

PENGARUH AGITATOR TERHADAP PENURUNAN TEMPERATUR AIR BUANGAN PADA WASTE WATER PIT SISTEM PLTU

Muh. Yusuf Yunus^{1,a}, Firman^{2,b}

^{1,2}Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

ABSTRACT

Steam Power Plant (PLTU) is one of the largest sources of electricity provider in Indonesia, simply PLTU uses energy from coal which is used to heat boilers. Steam is produced from a boiler which is then used to turn a turbine connected to a generator. The existence of a power plant in Indonesia is usually placed in areas close to the sea. One of the most important processes in a power plant system is cooling processes in the condenser. Because it is located close to the sea, the condenser cooling water source usually uses sea water. After the cooling process in the condenser, the sea water is used as a cooler then flowed back into the environment. The absorption of heat during the cooling process results in water having a temperature which will certainly have an impact on the presence of other organisms on the environment. To anticipate this problem, this study aims to look at the effect of the agitator on the cooling rate of the wastewater from the condenser cooling. The cooling process model is made on a laboratory scale which is then used to see the benefits of using an agitator in the process of reducing the temperature of waste water before being released to the environment.

Keywords: *Components; Condenser, Waste Water Pit, Agitator*

1. PENDAHULUAN

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di Indonesia merupakan penyuplai terbesar daya dari jumlah kapasitas pembangkit listrik yang ada. Pada sistem PLTU di butuhkan beberapa sistem bantu yang berfungsi sebagai penunjang dari proses pembangkitan tersebut. Beberapa sistem bantutersebut seperti: sistem pendingin, sistem oli bertekan, sistem pelumasan dan sistem-sistem lainnya.

Menurut Handoyo^[1] sistem pendingin berfungsi untuk mengatasi terjadinya *over-heating* (panas yang berlebihan) pada mesin agar mesin dapat bekerja secara stabil. Sistem pendingin yang digunakan pada PLTU sebagian besar menggunakan air laut sebagai media pendingin. Salah satu komponen vital pada PLTU yang membutuhkan air laut adalah kondensor. Kondensor memanfaatkan air laut sebagai media pendingin untuk merubah fasa uap yang telah melewati LP turbine menjadi fasa cair yang kemudian dialirkan ke hotwell untuk sirkulasi agar hasil kondensasi dapat digunakan kembali pada proses selanjutnya. Sebelum air laut masuk ke intake, diinjeksikan *chemical* berupa chlorin untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan juga menghindari *fouling*^[2]. Sistem yang digunakan pada proses tersebut ialah *open loop* sehingga air laut yang telah dimanfaatkan akan dibuang kembali ke sumbernya. Ada beberapa macam proses pembuangan air limbah yang dapat digunakan pada PLTU dengan sistem pendingin *open loop* antara lain pembuangan permukaan, pembuangan bawah permukaan, dan pembuangan difusi. Di antara ketiga macam proses tersebut, proses pembuangan permukaan adalah yang paling banyak digunakan pada PLTU.

Salah satu kendala pada sistem pendingin open loop ialah air laut yang akan dibuang kembali ke sumbernya belum memenuhi syarat ketentuan baku mutu air limbah pembangkitan. Sehingga pada water outake dibutuhkan konstruksi saluran yang panjang. Konstruksi saluran water outake yang panjang dibutuhkan agar terjadi perpindahan panas secara konveksi pada saluran air tersebut untuk mencapai syarat temperatur air limbah pembangkitan yaitu sekitar 30° C. Selain itu dengan konstruksi water outake yang panjang, sisa bahan kimia yang masih terkandung dapat terurai sehingga tidak berbahaya bagi lingkungan. Pembuangan kalor dengan menggunakan saluran yang panjang merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mencapai syarat ketentuan baku mutu air limbah. Namun pembuangan kalor dengan saluran panjang bukanlah cara yang efektif karena membutuhkan cost yang lebih banyak sehingga dibutuhkan inovasi baru berupa pengaplikasian agitator yang berfungsi untuk mempercepat penurunan temperatur air buangan.

