

ANALISA PERHITUNGAN EFISIENSI DAYA TURBINE GENERATOR SIEMENS ST-300 7 MW DI PTPN XI (Unit) PG. SEMBORO

Teguh Priambodo¹, M. Aan Auliq²
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER
JEMBER
Email: teguhpriam4@gmail.com

ABSTRAK

Seiring perkembangan teknologi yang semakin pesat dan sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan serta segala bentuk industri semakin banyak pula diperlukan tenaga kerja terampil yang mampu mengatasi berbagai masalah yang timbul, baik yang terlibat langsung di lapangan maupun sebagai perencana dalam mewujudkan suatu karya-karya teknik sehingga dibutuhkan pemikiran-pemikiran dan keterampilan seorang mahasiswa dengan harapan mampu mengkaji masalah yang timbul berdasarkan pengalaman dan berbagai teori yang didapatkan di bangku kuliah. Kondisi saat ini PLTU PG. Semboro telah beroperasi selama 2 tahun dan telah mengalami banyak permasalahan yang dapat menurunkan efisiensi unit pada umumnya dan secara spesifiknya pada efisiensi *turbine generator*

Efisiensi dari generator akan mempengaruhi kinerja dari sistem PLTU. Semakin besar efisiensi generatornya maka keandalan sistem juga semakin baik. Selama 2 tahun beroperasi, diperkirakan efisiensi generator mengalami penurunan akibat beberapa faktor seperti sering terjadinya *derating* (penurunan beban) atau *trip* (unit *shutdown*),. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa terhadap efisiensi generator apakah generator masih dalam batasan kondisi yang andal atau tidak.

Hasil dari analisa dengan mengambil sampel selama 10 hari didapatkan efisiensi rata-rata generator 93.46%. Apabila dibandingkan dengan efisiensi generator secara desain sebesar 96.23%, maka nilai efisiensi Turbine Generator ST-300 7 MW saat ini mengalami penurunan sebesar 3%.

Kata kunci : Energi listrik, Efisiensi Generator, Analisa Efisiensi Generator

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan teknologi yang semakin pesat dan sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan serta segala bentuk industri semakin banyak pula diperlukan tenaga kerja terampil yang mampu mengatasi berbagai masalah yang timbul, baik yang terlibat langsung di lapangan maupun sebagai perencana dalam mewujudkan suatu karya-karya teknik sehingga dibutuhkan pemikiran-pemikiran dan keterampilan seorang mahasiswa dengan harapan mampu mengkaji masalah yang timbul berdasarkan pengalaman dan berbagai teori yang didapatkan di bangku kuliah. Kondisi saat ini PLTU PG. Semboro telah beroperasi selama 2 tahun dan telah mengalami banyak permasalahan yang dapat menurunkan efisiensi unit pada umumnya dan secara spesifiknya pada efisiensi *turbine generator*.

Efisiensi dari generator akan mempengaruhi kinerja dari sistem PLTU. Semakin besar efisiensi generatornya maka keandalan sistem juga semakin baik. Selama 2 tahun beroperasi, diperkirakan efisiensi generator mengalami penurunan akibat beberapa faktor seperti sering terjadinya *derating* (penurunan beban) atau *trip* (unit *shutdown*), faktor lamanya pemeliharaan, kesalahan dalam pengoperasian dan perawatan serta faktor-faktor lain.

Oleh karena itu perlu dilakukan analisa terhadap efisiensi generator apakah generator masih dalam batasan kondisi yang andal atau tidak

1.2 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa Daya Turbin, Daya Aktual Turbin serta mengetahui sistem pengoperasian generator terhadap output sistem pembangkitan berdasarkan kebutuhan proses produksi gula dengan Variabel Efisiensi Daya Turbin Generator Siemens St-300 7 MW.

1.3 Batasan Masalah

Dengan berbagai macam peralatan dan komponen yang menunjang kerja di PLTU PG. Semboro, maka tugas akhir ini akan disajikan ke dalam lingkup yang lebih spesifik yaitu mengenai Perhitungan efisiensi Turbin Uap PLTU PG. Semboro.

