

## Analisis Efisiensi Turbin Uap Di PT. Madu Baru Yogyakarta

Tommy Pranata<sup>1</sup>, M. Abdulkadir<sup>2,\*</sup>, Daru Sugati<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional  
Yogyakarta

Jalan Babarsari Caturtunggal Depok Sleman, Yogyakarta, 55281

\*Corresponding author: [abdulkadir@itny.ac.id](mailto:abdulkadir@itny.ac.id).

### Abstract

*PT. Madu Baru Yogyakarta uses a power plant that utilizes heat energy from a steam boiler to turn a turbine so that it can be used to generate electrical energy through a generator and the electricity is used to support the production process. The result of the milling process is 30% of the weight of the sugar cane to be milled every hour. The purpose of this study was to analyze the efficiency of the steam turbine at PT. Madu Baru Yogyakarta so that it can be developed and studied for knowledge about Steam Turbines. In collecting data, survey methods and literature review were carried out to support this research data. The data taken in the form of pressure, temperature, turbine rotation, oil temperature and Gear Oil. This research was conducted from April 2018 to December 2018. To determine the efficiency value of a steam turbine in a power plant, it is necessary to have some data that will be calculated using the formula for calculating the efficiency of a steam turbine. The greater the efficiency value, it can be said that the steam turbine is in good condition. This decrease in efficiency is influenced by several factors such as the weakening of the turbine workability. Changes in the load on the sugar mill is also influenced by the quality of the bagasse produced. The results of manual calculations, obtained the lowest steam turbine efficiency value in May 2018 of 60.7% and the highest efficiency value in June 2018 of 84.6%. To support the performance of the turbine in order to remain efficient in operation, PT Madu Baru conducts several activities in turbine maintenance.*

**Keywords:** Steam Turbin, Generator Efficiency, Electrical Energy.

### Abstrak

PT. Madu Baru Yogyakarta menggunakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi panas dari steam boiler untuk memutar turbin sehingga dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik melalui generator dan listrik tersebut digunakan untuk mendukung proses produksi. Hasil proses penggilingan sebesar 30% dari berat tebu yang akan digiling setiap jam. Tujuan Penelitian ini untuk menganalisis Efisiensi Turbin Uap di PT. Madu Baru Yogyakarta agar dapat dikembangkan dan dipelajari untuk pengetahuan mengenai Turbin Uap. Dalam pengambilan data dilakukan metode survei dan tinjauan pustaka sebagai pendukung terhadap data penelitian ini. Data yang diambil berupa tekanan, temperature, putaran turbin, suhu minyak dan Minyak Gear.B.Lambat. penelitian ini dilakukan pada bulan April 2018 hingga Desember 2018. Untuk mengetahui nilai efisiensi dari suatu turbin uap pada pembangkit listrik, diperlukan beberapa data yang akan dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan efisiensi turbin uap. Semakin besar nilai efisiensi maka dapat dikatakan bahwa turbin uap tersebut dalam kondisi yang baik. Penurunan efisiensi ini dipengaruhi beberapa faktor seperti melemahnya kemampuan kerja turbin. Perubahan beban pada pabrik gula ini juga

dipengaruhi oleh kualitas dari ampas tebu yang dihasilkan. Hasil perhitungan manual, didapat nilai efisiensi turbin uap terendah pada bulan Mei 2018 sebesar 60,7% dan nilai efisiensi tertinggi pada bulan Juni 2018 sebesar 84,6%. Untuk menunjang kinerja turbin agar tetap efisien dalam beroperasi PT Madu Baru melakukan beberapa kegiatan dalam maintenance turbin.

**Kata kunci:** Turbin Uap, Efisiensi Generator, Energi Listrik.

---

## PENDAHULUAN

Turbin merupakan salah satu mesin konversi energi, dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar roda turbin. Bagian turbin yang berputar dinamakan rotor atau roda turbin sedangkan bagian yang tidak berputar disebut stator atau rumah turbin. Roda turbin terletak didalam rumah turbin untuk memutar poros dan digunakan untuk menggerakkan atau memutar beban (generator listrik, gilingan tebu atau mesin lainnya).

