

# ANALISIS KEBUTUHAN LUAS PERMUKAAN PEMANAS JUICE HEATER II PADA STASIUN PEMURNIAN PABRIK GULA KREBET BARU II MALANG

Ananda Rizky Mahendra<sup>1</sup>, Melly Handayani<sup>1</sup>, Mufid<sup>1</sup>, Pandu Jati Ramadhan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

<sup>2</sup>PT Rajawali Nusantara Indonesia, PG Kribet Baru II, Jl. Raya Kribet No. 10, Kribet, Kec. Bululawang, Kabupaten Malang, Jawa Timur 65172, Indonesia

arizkym26@gmail.com ; putrajatinegara@gmail.com; [mufid@polinema.ac.id]

## ABSTRAK

*Juice heater* merupakan sebuah perangkat yang digunakan dalam stasiun pemurnian di pabrik gula untuk memanaskan nira mentah. Fungsinya untuk meningkatkan suhu nira mentah agar mencapai suhu yang optimal untuk proses pemurnian. *Juice heater* umumnya menggunakan pemanas berbasis uap, dimana pada proses pemanasan ini membantu dalam penghilangan kandungan air yang berlebihan dari nira mentah, meningkatkan konsentrasi gula, dan memperbaiki kualitas sebelum dilanjutkan ke tahap pemurnian selanjutnya. *Juice heater* biasanya terdiri dari beberapa unit yang bekerja secara berurutan untuk mencapai peningkatan suhu jus tebu secara bertahap. Studi ini bertujuan untuk menganalisis nilai luas permukaan pemanas yang optimal pada proses produksi pada Pabrik Gula dengan alat pemurnian menggunakan *juice heater* atau *heat exchanger shell and tube* dengan aliran *co-current* karena dengan pengaktifan alat yang berlebihan akan dapat meningkatkan pengeluaran energi dan biaya produksi. Analisis perhitungan dilakukan dengan menggunakan aplikasi MS-Excel dan data diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan. Setelah dilakukan analisa, hasil studi menunjukkan bahwa berdasarkan perhitungan secara teoritis data masih memenuhi untuk digunakan 3 sampai 4 unit *juice heater* dengan 2 unit sebagai cadangan apabila terjadi masalah atau sedang dilakukan pembersihan.

**Kata kunci:** *juice heater II, nira mentah, stasiun pemurnian*

## ABSTRACT

*Juice heater* is a device used in refining stations in sugar factories to heat raw sap. Its function is to increase the temperature of raw sap to reach the optimal temperature for the purification process. *Juice heaters* generally use steam-based heating, where this heating process helps in removing excessive water content from raw sap, increasing sugar concentration, and improving quality before proceeding to the next purification stage. *Juice heaters* usually consist of several units that work sequentially to achieve a gradual increase in the temperature of the sugarcane juice. This study aims to analyze the optimal heating surface area value in the production process at a sugar factory with refining equipment using a *juice heater* or *shell and tube heat exchanger* with *co-current* flow because excessive activation of the equipment will increase energy expenditure and production costs. Calculation analysis was carried out using the MS-Excel application and data was obtained from direct observations in the field. After analysis, the study results show that based on theoretical calculations the data is still sufficient to use 3 to 4 *juice heater* units with 2 units as a backup in case a problem occurs or cleaning is being carried out.

**Keywords:** *juice heater II, raw sap, purification station*

## 1. PENDAHULUAN

Gula merupakan salah satu komoditas penting dan strategis bagi masyarakat Indonesia. Penggunaan gula tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan dasar, tetapi juga sebagai sumber bahan pemanis utama yang digunakan dalam industri makanan dan minuman [1]. Produksi gula dalam negeri semakin tidak mampu memenuhi kebutuhan konsumen. Jika peningkatan konsumsi gula tidak dibarengi dengan peningkatan produksi gula, Indonesia terpaksa harus melakukan impor gula dari berbagai negara. Pada tahun 2019 total volume impor gula di Indonesia sebesar 4090 ton, kemudian pada tahun 2020 terjadi peningkatan yang signifikan sebesar 5540 ton, dan pada tahun 2021 impor gula mengalami meningkat sebesar 5483 ton [2].

