

Analisis Kinerja *Cooling Fan* Terhadap Temperatur Air Untuk Meningkatkan Kinerja Generator Di PLTG Balai Pungut

Tengku Muhammad Amin¹, Usaha Situmeang², Abrar Tanjung³

Jl. Yos Sudarso Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning Pekanbaru

Email : tengkuamin1997@gmail.com, usaha@unilak.ac.id, abrar@unilak.ac.id

Submitted : 17 Maret 2022

Accepted: 23 Mei 2023*

DOI: 10.31849/sainetin.v7i2. 10767

Abstrak

Temperatur kerja generator tinggi, sehingga tekanannya tinggi sehingga diperlukan pendinginan untuk menghindari pemanasan yang berlebihan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja generator akibat pendinginan oleh kipas pendingin yang digunakan oleh PT. PLN (Persero) PLTG Balai Pungut, serta untuk. Dimana mendapatkan hasil penelitian, nilai efektifitas tertinggi terjadi pada 5 desember 2021 jam 04.00 wib. Dengan nilai 97,370 % sedangkan nilai terendah adalah 89,822 % pada tanggal 2 desember 2021 jam 03.00 wib. Dari keseluruhan data juga di dapatkan nilai rata - rata efektifitas sekitar 95,545 %, nilai *Approach* rata - rata memiliki nilai di bawah 2 °C dan kapasitas pendinginan tertinggi terjadi pada 5 desember 2021 jam 04.00 wib. Dengan nilai 0,404 m³°C/jam sedangkan nilai terendah adalah 0,175 m³°C/jam pada tanggal 7 desember 2021 jam 10.00 wib. Dari keseluruhan data di dapatkan nilai rata - rata kapasitas pendinginan sekitar 0,287 m³°C/jam. Maka dapat disimpulkan bahwasanya daya aktif dari generator sangat berhubungan dengan temperatur air pendingin atau *cooling water temperature* ketika suhu air masuk tinggi maka performa dari generator naik dan sebaliknya

Kata Kunci: Kinerja, *Cooling Fan*, Temperatur, Generator

Abstract

The working temperature of the generator is high, so the pressure is high, so a cooler is needed to avoid over heating. The purpose of this study is to analyze the performance of the cooling fan used by PT. PLN (Persero) PLTG Balai Pungut, and also to analyze the performance of the generator due to cooling by the cooling fan. Where the research results are obtained, the highest effectiveness value occurs on December 5, 2021 at 04.00 WIB. With a value of 97.370% while the lowest value is 89.822% on December 2, 2021 at 03.00 WIB. From the overall data, the average effectiveness value is around 95.545%, the average Approach value has a value below 2 °C and the highest cooling capacity occurs on 5 December 2021 at 04.00 WIB. With a value of 0.404 m³°C/hour while the lowest value is 0.175 m³°C/hour on 7 December 2021 at 10.00 WIB. From the overall data, the average value of cooling capacity is around 0.287 m³°C/hour. So it can be concluded that the active power of the generator is closely related to the cooling water temperature or cooling water temperature when the incoming water temperature is high, the performance of the generator increases and vice versa.

Keywords: Performance, Cooling Fan, Temperature, Generator.

1. PENDAHULUAN

Cooling tower Ini sangat diperlukan di setiap industri, terutama di industri. Selama waktu yang dihabiskan, produktivitas dan transformasi energi di mana perangkat aliran air dingin digunakan. Air dingin dibak penampung atau air panas di menara pendingin didinginkan dengan mencapai udara lewat ketika fluida panas bersentuhan dengan gas tak jenuh, sebagian fluida akan menghilang dan suhu fluida akan menurun. Penurunan suhu fluida ini biasanya

merupakan tujuan dari eksposisi kontak yang berbeda antara gas dan fluida. Kemampuan menara pendingin adalah mengolah air mendidih atau menara pendingin menjadi air dingin, sehingga cenderung untuk digunakan kembali. Pemeriksaan ini terkait dengan estimasi kemampuan pendinginan mesin menara pendingin. Intinya adalah untuk menyelidiki kemahiran pendinginan.

