

PENENTUAN JUMLAH PANAS DAN AIR PENDINGIN PADA CONDENSOR DI PLTU TANJUNG AWAR – AWAR

Nurindah Rahmadhani¹, Prayitno, Yuangga Aji²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Malang, Indonesia

²PLTU Tanjung Awar – Awar, Tuban, Jawa Timur

rindainda98@gmail.com, [prayitno@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tanjung Awar – Awar merupakan pembangkit listrik yang menghasilkan listrik sebesar 2x350 MW dengan menggunakan uap yang berasal dari boiler dan air laut sebagai umpannya. Uap yang dihasilkan digunakan sebagai penggerak turbin, dimana uap berasal dari air laut yang diolah menjadi air demin pada unit pengolahan air (*water treatment unit*) hingga memenuhi baku mutunya. Air demin dipompakan masuk kedalam boiler hingga menghasilkan uap untuk menggerakkan turbin. Uap sisa penggerak turbin mengalami penurunan tekanan dan temperatur dan masuk kedalam kondensor untuk terjadi kondensasi berubah fase dari uap menjadi cair. Alat perpindahan panas (kondensor) yang digunakan PLTU memiliki tipe *Shell and Tube Heat Exchanger*. Pada kondensor dialirkan air pendingin yang berasal dari air laut melalui area CWP. Kondisi kondensor pada PLTU menunjukkan bahwa jumlah air pendingin yang masuk harus lebih besar dari steam apabila berkurang berdampak pada daya listrik yang dihasilkan dan menyebabkan unit trip. Penelitian bertujuan untuk mengetahui jumlah panas yang diserap dan jumlah air pendingin yang digunakan pada kondensor di PLTU Tanjung Awar – Awar. Besarnya panas yang diserap dan air pendingin yang dibutuhkan kondensor ditentukan dengan metode perhitungan luas perpindahan panas dan berdasarkan data hasil pengukuran langsung dari besarnya suhu dan flowrate yang ada dibagian inlet dan outlet pada kondensor. Hasil perhitungan didapatkan panas maksimum yang diserap oleh kondensor sebesar 21.794.520 KJ/Jam, sedangkan air pendingin yang dibutuhkan sebanyak kebutuhan 869.124,754 Kg/Jam.

Kata kunci: air pendingin, kondensor, shell and tube heat exchanger

ABSTRACT

Electric Steam Power Plant (PLTU) Tanjung Awar – Awar is a power plant that produces 2x350 MW of electricity by using steam from boilers and sea water as the feed. Steam that produced is using for turbine drive, where the steam produced by sea water which is processed to be demin water in water treatment unit until fulfill the quality standart. Demin water is pumped into boiler until change to steam that using for turbine drive. Residual steam from turbine drive have decrease pressure and temperature so that come inside to condenser and come to condensation to change steam phase into liquid phase again. Heat transfer device that use in this PLTU have type Shell and Tube Heat exchanger. In condenser is also streamed cooling water that comes from sea water in CWP area. The condition of the condenser in power plant indicates that the amount of cooling water must greater than steam if decrease can causing electrical power generated and causes unit trip. This research aims to determine the amount of heat absorbed amount cooling water that use in condenser PLTU Tanjung Awar - Awar. Amount of heat absorbed and the cooling water needed by the condenser is determined by the method of calculating the heat transfer area and based on direct measurement data of the amount of temperature and flowrate in the inlet and outlet of the condenser. The calculation results get the result that the maximum heat absorbed by the condenser is 21,794,520 KJ / Hour, while the required cooling water is 869,124,754 Kg / Hour.

Keywords: condensor, cooling water, shell and tube heat exchanger

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tanjung Awar – Awar merupakan salah satu pembangkit listrik tenaga uap di Indonesia yang menghasilkan listrik dengan kapasitas 2x350 MW. Untuk menghasilkan listrik tersebut PLTU Tanjung Awar – Awar menggunakan air laut sebagai air umpan boiler, dimana air laut dilakukan pengolahan (*treatment*) terlebih dahulu pada suatu unit pengolahan air (*water treatment unit*) yang bertujuan untuk menurunkan konsentrasi dari beberapa kontaminan hingga memenuhi standar mutu air umpan boiler. Air umpan boiler harus dijaga agar tetap pada standar mutu yang telah ditetapkan karena apabila melebihi dapat mengakibatkan gangguan pada sistem perpindahan panas, dimana air umpan dengan pH > 11 menyebabkan gelembung didalam boiler dan apabila pH < 7,5 dapat menyebabkan padatan terlarut dalam air boiler ikut terbawa kedalam steam sehingga menyebabkan kerak pada dinding – dinding pipa. Selanjutnya apabila konduktivitas air umpan boiler > 3500 mS/cm dapat menyebabkan korosi. Kebutuhan air pendingin pada PLTU saat ini masih memenuhi standar, akan tetapi tetap dilakukan pengecekan setiap bulan agar mengetahui apakah kebutuhan air pendingin untuk dilakukan monitoring.

