

Analisis perhitungan Turbin dan Generator di PLTA Sempor

Alif Wilujeng Widi Ariyanto¹, Ramadoni Syahputrs², Anna Nur Nazilah Chamim³, Kunnu Purwanto⁴

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jl. Brawijaya, Glebegan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55183

Email : Alifwilujeng08@gmail.com

ABSTRAK

PLTA Sempor merupakan pembangkit listrik tenaga air dengan kemampuan produksi listrik sebanyak 1 X 8,8 MW dan memproduksi 60 juta KWH setiap tahunnya. Pada turbin dan generator masing-masing mempunyai banyak permasalahan termasuk permasalahan tentang efisiensi turbin dan generator. Efisiensi turbin merupakan unjuk kerja suatu mesin turbin untuk menghasilkan suatu daya dimana perbandingan yang dihasilkan dengan kinerja mesin turbin. Efisiensi generator adalah perbandingan daya keluaran atau daya masukan generator. Pada tabel perhitungan efisiensi dapat disimpulkan bahwa turbin bekerja baik dan secara optimal. Dikarenakan nilai efisiensi turbin tidak kurang dari 50%. Nilai daya turbin turun karena pada nilai elevasi intake rendah, begitupun sebaliknya. Hari pertama efisiensi generator yang didapatkan dari hasil perhitungan adalah 91,59%, hari kedua 91,36%, hari ketiga 91,36%, hari keempat 92,38%, dan hari kelima 92,84%. perbandingan efisiensi hari pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima adalah pada beban. hal ini dikarenakan pada beban mengalami perubahan nilai arus setiap harinya. Sehingga pada beban mengalami perubahan. Perubahan beban tersebut merupakan suatu realitas dalam batas wajar. Dari kondisi itu dapat disimpulkan bahwa efisiensi turbin dan generator sinkron di PLTA Sempor berada dalam kondisi baik dan bekerja secara optimal.

Kata kunci: Efisiensi Turbin, Efisiensi Generator, Turbin, Generator Sinkron

ABSTRACT

Sempor Hydroelectric Power Plant is a hydroelectric power plant with an electricity production capability of 1 X 8.8 MW and produces 60 million KWH annually. Each turbine and generator has many problems, including the issue of turbine and generator efficiency. Turbine efficiency is the performance of a turbine engine to produce a power where the comparison is produced with the performance of the turbine engine. Generator efficiency is the ratio of the output power or input power of the generator. In the calculation table the efficiency can be concluded that the turbine works well and optimally. Because the turbine efficiency is not less than 50%. Turbine power value decreases because of the low intake elevation value, and vice versa. The first day generator efficiency obtained from the calculation results is 91.59%, the second day 91.36%, the third day 91.36%, the fourth day 92.38%, and the fifth day 92.84%. the efficiency comparison of the first, second, third, fourth, and fifth days is on the load. this is because the load changes the value of the current every day. So that the load changes. Changes in the burden is a reality within reasonable limits. From these conditions it can be concluded that the efficiency of the turbine and synchronous generator in the Sempor Hydroelectric Power Plant are in good condition and working optimally.

Keywords: Turbine Efficiency, Generator Efficiency, Turbine, Synchronous Generator

I. Pendahuluan

Tenaga listrik adalah salah satu energi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat di dunia. Seiring dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat, tingkat kebutuhan tenaga listrik setiap hari juga semakin meningkat dalam setiap aktivitas manusia dan industri. Tenaga listrik yang dibutuhkan oleh konsumen setiap harinya tidak tetap. Hal ini akan mempengaruhi beban yang diterima oleh turbin dan generator akan berubah (tidak tetap) sehingga akan mempengaruhi sistem ketenaga listrikannya itu sendiri.