Turbin uap adalah suatu penggerak mula yang mengubah energi termal uap menjadi energi kinetik dan energi kinetik ini selanjutnya diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin, langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi, dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan. Tergantung pada jenis mekanisme yang digerakkan, turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang industri, untuk pembangkit tenaga listrik dan untuk transportasi (Shlyakhin,1999). Turbin uap membangkitkan tenaganya tidak langsung yaitu uap dimasukkan pemancar dan didalam pemancar jalannya uap dipercepat. Percepatan uap tadi dinamakan dengan tenaga potensial diubah menjadi tenaga kinetik dengan kecepatan tinggi. Pada roda turbin terdapat sudu-sudu gerak, timbullah perubahan momentum fluida kerja dan akhirnya timbul gaya yang memutar roda turbin

Pada umumnya turbin banyak digunakan di Pabrik Gula dan PLTU. Tenaga yang dihasilkan oleh turbin sangat besar dan pemakaian bahan bakar sangat efisien. Pada pabrik gula peran turbin sangat vital dikarenakan turbin penggerak mula yang menggerakkan alat-alat yang penting dalam Pabrik Gula seperti generator dan unit gilingan. Pabrik Gula Madukismo didirikan pada tahun 1955. Pabrik yang berlokasi di Tirtonimolo, Kasihan, Bantul, Yogyakarta ini merupakan satu-satunya Pabrik Gula dan alkohol/spiritus yang ada di Yogyakarta. Awalnya pabrik ini bernama PT. Madu Baru kemudian dibagi menjadi dua pabrik yaitu Pabrik Gula Madukismo dan Pabrik Alkohol/Spiritus Madukismo

Pengertian umum menjelaskan efisien adalah usaha yang mengharuskan penyelesaian pekerjaan dengan tepat waktu, cepat dan memuaskan. Sehingga efisien berkaitan erat dengan ketepatan waktu tanpa harus mengeluarkan biaya atau cost yang berlebihan. Efisiensi turbin adalah kemampuan turbin untuk merubah energi panas yang dikandung uap menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator. Efisiensi generator merupakan perbandingan antara daya keluaran atau daya yang dibangkitkan generator dengan daya masukan generator. Daya masukan generator sama dengan daya yang dihasilkan oleh turbin karena turbin dengan generator dikopel dan bekerja bersama (Dwi Cahyadi dan Hermawan, 2015).

Penggunaan pembangkit listrik di PT. Madu Baru Yogyakarta adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi panas dari steam boiler untuk memutar turbin sehingga dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik melalui generator dan listrik tersebut digunakan untuk mendukung proses produksi. Steam yang dibangkitkan ini berasal dari perubahan fase air yang berada pada boiler akibat mendapatkan energi panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Secara garis besar sistem pembangkit tenaga uap terdiri dari beberapa peralatan utama diantaranya: boiler, turbin, generator, dan kondensor. Ampas tebu (bagasse) digunakan sebagai bahan bakar dalam memanaskan air dalam boiler. Ampas tebu hasil proses penggilingan sebesar 30% dari berat tebu yang akan digiling setiap jam. Oleh karena itu saya memilih judul

“Analisis Efisiensi Turbin Uap di PT. Madu Baru Yogyakarta” sebab sangat perlu dipelajari dan dikembangkan untuk pengetahuan sebagai bekal kerja nantinya

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengamati prinsip kerja, sistem kerja serta proses kerja di PT. Madu Baru Yogyakarta.
2. Merekalkulasi kembali data yang diperoleh dari PT Madu Baru Yogyakarta dengan teori yang ada di bangku kuliah.
3. Membanding dan membahas data yang diperoleh dari PT Madu Baru Yogyakarta teori yang ada di bangku kuliah.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode survei dan tinjauan pustaka sebagai pendukung terhadap data penelitian tersebut. sehingga diharapkan dapat memberikan gambaran yang sesuai dan tepat dengan kondisi yang sebenarnya. Menurut Margono (2005) metode penelitian survei adalah survei ialah pengamatan/ penyelidikan yang kritis untuk mendapatkan keterangan yang terang dan baik terhadap suatu persoalan tertentu dan didalam suatu daerah tertentu. Teknik pengumpulan data dalam metode survei adalah wawancara, dan melakukan observasi langsung ke lapangan.

