

ANALISIS PERHITUNGAN LUAS PEMANASAN *JUICE HEATER* I PADA STASIUN PEMURNIAN

Aliyatus Diva Aurora¹, Faarisa Nurjihaan Bratastuti¹, Mufid¹, Pandu Jatir Ramadhan²,
¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
²PT PG Rajawali Nusantara Indonesia, PG Krebet Baru II, Jl. Raya Krebet No.10, Kec. Bululawang,
Kabupaten Malang, Jawa Timur 65172, Indonesia
vira.diva.aurora@gmail.com ; [mufid.polinema@gmail.com]

ABSTRAK

Stasiun pemurnian adalah suatu proses pemisahan dan pengendapan kotoran hingga diperoleh nira dengan kemurnian yang cukup tinggi dan dapat mempengaruhi mutu gula yang dihasilkan sesuai dengan mutu yang telah ditetapkan. Dalam stasiun pemurnian di pabrik gula untuk memanaskan nira mentah menggunakan alat yang bernama *juice heater*. Fungsi alat tersebut yaitu meningkatkan suhu nira mentah dan meningkatkan konsentrasi gula serta memperbaiki kualitas sebelum dilanjutkan pada tahap pemurnian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai luas permukaan pemanas secara optimal pada alat pemurnian *juice heater* karena pengaktifan alat yang berlebih dapat meningkatkan pengeluaran energi yang berlebih dan menambah biaya produksi. Analisis perhitungan dilakukan dengan cara observasi secara langsung di industri dan dilakukan perhitungan menggunakan MS-EXCEL. Hasil penelitian menunjukkan berdasarkan perhitungan secara teoritis data masih memenuhi untuk 4 unit *juice heater* dengan 2 unit sebagai cadangan dan kebutuhan luas pemanas pada *Juice heater* I yaitu sebesar 198,1367 m².

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

ABSTRACT

Purification station is a process of separation and deposition of impurities until sap is obtained with a high enough purity and can affect the quality of sugar produced in accordance with the quality that has been determined. In the refining station at the sugar factory to heat raw sap using a device called a juice heater. The function of the tool is to increase the temperature of raw sap and increase sugar concentration and improve quality before proceeding to the refining stage. This study aims to analyze the surface area value of the heater optimally in the juice heater purification tool because excessive activation of the tool can increase excess energy expenditure and increase production costs. Calculation analysis is carried out by direct observation in the industry and calculations are carried out using MS-EXCEL. The results showed that based on theoretical calculations, the data still meets for 4 units of juice heaters with 2 units as reserves and the need for heating area in Juice heater I, which is 198.1367 m².

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

1. PENDAHULUAN

Gula merupakan salah satu kebutuhan dasar masyarakat dan juga sumber bahan pemanis utama dalam industri makanan dan minuman serta kebutuhan farmasi. Tingginya kebutuhan gula di Indonesia disebabkan karena meningkatnya penduduk pada setiap tahunnya [1]. Oleh karena itu, apabila produksi gula tidak ditingkatkan maka produksi gula

dalam negeri tidak mampu memenuhi kebutuhan konsumen dan Indonesia memerlukan aktivitas impor gula [2]. Disamping itu, produksi gula harus memenuhi kualitas yang sesuai SNI dengan tetap menjaga tiga aspek, yaitu kualitas, kuantitas, dan konektivitas, serta dapat menjangkau hingga pelosok negara dan dapat memberikan harga yang stabil [3]. Pada tahun 2020 total volume gula rafinasi di Indonesia sebesar 5,20 juta ton dan mengalami peningkatan 10% pada tahun 2021 hingga saat ini kebutuhan gula di Indonesia mencapai 6,48 juta ton [4].

Secara umum proses produksi gula meliputi proses persiapan bahan baku, proses penggilingan, proses pemurnian, proses pemanasan, proses putaran, dan proses penyelesaian atau pengemasan [5]. Salah satu proses penting dalam produksi gula yaitu proses pemurnian, karena pada proses pemurnian nira mentah akan melalui proses pemisahan dan pengendapan kotoran hingga diperoleh nira dengan kemurnian yang cukup tinggi dan dapat mempengaruhi mutu gula yang dihasilkan sesuai dengan mutu yang telah ditetapkan [6]. Karbonasi, sulfitasi, dan defekasi adalah metode yang dapat digunakan untuk memurnikan nira. Proses karbonasi dilakukan dengan menambahkan susu kapur dan gas CO_2 sebagai bahan pembantu, sedangkan proses defekasi dilakukan dengan mencampurkan getah dan susu kapur [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] dan menambahkan gas SO_2 [7]. Setelah itu menaikkan suhu pada nira menggunakan bantuan steam dengan tujuan menurunkan viskositas pada nira mentah. Alat pemanas yang digunakan *juice heater* adalah *heat exchanger* tipe *shell and tube* dengan keunggulan dapat memberikan luas penampang perpindahan panas yang besar dan volume yang kecil dan *maintenance* yang mudah [8].

