

## KARAKTERISTIK *SUPERHEATER* DENGAN METODE EFEKTIFITAS PADA GRAFIS REGRESI

Hardian Subhi<sup>1</sup>, Budi Utomo<sup>2</sup>

### Abstraksi

Analisis yang digunakan akan lebih mudah dilaksanakan jika penggunaan metode berdasarkan atas efektifitas penukar kalor dimana sejumlah fluida panas yang akan diberikan pada fluida dingin dalam rangka mendapatkan sejumlah kalor tertentu kepada fluida yang dimaksud diatas. Energi yang dilepaskan oleh fluida panas dan energi yang diterima oleh fluida dingin merupakan perpindahan kalor yang sebenarnya sehingga peneliti mencoba untuk aliran lawan arah (*Counter Flow*). Dalam hal ini perlu ada batasan pada perpindahan kalor maksimum dimana nilai maksimum akan dicapai jika salah satu fluida mengalami perubahan suhu yaitu beda suhu maksimum yang terdapat dalam *superheater* selisih antara suhu masuk fluida panas dan fluida dingin, dengan demikian kapasitas panas menghasilkan harga minimum sehingga neraca energi sebagai bentuk kekekalan hukum energi. Energi yang diterima sama dengan energi yang dilepas. Efektifitas sangat bermanfaat dalam persoalan rancang bangun dapat membedakan dengan rancang bangun yang lain. Pada alat penukar kalor, bagian yang sangat penting dalam analisis koefisien perpindahan kalor menyeluruh merupakan hambatan termal total terhadap perpindahan kalor antar kedua fluida tersebut diatas sehingga efektifitas didefinisikan perbandingan antara perpindahan kalor nyata dengan perpindahan kalor yang mungkin.

**Kata Kunci** : *Superheater*, Efektivitas

### PENDAHULUAN

Sering sekali studi kasus pada "Superheater" didalam pabrik gula yang selalu mengalami kerusakan, sehingga memerlukan pergantian selama dekade  $\pm 2$  s/d 3 tahun. Pemanas lanjut (*superheater*) sangat penting dalam produksi uap air, sebab uap air yang melewati superheater menjadi uap panas lanjut (jadi panas) adalah uap kering, sebagai syarat yang diperlukan dalam operasi turbin. Bidang pemanas sekunder (misalnya ekonomizer, untuk memindahkan panas dari gas asap ke air pengisian ketel dan pemanas udara atmosfer dibantu blower, memindahkan energi panas gas asap ke udara pembakaran = dapur)

Penelitian ini bertujuan memberikan kontribusi tentang pemilihan *superheater*

yang dapat dilihat dengan karakteristik pada efisiensi fluida panas dan fluida dingin, dalam bentuk grafis garis regresi.

Selain itu juga bertujuan agar pabrik gula di Indonesia yang menggunakan *superheater* mempunyai gambaran atau pertimbangan dalam memilih atau memilah *superheater* tersebut.

### Penukar Kalor

Alat penukar kalor adalah suatu alat yang dapat menghasilkan kalor dari fluida panas ke fluida dingin dimana kedua fluida tersebut akan mencapai suhu akhir yang sama dan jumlah panas yang berpindah diperkirakan dengan mempersamakan kerugian energi fluida dingin jumlah perpindahan kalor total dengan menggunakan hubungan antara temperatur input dan output

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

dari kedua fluida serta koefisien perpindahan kalor dapat dinyatakan sebagai berikut :

Koefisien perpindahan kalor menyeluruh (*overall heat transfer coefficient*) dimana perpindahan kalor melalui dinding bidang datar.

$$q = \frac{T_A - T_B}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{\Delta x}{kA} + \frac{1}{h_2 A}}$$

Dimana  $T_A$  dan  $T_B$  masing-masing adalah suhu fluida pada kedua sisi dinding itu. Koefisien perpindahan kalor menyeluruh  $U$  didefinisikan oleh hubungan

$$q = UA\Delta T_{\text{menyeluruh}}$$

Jika kesimpulan tentang banyaknya kalor yang diperlukan kita padukan, dapat disimpulkan bahwa kalor ( $Q$ ) yang diperlukan suatu zat untuk menaikkan suhu sebanding dengan massa ( $m$ ), sebanding kalor jenis zat ( $C$ ), dan sebanding dengan kenaikan suhu ( $\Delta T$ ). Secara matematis pernyataan tersebut dituliskan sebagai berikut.

$$Q = m c \Delta T$$

Kapasitas kalor didefinisikan sebagai banyak kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu zat sebesar  $1^{\circ} \text{C}$ . Kapasitas kalor dinyatakan dengan :

$$C = \frac{Q}{\Delta t}$$

Atau

$$C = m \cdot c$$

Dimana :

