

# PENGARUH *LOAD CAPACITY* LISTRIK TERHADAP EFFISIENSI TURBIN UAP MODEL C6-R8-ER : STUDY KASUS PADA PT. SURYA BORNEO INDUSTRI

Teddy Tratama <sup>1)</sup> ✉, Aspiyansyah <sup>1)</sup>, Agus Harianto <sup>1)</sup>, Kukuh Rahmandika <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Antakusuma  
Iskandar, 63, Pangkalan Bun,  
Kalimantan Tengah,  
[teddytratama2@gmail.com](mailto:teddytratama2@gmail.com)  
[aspi\\_pbun@yahoo.co.id](mailto:aspi_pbun@yahoo.co.id)  
[agusharianto@utama.ac.id](mailto:agusharianto@utama.ac.id)  
[kukuhrahmandika@gmail.com](mailto:kukuhrahmandika@gmail.com)

## Abstract

*Steam turbines are widely used at many industrial. The purpose of this research was to study the effect of load capacity on steam flow mass rate. Load Capacity is directly proportional to the steam flow mass rate to increase Steam turbine power. While the effect of load capacity on steam turbine efficiency, where it shows the actual performance of the steam turbine which is very important to minimize operating costs. The highest thermal efficiency of 21.49% and the lowest thermal efficiency of 20.17% in the load capacity variation showed that the steam turbine can still be categorized in good condition where the operating period has reached 5 years. It is necessary to carry out preventive maintenance on steam turbine components so that they remain reliable in supporting the company's operational and production activities.*

**Keywords:** *Steam Turbine, Efficiency, Power Plant .*

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu peran PT Surya Borneo Industri adalah sebagai penyuplai seluruh energi listrik, di kawasan industri Tempenek serta menyuplai energy listrik kegiatan produksi PT Citra Borneo Utama yang mengolah *Crude Palm Oil* (CPO) menjadi beberapa produk turunannya seperti *refined bleached deodorized palm* (minyak goreng), *Refined Bleached Deodorized Palm (stearin)*, dan *Palm Kernel Oil* (PKO). PT Surya Borneo Industri berdiri pada tahun 2015. Proses pengolahan kelapa sawit melalui beberapa tahapan yang memerlukan konsumsi energi listrik. Semakin besar kapasitas produksi, kompleksitas proses dan automation, konsumsi energi listrik yang di perlukan semakin tinggi. Seiring dengan meningkatnya kapasitas produksi, bersama dengan kompleksitas proses dan otomatisasi, terdapat peningkatan konsumsi energi listrik yang sesuai karena penggunaan motor listrik, pompa, dan perangkat lainnya <sup>[1][2]</sup>.

Dengan memanfaatkan metodologi dan teknologi canggih, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi pembangkit listriknya, meminimalkan biaya operasional <sup>[3]</sup>. Hal ini bertujuan untuk mendukung keberlangsungan operasional dan proses produksi perusahaan agar dapat berjalan dengan optimal <sup>[4]</sup>. Peningkatkan efisiensi pembangkit listrik pada perusahaan agar secara signifikan, dengan melakukan Identifikasi *losses energy* yang terjadi

Corresponding Author:

✉ Teddy Tratama

Received on: 2024-04-27

Revised on: 2024-05-06

Accepted on: 2024-05-09

dan melakukan perbaikan, untuk mengurangi biaya operasional dan memastikan kinerja optimal [5][6].

Oleh karena itu, untuk mengetahui kinerja dan *losses energy* pada pembangkit listrik PT. Surya Borneo Industri, salah satunya perlu diketahui efisiensi turbin uap. Sedangkan untuk mengetahui efisiensi turbin uap secara aktual dimana *load capacity* berubah-ubah maka perlu dilakukan penelitian efisiensi turbin uap pada kondisi *load capacity* yang bervariasi.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Alat dan Bahan

Objek penelitian adalah rangkaian turbin uap model C6-R8-ER yang dirangkai dengan generator sehingga mampu menghasilkan energi listrik sebesar 2 x 7.5 MW (*rated output*). Bentuk dan spesifikasi turbin uap dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1.



