

## ANALISIS PERHITUNGAN EFISIENSI MESIN TURBIN PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA) DI PT. INDONESIA POWER UNIT PEMBANGKIT PLTA WADUK CIRATA

Supian Sauri, Romadhoni Syahputra, Aziz Yulianto, La Ode Muhammad Yusuf, Wahyu Yanuar Rizky, Muhammad Hisyam Ramadhan

Universitas Diponegoro dan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Indonesia

Email: derahaf@gmail.com, ramadons@ymail.com, pratamaaziz08@gmail.com, laodemuhammadyusuf@students.undip.ac.id, wahyuyuanuarrizky28@gmail.com, hisyamudin.ramadhan99@gmail.com

### Abstrak

Efisiensi turbin merupakan suatu ukuran unjuk kerja atau performa dari mesin turbin untuk menghasilkan suatu daya dimana perbandingannya daya yang dihasilkan dengan kinerja mesin turbin. Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi turbin yaitu besarnya debit air yang mengalir, massa jenis air, pengaruh percepatan gravitasi bumi, dan ketinggian jatuh air (head). Penelitian dilakukan di PLTA Waduk Cirata, data yang diambil secara langsung sesuai dengan keadaan dilapangan yaitu data kondisi pembangkitan meliputi unit yang beroperasi, daya yang dihasilkan, besarnya debit air, produksi kWh, tagangan trafo, temperature trafo, elevasi waduk, *elevasi intake*, delta H, *elevasi tailrace*, *spill way* atau *hollow jet*, dan total bahan bakar solar. Nilai efisiensi rata-rata mesin turbin unit 1 tertinggi di bulan Juli 2021 sebesar 92.5 % , sedangkan untuk mesin unit 2 nilai efisiensi rata-rata tertinggidi bulan April 2021 sebesar 90.9%. Nilai efisiensi rata-rata mesin turbin unit 1 terendah dibulan Januari 2021 sebesar 72.4% dan untuk unit 2 dibulan November 2021 sebesar 68.1%. Total nilai rata-rata efisiensi mesin turbin ditahun 2021 dari bulan Januari-Desember 2021 diperoleh nilai rata-rata efisiensi adalah unit 1 sebesar 83.3% dan unit 2 sebesar 84.8%.

**Kata Kunci:** Efisiensi, PLTA, Mesin Turbin, PLTA Wonogiri.

### Abstract

*Turbine efficiency is a measure of the performance or performance of a turbine engine to produce a power where the resulting power is compared to the performance of the turbine engine. Some factors that affect the efficiency of the turbine are the magnitude of the flowing water discharge, the density of water, the influence of the earth's gravitational acceleration, and the height of the water fall (head). The research was conducted at the Cirata Reservoir Hydropower Plant, the data taken directly according to the conditions in the field, namely data on generation conditions including operating units, power generated, amount of water discharge, kWh production, transformer tagangan, transformer temperature, reservoir elevation, intake elevation, delta H, tailrace elevation, spill way or hollow jet , and total diesel fuel. The average efficiency value of unit 1 turbine*

*engines was highest in July 2021 at 92.5%, while for unit 2 engines the highest average efficiency value in April 2021 was 90.9%. The average efficiency value of the turbine engine unit 1 was the lowest in January 2021 at 72.4% and for unit 2 in November 2021 at 68.1%. The total average value of turbine engine efficiency in 2021 from January-December 2021 obtained the average efficiency value was unit 1 of 83.3% and unit 2 of 84.8%.*

**Keywords:** *Efficiency, Hydropower, Turbine Engine, Wonogiri Hydropower Plant.*

## **Pendahuluan**

Indonesia merupakan suatu negara yang memiliki banyak potensi untuk pengembangan pembangkit tenaga listrik terutama untuk potensi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). PLTA merupakan pembangkit yang prosesnya menggunakan energi air, sumber utama yaitu air. Ketersediaan air yang sangatlah banyak dan melimpah di Indonesia sangat bagus untuk berdirinya suatu pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Karena di negara Indonesia ini 70% terdiri atas air dan 30% terdiri atas dataran.