Turbin air adalah alat untuk mengubah energi potensial menjadi energi mekanik dan kemudian dirubah menjadi energi listrik oleh generator. Berdasarkan prinsip kerja turbin air. Aliran air yang mempunyai energi potensial akan disemprotkan ke sudu-sudu turbin oleh *nozzle*. Putaran dari sudu-sudu tersebut akan mengakibatkan poros turbin akan berputar dan kemudian putaran poros tersebut akan diteruskan ke generator menjadi energi listrik. Efisiensi turbin adalah suatu ukuran untuk kerja atau performa suatu mesin turbin untuk menghasilkan suatu daya dimana perbandingan daya yang dihasilkan dengan kinerja mesin turbin.

Generator adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Daya masukan generator berupa daya mekanik sedangkan untuk daya keluarannya berupa daya listrik. Efisiensi generator merupakan perbandingan antara daya keluaran atau daya yang dibangkitkan generator dengan daya masukan generator. Daya masukan generator sama dengan gaya yang dihasilkan oleh turbin karena turbin dan generator dikopel dan bekerja sama. Untuk menghitung efisiensi generator adalah dengan membandingkan daya keluaran generator dan daya masukan

generator, dimana daya masukan generator sama dengan daya yang dihasilkan turbin.

Pada turbin dan generator masing-masing mempunyai banyak permasalahan termasuk permasalahan tentang efisiensi turbin dan generator. Gangguan pada efisiensi turbin dan generator dapat berakibat fatal pada turbin dan generator serta menyebabkan generator tidak bekerja secara optimal dan sistem kelistrikan konsumen juga akan padam.

II. Landasan Teori

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Pembangkit listrik tenaga air merupakan pembangkit yang memanfaatkan aliran air sebagai energi listrik. Energi listrik yang dibangkitkan sering disebut sebagai hidroelektrik. Pembangkit listrik tenaga air bekerja dengan cara merubah energi air yang mengalir dari bendungan menjadi energi mekanik dengan bantuan turbin serta dari energi mekanik tersebut menjadi energi listrik dengan bantuan generator. Kemudian energi listrik yang dihasilkan dari PLTA dialirkan melalui jaringan-jaringan transmisi dan distribusi, hingga akhirnya energi listrik dapat digunakan oleh konsumen.

Jenis-jenis PLTA:

1. Berdasarkan tinggi terjun PLTA
 - a. PLTA jenis terusan air (*water way*)
Pusat listrik yang mempunyai tempat ambil air atau intake di hulu sungai dan mengalirkan air ke hilir melalui terusan air dengan kemiringan atau *gradient* yang sangat kecil.
 - b. PLTA jenis DAM (bendungan)
Pembangkit listrik dengan bendungan yang melintang di sungai, pembuatan bendungan

- ini dimaksudkan untuk menaikkan permukaan air dibagian hulu sungai guna membangkitkan energi potensial yang lebih besar sebagai pembangkit listrik.
- c. PLTA jenis terusan dan DAM (campuran). Pusat listrik yang menggunakan dua gabungan sebelumnya menjadi energi potensial yang diperoleh dari bendungan dan terusan.
2. Berdasarkan aliran sungai PLTA
- a. PLTA jenis aliran sungai langsung (*run of river*) Banyak dipakai dalam PLTA saluran air / terusan, jenis ini membangkitkan listrik dengan memanfaatkan aliran sungai itu sendiri secara alami.
 - b. Pusat listrik jenis waduk (*reservoir*) Dibuat dengan cara membangun suatu waduk yang melintang di sungai, sehingga berbentuk seperti danau buatan, atau dapat dibuat seperti danau asli sebagai penampung air hujan sebagai cadangan untuk musim kemarau
 - c. PLTA dengan kolam pengatur (*regulating pond*) Mengatur aliran sungai setiap hari dengan menggunakan kolam pengatur yang dibangun melintang sungai serta membangkitkan listrik sesuai dengan beban. Disamping itu juga dibangun kolam pengatur di hilir untuk dipakai pada waktu beban puncak dengan suatu waduk yang mempunyai kapasitas besar dan akan mengatur perubahan air

pada waktu beban puncak sehingga energi yang dihasilkan lebih maksimal.

