



# UNJUK KERJA DAN EFISIENSI TURBIN UAP DAN GENERATOR (TG-65) PADA PEMBANGKIT LISTRIK UNIT SISTEM UTILITAS DEPARTEMEN PRODUKSI IIIA PT PETROKIMIA GRESIK

Pingky Fantika Wulandari<sup>a\*</sup>, Delfian Lutfiananda<sup>b</sup>, Ketut Sumada<sup>a</sup>, Lilik Suprianti<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur, 60293, Indonesia

<sup>b</sup>PT Petrokimia Gresik, Jl. Jenderal Ahmad Yani, Ngipik, Karangpoh, Gresik, Jawa Timur, 61119, Indonesia

\*E-mail : [pingkyfantika37@gmail.com](mailto:pingkyfantika37@gmail.com)

## INFO ARTIKEL

### Riwayat artikel:

Diajukan pada 20 Desember 2022

Direvisi pada 25 Januari 2023

Disetujui pada 11 Februari 2023

Tersedia daring pada 25 Februari 2023

### Kata kunci:

Pembangkit listrik, generator, turbin uap, petrokimia

### Keywords:

Power generation, steam generator, turbine, petrokimia

## ABSTRAK

*Power generation* merupakan salah satu unit penting dalam sistem utilitas suatu pabrik. *Power generation* pada pabrik IIIA PT Petrokimia dijalankan menggunakan tenaga uap (*steam*). Salah satu komponen yang terdapat pada *power generation unit* yaitu turbin & generator. Untuk mengetahui performa dari turbin-generator diperlukan analisis efisiensi dari alat tersebut. Analisis ini dapat dilakukan menggunakan perhitungan yang diperoleh dari literatur dan data yang diperoleh dari lapangan. Berdasarkan hasil perhitungan analisis efisiensi didapatkan efisiensi turbin-generator tertinggi yaitu pada tanggal 24 November 2022 dengan efisiensi berturut-turut sebesar 91,5% % dan 90,1%.

## ABSTRACT

*Power generation is one of the important units in a factory utility system. Power generation at PT Petrokimia's IIIA plant is run using steam. One of the components contained in the power generation unit is the turbine & generator. To determine the performance of the turbine-generator, it is necessary to analyze the efficiency of the device. This analysis can be carried out using calculations obtained from the literature and data obtained from the field. Based on the results of the efficiency analysis calculation, the highest turbine-generator efficiency was obtained on November 24, 2022 with successive efficiencies of 91,5% and 90,1%.*

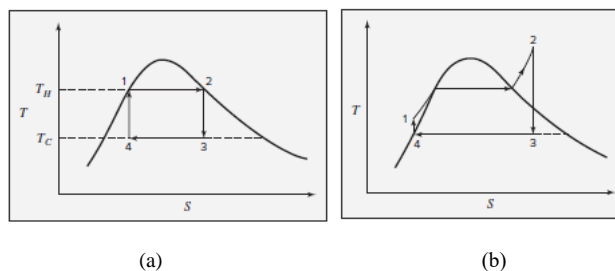
## 1. PENGANTAR

PT Petrokimia Gresik terdiri dari tiga unit departemen produksi, yaitu unit produksi I, unit produksi II, dan unit produksi III. Dalam pengembangan bisnisnya, departemen produksi III sendiri terbagi menjadi departemen produksi IIIA dan IIIB. Masing-masing departemen produksi pada PT Petrokimia Gresik memiliki unit utilitas untuk menyediakan bahan-bahan penunjang operasional pabrik seperti *cooling water*, *steam*, listrik, dan sebagainya. Unit utilitas pada pabrik IIIA menggunakan *power generation* sebagai penyuplai kebutuhan listrik di wilayah produksi IIIA. Secara umum, daya yang mampu dihasilkan oleh *power generation unit* ini adalah sekitar 20 MW. Daya tersebut diperoleh dari dua jenis turbin yang digunakan yaitu *back pressure turbine* (TG-65) dan *condensing turbine* (TG-66). Saat ini, *condensing turbine* (TG-65) pada unit utilitas tidak beroperasi karena terdapat *trouble* pada *Automatic Voltage Regulator* (AVR) yang biasa digunakan untuk menstabilkan tegangan keluaran yang dihasilkan generator. Sehingga untuk menghindari terjadinya *blackout* pada wilayah produksi IIIA maka pada *power generation unit* ini hanya mengoperasikan *back pressure turbine*. Selain turbin, komponen utama yang terdapat pada *power generation unit* adalah generator. Dimana generator merupakan sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik (Kurniasari, 2017). *Steam turbine* bekerja dengan memanfaatkan panas dari *steam* (uap) kemudian diubah menjadi energi mekanis yang dihubungkan oleh *shaft* atau poros turbin pada generator untuk menghasilkan energi listrik (Ria, 2022). Gangguan efisiensi generator dapat berakibat fatal pada generator sehingga dapat menyebabkan generator tidak bekerja secara optimal dan sistem kelistrikan dapat mengalami *blackout*. Efisiensi pada *steam turbine generator* sangat mempengaruhi kinerja *power generation unit*. Semakin besar efisiensi generatornya maka keandalan sistem juga semakin baik (Muharrir, 2019).