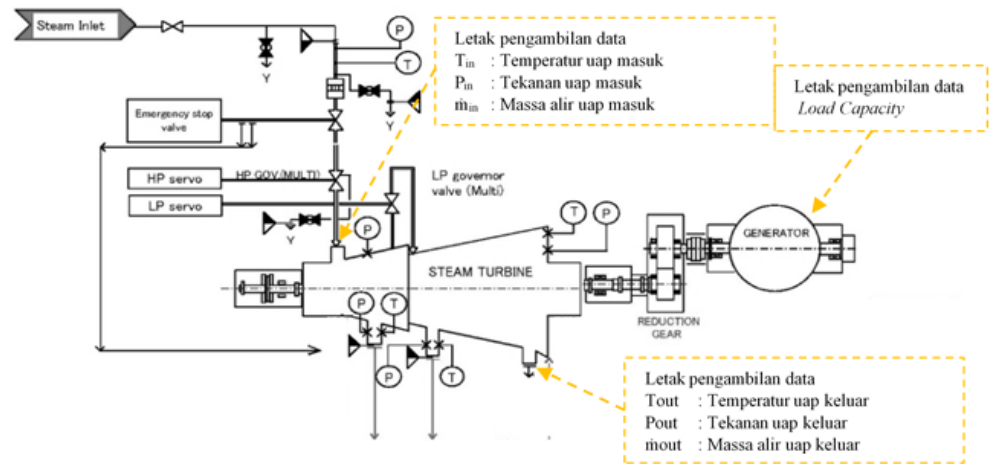
Gambar 1. Turbin uap model C6-R8-ER

Tabel 1. Spesifikasi Turbin Uap Model C6-R8-ER

No	Description	Data
1	<b>Type Of Steam Turbine</b>	
	a) Type	Horizontal, Impulse, Multi-Stage Multi-Valve, Axial Flow, Condensing, Extraction, Geared. (Down Exhaust Type)
	b) Manufacturer's Model	C6-R8-ER (Shin Nippon Machinery Co.,Ltd) Think Park Tower 1-1, Osaki 2-Chome Shinagawa-ku, Tokyo 141-6025, Japan
2	<b>Output</b>	
	a) Rated output (at generator terminal)	7500 kW
	b) Frequency	50 Hz
3	<b>Operating Conditions</b>	
	a) Speed (turbine/generator)	7800/1500 rpm
	b) Inlet steam pressure	45 bar.A
	c) Inlet steam temperature	415 deg.C
	d) Exhaust steam pressure	0.093 bar.A
	e) Max. Inlet flow	64.72 TPH
f) Max. Exhaust steam flow	32.35 TPH at 0.093 bar.A	

### 2.2. Prosedur

Pengambilan data dilakukan di *Unit Power Plant Utility Department* dengan mencatat data *record operational DCS (Distributed Control System)* yang digunakan untuk mengetahui seluruh informasi mengenai operasional pembangkit listrik yang berada di ruang CCR (*Central Control Room*). Data yang dicatat berupa properties (*fluid temperature, fluid pressure, fluid mass flow* dan *load capacity*). Selanjutnya dilakukan perhitungan matematis dengan prinsip *thermodynamic* dan dilakukan analisa pembahasan dari perhitungan tersebut, sehingga nantinya didapatkan kesimpulan pengaruh *load capacity* terhadap nilai efisiensi. Pengambilan data dilakukan pengulangan sebanyak 5 (lima) kali dari tanggal pada bulan agustus 2023 pada setiap variasi *load capacity* sebesar 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 MW. Instalasi objek penelitian dan letak pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Instalasi objek penelitian dan penempatan alat ukur pengambilan data

### 2.3. Efisiensi Thermal

Efisiensi *Thermal* ( $\eta_{th}$ ) dihitung menggunakan persamaan (1)-(3):

$$\eta_{th} = \frac{W_t}{Q_{in}} \cdot 100\% \tag{1}$$

Dimana  $\eta_{th}$  adalah Efisiensi,  $W_t$  adalah Kerja, dan  $Q_{in}$  adalah Panas Masuk

$$W_t = \dot{m}_{in} \cdot (h_{in} - h_{out}) \tag{2}$$

Dimana  $W_t$  adalah Kerja (kJ/s),  $\dot{m}_{in}$  adalah massa alir uap masuk (kg/s),  $h_{in}$  adalah Entalpi uap masuk (kJ/kg),  $h_{out}$  adalah Entalpi uap keluar (kJ/kg)

