

## Optimasi Flowrate dan Beban Generator Terhadap Efisiensi Turbin C60-8.883/535 di PLTU PT. XYZ Unit 3 Kapasitas 1x60 MW

Eka Megawati<sup>1</sup>, Marsela Gantri Pirri<sup>2</sup>, I Ketut Warsa<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Pengolahan Minyak dan Gas, Sekolah Tinggi Teknologi Migas

e-mail: [ekamegawati89@yahoo.com](mailto:ekamegawati89@yahoo.com)

### Abstrak

Komponen utama di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah turbin uap. Turbin uap berperan penting dalam performa pada suatu pembangkit. Nilai efisiensi turbin uap dapat dimaksimalkan dengan cara menaikkan flowrate dan beban generator. Tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui pengaruh flowrate dan beban generator terhadap efisiensi turbin uap dan mengetahui nilai optimal efisiensi turbin C60-8.883/535. Metode yang digunakan yaitu dengan perhitungan kualitas uap, entalpi, fraksi massa, daya turbin isentropik, daya turbin aktual dan efisiensi turbin. Perhitungan menggunakan trial and error dengan variasi pada nilai flowrate dan beban generator. Hasil dari perhitungan nilai efisiensi tertinggi sebesar 87,53 % yang diperoleh dari nilai flowrate 123,53t/h dan beban generator 33,09 MW. Berdasarkan perhitungan efisiensi turbin uap, maka dapat disimpulkan dengan menaikkan flowrate dan beban generator akan menaikkan nilai efisiensi pada turbin uap, dan nilai optimal turbin uap sebesar 87,53 %.

**Kata kunci:** Flowrate, Beban Generator, Optimasi, Efisiensi Turbin Uap

### Abstract

The main component in a Steam Power Plant (PLTU) is a steam turbine. Steam turbines play an important role in the performance of a generator. The value of steam turbine efficiency can be maximized by increasing the flow rate and generator load. The aim of the study was to determine the effect of flowrate and generator load on the efficiency of the steam turbine and to determine the optimal value for the efficiency of the C60-8883/535 turbine. The method used is to calculate steam quality, enthalpy, mass fraction, isentropic turbine power, actual turbine power and turbine efficiency. Calculations use trial and error with variations in flowrate values and generator load. The results of calculating the highest efficiency value of 87.53% are obtained from a flow rate of 123.53 t/h and a generator load of 33.09 MW. Based on the calculation of the efficiency of the steam turbine, it can be concluded that increasing the flow rate and generator load will increase the efficiency value of the steam turbine, and the optimal value of the steam turbine is 87.53%.

**Keywords :** Flowrate, Generator Load, Optimization, Steam Turbine Efficiency

### PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu kebutuhan yang dapat menunjang kehidupan manusia. Salah satu energi yang dapat menunjang kehidupan manusia adalah energi listrik. Energi listrik, sebagai salah satu hasil pemanfaatan kekayaan alam dan teknologi mempunyai peranan penting bagi negara dalam mewujudkan pencapaian tujuan pembangunan nasional. Energi listrik seakan menjadi kebutuhan primer masyarakat (Azhar, M., & Satriawan, D. A., 2018). Sementara itu, menurut Rohid, A., Rahman, D. R., Darmawan, T. R., & Mujiyanti, S. F. (2023), pengertian energi listrik adalah kemampuan untuk melakukan atau menghasilkan usaha listrik (kemampuan yang diperlukan untuk memindahkan muatan dari satu titik ke titik yang lain), dilambangkan dengan W.

Energi listrik merupakan kebutuhan yang menunjang kebutuhan rumah tangga, industri, dan sarana prasarana lainnya. Namun dalam proses memproduksi listrik tidak sederhana, terkadang terjadi gangguan dalam produksi energi listrik yang dimana salah satu penyebabnya terjadi gangguan di sistem pembangkit. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang semakin meningkatkan dalam pemakaian energi listrik, dibangunlah berbagai macam pembangkit listrik di Indonesia salah satunya adalah PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap).

