhi distribusi temperatur larutan dan konsentrasi. Semakin besar laju alir *liquida*, maka semakin tebal film yang dihasilkan.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait FFE dan bahan yang peka terhadap panas yaitu: Chien dkk (2005) mengadakan penelitian tentang prediksi model FFE pipa horisontal yang menggunakan *refrigerants*. Triwulandari dan Zawawi (2011) melakukan simulasi *falling film evaporator* dengan sistem larutan nira encer-udara dengan menggunakan data dari literatur. Filho dkk (2011) mengadakan penelitian tentang sifat reologi dan dinamika fluida pada nira. Ang (2011) mengadakan penelitian tentang simulasi susu pada konsentrasi tinggi yang difokuskan untuk memperoleh data rheologi susu serta tipe aliran susu pada *falling film evaporator*. Fitri dan Dhaniswara (2012) melakukan simulasi

tentang *black liquor* dengan menggunakan parameter arah aliran udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arah aliran udara berlawanan arah memiliki hasil penguapan lebih efisien daripada yang searah. Fitri, dkk (2016) melakukan eksperimen tentang kecepatan penguapan *evaporator* spesifik (KPES) nira kental, semakin besar laju alir udara maka nilai KPES cenderung naik.

Banyak penelitian yang melakukan simulasi menggunakan larutan dengan konsentrasi rendah (*encer*) dan belum banyak dilakukan penelitian menggunakan larutan dengan konsentrasi tinggi (*pekat*). Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan dengan menggunakan larutan berkonsentrasi tinggi (*nira pekat*). Tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh laju alir larutan berkonsentrasi tinggi (*nira pekat*) terhadap distribusi temperatur pada bagian *interface* dan bagian dinding *falling film evaporator* menggunakan simulasi dengan *Software Matlab*.

## 2. METODE PENELITIAN

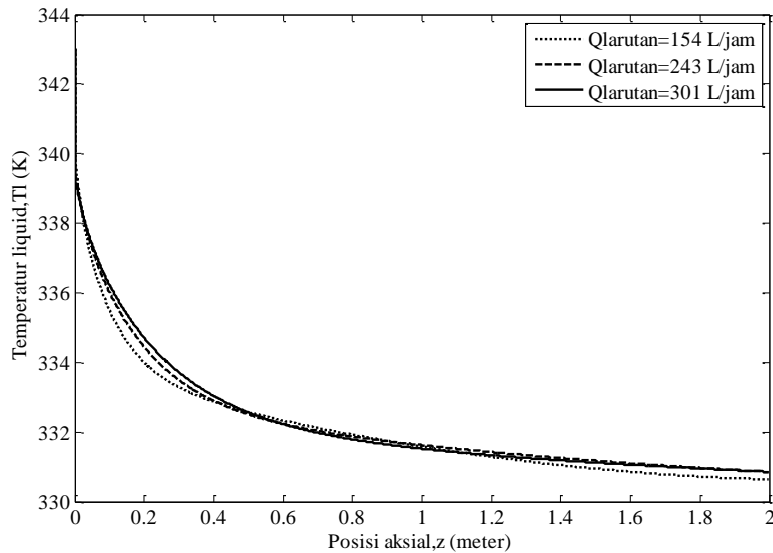
Penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan *running* program simulasi menggunakan *Software Matlab*. Metode yang digunakan dalam penyelesaian numerik adalah Runga Kutta orde 4 serta *finite difference*. Metode Runga Kutta orde 4 digunakan pada penelitian ini karena metode tersebut memberikan ketelitian hasil yang lebih tinggi dan *error* yang dihasilkan lebih kecil sehingga nilai yang dihasilkan dapat mendekati nilai aslinya.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penyuplai panas sebesar 3 kW, konsentrasi nira 51 brix, laju alir larutan 154, 243, dan 301 l/jam, serta laju alir udara 4, 8, dan 10 m<sup>3</sup>/jam.

