

ANALISA HEAT RATE PADA TURBIN UAP BERDASARKAN PERFORMANCE TEST PLTU TANJUNG JATI B UNIT 3

Sunarwo, Supriyo

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

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *Heat rate* pada turbin uap berdasarkan *performance test*. Pengambilan data dilakukan dengan metode observasi di PT PLN (PERSERO) Pembangkit Tanjung Jati B unit 3. Untuk mengetahui nilai *Heat rate* pada siklus turbin uap digunakan metode perhitungan berdasarkan kesetimbangan massa uap “*steam*” dan energi dalam “*entalpi*” yang masuk dan keluar turbin dengan daya keluaran generator (*output generator*). Efisiensi turbin uap dapat dilihat dari energi panas yang dimasukkan untuk menghasilkan listrik sebesar 1 kwh dan *turbine Heat rate*. Efisiensi turbin uap dapat juga dihitung dengan membandingkan energi bahan bakar yang dibutuhkan untuk setiap 1 kwh dengan *turbine Heat rate*. Hasil analisis yang didapatkan yaitu kurva *turbine Heat rate* berdasarkan *performance test* dengan nilai terbaik adalah 7981,97 kJ/kWh, dan terendah 8043,122 kJ/kWh. Untuk kurva efisiensi turbin uap diperoleh nilai tertinggi adalah 45,1 %, dan nilai terendah adalah 44,75 %.

Kata kunci : turbin uap, *performance test*, *turbine Heat rate*, efisiensi turbin uap

I. PENDAHULUAN

I.I Latar Belakang

Energi yang paling dibutuhkan manusia untuk menunjang kehidupan salah satunya adalah energi listrik. Manusia membutuhkan energi listrik untuk kepentingan rumah tangga, industri serta untuk menunjang sarana prasarana yang lainnya. Kebutuhan hidup manusia semakin lama semakin meningkat, peningkatan kebutuhan manusia juga diikuti dengan kebutuhan energi yang juga semakin meningkat. Energi listrik yang besar serta penggunaannya yang terus menerus tidak dapat tersedia secara alami. Oleh sebab itu dibutuhkan pembangkit listrik yang handal.

PLTU Tanjung Jati B merupakan Unit Pembangkitan Jawa Bali yang dimiliki oleh PT PLN (Persero). PLTU Tanjung Jati B terdiri dari 4 unit, dimana setiap unit mempunyai kapasitas masing-masing 660 MW nett. Dengan beroperasinya 4 unit pembangkit Tanjung Jati B yang masing-masing berkapasitas 660 MW, maka saat ini PLTU Tanjung Jati B berkontribusi terhadap penyediaan energi listrik sebesar 12-13 % dari kebutuhan sistem Jawa – Bali – Madura.

Turbin uap yang digunakan pada PLTU bekerja secara kontinyu untuk menghasilkan daya yang maksimal. Turbin uap yang

digunakan pada PLTU Tanjung Jati B adalah jenis *Turbin Tandem-Compound, 4 Cylinders, 4 Flow Exhaust*. Turbin uap merupakan salah satu mesin konversi energi karena dapat mengubah energi kalor menjadi energi mekanik dan selanjutnya energi mekanik diubah menjadi energi listrik pada generator.

Setiap 6 bulan sekali masing-masing unit PLTU Tanjung Jati B dilakukan *performance test* oleh PT KPJB. *Performance test* tersebut dilakukan untuk mengetahui *Heat rate* unit-unit di PLTU. *Heat rate* dapat dihitung dengan metode *input-output*, *Heat rate* melalui metode efisiensi *boiler* (metode input output dan metode kehilangan panas), *turbine heat rate*, dan *specific fuel consumption* (SFC). Pengujian *Heat rate* dilakukan untuk menentukan proses transaksi niaga pembelian energi listrik sehingga pihak PLN dapat mematok harga untuk setiap kWh energi listrik yang diproduksi dari PLTU Tanjung Jati B.

Heat rate adalah ukuran dari thermal performance *boiler-turbine-generator* yang dioperasikan secara gabungan sebagai suatu unit. *Heat rate* didefinisikan sebagai jumlah dari energi bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah energi listrik selama waktu satu jam. Satuan *Heat rate* adalah kJ/kWh. Sedangkan *Turbine Heat rate* didefinisikan sebagai jumlah kalor yang

dibutuhkan untuk menghasilkan energi listrik sebesar 1 kWh.