Adapun batasan masalah yang akan dibahas adalah ;

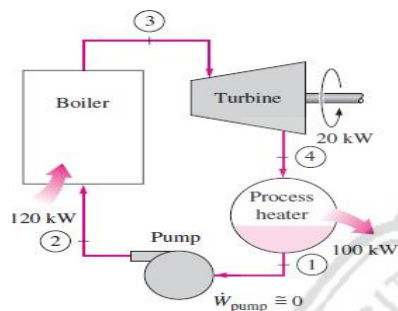
1. Hanya membahas proses pada PLTU dan tidak pada pembangkit dengan energi lain.
2. Perhitungan Daya Turbin dengan menggunakan metode Hukum Termodinamika..
3. Perhitungan Daya Aktual Turbin.
4. Perhitungan Efisiensi Generator

II DASAR TEORI

2.1 Siklus Rankine dengan Kogenerasi

Siklus Rankine dengan kogenerasi adalah siklus Rankine dimana panas sisa dari proses ekspansi pada turbin digunakan untuk proses lainnya misalkan pada pabrik gula, panas tersebut digunakan untuk memasak nira. Adapun penjelasan siklus Rankine Kogenerasi adalah sebagai berikut :

- 1– 2 Kompresi isentropis pada pompa
- 1– 3 Penambahan kalor dengan tekanan konstan di boiler
- 1– 4 Ekspansi isentropis pada turbin
- 1– 1 Pelepasan kalor dengan memanfaatkannya untuk proseslainnya



Gambar 2.8 Siklus Rankine Kogenerasi
Energi yang dihasilkan suatu sistem tidaklah mungkin berada pada keadaan isentropik. Hal itu terjadi karena pada kenyataannya masih banyak ditemukan kerugian- kerugian pada sistem tersebut. Siklus Rankine yang digunakan pada PLTU PG. Semboro adalah Siklus Rankine Kogenerasi.

2.2 Definisi Turbin Uap PG. Semboro



Gambar 2.9 Turbin Generator di PG. Semboro
Turbin uap merupakan suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan selanjutnya diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin, langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi, dihubungkan dengan mekanisme yang akan digerakkan. (Wikipedia, 2013).
Pengertian energi potensial uap adalah

direpresentasikan dalam *property* (sifat) uap yang menggerakkan turbin, dalam hal ini sifat uap adalah : tekanan, temperatur, *enthalpy*. Sedangkan energi gerak putar poros adalah besaran momen putar yang ditimbulkan oleh gaya dorong uap pada sudu gerak turbin. Transformasi energi pada sudu gerak turbin adalah perubahan energi kinetik (kecepatan) uap yang masuk dan keluar sudu. (Cengel, Y.A. dan Boles, M.A., *Thermodynamics An Engineering Approach 5th edition.,2006, Hal.74*) (Cengel, Y.A. dan Boles, M.A., *ibid hal 231*) (Cengel, Y.A. dan Boles, M.A., *ibid hal 74*).

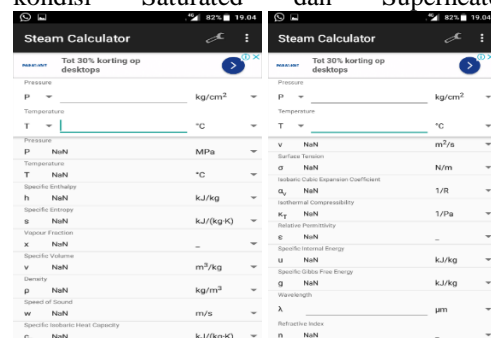
Turbin generator yang dipakai di PG. Semboro adalah Turbin Generator Siemens ST-300 7 MW dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2.1: Spesifikasi Turbin Siemens ST-300 7 MW