Pengembangan pembangkit listrik tenaga air sangatlah banyak tersebar di beberapa daerah di Indonesia, salah satunya yaitu PLTA Cirata. PLTA Cirata menghasilkan energi listrik dengan kapasitas terpasang adalah 12,4 MW (2 x 6,2 MW) sebagai tenaga penggerak yaitu turbin air. Turbin air bertipe turbin kaplan (turbin reaksi) yang berfungsi untuk menggerakkan generator untuk menghasilkan energi listrik.

Turbin dan generator terhubung langsung antara poros turbin dan poros generator dihubungkan oleh *kopling flens*. Untuk pemasangannya sumbu turbin dengan sumbu generator harus segaris atau akurat bertujuan agar mengurangi getaran pada turbin selama generator berputar.

Proses pembangkitan tenaga listrik seperti di PLTA Wonogiri juga memanfaatkan tenaga air. Terjaminnya ketersediaan air dan intensitas aliran air untuk kebutuhan turbin/pembangkit merupakan salah satu ukuran untuk menentukan keunggulan pembangkit tersebut. Dengan mempertahankan ketersediaan air maka menjamin suatu pembangkit terus-menerus akan menghasilkan pasokan listrik dalam kurun waktu tertentu, selama ketersediaan air dan intensitas aliran air memenuhi syarat untuk pembangkitan.

Pada turbin kaplan itu sendiri ada beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya suatu efisiensi turbin atau ujuk kerja turbin seperti tingginya air yang jatuh, besarnya debit air yang dialirkan, sudut sudu pengarah dan sudut sudu jalan. Untuk mendapatkan efisiensi yang besar pada turbin maka yang harus diketahui adalah perubahan sudut sudu pengarah karena pada saat pengoperasian sudut sudu pengarah akan mengikuti sudut sudu jalan maka aliran air akan masuk ke pipa dan disalurkan ke seluruh sudu jalan untuk memutar turbin secara maksimal dan konstan.

## Metode Penelitian

Penyusunan Penelitian ini berdasarkan proses observasi pada saat pengambilan data di PT Indonesia Power Sub Unit PLTA Cirata pada tanggal 19 Maret 2021 sampai dengan 13 April 2021. Studi kepustakaan dilakukan di perpustakaan Sub Unit PLTA Cirata, Data mekanik, manual book, dan *log sheet* didapat dari *Control Room* Sub Unit PLTA Cirata dan diperoleh dari beberapa jurnal-jurnal, buku- buku, dan referensi terpercaya lainnya.

Data penelitian yang diambil berupa data laporan tiap hari kondisi pembangkitan PLTA Cirata selama 1 (satu) Tahun ditahun 2021. Berikut kemungkinan data-data lapangan yang akan diambil untuk penelitian tugas akhir sebagai berikut: Kapasitas daya yang terpasang, Kapasitas daya yang dihasilkan, Besarnya debitair yang digunakan, Unit yang beroperasi, Tinggi elevasi waduk, Tinggi elevasi intake, Besarnya delta H, dan Tinggi Elevasi Tailrace.

## Hasil Dan Pembahasan

### Perhitungan Nilai Efisiensi Turbin dan Hasil Analisis

Berikut data-data total dan rata-rata kondisi pembangkitan PLTA Cirata yang digunakan untuk menghitung nilai efisiensi rata-rata mesin turbin unit 1 dan unit 2 tiap bulannya dimulai dari bulan Januari 2021 s/d Desember 2021.