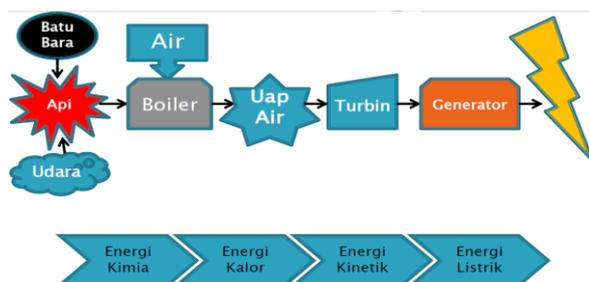
1.2 Batasan Masalah

Penelitian ini membahas tentang turbine heat rate berdasarkan performance test PLTU Tanjung Jati B Unit 3. Adapun batasan masalah yang akan dibahas adalah dalam penelitian ini yaitu *turbine heat rate* dan efisiensi turbin uap.

II. DASAR TEORI

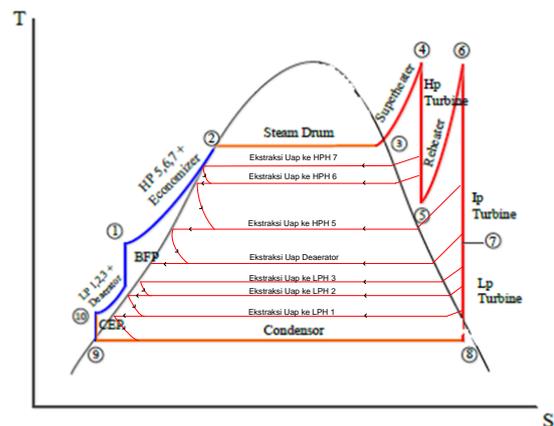
2.1. Proses Konversi Energi

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tanjung Jati B unit 3 merupakan pembangkit listrik dengan bahan bakar batubara yang memanfaatkan fluida kerja berupa uap (*steam*) untuk menggerakkan turbin yang bertindak sebagai penggerak mula yang kemudian turbin akan memutar rotor generator untuk menghasilkan listrik. Dalam proses produksi listrik, banyak terjadi proses konversi energi. Proses konversi energi sendiri merupakan proses perubahan energi berdasarkan perubahan bentuk dan sifatnya. Berawal dari energi kimia yang terkandung dalam batubara yang dikonversi menjadi energi kalor dalam proses pembakaran. Kemudian dikonversi lagi menjadi energi kinetik berupa aliran uap (*steam*), selanjutnya dikonversi menjadi energi mekanik melalui putaran turbin dan pada proses akhirnya energi mekanik tersebut dikonversikan menjadi energi listrik melalui generator. Pembangkit listrik tenaga uap termasuk dalam kategori "thermal plant", karena pembangkit listrik ini memanfaatkan panas hasil pembakaran bahan bakar batubara dan udara di dalam *furnace* yang kemudian digunakan untuk memanaskan pipa-pipa berisi air/uap di dalam *boiler*.



Gambar 2.1. Proses Konversi Energi PLTU

Proses konversi energi yang terjadi di dalam *boiler*, bahan bakar yang dimasukkan ke dalam *boiler* digunakan dalam proses pembakaran dan pemanasan air akan mengubah air umpan *boiler* menjadi uap atau *steam*. Uap tersebut masih dipanaskan lagi dan dinaikkan tekanannya dengan pemanasan lanjutan sehingga dihasilkan uap *superheat* atau uap kering sehingga uap tersebut memiliki energi yang cukup untuk memutar turbin. Berikut gambar 2.2 yang menggambarkan T-S diagram siklus *rankine* pada PLTU Tanjung Jati B Unit 3. Uap yang keluar dari turbin kemudian masuk dalam kondensor untuk diubah fasanya menjadi air kembali. Setelah itu, air tersebut dipompa kembali ke *boiler* untuk dipanaskan dan diubah menjadi uap guna memutar turbin lagi.



Gambar 2.2 Siklus Rankine PLTU Tanjung Jati B

1. Proses 1-2

Proses air melalui *boiler feed pump* (BFP) tekanannya dinaikkan kemudian disalurkan ke dalam *Boiler* untuk dipanaskan dan diubah menjadi uap, dengan menggunakan HP heater 5, HP heater 6, HP heater 7, dan *economizer*, dengan pemanasan tanpa perubahan tekanan.