Pengukuran efektivitas dilakukan dilakukan dengan mempertimbangkan dua hal penting,

yaitu spesifik metodologi esteem dan reach esteem. Range adalah perbedaan atau jarak antara suhu air yang masuk dan keluar dari menara pendingin, sehingga nilai Jangkauan yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah berhasil menurunkan suhu air dan tampilannya bagus, Sedangkan *Approach* adalah perbedaan suhu air dingin keluar menara pendingin dan suhu *wetbulb ambient*, semakin rendah *approach* semakin baik kinerja *Cooling tower*.

Fungsi *cooling fan* adalah memproses air yang panas berasal dari generator ke dalam air pendingin, sehingga dapat digunakan lagi. Konstruksi kipas pendingin ialah sistem perpipaan dengan banyak. *Nozzle, fan/blower* dan bak. Air dingin yang dihasilkan dari *cooling fan* akan dialirkan ke reservoir yang berfungsi untuk menyimpan air atau sebagai cadangan penyimpanan air, lalu dialirkan ke pipa yang di bawahnya terdapat *cooling fan* untuk menurunkan suhu dari air yang panas menjadi dingin. Setelah itu air di pompa menggunakan *cooling water pump* lalu di alirkan ke-stator generator untuk mendinginkan suhu dari pada stator tersebut, air yang telah disirkulasikan dari stator turut serta mendinginkan suhu ruangan dari rotor generator.

2. METODE PENELITIAN.

Sistem Pendingin

Menara pendingin adalah mengolah udara panas menjadi udara dingin, sehingga dapat digunakan lagi pada main condenser, after cooler, intercondenser dan dapat diinjeksikan kembali. Menara pendingin berfungsi sebagai unit pembuangan akhir berupa uap. *Cooling System* adalah suatu alat yang berfungsi untuk mendinginkan dan menjaga temperatur suatu eksposisi yang dapat menghasilkan panas, misalnya generator, turbin, kompresor, dan lain-lain. Dalam suatu industri sistem pendingin sangat penting, karena struktur pendingin merupakan suatu alat pendingin dan dapat menjaga temperatur dalam suatu produksi gas, dalam hal ini sistem pendingin dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

a. Sistem Pendingin Udara

adalah alat yang digunakan untuk menurunkan suhu dengan menggunakan udara sekitar yang dihembuskan oleh kipas atau kipas angin.

b. Sistem Pendingin Air

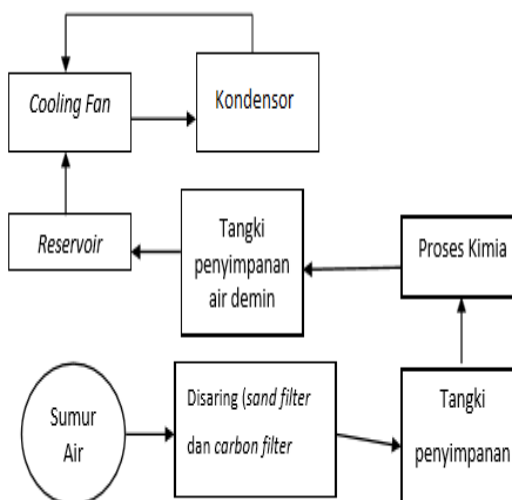
Pengkondisian udara adalah metode perpindahan panas komponen peralatan industri. Tidak seperti pendingin air, air digunakan sebagai konduktor panas. biasanya digunakan untuk mendinginkan mesin pembakaran internal dan fasilitas industri besar seperti pembangkit listrik dan kilang minyak dan pabrik kimia. Menara pendingin adalah peralatan yang digunakan untuk menurunkan suhu aliran udara dengan mengekstraksi panas dari udara dan memancarkan panas ke atmosfer *Cooling Fan*