Penyerapan panas pada kondensor (*Heat Exchanger*) pada PLTU memiliki tipe *Shell and Tube Heat Exchanger* yang berfungsi untuk mengkondensasikan uap air yang berasal dari turbin sehingga dapat berubah fase menjadi cair kembali dan ditampung didalam bak bernama *hotwell* yang dapat digunakan kembali untuk siklus selanjutnya. Bagian *Shell* pada kondensor berisi uap bekas pemutar turbin, sedangkan didalam *tube* berisi air yang digunakan untuk pendingin kondensor. Kondensor ini sendiri terdiri atas tube – tube kecil yang melintang dan dialiri oleh air pendingin. Penyerapan panas yang terjadi pada PLTU terjadi pada alat kondensor sehingga berdasarkan pengamatan sebelumnya peralatan pembangkit yang harus dijaga kehandalannya adalah kondensor, karena kondensor ini sendiri berdampak langsung pada performa pembangkit listrik secara keseluruhan [1]. Pada PLTU Tanjung Awar – Awar air yang digunakan untuk siklus selanjutnya harus memenuhi beberapa parameter yang ada sebagai berikut :

Tabel 1. Parameter Air Hasil Kondensasi

Parameter	Batasan
pH	8.8 - 9.3
Chloride	<100
Silica	<20
Sodium	<10
Ammonia	<1000

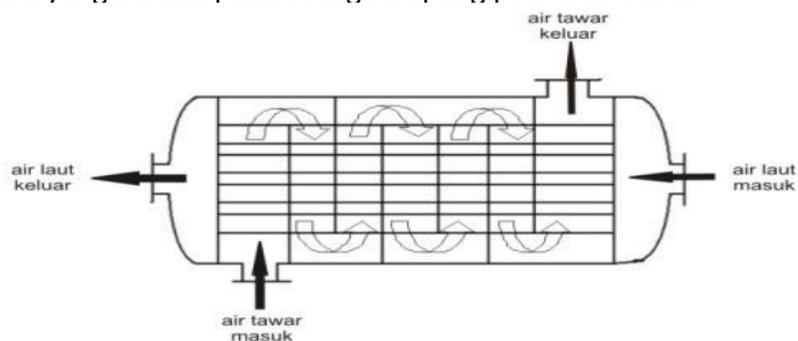
Air yang digunakan sebagai air pendingin pada kondensor merupakan air laut yang dipompakan oleh CWP (*Circulating Water Pump*). Kondensor biasanya menggunakan sirkulasi air pendingin dari menara pendingin (*Cooling Water*) untuk melepaskan kalor ke atmosfer, atau *once – through water* dari sungai, danau atau laut [2]. Nilai efektifitas kondensor dipengaruhi oleh jumlah aliran air [1].

Semakin sedikit jumlah air pendingin yang dapat memindahkan panas secara maksimal, maka efisiensi kondensor semakin bagus. Semakin besar jumlah aliran air maka penyerapan panas pada air semakin kecil karena panas yang telah terserap air segera dibawa keluar dan langsung digantikan dengan air yang baru [3]. Semakin tinggi flowrate air panas yang digunakan maka mengakibatkan kenaikan pada laju perpindahan kalor [4]. Penurunan nilai efektivitas dapat dipengaruhi oleh nilai tekanan yang ada pada kondensor [5]. Penurunan tekanan vakum disebabkan oleh temperatur air pendingin yaitu air laut yang tinggi karena temperatur air pendingin ini akan berpengaruh pada kecepatan suatu steam berkondensasi dan laju aliran masa uap dari turbin tekanan rendah [6].

