

ANALISIS KAPASITAS PEMANAS NIRA PADA STASIUN PEMURNIAN UNTUK MEMENUHI KAPASITAS GILING

Rizqy Kusumanugraha Sunarto¹, Sigit Hadiangoro¹, Duta Widya Nur Hudha²

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

²PT PG Rajawali I, PG Kreet Baru 2, Jl. Bululawang No. 10, Kreet, Bululawang, Kreet, Kec.

Bululawang, Kabupaten Malang 65172, Indonesia

rizqykusumanugrahasunarto@gmail.com; dutadudha@gmail.com; sigit.hadiangoro@polinema.ac.id

ABSTRAK

Pemanas nira merupakan alat yang digunakan pada stasiun pemurnian pada pabrik gula dengan fungsi untuk memanaskan nira. Pada penggunaannya terdapat 2 pembagian fungsi pemanas nira dengan sebutan JH 1 (Pemanas pertama) dan JH 2 (Pemanas kedua). Tujuan pemanasan nira yaitu untuk mengurangi kelarutan gula, mengurangi viskositas dan mempercepat pengendapan. Observasi terhadap stasiun pemurnian suatu pabrik gula dilakukan pada lima pemanas (JH 1) dan tujuh pemanas (JH 2). Pengoperasian pemanas pada JH 1 setiap waktu hanya empat alat yang diaktifkan sedangkan satu alat dinonaktifkan karena dilakukan pembersihan sedangkan pada JH 2, terdapat enam alat yang dioperasikan dan satu alat dinonaktifkan karena dilakukan pembersihan. Studi ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas alat pemanas nira dan mengetahui apakah dengan dimatikannya beberapa alat pemanas nira masih dapat memanaskan nira sesuai dengan kapasitas gilingnya. Analisis perhitungan dilakukan secara manual dengan menggunakan aplikasi ms-excel dan data diambil melalui observasi di lapangan. Hasil studi menunjukkan bahwa pada JH 1 minimal empat alat yang harus dioperasikan untuk memenuhi kapasitas giling dan pada JH 2 minimal empat alat yang harus dioperasikan untuk memenuhi kapasitas giling.

Kata kunci: kapasitas alat, pemanas nira, stasiun pemurnian

ABSTRACT

The sap heater is a tool used at the refining station at the sugar factory with the function of heating the sap. In its use there are 2 divisions of the function of the sap heater called JH 1 (first heater) and JH 2 (second heater). The purpose of heating the sap is to reduce the solubility of sugar, reduce the viscosity and accelerate settling. Observations on the refining station of a sugar factory were carried out on 5 heaters (JH 1) and 7 heaters (JH 2). The operation of the heater on JH 1 at any time only 4 tools are activated while 1 tool is deactivated due to cleaning, while on JH 2 6 tools are operated 1 tool is disabled due to cleaning. The purpose of this study is to determine the capacity of the sap heater and to find out whether by turning off some of the sap heaters, they can still heat the sap according to its milled capacity. Calculation analysis was carried out manually using the MS-Excel application and data was taken through field observations. The results of the study show that at JH 1 at least 4 tools must be operated to fulfill milling capacity and at JH 2 at least 4 tools must be operated to fulfill milling capacity.

Keywords: tool capacity, sap heater, purification station

1. PENDAHULUAN

Industri berbasis perkebunan mempunyai kemampuan sebagai sektor unggulan dalam pertumbuhan ekonomi, lapangan kerja, dan juga mendorong perbaikan distribusi

pendapatan. Pemerintah saat ini memberikan proteksi yang sangat besar terhadap industri gula. Dalam tahun 2004, angka *effective protection coefficient (EPC)* berkisar antara 1,4 – 1,8, yang berarti tingkat proteksi kumulatif mencapai 40 – 80 % [1]. Industri ini efektif dalam meningkatkan pendapatan tenaga kerja dan rumah tangga di wilayah pedesaan karena gula merupakan komoditas strategis dalam perekonomian Indonesia [2].

Salah satu pabrik di Indonesia yang memproduksi gula yaitu Pabrik Gula Krebet yang berada di Kabupaten Malang. Pabrik gula ini memiliki beberapa stasiun yaitu stasiun gilingan, stasiun pemurnian, stasiun penguapan, stasiun masakan, dan stasiun putaran.