Dalam sistem pembangkit listrik tenaga uap, fluida kerja mengalami serangkaian proses *internal reversibel* yang salah satunya pindahan kalor dari fluida kerja (uap) yang mengalir pada tekanan konstan hingga mencapai cairan jenuh. Proses demikian dikenal dengan proses kondensasi. Kondensasi adalah proses perubahan uap menjadi fasa cair yang terjadi apabila uap tersebut bersentuhan melalui permukaan kontak yang temperaturnya lebih rendah daripada temperatur jenuh uap. Energi laten akan dilepas dan panas akan dipindahkan sehingga pada akhirnya terjadi perubahan fasa pada uap^[3]. Cairan yang telah terkondensasi dari

¹ Korespondensi penulis: Muh. Yusuf Yunus, Telp. 08234699002, yusuf_yunus@poliupg.ac.id

uap disebut kondensat sedangkan alat yang digunakan untuk mengkondensasi uap menjadi cairan disebut kondensor. Kondensor adalah peralatan yang berfungsi untuk mengubah uap menjadi air. Proses perubahannya dilakukan dengan cara mengalirkan uap ke dalam suatu ruangan yang berisi pipa – pipa (*tubes*). Kemudian uap akan mengalir di luar pipa – pipa (*shell side*) sedangkan air pendingin mengalir di dalam pipa – pipa (*tube side*). Sehingga kebutuhan air untuk pendinginan di kondensor sudah diperhitungkan dalam perencanaan agar diperoleh sumber yang memiliki persediaan yang berlimpah [7].

Secara umum sistem air pendingin mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap efisiensi bahkan *live time* suatu pembangkit. Apabila temperatur air pendingin yang digunakan terlalu tinggi, maka efisiensi mekanis pembangkit akan menurun dan dikhawatirkan dapat terjadi *over-heating* pada pembangkit. Sedangkan apabila temperatur air pendingin rendah, maka efisiensi termal akan menurun [1]. sistem air-sirkulasi diperlukan untuk membuang kalor ke lingkungan dengan cara yang efisien tetapi juga dengan memenuhi peraturan tentang ketentuan baku mutu air limbah pembangkit. Sehingga sistem air-sirkulasi ini memiliki fungsi yang sangat vital bagi efisiensi instalasi-daya secara keseluruhan; karena kondensor yang beroperasi pada suhu yang serendah mungkin akan menghasilkan kerja-turbin yang maksimum dan efisiensi maksimum, namun memiliki pembuangan kalor yang minimum. Jadi dengan sistem pembuangan-kalor yang baik, pekerjaan menjadi mudah, artinya kalor yang harus dibuang lebih sedikit dan kebutuhan air-pendingin pun lebih kecil. Kalor yang dibuang dari sistem air-sirkulasi lebih besar daripada yang diubah menjadi kerja-berguna alih siklus-uap. Pada instalasi-daya yang beroperasi dewasa ini, baik yang baru maupun yang lama, kalor yang dibuang berkisar antara 1,5 sampai 3,0 kali lebih banyak pada keluaran kerja instalasi itu. Persamaannya ialah

$$\dot{Q}_R = \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \dot{W}$$

Dimana :

\dot{Q}_R = laju pembuangan kalor

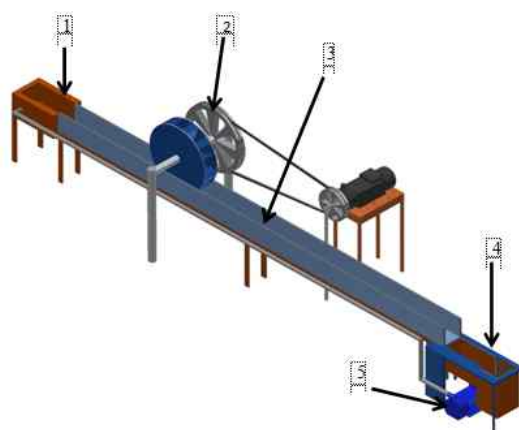
\dot{W} = daya

η = efisiensi – siklus

2. METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang selama 4 bulan. Pelaksanaan kegiatan diawali dengan perancangan *waste water pit*, pembuatan dan pengujian, serta evaluasi dan penyempurnaan pengaplikasian roda air, selanjutnya dilakukan pengambilan data. Instalasi system pengujian ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Skema Pengujian

Keterangan :