Komponen konversi energi utama dari pembangkit listrik tenaga uap adalah turbin uap. Fungsi turbin uap adalah untuk mengubah energi termal uap menjadi energi listrik melalui generator yang dikopel. Sistem turbin terdiri dari dua komponen terpisah, yaitu turbin uap yang mengubah energi panas menjadi energi mekanik serta generator yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik (Setiawan, 2022). *Steam turbine* adalah mesin yang berfungsi untuk mengubah energi termal menjadi energi poros. Terdapat dua jenis turbin uap penggerak generator, yaitu *Back Pressure Turbine* dan *Condensing Turbine*. *Back Pressure Turbine* terdiri atas 9 *stage* yang digerakkan oleh *steam* bertekanan tinggi sekitar  $62,5 \text{ kg/cm}^2$ . Energi dari *steam* ini berupa energi panas dan tekanan yang diubah menjadi energi gerak melalui beberapa proses. *Condensing Turbine* terdiri atas 17 *stage* yang digerakkan oleh *steam* bertekanan tinggi. Proses terjadinya listrik sama dengan proses yang terjadi pada *Back Pressure Turbine*, hanya saja turbin jenis ini dapat beroperasi secara kondensasi total, secara ekstraksi dan secara induksi (Anggraini, 2018). Sedangkan generator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Apabila rotor generator diputar pada kecepatan konstan, fluks magnetik yang dihasilkan arus eksitasi pada belitan medan rotor menginduksi tegangan pada belitan jangkar stator. Tegangan induksi stator ini meningkat secara linier sesuai dengan peningkatan arus eksitasi hingga terjadi kejenuhan pada inti rotor. Apabila terminal rotor dihubungkan dengan beban, akan mengalir arus pada belitan jangkar stator, dan terjadilah transfer daya dari generator ke beban tersebut. Pada PLTU, generator dikopel langsung dengan turbin uap kemudian akan menghasilkan tegangan listrik manakala turbin tersebut berputar (Wildani dkk, 2021).

### 1.1. Model Siklus Power Generation

Terdapat dua jenis siklus yang umumnya diaplikasikan pada pembangkit listrik tenaga uap, yaitu Siklus Rankine dan Siklus Carnot. Pada Siklus Carnot terdapat 4 (empat) proses yaitu dua proses isothermal dan dua proses adiabatik. Pada kondisi 1-2, cairan dipanaskan secara reversibel isothermal dalam *boiler*. Kondisi 2-3 diperluas secara adiabatik dalam turbin. Kemudian pada kondisi 3-4 fluida kerja dikondensasi secara reversibel dan isothermal dalam kondensor. Selanjutnya pada kondisi 4 fluida dikompresi secara isentropis oleh kompresor lalu kembali ke kondisi 1 (Smith dkk, 2009). Efisiensi dari Siklus Carnot meningkat seiring dengan bertambahnya suhu yang menyebabkan panas masuk ke sistem atau dengan penurunan suhu yang menyebabkan panas dibuang dari sistem. Oleh karena itu, untuk mendapatkan efisiensi semaksimal mungkin, maka dibutuhkan nilai  $T_c$  seminimal mungkin atau  $T_H$  yang sangat tinggi hingga nilai  $T_c$  dapat diabaikan. Namun hal ini secara praktiknya tidak mungkin terjadi karena Siklus Carnot merupakan siklus ideal. Siklus Rankine berawal dari kekurangan Siklus Carnot sehingga prinsip memanaskan *steam* di *boiler* dan mengembunkannya di kondensor dimunculkan untuk mengatasinya. Adapun siklus tersebut disebut siklus Rankine. Tahapan siklus Rankine bermula dari kondisi 1-2 dimana fluida berfasa cair akan mengalami kompresi isentropik dalam pompa. Selanjutnya, pada kondisi 2-3 terjadi penyerapan panas pada tekanan tetap di boiler dan terjadi perubahan fasa fluida dari air menjadi uap atau *superheated steam*. Pada kondisi 3-4, fluida yang berfasa uap akan mengalami ekspansi secara isentropis di dalam turbin untuk menghasilkan kerja serta terjadi proses pembuangan panas secara isobarik di kondensor. Pada kondisi 4, fluida keluaran kondensor berubah fasa menjadi cair yang kemudian di ekspansi dengan tekanan tetap dan akan digunakan kembali pada tahap 1 (Rout, 2013).