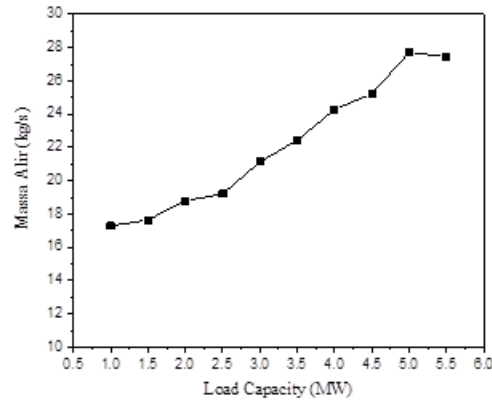
$$Q_{in} = \dot{m}_{in} \cdot h_{in} \tag{3}$$

Dimana  $Q_{in}$  adalah Panas masuk *steam turbine* (kJ/s),  $\dot{m}_{in}$  adalah massa alir uap masuk (kg/s),  $h_{in}$  Entalpi uap masuk (kJ/kg). Efisiensi termal adalah parameter kinerja penting untuk mengukur rasio energi *input-output* dengan *output* berupa kerja aktual oleh turbin Uap [7].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengaruh *load capacity* terhadap masa alir uap

Pengaruh variasi *load capacity* terhadap masa alir uap ditunjukkan pada Gambar 3.

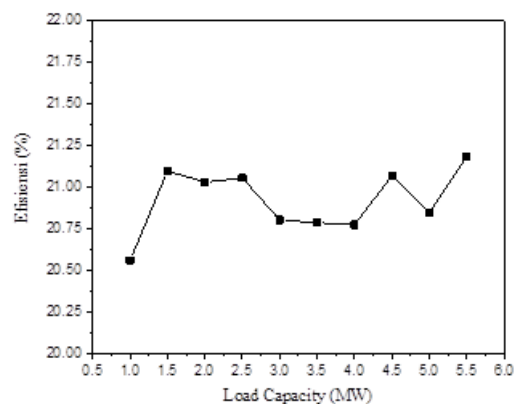


Gambar 3. Pengaruh variasi load capacity terhadap masa alir uap

Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa daya yang dihasilkan berbanding lurus dengan laju massa aliran uap. *Load Capacity* berbanding lurus dengan laju massa alir uap sehingga meningkatkan daya turbin [8]. Beban yang diterima oleh turbin uap berbanding lurus dengan konsumsi uap sehingga massa alir uap pada sistem pembangkit dipengaruhi oleh kondisi beban yang diterima turbin uap [9]. Variasi *Load Capacity* menyebabkan variasi massa alir uap, yang menyebabkan nilai efisiensi *thermal* pada turbin juga berbeda.

#### 3.2. Pengaruh *load capacity* terhadap Efisiensi

Efisiensi merupakan salah satu persamaan yang penting dalam termodinamika untuk mengetahui seberapa baik konversi energi terjadi. Pengaruh efisiensi *thermal* terhadap variasi *load capacity* secara aktual dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh variasi *load capacity* terhadap efisiensi thermal

Efisiensi thermal tertinggi terdapat pada *load capacity* 1,59 MW sebesar 21,49 % dan efisiensi *thermal* terendah terdapat pada *load capacity* 1,02 MW sebesar 20,17%. Efisiensi turbin uap dipengaruhi oleh berbagai faktor yang terkait dengan aliran uap, diantaranya kebocoran uap melalui *clearance* pada ujung sudu yang dapat menurunkan efisiensi [10][11].

Adanya uap basah menurunkan efisiensi turbin <sup>[12][13]</sup>. Oleh karena itu, penting memperhatikan karakteristik aliran uap, antara lain dengan meminimalkan kebocoran, mencegah terjadinya uap basah, dan parameter termodinamika uap, sangat penting untuk meningkatkan efisiensi turbin uap <sup>[14][15]</sup>.