Air pendingin pada PLTU harus memenuhi kebutuhan operasi pembangkit secara kontinyu, ekonomis, dan handal. Saat ini kebutuhan air pendingin pada PLTU Tanjung Awar – Awar sudah memenuhi target yang dibutuhkan, akan tetapi tetap dilakukan monitoring kondisi kebutuhan air pendingin pada setiap bulan. Sehingga penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui berapa kebutuhan air pendingin dan kapasitas panas yang dapat diserap secara maksimal oleh kondensor pada PLTU Tanjung Awar – Awar.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan metode perhitungan dengan dilakukan pengambilan data secara langsung untuk dilakukan perhitungan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia dan *Water Treatment Plant* PLTU Tanjung Awar – Awar. Pengambilan data dilakukan dengan mencatat data suhu yang keluar dan masuk *steam* atau uap pada kondensor dan suhu keluar dan masuk air laut pada kondensor yang digunakan untuk pendinginan . Pengambilan data diatas dilakukan dengan pengambilan sampel air laut yang keluar pada outfall dengan mengukur langsung suhunya menggunakan thermometer dan mencatat pada panel yang berada pada ruang sampling proses internal.



Gambar 1. Sketsa alat Heat Exchanger yang ada pada PLTU Tanjung Awar-Awar
(Sumber : www.google.com/sketsaalatheatexchanger)

Untuk menyelesaikan perhitungan kebutuhan air pendingin dan kebutuhan panas pada kondensor dengan beberapa tahapan dan langkah dan pengambilan data suhu keluar dan masuk uap pada kondensor dan mengukur langsung suhu keluar air hasil pendinginan pada *outfall* (pembuangan) dengan menggunakan thermometer. Tahapan yang pertama yaitu penyelesaian dengan menghitung kapasitas steam dan air laut ($\text{Kj/Kg}^{\circ}\text{C}$) yang mula –

mula dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T_{AL} = \frac{T_{al\ in} + T_{al\ out}}{2} \quad (1)$$

$$T_S = \frac{T_{s\ in} + T_{s\ out}}{2} \quad (2)$$

Dimana :

$T_{AL\ in}$ = Suhu air laut masuk

$T_{AL\ ou}$ = Suhu air laut keluar

$T_{s\ in}$ = Suhu Steam masuk

$T_{s\ out}$ = Suhu steam keluar

Tahapan yang kedua yaitu dengan menghitung panas yang terserap pada kondensor (Kj/Jam) dengan menggunakan rumus luas perpindahan panas yang didapat dari Geankoplis. Untuk menghitung penyerapan panas diperlukan data laju alir steam (m), kapasitas panas (Cp), dan selisih temperature steam kondensor (ΔT).

$$Q_S = m \times C_p \times \Delta T \quad (3)$$

Dimana :

m = laju alir steam (ton/jam)

C_p = Kapasitas jenis steam (Kj/Kg $^{\circ}$ C)

ΔT = Selisih temperature masuk steam – keluar steam ($^{\circ}$ C)

Tahapan yang terakhir adalah dengan menghitung massa air yang dibutuhkan sebagai pendingin pada kondensor (Kg/Jam) dengan dilakukan perhitungan menggunakan data yang telah didapat. Untuk menghitung massa kebutuhan air pendingin dibutuhkan data kalor steam yang terserap (Q_S), kapasitas air pendingin (C_{pAL}), selisih temperature air laut yang masuk dan keluar (ΔT_{AL}).

$$Q_S = Q_{AL} \quad (4)$$

$$Q_S = m_{AL} \times C_{pAL} \times \Delta T_{AL} \quad (5)$$

Dimana :

Q_S = Kalor steam yang terserap (Kj/Jam)

m = laju alir air laut (Kg/jam)

C_p = Kapasitas jenis air laut (Kj/Kg $^{\circ}$ C)

ΔT = Selisih temperature masuk – keluar air laut ($^{\circ}$ C)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa air laut yang digunakan sebagai air pendingin boiler adalah sebesar 869,1247 ton/jam. Dengan mengabaikan loses yang terjadi dan massa jenis dari bahan kondensor selama perpindahan panas berlangsung Air pendingin dalam kondensor sangat memiliki peranan penting dalam proses kondensasi uap menjadi air. Apabila air pendingin yang dibutuhkan kurang maka akan menyebabkan tekanan pada unit turun dan berkurangnya daya listrik yang dihasilkan. Air pendingin yang digunakan harus lebih besar dari steam, agar penyerapan panas yang dilakukan lebih maksimal. Berikut adalah gambar alat kondensor yang digunakan pada PLTU Tanjung Awar – Awar :



Gambar 2. Kondensor pada unit eksternal di PLTU Tanjung Awar – Awar
(Sumber: dokumentasi pribadi)