1. Wadah heater
2. Roda air
3. Saluran terbuka
4. Generator
5. Reservoir

6. Pompa

Pengujian Tanpa Menggunakan Roda Air

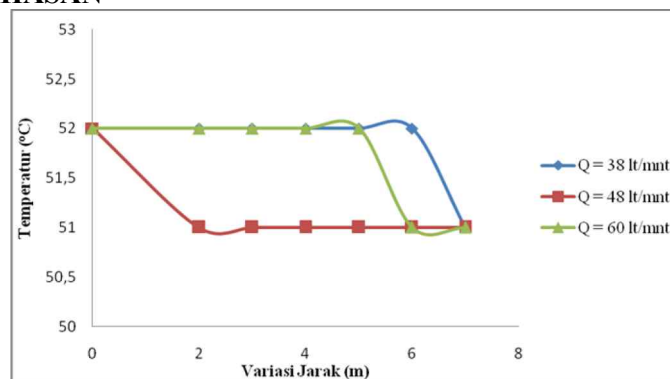
1. Mengisi *reservoir* dengan air sebanyak 1500 liter.
2. Menyalakan pompa untuk mengalirkan air ke heater.
3. Menyalakan *heater* untuk memanaskan air sampai temperatur 50 °C.
4. Mengalirkan air melalui saluran terbuka.
5. Mengukur temperatur air dengan variasi jarak yang berbeda.
6. Mengukur laju aliran air

Pengujian dengan Menggunakan Roda Air

1. Mengisi *reservoir* dengan air sebanyak 1500 liter
2. Menyalakan pompa untuk mengalirkan air ke *heater*.
3. Menyalakan *heater* untuk memanaskan air sampai temperatur 50 °C.
4. Mengalirkan air melalui saluran terbuka.
5. Mengukur temperatur air dengan variasi jarak yang berbeda.
6. Mengukur laju aliran air.
7. Mengukur tegangan dan arus generator.
8. Mengukur putaran roda air.

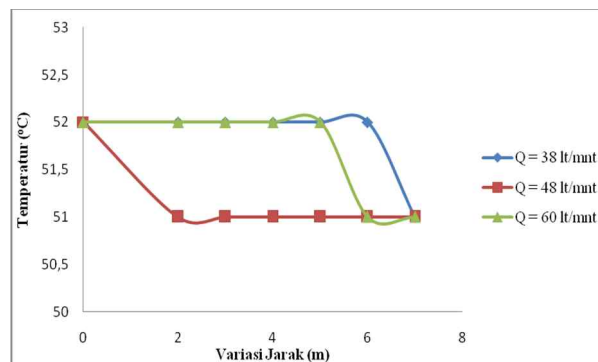
Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengetahui efek dari aplikasi agitator pada saluran terbuka terhadap temperatur aliran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

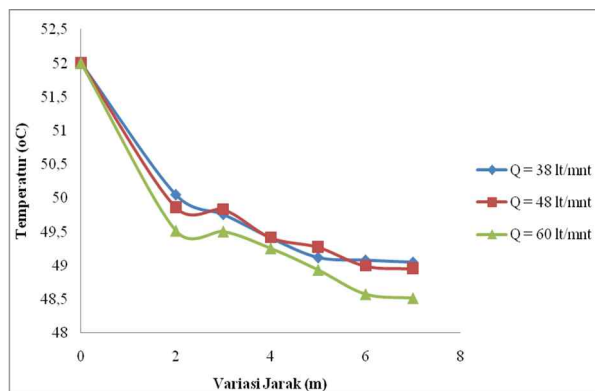
Gambar 2. Hubungan antara temperatur dengan variasi jarak saluran tanpa menggunakan agitator.

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa, temperatur air tanpa menggunakan roda air akan mengalami penurunan temperatur yaitu maksimal hanya sebesar 1 °C meskipun pada keadaan nilai debit yang maksimum maupun sebaliknya. Penurunan temperatur pada pengujian ini, disebabkan karena terjadinya proses penguapan air dengan suhu panas ke lingkungan dengan menggunakan sistem *open channel*. Namun penurunan temperatur dengan sistem *open channel* ini sangatlah lambat sehingga membutuhkan konstruksi yang sangat panjang untuk mencapai temperatur yang diinginkan yaitu 30 °C.



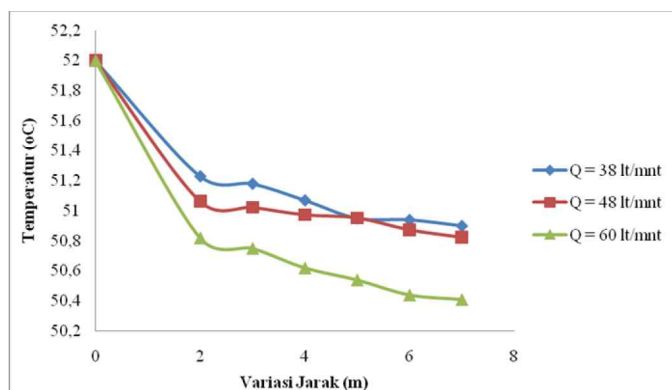
Gambar 3. Hubungan antara temperatur dengan variasi jarak saluran menggunakan agitator dengan tiga sirip yang melintang.