Lokasi Penelitian ini dilakukan di PABRIK GULA MADUKISMO Yogyakarta. Dengan waktu penelitian dilaksanakan pada tanggal 11 April 2018 hingga Desember 2018. Pengamatan penelitian berupa Observasi (pengamatan) yaitu data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data dengan melakukan pengamatan dan pencatatan langsung yang berkaitan dengan turbin uap terutama pada masa giling 2018. Data yang diambil berupa data tekanan (uap baru/bekas), temperatur (uap baru/bekas), tekanan minyak (pompa dan turbin), suhu minyak (masuk/keluar). Yang kedua yaitu wawancara merupakan pengumpulan data secara langsung (wawancara) dilakukan dengan bertanya kepada pihak manajemen *maintenance* termasuk operator, mandor dan asisten dengan memberikan penjelasan tentang keadaan dan masalah pada turbin.

### **Tahapan Penelitian**

Penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Mencatat seluruh kegiatan yang terjadi selama proses penggilingan dalam buku harian mandor.
2. Mencatat data waktu penggilingan, tekanan *steam* masuk dan keluar.
3. Melakukan wawancara dengan operator dan mandor, serta asisten *maintenance* terkait dengan proses penggilingan.
4. Melakukan perhitungan nilai efisiensi turbin.
5. Menganalisa dan menyimpulkan mengenai efisiensi turbin dalam masa penggilingan.

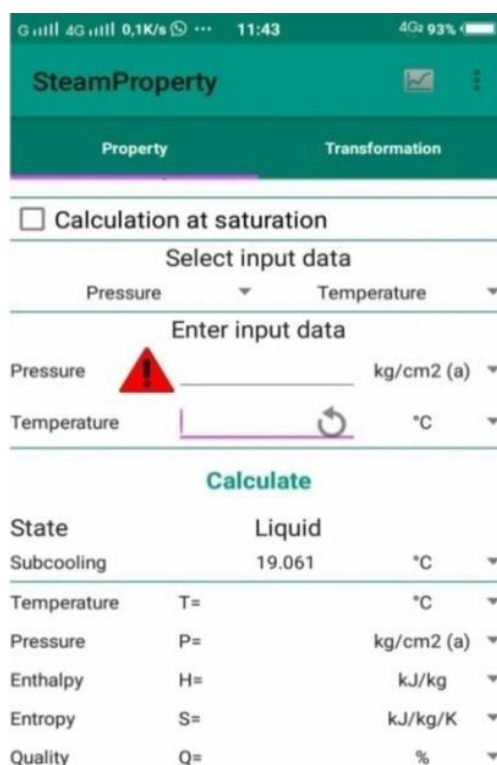
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Nilai tekanan dan temperatur pada turbin uap serta beban generator merupakan rata-rata dalam satu bulan selama proses produksi gula. Nilai laju aliran massa uap pada turbin memiliki rata-rata 13.500 kg/h. Untuk melihat perubahan yang terjadi pada efisiensi turbin uap dan generator data yang diambil adalah data Pada bulan April sampai Desember 2018. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Data operasi turbin

No	Bulan/2018	Tekanan (kg/cm <sup>2</sup> )		Temperatur (°C)	
		Uap Baru	Uap Bekas	Uap Baru	Uap Bekas
1	April	13,57	0,48	338,73	178,2
2	Mei	13,59	0,5	355,93	186,47
3	Juni	13,95	0,58	341	178,13
4	Juli	14,34	0,65	351,6	182
5	Agustus	13,56	0,48	350,33	180,73
6	September	12,65	0,43	350,13	180
7	Oktober	11,71	0,42	348,8	178,33
8	November	11,33	0,44	347,73	177,33
9	Desember	15,27	0,48	329	175