Stasiun pemurnian merupakan salah satu bagian penting yang menentukan kualitas produk gula. Pada bagian ini terjadi proses pemurnian nira mentah menjadi nira jernih dengan menghilangkan unsur non sukrosa yang ada pada nira [3]. Proses pemurnian nira pada stasiun pemurnian terjadi pada alat pemanas atau *heat exchanger*. Pemanasan diperlukan agar penggumpalan lebih cepat, dan juga ditambahkan fosfat, gas SO₂, dan flokulan untuk mempercepat pengendapan [4]. *Heat Exchanger* merupakan alat penukar kalor yang berfungsi untuk mengubah *temperature* dan fase suatu jenis fluida [5]. *Heat Exchanger* terbagi menjadi berbagai macam jenis alat penukar kalor, salah satu jenisnya yaitu *Shell and tube*. Penukar kalor jenis *shell and tube* banyak digunakan pada berbagai macam industri karena penggunaannya yang bisa secara efisien memanfaatkan aliran panas untuk memanaskan aliran dingin dengan cara mengontakkannya melalui pipa [6].

Semua proses produksi gula dilakukan secara kontinu dengan kapasitas sekitar 5500 TCD, maka dari itu diperlukan beberapa alat pemanas nira untuk memenuhi kapasitas gilingnya. Dikarenakan bekerja secara kontinu dengan kapasitas yang besar berakibat di dalam alat pemanas nira sering terjadi pengendapan kotoran nira. Pengendapan kotoran nira bisa menurunkan efisiensi kerja pemanas maka dari itu perlu dilakukan pembersihan alat secara berkala. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan kapasitas alat agar dapat diketahui jumlah alat yang harus dioperasikan tiap hari untuk memenuhi kebutuhan giling.

Adi, dkk (2015) telah melakukan perhitungan kapasitas alat menggunakan metode *Rough Cout Capacity Planning* didapatkan bahwa untuk tujuh alat pemanas tidak dapat memenuhi kebutuhan giling yang diperlukan sebesar 6526 TCD [7]. Pada penelitian Agustina S, dkk (2011) mengenai analisis faktor produksi Pabrik Gula Kebon Agung Malang, didapatkan hasil dengan semakin banyak alat yang aktif untuk memenuhi kapasitas gilingnya maka pengeluaran energi dan biaya juga akan bertambah [8].

Variabilitas jumlah produksi gula setiap tahun memerlukan perhitungan kapasitas alat pemanas agar jumlah alat yang diaktifkan dapat memenuhi kebutuhan produksi secara efisien karena pengaktifan alat berlebih akan meningkatkan pengeluaran energi dan biaya. Berdasarkan latar belakang dan penelitian terdahulu, studi ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas alat pemanas nira dan mengetahui apakah dengan dimatikannya beberapa alat pemanas nira masih dapat memanaskan nira sesuai dengan kapasitas gilingnya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Studi ini dilakukan dengan metode observasi. Data dikumpulkan dari pencatatan di lapangan dan pencarian spesifikasi bahan dari sumber lain. Tiap – tiap data digunakan untuk perhitungan sehingga bisa menemukan kapasitas alat pemanas.

Untuk menemukan kapasitas alat perlu diketahui nilai C_p nira, *heat balance*, ΔT_{LMTD} , *surfacearea*.

1) Menghitung C_p nira [9]

Untuk menghitung C_p nira digunakan persamaan berikut :

$$C_p = 1 - (0.6 - 0.0018T + 0.0008) \cdot (100 - P) \cdot \left(\frac{Bx}{100}\right) \quad (1)$$

Dimana

C_p = Panas jenis nira mentah (Btu/lb°F)

P = Harkat kemurnian (79%)

Bx = *Brix* larutan gula (12,5%)

T = *Temperature film/ temperature* rata-rata (86°F)

2) Menghitung *Heat Balance* [10]

Dalam perhitungan *Heat Balance* mengacu pada persamaan berikut :

$$Q = M \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (2)$$

Dimana

M = Laju alir massa pada nira mentah (422730 lb/h)

C_p = Panas jenis nira mentah (0,94225 Btu/lb°F)

ΔT = Perbedaan suhu keluar dan masuk (°F) (JH 1=81, JH 2=54)