- d. PLTA jenis pompa (*pumped storage*)

Memanfaatkan tenaga listrik yang berlebihan ketika musim hujan atau pada saat pemakaian, tenaga listrik berkurang saat tengah malam. Pada waktu ini sebagian turbin berfungsi sebagai pompa untuk memompa air yang dihilir ke hulu, jadi pembangkit ini memanfaatkan kembali air yang dipakai saat beban puncak dan dipompa lagi saat beban puncak terlewati.

2.2 Generator

Generator adalah suatu alat untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik bisa berasal dari panas, uap, dan air. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator bisa berupa listrik AC maupun DC. Hal tersebut tergantung rancangan generator yang dipakai oleh pembangkit tenaga listrik. Generator bekerja berdasarkan hukum faraday. Apabila suatu penghantar diputar dalam sebuah medan magnet sehingga dapat memotong garis-garis gaya magnet, maka pada ujung penghantar akan menimbulkan GGL (Gaya Gerak Listrik).

a. Generator Sinkron

Konversi energi elektromagnetik yaitu perubahan energi dari bentuk mekanik ke bentuk listrik dan bentuk listrik ke bentuk mekanik. Generator sinkron (sering disebut alternator) adalah mesin listrik arus bolak-balik yang menghasilkan tegangan dan arus bolak-balik yang bekerja dengan cara mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan adanya induksi medan magnet

(Anthony, 2013). Energi mekanis diperoleh dari putaran rotor yang digerakkan oleh penggerak mula (prime mover), sedangkan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan stator dan rotornya. Generator sinkron dengan definisi sinkronnya, mempunyai makna bahwa frekuensi listrik yang dihasilkannya sinkron dengan putaran mekanis generator tersebut. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutubkutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator. Kumparan medan magnet pada generator sinkron terletak pada rotornya sedangkan kumparan jangkarnya terletak pada stator. Rotor generator sinkron yang terdiri dari belitan medan dengan suplai arus searah akan menghasilkan medan magnet yang diputar dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan putar rotor. Hubungan antara medan magnet pada mesin dengan frekuensi listrik pada stator ditunjukkan oleh persamaan di bawah ini:

$$f = \frac{n \cdot p}{120} \quad (2.1)$$

Di mana: f = Frekuensi Listrik (Hz)
 n = Kecepatan putar rotor (rpm)
 p = Jumlah kutub

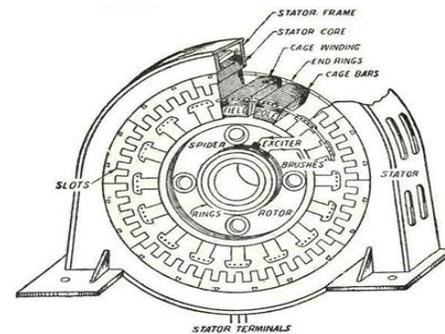
Generator sinkron sering kita jumpai pada pusat-pusat pembangkit tenaga listrik dengan kapasitas yang relatif besar. Misalnya pada PLTA, PLTU, PLTD dan pembangkit listrik lainnya. Selain generator dengan kapasitas besar, kita juga mengenal generator dengan kapasitas yang relatif kecil misalnya generator yang digunakan untuk penerangan darurat yang sering disebut generator set

b. Komponen Generator Sinkro

Konstruksi pada generator sinkron secara umum terdiri dari tiga komponen utama yaitu:

- 1) Stator adalah bagian dari generator yang diam.
- 2) Rotor adalah bagian dari generator yang berputar.
- 3) Celah udara adalah ruang antara stator dan rotor

Pada gambar 2.2 berikut, dapat dilihat konstruksi dari sebuah generator sinkron.