2. Proses 2-3

Proses pemisahan antara uap kering dan uap basah pada *steam drum*.

3. Proses 3-4

Proses pemanasan lanjut uap kering dengan menggunakan *superheater*.

4. Proses 4-5

Uap *superheat* memutar high pressure turbine (HP Turbin).

5. Proses 5-6

Proses pemanasan uap dengan menggunakan *reheater*, temperatur uap kering naik tekanan konstan.

6. Proses 6-7

Uap kering memutar *intermediate pressure turbine* (IP Turbin).

7. Proses 7-8

Uap kering memutar *low pressure turbine* (LP Turbin).

8. Proses 8-9

Proses pendinginan uap kering yang diubah fasanya menjadi air pada kondensor.).

9. Proses 9-10

Proses air dari kondensor masuk ke dalam condenser extraction pump (CEP) untuk dipompakan.

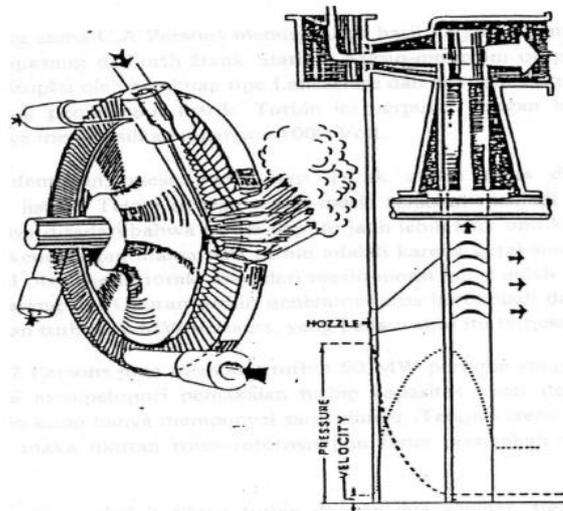
10. Proses 10-1

Fluida kerja dipompa dari tekanan rendah menjadi tekanan tinggi. Pada tahap ini fluida kerja berfase cair sehingga membutuhkan energi yang relatif kecil untuk proses pemompaan. Dan proses pemanasan air pada LP heater 1, LP heater 2, LP heater 3, dan *deaerator*.

2.2. Turbin Uap PLTU Tanjung Jati B Unit 3

Turbin uap yang digunakan pada PLTU Tanjung Jati B Unit 3 merupakan turbin uap dengan sistem *reheat*/pemanasan ulang dan pengkondensasian uap keluar turbin atau yang dikenal dengan jenis turbin uap *Tandem Compound Reheat Condensing Turbine*. Turbin Uap PLTU Tanjung Jati B Unit 3 juga merupakan jenis turbin ekstraksi, karena sebagian uap dari tiap-tiap tingkatan turbin diekstraksi untuk memanaskan air umpan/*feed water heater*, sehingga tidak semua uap hasil pemanasan di *boiler* digunakan untuk memutar turbin, melainkan sebagian uapnya diekstraksi sebagai pemanasan awal air umpan. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi sistem dengan menghemat konsumsi bahan bakar *boiler*. PLTU Tanjung Jati B unit 3 menggunakan turbin dengan 3 tingkat tekanan, yakni *high pressure turbine* (HP turbin), *intermediate pressure turbine* (IP turbin) dan *low pressure turbine* (LP turbin). Pada dasarnya turbin uap terdiri dari dua komponen utama

yaitu rotor dan stator, komponen lainnya seperti bantalan, kopling, *turbine valve*, *main oil pump*, *oil deflector* serta komponen pendukung lainnya agar kerja dari turbin optimal sesuai kebutuhan.



Gambar 2.3 Prinsip kerja turbin uap

Secara singkat prinsip kerja turbin uap adalah sebagai berikut :