NO	TURBIN UAP SIEMENS	
1.	No Turbin	3,10,16,479
2.	Tahun pemasangan	2016
3.	Type	eam Turbine : SST-300 (B25/D3UB)
4.	Model	Siemens
5.	Digunakan untuk	engerak Generator
6.	Jumlah	1 buah
7.	Daya output	7000 KW
8.	Putaran / min	8300

2.3 Program Steam Calculator Mobile

Selain menggunakan tabel termodinamika, untuk mengetahui sifat – sifat uap juga dapat menggunakan aplikasi yang disebut SteamTab. SteamTab adalah sebuah perangkat lunak yang menyediakan data yang akurat dari daftar lengkap sifat termodinamika dan fisik untuk air dan uap, seperti nilai Entalphi dan Entropi pada kondisi Saturated dan Superheated.



Gambar 2.13 Aplikasi Steam Calculator

2.4 Efisiensi Generator

Secara umum, efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara output terhadap input dalam suatu proses. Efisiensi merupakan salah satu persamaan yang penting dalam termodinamika untuk mengetahui seberapa baik konversi energi atau proses transfer terjadi.

Hukum Pertama Termodinamika berbunyi perubahan energi dalam sebuah sistem tertutup, sama dengan jumlah energi panas masuk ke dalam sistem ke lingkungan sekitarnya. Pengertian ini tergambar pada persamaan dasar berikut :

$$q - w = \Delta h + \Delta Ek + \Delta Ep$$

$$-w = \Delta h + \Delta Ek + \Delta Ep$$

$$-w = h_2 - h_1$$

$$w_{turbin} = h_1 - h_2 \text{ Persamaan (2.4)}$$

Dimana :

q = Energi panas yang masuk ke

dalam sistem

w = Kerja spesifik keluar sistem

Δh = Perubahan Entalpi

ΔEk = Perubahan Energi Kinetik

ΔEp = Perubahan Energi Potensial

Oleh karena sistem turbin uap tidak terjadi perubahan energi panas, energi kinetik, serta energi potensial fluida, maka untuk komponen q , ΔEk , serta ΔEp dapat dihilangkan.

Selanjutnya dapat menghitung daya turbin dengan mengalikan daya spesifik dengan *steam rate*.

$$W_{Turbin} = m \cdot s \times w_{turbin} \text{ Persamaan (2.5)}$$

Dimana :

W_T = Daya yang dihasilkan turbin (MW)

$m \cdot s$ = Mass Flowrate (kg/jam)

h_1 = Main Steam Enthalpy (kJ/kg)

h_2 = Cold Reheat Enthalpy (kJ/kg)

Sedangkan untuk mencari daya aktual yang dihasilkan oleh turbin dilakukan dengan mengalikan energi yang dihasilkan oleh turbin dengan efisiensi dari turbin, ditunjukkan pada persamaan :

$$W_{Tactual} = W_T \times \eta_{turbin} \text{ Persamaan (2.6)}$$

Dimana :

$W_{Tactual}$: Daya aktual turbin (MW)

η_{turbin} : Efisiensi turbin (%)

Untuk menghitung efisiensi generator adalah dengan membandingkan daya keluaran generator dan daya masukan generator, dimana daya masukan generator sama dengan daya yang dihasilkan turbin, seperti persamaan di bawah ini

$$\eta_{gen} = \frac{Beban}{W_{Tactual}} \times 100\% \text{ Persamaan (2.7)}$$

Dimana :

η_{gen} = Efisiensi Generator (%)

Beban = Daya Generator (MW)

$W_{Tactual}$ = Daya Actual Turbin (MW)

III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Pabrik Gula Semboro. Waktu pengambilan data selama 10 hari yaitu pada tanggal 1-10 November 2018.

3.2 Rancangan Penelitian

Metode deskriptif dengan mengamati, merangkum, dan mencatat data yang digunakan untuk mempermudah dalam penyelesaian permasalahan adalah sebagai berikut:

1. Beban generator merupakan beban rata-rata dalam 24 jam.
2. Nilai *Pressure* dan *Temperature* pada IP turbin dan LP turbin merupakan rata-rata dalam 24 jam.
3. Nilai mass flowrate dan entalpi masukan, keluaran pada IP turbin dan LP turbin merupakan interpolasi dengan data *manual book*.
4. Efisiensi Turbin uap.