**Gambar 1** Model Siklus Power Generation (a) Siklus Carnot, dan (b) Siklus Rankine

Siklus turbin uap adalah siklus rankine yang terdiri dari dua jenis siklus yaitu : 1) siklus terbuka, dimana sisa uap dari turbin langsung dipakai untuk keperluan proses. 2) siklus tertutup, dimana uap bekas dari turbin dapat digunakan kembali dengan cara mendinginkannya dengan menggunakan kondensor, kemudian akan dihasilkan titik-titik air yang dialirkan menuju kolam penampungan untuk dipompakan menuju boiler kembali (Santoso, 2018).

### 1.2. Prinsip Kerja Steam Turbine Generator

Berdasarkan prinsip kerja aksi (*impuls*) dimana proses ekspansi penurunan tekanan fluida kerja hanya terjadi di dalam baris sudu tetapnya saja. Bila pada sebuah turbin uap, uap dari ketel diekspansikan dalam nosel dari tekanan ketel ( $P_0$ ) ke tekanan tertentu ( $P_1$ ), maka akibat penurunan tekanan ini akan terjadi kenaikan kecepatan uap, dari kecepatan uap memasuki nosel ( $C_0$ ) ke kecepatan uap memasuki sudu gerak ( $C_1$ ). Oleh karena energi potensial uap yang disebut juga entalpi uap tergantung pada tekanan dan suhu uap, maka pada penurunan tekanan akan terjadi juga penurunan suhu akibat penurunan tekanan. Dalam sudu-sudu gerak terjadi penurunan kecepatan uap dari kecepatan mutlak  $C_1$  menjadi  $C_2$ , maka tekanan uap memasuki turbin  $P_1$  sama dengan uap keluar  $P_2$ . Sehingga prinsip kerja dari turbin aksi ini, di dalam nosel terjadi perubahan energi potensial menjadi energi kinetik sedangkan yang terjadi dalam sudu-sudu gerak terjadi perubahan energi mekanik (Wisnaningsih, 2019)

## 2. METODE

Penelitian dilakukan pada *power generation unit* sistem utilitas Departemen Produksi PT Petrokimia Gresik. Metodologi penelitian yang digunakan penulis untuk mencapai tujuan dari penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan pengerjaan, yaitu identifikasi permasalahan, tinjauan pustaka, pengolahan data, analisa dan pembahasan.

### 2.1 Identifikasi Permasalahan

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui kinerja yang dihasilkan *steam turbin generator* yaitu dengan menghitung efisiensi turbin dan generator. Selain itu untuk mengetahui hubungan antara beban generator dengan *massflow steam*.

### 2.2 Studi Literatur

Penulis menggunakan beberapa literatur utama untuk dijadikan pedoman dalam menghitung nilai daya dan efisiensi turbin-generator. Literatur yang digunakan meliputi buku Termodinamika dan jurnal-jurnal yang membahas mengenai turbin uap. Selain studi literatur, penulis juga mengumpulkan informasi terkait operasional pabrik dan teknik penyelesaian masalah dari pembimbing, *engineer* dan *operator*.

### 2.3 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penyelesaian penelitian ini antara lain, spesifikasi *steam turbine generator* dan data aktual yang diperoleh dari *control room service unit* Departemen Produksi IIIA. Adapun spesifikasi teknis *steam turbine generator* (STG) pada *power generation unit* Departemen Produksi IIIA disajikan pada **Tabel 1**. Data aktual yang digunakan berupa data tekanan *steam* ( $P$ ) masuk dan keluar turbin, temperatur ( $T$ ) masuk dan keluar turbin, laju massa *steam* ( $m$ ) masuk turbin dan beban yang dihasilkan oleh generator ( $P$ ). Data-data aktual *steam turbine generator* yang didapatkan dari *logsheet* harian selama bulan November 2022 dapat dilihat pada **Tabel 2**. Data-data yang diperoleh akan digunakan untuk menghitung efisiensi dan kurva hubungan beban generator dengan laju massa *steam*.

