

**EFISIENSI TURBIN UNIT 2 DAN 3
DI PT. INDONESIA POWER UNIT PEMBANGKIT DAN
JASA PEMBANGKITAN (UPJP) KAMOJANG**

Alfian Esa Hidayat¹, Engkos Koswara²

Universitas Majalengka

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Majalengka
e-mail: alfianesa03@gmail.com

ABSTRAK

PT. Indonesia Power UPJP Kamojang merupakan sebuah perusahaan pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) yang didirikan pada tanggal 3 oktober 1995 dan berlokasi di Desa Laksana Kecamatan Ibun Kabupaten Bandung. Perusahaan ini menggunakan uap panas bumi sebagai bahan penggerak turbin sehingga terjadi konversi energi dari energi kalor yang terkandung dalam uap menjadi energi kinetik.

Untuk menganalisa dan menghitung efisiensi turbin, yaitu menentukan fraksi uap, entalpi, entropi, laju aliran, dan efisiensi pada turbin. Efisiensi turbin unit 2 dan 3 beroperasi mulai dari Februari 1988, dari data desain efisiensi turbin pada unit 2 dan 3 yaitu berada pada 89% sebagai patokan efektivitas yang paling baik. Rata-rata efektivitas kondensor pada tanggal 1-7 Desember 2016 unit 2 sebesar 75% dan pada unit 3 yaitu 74%.

Jika di dibandingkan dengan dengan desain awal beroperasinya, turbin mengalami penurunan kinerja, dilihat dari efisiensinya pada unit 2 turbin mengalami penurunan efisiensi sebesar 14%, dan unit 3 mengalami penurunan sebesar 15%.

Kata Kunci : PLTP Kamojang, turbin, turbin uap, konversi energi, efisiensi.

1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik di Indonesia terdiri dari berbagai energi yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik. Terdapat dua jenis energi yaitu energi yang dapat diperbarui dan energi yang tidak dapat diperbarui. Salah satu contoh energi yang dapat diperbarui atau energi terbarukan adalah sumber energi panas bumi (*geothermal*). Pemanfaatan panas bumi di Indonesia masih relatif rendah yaitu sekitar 1100 MW dari total yang tersimpan sebesar 27000 MW. Target terdekat pemerintah yaitu pembangunan pembangkit panas bumi sebesar 6000 MW pada tahun 2020.

Proses pembentukan energi listrik di PT Indonesia Power UPJP Kamojang memanfaatkan uap panas bumi sebagai penggerak turbin uap sehingga terjadi konversi energi dari energi kalor yang terkandung dalam uap menjadi energi kinetik yang diterima oleh sudu-sudu turbin. Turbin yang dikopel dengan generator akan mengonversikan energi kinetik menjadi energi mekanik, setelah generator berputar maka energi mekanik tersebut akan dikonversikan menjadi energi listrik. Proses pengonversian dari uap panas bumi PLTP Kamojang menjadi energi listrik tidak terlepas dari berbagai komponen utama, salah satunya adalah *turbine*. Dalam proses pembangkitan turbin merupakan bagian penting dalam PLTP dan merupakan unit pengkonversi energi. Turbin berguna sebagai pengubah energi termal menjadi mekanik. Dalam proses konversi tersebut harus diperhitungkan kualitas efisiensinya. Yang mana efisiensi turbin ini berperan penting dalam penilaian kualitas performa dari suatu pembangkit.

2. METODE PENELITIAN

Adapun tahapan untuk penelitian di PLTP Kamojang untuk menghitung efisiensi *turbine* unit 2 dan unit 3 adalah sebagai berikut :

1. Study Literatur

Studi literatur adalah metode atau langkah yang dilakukan dengan cara mengumpulkan informasi dan mempelajari terkait objek yang diamati dari referensi jurnal, tugas akhir, *datasheet*, maupun *operational manual book* mengenai teori-teori penunjang dan perhitungan untuk memperoleh efisiensi dari *turbine*.

2. Pengambilan Data

Pengambilan data dari lapangan berupa sistem kerja terhadap *turbin*, dan penjelasan dari narasumber di lapangan data yang di ambil yaitu Tekanan Masuk turbin, temprature masuk turbin, laju aliran uap, tekanan keluar turbin, tempratur keluar turbin

3. Pengolahan Data

Pengolahan data dan analisa dilakukan berdasarkan data – data yang sudah didapatkan. Data tersebut dikorelasikan dengan dasar teori dan standar pembandingan yang digunakan.

4. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan metode untuk meringkas keseluruhan pembahasan yang berdasarkan hasil proses pengolahan data dan analisa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada pun data pengamatan pada tabel 3.1 dan 3.2 yang digunakan sebagai acuan dalam menghitung besarnya efisiensi *turbine* unit 2 dan unit 3 di PT. Indonesia Power UPJP Kamojang adalah Tekanan, Temperatur, dan Laju Aliran Uap selama 7 hari terhitung mulai tanggal 01 Desember 2016 sampai dengan 07 Desember 2016.

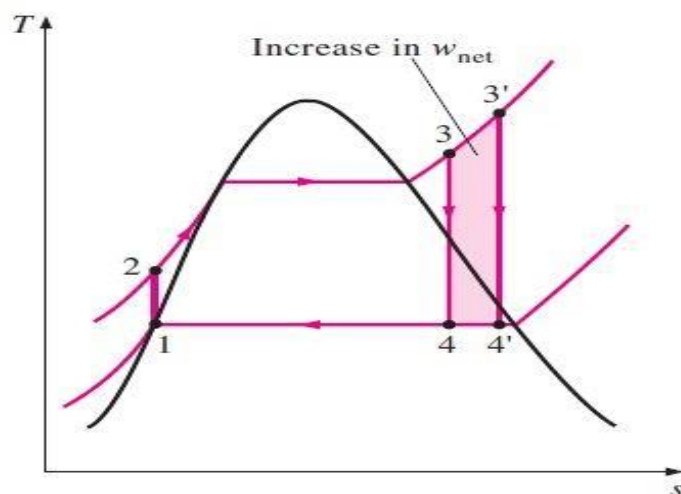
Tanggal	aliran uap	suhu inlet turbin	tekanan inlet turbin	suhu outlet turbin	tekanan outlet turbin
	kg/s	$^{\circ}C$	Bar	$^{\circ}C$	Bar
02-Des-16	118,06	164,9	6	30	0,79
03-Des-16	119,17	164	6	31	0,85
04-Des-16	118,61	164	6	30	0,86
05-Des-16	116,67	164	6	30	0,88
06-Des-06	118,06	164	6	31	0,91
07-Des-16	117,5	162	6	30	0,93

Tabel 3.1 Hasil pengamatan Turbin unit 2

Tanggal	aliran uap	suhu inlet turbin	tekanan inlet turbin	suhu outlet turbin	tekanan outlet turbin
	kg/s	$^{\circ}C$	bar	$^{\circ}C$	Bar
01-Des-16	116,88	168,0	5,90	51,60	0,13
02-Des-16	116,39	168,0	5,90	31,00	0,33
03-Des-16	117,25	168,0	5,90	32,00	0,13
04-Des-16	117,25	168,3	5,90	31,60	0,13
05-Des-16	115,28	167,0	5,90	31,60	0,13
06-Des-16	116,94	167,0	5,90	31,00	0,13
07-Des-16	115,56	167,0	5,90	32,00	0,13

Tabel 3.2 Hasil pengamatan Turbin unit 3

Siklus *rankine* kadang-kadang diaplikasikan sebagai siklus *carnot* terutama dalam menghitung efisiensi. Perbedaannya hanyalah, pada siklus ini menggunakan fluida yang bertekanan, bukan gas. Efisiensi siklus *rankine* biasanya dibatasi oleh fluidanya. Tanpa tekanan yang mengarah pada keadaan super kritis, *range* temperatur akan cukup stabil.



Gambar 3.1 Siklus R

Perhitungan dimulai dengan mencari *entalpi* (h) dan *entropi* (s) menggunakan *steam tab companion* pada titik 3 adalah uap masuk turbin yang bersifat jenuh (*superheated*), didapatkan hasil sebagai berikut :

Uap Jenuh

$$h_3 = 2779 \text{ kJ/kg}$$

$$s_3 = 6,818 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

Pada titik 4 adalah uap keluaran turbin yang bersifat campuran (cair-jenuh dan uap-jenuh), mendapatkan nilai dan berbagi fase sebagai berikut :

$$h_{v4} = 2594,11 \text{ kJ/kg}$$

$$s_{v4} = 8,05 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

Uap cair :

$$h_{l4} = 216,03 \text{ kJ/kg}$$

$$s_{l4} = 0,72 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

Setelah mendapatkan nilai *entalpi* dan *entropi* dari masing masing fase untuk mencari nilai *entalpi* keluar (h_2), yang pertama dilakukan adalah mencari kadar.

Menghitung fraksi uap (X)

$$X = \frac{s_4 - s_{l4}}{s_{v4} - s_{l4}}$$

Karena nilai *entropi* bersifat konstan maka $s_4 = s_3$

$$X = \frac{6,818 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} - 0,72 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}}{8,0609 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} - 0,72 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}}$$

$$X = 0,83223 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

$$X = 83\%$$

Kadar uap jenuh yang keluar dari turbin adalah 83% dan 17% adalah uap cair.