Cooling fan

adalah alat yang digunakan untuk menurunkan atau mempertahankan suhu air yang masuk ke stator generator yang berfungsi sebagai pendingin generator. Air yang mendinginkan generator kemudian akan keluar menjadi air panas atau bersuhu tinggi melalui sebuah tabung, kemudian mengalir ke dalam sebuah tabung yang di bawahnya terdapat kipas pendingin yang menjaga temperatur air. Air yang didinginkan oleh kipas pendingin akan mengalir kembali atau bersirkulasi kembali ke generator.

Sistem Kerja Cooling Fan

Sistem kerja *cooling fan* ialah sebagai pendingin air yang digunakan untuk mendinginkan generator, sebagaimana dijelaskan Pada Gambar 1.



Gambar 1 Sistem kerja *cooling fan*

Air yang digunakan berasal dari sumur

yang memiliki air yang tawar dan tingkat kepayauan-nya rendah, air yang sudah diambil dari sumur lalu dialirkan ke tempat penyaringan *sand filter* dan *carbon filter* untuk menghilangkan karbon dan juga pasir yang terkandung dalam air. Lalu air yang sudah disaring lalu disimpan melalui tangki penyimpanan air (mula) lalu di alirkan ke ke cairan kimia untuk mengubah air menjadi air demin (*demineralized*) lalu disimpan melalui tanki penyimpanan air demin, setelah itu dialirkan ke *reservoir* yang kemudian dialirkan ke *cooling fan* untuk didinginkan. Air demin yang sudah didinginkan tersebut lalu dipompa ke generator dengan menggunakan *cooling water pump*.

Menghitung Range

Range Ini adalah perbedaan antara suhu air yang masuk dan keluar dari menara pendingin. Kisaran ketinggian berarti menara pendingin sudah mampu menurunkan suhu air. Rumusnya : [3]

Range (°C) = Suhu masuk (°C) – Suhu keluar (°C) Atau bisa disebutkan sebagai :

$$Range = T_{win} - T_{wout}$$

Dimana :

Range = Temperatur *Range*(°C)

T_{win} = Suhu air masuk (°C)

T_{wout} = Suhu air Keluar (°C)

Range Itu tidak ditentukan oleh menara pendingin, tetapi melalui proses yang dilaluiya. Seluruh tentang panas ditentukan oleh beban panas dan laju sirkulasi air melalui penukar panas dan ke dalam air pendingin. Cooling tower biasanya dimaksudkan untuk mendinginkan laju aliran tertentu dari satu temperatur ke temperatur lainnya pada temperatur suhu *wet bulb* tertentu.

Menghitung Approach

Approach adalah Perbedaan antara suhu keluar air yang didinginkan dari menara pendingin dan suhu lingkungan lembab. Semakin rendah *approach* semakin baik kinerja menara pendingin. meskipun ruang lingkup dan pendekatan harus dipantau, pendekatan merupakan indikator kinerja menara pendingin yang lebih baik. Rumusnya adalah: [1]

$$Approach (°C) = \text{Suhu air keluar } (°C) - \text{suhu}$$

ruangan (*wet bulb*) (°C) Atau bisa disebutkan sebagai :

$$T_{approach} = T_{out} - T_{wb}$$

Secara garis besar, semakin dekat *approach* dengan *wet bulb*, semakin mahal menara pendingin dengan bentuk yang semakin besar. Ketika bentuk menara harus dipilih, maka nilai *approach* menjadi sangat penting, yang kemudian mengikuti aliran air dan udara, sehingga *range* dan *wet bulb* menjadi kurang penting.

