



## BAB IX

### TUGAS KHUSUS EVALUASI ALAT *DIRECT CONTACT HEATER* (DCH) PADA STASIUN PEMURNIAN DI PABRIK GULA KEBON AGUNG MALANG, JAWA TIMUR

#### IX.1 Latar Belakang

Gula merupakan salah satu kebutuhan yang krusial bagi masyarakat, yang juga merupakan sumber utama bahan pemanis untuk industri makanan dan minuman serta industri farmasi. Produksi gula harus memenuhi standar kualitas SNI dengan mempertahankan tiga komponen—kualitas, kuantitas, dan konektivitas. Pemisahan dan pengendapan kotoran dilakukan di stasiun pemurnian untuk mendapatkan nira dengan tingkat kemurnian yang cukup tinggi. Proses ini memiliki kemampuan untuk mempengaruhi kualitas gula yang dihasilkan sesuai dengan standar mutu yang telah ditetapkan. Salah satu proses pemurnian adalah dengan pemanasan. Tujuan adanya kenaikan suhu pada nira mentah adalah untuk menurunkan kelarutan garam dan kekentalan nira mentah (Aurora, 2024). *Direct Contact Heater* (DCH) digunakan sebagai alat pemanas nira mentah pada stasiun pemurnian PG Kebon Agung Malang. Alat ini mempunyai kondisi operasi tertentu untuk dapat memanaskan nira, seperti suhu operasi 40 – 60°C. Peningkatan efektivitas dan efisiensi proses pemurnian diperlukan dengan meningkatkan suhu output alat DCH yang semula 60°C menjadi 80°C. Upscale yang dilakukan akan mempertimbangkan kondisi operasi, data input, dan data konstruksi alat DCH yang saat ini digunakan. Oleh karena itu, evaluasi alat DCH pada stasiun pemurnian di PG Kebon Agung diperlukan untuk menentukan keputusan terkait pertimbangan peningkatan efisiensi alat DCH ini.



---

## IX.2 Tujuan

Tujuan dari tugas khusus ini yaitu mengevaluasi dan menganalisis perhitungan ulang alat *Direct Contact Heater* (DCH) PT PG Kebon Agung Malang untuk mengetahui apakah kondisi operasi alat ini dapat memenuhi standar apabila dilakukan *upscale* dari temperatur operasi 40 – 60°C menjadi 40 – 80°C.

## IX.3 Manfaat

Dapat mengetahui dan mempertimbangkan kinerja fungsi *Direct Contact Heater* (DCH) apabila dilakukan *upscale* dari temperatur operasi 40 – 60°C menjadi 40 – 80°C sehingga dapat meningkatkan kemampuan dan efisiensi kinerja operasi alat di stasiun pemurnian.

## IX.4 Tinjauan Pustaka

### IX.4.1 Fluida

Fluida yaitu suatu aliran yang bergerak dan mengalami perubahan bentuk secara terus menerus yang diakibatkan oleh tekanan dan tegangan geser. Semua fluida nyata baik gas maupun zat cair memiliki sifat-sifat khusus yang dapat diketahui, yaitu seperti rapat massa (*density*), kekentalan (*viscosity*), kemampatan (*compressibility*), tegangan permukaan (*surface tension*), dan kapilaritas (*capillarity*). Salah satu sifat utama fluida adalah kemampuannya untuk mengalir dan menyesuaikan bentuk wadah. Sifat ini disebut sebagai kecenderungan fluida untuk mengalir, dan dapat diukur dengan viskositas. Viskositas fluida yaitu resistensi fluida terhadap suatu aliran. Sifat fluida juga berhubungan dengan tekanan, di mana tekanan dalam fluida akan meningkat seiring dengan kedalaman serta kerapatan wadah fluida tersebut (Irfan, 2024).

### IX.4.2 Brix

*Brix* merupakan komponen padatan yang terdapat dalam suatu larutan. Hal ini berkaitan dengan konsentrasi padatan yang dihitung sebagai gula, dimana konsentrasi gula tinggi akan menyebabkan produk gula cair terasa lebih manis



(Soeswanto, 2023). Satuan *brix* merupakan satuan yang digunakan untuk menunjukkan kadar gula yang terlarut dalam suatu larutan. Semakin tinggi derajat *brix* yang dihasilkan, maka semakin manis larutan tersebut dan semakin kental gula cair yang dihasilkan. Derajat *brix* yaitu zat padat kering yang terlarut dalam larutan (g/100 gram larutan) yang dihitung sebagai sukrosa dan padatan lainnya (Sjarif, 2021).