Untuk mengetahui sifat-sifat uap dapat menggunakan aplikasi yang disebut *Steam Property*. *Steam Property* merupakan sebuah aplikasi pada smartphone yang menyediakan data yang akurat dari daftar lengkap termodinamika dan fisik untuk air dan uap, seperti nilai *enthalpi* dan *entropi*. *Enthalpi* merupakan suatu istilah dalam termodinamika yang digunakan untuk menyatakan jumlah energi dari suatu sistem termodinamika. Aplikasi *Steam Property* dapat di instal pada handphone android yang terdapat pada *Playstore*.



**Gambar 1.** Tampilan aplikasi *Steam Property*

Dengan menggunakan aplikasi *Stem Property*, sehingga didapat nilai entalpi seperti pada Tabel 1.

**Tabel 2.** Nilai Entalpi

No	Bulan/2018	Entalpi	
		h1	h2
1	April	3127,2	2835,3
2	Mei	3164,2	2851,4
3	Juni	3131,3	2834,7
4	Juli	3153,4	2841,9
5	Agustus	3152,2	2840,3
6	September	3153,6	2839,1
7	Oktober	3152,7	2835,9
8	November	3151,1	2833,9
9	Desember	3127	2829,1

Data rata-rata yang dibangkitkan generator pada PT. Madu Baru Madukismo Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 3

**Tabel 3.** Data Rata-rata yang Dibangkitkan Generator

No	Bulan/2018	Beban Generator (MW)
1	April	0,64
2	Mei	0,6
3	Juni	0,66
4	Juli	0,71
5	Agustus	0,69
6	September	0,6
7	Oktober	0,56
8	November	0,53
9	Desember	0,67

Untuk menentukan kerja turbin dengan menggunakan temperatur dan tekanan uap yang masuk dan keluar pada turbin serta dengan diketahuinya nilai entalpi uap masuk dan uap keluar turbin, yang dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$W_T = m (h_1 - h_2) \quad (1)$$

Dimana:

$m$  = Laju aliran massa *steam* turbin (kg/h)

$h_1$  = Entalpi *steam inlet* turbin (kJ/kg)

$h_2$  = Entalpi *steam exhaust* turbin (kJ/kg)

Sedangkan untuk mencari daya yang dihasilkan oleh turbin dengan cara mengalikan energi yang dihasilkan oleh turbin dengan efisiensi dari turbin, yang dapat dinyatakan dengan persamaan

$$P_{turbin} = W_T \times \eta_{turbin} \quad (2)$$

Dimana:

$W_T$  = Kerja turbin (MW)

$\eta_{turbin}$  = Efisiensi turbin (%)

$p_1 = 13,56 \text{ kg/cm}^2$

$T_1 = 338,73 \text{ }^\circ\text{C}$

$p_2 = 0,48 \text{ kg/cm}^2$

$T_2 = 178,20 \text{ }^\circ\text{C}$

$h_1 = 3127,2 \text{ kJ/kg}$

$h_2 = 2835,3 \text{ kJ/kg}$

$$W_T = m \cdot (h_1 - h_2) \quad (3)$$

$$= 13500 \text{ kg/h} \cdot (3127,2 \text{ kJ/kg} - 2833,8 \text{ kJ/kg})$$

$$= 13500 \text{ kg/h} \cdot 291,9 \text{ kJ/kg}$$

$$= 3940650 \text{ kJ/h} = 1095 \text{ kW} = 1,1 \text{ MW}$$

Efisien Turbin Uap

$$\eta_{Turbin} = \frac{1095}{1200} \times 100\% = 91\%$$

Menghitung daya pada turbin uap

$$P_T = W_T \cdot \eta_{turbin} \quad (4)$$

$$= 1,1 \cdot 91\%$$

$$= 1,0 \text{ MW}$$

Setelah daya turbin uap diketahui maka dapat dihitung nilai efisiensi pada turbin uap, dengan beban yang dibangkitkan pada bulan April 2018 yaitu 0,64 MW