Dari kadar uap jenuh yang keluar dari turbin maka dapat nilai energi total terkandung pada 83% uap dapat dihitung :

$$h_2 = h_{l4} + (X \cdot h_{vl4})$$

Nilai dari h_{vl} (*entalpi campuran*) = $(h_{v4} - h_{l4})$

$$h_{vl4} = (2594,11 \text{ kJ/kg} - 216,033 \text{ kJ/kg})$$

$$h_2 = 216,033 \text{ kJ/kg} + (83\% \cdot 2378,77 \text{ kJ/kg})$$

$$h_2 = 2195,151 \text{ kJ/kg}$$

Nilai energi dari kadar uap jenuh yang keluar turbin (h_4) sebesar $2195,151 \text{ kJ/kg}$.

Setelah mengetahui energi yang keluar turbin adalah maka dilanjut dengan persamaan efisiensi dapat dihitung :

$$\eta_{\text{turbin}} = \frac{W_{t_{out}}}{W_{t_{in}}} \times 100\%$$

Untuk mengetahui daya steam keluar ($W_{t_{out}}$) menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$W_{t_{out}} = m \cdot h_2$$

$$W_{t_{out}} = 118 \text{ kg/s} \cdot 2195,151 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{t_{out}} = 256569,271 \text{ KW}$$

Nilai dari $W_{t_{out}}$ adalah energi yang keluar turbin yang dapat menghasilkan listrik

Untuk mengetahui daya steam masuk ($W_{t_{in}}$) menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$W_{t_{in}} = m \cdot h_1$$

$$W_{t_{in}} = 118 \text{ kg/s} \cdot 2779 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{t_{in}} = 324809,52 \text{ KW}$$

Nilai dari W_{tin} adalah uap masuk kedalam turbin yang berpotensi menghasilkan energi listrik.

Maka dapat dihitung efisiensi termal pada turbin sebagai berikut :

$$\eta_{turbin} = \frac{W_{tout}}{W_{tin}} \times 100\%$$

$$\eta_{turbin} = \frac{256569,271 \text{ WT}}{324809,52 \text{ WT}} \times 100\%$$

$$\eta_{turbin} = 79\%$$

Maka dari contoh perhitungan tanggal 1 Desember 2016 turbin unit 2 PLTP Kamojang mendapatkan nilai efisiensi turbin sebesar 78%.

Dengan menggunakan persamaan yang sama dan data tanggal 1 – 7 Desember 2016 pada unit 2 dan 3 mendapatkan nilai-nilai perhitungan pada tabel 3.3 turbin unit 2 , 3.4 turbin unit 3 dan 3.5 hasil perhitungan menurut desain pada tahun 1988 guna membandingkan paada tahun operasi turbin.

Tanggal	entalpi (kj/kg) masuk turbin	entropi (kj/kg'k) masuk turbin	entalpi (kj/kg) keluar turbin		entropi (kj/kg'k) keluar		Fraksi Uap (x)	entalpi energi total dalam uap2s	Daya termal keluar Turbin	Daya termal masuk turbin	Efiseiensi Turbin
	h_1	s_1	h_{v_2}	h_{l_2}	s_{v_2}	s_{l_2}	%	kJ/kg	KW	KW	%
01-Des-16	2779,00	6,82	2594,11	216,03	8,05	0,72	83%	2195,15	256569,27	324809,52	79%
02-Des-16	2779,00	6,82	2557,35	129,91	8,43	0,45	80%	2066,92	240568,69	323447,81	74%
03-Des-16	2779,00	6,82	2559,15	134,09	8,41	0,46	80%	2073,59	243128,40	325837,75	75%
04-Des-16	2779,00	6,82	2558,43	132,42	8,42	0,46	80%	2071,34	242864,50	325837,75	75%
05-Des-16	2776,00	6,81	2558,43	132,42	8,42	0,46	80%	2069,21	238538,05	320017,28	75%
06-Des-16	2776,00	6,81	2557,35	129,91	8,43	0,45	80%	2065,28	241513,44	324625,44	74%
07-Des-16	2776,00	6,81	2559,15	134,09	8,41	0,46	80%	2071,94	239433,71	320794,56	75%