**Tabel 1:** Spesifikasi Turbin TG-65 Departemen Produksi IIIA

Tipe	Nilai
<i>Rated Output</i>	8500 KW
<i>Inlet Pressure</i>	34,5 kg/cm <sup>2</sup> g
<i>Outlet Pressure</i>	10 kg/cm <sup>2</sup> g
<i>Nominal speed</i>	3000 rpm

**Tabel 2:** Data Aktual Turbin TG-65 Departemen Produksi IIIA

Tanggal	Inlet		Outlet		m (ton/h)	P aktual (MW)
	P (kPa)	T (°C)	P (kPa)	T (°C)		
5/11/2022	3485	400	1082	274	71,3	5,00
6/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	4,90
7/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	5,00
8/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	5,10
9/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	5,10
10/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	5,80
11/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	6,30
12/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	5,80
13/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	6,90
14/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	6,40
15/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	6,40
16/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	6,30
17/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	7,30
18/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	7,10
19/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	7,10
20/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	7,50
21/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	7,50

Tabel 2: Data Aktual Turbin TG-65 Departemen Produksi IIIA (Sambungan)

Tanggal	Inlet		Outlet		m (ton/h)	P aktual (MW)
	P (kPa)	T (°C)	P (kPa)	T (°C)		
22/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	7,50
23/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	7,20
24/11/2022	3485	397	1082	276	81,2	7,40
25/11/2024	3485	397	1082	276	81,2	7,30
26/11/2024	3485	397	1082	276	81,2	7,20
27/11/2024	3485	397	1082	276	81,2	7,10
28/11/2024	3485	397	1082	276	81,2	6,70
29/11/2024	3485	397	1082	276	81,2	5,30
30/11/2024	3485	397	1082	276	81,2	7,30

## 2.4 Perhitungan matematis

Efisiensi didefinisikan sebagai persentase rasio antara *output* terhadap input dalam suatu proses. Efisiensi suatu proses merupakan salah satu indikator yang penting untuk mengetahui seberapa baik konversi energi atau proses transfer yang terjadi (Kanoglu, 2007). Pada sistem turbin dan generator perhitungan efisiensi dilakukan dengan menghitung kerja ideal ( $W_{ideal}$ ) dan kerja aktual turbin ( $W_{aktual}$ ) menggunakan persamaan berikut.

### a. Daya ideal turbin ( $W_{ideal}$ )

Untuk mengetahui besarnya daya turbin ideal diperlukan data entalpi isentropis yang dapat diperoleh dari pH diagram sehingga daya turbin ideal ( $W_{ideal}$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

$$W_{ideal} = m \times (h_{in} - h_s) \quad (1)$$

Dimana :

m : laju massa uap masuk *steam* turbine (kg/h)

$h_{in}$  : entalpi uap pada kondisi uap masuk *steam* turbine (kJ/kg)

$h_s$  : entalpi uap keluar *steam turbine* pada kondisi isentropis (kJ/kg)

### b. W aktual

Daya turbin aktual ( $W_{aktual}$ ) dapat dihitung berdasarkan data entalpi dari kondisi aktual *exhaust steam*. Untuk menghitung daya turbin aktual dapat menggunakan persamaan 2 (Santoso, 2018).

$$W_{aktual} = m \times (h_{in} - h_{out}) \quad (2)$$

Dimana :

m : laju massa uap masuk *steam turbine* (kg/h)

$h_{in}$  : entalpi uap pada kondisi uap masuk *steam turbine* (kJ/kg)

$h_{out}$  : entalpi uap keluar *steam turbine* pada kondisi aktual (kJ/kg)

### c. efisiensi Turbin Generator

Efisiensi dapat dikatakan juga sebagai performa kinerja konversi energi yang dilakukan oleh mesin, sehingga efisiensi turbin dan generator dapat dihitung dengan persamaan 3 dan 4 (Yohanadan Romadhon, 2017) .

$$\eta_{turbin} = \frac{W_{aktual}}{W_{ideal}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\eta_{termal} = \frac{P_{aktual}}{P_{turbin}} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana :

$P_{aktual}$  : Daya yang dihasilkan generator pada kondisi aktual (MW)

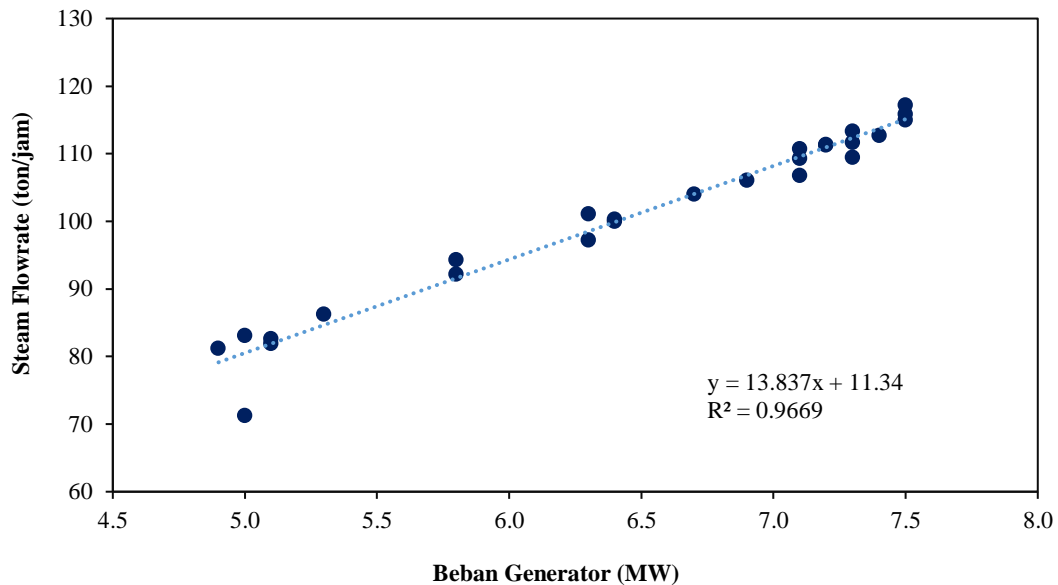
$P_{desain}$  : Daya yang dihasilkan turbin (MW)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisis Hubungan Laju *Steam* terhadap beban Kerja Generator

Fungsi dari turbin adalah untuk mengkonversi energi panas menjadi energi kinetik yang selanjutnya dikonversi lagi oleh generator atau pembangkit menjadi energi listrik. Beban generator merupakan daya yang dihasilkan oleh generator atau pembangkit per jam. Dengan demikian beban generator juga dipengaruhi oleh massa *steam* yang masuk ke turbin. Laju massa *steam* (*steam flow rate*) yang masuk ke turbin dan beban generator dipantau dari *control room*. Untuk mengetahui hubungan antara beban generator dengan laju

massa *steam* dapat dilakukan dengan melakukan plot grafik hubungan antara beban generator dengan *steam flow rate*. Grafik hubungan antara beban generator dengan laju massa *steam* dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2** Hubungan antara beban generator dengan kebutuhan massa steam

Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin tinggi beban generator yang dihasilkan maka kebutuhan massa *steam* yang memasuki turbin akan semakin meningkat. Dari gambar 2 juga terlihat bahwa hubungan antara beban generator dengan flowrate *steam* adalah berbanding lurus dengan kenaikan secara linier. Dari hasil regresi linier hubungan antara *flowrate steam* dengan beban kerja generator diperoleh persamaan  $y = 13,837x + 11,34$ , dimana  $y$  merupakan laju kebutuhan *steam* (kg/h) dan  $x$  merupakan beban yang dihasilkan generator (MW). Dari persamaan ini dapat digunakan untuk memudahkan perhitungan dalam penentuan kebutuhan *steam* untuk membangkitkan generator. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Soelaiman pada tahun 2009 di UBP Suralaya juga menunjukkan semakin tinggi beban pembangkit, massa *steam* yang dibutuhkan juga semakin tinggi (Soelaiman, Sofyan, 2009)