Gambar 2.1 Konstruksi Generator Sinkron (Ennopati, 2009)

c. Prinsip Kerja Generator Sinkron

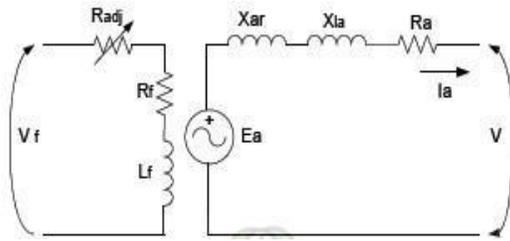
Suatu mesin listrik akan berfungsi apabila memiliki

- 1) Kumparan medan untuk menghasilkan medan magnet.
- 2) Kumparan jangkar, untuk mengimbaskan ggl pada konduktor konduktor yang terletak pada alur-alur jangkar.
- 3) Celah udara yang memungkinkan berputarnya jangkar dalam medan magnet.

d. Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron

Stator terdiri dari belitan-belitan di mana suatu belitan konduktor akan terdiri dari tahanan (RA) dan induktansi (L). Ketika motor bekerja maka arus akan mengalir pada konduktor membentuk fluksi jangkar (a) yang akan membangkitkan medan putar. Fluksi

jangkar (a) akan berinteraksi dengan fluks medan (m) sehingga akan terjadi konversi energi dari energi listrik menjadi energi mekanik. Pada kondisi ini, ada fluks sisa yang tidak dapat berinteraksi dengan fluks medan yang disebut dengan reaktansi bocor (XA). Akibat adanya pengaruh reaksi jangkar dan reaktansi bocor, maka rangkaian ekuivalen suatu motor sinkron akan menjadi seperti gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron (Ramdhani, 2008)

Dari gambar 2.2 dapat ditulis persamaan tegangan generator sinkron sebagai berikut:

$$E = V + jX I + R I \quad (2.2)$$

Di mana:

- E = Tegangan induksi
- V = Tegangan terminal generator
- Vf = Tegangan eksitasi
- Rf = Tahanan belitan medan
- Lf = Induksi belitan medan
- Radj = Tahanan variable
- Xar = Reaktansi reaksi jangkar
- Xla = Reaktansi bocor belitan jangkar
- Ia = Arus Jangkar

e. Efisiensi Generator

Efisiensi generator merupakan perbandingan antara daya keluaran atau dengan daya masukan generator. Daya masukan generator sama dengan daya yang dihasilkan oleh turbin karena turbin dan generator dikopel dan bekerja bersama. Berikut rumus perhitungan efisiensi generator:

$$P\text{-aktual} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \Phi \quad (2.3)$$

$$\eta_{gen} = \frac{P\text{-aktual}}{P} \times 100\% \quad (2.4)$$

Dimana : η_{gen} : Efisiensi generator (%)

P-aktual : Daya aktual generator

P : Daya nominal (MW)

V : Tegangan

I : Arus

2.3 Turbin Air

Turbin air adalah alat untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik dan kemudian dirubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin air merupakan peralatan utama di pembangkit listrik tenaga air (PLTA) selain generator.

a. Komponen turbin air

Komponen turbin air ada 2 yaitu

- 1). Rotor yaitu bagian yang berputar pada sistem terdiri dari sudu-sudu, poros dan bantalan.
- 2). Stator yaitu bagian yang diam pada sistem terdiri dari pipa pengarah dan rumah turbin. Berikut fungsi dari bagian tersebut:

b. Prinsip kerja turbin air

Berdasarkan prinsip kerja turbin air dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Aliran air yang mempunyai energi potensial akan disemprotkan ke sudu-sudu turbin oleh *nozzle*. Putaran dari sudu-sudu tersebut akan mengakibatkan poros turbin ikut bergerak dan kemudian putaran poros turbin akan diteruskan ke generator listrik menjadi energi listrik.

c. jenis-jenis turbin air

Jenis turbin air dibedakan menjadi 2 yaitu:

- 1). Turbin impuls
 - Turbin impuls adalah turbin air yang merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar

turbin, sehingga menghasilkan energi mekanik.