Menghitung Efektivitas pendinginan

Efektivitas pendinginan adalah rasio rentang ideal. Semakin tinggi rasio ini, semakin tinggi efektivitas pendinginan menara. Rumusnya adalah sebagai berikut : [4]

$$Efektifitas = \frac{Range}{Approach + Range} \times 100\%$$

Menghitung Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan adalah hilangnya panas dalam per jam akibat dari laju massa air, spesifik panas, bedanya suhu. Seperti, konstanta penguapan 0,00085 (85/10000). Rumus yang digunakan adalah : [2]

$$Kapasitas \text{ pendinginan} = 0,00085 \times \text{laju sirkulasi} \times (T_{win} - T_{wout})$$

Dimana : Kapasitas Pendingin = (m³C/jam)

T_{win} = Suhu air masuk

T_{wout} = Suhu air keluar

Menghitung Daya Aktif (Active Power)

Daya dinamis, atau disebut daya asli, memiliki satuan watt yang menyiratkan daya yang digunakan untuk menjalankan daya nyata. Energi ini berkali-kali dimanfaatkan secara keseluruhan oleh pelanggan dan sebagai satu kesatuan yang dimanfaatkan untuk energi listrik dan transformasinya sebagai bisnis. Kondisi dalam tahap komputasi : [5]

$$P = V \cdot I \cos \varphi \text{ (1 fasa)}$$

$$P = \sqrt{3} V \cdot I \cos \varphi \text{ (3 fasa)}$$

3. HASIL PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan Range

Range adalah perbedaan antara suhu Air yang Masuk (T_{win}) terhadap suhu Air yang Keluar (T_{wout}) dari Menara pendingin. nilai *Range* yang tinggi mengidentifikasi bahwa Menara pendingin bekerja secara efektif. untuk nilai T_{win} dan nilai T_{wout} menggunakan data dari Tabel 1 Untuk hasil perhitungan nilai *Range* dapat dilihat pada tabel 1.

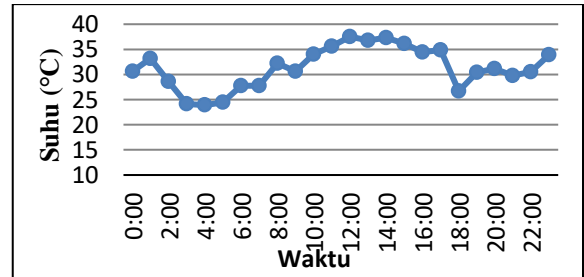
$$\begin{aligned} Range &= T_{win} - T_{wout} \\ &= 59,5 - 28,83 \\ &= 30,67^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan nilai *range* lainnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Suhu Air Masuk, Suhu Air Keluar Dan Nilai *Range* ($^{\circ}\text{C}$)

01-Desember			
Jam	T_{win}	T_{wout}	<i>Range</i>
00.00	59,5	28,83	30,67
01.00	60,56	27,39	33,17
02.00	56,56	27,94	28,61
03.00	51,72	27,61	24,11
04.00	51,11	27,22	23,89
05.00	51,11	26,67	24,44
06.00	55,00	27,22	27,78
07.00	55,00	27,22	27,78
08.00	58,44	26,28	32,17
09.00	60,00	29,33	30,67
10.00	64,44	30,39	34,06
11.00	67,78	32,22	35,56
12.00	69,44	31,93	37,52
13.00	69,44	32,61	36,83
14.00	70,00	32,67	37,33
15.00	70,00	33,89	36,11
16.00	69,28	34,83	34,44
17.00	69,50	34,61	34,89
18.00	59,72	33,00	26,72
19.00	60,78	30,33	30,44
20.00	60,56	29,44	31,11
21.00	58,94	29,17	29,78
22.00	58,89	28,33	30,56

23.00	61,28	27,33	33,94
-------	-------	-------	-------



Gambar 2. Grafik nilai *range*

Dari grafik terlihat nilai *Range* tertinggi terjadi pada 1 desember 2021 jam 12.00 wib. Dengan nilai $37,52^{\circ}\text{C}$ sedangkan nilai terendah adalah $23,89^{\circ}\text{C}$ pada tanggal 1 desember 2021 jam 04.00 wib.