3) Menghitung ΔT_{LMTD} [11]

Dalam perhitungan ΔT_{LMTD} mengacu pada persamaan berikut :

$$\Delta T_{LMTD} = F_T \cdot \Delta T_{MCF} \quad (3)$$

Dimana

F_t = Dicari menggunakan *figure 18* pada buku kern [12]

ΔT_{MCF} = *Temperature* rata-rata *counter flow*(°F)(JH 1=68.48, JH 2=39.48)

4) Menghitung Luas Permukaan Pemanas [13]

Luas permukaan pemanas dihitung menggunakan rumus berikut :

$$A = \frac{Q}{U_d \text{ trial} \cdot \Delta T_{LMTD}} \quad (4)$$

Dimana

Q = Menggunakan Nilai *Heat Balance* pada Persamaan (2) diatas

Ud Trial = Didapat dari tabel 8 Buku Kern [12]

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

5) Menghitung Kapasaitas Pemanas Nira

Kapasitas pemanas dihitung menggunakan rumus berikut :

$$P = \frac{S.K}{c \cdot \ln(T-to)/(T-t)} \quad (5)$$

$$\text{Kapasitas JH} = \text{Waktu Operasi} \cdot \frac{100}{NMT} \cdot P \quad (6)$$

Dimana

- S = Luas pemanas (sq.ft) (JH 1=9541, JH 2=16698,02)
- K = *Coeffisien heat transfer* (B Thu/sq.ft/h/ °F)(JH 1= 29,376, JH 2= 37,01)
- C = Panas jenis nira mentah (0,94225 Btu/lb°F)
- T-to = Perbedaan suhu fluida panas masuk dengan fluida dingin keluar (°F) (JH 1=45 °F ,JH 2=38 °F)
- T-t = Perbedaan suhu fluida panas masuk dengan fluida dingin masuk (°F) (JH 1=126°F, JH 2= 92 °F)
- Wo = Waktu operasi alat (24 jam)
- Nmt = 97,79%

6) Menghitung *Dirt Factor*

Menghitung *dirt factor* menggunakan rumus berikut [13] :

$$RD = \frac{UC-UD \text{ Koreksi}}{UC \times UD \text{ Koreksi}} \tag{7}$$

Dimana

Uc = *Clear Overall Coefficient* (Btu/h.ft2.°F) (375.11Btu/h.ft2.°F)

Ud koreksi = 10,29

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Hasil perhitungan yang telah didapatkan sebagai berikut:

Tabel 1. Data hasil perhitungan sesuai rumus untuk penentuan kapasitas

No	Data yang didapat	Hasil
1	Cp	0,94225 Btu/lb°F
2	Q	33303779,1 btu/h (JH1) 32263704,7 btu/h (JH2)
3	$\Delta T \text{ LMTD}$	64,3 °F (JH1) 29,6 °F (JH2)
4	A	177,2 m ² (JH1) 221,6 m ² (JH2)

Tabel 2. Hasil perhitungan kapasitas Pemanas Nira JH 1

Jumlah Alat Aktif	Juice Heater 1	
	Kapasitas Alat	Keterangan
5	7075 TCD	Memenuhi kapasitas giling(>5500 TCD)
4	5605 TCD	Memenuhi kapasitas giling(>5500 TCD)
3	4245 TCD	Tidak memenuhi kapasitas giling(<5500TCD)

Tabel 3. Hasil perhitungan kapasitas Pemanas Nira JH 2

<i>Juice Heater 2</i>		
Jumlah Alat Aktif	Kapasitas Alat (TCD)	Keterangan
7	12382	Memenuhi kapasitas giling (>5500 TCD)
6	10613	Memenuhi kapasitas giling (>5500 TCD)
5	8844	Memenuhi kapasitas giling (>5500 TCD)
4	7075 TCD	Memenuhi kapasitas giling (>5500 TCD)
3	5306 TCD	Tidak memenuhi kapasitas giling (<5500TCD)

Tabel 4. Hasil perhitungan nilai *dirt factor*

UC			
UD Koreksi	UD	(Btu/h.ft ² .°F)	<i>Dirt Factor</i>
10.5	10	375	0.047

*Hasil *Dirt Factor* perhitungan perlu dibandingkan dengan *fouling resistance* sesuai ketentuan.