### 3.2 Analisis Efisiensi Turbin Generator (TG-65)

#### 3.2.1. Analisis Efisiensi Isentropik Turbin

Efisiensi isentropik turbin merupakan salah satu indikator *performance* dari turbin. Efisiensi isentropik dihitung dengan mengasumsikan turbin pada kondisi isentropis. Analisis efisiensi turbin diawali dengan melakukan perhitungan daya turbin ideal dan daya turbin aktual. Perhitungan dilakukan untuk data pada tanggal 5 November 2022. Kerja turbin merupakan selisih antara entalpi *steam* yang masuk dengan entalpi *steam* yang keluar. Kondisi *steam* yang masuk dan keluar turbin merupakan *superheated steam*, sehingga data enthalpy *steam* dilihat dari tabel E.2 *Properties of Superheated Steam* Buku teks *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics* (Smith dkk, 2017). Sebagai contoh perhitungannya akan menggunakan sampel data pada tanggal 5 November 2022.

$$W_{ideal} = m \times (h_{in} - h_s)$$

$$W_{ideal} = 71300 \text{ kg/jam} \times (3224,455 - 2920)$$

$$W_{ideal} = 21.707.641,5 \text{ kJ/jam} = 6,0299 \text{ MW}$$

Lalu menentukan daya turbin aktual dengan persamaan berikut :

$$W_{aktual} = m \times (h_{in} - h_{out})$$

$$W_{aktual} = 71300 \text{ kg/jam} \times (3224,455 - 2993,3016)$$

$$W_{aktual} = 16.481.237,42 \text{ kJ/jam} = 4,5781 \text{ MW}$$

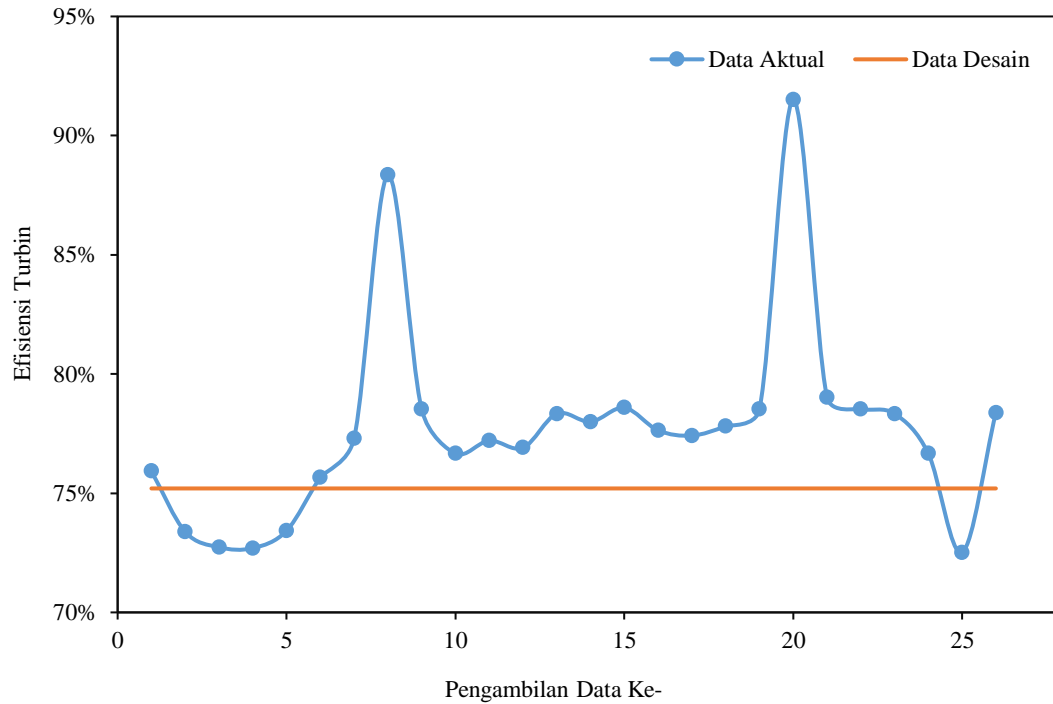
Efisiensi turbin diperoleh dari perbandingan Waktual dengan W ideal, seperti pada persamaan berikut :

$$\eta_{turbin} = \frac{W_{aktual}}{W_{ideal}} \times 100\%$$

$$\eta_{turbin} = \frac{4,5781 \text{ MW}}{6,0299 \text{ MW}} \times 100\%$$

$$\eta_{turbin} = 75,92\%$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada data yang lain, maka didapatkan efisiensi turbin dan efisiensi generator yang disajikan pada Gambar 3.