#### IX.4.3 Perpindahan Panas

Proses di mana energi panas berpindah dari satu benda atau zat ke zat lain karena perbedaan suhu disebut perpindahan panas. Panas selalu berpindah dari benda yang bersuhu lebih tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah sampai kedua benda mencapai suhu yang sama. Perpindahan panas dapat terjadi dengan 3 cara sebagai berikut.

1. Konduksi

Perpindahan panas melalui kontak langsung antar molekul. Energi panas ditransfer melalui getaran molekul dari bagian yang lebih panas ke bagian yang lebih dingin.

2. Konveksi

Perpindahan panas terjadi ketika fluida (cairan atau gas) bergerak. Panas di suatu area fluida membuatnya lebih ringan dan naik, sementara fluida yang lebih dingin turun, menciptakan aliran yang mentransfer panas.

3. Radiasi

Perpindahan panas yang berpindah dari media yang bersuhu tinggi ke media yang bersuhu rendah, dan kedua medium tersebut terisolasi dalam suatu medium, terutama dalam medium hampa. Radiasi biasanya menggunakan gelombang elektromagnetik.

(Erwin, 2024)



---

#### IX.4.4 *Heat Exchanger*

Alat penukar panas, juga dikenal sebagai *heat exchanger*, dirancang untuk memaksimalkan perpindahan panas antar fluida. Adanya kontak antara fluida yang bercampur dan fluida yang terpisahkan oleh sekat menyebabkan pertukaran panas terjadi (Fattah, 2020). *Heat exchanger* didasarkan pada prinsip perpindahan panas melalui konduksi, dimana dua fluida yang berbeda suhu mengalir berdekatan namun tidak bercampur, dan panas berpindah dari fluida yang lebih panas ke fluida yang lebih dingin melalui permukaan logam atau bahan padat yang memisahkan keduanya. Ada pula *heat exchanger* yang fluida panas dan fluida dingin berkontak secara langsung atau biasa disebut *Direct Contact Heat Exchanger* (DCHE) (Ramadhanty, 2022).

#### IX.4.5 *Direct Contact Heater* (DCH)

*Direct Contact Heater* (DCH) adalah alat yang digunakan untuk memanaskan fluida dengan cara berinteraksi langsung antara fluida yang dipanaskan dengan sumber panasnya. Pada sistem ini, fluida panas dan fluida dingin saling bersentuhan, memungkinkan pertukaran panas yang cepat dan efisien. Penggunaan DCH memiliki keuntungan karena dapat menukar panas lebih cepat dan memiliki struktur yang sederhana. Selain itu, karena strukturnya yang sederhana dan tidak adanya perpindahan panas pada pipa atau kapsul, perpindahan panas yang dilakukan secara kontak langsung akan memberikan perpindahan panas yang efektif dari segi biaya, sehingga dianggap layak untuk proses penguapan ataupun pemanasan awal dari suatu fluida (Ramadhanty, 2022).





**Data Asumsi:**

$$v_{inlet liq.} = 2,5 \frac{m}{detik}$$

$$v_{outlet liq.} = 1,6 \frac{m}{detik}$$

$$v_{vapor} = 30 \frac{m}{detik}$$

**Penyelesaian :**

1. *Liquor Inlet Density*

$$\rho_{inlet liq.} = 1005,3 - (0,22556 \times T_{inlet liq.}) - (0,0024304 \times T_{inlet liq.}^2) \\ + (3,7329 \times Brix_{inlet liq.}) + (0,01781937 \times Brix_{inlet liq.}^2)$$

$$\rho_{inlet liq.} = 1005,3 - (0,22556 \times 40 \text{ }^{\circ}\text{C}) - (0,0024304 \times 40 \text{ }^{\circ}\text{C}^2) \\ + (3,7329 \times 12) + (0,01781937 \times 12^2)$$