1. Uap masuk kedalam turbin melalui nosel. Didalam nosel energi thermal (kalor) dari uap diubah menjadi energi kinetik dan uap mengalami pengembangan. Tekanan uap pada saat keluar dari nosel lebih kecil dari pada saat masuk ke dalam nosel, akan tetapi sebaliknya kecepatan uap keluar nosel lebih besar dari pada saat masuk ke dalam nosel. Uap yang memancar keluar dari nosel diarahkan ke sudu-sudu turbin yang berbentuk lengkungan dan dipasang disekeliling roda turbin. Uap yang mengalir melalui celah-celah antara sudu turbin itu dibelokkan kearah mengikuti lengkungan dari sudu turbin. Perubahan kecepatan uap ini menimbulkan gaya yang mendorong dan memutar roda dan poros turbin.
2. Jika uap masih mempunyai kecepatan saat meninggalkan sudu turbin berarti hanya sebagian yang energi kinetis dari uap yang diambil oleh sudu-sudu turbin yang berjalan. Supaya energi kinetik yang tersisa saat meninggalkan sudu turbin dimanfaatkan maka pada turbin dipasang lebih dari satu baris sudu gerak. Sebelum memasuki baris kedua sudu gerak. Maka antara baris pertama dan baris kedua sudu gerak dipasang satu baris sudu tetap (*guide blade*) yang berguna untuk mengubah

arah kecepatan uap, supaya uap dapat masuk ke baris kedua sudu gerak dengan arah yang tepat.

3. Kecepatan uap saat meninggalkan sudu gerak yang terakhir harus dapat dibuat sekecil mungkin, agar energi kinetik yang tersedia dapat dimanfaatkan sebanyak mungkin. Dengan demikian efisiensi turbin menjadi lebih tinggi karena kehilangan energi relatif kecil.

2.2.1 Komponen-komponen Utama Turbin

a. Rotor Turbin

Merupakan bagian turbin yang bergerak. Rotor turbin terdiri dari rotor untuk tekanan tinggi, menengah dan rendah. Tiap rotor ditahan oleh dua bantalan journal (bantalan luncur).

b. Sudu-sudu Turbin

Adalah sudu-sudu yang dipasang di sekeliling rotor membentuk suatu piringan. Sudu gerak adalah sudu yang bergerak berputar bersama poros turbin.

i. Komponen-komponen Pendukung Turbin

a. Bearing

Bantalan (*bearing*) berfungsi sebagai penyangga rotor sehingga membuat rotor dapat stabil/lurus pada posisinya didalam *casing* dan rotor dapat berputar dengan aman dan bebas.

b. Main Stop valve

Main Stop valve adalah katup penutup cepat yang berfungsi untuk memblokir aliran uap dari *boiler* ke turbin. Katup ini dirancang hanya untuk menutup penuh atau membuka penuh.

c. Governor valve

Katup ini berfungsi untuk mengontrol laju aliran uap ke turbin untuk mengendalikan putaran turbin.

d. Reheat Stop Valve (RSV)

Fungsi utama *Reheat stop valve* adalah untuk menutup dengan cepat aliran *steam* dari *reheater* ke *intermediate pressure* turbin bila dalam keadaan bahaya.

e. Intercept Valve

Interceptor valve adalah peralatan untuk mengontrol putaran pada *intermediate pressure* turbin dan membatasi putarannya pada batas tertentu.

f. Katup Ekstraksi Satu Arah

adalah untuk mencegah turbin terhadap kemungkinan *overspeed* akibat aliran balik uap ekstraksi dari pemanas awal ke turbin atau *water induction* di turbin.

g. Katup Ventilasi

Katup ventilasi berfungsi untuk menghubungkan saluran MSV dengan HP turbin dan RSV dengan IP turbin dengan kondensor.

h. Katup Drain

Katup drain berfungsi untuk membuang air dari dalam saluran pipa-pipa uap. Karena adanya air dalam saluran uap dapat menyebabkan *water damage*, korosi, dan *water hammer*.

i. Turning Gear

Turning gear berfungsi untuk memutar poros turbin ketika turbin *shutdown* dan *start*

j. High Pressure Bypass Valve

HP bypass valve adalah katup yang berfungsi untuk mengalirkan *steam* dari *superheater* ketika turbin trip atau belum bekerja. *Steam* ini langsung dialirkan ke *reheater* untuk kemudian mengalami pemanasan ulang.

k. Low Pressure Bypass Valve

LP bypass valve adalah katup yang berfungsi untuk mengalirkan *steam* dari *reheater* ketika turbin trip. *Steam* ini langsung dialirkan ke *condensor*.

l. High Pressure Spray Valve

HP spray valve akan menyemprotkan air pendingin ke *steam* yang melalui *HP bypass* untuk menurunkan temperatur *steam* sebelum masuk ke *reheater*. Air yang digunakan untuk *spray* ini berasal dari BFPT.

m. Low Pressure Spray Valve

LP spray valve akan menyemprotkan air pendingin ke *steam* yang melalui *LP bypass* untuk menurunkan temperatur *steam* sebelum masuk ke *condenser*. Air yang digunakan untuk *spray* ini berasal dari CEP.

