

ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA GAS TURBINE CLOSED COOLING WATER HEAT EXCHANGER DI SEKTOR PEMBANGKITAN PLTGU CILEGON

F. Gatot Sumarno, Slamet Priyoatmojo, Didik Darmawan, Rudy Haryanto

Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin

Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. H. Sudarto, S.H., Tembalang, Semarang, 50275, PO BOX 6199 / SMS

Telp. (024) 7473417, 7499585, Faks. (024) 7472396

<http://www.polines.ac.id>, e-mail : secretariat@polines.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perpindahan panas dan efektivitas Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger pada jam 08.00 pagi-16.00 sore karena adanya pengaruh dari udara ambient. Pengambilan data dengan metode observasi di PT. PLN (PERSERO) Sektor Pembangkitan PLTGU Cilegon. Untuk mengetahui perpindahan panas dan efektivitas Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger digunakan metode perhitungan NTU dilengkapi dengan metode LMTD. Hasil perhitungan tertinggi perpindahan panas pada Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger adalah 2914486,227 W dan yang terendah adalah 2582780,941 W. NTU Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger adalah 0,77 dan yang terendah adalah 0,52. Efektivitas Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger tertinggi adalah 43,13 % dan yang terendah adalah 34,2 %

Kata Kunci :temperatur, perpindahan panas, efektivitas

I. PENDAHULUAN

Perpindahan kalor dari suatu zat ke zat lain sering terjadi dalam industri proses sehingga diperlukan pemasukan atau pengeluaran kalor. Kalor mengalir dengan sendirinya dari suhu yang tinggi ke suhu yang rendah. Akan tetapi, terdapat perbedaan suhu sehingga sesuatu benda dipanaskan, maka harus dimiliki sesuatu benda lain yang lebih panas, demikian pula halnya jika ingin mendinginkan sesuatu, diperlukan benda lain yang lebih dingin untuk mencapai dan mempertahankan keadaan yang dibutuhkan sewaktu proses berlangsung. Pada Proses perpindahan kalor diperlukan alat yang berfungsi sebagai penukar kalor yaitu *Heat Exchanger* karena temperatur tinggi dapat membuat komponen suatu pembangkit menyebabkan kerusakan serta kontinuitas kinerja pada pembangkit tersebut.

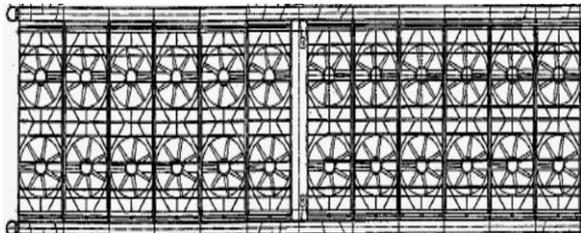
Pada Proses industri di PLTGU Cilegon terdapat *Heat Exchanger* yaitu *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger*, alat tersebut digunakan untuk proses pendinginan pendingin air yang memiliki temperatur tinggi akibat dari sistem pelumasan alat-alat yang melumasi bantalan-bantalan turbin gas dengan pelumasan berupa

oli. Proses Pendinginan yang dilakukan *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger* dengan bantuan *fan* yang memanfaatkan udara *ambient*, sehingga dari proses pendinginan tersebut untuk mengetahui seberapa besar perpindahan kalor yang dipindahkan, mempertahankan alat-alat pelumas turbin gas dapat bekerja dengan continue atau maksimal, serta mempertahankan material pada alat alat pelumas ataupun turbin gas dari temperatur tinggi.

1.1 Pengertian *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger*

Pada *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger* terdiri dari 12 *fan* dengan 1 stand by untuk 1 *Gas Turbine*. Pada *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger* mempunyai fungsi sebagai alat untuk penukar panas dengan fluida air untuk mendinginkan oli panas yang melumasi bantalan *Gas Turbine* sehingga fluida air menjadi panas dan sehingga dilakukan perpindahan panas secara konveksi paksa dengan bantuan *fan*. Pada sistem perpindahan panas ini menggunakan konstruksi tubes

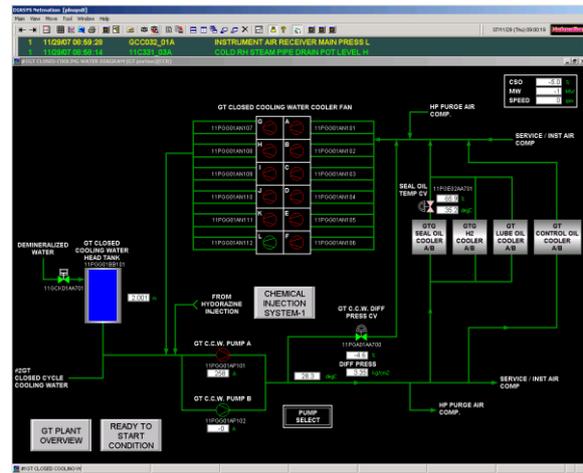
dengan beberapa sirip dan perpindahan panas dilakukan dengan cara *counter flow* yaitu air dari media panas masuk dalam sirip dan media pendinginnya adalah udara lingkungan (*ambient*) yang di hembuskan oleh alat bantu *fan* yang berfungsi sebagai pendorong udara untuk proses perpindahan panas.



