

ANALISA PENGARUH *LOAD CAPACITY* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP TANJUNG AWAR-AWAR 350 MW TERHADAP EFISIENSI TURBIN GENERATOR QFSN-350-2 UNIT 1

Joko Purnomo

S1 Pendidikan Teknik Mesin Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: jokopurnomo@mhs.unesa.ac.id

Mohamad Effendy

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: mohammadeffendy@unesa.ac.id

Abstrak

Peningkatan kebutuhan listrik di berbagai bidang harus selaras dengan usaha untuk meningkatkan efisiensi sistem pembangkit. Peralatan utama yang perlu diperhatikan efisiensinya adalah boiler, turbin, generator, kondenser dan pompa. Fokus pada penelitian ini mengevaluasi peralatan turbin uap dan generator yang merupakan salah satu peralatan di PT PJB UBJ O&M PLTU Tanjung Awar-Awar. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah mengetahui pengaruh perubahan *load capacity* pembangkit listrik tenaga uap tanjung awar-awar 350 MW terhadap efisiensi turbin generator pada unit 1. Penelitian dilakukan dengan memvariasi perubahan kenaikan *load capacity* saat PLTU sedang beroperasi yaitu *load capacity* 75%, 85% dan 100%. Hasil data operasi dihitung secara teoritis dan matematis dengan metode analisa termodinamika. Hasil penelitian menunjukkan (1) terdapat pengaruh kenaikan *load capacity* terhadap efisiensi isentropis turbin, berturut-turut dari *load capacity* 75%, 85% dan 100% memiliki efisiensi sebesar 89,02%, 90,42% dan 91,77%. (2) Terdapat pengaruh *load capacity* terhadap efisiensi turbin generator. Nilai efisiensi turbin generator berturut-turut dari beban 75%, 85% dan 100% yaitu 86,02%, 87,2% dan 88,64% sedangkan untuk generator, pengaruh *load capacity* tidak berpengaruh besar terhadap efisiensinya yaitu 95,32% 95,45% dan 95,98%.

Kata kunci: Efisiensi turbin generator, *Load capacity*, Analisis energi, PLTU Tanjung Awar-Awar.

Abstract

Increasing electricity needs in all fields must be aligned with the effort to improve the efficiency of power generation systems. The main noteworthy equipment efficiency is the boiler, turbine, generator, condenser and pumps. The focus on this research evaluates the steam turbine and generator equipment which is one of the equipment PT PJB UBJ O & M PLTU Tanjung Awar-Awar. The purpose of doing this research is to know the influence of the change of load capacity of steam power plant tanjung awar-awar 350 MW turbine generator efficiency against on unit 1.. Research done by doing a changes to increase load capacity when PLTU is operating i.e. load capacity 75%, 85% and 100%. The result of the data operation calculated theoretically and mathematically with the method termodinamika. The results showed (1) there is the influence of the increase in load capacity against the efficiency of isentropis, a row of load capacity 75%, 85% and 100% efficiency of 89.02%, 90.42% and 91.77%. (2) there is an influence of load capacity towards the efficiency of the turbine generator. The value of the efficiency of the turbine generator in a row from the burden of 75%, 85% and 100% i.e., 86.02%, 87.2% and 88.64% whereas for the generator, effect by load capacity has no effect on efficiency that is 95.32% 95.45% and 95.98%.

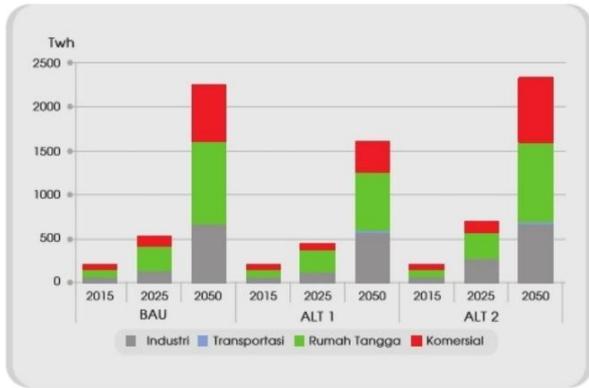
Keywords: *Efficiency of turbine generators, Load capacity, Energy analysis, Tanjung Awar-Awar PLTU.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