Selain komponen pendukung pengoperasian turbin, juga terdapat peralatan bantu turbin, sebagai berikut:

a. Kondensor

Kondensor adalah suatu alat penukar kalor (*heat exchanger*) yang digunakan untuk

merubah uap bekas yang telah digunakan untuk memutar turbin menjadi air.

b. Circulating Water Pump (CWP)

CWP berfungsi untuk memompa air laut masuk ke *condenser* sebagai air pendingin untuk proses kondensasi.

c. Condensate Extraction Pump (CEP)

Condensate extraction pump berfungsi untuk memompa air kondensat untuk diproses di *low pressure heater* menuju *deaerator*.

d. Boiler Feed Pump (BFP)

BFP berfungsi untuk memompa air umpan dari *deaerator* menuju ke *boiler*, namun sebelum masuk ke *boiler* air umpan dipanaskan terlebih dahulu melalui *high pressure heater 5*, *high pressure heater 6*, *high pressure heater 7*, dan *economizer*.

2.3. Turbine Heat rate

Turbine heat rate adalah jumlah kalor yang dibutuhkan untuk memproduksi listrik sebesar 1 kWh. Dan dinyatakan dalam (kJ/kWh). *Turbine heat rate* menunjukkan perbandingan dari energi total yang digunakan untuk memutar turbin, dengan energi listrik nett yang dihasilkan oleh generator. Dan dinyatakan dalam (kJ/kWh).

Turbine Heat Rate Turbin dapat dikalkulasi dengan persamaan :

$$HR_T = \frac{(\dot{m}_1 \times h_1 + \dot{m}_3 \times h_3) - (\dot{m}_f \times h_f + \dot{m}_2 \times h_2 + \dot{m}_{is} \times h_{is})}{P_g - P_{exc}} \quad (2.1)$$

Dimana :

- H_{RT} : *Heat rate* turbin (kJ/kwh)
- \dot{m}_1 : Laju aliran massa *main steam* (uap keluaran *superheater*) (kg/jam)
- h_1 : Entalpi *main steam* (uap keluaran *superheater*) (kJ/kg)
- \dot{m}_3 : Laju aliran massa *hot reheat* (uap keluaran dari *reheater*) (kg/jam)
- h_3 : Entalpi *hot reheat steam* (uap keluaran dari *reheater*) (kJ/kg)
- \dot{m}_f : Laju aliran massa *feed water* (air umpan boiler) (kg/jam)
- h_f : Entalpi *feed water* (air umpan boiler) (kJ/kg)
- \dot{m}_2 : Laju aliran massa *cold reheat* (uap

- masuk ke *reheater*) (kg/jam)
- h_2 : Entalpi *cold reheat* (uap masuk ke *reheater*) (kJ/kg)
- \dot{m}_{is} : Laju aliran massa *desuperheater spray* (kg/jam)
- h_{is} : Entalpi *desuperheater spray* (kJ/kg)
- P_g : Turbin Generator output (MW)
- P_{exc} : Generator excitation power (MW)

2.4. Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin merupakan parameter yang menyatakan derajat keberhasilan komponen atau sistem turbin mendekati desain atau proses ideal dengan satuan %.

Efisiensi turbin dapat dihitung dengan persamaan 2.2 :

$$\eta_{turbin} = \frac{\text{Energi Kalor dalam 1 kWh}}{\text{Heat Rate Turbin}} \times 100\%$$

Dimana :

- η_{turbin} : Efisiensi turbin %
 - Enegi kalor 1kWh : 3600 kJ
 - Turbine heat rate : kJ/kWh
- (2.2)

III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan penulis untuk menentukan *Turbine Heat rate* PLTU Tanjung Jati B Unit 3 adalah :

1. Metode Studi Pustaka

Metode ini dilakukan dengan membaca buku-buku sebagai referensi yang berupa manual book di Perpustakaan PLTU Tanjung Jati B dan buku *Heat rate handbook* dari bagian perencanaan dan pengendalian operasi atau buku yang berkaitan dengan sistem pembangkit listrik tenaga uap, serta mencari sumber informasi lainnya sebagai dasar teori.

