

PENGARUH PENURUNAN VACUUM PADA SAAT BACKWASH CONDENSER TERHADAP HEAT RATE TURBIN DI PLTU

Imron Rosyadi^{1*}, Dhimas Satria², Cecep³
^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,
 Jl. Jend. Sudirman Km.3 Cilegon, 42435
 *E-mail: imron_hrs@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pembersihan pipa Condenser pada unit PLTU sangat penting dilakukan agar efisiensi dan efektivitas alat penukar kalor condenser tetap terjaga dengan baik. Pola pembersihan yang dilakukan di PLTU Suralaya Unit 5-7 selama ini menggunakan sistem backwash mengingat system ball cleaning sudah tidak berfungsi dengan maksimal. Akibat pola backwashing tentunya berakibat pada perubahan kinerja dari unit pembangkit secara keseluruhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas dan efisiensi dari proses backwash condenser terhadap efisiensi unit dan dapat dijadikan acuan SOP untuk unit yang lain. Hasil kajian memperlihatkan adanya penurunan tekanan vacuum pada condenser yang berakibat pada penurunan efisiensi thermal. Efisiensi thermal yang tinggi terjadi pada beban tinggi yaitu 450 MW dan 600 MW yakni diatas 36% sehingga pola backwashing sangat dianjurkan untuk diterapkan pada saat beban tinggi. Penurunan tekanan vacuum akibat backwashing berakibat pada peningkatan heat rate pada pembangkit yang menyebabkan peningkatan biaya operasi.

Kata Kunci : Condenser, Backwash, Efisiensi, Heatrate

PENDAHULUAN

Salah satu bagian utama dalam sistem PLTU adalah *condenser*. *Condenser* adalah suatu peralatan yang digunakan untuk mengubah uap bekas dari turbin uap hingga menjadi air dengan bantuan dari air pendingin utama. Bila aliran air pendingin berkurang misalnya akibat pipa-pipa condenser tersumbat kotoran, vacuum akan turun dan pada kondisi yang ekstrim dapat mengakibatkan unit trip akibat vakum terlalu rendah.

Metode pembersihan *tube-tube condenser* pada kondisi unit beroperasi ada 2 metode yaitu dengan *ball cleaning* dan *backwash condenser*. Akan tetapi seiring dengan usia PLTU yang semakin tua, ada beberapa pada *system ball cleaning* tidak berfungsi maksimal sehingga banyak bola-bola untuk proses *ball cleaning* yang hilang. Berdasarkan pada hal tersebut maka metode *backwash* yang sekarang menjadi andalan untuk proses pembersihan *tube-tube condenser* pada saat unit beroperasi.

Analisa berdasarkan data pembebanan diharapkan bisa menghasilkan masukan pada pembebanan yang menyebabkan *heat loss* paling kecil sehingga pengaruh terhadap *efisiensi* unit pun semakin kecil.

Tujuan analisa ini adalah mengetahui efektifitas dan efisiensi dari proses *backwash condenser* terhadap *efisiensi* unit dan dapat dijadikan acuan SOP untuk unit yang lain. Dari analisa permasalahan *backwash condenser* ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan pola pengoperasian *backwash* di PLTU Suralaya khususnya, atau bisa diterapkan di seluruh PLTU yang menggunakan metode *backwash* untuk proses pembersihan *tube-tube condenser* pada saat unit sedang beroperasi. Analisa efisiensi dan kemampuan unit yang dilaksanakan meliputi *turbine heat rate*, efisiensi boiler, konsumsi listrik pemakaian sendiri, net plant heat rate, plant efisiensi.

STUDI PUSTAKA

Turbine Heat Rate

Turbine Heat Rate adalah banyaknya kalor (kcal) yang dibutuhkan siklus turbin di dalam sistem untuk membangkitkan daya sebesar 1 kWh. Satuannya kcal/kWh.