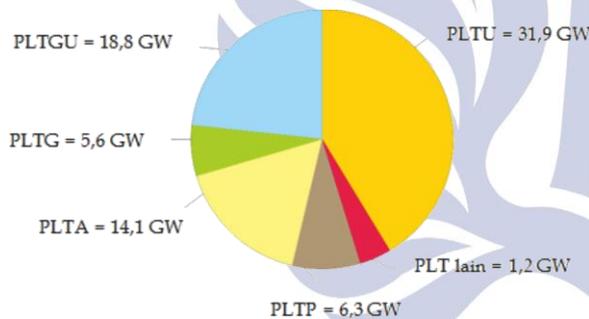
Energi listrik merupakan energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Peningkatan kebutuhan listrik di bidang industri, teknologi dan pembangunan mengakibatkan produksi tenaga listrik harus

ditingkatkan. Dari gambar dibawah dapat dilihat bahwa ada empat sektor yang membutuhkan energi listrik terbesar jika diproyeksikan oleh outlook energi indonesia sampai tahun 2050. Jika diurutkan dari yang terbesar empat sektor tersebut adalah sektor rumah tangga, industri, komersial dan transportasi.



Gambar 1 Permintaan tenaga listrik menurut sektor

Pemerintah Indonesia telah berupaya meningkatkan sistem pembangkitan energi listrik. PT PLN (persero) sebagai perusahaan negara yang mengelola dalam pendistribusian listrik di Indonesia sejak tahun 2011 terus membangun infrastruktur ketenagalistrikan di Indonesia. Hal ini dilakukan baik dari penambahan pembangunan berbagai jenis pembangkit, transmisi, dan gardu induk. Salah satu langkah yang diambil yaitu dengan mencanangkan program pembangunan pembangkit listrik 35.000 MW sesuai rencana presiden Joko Widodo pada Mei 2015.



Gambar 2 Distribusi rencana pembangunan pembangkit listrik

Berdasarkan gambar.2, Pembangkitan Listrik Tenaga Uap (PLTU) menjadi energi primer yang paling besar digunakan. Hal ini disebabkan bahan bakar batu bara yang relatif mudah didapat. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi panas dari uap (steam) untuk memutar turbin sehingga dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik melalui komponen generator. Secara garis besar sistem pembangkit listrik tenaga uap terdiri dari beberapa peralatan utama diantaranya: boiler, turbin, generator, dan kondensor

Pada proses pembangkit listrik di PLTU Tanjung Awar-Awar, daya rated yang dibangkitkan (*rated output*) oleh turbine generator sebesar 350 MW sesuai desain dalam manual book. Secara aktual, daya yang dibangkitkan tidak stabil selalu pada nilai rated pada desain. PLTU Tanjung Awar-Awar telah beroperasi selama 4 tahun pada unit 1 dan diindikasikan mengalami banyak permasalahan yang dapat menurunkan efisiensi

unit. Efisiensi generator akan mempengaruhi kinerja dari sistem PLTU. Selama 4 tahun beroperasi, diperkirakan efisiensi generator mengalami penurunan yang diakibatkan beberapa faktor seperti derating (penurunan beban) atau trip (unit shutdown) faktor pemeliharaan, faktor kesalahan pengoperasian dan faktor-faktor lain.

Dosa Ion, Petrilean dan Codrut. 2006, dalam penelitiannya yang berjudul “*Efficiency Assessment of Condensing Steam Turbine*” membahas tentang karakteristik energi turbin K-200-130-1 setelah beroperasi pada beban yang berbeda. efisiensi energi turbin memiliki dampak yang signifikan pada efisiensi pembangkit listrik tenaga uap keseluruhan. Efisiensi termal turbin uap K 200-130-1 memiliki nilai sebesar 44,7%. Turbin operasional sejak tahun 1968, sehingga nilai efisiensi aktual sekarang harus diperhatikan

Gholam Reza Ahmadi dan Davood Toghraie (2016), melakukan penelitian yang berjudul “*Energy and exergy analysis of Montazeri Steam Power Plant in Iran*” Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Montazeri Iran kapasitas unit 200 MW. Hasil dari analisa energi menunjukkan kehilangan energi terbesar terdapat pada kondenser sebesar 296,8 MW mencakup 69,8% energi total di dalam sistem pembangkit. Analisa exergi menunjukkan boiler membuang exergy terbesar 315,39 MW mencakup 85,66% dari total exergy memasuki sistem pembangkit...

Dwi Cahyadi, Hermawan (2015) dalam penelitiannya melakukan analisa perhitungan efisiensi turbin generator pada proses pembangkitan listrik PLTU Rembang kapasitas unit 300MW. Efisiensi generator didapat setelah mencari kerja total aktual turbin uap. Apabila dibandingkan dengan efisiensi generator secara desain sebesar 98%, maka nilai efisiensi Turbin Generator QFSN-300-2-20B saat ini mengalami penurunan sebesar ±5%.