2. Metode Studi Lapangan

Metode ini dilakukan dengan pengamatan dan pengumpulan data untuk merndapatkan data yang diperlukan yaitu parameter data yang digunakan untuk menentukan *turbine heat rate*. Parameter data *Turbine Heat rate* yaitu temperatur, tekanan, dan laju aliran massa uap utama (*main steam*), temperatur dan tekanan uap masuk pemanas ulang (*cold reheat*), temperatur dan tekanan uap keluar pemanas ulang (*hot reheat*), temperatur, tekanan, dan laju aliran massa *superheater spray water*,

temperatur, tekanan, dan laju aliran massa air umpan (*final feed water*), dan *generator gross output*, yang didapatkan dari ruang kontrol PLTU Tanjung Jati B Unit 3.

3. Metode Pengolahan dan Analisa

Metode ini dilakukan pengolahan data yang telah didapatkan untuk menentukan turbine heat rate yang nantinya dapat digunakan untuk mengetahui efisiensi turbin. Dengan hasil tersebut dilakukan analisa diskriptif berdasarkan grafik dari hasil pengolahan data yang kemudian didapatkan kesimpulan.

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembahasan Turbine Heat Rate

Berikut data yang dipakai dalam perhitungan nilai turbine heat rate berdasarkan performance test keempat yaitu pada bulan desember 2013 pada beban 100% ECR.

Tabel 4.1 Parameter turbine heat rate

Item	Pressure (Bar)	Temperature (°C)	Enthalpy (kJ/kg)	Flow (kg/h)
Main steam [Ms]	167,15	53183	3380,89	2.210.957
Feed Water [FW]	188,43	288,49	1274,66	2.203.561,9
Cold Reheat [CRH]	40,38	330,71	3043,59	1.836.567
Hot Reheat [HRH]	36,74	542,29	3545,73	1.836.567
Super Heater Spray [DSH]	203,29	173,10	743,55	7.472,1

Nilai turbine heat rate dapat dihitung dengan persamaan 2.1

$$HR_T = \frac{(\dot{m}_1 \times h_1 + \dot{m}_2 \times h_2) - (\dot{m}_f \times h_f + \dot{m}_2 \times h_2 + \dot{m}_{is} \times h_{is})}{P_g - P_{exc}} \dots (2.1)$$

HR_T = 8043,122 kJ/kWh
 HR_T = 1929,733 kcal/kWh

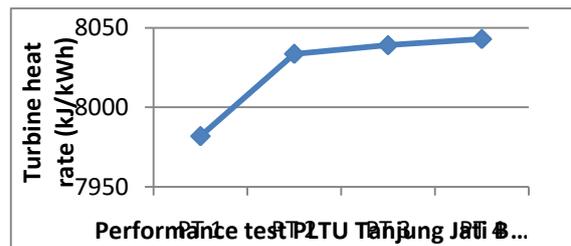
Dimana 1kJ = $\frac{1}{4,1868}$ kcal

Dengan cara yang sama perhitungan turbine heat rate pada performance test 1,2, dan 3 lainnya mempunyai hasil seperti tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Turbine heat rate berdasarkan performance test

No	Performance test	Turbin heat rate (kcal/kWh)	Turbin heat rate (kJ/kWh)
1.	Performance test 1 st (juni 2012)	1918,322	7981,97
2.	Performance test 2 nd (desember 2012)	1927,495	8033,789
3.	Performance test 3 rd (juni 2013)	1928,802	8039,232
4.	Performance test 4 rd (desember 2013)	1929,733	8043,122

Dari data hasil perhitungan pada table 4.2 maka dapat dibuat grafik untuk memudahkan menganalisisnya. Gambar 4.1 dibawah ini menggambarkan grafik hubungan antara turbine heat rate terhadap performance test.



Gambar 4.1 grafik hubungan antara turbine heat rate terhadap performance test.