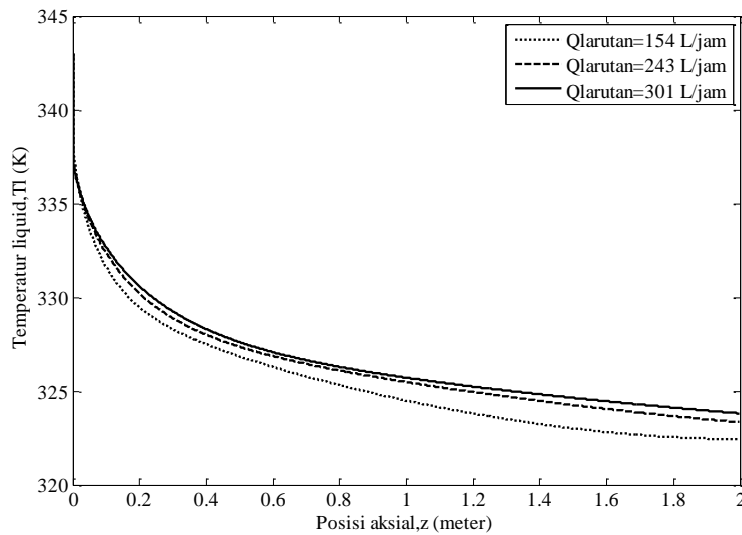
Variabel *output* yang diinginkan yaitu distribusi temperatur pada bagian *interface* dan bagian dinding.

Hasil simulasi distribusi temperatur liquida pada bagian *interface* dengan konsentrasi nira sebesar 51 brix terhadap laju alir larutan pada laju alir gas 4, 8, dan 10 m<sup>3</sup>/jam dapat dilihat pada Gambar 1-3.