Semakin kecil *flow* air pendingin maka semakin kecil perpindahan panasnya, sebaliknya jika *flow* air pendingin semakin besar maka perpindahan panasnya semakin besar, dengan besar kecilnya *flow* air pendingin yang ditentukan oleh jumlah CWP yang dioperasikan [1]. Air yang digunakan sebagai air pendingin pada kondensor dipompakan melalui Circulate Water Pump (CWP). Air pendingin yang digunakan harus lebih besar dari steam agar penyerapan panas yang dilakukan lebih maksimal. Pada laporan penelitian sebelumnya didapatkan kebutuhan air pendingin sebesar 702.380 kg/jam, sedangkan pada perhitungan didapatkan kebutuhan air pendingin sebesar 869.124,754 Kg/Jam. Sehingga didapatkan kebutuhan air pendingin pada PLTU Tanjung Awar-Awar mengalami peningkatan. Air yang telah digunakan sebagai air pendingin pada kondensor kemudian dibuang lagi kelaut melalui *outfall* atau pembuangan dengan menggunakan lintasan sepanjang 1,2 km agar panas yang dihasilkan berkurang dan kadar *chlorine* yang terkandung berkurang dan menguap melalui udara.

Berdasarkan perhitungan yang didapat penyerapan panas pada PLTU Tanjung Awar – Awar membutuhkan kapasitas sebesar 21.794.520 Kj/Jam. Kondisi penyerapan panas yang ada pada PLTU Tanjung Awar – Awar tersebut sudah optimal dan sama seperti perhitungan pada unit sehingga dapat disimpulkan bahwa kondensor pada PLTU ini sudah memenuhi target dan dalam kondisi yang baik. Semakin besar nilai perpindahan panas maka semakin besar pula nilai overall heat transfer coefficient dan sebaliknya. 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. Air hasil kondensasi tersebut dilakukan sirkulasi menuju boiler untuk dipanaskan menjadi steam lagi. Air yang digunakan diproses ini disirkulasikan seterusnya, karena proses ini berlangsung secara kontinyu. Pada PLTU Tanjung Awar – Awar kondensor yang digunakan diletakkan diluar ruangan supaya panas yang keluar saat pengoperasiannya dapat dibuang keluar sehingga tidak mengganggu proses pendinginan.

Berdasarkan hasil analisa maka diberikan saran bahwa selisih dari suhu yang keluar dan

masuk harus dilakukan pemeriksaan apabila suhu sama atau tidak mengalami penurunan maka pada kondensor apakah masih bekerja dengan baik atau tidak, dan sebaiknya selalu menjaga kebutuhan air pendingin pada kondensor agar proses kondensasi berjalan normal dan produk yang dihasilkan baik.

4. KESIMPULAN

Kondensor pada PLTU Tanjung Awar – Awar membutuhkan air pendingin sebesar 869.124,754 Kg/Jam dengan panas yang diserap sebesar 21.794.520 Kj/Jam

REFERENSI

- [1] Pramono,A.W., Artiani, G.P., Laksono, A., 2015, *Analisa Pengaruh Jumlah Pengoperasian CWP Terhadap Performa Kondensor PLTU Rembang*, Jurnal Power Plant, 1–4.
- [2] Ihsan, S., 2017, *Analisa Perhitungan Jumlah Tube Dan Diameter Shell Pada Kondensor Berpendingin Air Pada Sistem Refrigerasi NH3*. Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri, Vol. 2, No. 1, 1–5.
- [3] Ridhuan, K., Juniawan, I.G.A., 2014, *Pengaruh Media Pendingin Air Pada Kondensor Terhadap Kemampuan Kerja Mesin Pendingin*, Jurnal Teknik Mesin, Vol. 3 No. 2, 1-6.
- [4] Mufid, M., Hakim, A. R., Widiono, B., 2019, *Pengaruh Pitch Turbulator Terhadap Ntu Pada Double Pipe Heat Exchanger*, Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan, Vol. 3, No. 1, 27-33.
- [5] Safira, A., Lini, Z., Rudiyanto, B., 2016, *Penentuan Nilai Efektivitas Condenser Di PLTU Paiton Unit 5 PT. YTL Jawa Timur*, Jurnal Ilmiah Rotary, Vol. 1, No. 1, 1–7.
- [6] Bono, S.A., Prasetyo, B., 2014, *Analisis Perubahan Tekanan Vakum Kondensor Terhadap Kinerja Kondensor Di PLTU Tanjung Jati B Unit 1*, Jurnal Teknik Energi, Vol. 10, No. 2, 65–71.