Dari gambar 4.1 dapat diketahui bahwa nilai turbine heat rate mengalami kenaikan dari performance test pertama sampai performance tes keempat. Kenaikan turbine heat rate tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa nilai turbine heat rate dari performance test pertama pada juni 2012 sampai dengan performance test terakhir yaitu pada desember 2013 selalu mengalami kenaikan. Pengujian turbine heat rate di lakukan pada beban 100 % ECR atau beban penuh. Kenaikan nilai turbine heat rate menunjukkan kinerja dari turbin uap mengalami penurunan. Dari performance test pada bulan juni 2012 nilai turbine heat rate adalah 7981,97 kJ/kWh, data tersebut mengalami kenaikan pada performance test selanjutnya pada bulan desember 2012 yaitu

sebesar 8033,789 kJ/kWh, selanjutnya nilai *turbine heat rate* kembali mengalami kenaikan pada *performance test* pada bulan juni 2013 dan bulan desember 2013 yaitu sebesar 8039,232 kJ/kWh dan 8043,122 kJ/kWh. Kenaikan tersebut dipengaruhi oleh kinerja turbin yang semakin menurun dari tahun ke tahun.

Kinerja turbin uap dipengaruhi oleh massa dan entalpi dari *steam* yang digunakan sebagai fluida kerja untuk memutar turbin hal itu dilihat dari sisi energinya. Semakin besar energi input yang masuk ke dalam turbin maka kinerja turbin akan semakin baik, dan semakin kecil energi input yang masuk ke dalam turbin maka kinerja turbin juga semakin jelek, selain itu kevakuman kondensor juga mempengaruhi kinerja dari turbin uap, dimana semakin besar kevakuman kondensor maka kinerja dari turbin uap juga semakin baik, namun juga dilihat dari sisi titik embun *steam* karena jika kevakuman kondensor semakin tinggi maka *steam* akan berubah menjadi titik-titik embun dan hal ini sangat berbahaya bagi turbin. Adanya *feedwater heater* juga berpengaruh pada kinerja dari turbin karena *feedwater heater* menggunakan ekstraksi uap dari turbin dimana *heater* ini berfungsi untuk pemanasan awal air umpan.

Turbine Heat Rate menunjukkan jumlah kalor yang dibutuhkan untuk menghasilkan energi listrik sebesar 1 kWh. Kinerja dari turbin uap dapat dilihat dari nilai *turbine heat rate*-nya dimana semakin kecil nilai *turbine heat rate* maka semakin baik kinerja dari turbin uap tersebut. Hal tersebut dapat dilihat dari efisiensi siklus turbin. Pada dasarnya efisiensi siklus turbin uap berbanding terbalik dengan nilai *turbine heat rate* yang berarti semakin kecil *turbine heat rate* maka efisiensi siklus turbin semakin baik, begitu juga sebaliknya semakin besar *turbine heat rate* maka efisiensi siklus turbin semakin kecil.

4.2 Pembahasan efisiensi turbin

Selanjutnya perhitungan efisiensi turbin uap PLTU Tanjung Jati B unit 3 dilakukan berdasarkan data *performance test* keempat pada bulan desember 2013 pada beban 100% ECR. Efisiensi turbin dapat dihitung dengan persamaan 2.2

$$\eta_{turbin} = \frac{\text{Energi Kalor dalam 1 kWh}}{\text{Heat Rate Turbin}} \times 100\% \tag{2.2}$$

$$\eta_{turbin} = \frac{\text{Energi Kalor dalam 1 kWh}}{\text{Heat Rate Turbin}} \times 100\%$$

$$= \frac{3600 \text{ Kj/kWh}}{8043,122519 \text{ Kj/kWh}} \times 100\%$$

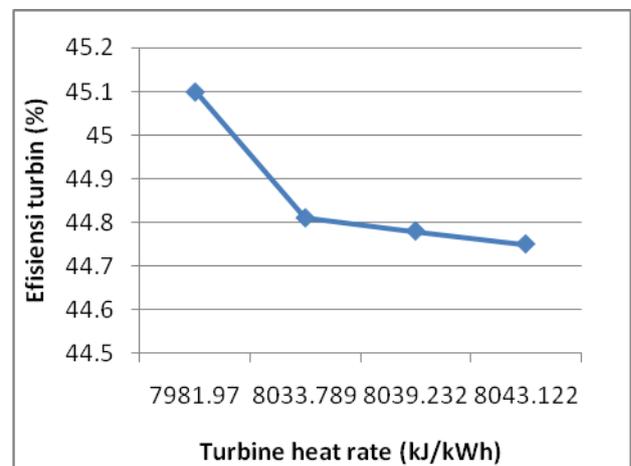
$$= 44,75 \%$$

Efisiensi turbin untuk *performance test* pertama, *performance test* kedua, dan *performance test* ketiga dihitung dengan cara yang sama seperti perhitungan diatas, dan didapatkan hasil sesuai dengan tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Efisiensi turbin berdasarkan *performance test* 1st-4rd