Menurut Hetharia, M., & Lewerissa, Y. J. (2018), PLTU adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Bentuk utama pembangkit listrik jenis ini adalah generator yang dihubungkan ke turbin dimana untuk memutar turbin diperlukan energi kinetik dari uap panas atau kering. Sementara itu, menurut Yudistira, M. I., & Rofii, M. S. (2023) PLTU merupakan suatu sistem pembangkit panas dimana uap air digunakan sebagai media kerja, menggunakan energy kinetik uap untuk menggerakkan poros sudu-sudu turbin. Saat poros turbin dan poros generator terhubung, generator kemudian berputar, memungkinkannya menghasilkan listrik.

Salah satu unit PLTU yang didirikan di Kalimantan Timur ialah PLTU PT. XYZ yang memiliki unit 1 dan 2 berkapasitas 2 x 25 MW dan unit 3 berkapasitas 1 x 60 MW. PLTU PT. XYZ memanfaatkan sumber daya alam batubara untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dan industri dengan biaya produksi yang relatif murah. Menurut Arif, A., Zambak, M. F., Suwarno, S., & Harahap, M. (2023) PLTU menggunakan bahan bakar primer seperti batubara, gas, bbm, dan bahan bakar primer lainnya. Konversi energi tingkat yang pertama yang terjadi di pembangkit listrik tenaga uap adalah konversi energi primer menjadi energi panas (kalor). Proses pembangkit energi listrik di PLTU PT. XYZ terdapat beberapa sistem utama yang menopang proses konversi energi tersebut, diantaranya boiler, turbin uap, kondenser, dan generator.

Menurut Arrazi, M., Zamzami, Z., & Maimun, M. (2023), sistem turbin uap adalah suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan energi kinetik ini selanjutnya diubah menjadi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Dengan kata lain mengubah energi entalpi fluida menjadi energi mekanik. Efisiensi turbin uap berperan penting dalam performa dari suatu pembangkit dikarenakan turbin uap ini merupakan salah satu komponen atau sistem utama di PLTU.

Menurut Pratama, Y., Radhiah, R., & Fauzan, F. (2023) Generator merupakan salah satu mesin listrik, yang mengubah energi gerak atau mekanik menjadi energi listrik. Generator terdiri atas dua bagian utama yaitu kumparan jangkar dan kumparan medan yang ditempatkan pada stator dan rotor. Stator adalah bagian yang diam/ tetap, dan rotor adalah bagian yang berputar pada mesin. Sementara itu, menurut Wildani, F., Syarifuddin, S., & Thaha, S. (2021) Generator tersusun dari dua bagian utama, yaitu bagian yang diam (stator) dan bagian yang berputar (rotor), dan diantara kedua bagian tersebut terdapat celah udara yang sempit. Stator merupakan bagian diam dari suatu generator, terdiri dari rumah/rangka stator, inti besi dan belitan stator. Rotor sebagai bagian yang berputar pada generator, terdiri dari inti rotor, belitan rotor dan sikat-sikat pada slip ring Rotor pada generator sinkron pada dasarnya adalah sebuah elektromagnet yang besar. Kutub medan magnet rotor dapat berupa kutub menonjol (*salient pole*) dan kutub silinder (*non salient pole*).

Menurut Pangkung, A., Nawir, H., & Santoso, A. N. A. (2021) prinsip kerja dari generator sinkron secara umum adalah sebagai berikut :

1. Kumparan medan yang terdapat pada rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi tertentu yang akan mensuplai arus searah terhadap kumparan medan. Dengan adanya arus searah yang mengalir melalui kumparan medan maka akan menimbulkan fluks yang besarnya terhadap waktu adalah tetap.
2. Penggerak mula yang sudah terkopel dengan rotor segera di operasikan sehingga rotor akan berputar pada kecepatan nominalnya.
3. Perputaran rotor tersebut sekaligus akan memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan. Medan putar yang dihasilkan pada rotor, akan diinduksikan pada kumparan jangkar sehingga pada kumparan jangkar yang terletak di stator akan dihasilkan

fluks magnetik yang berubah-ubah besarnya terhadap waktu. Adanya perubahan fluks magnetik yang melingkupi suatu kumparan akan menimbulkan ggl induksi pada ujung-ujung kumparan tersebut