Penghangat jus adalah alat yang menggunakan uap untuk meningkatkan suhu jus buah dan jus tebu di toko permen. Tujuan kenaikan suhu adalah untuk menurunkan kelarutan garam dan kekentalan kucai mentah. Kucai yang melewati proses pemanasan jus menjadi terkontaminasi, mendorong pembentukan lapisan/pengotor dan mengurangi koefisien perpindahan panas keseluruhan (U), yang menyebabkan peningkatan laju aliran uap yang diperlukan untuk mencapai hasil bahan baku yang diinginkan [9]. Jenis dan bentuk alat pemanas ini adalah *heat exchanger*, biasanya berbentuk *shell and tube*. Penukar panas adalah alat pertukaran panas yang bertanggung jawab untuk mengubah suhu dan fase suatu fluida. Pada *shell and tube* ini, salah satu fluida pada *shell* adalah steam dan fluida lain yang mengalir melalui *tube* adalah getah. *Shell* pemanas resin memiliki *baffle* atau kompartemen untuk menciptakan turbulensi dan perpindahan panas yang lebih optimal saat cairan dalam *shell* melewati tabung [10]. Penukar panas *shell and tube* banyak digunakan dalam proses industri karena mempunyai keunggulan luas permukaan yang besar dan bagian perpindahan panas bervolume kecil serta mudah perawatan dan pemeliharaannya [11].

Proses produksi gula kristal berlangsung terus menerus dan berlangsung selama enam bulan, biasanya pada bulan Mei hingga Oktober, tergantung sumber bahan baku utamanya yaitu tebu. Selama enam bulan ke depan, mesin dan fasilitas produksi menjalani pemeliharaan, termasuk perbaikan, pengecatan, dan pembersihan. Pada pabrik gula banyak disediakan alat yang bisa disebut dengan pemanas nira atau pemanas nira karena memiliki keunggulan yang cukup signifikan. Kehadiran beberapa unit juga memberikan keunggulan fleksibilitas dalam pemeliharaan, menjamin kelangsungan produksi tanpa gangguan yang berkepanjangan [12]. Karena efek produksi yang berkelanjutan, residu dapat terbentuk pada permukaan pemanas pemanas jus, yang dapat memperlambat aliran sari tebu. Hal ini

juga menyebabkan berkurangnya permukaan pemanas juicer. Oleh karena itu, perawatan rutin terhadap penghangat jus sangatlah penting, termasuk pembersihan rutin untuk menghilangkan residu. Pembersihan ini mungkin melibatkan penggunaan bahan pembersih kimia atau metode mekanis untuk menghilangkan residu dari permukaan radiator. Membersihkan residu dari permukaan pemanas membantu menjaga kelancaran aliran sari tebu dan efisiensi distilasi [13].

Berdasarkan penelitian sebelumnya, Laili (2009) mempelajari penyebab kegagalan proses pemurnian yang ditandai dengan kegagalan mencapai suhu pemanasan pada saluran masuk I, II dan transparan. Hal ini disebabkan adanya cangkang plastik pada alat yang menghambat pemanasan dan mengurangi perpindahan panas yang terjadi [14]. Menurut Hartanto (2014), beberapa proses produksi yang memberikan pengaruh signifikan terhadap kualitas gula kristal putih yang dihasilkan adalah proses pemurnian nira [15].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai luas permukaan pemanas secara optimal pada alat pemurnian *juice heater* karena pengaktifan alat yang berlebih dapat meningkatkan pengeluaran energi yang berlebih dan menambah biaya produksi.

2. METODOLOGI PENELITIAN.

2.1. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan di PG Krebet II di kabupaten malang menggunakan teknik pengumpulan data dengan cara observasi secara langsung di industri.

2.2. Data Analisis

Analisis perhitungan luas pemanas *juice heater* I diperoleh melalui pengamatan secara langsung yang berasal dari *control room* di industri dan pengumpulan data dari berbagai artikel, jurnal serta studi literatur.

2.3. Metode Perhitungan

Data yang didapatkan menggunakan metode perhitungan Microsoft excel agar data yang dihasilkan akurat.