**Tabel 1**  
**Total dan Rata-Rata Pembangkitan Bulan Januari-Desember 2021.**

Bulan Ke-	Elevasi Waduk (m)		Elevasi Intake (m)		Elevasi Tailrace (m)		Debit Air (Q) (m <sup>3</sup> /s)	
	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2
1	132.0307	131.7667	131.37143	131.4161	109.7557	109.8522	31.73	33.24
2	134.33368	134.33368	133.83157	133.83158	110.92210	110.92210	28.536842	28.5368421
	42	4	9		5	5	11	1
3	135.34483	135.34483	134.61645	134.61645	109.98	109.98	26.916129	26.9161290
	87	87	2	2			03	3
4	135.92792	135.89167	135.60708	135.608	110.11917	110.038	25.529167	25.723333
5	135.98792	135.93583	135.78625	135.73958	109.76458	109.81625	25.266667	25.866667
6	134.98615	134.959	134.82846	134.864	109.75769	109.62867	22.6	25.94
7	132.91389	133.5375	132.67889	133.37857	109.69222	109.59607	24.466667	26.385714
8	131.04047	131.14916	130.98047	131.10583	109.39	109.46917	26.471429	29.833333
	6	7	6	3				
9	129.41222	129.25571	129.32667	129.19429	109.35444	109.33	24.055556	24.3
10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	135.31333	130.476	135.47	130.046	110.834	109.362	20.266667	22.9
12	133.10419	133.10419	132.86419	132.86419	111.35664	111.35664	32.493548	32.493548
	35	35	35	4	52	52	39	

Bulan Ke-	Beban (MW)		Tegangan (KV)		Produksi Kwh		Delta H (m)	
	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2
1	4.866429	6.000167	19.028571	21.61667	117.175	142.3186	0.507	0.347
2	5.6473684	5.7105263	20.536842	20.536842	130.10894	133.89157	0.6426315	0.65105263
	21	2	1		7	9	79	2
3	5.3741935	5.3741935	20.745161	20.745161	128.62871	128.02806	0.7309677	0.73096774
	48	48	3	3		45	42	2
4	5.4458333	5.86	20.679167	20.646667	131.76917	138.19433	0.2895833	0.2823333

5	5.5333333	5.4333333	20.525	20.508333	137.17833	132.87792	0.2020833	0.1966667
6	4.7846154	5.5066667	20.492308	20.53	116.89231	134.16533	0.1515385	0.0956667
7	5.1	5.5821429	20.394444	20.396429	127.18167	137.1125	0.2333333	0.1578571
8	4.8904761	5.45	20.428571	20.425	121.59	130.3175	0.0614286	0.0433333
9	3.8222222	4.2142857	20.4	20.4	96.792778	115.32857	0.0866667	0.07
10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	3.6666667	3.16	20.5	20.34	87.376667	77.364	1.51	0.43
12	5.5290322	5.6322580	20.5	20.5	128.33806	131.75225	0.7254838	0.7254839
	58	65			45	81	71	

Berdasarkan hasil perhitungan nilai efisiensi mesin turbin unit 1 dan unit 2 dari bulan Januari-Desember 2021 diperoleh nilairata-rata sebagai berikut:

**Tabel 2**  
**Nilai Efisiensi Mesin Turbin Unit1 dan Unit 2 Ditahun 2021**

Bulan	Unit 1	Unit 2
	i Efisiensi(%)	i Efisiensi(%)
Januari	72.4	85.4179
Februari	88.1451	89.1309
Maret	82.69827	82.69827
April	85.5586941	90.9104
Mei	84.53879	82.6816
Juni	86.1676	85.8388
Juli	92.53227	90.7712
Agustus	87.3143	86.154558
September	81.179	89.0878
Oktober	0	0
November	74.9364	68.07552
Desember	80.73	82.23722
<b>TOTAL</b>	<b>916.2004241</b>	<b>933.004168</b>
<b>Jumlah Bulan</b>	<b>11</b>	<b>11</b>
<b>RATA-RATA</b>	<b>83.29094765</b>	<b>84.81856073</b>