$$\rho_{inlet liq.} = 1039,7497 \frac{kg}{m^3}$$

2. *Volumetric Flowrate Inlet Liquor*

$$Q_{inlet liq.} = \frac{\dot{m}_{inlet liq.}}{\rho_{inlet liq.}}$$

$$Q_{inlet liq.} = \frac{625 \frac{ton}{jam}}{1039,7497 \frac{kg}{m^3}} \times \frac{1000 kg}{1 ton}$$

$$Q_{inlet liq.} = 601,1062 \frac{m^3}{jam} \times \frac{1 jam}{3600 detik}$$

$$Q_{inlet liq.} = 0,167 \frac{m^3}{detik}$$

3. *Specific Heat Inlet Liquor*



$$C_{p_{inlet liq.}} = (4,187 - Brix_{inlet liq.}(0,0297 - 4,6 \times 10^{-5} \times purity) + 7,5 \\ \times 10^{-5} \times brix \times T_{inlet}$$

$$C_{p_{inlet liq.}} = (4,187 - 12(0,0297 - 4,6 \times 10^{-5} \times 78) + 7,5 \times 10^{-5} \times 12 \\ \times 40 ^\circ C$$

$$C_{p_{inlet liq.}} = 3,910 \frac{J}{kg. ^\circ C} \times \frac{1 kcal}{4,1868 J}$$

$$C_{p_{inlet liq.}} = 0,9338 \frac{kcal}{kg. ^\circ C}$$

#### 4. Actual Outlet Liquor Flowrate

$$\dot{m}_{outlet liq. actual} = \dot{m}_{inlet liq.} + \dot{m}_{vapor}$$

$$\dot{m}_{outlet liq. actual} = (625 + 41,1503) \frac{ton}{jam}$$

$$\dot{m}_{outlet liq. actual} = 666,1503 \frac{ton}{jam}$$

#### 5. Designed Outlet Liquor Flowrate

$$\dot{m}_{outlet liq. designed} = \dot{m}_{outlet liq. actual} \times 1,1$$

$$\dot{m}_{outlet liq. designed} = 666,1503 \frac{ton}{jam} \times 1,1$$

$$\dot{m}_{outlet liq. designed} = 732,7654 \frac{ton}{jam}$$

#### 6. Vapor Quantity

Berdasarkan steam table, pada  $P_{vapor} = 0,35 \text{ barg}$  maka  $T_{vapor} = 108,5^\circ C$ ,

$$H = 2688,0093 \frac{kJ}{kg} \times \frac{1 kcal}{4,1868 kJ} = 642,0178 \frac{kcal}{kg}, v_{vapor} = 1,2678 \frac{m^3}{kg}$$

$$\dot{m}_{vapor} = \frac{\dot{m}_{inlet liq.} \times C_{p_{inlet liq.}} \times (T_{outlet liq.} - T_{inlet liq.})}{H - (C_{p_{inlet liq.}} \times T_{outlet liq.})}$$



$$\dot{m}_{\text{vapor}} = \frac{666,1503 \frac{\text{ton}}{\text{jam}} \times 0,9338 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times (80^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C})}{642,0178 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} - (0,9338 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times 80^\circ\text{C})}$$
$$\dot{m}_{\text{vapor}} = 41,1503 \frac{\text{ton}}{\text{jam}}$$

7. *Liquor Outlet Brix*

$$\text{Brix}_{\text{outlet liq.}} = \frac{\dot{m}_{\text{inlet liq.}} \times \text{Brix}_{\text{inlet liq.}}}{(\dot{m}_{\text{inlet liq.}} + \dot{m}_{\text{vapor}})}$$
$$\text{Brix}_{\text{outlet liq.}} = \frac{625 \frac{\text{ton}}{\text{jam}} \times 12}{(625 \frac{\text{ton}}{\text{jam}} + 41,1503 \frac{\text{ton}}{\text{jam}})}$$
$$\text{Brix}_{\text{outlet liq.}} = 11,2587$$