- Jumlah Massa Nira Mentah

$$\frac{\text{Tebu Gilingan}}{\text{jam}} = \text{Kapasitas Gilingan} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \quad (1)$$

- Berat Nira Mentah

$$\text{Nira Mentah \% Tebu} \times \text{kapasitas Gilingan} \quad (2)$$

- Berat Nira Tapis

$$\text{Nira Tapis \% Tebu} \times \text{Kapasitas Gilingan} \quad (3)$$

- Jumlah Nira yang dipanaskan

$$\frac{\text{kapasitas Gilingan}}{\text{jam}} \times \text{Nira mentah \% Tebu} + \text{Nira Tapis \% Tebu} \quad (4)$$

Menghitung Temperatur uap masuk (T1) menggunakan Interpolasi dari *Steam Table* [16].

Selanjutnya hitung T_{LMTD} menggunakan persamaan (5).

$$\bullet \quad T_{LMTD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} \quad (5)$$

Dimana

T_1 = temperature uap masuk ($^{\circ}\text{C}$)

T_2 = temperature uap keluar ($^{\circ}\text{C}$)

t_1 = temperature *juice heater* keluar ($^{\circ}\text{C}$)

t_2 = temperature *juice heater* masuk ($^{\circ}\text{C}$)

Setelah mendapatkan hasil T_{LMTD} , hitung *Heating Surface* dengan persamaan (6) sebagai berikut.

$$\bullet \quad S = \frac{M \times C_p \times (t_1 - t_2)}{k \times T_{LMTD}} \quad (6)$$

Dimana

m = nira mentah (ton/jam)

c_p = 0,1 kcal/kg. $^{\circ}\text{C}$

t_1 = temperature *juice heater* keluar ($^{\circ}\text{C}$)

t_2 = temperature *juice heater* masuk ($^{\circ}\text{C}$)

k = 70 kcal/ $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$

T_{LMTD} = Menggunakan nilai *Log Mean Temperature Difference*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Hasil dari kebutuhan penggunaan pemanas *juice heater* I pada stasiun pemurnian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Unit *Juice Heater* I

Unit <i>Juice Heater</i> I	Luas Permukaan Pemanas yang disediakan (m^2)
1	180
2	180
3	180
4	250
5	250
6	250
Jumlah	1290

3.2. Pembahasan

Pada PG. Krebet Baru II, stasiun pemurnian bertujuan untuk meminimalkan kerugian dengan menghilangkan komponen non-gula dari getah mentah, menekan pemecahan sukrosa dan pembentukan gula pereduksi (monosakarida), dan mendapatkan getah bening dengan sakarosa sebanyak mungkin. Pemurnian ini dilakukan dengan menciptakan endapan melalui reaksi kimia dan pemisahan fisik. Proses pemurnian nira didapatkan

komposisi nira yaitu 90% air dan 10% gula [17]. Selanjutnya konsentrasi gula ditingkatkan dengan mengalirkan nira encer pada proses penguapan. Pada akhir proses pemurnian didapatkan nira encer [7].

Proses pemurnian meliputi masuknya nira mentah ke gilingan peti tunggu dengan ditambahkan asam fosfat (H^3PO^4) untuk mengendapkan kotoran yang terdapat didalam nira. Selanjutnya nira ditimbang di *Bolougne* untuk mengetahui berat nira dengan pengotor. Setelah itu nira dialirkan menuju *juice heater* I dengan pemanasan $70^\circ C$ yang tujuannya untuk menyempurnakan reaksi yang terjadi dan menghambat pertumbuhan bakteri. Apabila suhu kurang dari $70-75^\circ C$ maka pada proses pemurnian akan membentuk $Ca(HSO_3)_2$ dan apabila lebih dari suhu tersebut akan menyebabkan pemecahan sukrosa dan mengakibatkan gula reduksi dan membentuk monosakarida serta gula tidak dapat mengkristal [18]. Prinsip kerja *juice heater* melibatkan perpindahan panas dari alat pemanas ke media yang sedang dipanaskan melalui konduksi dan konveksi.