$C$  = kapasitas kalor ( $\text{J}/^{\circ}\text{C}$ )

$Q$  = jumlah energi (J)

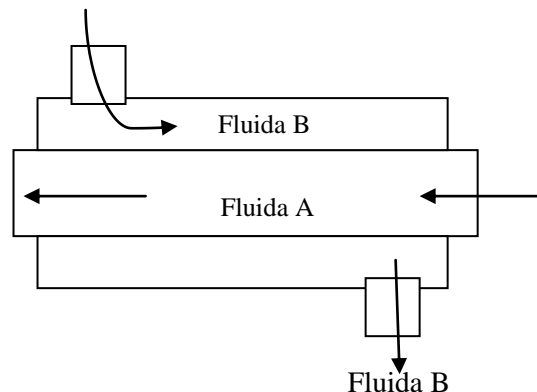
$\Delta t$  = perubahan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

Dalam hal demikian, analisis akan lebih mudah dilaksanakan dengan menggunakan metode yang berdasarkan atas efektifitas penukar kalor dalam memindahkan sejumlah kalor tertentu.

Metode efektivitas ini juga mempunyai beberapa keuntungan untuk menganalisis soal-soal dimana kita harus membandingkan berbagai jenis penukar kalor guna memilih jenis yang terbaik untuk melaksanakan sesuatu tugas pemindahan kalor tertentu. Efektifitas penukar kalor (*heat exchanger effectiveness*) didefinisikan sebagai berikut:

$$\epsilon = \frac{\text{perpindahan kalor nyata}}{\text{perpindahan kalor maksimum yang mungkin}}$$

Perpindahan kalor yang sebenarnya (aktual) dapat dihitung dari energi yang dilepaskan oleh fluida panas atau energi yang diterima oleh fluida dingin. Untuk penukar kalor lawan arah sebagai berikut :



Gambar1. Aliran Fluida Panas Dan Dingin Berlawanan Arah

Fluida A = Fluida Panas

Fluida B = Fluida dingin

$$q = \dot{m}_h c_h (T_{h1} - T_{h2}) = \dot{m}_c C_c (T_{c1} - T_{c2})$$

Untuk menentukan perpindahan kalor maksimum bagi penukar kalor itu, pertama-tama kita harus memahami bahwa nilai maksimum akan didapat bila salah satu fluida mengalami perubahan suhu sebesar beda suhu maksimum yang terdapat dalam penukar kalor itu, yaitu selisih antara suhu masuk fluida panas dan fluida dingin. Fluida yang mungkin mengalami beda suhu maksimum ini ialah yang nilai  $\dot{m}_c$  minimum, karena neraca energy mensyaratkan bahwa energy yang diterima oleh fluida yang satu mesti sama dengan energy yang dilepas oleh fluida yang satunya lagi. Jika fluida yang mempunyai nilai dengan  $\dot{m}_c$  yang lebih besar yang kita buat mengalami beda suhu maksimum, maka tentu fluida yang satu lagi akan harus mengalami perubahan suhu yang lebih besar dari maksimum, dan ini tentu saja tidak mungkin. Jadi, perpindahan kalor maksimum yang mungkin dinyatakan sebagai subskrip dalam lambang efektifitas menunjukkan fluida yang mempunyai nilai  $\dot{m}_c$  yang minimum. Untuk penukar kalor aliran lawan arah maka

$$\epsilon_1 = \frac{T_{hin} - T_{hout}}{T_{hin} - T_{cin}}$$

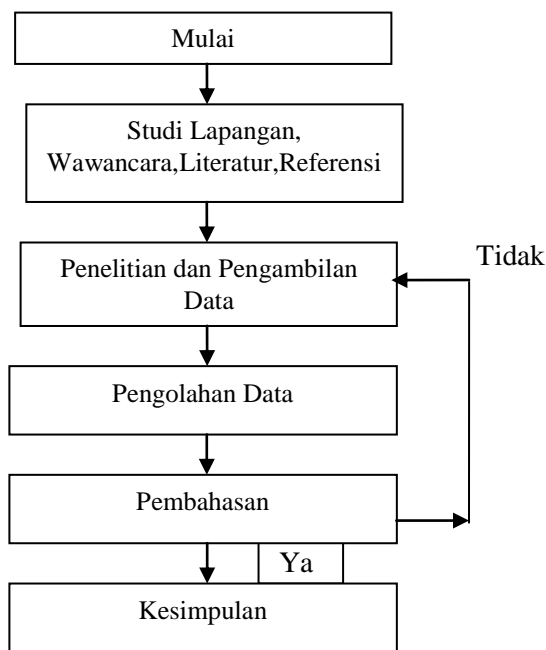
$$\epsilon_1 = \frac{T_{cout} - T_{hin}}{T_{hin} - T_{cin}}$$

Secara umum efektifitas dapat dinyatakan sebagai

$$q = \frac{\Delta T (fluida\ minimum)}{Beda\ suhu\ maksimum\ didalam\ kalor}$$

Fluida minimum, boleh fluida panas atau fluida dingin tergantung laju aliran massa dan kalor spesifiknya.