3.2. Pembahasan

Dari perhitungan luas pemanas didapatkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 1. Dilanjutkan perhitungan kapasitas alat dari lima alat pemanas JH 1 dan tujuh alat pemanas JH 2, dimana hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3. Pada penelitian ini didapatkan hasil kapasitas tersedia dari JH 1 dan JH 2 sudah memenuhi kapasitas giling, dimana kapasitas giling pada tahun 2022 sebesar 5500 TCD. Perhitungan kapasitas ini perlu dilakukan supaya mengetahui kapasitas giling yang tersedia dari alat yang dimiliki oleh industri apakah mencukupi kebutuhan gilingnya.

Menurut penelitian oleh Adi, dkk (2015) pihak perusahaan perlu melakukan perhitungan kapasitas alat untuk mengetahui apakah kapasitas alat yang ada masih dapat mencukupi kebutuhan produksi, sehingga perusahaan bisa melakukan langkah-langkah untuk mengantisipasinya, bisa dengan menambah jumlah alat atau dengan menambah jumlah pekerja. Pada penelitian ini juga dilakukan perhitungan kapasitas alat *juice heater* dan didapatkan hasil bahwa dengan tujuh alat pemanas nira tidak memenuhi kapasitas giling yang dibutuhkan sebesar 6526 TCD [7].

Mengetahui jumlah kapasitas alat juga bertujuan untuk mengetahui jumlah minimal alat yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan giling. Dari perhitungan jumlah kapasitas alat pemanas sebanyak lima alat pada JH 1 dan tujuh alat pada JH 2 didapatkan hasil empat alat aktif pada JH 1 dan empat alat Aktif pada JH 2 sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan giling 5500 TCD. Dapat kita simpulkan untuk jumlah alat minimal diaktifkan pada JH 1 sebanyak empat alat dan JH 2 sebanyak empat alat agar dapat memenuhi kebutuhan giling sebesar 5500 TCD. Dengan mengetahui kapasitas alat yang tersedia maka pihak perusahaan bisa mengaktifkan alat dengan jumlah yang sesuai dengan kebutuhan giling dan tidak mengaktifkan alat secara berlebihan sehingga pihak perusahaan dapat menghemat pengeluaran energi dan biaya. Menurut penelitian oleh

Agustina S, dkk (2011) semakin banyak alat yang aktif untuk memenuhi kapasitas gilingnya maka pengeluaran energi dan biaya juga akan bertambah [8].

Tabel 5. Ketentuan nilai *fouling resistances* [14]

RD Ketentuan	
<i>Fluid</i>	<i>Fouling Resistances</i>
<i>Demineralized</i>	0,009
<i>Hard</i>	0,043
<i>Soft</i>	0,017
<i>Cooling Tower Water</i>	0,34
<i>Coastal Sea Water</i>	0,043
<i>River Water</i>	0,026
<i>Engine Jacket</i>	0,052
<i>Steam</i>	0,009

Dari perhitungan nilai *dirt factor* pada Tabel 4 perlu dilakukan perbandingan dengan nilai *dirt factor* sesuai ketentuan pada Tabel 5. Dari perbandingan nilai *dirt factor* nilai *dirt factor* perhitungan melebihi nilai *dirt factor* ketentuan, dimana nilai *dirt factor* perhitungan sebesar 0,047 dan nilai *dirt factor* ketentuan sebesar 0,043. Dapat disimpulkan bahwa nilai *dirt factor* perhitungan melebihi *dirt factor* ketentuan ($0,047 > 0,043$). Hal ini dikarenakan semakin tinggi nilai *dirt factor* semakin menurun efektivitas alat penukar kalor tersebut [15]. Oleh karena itu perlu dilakukan pembersihan alat secara berkala setiap harinya yang berfungsi untuk efisiensi alat.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perhitungan kapasitas 12 alat pemanas nira (5 alat pemanas JH 1 dan 7 alat pemanas JH 2) yang tersedia itu sudah mencukupi kapasitas giling sebesar 5500 TCD, dengan catatan satu alat maksimal dinonaktifkan pada JH 1 atau minimal empat alat harus beroperasi pada JH 1 dan juga tiga alat maksimal dinonaktifkan pada JH 2 atau minimal empat alat harus beroperasi pada JH 2. Dari hasil perhitungan juga didapatkan hasil Rd perhitungan melebihi Rd ketentuan ($0,047 > 0,043$), maka pembersihan alat secara berkala juga perlu dilakukan untuk efisiensi alat karena semakin tinggi nilai *fouling factor* semakin menurun efektivitas alat penukar kalor.