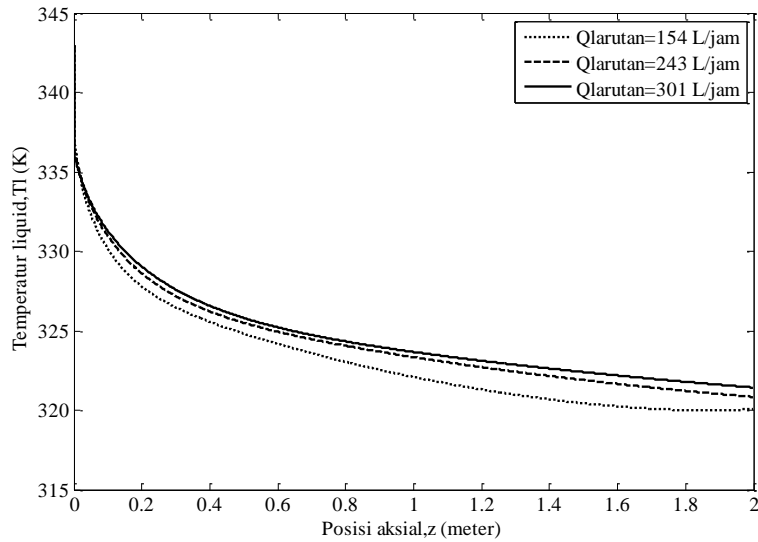
### 3. HASIL DAN DISKUSI



**Gambar 1.** Distribusi temperatur liquid bagian *interface* dengan laju alir gas 4 m<sup>3</sup>/jam.



**Gambar 2.** Distribusi temperatur liquid bagian *interface* dengan laju alir gas 8 m<sup>3</sup>/jam.



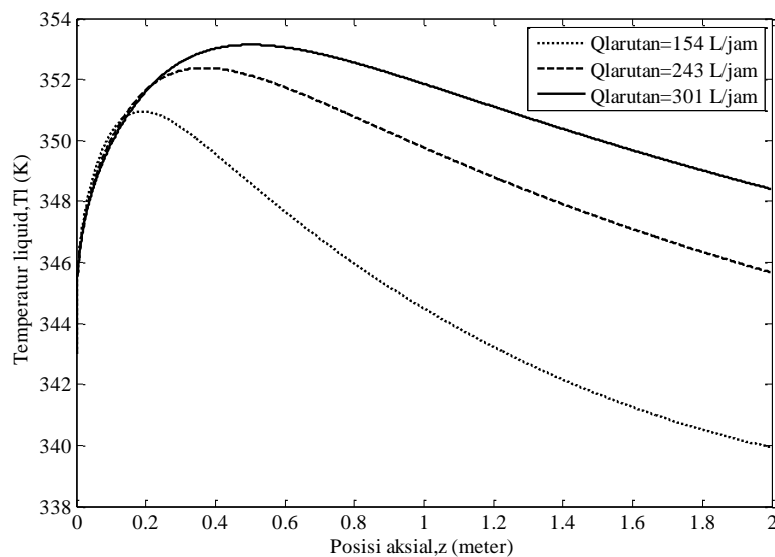
**Gambar 3.** Distribusi temperatur liquid bagian *interface* dengan laju alir gas  $10 \text{ m}^3/\text{jam}$ .

Pada Gambar 1-3 dapat dilihat bahwa semakin ke arah aksial, terjadi penurunan temperatur liquida. Hal ini disebabkan karena terjadi penguapan pada bagian *interface* sebelum panas mengalir, sehingga perubahan fase larutan menjadi uap air di bagian *interface* yang awalnya.

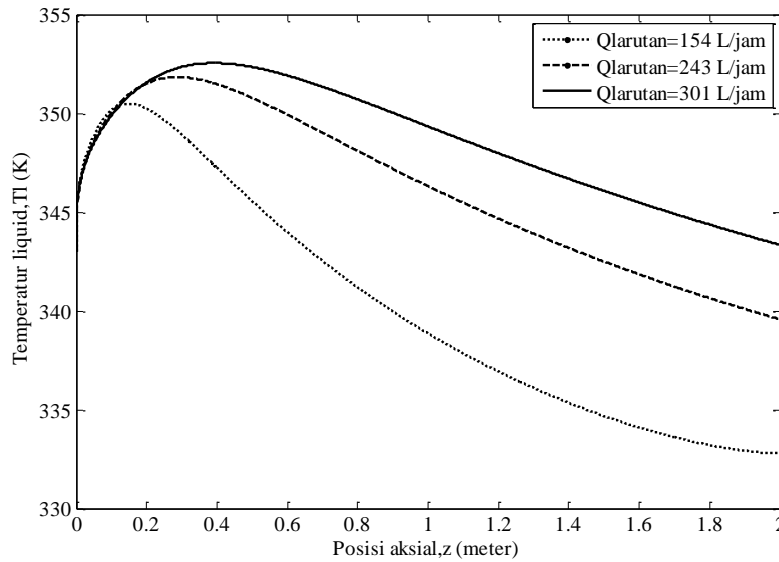
Pada gambar tersebut juga dapat diketahui bahwa temperatur larutan

semakin kecil seiring dengan laju alir larutan yang semakin kecil pada posisi yang sama. Penyebab terjadinya hal ini adalah temperatur liquida mengalir ke gas.

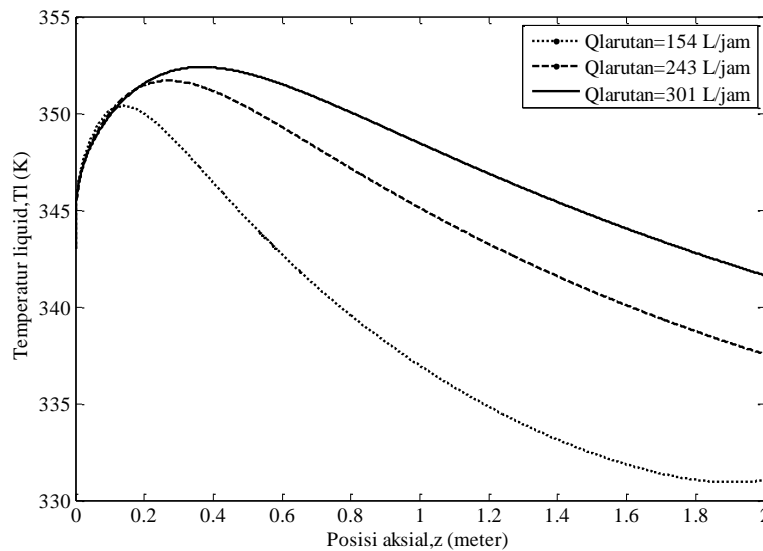
Hasil distribusi temperatur liquida pada bagian dinding terhadap laju alir larutan pada konsentrasi 51 brix laju alir gas 4, 8, dan  $10 \text{ m}^3/\text{jam}$  pada posisi aksial dapat dilihat pada Gambar 4-6.