Dari permasalahan diatas perlu dilakukan analisa efisiensi generator apakah generator masih dalam batasan yang andal atau tidak oleh karena itu peneliti ingin melakukan penelitian tentang analisa efisiensi turbin generator tipe QFSN-350-2 unit 1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap Tanjung Awar-Awar 350 MW yang menggunakan batubara sebagai bahan bakarnya.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi, dan batasan masalah yang ada dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- Berapakah nilai efisiensi isentropis turbin pada berbagai variasi *load capacity*?
- Berapakah nilai efisiensi turbin generator pada berbagai variasi *load capacity*?

Tujuan

Penyusunan penelitian ini bertujuan untuk:

- Mengetahui seberapa besar nilai efisiensi isentropis turbin pada berbagai variasi *load capacity*
- Mengetahui seberapa besar nilai efisiensi turbin generator pada berbagai variasi *load capacity*

Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini diantaranya yaitu:

- Bagi Peneliti : sebagai bahan pembelajaran mengenai perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang PLTU.
- Hasil penelitian dapat digunakan sebagai literatur untuk penelitian berikutnya yang berhubungan dengan evaluasi dan peningkatan efisiensi PLTU.
- Hasil penelitian dapat dijadikan rekomendasi untuk dapat melakukan tindakan penghemat energi listrik untuk menunjang produktivitas perusahaan.

METODE

Jenis Penelitian

Berdasarkan permasalahan dan tujuan penelitian ini penulis menggunakan jenis penelitian deskriptif kuantitatif dan deskriptif kualitatif. Termasuk penelitian kuantitatif karena membutuhkan perhitungan matematis dengan metode analisa termodinamika untuk menentukan efisiensi turbin generator. Sedangkan termasuk kualitatif karena penelitian ini menganalisa penyebab turunnya efisiensi turbin generator dan berusaha memberikan rekomendasi untuk perbaikan.

Tempat dan Waktu Penelitian

• Tempat penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada ruang CCR (Center Control Room) untuk mendapatkan data operasi yang berisi parameter-parameter turbin uap dan generator di PT PJB-UBJOM PLTU Tanjung Awar-Awar (2x350 MW) di PT PJB-UBJOM PLTU Tanjung Awar-Awar (2x350 MW) yang beralamat di desa Jenu Kecamatan Jenu Kabupaten Tuban

• Waktu Penelitian

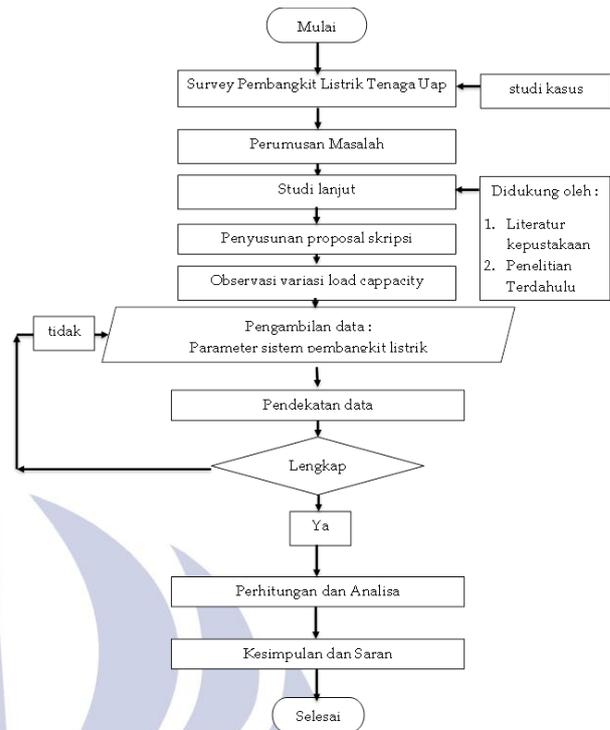
Penelitian ini dilakukan selama 5 bulan, mulai bulan Mei 2018 sampai dengan bulan September 2018.

Objek Penelitian

Objek penelitian dalam penelitian ini yaitu satu unit turbin uap unit 1 PLTU Tanjung Awar-Awar yang terdiri dari turbin tekanan tinggi (high pressure turbine), turbin tekanan menengah (intermediate pressure turbine) , turbin tekanan rendah (low pressue turbine) dan generator.

Rancangan penelitian

Rancangan penelitian yang memuat langkah-langkah yang dilakukan oleh peneliti dalam upaya mengumpulkan dan menganalisis data dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 3. Flowchart Proses Penelitian

Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu atribut atau suatu sifat atau nilai dari orang obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya.