Rumus perhitungan Turbine Heat Rate (T.HR) adalah :

$$T.HR = \frac{((Msf.h1) - (FFwf.h2) + (HRhf.h3) - (CRhf.h4) + (AuxSf.h5) - (SHSpf.h6) - (RHSpf.h7))}{PG}$$

Dimana :

Msf	=Main Steam Flow	h_1	= Enthalpy Main Steam
FFwf	=Final Feed Water Flow	h_2	=Enthalpy Final Feed Water Flow
HRhf	=Hot Reheat Flow	h_3	=Enthalpy Hot Reheat
CRhf	=Cold Reheat Flow	h_4	=Enthalpy Cold Reheat
AuxSf	=Auxiliary Steam Flow	h_5	=Enthalpy Auxiliary Steam Flow
SHSpf	=Superheater Spray Flow	h_6	=Enthalpy Superheater Spray Flow
RHSpf	=Reheater Spray Flow	h_7	=Enthalpy Reheater Spray Flow
PG	=Output Generator		

Turbine Heat Rate yang dikoreksi :

$$T.HR = T.HR \times (1 - \text{Faktor Koreksi})$$

Turbine Heat Rate yang dikoreksi inilah yang menjadi pedoman di dalam monitoring performance unit.

Efisiensi boiler

Efisiensi boiler adalah salah satu parameter efisiensi dan monitoring kondisi boiler secara teknis. Efisiensi boiler menyatakan banyaknya persentase kalor yang diserap oleh sistem terhadap kalor yang dimasukkan ke dalam boiler.

Efisiensi Boiler (η_B) :

$$\eta_B = 100\% - \text{Jumlah Kerugian (dalam \%)} \\ = 100\% - (Lg + Lh + Lmf + Lma + Luc + Lrad + Lu)$$

2.3. Effisiensi Thermal (Effisiensi Overall)

Thermal Effisiensi adalah suatu perhitungan yang menunjukkan kemampuan atau kondisi unit secara keseluruhan di dalam menghasilkan daya dan bahan bakar yang dipakai.

$$\text{Heat Rate} = \frac{\text{Massa Bahan bakar} \times \text{Nilai kalor}}{\text{Produksi Kwh} - \text{Pemakaian Sendiri}} \quad (\text{Kcal/Kwh})$$

$$\text{Effisiensi Thermal} = \frac{860 \text{ kcal / Kwh}}{\text{Heat Rate}} \times 100 \%$$

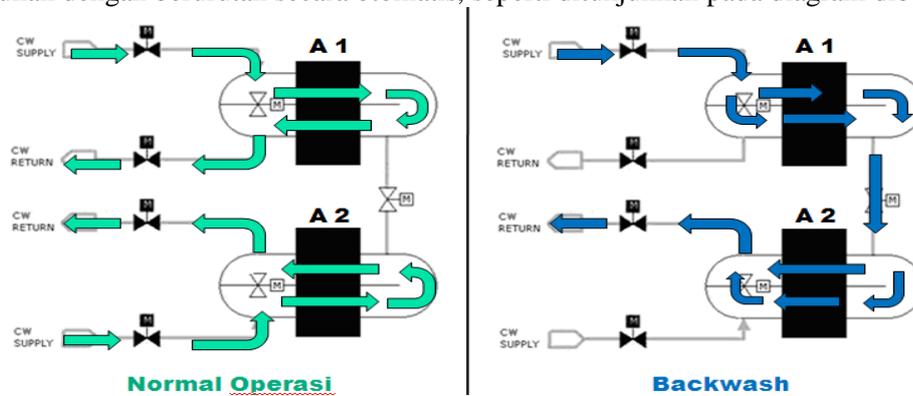
2.4. Heat Rate

Nilai Heat Rate Plant yang terjadi dapat kita cari kerugian dalam Rupiah akibat dari Heat Loss sesuai dengan rumus berikut :

$$\frac{(\text{Heat rate}_{\text{initial}} - \text{Heat rate}_{\text{final}}) \cdot (\text{kcal/KWh}) \times \text{Produksi (KWh)} \times \text{Harga BB (Rp/kg)}}{\text{Nilai Kalor (kcal/kg)}} = (\text{Cost Rp})$$