Jadi, pada perhitungan besarnya nilai efisiensi mesin turbin dibulan Januari-Desember 2021 pada pembangkit unit 1 dan unit 2 PLTA Cirata diperoleh nilai rata-rata efisiensi/unjuk kerja turbin melebihi dari >50% maka ditahun 2021 ini unjuk kerja mesin turbin dalam keadaan baik dan optimal dengan nilai rata-rata pertahun unit 1= 83.3% dan unit 2= 84.82%. Semakin besar nilai tinggi (Head), debit air dan efisiensi turbin maka semakin besar beban atau daya kWh yang dihasilkan dan kinerja turbin maksimal. Sebaliknya, jika semakin kecil nilai tinggi (head), debit air, dan efisiensi turbin maka semakin kecil juga daya yang dihasilkan. Maka memenuhi persamaan pada rumus Daya Turbin ( $P_t = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_T$ ).

Analisis Perhitungan Efisiensi Mesin Turbin Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di PT. Indonesia Power Unit Pembangkit PLTA Waduk Cirata

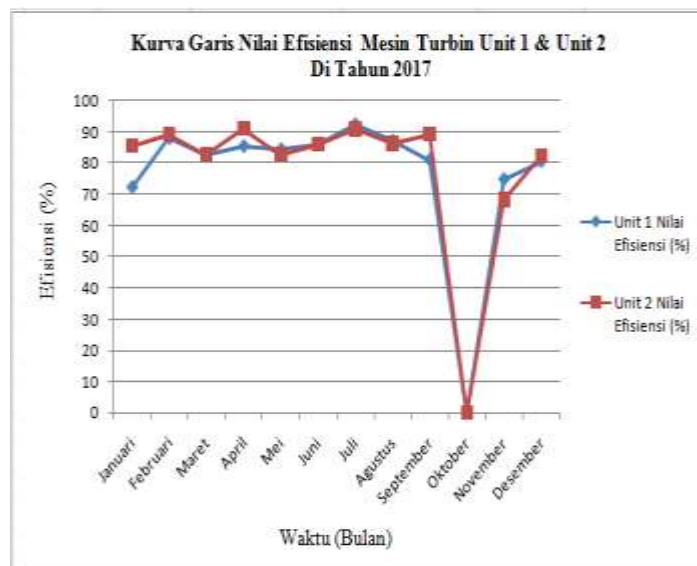
Sedangkan untuk mencari nilai efisiensi turbin yaitu perbandingannya daya yang dihasilkan dengan kinerja mesin turbin dirumuskan dengan persamaan rumus Efisiensi

$$\text{Turbin } (\eta) = \frac{P_t}{T} \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

. Nilai suatu efisiensi

$$T$$

Turbin di PLTA Cirata juga dipengaruhi oleh pola operasi untuk menghasilkan daya yang maksimum atau tidaknya, karena di PLTA Cirata mempunyai 2 (dua) unit pembangkit yang pola operasinya berbeda-beda. Dengan besarnya nilai debit air dan tinggi head yang tinggi hanya diperoleh beban yang kecil maka nilai efisiensi akan bernilai kecil. Hal tersebut terjadi karena adanya gangguan dari dalam seperti gangguan mesin stop/tidak beroperasi dan gangguan dari luar seperti dari jaringan sehingga pembangkit tidak beroperasi dan mesin dalam keadaan *standby*(siaga). Untuk delta H yang terukur akan mempengaruhi besar kecilnya kinerja dari turbin karena delta H semakin tinggi akan menyebabkan kavitasi. Jika kavitasi terjadi maka bagian *turbin blades* dan *casing* akan menimbulkan lubang-lubang kecil bahkan menyebabkan korosi sehingga menurunkan kinerja dari turbin. kavitasi yaitu terjadinya penurunan tekanan pada aliran fluida yang mengakibatkan tekanan fluida berada dibawah tekanan uap jenuh sehingga menimbulkan gelembung-gelembung air yang diakibatkan zat cair yang menguap.