**Gambar 4.** Distribusi temperatur liquida bagian dinding dengan laju alir gas  $4 \text{ m}^3/\text{jam}$ .



**Gambar 5.** Distribusi temperatur liquida bagian dinding dengan laju alir gas  $8 \text{ m}^3/\text{jam}$ .



**Gambar 6.** Distribusi temperatur liquida bagian dinding dengan laju alir gas  $10 \text{ m}^3/\text{jam}$ .

Gambar 4-6 menunjukkan hasil simulasi pengaruh laju alir larutan terhadap distribusi temperatur liquida pada bagian dinding. Pada gambar tersebut ditunjukkan bahwa temperatur liquida mengalami kenaikan pada awal pengoperasian *evaporator*, namun temperatur liquida semakin menurun saat liquida semakin mengalir kebawah kolom. Hal ini terjadi karena pemanasan dari dinding menyebabkan suhu alat naik.

Namun karena penguapan, maka suhu liquida turun.

Pada bagian atas kolom, kandungan uap air dalam udara mencapai titik maksimal dan laju penguapan adalah yang paling kecil. Sehingga dibagian atas kolom yang lebih dominan adalah efek pemanasan dari dinding, makin kebawah efek penguapan meningkat sehingga temperatur menurun.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu distribusi temperatur pada bagian *interface*: semakin kecil laju alir larutan, maka semakin kecil pula temperatur larutan pada posisi yang sama. Hal ini disebabkan karena temperatur liquida mengalir ke gas. Distribusi temperatur pada bagian dinding mengalami kenaikan pada awal pengoperasian alat, namun kemudian mengalami penurunan akibat terjadinya penguapan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ang, Keng Lin. 2011. Investigation of Rheological Properties Concentrated Milk and the Effect of These Properties on Flow within Falling Film Evaporator. Master Thesis, Department of Chemical and Process Engineering, University of Canterbury.
- Chien, Liang-Han, & Cheng, Chuan-Hung. 2005. A Predictive Model of Falling Film Evaporation with Bubble Nucleation on Horizontal Tubes. HVAC&R Research, Volume 12, Issue 1 : 69-87.
- 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., Romero, J.T., 2011. *Rheology and Fluid Dynamics Properties of Sugarcane Juice*. Biochemical Engineering Journal 53: 260 – 265.
- Fitri, M.A. dan Dhaniswara, T.K. 2012. Simulasi Proses Evaporasi *Black Liquor* Dalam *Falling Film Evaporator* (FFE) dengan Adanya Aliran Udara Ditinjau dari Pengaruh Arah Aliran Udara. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Fitri, M.A, Suhadi, Ali Altway, dan Susianto. 2016. Studi Eksperimental *Falling Film Evaporator* pada Evaporasi Nira Kental. Journal of Research and Technology, Vol. 2 No. 1, Juni 2016, pp: 13-17.
- Fitri, M. A. 2016. Pemodelan dan Simulasi Proses Penguapan Nira Pekat pada Falling Film Evaporator. Tesis. Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Geankoplis, C. J. 2003. Transport Processes and Unit Operation. 4th edition, Allyn and Bacon, Inc., Boston.
- Triwulandari, R. & Zawawi, R. 2011. Simulasi Proses Evaporasi Nira dalam Falling Film Evaporator dengan Adanya Aliran Udara. Laporan Skripsi Jurusan Teknik Kimia, ITS, Surabaya.