8. *Liquor Outlet Density*

$$\rho_{\text{outlet liq.}} = 1005,3 - (0,22556 \times T_{\text{outlet liq.}}) - (0,0024304 \times T_{\text{outlet liq.}}^2) \\ + (3,7329 \times \text{Brix}_{\text{outlet liq.}}) \\ + (0,01781937 \times \text{Brix}_{\text{outlet liq.}}^2)$$
$$\rho_{\text{outlet liq.}} = 1005,3 - (0,22556 \times 80^\circ\text{C}) - (0,0024304 \times 80^\circ\text{C}^2) \\ + (3,7329 \times 11,2587) + (0,01781937 \times 11,2587^2)$$
$$\rho_{\text{outlet liq.}} = 1015,9871 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

9. *Vapor Volumetric Flowrate*

$$\rho_{\text{vapor}} = \frac{1}{v_{\text{vapor}}} = \frac{1}{1,2678 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} = 0,7885 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$
$$Q_{\text{vapor}} = \frac{\dot{m}_{\text{vapor}}}{\rho_{\text{vapor}}}$$



$$Q_{vapor} = \frac{41,1503 \frac{ton}{jam}}{0,7885 \frac{kg}{m^3}} \times \frac{1000 kg}{1 ton}$$

$$Q_{vapor} = 52188,1187 \frac{m^3}{jam} \times \frac{1 jam}{3600 detik}$$

$$Q_{vapor} = 14,4967 \frac{m^3}{detik}$$

#### 10. Outlet Liquor Volumetric Flowrate

$$Q_{outlet liq.} = \frac{\dot{m}_{outlet liq. designed}}{\rho_{outlet liq.}}$$

$$Q_{outlet liq.} = \frac{732,7654 \frac{ton}{jam}}{1015,9871 \frac{kg}{m^3}} \times \frac{1000 kg}{1 ton}$$

$$Q_{outlet liq.} = 721,2349 \frac{m^3}{jam} \times \frac{1 jam}{3600 detik}$$

$$Q_{outlet liq.} = 0,2003 \frac{m^3}{detik}$$

#### 11. Inlet Liquor Diameter

$$D_{inlet liq.} = \sqrt{\frac{Q_{inlet liq.}}{0,785 \times v_{inlet liq.}}}$$

$$D_{inlet liq.} = \sqrt{\frac{0,167 \frac{m^3}{detik}}{0,785 \times 2,5 \frac{m}{detik}}}$$

$$D_{inlet liq.} = 0,2917m \times \frac{1000 mm}{1m} = 291,6886 mm$$

$$D_{inlet liq.} = 291,6886 mm \times \frac{1 in}{25,4 mm} = 11,4838 in \approx 12 in$$

#### 12. Outlet Liquor Diameter



$$D_{outlet liq.} = \sqrt{\frac{Q_{outlet liq.}}{0,785 \times v_{outlet liq.}}}$$

$$D_{outlet liq.} = \sqrt{\frac{0,2003 \frac{m^3}{detik}}{0,785 \times 1,6 \frac{m}{detik}}}$$

$$D_{outlet liq.} = 0,3994 m \times \frac{1000 mm}{1m} = 399,3855 mm$$

$$D_{outlet liq.} = 399,3855 mm \times \frac{1 in}{25,4 mm} = 15,7238 in \approx 16 in$$

### 13. Vapor Inlet Diameter

$$D_{vapor} = \sqrt{\frac{Q_{vapor}}{0,785 \times v_{vapor}}}$$

$$D_{vapor} = \sqrt{\frac{14,4967 \frac{m^3}{detik}}{0,785 \times 30 \frac{m}{detik}}}$$

$$D_{vapor} = 0,7846 m \times \frac{1000 mm}{1m} = 784,5834 mm$$

$$D_{vapor} = 784,5834 mm \times \frac{1 in}{25,4 mm} = 30,8891 in \approx 32 in$$