**Gambar 1**  
**Kurva Garis Nilai Efisiensi Mesin Unit 1 dan Unit 2 Pada Tahun 2021.**

Untuk menjaga mesin turbin tetap efisien dalam proses pembangkitan maka pihak PLTA Cirata setiap tahunnya melakukan pemeliharaan rutin tahunan atau yang disebut (*Annual Inspection*). Pemeliharaan tahunan dilakukan secara keseluruhan baik pada mesin (unit 1) dan mesin (unit 2). Pemeliharaan mesin tidak bisa beroperasi

sehingga dilakukannya pemeliharaan tahunan.

### **Perhitungan NCF (*Net Capacity Factor*)**

Perhitungan total nilai NCF (*Net Capacity Factor*) dan CF (*Capacity Factor*) pada pembangkit Unit 1 dan Unit 2 dari bulan Januari-Desember 2021 selama 1 (satu) tahun adalah sebagai berikut:

Diket:

$$\begin{aligned} \text{Total Prdk.Bruto (Unit 1)} &= 26.275,565 \text{ MWh} & \text{Daya Mampu Netto (Unit 1)} &= 6,2 \text{ MW} \\ \text{Period Hours (Unit 1)} & & & = 8.760 \text{ Jam} & \text{Total Prdk.Bruto (Unit 2)} &= 30.894,26 \\ \text{MWh} & & \text{Daya Mampu Netto (Unit 2)} &= 6,2 \text{ MW} & \text{Period Hours (Unit 2)} &= 8.760 \text{ Jam} \\ \text{Total Prdk.Bruto (MWh)} &= 26.275,565 + 30.894,26 & & = 57.169,825 \text{ MWh} \\ \text{Pemakaian Sendiri (Ps)} & & & = 242,723 \text{ MWh} & \text{Produksi Netto (MWh)} &= \\ & & & & & 57.169,825 - 242,723 \\ & & & & & = 56.927,102 \text{ MWh} \\ \text{Daya Mampu Netto (MW)} & & & & & = \text{DMN (Unit 1)} + \text{DMN (Unit 2)} \\ & & & & & = 6,2 \text{ MW} + 6,2 \text{ MW} \\ & & & & & = 12,4 \text{ MW} \end{aligned}$$

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan NCF (*Net Capacity Factor*) dan CF (*Capacity Factor*) pada pembangkit unit 1 dan unit 2 PLTA Wonogiri selama 1 (satu) tahun dari bulan Januari-Desember 2021 diperoleh hasil nilai CF (*Capacity Factor*) (Unit 1 = 48.38% dan Unit 2 = 56.88%) dan nilai NCF (*Net Capacity Factor*) sebesar 52.63%. Kinerja pembangkit dihitung berdasarkan DKP-IKP 2007:1 tentang Prosedur Tetap Deklarasi Kondisi Pembangkit dan Indeks Kinerja Pembangkit PT. PLN (Persero). Setelah melakukan analisa diperoleh nilai CF (*Capacity Factor*) dan nilai NCF (*Net Capacity Factor*) jarum jam serta menggunakan sudu jalan yaitu *spiral casing* (rumah siput). Nilai efisiensi rata-rata mesin turbin unit 1 tertinggi di bulan Juli 2021 sebesar 92.5%, sedangkan untuk mesin unit 2 nilai efisiensi rata-rata paling besar terdapat pada bulan April 2021 sebesar 90.9%. Nilai efisiensi rata-rata mesin turbin unit 1 terendah dibulan Januari 2021 sebesar 72.4% dan untuk unit 2 dibulan November 2021 sebesar 68.1%. Sedangkan untuk bulan Oktober nilai efisiensi sebesar 0 % dikarenakan tidak beroperasinya mesin turbin sebab air diwaduk gajah mungkur mengalami kekeringan akibat musim kemarau yang panjang sehingga *elevasi* waduk tidak mencukupi standard untuk pembangkitan dan debit air tidak mencukupi untuk memutar mesin turbin. Dari hasil nilai rata-rata efisiensi mesin turbin ditahun 2021 dari bulan Januari-Desember 2021 diperoleh rata-rata nilai efisiensi >50% yang menandakan bahwa mesin turbin bekerja dengan baik dan efisien. Nilai CF (*Capacity Factor*) dan nilai NCF (*Net Capacity Factor*) diatas standar nilai tahunan yakni antara 30-50% yang berarti memenuhi standar nilai tahunan. Dapat dikatakan bahwa Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Cirata handal dalam hal proses operasi dan produksi energi listrik.