Dari *juice heater* dialihkan ke defekator. Susu kapur ditambahkan secara otomatis ke dalam defecator untuk mencapai pH yang diinginkan. Alat *calc dozer* mengontrol laju penambahan sehingga perbandingannya sesuai dengan getah yang keluar dari defekator. Pada defekator I ditambahkan susu kapur yang mengandung 8-10 °Be hingga pH mencapai 6,8-7,2 dalam waktu 4,4 menit. Setelah itu ditambahkan susu jeruk nipis ke dalam defekator II hingga pH mencapai 8,6-8,8 dalam satu menit [19]. Nira yang telah ditambahkan susu kapur akan dialirkan menuju menara sulfitasi yang berfungsi untuk menurunkan pH dan mengurangi viskositas nira untuk mempercepat pengendapan, kemudian nira dipanaskan lagi dalam *juice heater* II (suhu $100-105^\circ C$). Setelah dari *Juice Heater* II nira dibawa ke *flash tank* yang fungsinya untuk pemisahan gas-gas seperti CO_2 dan NH_3 dalam nira sehingga tidak mengganggu proses pengendapan serta untuk menghambat pertumbuhan bakteri yang dapat merusak sukrosa [19]. Setelah dari Flash Tank nira dialirkan ke *clarifier*. Pada pemurnian didapatkan 2 lapisan, nira bagian atas adalah nira jernih (*clear juice*) dan bagian bawah sebagai nira kotor (*muddy juice*). Setelah itu ditambahkan flokulan (Superflok A110 PWG) dengan dosis 2-3 ppm dan pengontrolan pH agar mencapai 7-7,2. Kotoran yang mengendap akan dikeluarkan dari dasar *clarifier* dan akan ditampung dalam tangki penampung nira kotor untuk dipompa menuju *rotary vacuum filter*. Sementara nira jernih akan meluber ke pipa pengeluaran nira jernih ke bak atau peti nira jernih menuju saringan nira jernih. Nira tapisan kemudian dikembalikan ke bak penampung nira tertimbang dan kotorannya dipisahkan sebagai blotong. Pada blotong kandungan gula yang diharapkan yaitu tidak lebih dari 2-4% [21].

Dari hasil perhitungan kebutuhan luas permukaan pemanas dimana kapasitas giling pada tahun 2022 sebesar 5500 ton tebu per hari dengan luas permukaan pada masing-masing unit *juice heater* II ditampilkan pada Tabel 1. Jumlah nira yang dipanaskan 525,150 kg/jam dan kebutuhan uap/ pemanas pada proses pembuatan gula yaitu sebesar $198,1367 m^2$. Pada alat *juice heater* yang menjadi energi uap terbesar adalah proses pemurnian setelah proses penguapan dan kristalisasi. Berdasarkan perhitungan teoritis kebutuhan luas permukaan pemanas *juice heater* I juga untuk mengetahui jumlah minimal alat yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan produksi gula. Pada penggunaan alat *juice heater* I terdapat sebanyak 4 alat yaitu 2 unit untuk proses dan 2 unit sebagai cadangan agar dapat memenuhi kebutuhan pada proses produksi terutama

di stasiun pemurnian. Dengan mengetahui luas permukaan pemanas yang tersedia maka pengoperasian alat akan sesuai dengan kebutuhan giling serta dapat mengurangi pengeluaran biaya dan energi apabila penggunaan alat yang tidak berlebihan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada perhitungan luas pemanas *juice heater* I dengan diketahui kapasitas giling 5500 *Ton Cane per Day* (TCD), suhu nira masuk sebesar 45°C dan suhu nira keluar 70 °C, didapatkan nilai berat nira mentah sebesar 240,6250 ton/jam, berat nira tapis sebesar 33,229 ton/jam, dan hasil perhitungan luas pemanas *juice heater* 1 yaitu sebesar 198,1367 m².

Saran yang dapat dilakukan adalah penggunaan *juice heater* sebaiknya disesuaikan dengan kapasitas gilingan agar tidak melebihi dari kapasitas yang seharusnya serta dapat lebih mengefisiensi energi dan biaya produksi.