• Variabel terikat:

- Nilai efisiensi turbin,
- kerja aktual turbin, dan
- efisiensi turbin generator

• Variabel bebas:

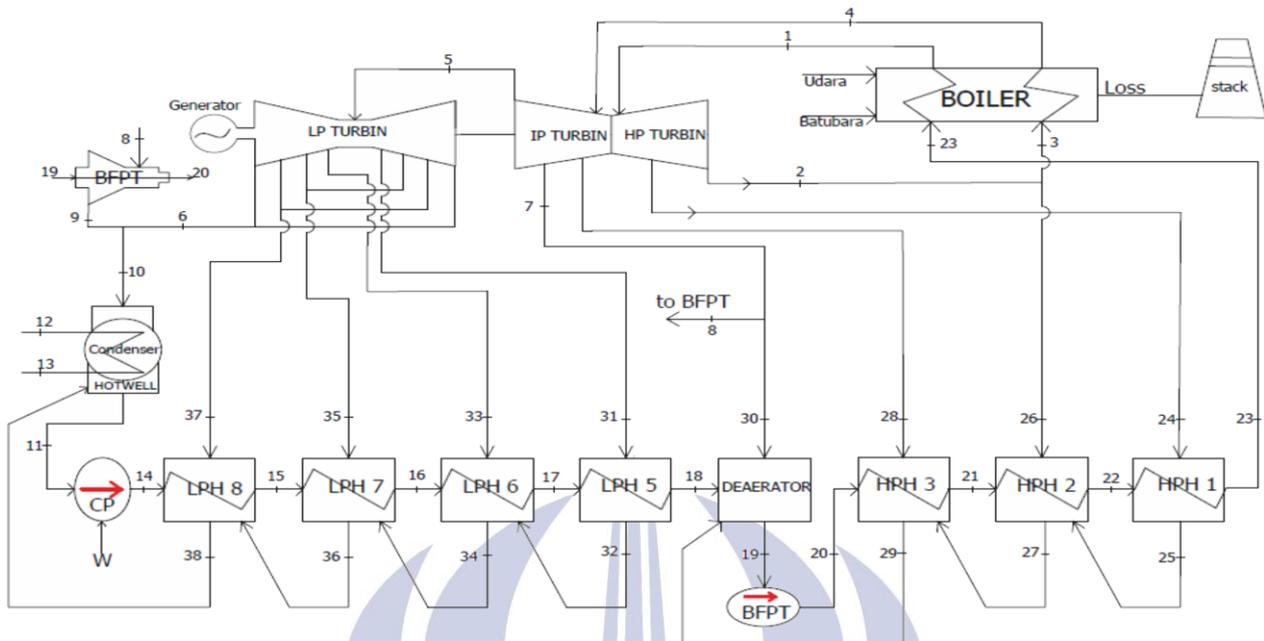
- Data operasi ,
Adalah data parameter yang ditunjukkan pada layar DCS di ruang CCR, yaitu data temperatur, tekanan dan laju massa setiap *typing point* seperti yang dijelaskan pada *Heat balance* PLTU di Gambar 4.

- Perubahan *Load Capacity*

Adalah perubahan naik turunnya beban pembangkit ketika PLTU beroperasi. Data perubahan load capacity didapat setelah melakukan survei

• Variabel kontrol:

- *load capacity* yang akan diketahui setelah observasi



Gambar 4. Heat balance PLTU tanjung awar

Dalam penelitian ini, penulis melakukan beberapa teknik untuk pengumpulan data yaitu :

- Tahap Persiapan
 - Menyiapkan instrumen pengambilan data
 - Memahami dan melakukan SOP pengambilan data sesuai dengan peraturan perusahaan
 - Mempelajari cara pengambilan data dengan benar pada layar DCS di ruang CCR
- Tahap Pengumpulan data
 - Tahap mencari entalpi spesifik (kj/kg)
 - Tahap mencari entropi spesifik (kj/kg.k)
 - Tahap mencari enthalpi isentropis (kj/kg)

Instrumen Penelitian

- Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini:
 - Fitur *Thermodynamic Tables Add-in 2.0.9* yang diinstall pada komputer dan terpasang pada microsoft excell
 - Pressure Gauge, Thermometer, dan Mass flow rate yang terpasang di unit pembangkit

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif dan deskriptif kualitatif. Analisis kuantitatif dilakukan karena membutuhkan perhitungan matematis dengan metode analisa termodinamika untuk menentukan efisiensi turbin generator. Sedangkan Analisis kualitatif dilakukan karena penelitian ini menganalisa penyebab turunnya efisiensi turbin generator dan berusaha memberikan rekomendasi untuk perbaikan