Tabel 3.3 hasil perhitungan turbin unit 2

Tanggal	entalpi (kj/kg) masuk turbin	entropi (kj/kg'k) masuk turbin	entalpi (kj/kg) keluar turbin		entropi (kj/kg'k) keluar		Fraksi Uap (x)	entalpi energi total dalam uap2s	Daya termal keluar Turbin	Daya termal masuk turbin	Efiseiensi Turbin
	h_1	s_1	h_{v_2}	h_{l_2}	s_{v_2}	s_{l_2}	%	kJ/kg	KW	KW	%
02-Des-16	2770,00	6,7937	2555,55	125,734	8,452	0,43	79%	2.053,27	242400,61	327015,12	74%
03-Des-16	2768,00	6,7882	2557,35	129,914	8,432	0,45	79%	2.057,55	245192,26	329854,26	74%
04-Des-16	2769,00	6,7899	2555,55	125,734	8,452	0,43	79%	2.052,12	243403,65	328433,86	74%
05-Des-16	2768,00	6,7882	2555,55	125,734	8,452	0,43	79%	2.051,60	239354,26	322934,26	74%
06-Des-06	2768,00	6,7882	2557,35	129,914	8,432	0,45	79%	2.057,55	242906,32	326779,01	74%
07-Des-16	2763,00	6,7771	2555,55	125,734	8,452	0,43	79%	2.048,24	240668,20	324652,50	74%

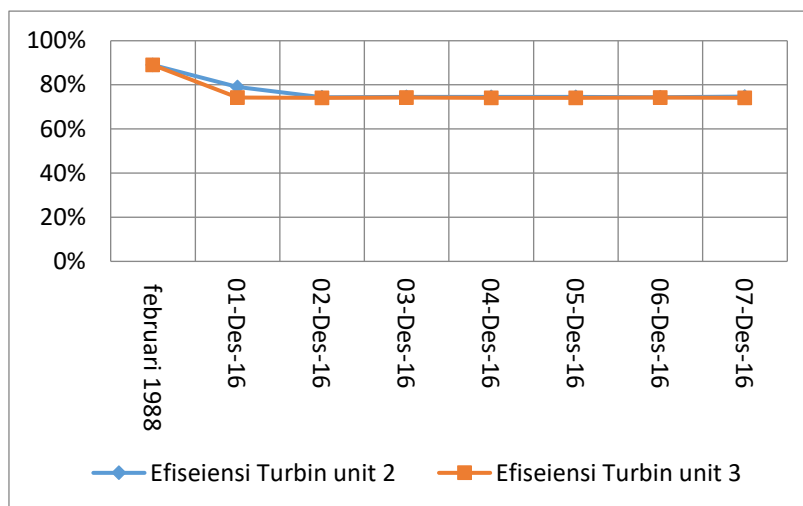
Tabel 3.4 hasil perhitungan turbin unit 3

tanggal	entalpi (kj/kg) masuk turbin	entropi (kj/kg'k) masuk turbin	entalpi (kj/kg) keluar turbin		entropi (kj/kg'k) keluar		Fraksi Uap (x)	entalpi energi total dalam uap2s	Daya termal keluar Turbin	Daya termal masuk turbin	Efiseiensi Turbin
	h_1	s_1	h_{v_2}	h_{l_2}	s_{v_2}	s_{l_2}	%	kJ/kg	KW	KW	%
Februuari 1988	183,735	1,96151	2583,86	191,806	1,49	0,65	18%	610,42	69520,22	77985,04	89%

Tabel 3.5 Perhitungan Desain turbin pada februari 1988

4. Kesimpulan

Setelah melakukan perhitungan tanggal 1 – 7 desember 2016 pada turbin unit 2 dan 3 mendapatkan hasil grafik efisiensi pada grafik di bawah ini.



Grafik 4.1 Hasil perhitungan efisiensi turbin

Pada grafik 4.1 perubahan yang terjadi tidak terlalu signifikan dinamika nilai rata-rata yang di dapat pada unit 2 adalah 75% dan unit 3 mendapatkan rata – rata 74%.

Jika di bandingkan dengan efisiensi secara desain februarari 1988 pada tabel 3.5 yang efisiensinya 89%, terjadi penurunan kinerja turbin dari februarari 1988, sampai Desember 2016 PLTP Kamojang telah mengalami penurunan efisiensi 14% di unit 2 dan 15% pada unit 3.

Rata rata efisiensi turbin tanggal 1 – 7 desember 2016 unit 2 75%, dan unit 3 74%.

DAFTAR PUSTAKA

Chapman Udiklat Suralaya, “05. Teknologi Operasi PLTP”, PT. PLN (Persero), 2007.

Udiklat Suralaya, *Modul 3 Pengoperasian (Termodinamika)*, PT. PLN (Persero) 2008.

Yusron, Andika Setyo W., *Analisis Efisiensi Thermal Turbin di Unit II*, Akademi Minyak dan Gas Balongan: Laporan Tugas Akhir.

Dwi Cahyadi, Hermawan ., *ANALISA PERHITUNGAN EFISIENSI TURBINE GENERATOR QFSN-300-2-20B UNIT 10 dan 20 PT. PJB UBJOM PLTU REMBANG* Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro : Laporan Tugas Akhir