- 2). Turbin reaksi adalah turbin air yang merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik. Turbin jenis adalah turbin yang paling banyak digunakan. Turbin reaksi disebut juga turbin tekanan lebih karena tekanan air sebelum masuk roda turbin lebih besar dari tekanan air saat keluar

d. Efisiensi turbin

Efisiensi turbin adalah suatu ukuran unjuk kerja atau performa suatu mesin turbin untuk menghasilkan suatu daya dimana perbandingan daya yang dihasilkan dengan kinerja mesin turbin. Maka rumus yang didapatkan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Turbin } (\eta_T) = \frac{pt}{\rho \cdot Q \cdot H} \times 100\%$$

Keterangan :

η_T = Efisiensi turbin

Pt = Daya turbin (Watt)

ρ = Berat jenis air (1.000 kg/m³)

Q = Kapasitas air (m³ /s)

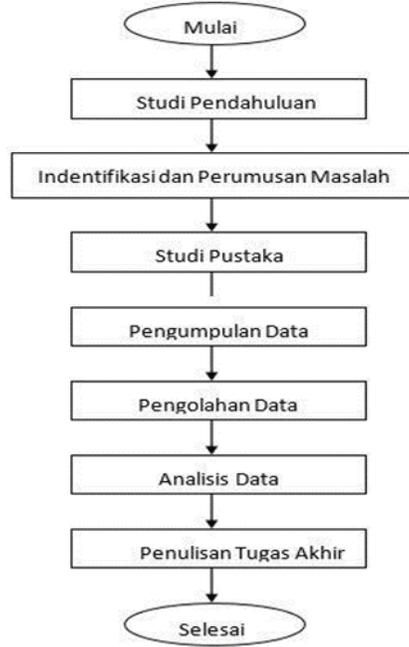
H = Tinggi air jatuh (head,m)

g = Percepatann gravitasi bumi (9,8 m/s²)

Pada PLTA Sempor tinggi air jatuh (head) dapat dicarikan dengan persamaan yaitu: H = Elevasi Intake (mdpl) – Elevasi Tailrace (mdpl)

III. Metode Penelitian

Secara umum, metode penelitian yang digunakan, yang ditunjukkan pada *flowchart* berikut.



IV. Data dan Pembahasan

4.1 Data

Tabel 4.1 Data operasi harian PLTA Sempor

HARI	ELEVASI	ELEVASI	OUT	MASSA	PERCEPATAN	DAYA	TEGANAN	ARUS	COS
KE	TAILRACE	INTAKE	FLOW	JENIS	GRAVITAS	TURBIN	(V)	(A)	PHI
	(mdpl)	(mdpl)	(m ³ /s)	AIR	BUMI	(KW)			
				(kg/m ³)	(m/s ²)				
1	83.68	180.1	8.8	1000	9.8	8171.3	6300	822	0.9
2	83.72	179.93	8.8	1000	9.8	8150.65	6300	820	0.9
3	83.72	179.76	8.75	1000	9.8	8088.2	6300	820	0.9
4	83.57	179.56	8.75	1000	9.8	8067.5	6300	829	0.9
5	83.37	179.38	8.75	1000	9.8	8046.74	6300	833	0.9
6	83.22	179.22	8.75	1000	9.8	8026.03	6300	833	0.9
7	82.95	178.96	8.75	1000	9.8	8005.1	6300	833	0.9
8	82.89	178.9	8.7	1000	9.8	7984.2	6300	837	0.9
9	82.83	178.85	8.7	1000	9.8	7963.6	6300	837	0.9
10	82.72	178.75	8.7	1000	9.8	7942.8	6300	842	0.9

4.2 Perhitungan Efisiensi Turbin

Berdasarkan data yang telah diperoleh untuk perhitungan efisiensi turbin maka dapat dilakukan sebagai berikut.

$$\text{Efisiensi Turbin } (\eta_T) = \frac{P_t}{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H} \times 100\% \quad (4.1)$$