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi turbin uap sebelumnya pada Tahun 2021 di PLTU PT. XYZ diperoleh efisiensi minimum sebesar 77,44% dengan beban generator 28,09 MW. Untuk efisiensi desain turbin sendiri sebesar 89%. Oleh karena itu, untuk menaikkan efisiensi turbin uap dari 77,44% mendekati 89%, maka perlu dilakukan optimasi efisiensi turbin uap tersebut dengan menaikkan flowrate dan beban generator untuk memperoleh efisiensi turbin uap yang maksimal. Efisiensi adalah perbandingan energi yang keluar dengan energi yang masuk. Oleh sebab itu, perlu dilakukan optimasi perhitungan efisiensi turbin uap dengan cara menaikkan flowrate dan beban generator untuk mengoptimalkan efisiensi turbin uap karena semakin besar efisiensi suatu pembangkit listrik maka semakin baik pula kinerja sistem tersebut.

Afi, S. (2023) melakukan penelitian dengan memvariasi perubahan kenaikan kapasitas pembebanan saat PLTU sedang beroperasi. Hasil penelitian Peningkatan kapasitas pembebanan pada turbin menyebabkan nilai efisiensi semakin meningkat. Peningkatan kapasitas pembebanan pada generator terhadap nilai efisiensi berpengaruh sangat kecil. Peningkatan kapasitas pembebanan menyebabkan nilai efisiensi pembangkitan PLTU Jeranjang Unit 3 semakin meningkat.

Dari uraian di atas, melatar belakangi penulis mengangkat judul “Optimasi Flowrate dan Beban generator Terhadap Efisiensi Turbin C60-8.883/535 di PLTU PT. XYZ Unit 3 Kapasitas 1 x 60 MW”.

## METODE

Pada penelitian ini menganalisa data flowrate dan beban generator untuk memperoleh nilai efisiensi turbin yang optimal. Variabel yang diamati pada penelitian yaitu flowrate dan beban generator. Data penelitian diperoleh merupakan hasil dari observasi lapangan, manual book, dan record dan sebagainya. Adapun perhitungan menggunakan kualitas uap ( $x$ ), Entalpi ( $h$ ), fraksi massa ( $y$ ), daya turbin isentropic ( $W_{th}$ ), daya turbin actual ( $W_{act}$ ) dan efisiensi turbin ( $\eta_{Turbin}$ ).

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 ataupun proses transfer yang terjadi (Wulandari, P. F., Lutfiananda, D., Sumada, K., & Suprianti, L., 2023). Efisiensi generator digunakan untuk mengetahui performa dari generator. Efisiensi generator didapatkan dari perbandingan antara beban generator dengan daya ideal turbin dengan persamaan sebagai berikut:

$$\mu_{generator} = \frac{P_{aktual}}{P_{desain}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