IV PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan

Data yang diambil berupa nilai rata-rata daya yang dibangkitkan generator PLTU PG. Semboro dalam 24 jam serta tekanan, laju aliran massa uap dan temperatur pada turbin uap selama 10 hari mulai dari tanggal 1 November 2018 sampai dengan tanggal 10 November 2018 dijelaskan pada tabel dan gambar berikut:

Tabel 4.1: Data Beban Rata-rata/24jam pada Generator

No	Tanggal	Beban Generator (MW)
1	1 November 2018	5.6
2	2 November 2018	5.5
3	3 November 2018	5.6
4	4 November 2018	5.5
5	5 November 2018	5.6
6	6 November 2018	5.7
7	7 November 2018	5.5
8	8 November 2018	5.6
9	9 November 2018	5.5
10	10 November 2018	5.6

Tabel 4.2: Data Tekanan, Laju Aliran Massa Uap dan Temperatur pada Turbin Uap Siemens

Parameter	Tanggal									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tekanan P1 (kg/cm ²)	19.7	21.0	20.4	20.6	20.8	20.5	20.2	20.3	20.6	20.6
Tekanan P2 (kg/cm ²)	1.07	0.92	1.04	1.07	0.95	0.98	1.03	1.01	0.98	0.99
Temperatur T1(°C)	330	341	338	339	335	338	340	339	340	340
Temperatur T2 (°C)	149	151	156	154	155	152	155	157	153	152
Mass Flowrate (Ton/jam)	69.4	68.4	68.4	69.4	69.6	69.6	69.4	68.4	69.4	68.4

Table 4.3: Data Entalpi pada Turbin Uap Siemens

Parameter	Tanggal									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Entalpi h1 (kJ/kg)	3094	3116	3110	3112	3103	3110	3115	3113	3114	3114
Entalpi h2 (kJ/kg)	2774	2779	2788	2784	2787	2780	2786	2790	2782	2780

A. Menghitung Efisiensi Turbin

- a. Menghitung efisiensi turbin tanggal 1 November

Diketahui :

Dimana 1 kWh = 860 Kilokalori (kcal)

Input panas = 1 kwh membutuhkan rata-rata 11.8 kg uap dikalikan h1-h2 = 320 kJ/kg

Input panas rata-rata= 902.4 kcal/kWh

Efisiensi total = $\frac{\text{Output turbin}}{\text{Input panas}} \times 100\%$

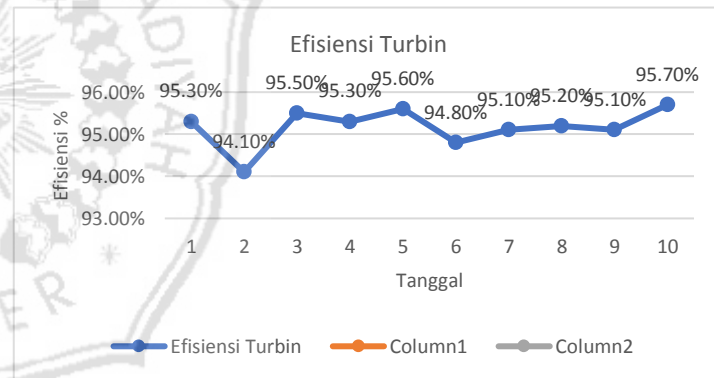
$$\eta_T = \frac{860 \text{Kcal}}{902.4 \text{Kcal}} \times 100\%$$

$$\eta_T = 95.3\%$$

Dari hasil perhitungan pada lampiran, dapat diketahui efisiensi turbin pada table 4.7 sebagai berikut :

Tabel 4.7 : Tabel Efisiensi Turbin

Tanggal	Efisiensi turbin (%)
1	95.3%
2	94.1%
3	95.5%
4	95.3%
5	95.6%
6	94.8%
7	95.1%
8	95.2%
9	95.1%
10	95.7%
Rata-Rata	95.17%



Gambar 4.4 Grafik Efisiensi Turbin

Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan kondisi di lapangan maka diperoleh efisiensi konversi energi di turbin sebesar 95.17%. Dengan menggunakan entalphi steam yang masuk ke turbin (h1) dan entalphi steam yang keluar dari turbin (h2) membandingkan dengan keadaan adiabatik system berdasarkan siklus Rankine.