Perubahan nilai efisiensi *thermal steam turbine* pada setiap variasi *load capacity* dapat dikatakan tidak signifikan, hal ini dikarenakan hasil rata – rata setiap perubahan efisiensi thermal hanya mencapai 1,32%. Sedangkan untuk nilai efisiensi *thermal steam turbine* secara keseluruhan pada setiap variasi *load capacity* berada pada nilai 20,93%, jika dibandingkan dengan data *test record commissioning*, hal ini dapat di kategorikan dalam kondisi baik dengan masa pengoperasian yang telah mencapai 5 tahun.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengalisa Pengaruh *load capacity* terhadap laju massa aliran uap. *Load Capacity* berbanding lurus dengan laju massa alir uap untuk meningkatkan daya turbin Uap. Sedangkan untuk mengetahui kinerja aktual turbin uap yang sangat penting untuk meminimalkan biaya operasional ditunjukkan dengan pengaruh *load capacity* terhadap efisiensi turbin uap, dapat but menunjukkan Efisiensi thermal tertinggi sebesar 21,49 % dan efisiensi thermal terendah sebesar 20,17% pada variasi *load capacity* menunjukkan turbin uap masih dapat dikategorikan dalam kondisi baik dimana masa pengoperasian yang telah mencapai 5 tahun. Perlu dilakukan *maintenance preventif* pada komponen turbin uap agar tetap andal dalam menunjang kegiatan operasional dan produksi perusahaan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Sun, Y. Ji, Z. Sun, Q. Li, and Y. Jin, “A clustering-based energy consumption evaluation method for process industries with multiple energy consumption patterns,” *Int. J. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 36, no. 10, pp. 1526–1554, 2023, doi: 10.1080/0951192X.2023.2177748.
- [2] P. Singhal and T. R. Mahesh, “An Smart Analysis of Energy Efficiency Issues in Industrial Automation,” 2023, doi: 10.1109/ICDCECE57866.2023.10150885.
- [3] V.-E. Cenușă and I. Opreș, “Design optimization of cogeneration steam power plants with supercritical parameters,” *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 64, p. 103727, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.seta.2024.103727.
- [4] A. Kerekeš et al., “Operational characterization of tokamak and stellarator type fusion power plants from an energy system perspective,” *Fusion Eng. Des.*, vol. 190, p. 113496, May 2023, doi: 10.1016/j.fusengdes.2023.113496.
- [5] J. Duarte, L. W. Vieira, A. D. Marques, P. S. Schneider, G. Pumi, and T. S. Prass, “Increasing power plant efficiency with clustering methods and Variable Importance Index assessment,” *Energy AI*, vol. 5, 2021, doi: 10.1016/j.egyai.2021.100084.
- [6] V. Sadrian, E. Lakzian, D. Hoseinzade, B. Haghghi, M. M. Rashidi, and H. D. Kim, “Optimization of operating conditions in the steam turbine blade cascade using the black-box method,” *Propuls. Power Res.*, vol. 12, no. 4, pp. 467–485, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.jppr.2023.11.004.
- [7] Y. Wang, “Efficiencies In Power Plant,” *In Practical Handbook Of Thermal Fluid Science*, Bentham Science Publishers, 2023, pp. 102–120.
- [8] Jay D. Patel, Kirtan D. Patel, and Devendra A. Patel, “To Examine the Effect of Mass Flow Rate on Cross Flow Turbine using Computational Fluid Dynamics,” *Int. J. Eng. Res.*, vol. V4, no. 05, pp. 1094–1096, 2015, doi: 10.17577/ijertv4is050935.
- [9] V. Mrzljak, J. Kudláček, Đ. Begić-Hajdarević, and J. Musulin, “The Leakage of Steam Mass Flow Rate through the Gland Seals – Influence on Turbine Produced Power,” *J. Marit. Transp. Sci.*, vol. 58, no. 1, pp. 39–56, 2020, doi: 10.18048/2020.58.03.
- [10] Z. Lv, X. Liu, Z. Jiang, Z. Lin, Z. Zhao, and X. Han, “Study on flow characteristics of leakage in the last stage inner blade tip clearance of steam turbine,” *AIP Adv.*, vol. 13, no. 5, May 2023, doi: 10.1063/5.0153264.

- [11] Z. Ping-guo, Z. Zhen-tao, and L. Gang, "Research on the Influence of Steam Turbine Seal Leakage," *E3S Web Conf.*, vol. 248, p. 01014, Apr. 2021, doi: 10.1051/e3sconf/202124801014.
- [12] L. Paulukuhn, M. Deckers, A. Kaliwoda, and S. Hecker, "Steam valves and turbine inlet flow path design," in *Advances in Steam Turbines for Modern Power Plants*, Elsevier, 2022, pp. 449–462.
- [13] "No Title," doi: 10.15407/pmach2022.03.056.
- [14] M. Hoznedl, M. Kolovratník, L. Tajč, A. P. Weiß, and L. Mrózek, "Influence of Wet Steam on the Five-Stage Steam Turbine Efficiency," Jun. 2018, doi: 10.1115/GT2018-75049.
- [15] M. Hoznedl, "Efficiency calculation on 10 MW experimental steam turbine," *MATEC Web Conf.*, vol. 168, p. 06001, May 2018, doi: 10.1051/matecconf/201816806001.