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

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

## HASIL DAN PEMBAHASAN

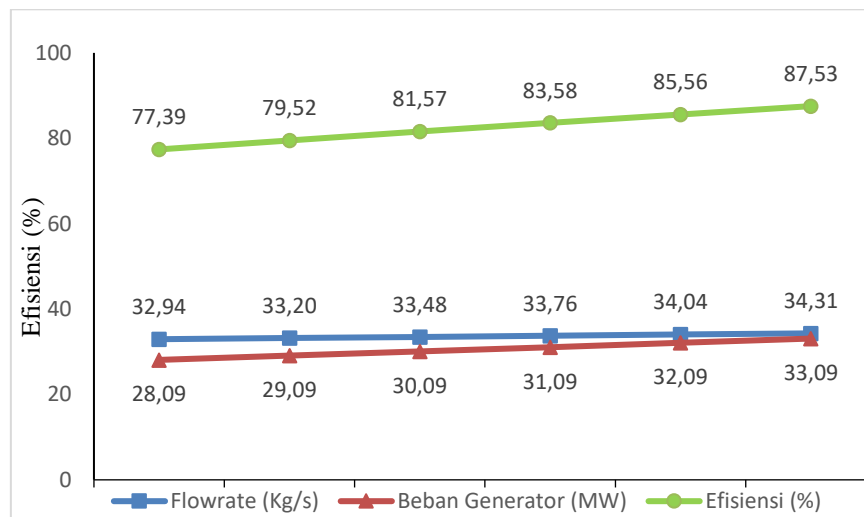
Sistem kerja generator yang beroperasi pada PLTU PT. XYZ menggunakan energi putar poros yang diteruskan oleh turbin sehingga menghasilkan daya serta sistem yang digunakan adalah base load yaitu beban generator disesuaikan dengan kebutuhan pada konsumen yang sinkron dengan PLN.

Efisiensi generator dapat diketahui dengan membandingkan daya keluaran terhadap daya masukannya (Usman, U., Multazam, A., & Gaffar, A., 2022). Pada PLTU, generator mendapatkan daya input yang berasal dari turbin uap. Dibawah ini adalah data data Hasil Perhitungan Efisiensi Turbin Uap C60-8.883/353 MCR Terhadap Flowrate dan Beban generator.

**Tabel 1. Data Hasil Perhitungan Efisiensi Turbin Uap C60-8.883/353 MCR Terhadap Flowrate dan Beban generator**

Trial	Flowrate		Beban generator (MW)	$\eta_{Turbin}$ (%)
	t/h	(Kg/s)		
1	118,53	32,94	28,09	77,39
2	119,53	33,20	29,09	79,52
3	120,53	33,48	30,09	81,57
4	121,53	33,76	31,09	83,58
5	122,53	34,04	32,09	85,56
6	123,53	34,31	33,09	87,53

Pada Tabel 1 merupakan hasil perhitungan dengan memvariasikan flowrate dan beban generator untuk mendapatkan nilai efisiensi turbin uap yang optimal.



**Gambar 1. Grafik Hubungan Flowrate dan Beban Generator Terhadap Efisiensi Turbin Uap**

Berdasarkan grafik hasil flowrate dan beban generator terhadap efisiensi turbin uap di atas kita dapat melihat bahwa semakin naik flowrate dan beban generator maka semakin besar juga efisiensi turbinnya. Nilai efisiensi optimal yang diperoleh sebesar 87,53 % dengan flowrate sebesar 123,53 t/h dan beban generator 33,09 MW. Efisiensi turbin uap yang rendah disebabkan karena kecilnya nilai flowrate dan beban generator yang diberikan. Oleh sebab itu, untuk mendapatkan hasil efisiensi turbin uap yang optimal maka perlu menaikkan flowrate dan beban generator. Karena apabila flowrate dan beban generatonya kecil maka nilai efisiensi turbin uap akan menurun. Sehingga perlu untuk menjaga beban generatonya agar tetap optimal supaya kinerja turbin uap semakin baik. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Wulandari, P. F., Lutfiananda, D., Sumada, K., & Suprianti, L. (2023).

Menurut Fauzi, D. A. (2022) rugi terbesar pada generator terdapat pada rugi inti. Bahan yang digunakan sebagai inti besi generator sangat mempengaruhi besarnya rugi tersebut. Karena nilai beban nol pada saat dilakukan pengetesan generator, tergantung dari material yang digunakan pada generator tersebut. Rugi inti semakin kecil jika bahan yang digunakan pada generator semakin baik, yaitu nilai tahanan pada material tersebut mempengaruhi besarnya arus, sehingga dengan kata lain dibutuhkan material dengan nilai tahanan rendah

agar nilai arus pada inti semakin kecil karena nilai arus yang besar berakibat naiknya nilai rugi-rugi pada generator.

## SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah diperoleh, maka dapat disimpulkan dengan menaikkan flowrate dan beban generator akan menaikkan nilai efisiensi pada turbin uap, dan nilai optimal turbin uap sebesar 87,53 % yang artinya kinerja turbin pada efisiensi tersebut baik (Nilai efisiensi desain 89%).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu sehingga penyusunan artikel dapat terselesaikan dan kepada Kampus Sekolah Tinggi Teknologi Migas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afi, S. 2023. Analisis Pengaruh Kapasitas Pembebanan Pada Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Indonesia Power Jeranjang Operation and Maintenance Unit (OMU) 3x 25 MW (Doctoral dissertation, Universitas Mataram).
- Arif, A., Zambak, M. F., Suwarno, S., & Harahap, M. 2023. Analisa Dan Simulasi Efisiensi Energi Listrik PT. XYZ Dengan Menggunakan Regresi Linier. RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro, 5(2), 5.
- Arrazi, M., Zamzami, Z., & Maimun, M. 2023. Analisis Efisiensi Turbin Uap Sebagai Penggerak Generator Pabrik Minyak Kelapa Sawit PT. Syaukath Sejahtera (GANDAPURA). Jurnal Tektro, 7(1), 91-97.
- Azhar, M., & Satriawan, D. A. 2018. Implementasi kebijakan energi baru dan energi terbarukan dalam rangka ketahanan energi nasional. Administrative Law and Governance Journal, 1(4), 398-412.
- Fauzi, D. A. 2022. Analisa Efisiensi Generator Pltu Pulang Pisau Pada Saat Pembebanan (Doctoral dissertation, Universitas Islam Kalimantan MAB).
- Hetharia, M., & Lewerissa, Y. J. 2018. Analisis Energi Pada Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan Cycle Tempo. J. Voering Vol, 3(1).
- Usman, U., Multazam, A., & Gaffar, A. 2022. Perbandingan Efisiensi Aktual Dan Spesifikasi Generator BTG II Power Plant PT. Semen Tonasa 2x 35 MW Pada Berbagai Beban Aktual. Jurnal ELTIKOM: Jurnal Teknik Elektro, Teknologi Informasi dan Komputer, 6(2), 163-173.
- Pangkung, A., Nawir, H., & Santoso, A. N. A. 2021. Analisis Pengaruh Perubahan Beban Generator Terhadap Efisiensi Kinerja PLTU Bosowa Energi Jeneponto Unit 2. Jurnal Teknik Mesin Sinergi, 18(2), 241-250.
- Pratama, Y., Radhiah, R., & Fauzan, F. 2023. Analisis Beban Generator Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Jurnal Tektro, 7(1), 104-111.
- Rohid, A., Rahman, D. R., Darmawan, T. R., & Mujiyanti, S. F. 2023. Pemanfaatan Penangkapan Emisi Gas Menjadi Energi Listrik Berbasis Elektrokimia Sebagai Inovasi Industri Untuk Mencapai Net Zero Emissions. Lomba Karya Tulis Ilmiah, 4(1), 19-33.
- Wildani, F., Syarifuddin, S., & Thaha, S. 2021. Analisis Efisiensi Generator Pada Unit 1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap 2x25 MW PT. Rekind Daya Mamuju. In Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) (pp. 63-67).
- Wulandari, P. F., Lutfiananda, D., Sumada, K., & Suprianti, L. 2023. Unjuk Kerja Dan Efisiensi Turbin Uap dan Generator (TG-65) Pada Pembangkit Listrik Unit Sistem Utilitas Departemen Produksi IIIA PT Petrokimia Gresik. Sinergi Polmed: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 4(1), 67-74.
- Yudistira, M. I., & Rofii, M. S. 2023. Penerapan Sumberdaya Pembangkit Listrik Tenaga Uap Batubara Di Indonesia Dari Perspektif Pengembangan Energi Hijau (Green Energy). Nusantara: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial, 10(2), 935-941.