Perhitungan Analisis Energi

a. Total Energi

High Pressure Turbine

$$E_{HPT} = \dot{m}_{24} \cdot (h_1 - h_{24}) + \dot{m}_2 \cdot (h_1 - h_2) \quad \dots(1)$$

Intermediate Pressure Turbine

$$E_{IPT} = \dot{m}_{28} \cdot (h_4 - h_{28}) + \dot{m}_7 \cdot (h_4 - h_7) + \dot{m}_5 \cdot (h_4 - h_5) \quad \dots(2)$$

Low Pressure Turbine

$$E_{LPT} = \dot{m}_{31} \cdot (h_5 - h_{31}) + \dot{m}_{33} \cdot (h_5 - h_{33}) + \dot{m}_{35} \cdot (h_5 - h_{35}) + \dot{m}_{37} \cdot (h_5 - h_{37}) + \dot{m}_6 \cdot (h_5 - h_6) \quad \dots(3)$$

Energi Total

$$E_{total} = E_{HPT} + E_{IPT} + E_{LPT} \quad \dots(4)$$

b. Efisiensi Isentropik

High Pressure Turbine

$$\eta_{hpt} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}} \times 100 \% \quad \dots(5)$$

Intermediate Pressure Turbine

$$\eta_{ipt} = \frac{h_4 - h_5}{h_4 - h_{5s}} \times 100 \% \quad \dots(6)$$

Low Pressure Turbine

$$\eta_{lpt} = \frac{h_7 - h_6}{h_7 - h_{6s}} \times 100 \% \quad \dots(7)$$

c. Kerja Total (W_{total})

High Pressure Turbine

$$W_{HPT} = E_{HPT} \times \eta_{hpt} \quad \dots(8)$$

Intermediate Pressure Turbine

$$W_{IPT} = E_{IPT} \times \eta_{ipt} \quad \dots(9)$$

Low Pressure Turbine

$$W_{LPT} = E_{LPT} \times \eta_{lpt} \quad \dots(10)$$

Total kerja

$$W_{total} = W_{HPT} + W_{IPT} + W_{LPT} \quad \dots(11)$$

d. Laju kerugian energi (Q_{LOSS})

High Pressure Turbine

$$Q_{LOSS.HPT} = E_{HPT} - W_{hpt} \quad \dots(12)$$

Intermediate Pressure Turbine

$$Q_{LOSS.IPT} = E_{IPT} - W_{IPT} \quad \dots(13)$$

Low Pressure Turbine

$$Q_{LOSS.LPT} = E_{LPT} - W_{LPT} \quad \dots(14)$$

Total laju kerugian energy

$$Q_{LOSS.Tot} = Q_{LOSS.HPT} + Q_{LOSS.IPT} + Q_{LOSS.LPT} \quad \dots(15)$$

Efisiensi energi turbin uap dicari dengan membagi total Q_{LOSS} dengan total energi (E) yang masuk

$$\eta_{total} = \frac{W_{total}}{E_{total}} \quad \dots(16)$$

1. Perhitungan Efisiensi Generator

$$\eta_{gen} = \frac{\text{Beban}}{W_T \text{ actual}} \times 100\% \quad \dots(17)$$

2. Perhitungan Efisiensi Turbin Generator

$$\eta_{tb} = \frac{\text{beban generator}}{E_{total}} \times 100\% \quad \dots(18)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data variasi *load capacity* PLTU diambil pada tanggal Rabu 25 Juni 2018 selama satu hari yang bisa dilihat di layar DCS di ruang CCR. Data ini digunakan untuk mengelompokkan variasi perubahan *load capacity*

Tabel 1. Data variasi *load capacity*

Variasi persentase (%)	Beban (MW)
75%	260,6 MW
85%	297,9 MW
100%	340,7 MW

Data operasi diambil pada *load capacity* yang berbeda-beda sesuai tabel 1. Pengaruh variabel lain yang mempengaruhi data operasi seperti perubahan *Heating Value* bahan bakar, keandalan *equipment* diabaikan (dianggap tidak mempengaruhi). Hasil perhitungan dari data operasi ditunjukkan pada tabel 2.