Proses produksi secara umum yang dilakukan pada Pabrik Gula meliputi proses persiapan bahan baku, proses penggilingan, proses pemurnian, proses pemanasan, proses pemutaran, dan proses penyelesaian atau pengemasan hingga mendapatkan gula yang layak konsumsi. Dari sekian banyak proses pengolahan yang ada didalam pabrik gula terdapat proses pemurnian yang memegang peranan penting dalam produksi, karena hasil dari pemurnian ini akan sangat mempengaruhi kualitas dari gula yang dihasilkan [3]. Tujuan dari proses pemurnian yaitu untuk memisahkan kandungan bukan gula pada nira sebanyak mungkin dengan kehilangan gula seminimal mungkin dan menggunakan bahan pembantu proses. Adapun bahan pembantu proses yang digunakan adalah susu kapur, gas SO<sub>2</sub>, flokulan, dan asam fosfat [4]. Susu kapur berperan dalam menjaga stabilitas nira saat dipanaskan dan mencegah terjadinya hidrolisis gula. Sas SO<sub>2</sub> berfungsi untuk menetralkan kelebihan susu kapur dalam proses sulfitasi dan memucatkan nira kental setelah dari stasiun penguapan. Flokulan berfungsi untuk membantu meningkatkan kecepatan proses pengendapan kotoran pada proses pemurnian pada juice heater. Yang terakhir yaitu asam fosfat yang berfungsi untuk inti endapan yang mampu mengikat koloid halus dan kecil sehingga kotoran mengendap.

*Juice heater* merupakan alat yang digunakan dalam pabrik gula untuk menaikkan suhu sari-sari atau ekstrak tebu dengan menggunakan *steam*. Dengan menaikkan suhu tersebut bertujuan untuk menurunkan kelarutan garam-garam dan menurunkan viskositas nira mentah. Adapun nira yang masuk melewati proses pada alat *juice heater* adalah nira kotor, dimana hal ini menyebabkan percepatan pembentukan lapisan/*fouling* yang akan menyebabkan pengurangan koefisien perpindahan panas keseluruhan (U) yang pada akhirnya akan menyebabkan peningkatan kebutuhan laju alir massa dari *steam* untuk mencapai suhu keluaran nira mentah yang diinginkan [5]. Jenis dan bentuk dari alat pemanas ini adalah *heat exchanger* yang biasanya berbentuk *shell and tube*. *Heat Exchanger* merupakan suatu perangkat pertukaran panas yang berperan dalam mengubah suhu dan fase dari jenis fluida tertentu. Di dalam *shell and tube* ini salah satu fluida pada bagian dalam shell adalah *steam*, sedangkan fluida lainnya dialirkan melalui tube adalah nira. Kemudian terdapat sekat atau *baffles* di dalam *shell* pada *juice heater* yang bertujuan untuk menjamin bahwa fluida di *shell* mengalir secara *turbulent* selama melintasi tabung dan dengan demikian menyebabkan perpindahan kalor lebih optimal [6]. Hal tersebut yang menyebabkan *heat exchanger shell and tube* banyak digunakan dalam proses industri karena alat penukar kalor ini memiliki keunggulan dapat memberikan luas permukaan atau penampang

perpindahan panas yang besar dengan volume yang kecil, lalu juga mudah dalam melakukan *maintenance* atau perawatan [7].