Gambar 1 Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger

1.2 Prinsip Kerja Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger

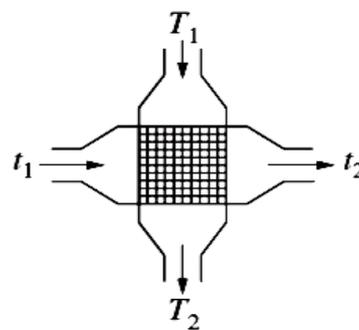
Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger ini berfungsi untuk mendinginkan air demin (*closed cooling water*) yaitu dari *GT Closed Cooling Water Head Tank* yang berisikan air demin di pompakan oleh *GT CCW Pump A* dan *B* untuk mendinginkan oli dari bantalan Gas Turbine yang berfungsi untuk pelumasan. Air demin mengalami kenaikan temperatur karena akibat panas dari oil sehingga dilakukan pendinginan dengan cara konveksi paksa yaitu air dialirkan ke Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger masuk lewat tubes yang berbentuk sirip, setelah air masuk pada sirip dilakukan pendinginan dengan bantuan *fan*, *fan* sendiri berfungsi sebagai bantuan untuk mendorong udara ke arah media pendinginan yaitu kearah sirip sehingga perpindahan panas dilakukan dengan konveksi paksa dengan sistem *cross flow* dengan media udara lingkungan sebagai pendingin air yang sebagai media panas. Siklus perpindahan panas ini berjalan secara *continue* dengan sistem tertutup.



Gambar 2 Prinsip Kerja Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger

1.3 Pertukaran Panas dengan aliran silang (Cross Flow)

Pertukaran panas dengan aliran silang atau *cross flow* yaitu arah aliran kedua fluida saling bersilangan. Yaitu pada Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger dimana arah aliran pendingin fluida panas memberikan energinya ke udara dengan saling bersilangan. Apabila ditinjau dari efektivitas pertukaran energi, penukar kalor jenis ini berada diantara kedua jenis di atas. Pada Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger udara melewati fluida panas dengan temperatur rata-rata yang hampir sama dengan temperatur udara lingkungan kemudian memperoleh panas dengan laju yang berbeda di setiap posisi yang berbeda.



Gambar 3 Penukar kalor aliran *cross flow*

1.4 Tahapan Untuk Menentukan Efektivitas(ϵ)

Rumus – rumus yang digunakan di dalam perhitungan antara lain :

- Temperatur referensi fluida panas (T_{fh}) untuk mengetahui kapasitas panas fluida panas (C_{ph}) pada tabel *Thermophysical Properties of Saturated Water*. Data ini didapatkan dari perhitungan, yaitu rata-rata temperatur masing masing fluida.

$$T_{fh} = \frac{T_{hi} + T_{ho}}{2} \dots\dots\dots (2.1)$$

- Menghitung laju perpindahan panas (Q) dari temperatur fluida panas, laju aliran massa fluida panas (\dot{m}_h) , dan kapasitas panas fluida panas (C_{ph}) yang telah diketahui :

$$q = \dot{m}_h.C_{ph} (T_{hi} - T_{ho}) \dots\dots\dots(2.2)$$

- Menentukan temperatur fluida dingin keluar penukar panas (T_{co}) dengan menggunakan nilai laju perpindahan panas yang diasumsikan $q = q_h = q_c$ yang telah dihitung :

$$q_c = \dot{m}_c.C_{pc} (T_{co} - T_{ci}) \dots\dots\dots(2.3)$$

- Menentukan nilai C_{min} dan C_{max}

$$C_h = \dot{m}_h \times C_{ph} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$C_c = \dot{m}_c \times C_{pc} \dots\dots\dots(2.5)$$

Jika :

$C_h < C_c$, maka $C_{min} = C_h$

$C_c > C_h$, maka $C_{max} = C_c$

- Menentukan nilai C

$$C = \frac{C_{min}}{C_{max}} \dots\dots\dots(2.6)$$

- Menentukan nilai q_{max}

$$q_{max} = C_{min} \times (T_{hi} - T_{ci}) \dots\dots\dots(2.7)$$

- Menentukan Log Mean Temperature Differential (LMTD)

$$LMTD = \frac{(T_{hi} - T_{co}) - (T_{ho} - T_{ci})}{\ln \frac{(T_{hi} - T_{co})}{(T_{ho} - T_{ci})}} \dots\dots\dots (2.8)$$