## BIBLIOGRAFI

- Dewantoro, Yusuf Herambang. 2010. *Unjuk Kerja Turbin Air Mikrohidro Aliran Silang Terhadap Variasi Sudut Sudu Jalan(Runner) Pada Debit Konstan Untuk PLTMH*. Prosiding Seminar Nasional dan Teknologi. Teknik Mesin Politeknik Negri Semarang.
- Havendri, Adly. 2009. *Perancangan Dan Realisasi Model Prototipe Turbin Air Type Screw (Archimedean Turbine) Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Dengan Head Rendah Di Indonesia*. Laboratorium Konversi Energi. Teknik Mesin Universitas Andalas.
- Lukanto, D. 2008. *Diklat Kuliah Bangunan Tenaga Air*. Surabaya: ITS.
- Marsudi, Ir. Djiteng 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Graha Ilmu : Yogyakarta.
- Muliawan, Arief. 2016. *Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner*. Jurnal Of Saintek. Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Bontang.
- Rahman, Hajar Hardiyanti. Maddaiya, Marwan. 2015. *Evaluasi Kinerja Pembangkit Pada Pusat Listrik Bilibili 19,5 MW*. Laporan Tugas Akhir. Teknik Mesin Politeknik Negri Ujung Pandang Makassar.
- Sasongko, Erry Thriana. 2008. *Pengaruh Laju Alirann Massa Terhadap Daya Turbin Air Francis Pada Sub Unit PLTA Jelok Semarang*. Jurnal Teknologi Vol.1, No.1. Teknik Mesin Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta.
- Sitong, 2017. *Desain Pembangkit Listrik Tenaga Air Kapasitas 5 KW Desa Siabu Kabupaten Kampar Riau*. Jurnal FTEKNIK Vol.4 No.1. Teknik Elektro Universitas Riau.
- Triono, M. 2012. *Pemodelan Turbin Cross-Flow Untuk Diaplikasikan Pada Sumber Dengan Tinggi Jatuh Dan Debit Kecil*. Jurnal Neutrino Vol.4, No.2. Malang : Fakultas Saintek, UIN Maliki.
- Wijianto., Effendy M. 2010. *Aplikasi Response Getaran Untuk Menganalisis Fenomena Kavitasi Pada Instalasi Pompa Sentrifugal*. Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi Vol.11, No.2.
- Anonymous. *Makalah Turbin Air*. Diakses pada website: <http://erepo.unud.ac.id/9830/3/f6b97aedaa888fd98bec9cbc1252db12.pdf>, pada tanggal 3 April 2018, pada pukul 20.50 wib.
- Fadillah, Faqih. *Makalah Turbin Air*. Diakses pada website <https://www.scribd.com/doc/312188826/Turbin-Air>, Pada tanggal 3 April

Supian Sauri, Romadhoni Syahputra, Aziz Yulianto, La Ode Muhammad Yusuf, Wahyu Yanuar Rizky, Muhammad Hisyam Ramadhan

2018, pada pukul 20.40 wib.

Purnomo, Ady. *Debit Air Turbi Dan Kecepatan.*  
Diakses pada website: <https://dokumen.tips/download/link/debit-air-turbin-dan-kecepatan-spesifik>, Pada tanggal 3 April 2018, pada pukul 21.05 wib.

---

**Copyright holder:**

Supian, Romadhoni, Aziz Yulianto, La Ode Muhammad Yusuf, Wahyu Yanuar Rizky, Muhammad Hisyam Ramadhan (2022)

**First publication right:**

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

**This article is licensed under:**