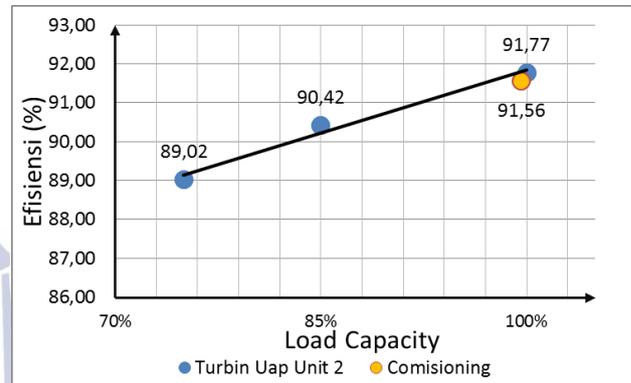
Tabel 2. Hasil perhitungan data

Parameter	Data Variasi Load Capacity				
	75%	85%	100%	Comisioning	
Beban (MW)	260,60	297,9	340,7	340,90	
Total Energi Masuk Sistem (MW)	302,96	341,65	384,36	382,90	
Efisiensi energi	HPT	75,31	79,08	83,99	83,97
	IPT	93,83	95,49	95,52	96,71
	LPT	97,91	96,68	95,80	93,99
Laju Kerugian Energi	HPT	21,90	20,40	17,60	18,10
	IPT	4,82	3,91	4,34	3,22
	LPT	2,84	5,22	7,46	10,34
Total Kerja Aktual Turbin (MW)	273,39	312,11	354,97	351,24	
Efisiensi Generator (MW)	95,32	95,45	95,98	97,06	
Efisiensi Turbin Gnerator (MW)	86,02	87,20	88,64	89,03	

Turbin pada PLTU terdiri dari tiga tingkat tekanan turbin yaitu HP, IP dan LP Turbin. Analisa energi turbin uap penelitian ini menggunakan perhitungan efisiensi isentropik yaitu perbandingan antara kinerja aktual sebuah peralatan dan kinerja yang dapat dicapai dibawah keadaan ideal. Keadaan ideal dicapai ketika nilai entropi masuk sama dengan keluar. Perhitungan analisis energi pada turbin uap dilakukan secara *overall*(satu kesatuan turbin)

yang ditunjukkan oleh gambar 5. Evaluasi lebih detail dilakukan dengan melihat efisiensi isentropis di masing masing tingkat tekanan turbin uap yang ditunjukkan pada gambar 6.

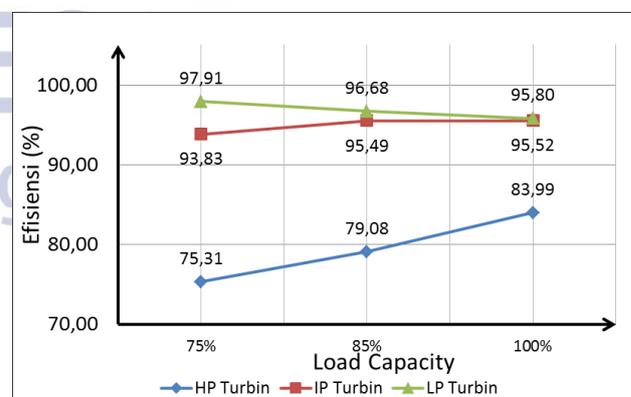
• Efisiensi Isentropik Turbin uap



Gambar 5. Grafik Efisiensi isentropik turbin uap

Berdasarkan gambar 5 di atas dapat dilihat bahwa nilai efisiensi isentropis turbin uap mempunyai kecenderungan meningkat seiring dengan kenaikan *load capacity*. Nilai efisiensi isentropik dari yang tertinggi berturut-turut pada beban 100%, 85% dan 75% yaitu sebesar 91,77%, 90,46% dan 89,02%. Efisiensi turbin uap pada data *comisioning* terletak pada garis linier yang terbentuk dari data penelitian, hal ini menunjukkan turbin uap masih dalam kategori handal. Besar penurunan efisiensi isentropik mempengaruhi besar laju kerugian energi. Semakin kecil nilai efisiensi isentropik maka laju kerugian energi turbin uap yang dihasilkan akan semakin besar.

• Efisiensi Isentropis Tiap Tingkatan tekanan Turbin uap



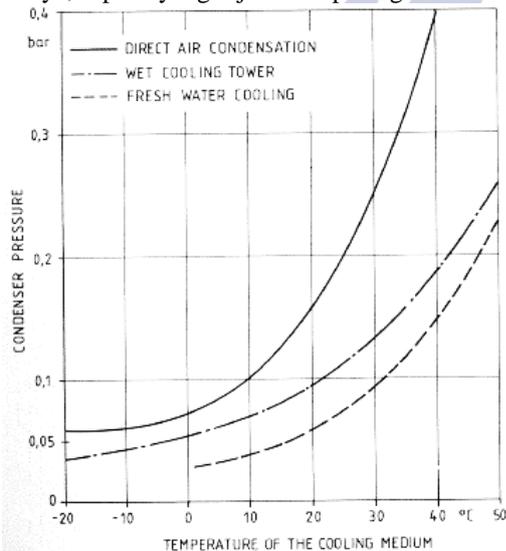
Gambar 6. Grafik Efisiensi isentropik tiap tingkatan tekanan turbin uap

Berdasarkan gambar 6 diketahui seiring kenaikan perubahan *load capacity*, kecenderungan HP Turbin dan IP turbin mengalami kenaikan efisiensi, sedangkan terjadi penurunan pada LP Turbin. HP Turbin mengalami

kenaikan efisiensi yang signifikan berbanding terbalik dengan LP Turbin yang semakin mengalami penurunan.