NO	Performace test	Turbin Heat Rate (kJ/kWh)	Efisiensi Turbin
1	Performance test 1 (Juni 2012)	7981,91	45,1 %
2	Performance test 2 (Desember 2012)	8033,789	44,81 %
3	Performance test 3 (Juni 2013)	8039,232	44,78 %
4	Performance test 4 (Desember 2013)	8043,122	44,75 %

Dari data hasil perhitungan pada table 4.3 maka dapat dibuat grafik untuk memudahkan menganalisanya. Gambar 4.2 dibawah ini menggambarkan grafik hubungan antara efisiensi turbin terhadap *turbine heat rate*.



Gambar 4.2 Grafik hubungan efisiensi turbin terhadap *turbine heat rate*

Berdasarkan grafik 4.2 mengenai efisiensi turbin uap pada PLTU Tanjung Jati B Unit 3, dapat dianalisa bahwa efisiensi turbin pada performance test pertama pada bulan juni 2012 adalah sebesar 45,1 %. Kemudian pada *performance test* kedua bulan desember 2012 efisiensi turun sebesar 0,29 % menjadi 44,81 %. Kemudian pada *performance test* ketiga yaitu pada bulan juni 2013 efisiensi turbin turun sebesar 0,03 % menjadi 44,78 %. Kemudian pada *performance test* keempat bulan desember 2013 efisiensi turbin kembali turun sebesar 0,03 % menjadi 44,57 %. Penurunan efisiensi turbin disebabkan terjadinya kenaikan pada *turbine heat rate*.

Jadi dapat disimpulkan bahwa efisiensi turbin akan semakin baik dengan semakin rendahnya *turbine heat rate* pada suatu unit pembangkit.

V. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai *turbine heat rate* PLTU Tanjung Jati B Unit 3 berdasarkan *performance test* pada bulan juni 2012 adalah 7981,97 kJ/kWh, bulan desember 2012 adalah 8033,789 kJ/kWh, bulan juni 2013 adalah 8039,232 kJ/kWh, dan pada bulan desember 2013 adalah 8043,122 kJ/kWh.
2. Nilai *turbine heat rate* terendah (terbaik) terjadi pada bulan juni 2012 dengan nilai 7981,97 kJ/kWh. Sedangkan nilai *turbine heat rate* tertinggi (terjelek) terjadi pada bulan juni 2013 dengan nilai 8043,122 kJ/kWh.
3. Efisiensi turbin PLTU Tanjung B Unit 3 berdasarkan *performance test* pada bulan juni 2012 adalah 45,1 %, bulan desember 2012 adalah 44,81 % , bulan juni 2013 adalah 44,78 % , dan pada bulan desember 2013 adalah 44,75 %.
4. *Turbine heat rate* berbanding terbalik dengan efisiensi, yang artinya semakin

rendah *turbine heat rate* maka efisiensi akan semakin baik, dimana nilai *turbine heat rate* terendah yaitu 7981,97 kJ/kWh dengan efisiensi turbin 45,1 %, dan nilai *turbine heat rate* tertinggi yaitu 8043,122 kJ/kWh dengan efisiensi turbin 44,75 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Albert, Paul. *Steam Turbine Thermal Evaluation And Assessment*.
http://site.geenergy.com/prod_serv/products/tech_docs/en/downloads/ger4190.pdf
(15 Juni 2014)
- Boles, Michael A and Yunus A Cengel. 2002. *Thermodynamics: An Engineering*
- El-Wakil, 1992. “*Instalasi Pembangkit Daya*”. Jakarta: Erlangga
- Haris. 2011. Turbin Uap.
<http://desainharis.files.wordpress.com/2011/09/turbin-uap.pdf>. (15 Juni 2014)
- Marsudi Djiteng, 2011. “*Pembangkitan Energi Listrik*”. Jakarta: Erlangga
- Sentosa, Dian Swastatika. 2008. Session 17 *Steam Turbine Theori*.
<http://febriantara.files.wordpress.com/2008/11/sesi-17.pdf>. (17 juni 2014)
- Yahya, S. Turbin Uap.
http://bse.kemdiknas.go.id/buku/20080820190042/pdf/02_bab_15.pdf.
(15Juni 2014)