### 14. Shell Diameter

$$D_{shell} = \sqrt{\frac{\frac{\dot{m}_{inlet liq.}}{100}}{0,785 \times h_{DCH}}}$$

$$D_{shell} = \sqrt{\frac{\frac{625 \frac{ton}{jam}}{100}}{0,785 \times 9 m}}$$

$$D_{shell} = 0,9406 m \times \frac{1000 mm}{1m} = 940,5544 mm$$



15. Annular Diameter

$$D_{annular} = D_{shell} - (D_{shell} \times 0,6)$$

$$D_{annular} = 940,5544 \text{ mm} - (940,5544 \text{ mm} \times 0,6)$$

$$D_{annular} = 376,2218 \text{ mm}$$

16. Keliling Deflektor 1

$$K_{deflektor\ 1} = \pi \times D_{deflektor\ 1}$$

$$K_{deflektor\ 1} = 3,14 \times 1260 \text{ mm}$$

$$K_{deflektor\ 1} = 3956,4 \text{ mm}$$

17. Luas Deflektor 1

$$L_{deflektor\ 1} = K_{deflektor\ 1} \times T_{deflektor\ 1}$$

$$L_{deflektor\ 1} = (K_{deflektor\ 1} \times T_{deflektor\ 1}) \times \text{jumlah buah deflektor 1}$$

$$L_{deflektor\ 1} = (3956,4 \text{ mm} \times 412 \text{ mm}) \times 7 \text{ buah deflektor}$$

$$L_{deflektor\ 1} = 11410257,6 \text{ mm}^2 \times \frac{1 \text{ m}^2}{10^6 \text{ mm}^2}$$

$$L_{deflektor\ 1} = 11,4103 \text{ m}^2$$

18. Keliling Deflektor 2

$$K_{deflektor\ 2} = \pi \times D_{deflektor\ 2}$$

$$K_{deflektor\ 2} = 3,14 \times 841 \text{ mm}$$

$$K_{deflektor\ 2} = 2640,74 \text{ mm}$$

19. Luas Deflektor 2

$$L_{deflektor\ 2} = K_{deflektor\ 2} \times T_{deflektor\ 2}$$

$$L_{deflektor\ 2} = (K_{deflektor\ 2} \times T_{deflektor\ 2}) \times \text{jumlah buah deflektor 2}$$

$$L_{deflektor\ 2} = (2640,74 \text{ mm} \times 462 \text{ mm}) \times 7 \text{ buah deflektor}$$

$$L_{deflektor\ 2} = 8540153,16 \text{ mm}^2 \times \frac{1 \text{ m}^2}{10^6 \text{ mm}^2}$$



$$L_{\text{deflektor } 2} = 8,5402 \text{ m}^2$$

20. Tebal Film

$$\text{Tebal Film}_{\text{deflektor}} = \left( \frac{Q_{\text{inlet liq.}}}{(L_{\text{deflektor } 1} + L_{\text{deflektor } 2})} \right)$$

$$\text{Tebal Film}_{\text{deflektor}} = \left( \frac{0,167}{(11,4103 \text{ m}^2 + 8,5402 \text{ m}^2)} \right)$$

$$\text{Tebal Film}_{\text{deflektor}} = 8369,4487 \text{ m} \times \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}$$

$$\text{Tebal Film}_{\text{deflektor}} = 8,3694 \text{ mm}$$

Tabel IX.1 Data Perbandingan Desain *Direct Contact Heater* Aktual dan Perhitungan

| Data Komponen          | Data Aktual |                      | Data Perhitungan |                      |
|------------------------|-------------|----------------------|------------------|----------------------|
|                        | Ukuran (mm) | Ukuran (in)          | Ukuran (mm)      | Ukuran (in)          |
| Inlet Liquor Diameter  | 300         | 11,8110 $\approx$ 12 | 291,6886         | 11,4838 $\approx$ 12 |
| Outlet Liquor Diameter | 203,2       | 8                    | 399,3855         | 15,7238 $\approx$ 16 |
| Vapor Inlet Diameter   | 254         | 10                   | 784,5834         | 30,8891 $\approx$ 32 |
| Shell Diameter         | 1350        | -                    | 940,5544         | -                    |
| Annular Diameter       | 600         | -                    | 376,2218         | -                    |



**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANG  
PABRIK GULA KEBONAGUNG, MALANG  
UPN “VETERAN” JAWA TIMUR**



---

|            |        |   |        |   |
|------------|--------|---|--------|---|
| Tebal Film | 5 – 10 | - | 8,3694 | - |
| Ketinggian | 9      | - | 9      | - |