Saran untuk mengaktifkan alat harus disesuaikan dengan kapasitas gilingnya jika dinilai alat yang tersedia berlebih dalam memenuhi kapasitas gilingnya perlu diaktifkan seperlunya saja untuk efisiensi energi dan meminimalisir pengeluaran biaya.

REFERENSI

- [1] K. Suci, I. Dan, dan A. H. Malian, "Perspektif Pengembangan Industri Gula di Indonesia. Tebangan tebu di Jawa terbatas dan pasokan bahan baku bagi perusahaan gula (PG) dapat dilakukan dengan peningkatan produktivitas tebu dan kandungan gula. Diperlukan implementasi," no. 70, 2003.
- [2] Y. Togi, F. Marpaung, P. Hutagaol, W. H. Limbong, dan N. Kusnadi, "Perkembangan Industri Gula Indonesia dan Urgensi Swasembada Gula Nasional," Indones. J. Agric.

- Econ., vol. 2, no. 1, hal. 1–14, 2011,
- [3] M. A. Sandi, “Pengaruh Penambahan Kadar Asam Fosfat Terhadap Pengendapan Kotoran pada Nira Stasiun Pemurnian di Pabrik Gula Semboro,” vol. 3, 2021.
- [4] M. D. Alwy, “Pengenalan Alat dan Proses Pengolahan Gula di PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) PG. Camming,” 2021.
- [5] B. Septian, A. Aziz, dan P. D. Rey, “Desain *Heat Exchanger Tipe Shell and Tube*,” J. Baut dan Manufaktur, vol. 03, no. 1, hal. 53–60, 2021.
- [6] I. Bizzy dan R. Setiadi, “Studi Perhitungan Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube dengan Program *Heat Transfer Research Inc. (HTRI)*,” J. Rekayasa Mesin Univ. Sriwij., vol. 13, no. 1, hal. 67–76, 2016.
- [7] A. Zulianto, “Analisis Kapasitas Mesin Menggunakan Metode *Rough Cut Capacity Planning (RCCP)* untuk Mengantisipasi Perkembangan Permintaan Sepatu Studi Kasus PT. Prima Dinamika Sentosa,” J. Pendidik. Tek. Mesin UNESA, vol. 01, no. 01, hal. 45–54, 2012,
- [8] A. Volume dan B. Agustus, “AgriSE Volume X No. 3 Bulan Agustus 2010 ISSN: 1412-1425,” vol. X, no. 3, hal. 1–7, 2010.
- [9] E. Hugot, *Handbook of cane sugar engineering*. Amsterdam: Elsevier, 1986.
- [10] Zacharias dan Pancoko, “Perekayasaan *Heat Exchanger* sebagai Pemanas Umpan UF6 ke Reaktor Rotary Kiln,” Proseding Pertem. Ilm. Rekayasa Perangkat Nukl., no. November, hal. 175–186
- [11] I. Putra, “Studi perhitungan *heat exchanger type shell and tube* dehumidifier biogas limbah sawit untuk pembangkit listrik tenaga biogas,” J. POLIMESIN, vol. 15, no. 2, hal. 42, 2017.
- [12] D. Q. Kern, *Procces Heat Transfer*. New York: Mc-Grawhill Book Company, 1965.
- [13] B. Setyoko, “Evaluasi kinerja *heat exchanger* dengan metode *fouling faktor*,” Teknik, vol. 29, no. 2, hal. 6667, 2008.
- [14] M. Asadi and R. H. Khoshkhoo, “*Investigation into fouling factor in compact heat exchanger*,” Int. J. Innov. Appl. Stud., 2013.
- [15] H. N. Sari, I. M. Arsana, and M. Hidayatulloh, “Pengaruh *Fouling Factor* Terhadap Performa *Heat Exchanger Tipe Shell and Tube*,” J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol., vol. 8, no. 1, hal. 55, 2022.