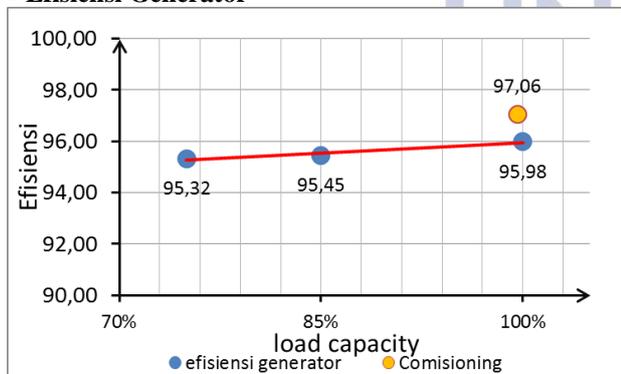
Hasil dari penjelasan diatas menunjukkan bahwa perubahan efisiensi terbesar pada HPT dan LPT. HPT mengalami kecenderungan kenaikan yang tinggi seiring kenaikan *load capacity*, berbanding terbalik dengan LPT yang mengalami penurunan signifikan ketika *load capacity* semakin naik. Data operasi (tekanan dan temperatur) masuk dan keluar pada LP turbin sangat mempengaruhi nilai efisiensi isentropis LP turbin.

Faktor yang menyebabkan naik turunnya tekanan keluar LP Turbin salah satunya adalah temperatur air pendingin kondenser. Kondisi ini yang mengakibatkan kenaikan tekanan kondenser (vakum turun) seperti penjelasan pada buku *Combined-cycle gas and steam turbine power plants* oleh Rolf Kehlhof. Semakin rendah temperatur pendingin kondensor maka akan membuat tekanan vakum kondensor lebih besar dan sebaliknya, seperti yang dijelaskan pada gambar 4.12.



Gambar 7. Grafik Efisiensi isentropik turbin uap

• Efisiensi Generator

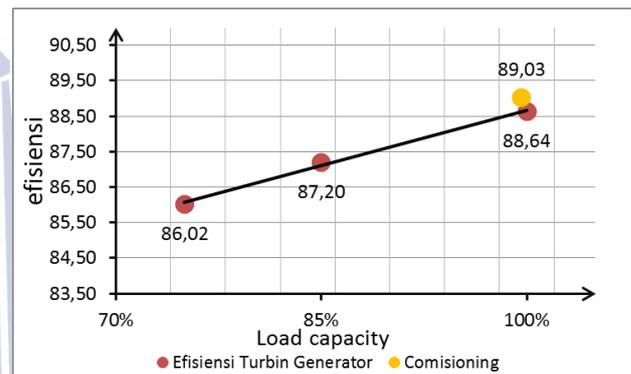


Gambar 9. Grafik Efisiensi Generator

Berdasarkan gambar 9 menunjukkan efisiensi generator pada setiap perubahan *load capacity* cenderung konstan meskipun tetap ada kenaikan efisiensi . Efisiensi generator tidak bisa mencapai titik 100%, hal ini dikarenakan rugi-rugi yang ada pada generator. Pada buku *Electric Machinery Fundamental, S.J. Chapman*

dijelaskan tentang rugi-rugi generator meliputi rugi panas pada kumparan (*winding*) dan rugi pada inti generator (*core*), serta rugi mekanik akibat adanya gesekan terhadap udara saat berputar, dan gesekan poros dengan bantalan. Data comisioning unit menunjukkan nilai efisiensi generator sebesar 97,06%. Hasil perhitungan statistik microsoft excel dapat diprediksi interval antara data aktual dengan comisioning berkisar 1,13%, angka tersebut sekaligus penurunan performa generator dari efisiensi optimal yang pernah dicapai generator saat pertama kali dioperasikan

• Efisiensi Turbin Generator



Gambar 10. Grafik Efisiensi Turbin Generator

Gambar 4.11 menunjukkan bahwa besar efisiensi turbin generator berbanding lurus dengan kenaikan *load capacity*. Semakin besar *load capacity* maka kecenderungan efisiensi turbin generator semakin besar. data comisioning pada turbin generator yaitu sebesar 89,03%. Hasil perhitungan statistik pada microsoft excel dapat diprediksi interval jarak antara efisiensi turbin generator dari data aktual dengan data comisioning yaitu sebesar 0,5%. Angka tersebut sekaligus menunjukkan penurunan performa turbin generator dari efisiensi optimal yang pernah dicapai generator saat pertama kali dioperasikan. Turbin uap berperan besar terhadap penurunan performa turbin generator, dikarenakan banyak potensi-potensi kerugian pada sistem turbin uap.