B. Perhitungan Daya Turbin

- a. Menghitung daya turbin tanggal 1 November

Untuk pengambilan pada tanggal 1 November 2018 dalam 24 jam didapatkan data rata-rata tekanan, temperatur, dan aliran steam sebagai berikut:

$$P1 : 19.7 \text{ kg/cm}^2$$

T1 : 330 °C
 h1 : 3094 kJ/kg
 P2 : 1.07 kg/cm²
 T2 : 149 °C
 h2 : 2774

m s : 69.4 ton/jam

Dengan memasukan ke dalam rumus perhitungan, maka didapatkan energi yang digunakan oleh turbin:

$$q - w = \Delta h + \Delta Ek + \Delta Ep$$

$$q - w = \Delta h + \Delta Ek + \Delta Ep$$

$$-w = h2 - h1$$

$$wturbin = h1 - h2$$

$$wturbin = 3094 \text{ kJ/kg} - 2774 \text{ kJ/kg}$$

$$wturbin = 320 \text{ kJ/kg}$$

Lalu menentukan Daya Turbin dengan mengalikan dengan konsumsi uap/jam.

$$WTurbin = m \cdot s \cdot wturbin$$

$$WTurbin = 69420 \text{ kg/jam} \times 320 \text{ kJ/kg}$$

$$WTurbin = 22214400 \text{ kJ/kg}$$

$$WTurbin = 6170.6 \text{ KW}$$

Menentukan Daya Aktual Turbin dengan mengalikan energi yang dihasilkan oleh turbin dengan efisiensi dari turbin.

$$WTactual = WT \cdot \eta_{turbin}$$

$$WTactual = 6170.6 \text{ KW} \times 95\%$$

$$WTactual = 5861.8 \text{ KW}$$

Untuk menghitung efisiensi generator adalah dengan membandingkan daya keluaran generator dan daya masukan generator.

$$\eta_{gen} = \frac{\text{Beban}}{WTactual} \times 100\%$$

$$\eta_{gen} = \frac{5.6 \text{ MW}}{5.86 \text{ MW}} \times 100\%$$

$$\eta_{gen} = 95.56\%$$

Jadi Efisiensi Generator untuk tanggal 1 November adalah 95.56%.

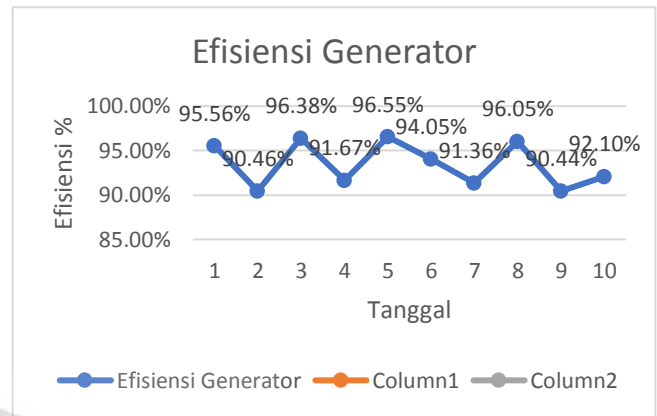
Daya yang dihasilkan oleh turbin uap dapat dihitung menggunakan metode Hukum Pertama Termodinamika seperti pada Persamaan 2.4.