### METODOLOGI PENELITIAN

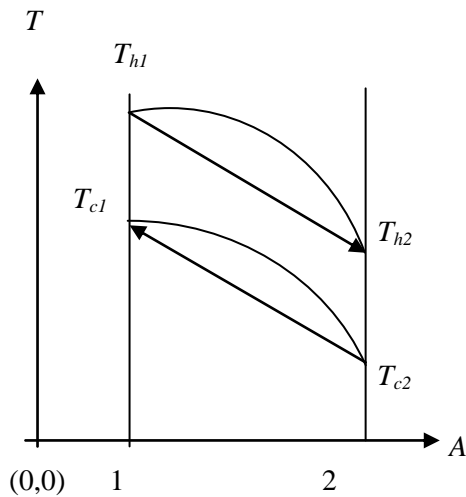


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Temperatur Hasil Pengukuran Pada Pabrik Gula

No	Uap (°C)		Gas Asap (°C)	
	Basah (In)	Kering (Out)	Masuk (In)	Keluar (Out)
1	224	334	685	400
2	225	345	689	402
3	225	346	692	404
4	225	347	696	406
5	225	348	699	408
6	226	349	703	409
7	227	350	706	412
8	228	350	710	413
9	229	350	713	416
10	230	350	720	419



Gambar 3. Karakteristik Fluida Panas Dan Dingin Berlawanan Arah

Efektivitas menunjukkan fluida yang mempunyai nilai  $m^{\circ}C$  yang minimum untuk penukar kalor aliran lawan arah :

$$\epsilon_h = \frac{T_{hin} - T_{hout}}{T_{hin} - T_{cout}} \quad \epsilon_c = \frac{T_{cin} - T_{cout}}{T_{hin} - T_{cout}}$$

Untuk nilai – nilai=

$$Th_1 - Th_2 = (685 - 400) ^{\circ}C = 285 ^{\circ}C$$

$$Tc_1 - Tc_2 = (334 - 224)^{\circ}C = 110 ^{\circ}C$$

$$Th_1 - Tc_2 = (685 - 224) ^{\circ}C = 461 ^{\circ}C$$

$$\text{Hasil : } \epsilon_h = \frac{285 ^{\circ}C}{461 ^{\circ}C} = 0,62$$

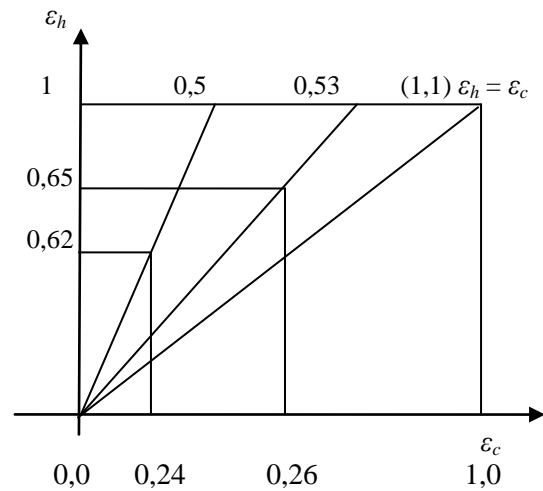
$$461 ^{\circ}C$$

$$\epsilon_c = \frac{110 ^{\circ}C}{461 ^{\circ}C} = 0,24$$

$$461 ^{\circ}C$$

Tabel 2. Tabel Efektivitas Gas Kering Dan Gas Asap

$\epsilon_h$	0,62	0,62	0,62	0,63	0,63	0,64	0,64	0,64	0,64	0,65
$\epsilon_c$	0,24	0,26	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26



Gambar 4. Grafik Perbandingan Efektivitas Uap Kering Terhadap Efektivitas Gas Asap

Dari grafik disini dapat dilihat bahwa panas yang diserap oleh uap basah masih banyak yang sisa dari gas bekas yang memanasi *superheater*, sehingga perlu dipertimbangkan adanya bahan baku (material) *superheater* agar supaya tahan panas dan tidak mudah retak. Untuk perhitungan pada pembahasan dapat dilihat bahwa gas bekas yang memanasi *superheater* sangat besar yaitu antara (400 s/d 685  $^{\circ}C$ ) yang diserap uap basah (224 s/d 334  $^{\circ}C$ ).