Proses produksi gula kristal dilakukan secara kontinu dan berjalan selama 6 bulan, yang biasanya dimulai dari bulan Mei hingga bulan Oktober bergantung pada ketersediaan bahan baku utama yaitu tebu. Dimana pada 6 bulan berikutnya dilakukan proses *maintenance* pada mesin-mesin dan area pabrik produksi seperti perbaikan, pengecatan, pembersihan dan lain sebagainya. Dalam pabrik gula, penyediaan alat pemanas nira atau dapat disebut *juice heater* jumlahnya lebih dari satu unit karena memiliki manfaat yang signifikan. Dengan keberadaan beberapa unit juga memberikan kelebihan fleksibilitas dalam pemeliharaan, memastikan kontinuitas produksi tanpa gangguan yang berkepanjangan [8]. Dampak dari berjalannya produksi secara kontinu dapat menyebabkan kerak pada permukaan pemanas pada *juice heater* yang dapat menyebabkan tersumbatnya aliran nira tebu. Kemudian juga menyebabkan berkurangnya luas permukaan pemanas pada *juice heater* tersebut. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pemeliharaan yang rutin pada *juice heater*, termasuk pembersihan yang teratur untuk menghilangkan kerak yang terbentuk. Proses pembersihan ini dapat melibatkan penggunaan bahan kimia pembersih atau metode mekanis untuk menghilangkan kerak yang menempel pada permukaan pemanas. Dengan menjaga permukaan pemanas bebas dari kerak, aliran nira tebu dapat tetap lancar dan efisiensi pemurnian dapat dipertahankan [9].

Menurut penelitian terdahulu, Laili (2009) telah mengkaji penyebab terhambatnya proses pemurnian yaitu ditandai dengan tidak tercapainya suhu pemanas Pendahuluan I, II dan *clarity* pada nira. Hal tersebut disebabkan karena terdapat kerak nira pada alat yang dapat menghambat pemanasan dan menyebabkan berkurangnya perpindahan panas yang sedang terjadi [10]. Kemudian menurut Hartanto (2014) rangkaian proses produksi yang berpengaruh besar terhadap kualitas produk gula kristal putih yang dihasilkan adalah pada proses pemurnian nira [11].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai luas permukaan pemanas yang optimal pada proses produksi pada Pabrik Gula dengan alat pemurnian menggunakan *juice heater* atau *heat exchanger shell and tube* dengan aliran *co-current* karena dengan pengaktifan alat yang berlebihan akan dapat meningkatkan pengeluaran energi dan biaya produksi.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk melakukan perhitungan luas permukaan pemanas *juice heater II* pada proses produksi gula di industri gula adalah:

### 2.1. Data Primer

Data-data proses secara aktual yang diperoleh dari pengamatan langsung di industri.

### 2.2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh melalui sumber-sumber lain dan tidak diperoleh secara langsung. Salah satu cara untuk memperoleh data tersebut yaitu studi literatur, dengan mengumpulkan data dari berbagai buku, jurnal, artikel, dan internet yang dapat membantu perhitungan luas permukaan pemanas *juice heater II*.

### 2.3. Pengolahan data

Perhitungan luas permukaan pemanas *juice heater II* pada proses produksi gula di industri gula. Beberapa langkah yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Menghitung jumlah Massa Nira Mentah hasil ekstraksi gilingan yang dipanaskan dengan rumus:

$$\frac{\text{Tebu digiling}}{\text{jam}} = \text{kapasitas giling} \left( \frac{\text{ton}}{\text{jam}} \right) \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \quad (1)$$

$$\text{Nira Mentah netto} = \text{Nira Mentah \% Tebu} \times \text{Kapasitas giling (ton/jam)} \quad (2)$$

- 2) Menghitung *temperature* uap masuk (T1) menggunakan Interpolasi dari *Steam Table* [12]
- 3) Menghitung *T LMTD* [13]

Dalam perhitungan *T LMTD* dengan aliran *co-current* maka menggunakan persamaan berikut:

$$T_{LMTD} = \frac{(T_1 - t_1) - (T_2 - t_2)}{\ln \left( \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_2} \right)} \quad (3)$$

Dimana

- T1 = temperature uap masuk (°C)
- T2 = temperature uap keluar (°C)
- t1 = temperature *juice heater* keluar (°C)
- t2 = temperature *juice heater* masuk (°C)

- 4) Menghitung *Heating Surface* (S) [14]