Pt: 8171.30 kW = 8171300 Watt

ρ : 1000 kg/m³

g: 9.8 m/s²

Q: 8.80 m³/s

H: 180.10 – 83.68 = 96,42 mdpl

$$(\eta_T) = \frac{P_t}{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H} \times 100\%$$

$$(\eta_T) = \frac{8171300}{1000 \cdot 9,8 \cdot 8,80 \cdot 96,42} \times 100\%$$

$$(\eta_T) = \frac{8171300}{8315260,8} \times 100\%$$

$$(\eta_T) = 0,982687157$$

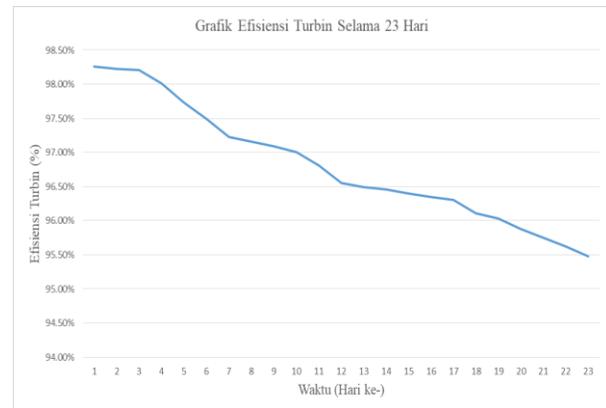
$$(\eta_T) = 98,26\%$$

a. Hasil Perhitungan

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Efisiensi Turbin

HARI KE	ELEVASI TAILR (mdpl)	ELEVASI INTAKE (mdpl)	OUT FLOW (m ³ /s)	MASSA JENIS AIR (kg/m ³)	PERCEPATAN GRAVITA BUMI (m/s ²)	DAYA TURBIN (KW)	EFISIENSI TURBIN (%)
1	84.68	180.1	8.8	1000	9.8	8171.3	98.26%
2	83.72	179.93	8.8	1000	9.8	8150.65	98.23%
3	83.72	179.76	8.8	1000	9.8	8088.2	98.21%
4	83.57	179.56	8.75	1000	9.8	8067.5	98.01%
5	83.37	179.38	8.75	1000	9.8	8046.74	97.73%
6	83.22	179.22	8.75	1000	9.8	8026.03	97.49%
7	82.95	178.96	8.75	1000	9.8	8005.1	97.23%
8	82.52	178.9	8.7	1000	9.8	7984.2	97.16%
9	82.65	178.85	8.7	1000	9.8	7963.6	97.09%
10	82.72	178.75	8.7	1000	9.8	7942.8	97.01%

b. Analisis



Gambar 4.1 Grafik efisiensi Turbin

Pada hasil perhitungan diatas dapat dilihat pada tabel serta grafik diatas, bahwa untuk kerja mesin turbin dalam keadaan baik dan optimal dikarenakan nilai dari efisiensi turbin melebihi 50%, dan apabila nilai efisiensi mesin turbin kurang dari 50% maka kinerja mesin turbin tersebut dalam keadaan kurang baik, atau belum optimal. Pada hari pertama nilai efisiensi turbin 98,26%, dan pada hari berikutnya nilai efisiensi mesin turbin adalah 98,23%, selisih dari nilai efisiensi mesin turbin dari hari pertama dan kedua adalah 0,03%, selisih tersebut diakibatkan karena elevasi intake dan daya turbin mengalami penurunan nilai setiap harinya. Daya turbin berbanding lurus dengan elevasi intake, hal ini dapat dilihat ketika daya turbin tinggi elevasi intake juga ikut tinggi, begitupun sebaliknya jika daya turbin turun maka elevasi intake ikut turun. Hal yang menyebabkan elevasi intake turun dapat di sebabkan oleh tekanan, apabila tekanan tinggi maka elevasi intake tinggi. Factor lain yang dapat menyebabkan turunnya elevasi intake adalah jumlah debit air yang menurun, meurunnya debit air dikarenakan curah hujan yang menurun atau musim kemarau.