**Gambar 4** Grafik Efisiensi Turbin

Dari gambar 3 terlihat bahwa nilai efisiensi turbin mengalami fluktuasi pada bulan November 2022, dimana efisiensi turbin tertinggi sebesar 91,5% pada tanggal 24 November 2022. Sedangkan efisiensi terendah turbin berturut-turut sebesar 72,52% yang didapatkan pada tanggal 7 November 2022. Hasil perhitungan efisiensi turbin menunjukkan nilai efisiensi diatas nilai efisiensi desain. Hal ini disebabkan massa yang *steam* yang masuk ke turbin diatas laju massa desain. Apabila tekanan masuk turbin, suhu masuk turbin, dan suhu keluar turbin lebih tinggi dari data desain, maka nilai efisiensinya akan lebih besar dari nilai efisiensi desain (Danial, 2019).

### 3.2.2. Analisis Efisiensi Generator

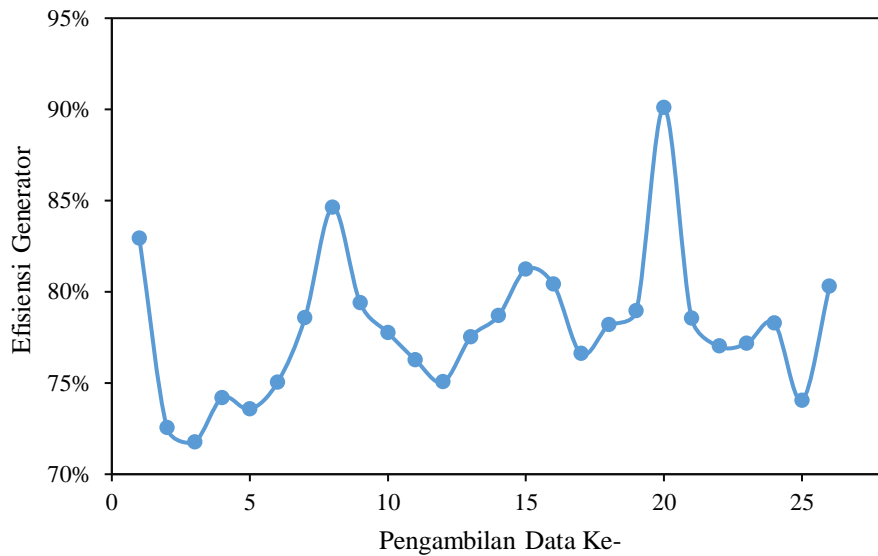
Efisiensi generator digunakan untuk mengetahui performa dari generator. Efisiensi generator didapatkan dari perbandingan antara beban generator dengan daya ideal turbin dengan persamaan sebagai berikut. Sebagai contoh perhitungannya akan menggunakan sampel data pada tanggal 5 November 2022.

$$\eta_{generator} = \frac{P_{generator}}{P_{turbin}} \times 100\%$$

$$\eta_{generator} = \frac{5 \text{ MW}}{6,0299 \text{ MW}} \times 100\%$$

$$\eta_{generator} = 82,92\%$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada data yang lain, maka didapatkan efisiensi efisiensi generator pada bulan November ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik Efisiensi Generator

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa efisiensi generator mengalami perubahan yang fluktuatif pada setiap harinya. Efisiensi generator tertinggi diperoleh sebesar 90,1% pada tanggal 24 November 2022, sedangkan efisiensi terendah generator sebesar 71,76% yang didapatkan pada tanggal 7 November 2022. Efisiensi generator sendiri dapat dipengaruhi oleh beban listrik, dimana semakin tinggi beban yang dibangkitkan maka dapat menyebabkan penurunan efisiensi kinerja generator. Selain itu, efisiensi pada generator tidak bisa mencapai 100%, hal ini disebabkan oleh *losses* yang ada pada generator tersebut. *Losses* yang terjadi pada generator bisa berupa rugi panas pada kumparan (*winding*) dan inti generator (*core*) yang disebabkan oleh turbulensi udara akibat rotasi jangkar atau bisa juga dipengaruhi oleh sistem pendinginnya (*generator cooling system*), serta rugi-rugi mekanik akibat gesekan terhadap udara pada saat berputar. Hal ini mengakibatkan efisiensi pada generator dapat mengalami perubahan yang fluktuatif saat beroperasi (Priambodo, 2019).