Terlihat pada Gambar 3 terlihat bahwa nilai temperatur air setelah melewati turbin roda air yang memiliki sirip pada bagian sudunya mengalami penurunan temperatur yang sangat cepat sehingga dapat dikatakan bahwa penambahan sirip menambah efektivitas penurunan temperatur air. Selain itu dengan memanfaatkan nilai debit yang semakin besar, maka akan semakin membantu air untuk menabrak sudu-sudu turbin yang dilengkapi sirip sehingga semakin mempercepat proses penurunan temperatur. Jadi dapat dikatakan bahwa semakin besar debit air maka semakin membantu proses penurunan temperatur air.



Gambar 4. Hubungan antara temperatur dengan variasi jarak saluran menggunakan agitator dengan dua sirip yang melintang.

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa nilai temperatur air setelah melewati turbin roda air yang memiliki dua sirip pada bagian sudunya mengalami penurunan temperatur maksimum yaitu 48,51 °C dari temperatur awal yaitu 52 °C pada nilai debit terbesar yaitu Q = 60 lt/mnt. Sedangkan untuk penurunan temperatur terendah yaitu 49,05 °C dengan jarak pengukuran 7 m di bagian saluran terbuka pada keadaan Q = 38 lt/mnt dengan temperatur awal air setelah dipanaskan yaitu 52 °C.



Gambar 5. Hubungan antara temperatur dengan variasi jarak saluran menggunakan agitator dengan satu sirip yang melintang.

Terlihat pada Gambar 5 bahwa nilai temperatur air setelah melewati turbin mengalami proses penurunan temperatur yang sangat kecil, hal ini dikarenakan roda air yang digunakan hanya memiliki satu sirip pada bagian sudunya. Dimana penurunan temperatur maksimum yaitu 50,41 °C dari temperatur awal yaitu 52 °C pada nilai debit terbesar yaitu Q = 60 lt/mnt. Sedangkan untuk penurunan temperatur terendah yaitu 50,9 °C pada keadaan Q = 38 lt/mnt.

4. KESIMPULAN

Pengaruh agitator terhadap penurunan temperature air buangan pada *waste water pit* sistem PLTU yang telah di buat dalam bentuk kajian experimental sederhana pada laboratorium teknik energi telah menunjukkan bahwa penurunan temperatur dapat dilakukan dengan menggunakan agitator. Dari hasil grafik dan data diperoleh penurunan temperature terhadap air buangan simulasi PLTU.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Handoyo, Ekadewi Angraini dan Rahardjo Tirtoatmodjo. 1999. Pengaruh Temperatur Air Pendingin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel Stasioner di Sebuah Huller. Surabaya: Universitas Eka Petra.
- [2] Hasan, Achmad. 2006. *DAMPAK PENGGUNAAN KLORIN*, P3 Teknologi Konversi Energi, Deputi Teknologi Informasi Energi Material dan Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- [3] Incropera, F. P., DeWitt, D. P., *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. Edisi kelima, John Wiley & Son Pte. Ltd. Singapore, 2005.
- [4] Iqbal, Muhammad. 2013. *Laporan Kerja Praktek Lapangan di PLTU NII TANASA* Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [5] Martono, A. 1984. *Batasan suhu limbah air pendingin PLTU*. Diskusi ilmiah tentang Masalah limbah Air Panas, Jakarta, 17 Januari 1984. PUSLIDIK Masalah Kelistrikan, PLN: 11 hal
- [6] Rakasiwi, Abryan., Rinaldi., Andy Hendri. 2016. *Pengaruh Sudu-Sudu Pada Model Kincir Air Undershoot Untuk Irigasi Pertanian*. Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.
- [7] Rakhman, Alief. 2013. *Prinsip Kerja Kondensor*. <https://rakhman.net/power-plants-id/prinsip-kerja-kondensor>. Diakses Tanggal 18 November 2018.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala P3M dan Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang atas pendanaan penelitian ini melalui DIPA tahun anggaran 2019.