PENUTUP
Simpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengolahan data serta analisa pembahasan pengaruh variasi kenaikan *load capacity* terhadap efisiensi turbin generator PLTU Tanjung Awar-awar, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Terdapat pengaruh perubahan *load capacity* terhadap performa turbin uap yaitu semakin besar *load capacity* pembangkit akan meningkat pula efisiensi turbin uap. Kerugian (*loses*) berbanding terbalik dengan efisiensi yaitu semakin tinggi efisiensi turbin uap maka semakin kecil kerugian energi seperti pada grafik pembahasan. Kecenderungan HP dan IP turbin mengalami kenaikan seiring kenaikan *load capacity*

sedangkan LP turbin memiliki kecenderungan menurun performanya seiring kenaikan *load capacity*

- Terdapat pengaruh *load capacity* terhadap efisiensi turbin generator. sedangkan untuk generator *load capacity* tidak berpengaruh besar terhadap efisiensinya yaitu 95,32% 95,45% dan 95,98%. Perbandingan efisiensi generator antara aktual dengan comisioning yang bernilai 97,06% mengalami penurunan $\pm 2\%$ yang disebabkan banyak factor

Saran

- Setelah dilakukan perhitungan performa pada turbin dan generator pada kesimpulan terlihat terjadi penurunan performa pada turbin dan generator meskipun sedikit, maka sebaiknya dilakukan tindakan ataupun langkah – langkah yang oleh bagian perawatan PLTU dilakukan perbaikan pada suatu sistem turbin dan generator agar penurunan nilai efisiensi pada turbin dan generator dapat berhenti. Identifikasi hasil penurunan performa generator dengan cara:
 - a. Analisis *loses* panas dengan bantuan *thermal imager*
 - b. Analisis *loses* gesekan dengan bantuan *vibration analys* untuk memeriksa getaran atau gesekan rotor dan stator
- Diharapkan dilakukan pengecekan pada sensor-sensor pengukuran karena ada beberapa sensor yang kurang akurat dalam pengukuran. Bertujuan agar saat pengambilan data lebih valid.

DAFTAR PUSTAKA

Cahyadi , Dwi dan Hermawan, (2015). “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..

Data Statistik PLN. 2017. “Rencana Pembangunan Pembangkit yang dipenuhi PLN di Indonesia tahun 2017-2026”. PT. PLN (PERSERO).

Dosa Ion, Petrilean dan Codrut. 2006. Department of Mechanical Engineering, Industrial Engineering and Transportation University of Petrosani. “Efficiency Assessment of Condensing Steam Turbine”

International Energy Agency (IEA), (2016) “outlook energi indonesia 2016”

Manual Book “PLTU 3 Jawa Timur Tanjung Awar-Awar 2x350 MW Power Plant Turbin Operation”.

Manual Book “PLTU 3 Jawa Timur Tanjung Awar-Awar 2x350 MW Power Plant Boiler Operation”

Manual Book “PLTU 3 Jawa Timur Tanjung Awar-Awar 2x350 MW Power Plant Generator Maintenance Manual”

Manual Book “PLTU 3 Jawa Timur Tanjung Awar-Awar 2x350 MW Power Plant condenser Operation”

Mavendra, Dede dan Prasetyadi, A, (2016). “Kalkulasi Efisiensi Daya Mesin PLTGU Dengan pola operasi 2-2-1 dan 3-3-1 PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Semarang”. Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma :Yogyakarta.

Satrio, Pujo dan Nasruddin (2015). “Analisa Energi, Exergi dan Optimasi pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Super Kritis 660 MW”, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Santoso, D dan Basri, Hasan, (2011). “ Analisis Eksergi Siklus Kombinasi Turbin Gas-Uap Unit PLTGU Inderalaya”. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Inderalaya Km.32, Inderalaya.

Yunus A. Cengel and Michael A.Boles. (2002) “ *Thermodynamics An Engineering Approach* 5th Edition”. McGraw Hill Companies, New York