Berdasarkan Perhitungan pada lampiran, maka dapat diketahui efisiensi generator pada table 4.8 sebagai berikut :

Tabel 4.8: Perhitungan Efisiensi Generator

Tanggal	Efisiensi Generator Perhitungan (%)
1	95.56%
2	90.46%
3	96.38%
4	91.67%
5	96.55%

6	94.05%
7	91.36%
8	96.05%
9	90.44%
10	92.10%
Rata-Rata	93.46%



Gambar 4.5 Grafik Efisiensi Generator

Dari hasil perhitungan pada lampiran dengan menampilkan tabel diatas maka dapat diketahui nilai efisiensi generator dengan metode perhitungan, didapatkan nilai efisiensi generator terendah yaitu 90.44% dan efisiensi tertinggi yaitu 96.55% dengan nilai efisiensi rata-rata 93.46%.

Tabel 4.9 : Daya Turbin Aktual Daya dan Turbin Desain

Tanggal	Daya Turbin Aktual Wta (MW)	Daya Turbin Desain WTD (MW)
1 November	5.861	5.718
2 November	6.082	5.734
3 November	5.812	5.714
4 November	6.008	5.685
5 November	5.803	5.713
6 November	6.061	5.874
7 November	6.026	5.747
8 November	5.830	5.701
9 November	6.081	5.727
10 November	6.081	5.781

C. Perhitungan Perbandingan Daya Aktual Turbin dengan Daya desain turbin

Dengan daya aktual turbin dapat dihitung nilai efisiensi terhadap desain:

a. Tanggal 1 November 2018

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \eta &= \frac{\eta \text{ aktual}}{\eta \text{ desain}} \\ &= \frac{\frac{\text{load}}{W_{td}} \times 100\%}{\frac{\text{load}}{W_{td}} \times 100\%} \times 100\% \\ &= \frac{W_{td}}{w_{ta}} \times 100\% \\ &= \frac{5.718}{5.861} \times 100\% \\ &= 97.34\% \end{aligned}$$

Dengan daya aktual turbin dapat dihitung nilai efisiensi terhadap desain, berdasarkan dari hasil perhitungan pada lampiran didapatkan hasil perbandingan pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 : Efisiensi kondisi aktual dari desain

Tanggal	Efisiensi Aktual(%)	Efisiensi Desain (%)
1	95.56%	97.34%
2	90.46%	94.27%
3	96.38%	98.31%
4	91.67%	94.62%
5	96.55%	98.44%
6	94.05%	96.91%
7	91.36%	95.37%
8	96.05%	97.78%
9	90.44%	94.17%
10	92.10%	95.06%
Rata-Rata	93.46%	96.23%

Rata-rata efisiensi aktual turbin generator adalah 93.46% dan efisiensi turbin generator dari desain adalah 96.23%. Hal ini berarti turbin generator masih dalam kondisi baik.

4.2 Hasil Analisa

Berdasarkan grafik efisiensi Boiler PLTU PG. Semboro pada tanggal 1-10 November 2018 dengan nilai rata-rata Boiler Yoshimine sebesar 84.30%, Weltes 84.29%, dan Takuma 85.99% dengan perhitungan efisiensi menggunakan metode langsung atau input – output, pada dasarnya efisiensi boiler merupakan parameter performa kerja boiler pada setiap pembangkitan, pada PLTU PG. Semboro kondisi boiler masih dalam kondisi yang baik.

Perhitungan berdasarkan kondisi di lapangan maka diperoleh efisiensi konversi energi di turbin sebesar 95.17%. Dengan menggunakan entalpi steam yang masuk ke turbin (h1) dan entalpi steam yang keluar dari turbin (h2) membandingkan dengan keadaan adiabatik sistem berdasarkan siklus Rankine.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.6, terlihat nilai efisiensi daya turbin generator ST-300 7MW mengalami perubahan yang fluktuatif. Selama 10 hari pengamatan didapatkan nilai efisiensi terendah terjadi pada hari kesembilan (9 November 2018) sebesar 90.44% sedangkan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada hari kelima (5 November 2018) sebesar 96.55%. Sedangkan untuk efisiensi desain didapat nilai efisiensi terbesar pada tanggal (5 November) senilai 98.44% dan terkecil pada tanggal (9 November) senilai 94.17%.