- Menentukan perpindahan panas total (U)

$$U = \frac{q}{A.F.LMTD} \dots\dots\dots (2.9)$$

- Number of Transfer Unit (NTU)

$$NTU = \frac{U.A}{C_{min}} \dots\dots\dots (2.10)$$

- Efektivitas(ϵ)

Efektvitas adalah parameter yang menyatakan besarnya efisiensi dari suatu Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger. Data ini diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan rumus :

$$\epsilon = 1 - \exp\left\{-\frac{1}{C} [1 - \exp(-cNTU)]\right\} \dots\dots\dots (2.11)$$

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pengambilan data magang untuk tugas akhir bertempat di PLTGU Cilegon. Waktu pelaksanaan magang tersebut mulai tanggal 18 Februari 2014 hingga 16 Mei 2014. Data yang diperoleh antara lain tanggal, bulan, tahun, beban aktual, temperatur *inlet* dan *outlet* fluida panas, serta temperatur *inlet* fluida dingin pada *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger*

2.2 Pengambilan Data

Pengambilan Data dilakukan tanggal 1-3 April 2014 pada jam 08.00 pagi – 16.00 sore. Parameter pada Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger:

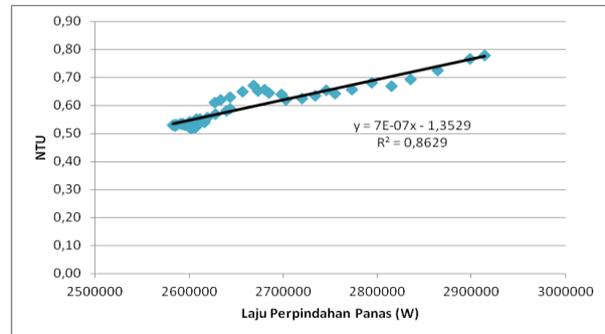
- T_{hi} = Temperature hot inlet
Yaitu temperatur fluida panas (closed cooling water) yang masuk pada Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger. Data diambil dari komputer monitoring di Center Control Room (CCR).
- T_{ho} = Temperature hot outlet
Yaitu temperatur fluida panas (closed cooling water) yang keluar pada Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger. Data diambil dari komputer monitoring di Center Control Room (CCR).
- T_{ci} = Temperature cold inlet
Yaitu temperatur fluida dingin (temperature ambient) di Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger. Data diambil dari komputer monitoring di Center Control Room (CCR).
- Gas Turbine Actual Load
Yaitu beban aktual keluaran dari generator turbin gas. Data diambil dari komputer monitoring di Center Control Room (CCR)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperature udara *ambient* pada jam 08.00 pagi – 16.00 sore terhadap besar laju perpindahan panas dan efektivitas *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger* di PLTGU Cilegon, dimana *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger* merupakan salah satu dari banyak alat pendukung (*Balancing of Plant*) dari sistem pembangkitan turbin gas di PLTGU Cilegon. *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger* berkaitan dengan masalah pendinginan komponen-komponen pada sistem turbin gas agar berfungsi optimal sehingga kontinuitas sistem tetap terjaga.

3.1 Analisis Grafik Laju Perpindahan Panas Terhadap Number of Transfer Unit (NTU)

Grafik di bawah ini menyatakan hubungan Laju perpindahan panas terhadap Number of Transfer Unit (NTU).



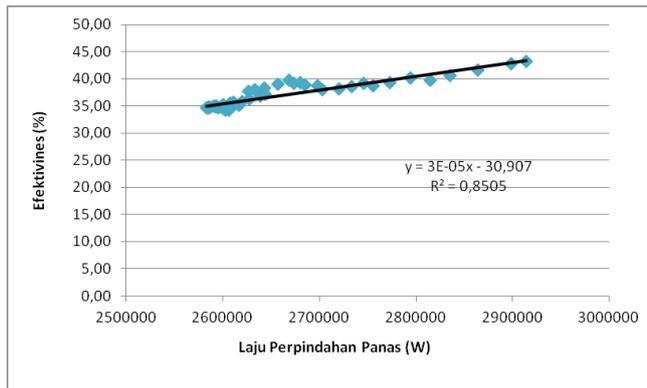
Gambar 4 Grafik Hubungan Laju Perpindahan Panas terhadap Number of Transfer Unit (NTU)

Gambar 4 menyatakan grafik hubungan antara Laju Perpindahan Panas terhadap Number of Transfer Unit (NTU) pada *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger*, Dalam Grafik dapat diketahui bahwa nilai dari Laju Perpindahan Panas sebesar 2914486,227 W menghasilkan NTU sebesar 0,77 dan pada Laju Perpindahan Panas dengan nilai 2582780,941 W menghasilkan NTU sebesar 0,53.

Dari data dan grafik yang digambarkan diatas bahwa besarnya nilai Laju Perpindahan Panas dapat mempengaruhi nilai NTU karena Apabila Laju Perpindahan Panas semakin besar maka dapat mempengaruhi nilai koefisien perpindahan panas total yaitu U sehingga panas yang dipindahkan atau ditransfer dapat semakin besar dengan sebanding pada Laju Perpindahan Panas dan Luas penampang yang dipindahkan dengan luasan yang sama yaitu pada data ini seluas 33225 m^2 . Sehingga Apabila nilai laju panas yang dipindahkan semakin besar maka panas yang dipindahkan pun juga semakin besar

3.2 Analisis Grafik Laju Perpindahan Panas Terhadap Efektivitas

Gambar grafik di bawah ini menyatakan grafik hubungan Laju Perpindahan Panas terhadap Efektivitas..



Gambar 5 Grafik Hubungan Laju Perpindahan Panas terhadap Efektivitas

Gambar 5 menyatakan hubungan antara Laju Perpindahan Panas (q) terhadap Efektivitas pada *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger*. Dalam grafik dapat diketahui bahwa nilai dari Laju Perpindahan Panas sebesar yaitu 2914486,227 W menghasilkan Efektivitas sebesar 43,13 % dan pada Laju Perpindahan Panas dengan nilai 2602382,865 W menghasilkan Efektivitas sebesar 34,2 %.

Dalam data dan grafik ini laju perpindahan sebesar 2914486,227 W dapat menghasilkan Efektivitas sebesar 43,13 % karena dalam laju perpindahan panas yang dihasilkan besar dengan arti panas yang dipindahkan semakin besar karena pengaruh dari temperatur pendingin yang memiliki nilai lebih kecil yaitu faktor udara ambient, sehingga akan menghasilkan kapasitas panas fluida yang lebih kecil, laju perpindahan panas yang dihasilkan besar dan transfer panas yang dipindahkan semakin besar maka efektivitas yang dihasilkan pun akan semakin besar.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Hasil dari tugas akhir ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Laju Perpindahan Panas terbesar dihasilkan sebesar 2914486,227 W dengan *Number Of Transfer Unit* (NTU) sebesar 0,77 dan Laju Perpindahan Panas terkecil dihasilkan sebesar

2582780,941 W dengan *Number Of Transfer Unit* (NTU) sebesar 0,53

2. Semakin besar laju perpindahan panas pada *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger* menyebabkan semakin besar nilai efektivitas pada *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger*
3. Efektivitas terbesar pada *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger* sebesar 43,13 % dan dihasilkan efektivitas terkecil sebesar 34,2 %
4. Efektivitas *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger* kecil disebabkan oleh besarnya temperatur air sebagai media pemanas dan besarnya temperatur udara ambient sebagai media pendingin sehingga menyebabkan Laju perpindahan panas semakin kecil, artinya sedikitnya panas yang dipindahkan oleh alat *heat exchanger* tersebut

4.2. Saran

Saran dari tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Putaran *fan* sebaiknya dijaga konstan untuk media bantu pendorong angin harus dijaga sesuai desain dengan memperhatikan *v-belt* pada *pulley* atau putaran motor karena proses pendinginan atau perpindahan panas selain tergantung dari udara *ambient* atau lingkungan juga tergantung putaran fan.
2. Pada proses *maintenance* sangat diperhatikan karena banyaknya kotoran, pengaruh kancangnya *v-belt* dan putaran motor penggerak *fan* sangat mempengaruhi proses Perpindahan panas pada *Gas Turbine Closed Cooling Water Heat Exchanger*

DAFTAR PUSTAKA

- _____. 2004. *PT. PLN (Persero) Cilegon Combined Cycle Power Plant (740 MW) Design Manual*. Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

_____.2014. *Mitsubishi Confidential And Proprietary Information*

Holman, J.P. 1994. *Perpindahan Kalor*. E. Jasjfi. Jakarta : Erlangga.

Kreith, Frank. 1991. *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*. Arko Prijono. Jakarta : Erlangga.

Wuryanti, Sri.1995. *Perpindahan Panas*. Bandung : Penerbit Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik

Yunus, A. Cengel. 2003. *Heat and Mass Transfer. A Practical Approach*, 2nd, New York : Mc.Graw-Hill