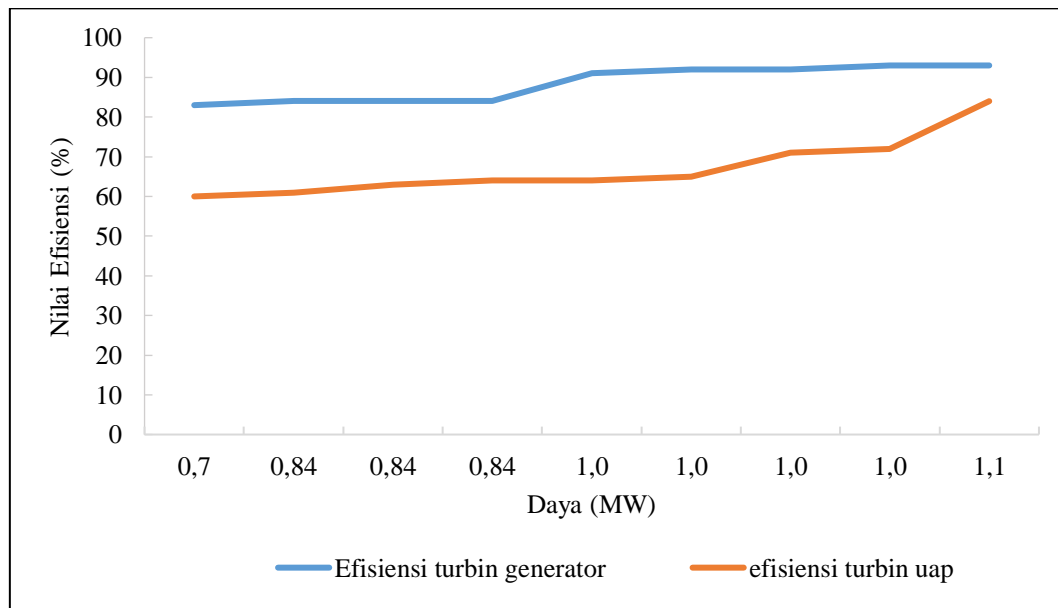
$$\begin{aligned} \eta_{generator} &= \frac{\text{Beban}}{P_{Turbin}} \times 100\% \\ &= \frac{0,64}{1} \times 100\% = 64\% \end{aligned} \quad (5)$$

Berdasarkan perhitungan yang sama maka diperoleh hasil sebagai berikut:

**Tabel 3.5** Data Perhitungan Beban generator, Daya Turbin dan efisiensi generator dan efisiensi turbin uap.

No	Bulan/2018	Beban Generator (MW)	Daya Turbin (MW)	Perhitungan Efisiensi Generator (%)	Perhitungan Efisiensi Turbin uap (%)
1	April	0,64	1,0	91	64
2	Mei	0,6	0,7	83,7	60,7
3	Juni	0,66	1,1	93,3	84,6
4	Juli	0,71	1,0	92,3	71
5	Agustus	0,69	0,84	84	64,1
6	September	0,6	1,0	92,3	65
7	Oktober	0,56	0,84	84	61,7
8	November	0,53	0,84	84	63
9	Desember	0,67	1,0	93	72

Berdasarkan Tabel 3.5 maka dapat diketahui grafik perbandingan efisiensi turbin uap dan generator yang terjadi selama proses penggilingan pada tahun 2018.



**Gambar 3.6** Perbandingan daya dan efisiensi turbin uap

Berdasarkan diagram pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai dari daya masukkan generator atau daya yang dihasilkan turbin maka efisiensi dari generator juga semakin besar. Begitu pula sebaliknya jika daya menurun maka efisiensi turbin juga menurun. Nilai efisiensi generator pada Turbin Uap di PT. Madu Baru Yogyakarta mengalami perubahan yang fluktuatif. Selama musim giling tahun 2018 didapatkan nilai efisiensi terendah pada daya 0,7 MW sebesar 60% dan nilai efisiensi tertinggi pada daya 1,1 MW sebesar 85,7%.

Selain itu perubahan beban dapat menyebabkan ketidakstabilan generator hal inilah yang dapat menyebabkan efisiensi pada generator dapat mengalami perubahan yang fluktuatif saat beroperasi. Perubahan beban pada pabrik gula ini dipengaruhi oleh kualitas dari ampas tebu yang dihasilkan. Seperti pada tahun 2018 ampas tebu yang dihasilkan sangatlah melimpah tetapi hal ini tidak diiringi dengan kualitas ampas tebu yang buruk akibat musim hujan. Ampas tebu yang basah akan menghasilkan pembakaran yang kurang maksimal, oleh karena itu ampas tebu harus dijaga agar tetap kering.

Pada hasil perhitungan efisiensi generator menyatakan bahwa nilai efisiensi generator naik ketika beban pada daya generator tetap. Akan tetapi ketika beban turun maka nilai efisiensi generator akan turun. Penurunan efisiensi generator bisa disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya sudah melemahnya kemampuan kerja generator maupun meningkatnya rugi-rugi yang ada pada generator. Secara umum yang dimaksud efisiensi turbin adalah kemampuan turbin untuk merubah energi panas yang dikandung uap menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator. Efisiensi turbin merupakan parameter yang menyatakan derajat keberhasilan komponen atau sistem turbin mendekati desain atau proses ideal dengan satuan %. Semakin besar efisiensi generator maka dapat dikatakan bahwa generator tersebut dalam kondisi yang baik. Berdasarkan perhitungan rata-rata efisiensi turbin adalah 71,3% dan rata-rata efisiensi Generator adalah 81,3%

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan manual, didapat nilai efisiensi generator terendah pada daya 0,7 MW sebesar 60% dan nilai efisiensi tertinggi pada daya 1,1 MW sebesar 85,7%.
2. Beberapa kegiatan yang dilakukan dalam maintenance turbin untuk menunjang kinerja turbin agar tetap efisien dalam beroperasi.

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah memberi kesehatan, kekuatan, dan kemampuan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua Orang tuaku yang telah memberikan dana dan semangat.
3. Bapak Ir. M. Abdulkadir, M.T. selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Dr. Daru Sugati, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah dengan sabar dan tanpa lelah dalam membimbing dan juga memberi motivasi.
4. Semua saudara kakak dan adik yang selalu memberi dukungan dan semangat.
5. Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin yang telah mengenalkan dan mengajarku cara berorganisasi serta lika-liku perjuangan mahasiswa.
6. Teman-teman seperjuangan yang telah membantu bertukar pikiran dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Teman-teman keluarga besar Teknik Mesin angkatan 2017 dan semua angkatan. Terima kasih atas persahabatan yang indah dan semoga persaudaraankita kan tetap terja

## **REFERENSI**

- Cahyadi, D., & Hermawan. (2015). Analisa Perhitungan Efisiensi Turbine Generator QFSN-300-2-20B Unit 10 dan 20 PT. PJB UBJOM PLTU Rembang . Jurnal. Teknik Elektro.
- Cahyo, B. N. (2011). Analisis Governor Sebagai Pengatur Beban Generator Pada PLTA Waduk Gajah Mungkur Wonogiri. Yogyakarta: Skripsi. IST AKPRIND.
- Margono. (2000). Metodologi Penelitian Pendidikan. Jakarta: Rineka Cipta.
- Shlyakhin, P. (1999). Turbin uap. Jakarta: Erlangga
- Wiranto, Arismunandar. (2004). Penggerak Mula Turbin. Bandung: ITB