4.3 Perhitungan Efisiensi Generator

Berdasarkan data yang telah diperoleh untuk perhitungan efisiensi Generator maka dapat perhitungan sebagai berikut:

$$P\text{-aktual} = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos Phi} \quad (4.2)$$

$$\eta_{gen} = \frac{P\text{-aktual}}{p} \times 100\% \quad (4.3)$$

Perhitungan daya aktual

$$V = 6300 \text{ volt} = 6,3 \text{ kV}$$

$$I = 822 \text{ Ampere}$$

$$\Phi = 0,9$$

$$\begin{aligned} P\text{-aktual} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos Phi} \\ &= \sqrt{3} \times 6,3 \times 822 \times 0,9 \\ &= 8,06 \text{ MW} \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi generator

$$P = 8,8 \text{ MW}$$

$$P\text{-aktual} = 8,06 \text{ MW}$$

$$\eta_{\text{gen}} = \frac{P\text{-aktual}}{P} \times 100\%$$

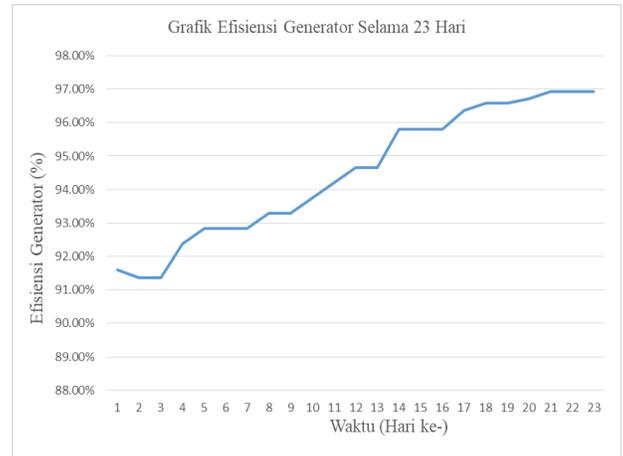
$$\begin{aligned} \eta_{\text{gen}} &= \frac{8,06}{8,8} \times 100\% \\ &= 91,59\% \end{aligned}$$

a. Hasil Perhitungan

Tabel 4.3 Hasil perhitungan efisiensi Generator

HARI KE	ARUS (A)	TEGANGAN (V)	Cos Phi	FREKUENSI (Hz)	DAYA AKTUAL (MW)	DAYA NOMINAL (MW)	SELISIH DAYA (MW)	EFISIENSI GENERATOR (%)
1	822	6300	0.9	50	8.06	8.8	0.9159	91.59%
2	820	6300	0.9	50	8.04	8.8	0.9136	91.36%
3	820	6300	0.9	50	8.04	8.8	0.9136	91.36%
4	829	6300	0.9	50	8.13	8.8	0.9238	92.38%
5	833	6300	0.9	50	8.17	8.8	0.9284	92.84%
6	833	6300	0.9	50	8.17	8.8	0.9284	92.84%
7	833	6300	0.9	50	8.17	8.8	0.9284	92.84%
8	837	6300	0.9	50	8.21	8.8	0.9329	93.29%
9	837	6300	0.9	50	8.21	8.8	0.9329	93.29%
10	842	6300	0.9	50	8.25	8.8	0.9375	93.75%

b. Analisis



Gambar 4.2 Grafik Efisiensi Generator

Hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat dilihat di tabel serta grafik diatas, bahwa untuk kinerja generator dalam keadaan baik atau bekerja secara optimal, hal ini dikarenakan bahwa nilai efisiensi generator tersebut diatas 50%, dan apabila efisiensi generator kurang dari 50% maka kinerja generator kurang baik, atau bekerja secara tidak optimal. Hari pertama setelah dilakukan perhitungan didapat efisiensi yaitu 91,59%, pada hari kedua 91,36%, hari ketiga 91,36%, hari keempat 92,38%, dan pada hari kelima 92,84%. Perbandingan efisiensi hari pertama, kedua, ketiga, keempat, dan kelima adalah pada beban. hal ini dikarenakan pada beban mengalami perubahan nilai arus setiap harinya, sehingga pada beban mengalami perubahan. Perubahan beban tersebut merupakan suatu realitas dalam batas wajar, dan tegangannya sendiri tergolong stabil yaitu 6,3 kV karena dijaga otomatis oleh AVR, Sedangkan frekuensi stabil karena putaran kecepatan generator dipengaruhi oleh air yang memutar turbin. Bila tekanan dan debit air tinggi maka torsi yang dihasilkan semakin besar dan begitupun sebaliknya. Daya aktual adalah daya yang dihasilkan generator sedangkan daya nominal adalah daya standar dari generator itu sendiri. Penurunan efisiensi generator bisa disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya sudah melemahnya kemampuan kerja generator maupun meningkatnya rugi-rugi yang ada pada generator. Pada buku "Electric Machinery Fundamentals, SJ. Chapman"