Dari gambar 3 dan 4 dapat dilihat bahwa ada keterkaitan antara efisiensi turbin dengan efisiensi generator. Dimana pada saat efisiensi turbin maksimal juga diperoleh efisiensi generator yang paling besar. Pada penelitian sebelumnya tentang analisa efisiensi generator pada PLTU pabrik Gula Madukismo diperoleh efisiensi generator sebesar 88,9%. Dimana hasil analisa menunjukkan bahwa semakin besar nilai daya masukan generator/ daya yang dihasilkan turbin maka efisiensi generator juga semakin besar (Kurniasari, 2017).

#### 4. KESIMPULAN

Pembangkit listrik memiliki tujuan untuk memenuhi kebutuhan listrik departemen produksi III A. Diperoleh persamaan linear  $y = 14,093x + 9,6451$  yang dapat digunakan untuk menghitung kebutuhan *steam* pada setiap beban generator yang diinginkan. Dari hasil perhitungan, diperoleh efisiensi turbin-generator yang bersifat fluktuatif yang disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya seperti fluktuasi beban yang dibangkitkan generator dan *losses* mekanik pada generator. Keterkaitan antara efisiensi turbin dan generator, dimana pada saat efisiensi turbin maksimal juga diperoleh efisiensi generator yang paling besar.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur karena berkat dan rahmat Yang Maha Kuasa penulis dapat menyelesaikan artikel ini serta mengucapkan terima kasih atas dukungan yang diberikan oleh PT Petrokimia Gresik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini T., Ari, S., & Ronggo, A. (2018). Perhitungan ASR & Efisiensi Internal Steam Turbine (Back Pressure). *Jurnal Chemurgy*, 2(2).
- Danial, Rolando S., Eddy K. (2019). Analisa Efisiensi Isentropik Turbin Uap Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa. *Jurnal Samosir*, 1(1).
- Kanoglu, M., Dincer, I., & Rosen, M. A. (2007). Understanding energy and exergy efficiencies for improved energy management in power plants. *Energy Policy*, 35(7), 3967–3978.
- Kurniasari, B., Handajadi, I. W., & Hani, S. (2017). Analisa Efisiensi Turbin Generator Berdasarkan Kualitas Daya Pada Pltu Pabrik Gula Madukismo. *Jurnal Elektrikal*, 4(2), 20–27.
- Muharrir, Ibnu H. (2019). Analisis Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Generator Unit 2 PLTP PT. Indonesia Power UPJP Kamojang. *Jurnal Kilat*, 8(2).
- Panji, P.R., Hernawan, N. (2021). Evaluasi Unjuk Kerja Turbin Uap di Unit Utilities Pt. X Menggunakan Efisiensi Isentropik. *SNTEM*, 1, 599-605

- Priambodo, T., M.A.Auliy. (2019). Analisa Perhitungan Efisiensi Daya Turbine Generator Siemens ST-300 7 MW di PTPN XI (Unit) PG.Semboro. *Jurnal UNMUH*.
- Ria Saifudin, A., Gunawan & Nurdin, A. (2022). Analysis of Steam Turbine Generator 1 Performance at Power Plant 2 Utilities of PT Pertamina RU V Balikpapan. *Jurnal Rekayasa Mesin dan Inovasi Teknologi*, 3(1), 172–178.
- Rout, I. S., Gaikwad, A., Kumar Verma, V., & Tariq, M. (2013). Thermal Analysis of Steam Turbine Power Plants. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 7(2), 28–36.
- Santoso, H. (2018). Optimalisasi untuk Menghasilkan Efisiensi Ideal Turbin Uap Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Kapasitas 20 MW. *Jurnal String*, 3(2).
- Setiawan, F.G., Alvera A.M., & Slameto. (2022). Analisis Kinerja Turbin Uap Unit 1 di Cirebon Power. *Jurnal Energi*, 11(2).
- Smith, J.M., H.C Van Ness, M.M. Abott, M.T. Swihart. (2009). Introduction To Chemical Engineering Thermodynamics. New York. Mc. Graw Hill Education.
- Wildani, F., Syarifuddin, & Sarma Thaha. (2021). Analisis Efisiensi Generator Pada Unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap 2x25 MW PT Rekind Daya Mamuju. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*
- Wisnaningsih. (2019). PERENCANAAN TURBIN UAP PENGGERAK GENERATOR DENGAN DAYA 100 MW PADA 3000 RPM. *Jurnal Teknik Sains*, 4(1)
- Yohana, E., & Romadhon, R. (2017). Analisa Efisiensi Isentropik dan Exergy Destruction Pada Turbin Uap Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap. *Jurnal ROTASI*, 19(2), 134–138.