METODOLOGI PENELITIAN

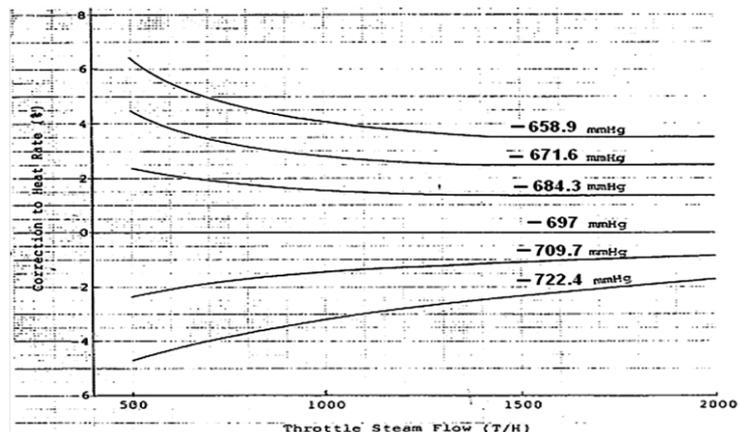
Tidak semua kondensor dilengkapi dengan sarana untuk *backwashing* (pencucian balik). *Backwashing* dapat dilakukan pada *condenser* yang dilengkapi dengan sarana pemipaan dan katup-katup untuk *backwashing*. Untuk itu peneliti mengambil studi kasus di PLTU Suralaya Unit 5-7 yang memiliki sistem *backwashing*. Pola *backwashing* dilakukan dengan berurutan secara otomatis, seperti ditunjukkan pada diagram dibawah.



Gambar 1. Pola aliran air laut saat normal operasi dan saat Backwash

Untuk mengetahui kinerja dari condenser digunakan standar ASME PTC 12.2 1998 tentang *Performance Test Code on Steam Surface Condensers*.

Pengambilan data dilakukan pada saat unit beroperasi dengan sistem *backwash*. Pola pengoperasian *backwash* saat ini dilakukan setiap pagi, rata-rata pada saat 100% MCR selama 1 jam. Pengaruh perubahan *Vacuum Condenser* terhadap *Heat Rate Turbin* diukur berdasarkan 100%, 75%, dan 50% MCR desain Plant Unit 5-7 serta melakukan pengambilan data pada saat *backwash* dengan kondisi pembebanan unit 100%, 75% dan 50% unit.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Vacum Condenser terhadap Heat Rate Turbin 5-7

Secara desain Turbin Unit 5-7 bekerja pada Vacuum Condenser 697 mmHg. Kenaikan dan penurunan dari Vacuum 697 mmHg berdampak juga pada kenaikan dan penurunan Heat Rate Turbin sesuai dengan Main Steam Flow. Perubahan Main Steam flow sendiri sesuai dengan kondisi pembebanan MW Unit.

Dari gambar 2 kita dapat melakukan perhitungan perubahan Heat Rate Turbin sehingga dapat mengetahui Heat Loss yang terjadi pada masing- masing kondisi Perubahan Vacuum Condenser dan Beban. Secara ideal menurut perhitungan desain, data dari peralatan Boiler dan Turbin Unit 5-7 sesuai dalam tabel %MCR (Maximum Continous Rate) yang berarti suatu peralatan telah bekerja sesuai dengan % pembebanan berikut ini :

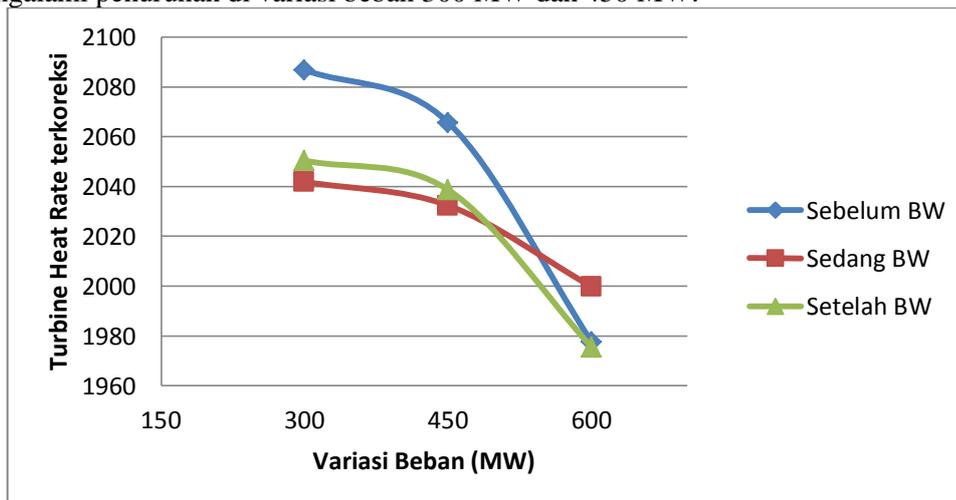
Tabel 1. Data Desain Boiler dan Turbin Unit 5-7