Hal ini dapat dibuat gas bekas yang masih mempunyai temperature tinggi dapat di manfaatkan pada *economizer* dan udara atmosfer melalui bantuan *blower* sehingga panas udara yang sudah di lewati oleh gas bekas dapat di manfaatkan pada dapur sehingga dapat mengurangi bahan bakar yang dibutuhkan. Demikian pula pada air pengisi ketel, sudah mempunyai panas  $\pm 30^{\circ}C$  dari *economizer* supaya pengisian ketel dapat sempurna dalam sirkulasi airnya.

Fluida dingin mendapat kalor dari gas asap bekas akibat pembakaran di dapur mempunyai temperature yang sangat tinggi. Tentunya harus diimbangi dengan keberadaan *superheater* sebagai penghasil uap kering yang dapat dimanfaatkan oleh turbin uap listrik dan produksi pabrik gula tersebut. Inilah yang menjadi pemicu pemikiran agar menganalisa dari *superheater* yang sudah ada dalam pemeliharaan maupun masa pakai yang bersangkutan, sehingga dengan perhitungan karakteristik *superheater* yang peneliti lakukan perlu diperhitungkan tentang bahan yang tahan panas dengan produksi uap basah yang cukup banyak dengan harapan pabrik gula perlu memperhitungkan nilai ekonomis dari perawatan terutama *superheater* yang digunakan.

Hukum kekekalan energi pada kalor yang menyebutkan bahwa jumlah kalor yang diberikan pada uap basah dan kalor yang dilepas oleh gas bekas seharusnya sama. Akan tetapi masih tidak seimbang hokum tersebut di atas menyebabkan sisa kalor gas bekas dimanfaatkan untuk *economizer* sebagai pengisi air ketel sehingga suhu yang keluar dari *economizer* mencapai  $15^{\circ}\text{C}$ . Itupun masih perlu disalurkan lagi ke udara atmosfer yang melewati blower untuk dipanasi oleh gas bekas sehingga udara panas tersebut dapat dimasukkan ke dalam dapur pemanas pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$ . Penelitian ke depan perlu adanya pemasangan peralatan dalam susunan secara seri maupun paralel atau kedua-duanya. Hal ini diharapkan dapat

mengurangi panas yang terbangun ke cerobong menjadi lebih rendah dan tidak merusak cerobong tersebut.

## SIMPULAN

Dari grafik dapat di tarik beberapa kesimpulan:

1. Panas yang diberikan oleh gas asap mencapai  $\varepsilon_h = 0,62$  sedangkan  $\varepsilon_c = 0,24$ , pada *superheater*  $\varepsilon = 0,5$
2. Jadi karakteristik *superheater* tersebut pada penelitian ini hanya bekerja antara  $\varepsilon_{sp} 0,5$  sampai dengan  $\varepsilon_{sp} = 0,53$ . Maka *superheater* tersebut sebenarnya mempunyai kemampuan menyerap panas dari gas buang pada penelitian tersebut di antara  $\varepsilon = 0,50$  s/d  $\varepsilon = 0,53$  saja, sedang temperatur gas asap yang lainnya, masih bisa di manfaatkan pada *economizer* untuk fluida dingin sebagai pengisi ketel uap dan dimanfaatkan juga untuk udara panas pada dapur, sebelum dibuang melalui cerobong asap.

## DAFTAR PUSTAKA

- Holman, J.P., 1988, **Perpindahan Kalor**, Terjemahan. Ir. E. Jasjfi, M.Sc., edisi 6, Erlangga, Jakarta
- Incopera F.P, DeWitt, 1996, **Fundamentals of Heat and Mass Transfer**, 4 Ed. John Wiley and Sons, Singapore
- Koestoer, R.A., 1999, **Perpindahan Kalor untuk Mahasiswa Teknik**, Lab. Perpindahan Kalor, Jurusan Mesin FTUI
- Raldi A. Koestoer dan Zulkifli, **Perpindahan Kalor Konveksi, Seri Perpindahan Kalor**.

Subhi, Hardian, 2014, **Analisa Efisiensi Superheater Ditinjau Dari Grafik Sanke**, Jurusan Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang

Utomo, Budi, 2005, **Menentukan Karakteristik Operasi Alat Penukar Kalor dengan Metode Grafik**, Jurnal Transmisi Volume-1 Edisi-1, Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang