

## ANALISA KINERJA PENUKAR PANAS AKIBAT PERUBAHAN DIAMETER TABUNG DARI 9 mm MENJADI 13 mm PADA BANTALAN OLI PENDUKUNG UNIT 1 PT. PJB UP PLTA CIRATA PURWAKARTA

Bono

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](mailto:secretariat@polines.ac.id)

### ABSTRAK

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari penukar panas dengan diameter tabung yang berbeda di PT. PJB UP PLTA CIRATA, yaitu penukar panas dengan diameter tabung lama dengan ukuran 9 mm dan penukar panas dengan diameter tabung baru dengan ukuran 13 mm. Data yang diambil merupakan data rekap dan data dokumen pada waktu tanggal 6-10 April 2015 dan dokumen tahun 2002 yang menggunakan metode pengambilan data dengan cara observasi dan wawancara di PT. PJB UP PLTA CIRATA, kemudian dilakukan pengolahan data melalui perhitungan yang sesuai dengan rumus yang dibutuhkan. Kinerja dari penukar panas dilihat dari efektivitas pada saat beroperasi. Berdasarkan hasil pengamatan didapatkan saat diameter tabung masih 9 mm titik tertinggi efektivitasnya 0,860 dan titik terendahnya 0,827 sedangkan untuk diameter 13 mm titik tertinggi efektivitas teringginya 0,820 dan titik terendah pada titik nilai 0,770. Modifikasi ukuran diameter dari 9 mm ke ukuran 13 mm dinilai malah menurunkan efektivitas penukar panas pada bantalan oli pendukung, sehingga kinerja dari penukar panas akan menjadi kurang maksimal. Temperatur keluar oli dari penukar panas saat ukuran diameter 9 mm dan 13 mm tidak mengalami perubahan yaitu masih pada temperatur 38 °C.

**Kata kunci :** efektivitas, penukar panas, perubahan diameter tabung

## I. PENDAHULUAN

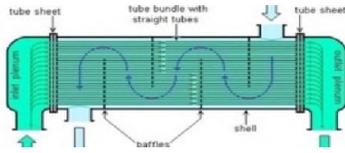
Guna membantu untuk kinerja dari unit pembangkit listrik tenaga air maka peralatan pendukung seperti penukar panas bantalan oli pendukung (*Heat Exchanger Oil Thrust Bearing*) dimanfaatkan secara maksimal untuk dapat menurunkan temperatur dari oli bantalan (*bearing*) setelah digunakan untuk mendinginkan dan melumasi dari bantalan poros turbin. Air yang digunakan untuk mendinginkan dari oli bantalan tersebut berasal dari *draft tube* yang dipompa kembali oleh pompa CWP (*Cooling Water Pump*) yang kemudian akan di saring terlebih dahulu oleh Combi Filter setelah itu di alirkan ke alat-alat pendukung dari unit di PLTA Cirata termasuk untuk alat penukar panas bantalan oli pendukung untuk mendinginkan dari oli. Setelah digunakan untuk mendinginkan oli air tersebut akan dibuang kembali melalui saluran *draft tube* dan oli akan kembali bersirkulasi mendinginkan dan melumasi bantalan poros.

## II. LANDASAN TEORI

Alat penukar panas atau Heat Exchanger (HE) adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari sistem ke sistem yang lain tanpa perpindahan massa dan fungsi utamanya adalah mengontrol temperatur dengan menambah atau mengurangi energi termal pada fluida-fluida didalam alat penukar panas tersebut atau dengan kata lain berfungsi sebagai pemanas maupun pendingin. Biasanya, medium pemanas yang dipakai adalah air atau fluida lain yang dipanaskan sebagai fluida panas dan air atau fluida lainnya sebagai air pendinginnya.

Penukar panas bantalan oli pendukung jenis cangkang dan tabung (*Shell and Tube*) digunakan untuk mendinginkan oli bantalan poros yang memiliki temperatur yang cukup tinggi. oli yang digunakan akan terus bersirkulasi didalam penukar panas dan pipa-pipa menuju bantalan saat beroperasi, oli akan diganti bila mencapai batasan dan kekotoran

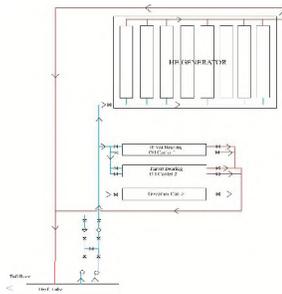
tertentu saat dilakukan pengecekan pada penukar panas. Gambar 2.1 merupakan sebuah gambaran umum dari Penukar Panas Cangkang dan Tabung (Shell and Tube).



Gambar 2.1 Gambaran Umum Penukar Panas Cangkang dan Tabung (Heat Exchanger Oil Thrust Bearing)

Penukar panas dirancang untuk sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena tidak adanya kontak baik antara kedua fluida tidak bercampur (indirect contact) atau terdapat dinding yang memisahkan.

Pada PT. PJB UP PLTA CIRATA, Purwakarta menggunakan turbin francis poros tegak, yang berarti generator berada di atas turbin air tersebut. Fungsi dari governor yaitu mengatur laju aliran air untuk memutar turbin agar turbin berputar konstan saat beban tinggi maupun rendah, sehingga frekuensi dan tegangan pada generator menjadi konstan. Tidak terkecuali pada bantalan poros turbin tersebut yang telah disambung dengan generator, sehingga bantalan pada poros tersebut juga akan berputar secara maksimal dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan dari turbin air francis pada pembangkit tersebut. Fungsi dari bantalan itu sendiri yaitu melindungi poros dari gesekan akibat putaran turbin yang sangat tinggi, saat beroperasi bantalan tersebut harus memiliki temperatur yang tidak terlalu tinggi agar tidak mengganggu kinerja dari poros bahkan dapat merusak poros.



Gambar 2.2 Diagram aliran air pendingin menuju penukar panas bantalan oli pendukung di PLTA Cirata

Bantalan pendukung poros tersebut didinginkan dengan menggunakan oli yang kemudian oli dari bantalan didinginkan kembali oleh air yang berasal dari pompa air pendingin (CWP), yang kemudian oli tersebut kembali untuk mendinginkan bantalan pendukung pada poros sedangkan air yang digunakan untuk mendinginkan oli dibuang melalui *draft tube*.

Rumus perhitungan yang digunakan penukar panas untuk mencari nilai keefektivitasan menggunakan metode *Number of Unit* (NTU) tetapi juga harus mencari nilai dari beberapa aspek perhitungan yang lain seperti perhitungan :

- a. Menentukan luasan tabung (A)

$$A = \pi \times d \times L \times n$$

- b. Menentukan nilai  $\Delta T_{LMTD}$

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

- c. Menentukan nilai faktor koreksi (F)

$$P =$$

$$R =$$

Maka dapat diketahui nilai dari F

- d. Menentukan nilai temperatur referensi fluida (Tf)

$$T_{fh} = \frac{T_{hi} + T_{ho}}{2}$$

$$T_{fc} = \frac{T_{ci} + T_{co}}{2}$$

- e. Menentukan laju massa fluida ( $\dot{m}$ )

$$\dot{m}_h = \rho_h \times Q_a$$

$$\dot{m}_c = \rho_c \times Q_a$$

berhubung ada salah satu data yang tidak tercakup, maka untuk laju massa fluida dapat juga digunakan persamaan rumus  $Q_c = Q_h$

$$\dot{m}_c \times C_{pc} \times (\Delta T_c) = \dot{m}_h \times C_{ph} \times (\Delta T_h)$$

$$\dot{m}_h = \frac{\dot{m}_c \times C_{pc} \times (\Delta T_c)}{C_{ph} \times (\Delta T_h)}$$

- f. Laju kapasitas panas (C)

$$C_h = \dot{m}_h \times C_{ph}$$

$$C_c = \dot{m}_c \times C_{pc}$$

$$C =$$

- g. Menentukan nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh (U)

U =

h. Menentukan nilai NTU

NTU =

i. Menentukan nilai efektivitas ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = 2[1+C+(1+C^2)^{1/2}]^{-1} \times \frac{1 - \exp(-NTU)}{1 - \exp(-C \cdot NTU)}$$

### III. METODE PENGAMBILAN DATA

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 6 April sampai 10 April 2015 yang bertempat di PT. PJB UP PLTA CIRATA Purwakarta. Studi pustaka dilakukan di perpustakaan PT. PJB UP PLTA CIRATA, buku general inspection, buku annual inspection, data rekap harian di power house pembangkit PLTA CIRATA, melakukan wawancara terhadap operator yang bertugas dan pegawai yang bersangkutan, serta situs-situs di internet.

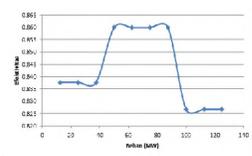
Data yang digunakan merupakan data operasi harian pada periode tanggal 6 April sampai 10 April 2015, serta data dokumen dari perusahaan pada tahun 2002.

Data yang diambil dari rekap data harian saat beroperasi antara lain :

- Temperatur fluida panas masuk ( $T_{hi}$ )
- Temperatur fluida panas keluar ( $T_{ho}$ )
- Temperatur fluida dingin masuk ( $T_{ci}$ )
- Temperatur fluida dingin keluar ( $T_{co}$ )
- Beban aktual saat unit beroperasi

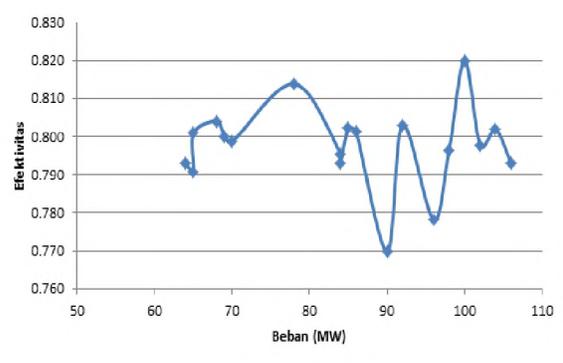
### IV. PEMBAHASAN DAN ANALISIS DATA

Berdasarkan dari persamaan rumus pada bab landasan teori, maka dari hasil perhitungan yang diperoleh menggunakan persamaan rumus sebelumnya didapatkan grafik hasil perhitungan pada tabung berukuran diameter 9 mm dan 13 mm.



Gambar 4.1 Grafik efektivitas dengan beban (MW) dengan diameter tabung 9 mm

Dari data hasil perhitungan tabel 3.1 maka didapatkan grafik efektivitas yang terjadi di alat penukar panas terhadap laju massa fluida dingin seperti gambar 4.1. Pada gambar grafik 4.1 menunjukkan grafik hubungan antara efektivitas dengan beban (MW) saat tabung masih berukuran diameter 9 mm. Pada efektivitas terlihat bahwa mengalami kenaikan dan penurunan yang lumayan jauh dikarenakan adanya persamaan nilai dari efektivitas. Pada gambar 4.1 merupakan gambar grafik antara efektivitas dengan beban (MW) sebelum pergantian tabung penukar panas. Dari data tabel tersebut terlihat bahwa titik tertinggi dari efektivitasnya adalah hanya berkisar 0,860 dengan beban rendah, sedangkan untuk titik terendah pada efektivitas berada pada titik 0,827 dengan beban (MW) tinggi. Pada grafik tersebut nilai efektif tertinggi justru pada beban rendah dan untuk efektivitas rendah justru pada beban yang tinggi.



Gambar 4.2 Grafik efektivitas terhadap beban (MW) dengan diameter tabung 13 mm

Pada gambar 4.2 terlihat hubungan antara efektivitas dengan beban didapatkan hasil titik terendah berada pada aspek efektivitas berada di 0,770 yang berada pada beban 90 MW yang masih termasuk beban rendah. Sedangkan untuk titik tertinggi efektivitas dari penukar panas bantalan oli pendukung jenis cangkang dan tabung (*shell and tube*) berada pada titik 0,820 pada posisi beban 100 MW. Dari grafik di atas menunjukkan bahwa keefektifitasan penukar panas pada diameter tabung ukuran 13 mm mengalami kenaikan dan penurunan atau tidak stabil yang dikarenakan dengan jumlah beban

(MW) yang diterima oleh bantalan akibat perputaran dari poros yang dipasangkan dengan generator.

Berdasarkan tabel 3.1 dan 3.2, maka nilai efektivitas rata-ratanya 0,843 untuk penukar panas yang lama dan 0,80 untuk penukar panas yang baru. Dari data itu bisa kita lihat bahwa nilai dari efektivitas mengalami penurunan setelah dilakukan pergantian ukuran pada tabung. Mungkin hal ini bisa terjadi karena banyaknya perihal yang diluar teori-teori yang dipakai selama ini.

Pada hasil analisa tugas akhir ini bahwa perpindahan panas dan kinerja dari alat penukar panas tersebut mengalami penurunan hal ini disebabkan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi alat tersebut, diantaranya yaitu menurunnya nilai dari laju massa fluida ( $\dot{m}$ ) pada fluida dingin maupun fluida panas. Laju massa fluida tersebut terdapat aspek tetapan koefisien konveksi ( $h$ ), karena pada alat penukar panas terjadi perpindahan panas secara konduksi dari fluida panas ke dinding tabung fluida dingin kemudian perpindahan panas secara konveksi dari fluida dingin ke dinding tabung lalu mengalami perpindahan panas konduksi lagi dari dinding tabung fluida dingin ke fluida panas lagi. Pada tetapan koefisien konveksi besarnya tergantung dari beberapa faktor yang mempengaruhinya diantaranya :

1. Viskositas fluida
2. Kecepatan fluida
3. Perbedaan temperatur antara permukaan dan fluida
4. Kapasitas panas fluida
5. Rapat massa fluida
6. Bentuk permukaan kontak

Dalam kasus ini yang paling mempengaruhi dari penukar panas yaitu kecepatan dari fluida, karena jika diameter tabung diganti menjadi ukuran yang lebih besar lagi maka kecepatan dari fluida dingin (air) akan menurun dibandingkan dengan kecepatan fluida air saat ukuran diameter tabung masih 9 mm. Jika pada kecepatan fluida air tersebut menurun tentu panas yang diserap oleh air dari fluida panas (oli) akan berkurang juga, oleh karena itu temperatur dari fluida panas pada saat diameter 9 mm dengan ukuran 13 mm tidak mengalami perubahan

bahkan efektivitas dari alat penukar panas juga mengalami penurunan.

## **V. Kesimpulan**

1. Unjuk kerja dari penukar panas dapat dilihat dari efektivitasnya, ketika sedang terjadi pertukaran temperatur atau saat unit sedang beroperasi. Dapat dilihat pada tabung ukuran 9 mm efektivitas penukar panas menunjukkan nilai tertinggi 0,860 sedangkan untuk tabung ukuran 13 mm efektivitas tertinggi menunjukkan nilai 0,820. Kinerja dari penukar panas mengalami penurunan sebesar 0,040.
2. Ada beberapa aspek nilai yang tidak sesuai dengan harapan perhitungan seperti seperti nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh ( $U$ ), pada tabung ukuran 9 mm menunjukkan nilai dari  $U$  jauh lebih tinggi yaitu dengan nilai tertinggi 190,5 dibandingkan dengan nilai  $U$  dari tabung yang berukuran 13 mm yang hanya 24,89 pada titik tertingginya. Begitu juga pada nilai dari NTU yang menunjukkan dimana nilai NTU pada tabung 9 mm 435,21 pada titik tertinggi dan untuk terendah 384,65, sedangkan pada NTU tabung yang baru 77,83 pada titik tertinggi dan untuk terendah 31,13.
3. Berdasarkan pada teori perhitungan menunjukkan bahwa kinerja dari penukar panas mengalami penurunan hal ini sesuai dengan yang ada pada kondisi di pembangkit saat beroperasi, dikarenakan temperatur keluar oli atau fluida panas tidak menunjukkan penurunan saat menggunakan penukar panas dengan diameter 9 mm dan dengan penukar panas dengan diameter 13 mm yaitu masih menunjukkan pada temperatur 38°C.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- ,2000. Laporan General Inspection : Power Plant. SCHMACHTL,Ltd.
- ,2006. Laporan General Inspection : Power Plant. SIROCCO,Ltd.

Cengel, Yunus A. dan Michael A. Boles.  
2006. *Thermodynamics an Engineering  
Approach 5<sup>th</sup> Edition*. New York: MC.  
Graw-Hill.

[Kreith, Frank. 1994. Prinsip-prinsip  
Perpindahan Panas. Terjemahan Arko  
Priyono. Jakarta : Erlangga.](#)

[Holman, JP. 1995. Perpindahan Kalor.  
Terjemahan Ir. E. Jasifi. Jakarta :  
Erlangga.](#)

[http://artikel-teknologi.com/macam-macam-  
heat-exchanger-alat-penukar-panas-  
bagian-2/](http://artikel-teknologi.com/macam-macam-heat-exchanger-alat-penukar-panas-bagian-2/)

[https://id.wikipedia.org/wiki/Penukar\\_panas](https://id.wikipedia.org/wiki/Penukar_panas)

[http://www.slideshare.net/alipane/modul-  
penyelesaian-soal-alat-penukar-kalor](http://www.slideshare.net/alipane/modul-penyelesaian-soal-alat-penukar-kalor)