Desain	100 % MCR	75% MCR	50% MCR
Beban (MW)	600	450	300
HR turbin (kcal/kwh)	1881	1914	2043
Effisiensi boiler (%0 (Input Output)	88.44	88.61	88.7
Main Steam Flow (ton/h)	1850	1353	941
Vacuum Condenser (mmHg)	697	697	697
Inlet condenser temp. (C)	29	29	29
Outlet condenser temp. (C)	35	35	35
Listrik PS (MWh)	21	15.8	10.5
Listrik PS (%)	3.5	3.51	3.5

HASIL DAN PEMBAHASAN

Turbine Heat Rate

Pada gambar 3 terlihat bahwa besarnya Turbine Heat Rate tergantung dari variasi pembebanan. Semakin besar pembebanan maka heat rate pada turbin mengalami penurunan. Pada saat sedang dilakukan *backwash*, heat rate pada turbine tampak mengalami penurunan di variasi beban 300 MW dan 450 MW.

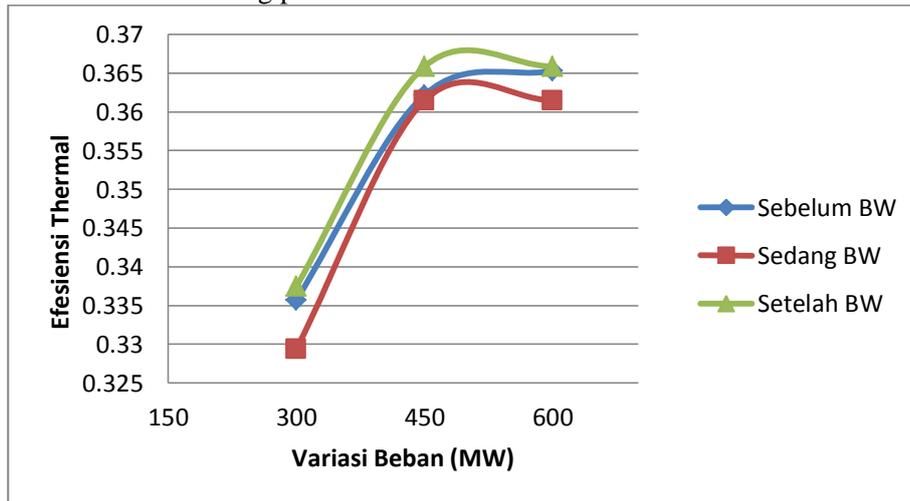


Gambar 3. Hubungan antara variasi beban terhadap turbine heat rate yang terkoreksi

Effisiensi Thermal

Setelah dilakukan *backwash* maka efisiensi thermal yang terjadi cenderung mengalami peningkatan disemua variasi pembebanan. Efisiensi thermal yang tinggi terjadi pada beban tinggi yaitu 450 MW dan 600 MW yakni diatas 36%.

Pada saat dilakukan *backwash* efisiensi cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena meningkatnya heat rate yang digunakan untuk operasi sistem PLTU akibat dari penurunan vacuum pada kondenser. Apabila tekanan vacuum kondenser turun (tekanan semakin positif) maka luasan "Heat Loss in Condenser" akan bertambah sehingga energi panas dari hasil pembakaran boiler yang seharusnya digunakan untuk memutar turbin akan hilang pada Condenser.