dijelaskan bahwa rugi-rugi generator meliputi rugi-rugi panas pada kumparan (winding) dan rugi-rugi pada inti generator (core), serta rugi-rugi mekanik akibat gesekan terhadap udara pada saat berputar. Nilai efisiensi generator bisa melebihi dari 50% karena pada generator tidak terdapat rugi-rugi tersebut.

V. KESIMPULAN dan SARAN

5.1 Kesimpulan

- a. Analisis yang telah dilakukan menyatakan bahwa nilai efisiensi turbin turun setiap harinya. Dikarenakan elevasi intake dan daya turbin mengalami penurunan nilai setiap harinya.
- b. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan menyatakan bahwa daya turbin berbanding lurus dengan elevasi intake. Hal ini dapat dilihat ketika daya turbin tinggi elevasi intake tinggi begitupun sebaliknya ketika daya turbin rendah elevasi intake rendah.
- c. Turunnya elevasi intake dikarenakan pada tekanan/pressure rendah. Apabila tekanan pada pressure tinggi maka elevasi intake akan tinggi.
- d. 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.
- e. Efisiensi turbin dan generator pada PLTA Sempor dapat dikatakan berada dalam kondisi yang baik, hal ini dikarenakan nilai efisiensi turbin dan generator tidak kurang dari 50%.

5.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya agar nilai efisiensi turbin dan generator harus selalu diperhatikan karena untuk mencegah terjadinya kerusakan pada turbin dan generator.
2. Untuk dapat melakukan pengecekan nilai efisiensi turbin dan generator harus dilakukan secara berkala dan teliti. Hal ini dilakukan agar unjuk kerja turbin dan generator dapat bekerja baik dan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2016). Pemeliharaan Listrik Pembangkit. Perusahaan Listrik Negara.
- Anonim. (2017). Pengoperasian Generator Dan Sistem Kelistrikan Pembangkit. Perusahaan Listrik Negara.
- Basofi. (2014). Studi Pengaruh Arus Eksitasi Pada Generator Sinkron Yang Bekerja Paralel Terhadap Perubahan Faktor Daya. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Chapman, Stephen J, (2001) "Electric Machinery Fundamentals", 4rd Edition, Mc Graw – Hill Book Company, Australia,2004..
- Dwi Cahyadi (2015) Analisa Perhitungan Efisiensi Turbine Generator QFSN-3002-20B UNIT 10 DAN 20 PT. PJB UBJOM PLTU" REMBANG. Semarang: Teknik Elektro Universitas Diponegoro
- Kurniawan, Aditya (2015). Analisa Pengaruh Arus Eksitasi Generator Terhadap Pembebanan Pada PLTA Cirata Unit 2. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.

Muliawan, Arief. (2016). Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner. Jurnal Of Saintek. Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Bontang.

Pane, Ennopati (2009). Studi Sistem Eksitasi Dengan Menggunakan Permanent Magnet Generator (Aplikasi Pada Generator Sinkron Di PLTD PT. Manunggal Wiratama). Medan: Universitas Sumatera Utara

Rajagukguk, Buhari Tongam (2009). Studi Pengaturan Arus Eksitasi Terhadap Arus Jangkar Dan Faktor Daya Pada Motor Sinkron 3 Fasa. Medan: Universitas Sumatera Utara

Ramdhani, Mohammad (2008). Rangkaian Listrik. Jakarta: Erlangga

Rohiqin Macktum (2011) Kajian Efisiensi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Dengan Turbin Pelton. Jember: Universitas Jember

Yafrisal. F Sertiandi (2018) Analisis Perhitungan Efisiensi Turbin Generator di PLTA Wadaslintang. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta