

Analisa Pengaruh Jumlah Pengoperasian CWP Terhadap Performa Kondensor PLTU Rembang

Andika Widya Pramono

Jurusan D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN
Email : andika_pram@yahoo.com

Gita Puspa Artiani

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik – PLN
Email : gita_artiani@yahoo.com

Alan Laksono

Jurusan D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Abstract

Heat exchanger is a device used to transfer heat from one fluid to another fluid. One in Rembang heat exchanger is a condenser. The condenser serves to condense low pressure steam turbine output by using sea water as coolant fluid. The condenser is a turbine auxiliary equipment which, if having problems then it will result in generation efficiency. In the design of the contractor takes 4 CWP to supply cooling water condenser, but the reality on the ground, only 3 CWP operated. Therefore it is necessary to know how the effects of these operations on the performance of the condenser. The method of analysis is done by calculating the performance of the condenser is based on the current operating parameters of the performance test. By knowing the conditions and the actual performance of the condenser, it will be able to increase plant efficiency.

Keywords: heat exchangers, condensers, CWP, auxiliary, fluid, performance test

1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik memegang peranan sangat penting dalam memenuhi kebutuhan akan energi listrik di Indonesia. Seiring berjalannya waktu, kebutuhan energi listrik kian meningkat. Pemerintah mengatasi masalah tersebut dengan membangun pembangkit-pembangkit baru untuk mengimbangi pertambahan kebutuhan energi listrik yang meningkat begitu pesat dari tahun ke tahun. Selain itu, kehandalan pembangkit listrik pun kian dituntut untuk terus peningkatan.

Saat ini, pembangkit listrik dituntut memiliki kehandalan tinggi. Hal ini tentu saja berimbas pada kehandalan peralatan pada pembangkit. Agar memiliki kinerja yang tinggi, maka setiap peralatan pembangkit harus mempunyai efisiensi yang tinggi. Suatu penelitian dilakukan sebagai proses pembelajaran untuk dapat mengetahui kerja peralatan pembangkit dan agar dapat ditingkatkan lebih baik lagi kehandalannya.

Salah satu dari sekian banyak peralatan pembangkit yang harus dijaga kehandalannya adalah kondensor. Baik buruknya performa kondensor akan berakibat secara langsung terhadap performa pembangkit secara keseluruhan. Tentu saja hal ini juga akan

berimbas pada pasokan energi listrik. Untuk mencegah penurunan performa kondensor, maka harus dilakukan monitoring kondisi peralatan yang rutin minimal setiap bulan. Hal ini bertujuan untuk lebih mudah dan cepat dalam mengatasi jika terjadi permasalahan.

Kondensor yang digunakan di PLTU Rembang adalah tipe Surface Condenser yang didalamnya berbentuk shell dan tube. Bagian shell berisi uap bekas pemutar turbin, sedangkan di dalam tube berisi air yang digunakan untuk pendingin kondensor. Air pendingin tersebut merupakan air laut yang dipompakan oleh CWP (Circulating Water Pump).

Di PLTU Rembang terdapat 4 CWP yang masing-masing memiliki spesifikasi yang sama. 4 CWP ini dioperasikan untuk mensuplai kebutuhan air laut sebagai media pendingin ke beberapa peralatan seperti kondensor dan SWBP (Sea Water Booster Pump) untuk dua unit. Untuk pendinginan kondensor, idealnya adalah 4 CWP digunakan untuk 2 kondensor, yaitu kondensor unit #10 dan unit #20 dengan syarat interconnecting valve ditutup. Dengan kata lain 2 CWP mensuplai 1 kondensor. Sehingga kinerja

tiap kondensor sangat bergantung pada kinerja CWP dan temperatur air yang masuk kondensor. Pada kenyataannya, di PLTU Rembang dioperasikan dengan menggunakan 3 CWP, sedangkan 1 CWP kondisi standby. Dengan kondisi seperti ini maka interconnecting valve diposisikan open. Hal ini berarti 1 kondensor disuplai oleh $1\frac{1}{2}$ CWP. Maka secara logika aliran air laut akan berkurang dan kecepatan aliran juga berkurang dan hal ini akan mempengaruhi kinerja kondensor. Tetapi ada beberapa pertimbangan penting yang melatarbelakangi dioperasikannya 3 CWP untuk 2 unit.

Dalam penelitian ini, akan dianalisa tentang kondisi ini. Seberapa besar pengaruhnya terhadap performa kondensor dan juga pertimbangan apakah yang mendasari pengoperasian seperti ini. Sehingga pada akhirnya dapat disimpulkan total jumlah pengoperasian CWP yang efisien.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1. Kondensor

Kondensor merupakan alat penukar kalor (*heat exchanger*) yang berfungsi mengkondensasikan uap bekas dari turbin menjadi air kondensat yang kemudian air kondensat tersebut ditampung di hotwell. Selanjutnya air tersebut disirkulasikan kembali ke boiler untuk diproses kembali menjadi uap. Proses pada kondensor yang terjadi adalah proses perpindahan panas. Banyak macam jenis-jenis kondensor yang digunakan oleh beberapa industri pembangkit. Menurut jenisnya, kondensor dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu kondensor kontak langsung (*Direct Contact Condenser*) dan kondensor permukaan (*Surface Condenser*).



Gambar 1. Kondensor PLTU Rembang

2.2. Heat Exchanger

Heat Exchanger adalah peralatan yang digunakan untuk melakukan proses pertukaran kalor antara dua fluida, baik cair (panas atau

dingin) maupun gas yang mempunyai suhu yang berbeda. Berdasarkan aliran fluidanya dapat dikelompokkan menjadi parallel flow, counter flow, dan cross flow. Untuk mengetahui performa kondensor, dibutuhkan beberapa perhitungan diantaranya adalah :

a. Laju Perpindahan Panas

$$Q = \dot{m}_c \times C_{pc} \times (T_{co} - T_{ci})$$

dimana :

$\dot{m}_c$ = laju aliran massa fluida pendingin (kg/s)

C_{pc} = panas jenis fluida pendingin (kJ/kg.°C)

T_{co} = temperatur keluar fluida pendingin (°C)

T_{ci} = temperatur masuk fluida pendingin (°C)

b. ΔT_{LMTD}

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

dimana :

T_{ci} = temperatur masuk fluida pendingin (°C)

T_{co} = temperatur keluar fluida pendingin (°C)

T_{hi} = temperatur masuk fluida panas (°C)

T_{ho} = temperatur keluar fluida panas (°C)

c. Overall Heat Transfer Coefficient

$$U = \frac{Q}{A \times \Delta T_{LMTD}}$$

dimana :

Q = laju perpindahan panas (kW)

A = luas permukaan perpindahan panas (m²)

ΔT_{LMTD} = Log Mean Temperature Difference (°C)

d. Cleanliness Factor

$$CF = \frac{U}{U_c} \times 100\%$$

dimana :

U = overall heat transfer coefficient (kW/m².°C)

U_c = clean overall heat transfer coefficient (kW/m².°C)

e. Efektifitas Kondensor

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_{max}} \times 100\%$$

dimana :

Q = laju perpindahan panas (kW)

Q_{max} = laju perpindahan panas maksimal (kW)

f. Pemakaian Sendiri (PS)

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \times n$$

dimana :

V = tegangan listrik (volt)

I = arus listrik (ampere)

$\cos \phi$ = faktor daya

n = jumlah CWP

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan metode deskriptif dimana metode ini memiliki tujuan untuk melakukan analisa performa sebuah kondensor aktual saat dioperasikan dengan 3 CWP dan 4 CWP. Dan juga menganalisa tingkat efisiensi terhadap kondisi unit secara global.

3.1 Teknik Pengumpulan Data

Agar tujuan telah diuraikan sebelumnya dapat tercapai dengan baik, maka diperlukan data yang akurat sebagai dasar penelitian. Data untuk dasar penelitian ini penulis dapat dengan cara sebagai berikut :

1. Studi Lapangan / pengamatan langsung
2. Studi Literatur
3. Wawancara

3.2 Teknik Pengolahan Data

Dalam teknik pengolahan data, akan dijabarkan tentang pengolahan data yang didapat dari pengumpulan data sebagai bahan untuk proses penelitian. Metode yang dilakukan adalah metode perhitungan. Adapun langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

- a. Perhitungan Laju Perpindahan Panas
- b. Perhitungan ΔT_{LMTD}
- c. Perhitungan Overall Heat Transfer Coefficient
- d. Perhitungan Cleanliness Factor
- e. Perhitungan Efektifitas Kondensor
- f. Perhitungan Pemakaian Sendiri (PS)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menganalisa perpindahan panas suatu heat exchanger menggunakan beberapa metode pengamatan. Perpindahan panas pada suatu heat exchanger adalah dengan cara konduksi dan konveksi. Pada perhitungan kali ini, perhitungan perpindahan panas ini didasari oleh prosedur

perhitungan yang mengacu pada standar ASME PTC 12.2 Steam Surface Condenser, EPRI Condenser Application and Maintenance Guide dan juga EPRI Condenser In-Leakage Guideline. Hasil keseluruhan perhitungan performa kondensor disajikan dalam bentuk tabel dibawah ini untuk lebih memudahkan dalam menganalisa.

Tabel 1. Hasil perhitungan performa kondensor PLTU Rembang

Simbol	Satuan	Kondensor 10 A		Kondensor 10 B		Kondensor 20 A		Kondensor 20 B	
		3 CWP	4 CWP	3 CWP	4 CWP	3 CWP	4 CWP	3 CWP	4 CWP
Q	MW	206.89	275.86	229.81	306.42	242.85	323.80	266.40	355.20
ΔT_{LMTD}	°C	9.57	9.57	9.74	9.74	13.19	13.19	12.15	12.15
U	kW/m ² ·°C	1.57	2.09	1.71	2.29	1.34	1.78	1.59	2.12
CF	%	63.56	73.33	69.23	80.35	54.25	62.46	64.37	74.39
ε	%	61.08	61.08	64.41	64.41	55.40	55.40	61.65	61.65
PS	kW	5790	7720	5790	7720	5790	7720	5790	7720

Nilai perpindahan panas tersebut dipengaruhi oleh besarnya flow air pendingin yang melewati kondensor. Semakin kecil flow air pendingin maka semakin kecil perpindahan panasnya, sebaliknya jika flow air pendingin semakin besar maka perpindahan panasnya semakin besar. Besar kecilnya flow air pendingin ditentukan oleh jumlah CWP yang dioperasikan.

Nilai ΔT_{LMTD} terkecil pada kondensor 10 A dan terbesar pada kondensor 20 A. Hal tersebut dipengaruhi oleh temperatur inlet cooling water dan juga kebersihan tube kondensor sehingga menyebabkan ΔT_{LMTD} berbeda-beda.

Nilai overall heat transfer coefficient merupakan nilai aktual kebersihan kondensor. Nilai tersebut dipengaruhi oleh nilai perpindahan panas pada kondensor dan juga nilai ΔT_{LMTD} . Yang sangat mempengaruhi nilai overall heat transfer coefficient adalah nilai perpindahan panasnya. Semakin besar nilai perpindahan panasnya maka semakin besar pula nilai overall heat transfer coefficient dan begitu pula sebaliknya. Nilai clean overall heat transfer coefficient merupakan nilai kebersihan kondensor pada kondisi 100%. Hal yang mempengaruhi nilai clean overall heat transfer coefficient adalah besarnya nilai kecepatan air pendingin yang mengalir ke dalam tube kondensor. Semakin besar kecepatan yang mengalir di dalam tube kondensor, maka semakin besar pula nilai clean overall heat

transfer coefficient dan begitu pula sebaliknya jika kecepatan aliran semakin kecil maka nilai clean overall heat transfer coefficient semakin kecil.

Jika melihat nilai cleanliness factor dari hasil perhitungan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan kondisi kondensor yang bersih adalah dengan memperbesar jumlah aliran air pendingin yang melewati tube kondensor. Kondisi kondensor 20 A mengalami penurunan yang signifikan dibandingkan kondensor lainnya. Hal ini kemungkinan disebabkan banyaknya fouling di dalam tube kondensor. Semakin kecil nilai cleanliness factor maka mengindikasikan tube kondensor semakin kotor. Jika tube semakin kotor maka perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor menjadi kurang optimal. Disinilah pentingnya dalam melakukan perhitungan cleanliness factor sebagai indikator kebersihan tube kondensor.

Nilai efektifitas kondensor dipengaruhi oleh jumlah aliran air pendingin. Semakin sedikit jumlah air pendingin yang dapat memindahkan panas secara maksimal, maka efisiensi kondensor semakin bagus.

Dari hasil perhitungan pemakaian sendiri diketahui bahwa untuk mengoperasikan 3 CWP membutuhkan daya listrik sebesar 5790 kW, sedangkan untuk mengoperasikan 4 CWP membutuhkan daya listrik sebesar 7720 kW. Jadi dapat diambil kesimpulan bahwa dengan mengoperasikan 3 CWP, maka dapat menghemat daya sebesar 1930 kW dari total daya untuk pemakaian sendiri.

Kesimpulan

Setelah melakukan pembahasan dan melakukan analisa terhadap hasil perhitungan performa kondensor serta pengaruhnya terhadap operasional 3 CWP dan 4 CWP, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Kendala utama jika 3 CWP beroperasi adalah nilai cleanliness factornya menurun, akan tetapi hal ini bisa diatasi dengan lebih sering membersihkan tube kondensor dengan Condenser Ball Cleaner.
- Dengan mengoperasikan 3 CWP untuk dua kondensor maka dapat menghemat daya pemakaian sendiri sebesar 1930 kW dari total pemakaian sendiri sebesar 15500 kW atau sebesar 12% dari total pemakaian sendiri.

Daftar Pustaka

- ASME. ASME PTC 12.2 *Steam Surface Condensor*. New York: ASME. 2000.
- Corp, Dongfang Electric. *Turbine Operation Manual*. Edition 3. Chengdu: DEC. 2012
- Gill, A.B. *Power Plant Performance*. Buttherworths. 1984.
- Incropera ; DeWitt ; Bergman ; Lavine. *Fundamental of Heat and Mass Transfer*. Edition 6. Wiley. 2007.
- EPRI. *Condenser Application and Maintenance Guide*. California: EPRI. 2001.
- EPRI. *Condenser In-Leakage Guideline*. California: EPRI. 2000.