*Heating surface* dihitung menggunakan rumus berikut:

$$S = \frac{m \times C_p \times (t_1 - t_2)}{k \times T_{LMTD}} \quad (4)$$

Dimana

- m = nira mentah (ton/jam)
- cp = 0,1 kcal/kg.°C
- t1 = temperature *juice heater* keluar (°C)
- t2 = temperature *juice heater* masuk (°C)
- k = 70 kcal/m<sup>2</sup>.°C.h
- T<sub>LMTD</sub> = Menggunakan nilai *Log Mean Temperature Difference*

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil

Hasil perhitungan yang telah didapatkan tampak pada Tabel 1 dan Tabel 2.

### 3.2. Pembahasan

Pada pabrik gula terutama pada stasiun pemurnian merupakan stasiun yang berfungsi untuk memisahkan kotoran yang terdapat pada nira mentah sehingga pada akhir proses di stasiun pemurnian mendapatkan nira encer dengan tetap menjaga agar sukrosa tidak mengalami kerusakan. Proses kimia yang terjadi pada stasiun pemurnian

gula dikenal sebagai proses sulfitasi. Prinsip dasar pemurnian ini adalah mengikat bahan selain gula atau pengotor dengan menggunakan cairan reagen tertentu. Dalam proses ini, reagen bereaksi dengan pengotor dan membentuk endapan yang kemudian dapat dipisahkan dari nira mentah. Kinerja dari stasiun pemurnian ini akan semakin baik seiring dengan peningkatan jumlah endapan yang terbentuk. Prinsip kerja juice heater melibatkan perpindahan panas dari alat pemanas ke media yang sedang dipanaskan melalui konduksi dan konveksi. [15]. Hasil dari proses pemurnian akan didapatkan nira encer dengan komposisi nira adalah sekitar 90% air dan 10% gula. Tahap berikutnya untuk meningkatkan konsentrasi gula, nira encer dialirkan menuju proses penguapan. Dari hasil perhitungan kebutuhan luas permukaan pemanas dimana kapasitas giling pada tahun 2022 sebesar 5500 ton tebu per hari ditampilkan pada Tabel 2, dengan luas permukaan pada masing-masing unit *juice heater II* ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Jumlah unit juice heater II

Unit Juice Heater II	Luas Permukaan Pemanas yang disediakan (m <sup>2</sup> )
1	180
2	180
3	250
4	250
5	250
6	250
Jumlah	1360

**Tabel 2.** Ketersediaan luas permukaan pemanas dengan kebutuhan luas permukaan pemanas yang akan digunakan

Luas Permukaan Pemanas yang tersedia (m <sup>2</sup> )	Juice Heater II	
	Kebutuhan Luas Permukaan Pemanas yang akan digunakan (m <sup>2</sup> )	Sisa Luas Permukaan Pemanas (m <sup>2</sup> )
1360	897,4168	462,5832

Dengan mengetahui kebutuhan luas permukaan pemanas *juice heater II* juga untuk mengetahui jumlah minimal alat yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan produksi gula. Pada penelitian ini didapatkan hasil dari perhitungan yang sudah dilakukan, untuk jumlah alat minimal diaktifkan pada *juice heater II* sebanyak 3 sampai 4 alat agar dapat memenuhi kebutuhan pada proses produksi terutama di stasiun pemurnian. Dengan mengetahui luas permukaan pemanas yang tersedia maka pihak perusahaan dapat mengaktifkan alat dengan jumlah yang sesuai dengan kebutuhan giling dan tidak menggunakan alat secara berlebihan sehingga pihak perusahaan dapat menghemat pengeluaran energi dan biaya. Hal tersebut juga dijelaskan pada penelitian yang dilakukan oleh Hartanto (2014) proses yang memerlukan energi uap yang cukup besar adalah proses pemurnian, yaitu pada alat *juice heater* yang menjadi pengonsumsi energi uap ketiga terbesar setelah proses penguapan dan kristalisasi [11]. *Juice Heater II*

di Kreet Baru II terdapat 6 unit dengan luas permukaan pemanas keseluruhan 1360 m<sup>2</sup>. Sehingga berdasarkan perhitungan secara teoritis data masih memenuhi untuk digunakan 3 sampai 4 unit *juice heater* dengan 2 unit sebagai cadangan.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perhitungan kebutuhan luas permukaan pemanas *juice heater II* yang tersedia sudah memenuhi untuk proses produksi gula dengan kapasitas giling 5500 ton tebu per hari pada tahun 2022 yang menggunakan 3-4 unit *juice heater*, dengan catatan harus menonaktifkan 1 atau 2 alat yang bertujuan untuk meminimalkan terjadinya trouble atau penyumbatan yang diakibatkan kerak pada saat proses produksi sedang berlangsung.

Adapun saran berikutnya yang harus dilakukan yaitu apabila mengaktifkan alat *juice heater* juga harus melihat atau menyesuaikan dengan kapasitas gilingnya karena jika dinilai dari alat yang tersedia berlebih dalam memenuhi kapasitas gilingnya sehingga perlu diaktifkan seperlunya saja untuk mengefisiensi energi dan mengurangi pengeluaran biaya produksi.

#### REFERENSI

- [1] A. Bustaman, "Desain Pemanas Nira dan Udara untuk Proses Pengolahan Nira Tebu dengan Sistem Siklon," Universitas Islam Indonesia, 2019.
- [2] M. Yuwono, *Statistik Tebu Indonesia*. Jakarta, 2021.
- [3]. PT. Tritunggal Sentra Buana Standard Operating Procedure, "Stasiun Pemurnian," *Sop Tsb-Pom-006*, 2014.
- [4] M. A. Davin, "Laporan Kerja Lapang II Pengenalan Alat & Proses Pengolahan Gula di PT Perkebunan Nusantara XIV (PERSERO) PG CAMMING," 2021, [Online]. Available: <https://repository.polteklpp.ac.id/id/eprint/432/>
- [5] I. N. Imani and I. F. Shofiyah, "Laporan Kerja Praktik Pabrik Gula Kebonagung Malang Jawa Timur," Universitas Internasional Semen Indonesia, 2021.
- [6] P. Ima, "Modifikasi Proses Pemurnian dengan Penambahan Heat Exchanger Untuk Meningkatkan Kinerja Pemanasan Nira Mentah di PG Tersana Baru," pp. 1–2, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/>
- [7] S. Siagian, "Analisa Efektivitas Alat Penukar Kalor Jenis Shell and Tube Hasil Perencanaan Mahasiswa Skala," vol. 12, pp. 211–216, 2020.
- [8] D. S. Perwitasari, "Phosphat Acid And Flocculan Added In Juice Sugar Crystal Process," *J. Tek. Kim.*, vol. Vol.4, pp. 318–325, 2010.
- [9] F. Hamidi, "Desain Mesin Pemurnian Nira Tebu Secara Mobile Untuk Mendukung Rekayasa Proses Bisnis Pada Industri Gula," Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [10] Q. Laili, "Perencanaan dan Pengendalian Proses Pada Stasiun Pemurnian Untuk Menunjang Kualitas Gula," *Am. J. Res. Commun.*, vol. 5, pp. 12–42, 2009.
- [11] E. S. Hartanto, "Product Quality Improvement of White Crystal Sugar through Defecation Remelt Carbonatation Technology," *J. Standarisasi*, vol. 16, no. 3, pp. 215–222, 2014.
- [12] S. Aires, "720 Tables in SI Units TABLE A-2," *Energy*, vol. 28, pp. 720–729.
- [13] Kern, "Kern - Process Heat Transfer.pdf." p. 878, 1965.
- [14] E.Hugot, "Handbook\_of\_Cane\_Sugar\_Engineering\_-\_Hugot\_1986.pdf," *Trans. GH*

*Jenkins, New York. pp. 178–185, 1986.*

- [15] R. Fadil, “Laporan Praktik Kerja Lapangan PT PG Jatitujuh,” Politeknik LPP, 2020.