Efisiensi pada generator tidak bisa mencapai 100%, hal ini disebabkan oleh rugi-rugi yang ada pada generator tersebut. Pada buku *Electric Machinery Fundamentals*, SJ. Chapman dijelaskan bahwa rugi-rugi generator meliputi rugi-rugi panas pada kumparan (winding) dan rugi-rugi pada inti generator (core), serta rugi-rugi mekanik akibat gesekan terhadap udara pada saat berputar. Rugi-rugi panas yang dihasilkan inti dan kumparan generator dipengaruhi oleh sistem pendinginannya (generator *cooling system*). Hal ini menyebabkan efisiensi pada generator dapat mengalami perubahan yang fluktuatif saat beroperasi.

Berdasarkan pada Tabel 4.6, didapatkan nilai rata-rata efisiensi daya turbin generator ST-300 sebesar 93.46%. Mengacu pada manual book “*Electric Operation Manual Generator and Electrical Equipment*” diketahui nilai efisiensi generator secara desain sebesar ±96%. Apabila dibandingkan dengan nilai efisiensi hasil perhitungan pada generator, nilai efisiensi Turbine Generator ST-300 7MW pada PLTU di PG. Semboro saat ini telah mengalami penurunan sebesar 3%. Akan tetapi nilai Daya output generator kurang efisien terhadap pemanfaatan daya turbin generator karena output daya turbin generator tidak sesuai pada spesifikasi alat, hal ini disebabkan oleh :

1. Rugi-rugi yang ada pada generator salah satunya adalah rugi-rugi mekaniknya.
2. Kebocoran uap pada pipa-pipa transmisi.
3. Rugi gesekan dapat disebabkan oleh gesekan bantalan dan gesekan udara (windage), yang disebabkan oleh turbulensi udara akibat rotasi jangkar.
4. Faktor perawatan dapat mempengaruhi besarnya rugi gesekan.
5. Pembersihan secara berkala pada pipa transmisi uap dan separator dapat mempengaruhi kinerja turbin generator.

6. Kebutuhan Uap pada system pembangkitan tenaga listrik harus tetap stabil agar tidak terjadi penurunan daya dan terjadi trip.
7. Produksi Uap harus melebihi total konsumsi uap pada proses pemasakan nira gula dan proses pembangkitan tenaga listrik.

5. Kebocoran jalur pipa-pipa uap diharapkan dapat di kurangi atau di tutup karena dapat mempengaruhi kinerja turbin.
6. Untuk mengetahui biaya pengeluaran dan pemasukan pengoperasian PLTU dilakukanlah analisa perhitungan agar data lebih akurat dengan secara berkala.
7. Untuk mendapatkan nilai efisiensi turbin generator yang baik seharusnya pemeliharaan dan pengujian dilakukan secara berkala terhadap semua komponen dari turbin generator.

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah kegiatan Penelitian yang telah dilakukan pada PLTU PG. Semboro dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil perhitungan sesuai data selama 10 hari dimana daya turbin generator dan efisiensi generator mengalami kenaikan dan penurunan yang disebabkan oleh naik turunnya hasil dari Turbine Heat Rate, pembakaran ampas yang tidak maksimal, karakteristik dari ampas, penurunan beban yang dihasilkan, kebocoran uap pada pipa-pipa transmisi, kesalahan dalam pengoperasian dan perawatan serta factor-faktor lain.
2. Perbandingan naik turunnya daya turbin generator dan efisiensi generator tidak mengalami perubahan yang signifikan yaitu sebesar $\pm 6\text{MW}$ untuk daya turbin generator dan $\pm 3\%$ untuk efisiensi generator, jadi hasil perhitungan dan analisa tersebut bahwa daya turbin generator dan efisiensi generator masih berada batas normal sesuai data yang diambil di PLTU PG. Semboro selama 10 hari.