REFERENSI

- [1] K. S. Indraningsih dan A. H. Malian, "Perspektif pengembangan industri gula di Indonesia," *SOCA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, vol.6, no. 1, hal. 1-21, 2006.
- [2] A. Arief dan S. Sofyan "Polemik Kebijakan Impor Gula Di Indonesia," *Bilancia: Jurnal Studi Ilmu Syariah Dan Hukum*, vol. 15, no. 2, hal. 227-252, 2021.
- [3] K. Kahfi, "Kemenperin Dukung Industri Gula Nasional Tingkatkan Produksi," *Validnews*, 21 Januari 2022.
- [4] Badan Pusat Statistik, "Statistik Tebu Indonesia 2010," 2010.
- [5] F. D. H. Putri, Y. Maryanty dan A. A. Widodo "Analisis Alat Defekator Pada Stasiun Pemurnian Pabrik Gula Jatiroto Dengan Kapasitas Giling 7000 TCD," *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 3, hal. 444–450, 2022.
- [6] F. A. Soejana, "Pengendalian Mutu Proses Produksi Gula Di PT. Perkebunan Nusantara X Pabrik Gula Gempolkrep, Mojokerto," *Jurnal Teknotan*, vol.14, no.2, hal. 55-60, 2020.
- [7] A. N. B. Titasari, E. Firdausi, S. Khairina, Y. Maryanty dan A. A. Widodo "Perhitungan Neraca Massa Pada Stasiun Pemurnian Dengan Kapasitas Giling 7000 TCD PT. Perkebunan Nusantara XI PG Jatiroto Lumajang," *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, vol.8, no.4, hal. 859–867, 2022.
- [8] S. Siagian, "Analisa Efektivitas Alat Penukar Kalor Jenis Shell And Tube Hasil Perencanaan Mahasiswa Skala Laboratorium," *Bina Teknika*, vol. 12, no. 2, hal. 211-216, 2016.
- [9] M. I. Ardiansyah, A. S. Wijaya, D. R. Wulan dan A. Suwito "Analisis Pengaruh Tekanan Uap Bekas Terhadap Karakteristik Perpindahan Panas Sistem Evaporator 5 Efek Pada Pg Kedawoeng, Pasuruan," *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 1, hal. 185-195, 2022.
- [10] A. N. Maulana, K. I. Muttaqin, A. Riyadi dan M. Khoiri, "Analisis Modifikasi Shell And Tube Heat Exchanger Pada Pengolahan Air Limbah Pt. Andalan Furnindo," *Rotary*, vol. 5, no. 2, hal. 105-120, 2023.

- [11] B. Septian, P. D. Rey, dan A. Aziz "Desain dan Rancang bangun alat Penukar Kalor (Heat Exchanger) Jenis Shell Dan tube," *Jurnal Baut dan Manufaktur*, vol. 3, no. 1, hal. 53-60, 2021.
- [12] A. Yunika dan M. Ahsan "Pengendalian Kualitas Proses Produksi Hasil Gula Kristal Putih di Pabrik Gula Djatiroto PT Perkebunan Nusantara XI Menggunakan Diagram Kontrol Maximum Multivariate Cumulative Sum (Max-MCUSUM) Berbasis Residual Model Multioutput Least Square Support Vector," *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, vol. 12, no. 1, hal. D80-D86, 2023.
- [13] D. S. Perwitasari, "Phosphat Acid And Flocculan Added In Juice Sugar Crystal Process," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 4, no. 2, hal. 318–325, 2010.
- [14] F. Hamidi, "Desain Mesin Pemurnian Nira Tebu Secara Mobile Untuk Mendukung Rekayasa Proses Bisnis Pada Industri Gula," Skripsi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2018.
- [15] Q. Laili, "Perencanaan dan Pengendalian Proses Pada Stasiun Pemurnian Untuk Menunjang Kualitas Gula PG. Tasikmadu Karanganyar," Tugas Akhir, Fakultas Ekonomi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2009.
- [16] E. S. Hartanto, "Product Quality Improvement of White Crystal Sugar through Defecation Remelt Carbonatation Technology," *Jurnal Standarisasi*, vol. 6, no. 3, hal. 215– 222, 2014.
- [17] D. S. Young, "Implementation of SI units for clinical laboratory data: style specifications and conversion tables," *Annals of Internal Medicine*, vol. 106, no. 1, hal. 114-129, 1987.
- [18] A. D. Kuspratomo, B. Burhan dan M. Fakhry "Pengaruh Varietas Tebu, Potongan Dan Penundaan Giling Terhadap Kualitas Nira Tebu," *Agrointek*, vol. 6, no. 2, hal. 123-132, 2012.
- [19] I. Milaniyah, R. D. Chrisnandari dan K. D. Setyawan "Pengaruh Penambahan Susu Kapur Terhadap Nilai Turbidity Nira Tebu Dalam Pembuatan Gula Pasir," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 2, hal. 402–409, 2023.
- [20] E. S. Dewi dan N. Prasanti, "Analisis Kerusakan Mesin Pada Stasiun Pemurnian Yang Mempengaruhi Kadar Air Dari Kualitas Cpo Menggunakan Metode FMEA Di PT. Ujong Neubok Dalam," *Sitekin : Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 19, no. 2, hal. 270–276, 2022.
- [21] N. D. K. Sari, "Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Tebu Dalam Pembuatan Gula Pasir Di Pabrik Gula Soedhono Kabupaten Ngawi," Skripsi, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2012.