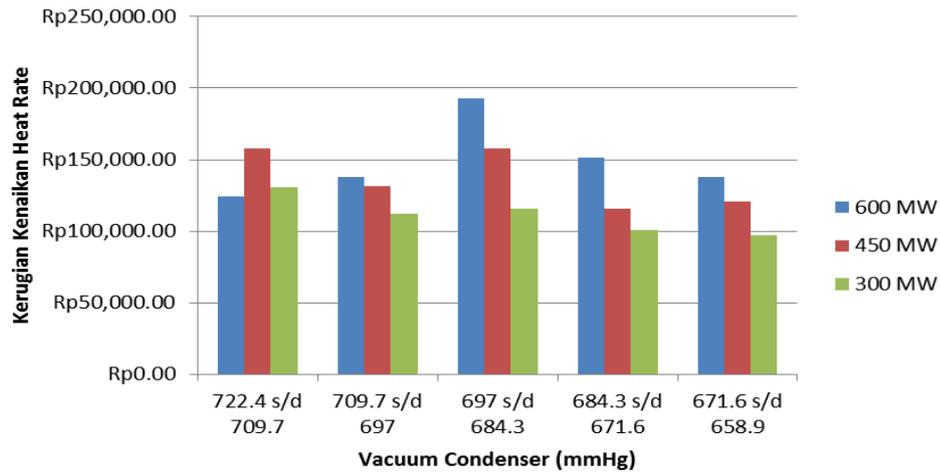


Gambar 4. Hubungan antara variasi beban terhadap Efisiensi Thermal

Tekanan vacuum yang turun disebabkan oleh karena temperatur didalam pipa kondenser yang meningkat, sehingga dibutuhkan peningkatan tekanan agar terjadi proses kondensasi dari uap yang keluar turbin.

Heat rate

Kerugian laju panas (heat loss) yang diakibatkan oleh penurunan tekanan vacuum condenser dapat dilihat pada gambar 5. Kerugian dari segi ekonomis akibat operasi *backwash* paling tinggi terjadi pada pembebanan tertinggi yaitu 600 MW dengan kondisi tekanan vacuum condenser dibawah 709,9 mmHg. Semakin tinggi operasi pembebanan maka kerugian heat rate yang dikonversikan secara rupiah juga semakin tinggi.



Gambar 5. Hubungan antara variasi beban terhadap Efisiensi Thermal

5. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Dari analisa yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Pengoperasian Backwash Condenser dapat menyebabkan kenaikan Heat Rate yang berakibat Heat Loss
2. Besar Heat Loss yang ditimbulkan saat proses Backwash tergantung pada beban unit
3. Pengoperasian Backwash Condenser pada beban rendah dapat mengurangi kerugian Heat Loss

SARAN

1. Pelaksanaan backwash coba dilakukan dengan periodisasi yang lebih lama misal 2 hari sekali sambil dipantau parameter operasi
2. Pelaksanaan backwash dilakukan pada saat beban terendah mengacu kepada Rencana Operasi Harian untuk mengurangi kerugian atau heat loss pada saat backwash

DAFTAR PUSTAKA

- ASME PTC 12.2 1998 tentang Performance Test Code on Steam Surface Condensers
- Cengel. Yunus A, 1998, *Heat Transfer*, Third Edition Mc.Graw-Hill Company
- Manajement Asset & Engineering, 2010, *Data Performance Test Unit 7*, PT. Indonesia Power

- PT. Babcock & Wilcox Company, 1996, *Black and veatch International*, PT. Encona Engineer, “*Design Manual Main Turbin Unit 5,6 dan & (C - 61 DM - 01)*”, PT. Perusahaan Listrik Negara (PERSERO)
- PT. Babcock & Wilcox Company, Black and veatch International, PT. Encona Engineer, 1996, *Design Condenser KE-1 Unit 5,6 dan & (C - 61 DM – 06)*”, PT. Perusahaan Listrik Negara (PERSERO)
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan, 2011, *Effisiensi*, PT. Perusahaan Listrik Negara (PERSERO)