5.2 Saran

Saran-saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian di PLTU PG. Semboro adalah sebagai berikut:

1. Sistem pembakaran harus diperbaiki untuk meningkatkan efisiensi pembakaran sehingga dapat mengurangi penggunaan bahan bakar.
2. Diharapkan dilakukan pengecekan pada aplikasi kontrol di CCR, karena terdapat beberapa variabel yang tidak menunjukkan nilai yang seharusnya dan hanya tampil angka nol (0.00).
3. Diharapkan stabilitas konsumsi uap ke turbin dijaga sehingga dapat memenuhi kebutuhan beban pada generator.
4. Menggunakan oxygen analyzer untuk mengontrol kandungan oksigen di ruang bakar sehingga dapat mencapai pembakaran yang ideal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardian km., *Perhitungan Daya Output High Pressure Turbine & Intermediate Pressure Turbine dengan Metode Penurunan Enthalpy*. Makalah Kerja Praktek
- [2] Bambang Sugiantoro. *Metode Analisis Energy Perhitungan Metode Direct And Indirect (Heat Rate/Tara Kalor) Bahan Bakar Batu Bara Dan Pengaruhnya Pada Performance Sistem Uap*. Jurnal Intuisi Teknologi dan Seni. ISSN 1978-2497.
- [3] Caturwati, NK., dkk., *Pengaruh Temperatur Lingkungan Terhadap Efisiensi Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)*, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa : Makalah Prosiding Seminar Nasional AVoER 3, 2011, ISBN : 979-587-395-4.
- [4] Cengel, Yunus A., dkk. 2002. *Thermodynamic Fourth Edition*. McGraw-Hill.
- [5] Chapman, Stephen J, "Electric Machinery Fundamentals", 4rd Edition, Mc Graw – Hill Book Company, Australia, 2004.
- [6] CIBO.1997. *Energy Efficiency Handbook*. Council of Industrial Boiler Owners. Burke
- [7] Djiteng Marsudi Ir, 2005, "Pembangkitan Energi listrik", Erlangga, Jakarta.
- [8] Dwi Cahyadi. *ANALISA PERHITUNGAN EFISIENSI TURBINE GENERATOR QFSN-300-2-20B UNIT 10 dan 20 PT. PJB UBJOM PLTU REMBANG*, UNDIP : UNDIP : Makalah Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik.
- [9] Jamaludin. Iwan Kurniawan, *ANALISIS PERHITUNGAN DAYA TURBIN YANG DIHASILKAN DAN EFISIENSI TURBIN UAP PADA UNIT 1 DAN UNIT 2 DI PT. INDONESIA POWER UBOH UJP BANTEN 3 LONTAR*, Universitas Muhammadiyah Tangerang: Universitas Muhammadiyah Tangerang: Makalah Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik.

- [10] Kulshrestha, S. K. 1989. Termodinamika Terapan, Teknik Uap dan Panas. UI-Press. Jakarta.
- [11] Manual *Book* PT. Indonesia Power Uboh UJP Banten 3 Lontar.
- [12] Michael J. Moran, Howard N. Shapiro. 2004. Termodinamika Teknik Jilid II. Jakarta : Erlangga
- [13] NW Power, dan Dongfang Electric, *Turbine Operation Manual*, PLTU 1 Jawa Tengah Rembang.
- [14] NW Power, dan Dongfang Electric, *Electric Operation Manual Generator and Electrical Equipment*, PLTU 1 Jawa Tengah Rembang.

BIODATA



Teguh Priambodo lahir di Jember, 29 November 1995. Telah menempuh Pendidikan mulai dari TK Pertiwi Sukoreno selama 1 tahun, melanjutkan ke SDN 02 Sukoreno selama 6 tahun, kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 1 Umbulsari selama 3 tahun, SMA Negeri 1 Kencong selama 3 tahun. Saat ini penulis sedang menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jember angkatan 2015.