Hasil Perhitungan *Approach*

Approach adalah selisih antara suhu Air Keluar (T_{wout}) dengan suhu *Ambient* (T_{wb}) dari *Cooling Tower*. Performa yang baik di tunjukkan dengan nilai *Approach* yang rendah. Jika nilai *Approach* tinggi maka bisa dikatakan performa dari *Cooling Tower* dalam kondisi buruk.

Tabel 2. Nilai Suhu *Ambient*

Suhu <i>Ambient</i> ($^{\circ}\text{C}$)	
Jam	01-Desember
00.00	27,56
01.00	26,11
02.00	26,67
03.00	26,33
04.00	25,94
05.00	25,39
06.00	26,00
07.00	26,00
08.00	25,00
09.00	28,06
10.00	29,11
11.00	30,83
12.00	30,44
13.00	31,11
14.00	31,17
15.00	32,33
16.00	33,28

17.00	33,06
18.00	31,50
19.00	28,94
20.00	28,11
21.00	27,94
22.00	27,11
23.00	26,06

Untuk menghitung nilai *Approach* dapat dilakukan dengan menggunakan nilai berdasarkan suhu air keluar (T_{wout}) dan suhu ambient (T_{wb}).

$$\begin{aligned} Approach &= T_{wout} - T_{wb} \\ &= 28,83 - 27,56 \\ &= 1,27 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan nilai *approach* lainnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan nilai *Approach*
Nilai *Approach* ($^{\circ}\text{C}$).

Jam	01- Desember
00.00	1,27
01.00	1,28
02.00	1,27
03.00	1,28
04.00	1,28
05.00	1,28
06.00	1,22
07.00	1,22
08.00	1,28
09.00	1,28
10.00	1,28
11.00	1,39
12.00	1,48
13.00	1,50
14.00	1,50
15.00	1,56
16.00	1,56
17.00	1,56
18.00	1,50
19.00	1,39
20.00	1,33
21.00	1,22
22.00	1,22
23.00	1,28

Dari tabel terlihat nilai *Approach* rata-rata memiliki nilai di bawah 2 $^{\circ}\text{C}$ yang menggambarkan kinerja *Cooling Tower* yang termasuk dalam kondisi bagus.

Efektifitas

merupakan gambaran performa dari *Cooling Tower* dengan melakukan perbandingan antara nilai *Range* dan *Aproach* hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Efektifitas &= \frac{Range}{Approach + Range} \\ &\times 100\% \\ &= \frac{30,67}{1,27+30,67} \times 100\% \\ &= 96,023 \text{ } \end{aligned}$$

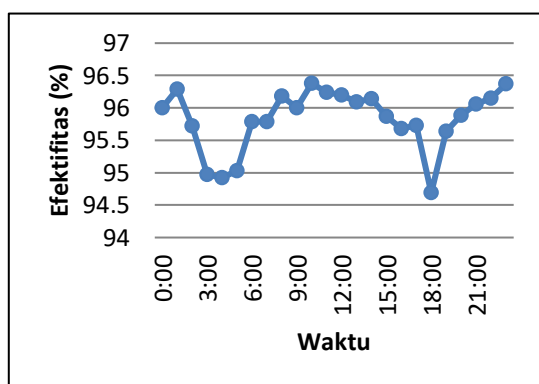
Dari perhitungan diatas di dapat nilai efektifitas sebesar 96,023 % pada tanggal 1 desember 2021 jam 00.00 wib.

Untuk hasil perhitungan nilai efektifitas lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Nilai Efektifitas

Efektifitas (%)	
Jam	01-Desember
00.00	96,023
01.00	96,284
02.00	95,749
03.00	94,958
04.00	94,914
05.00	95,023
06.00	95,793
07.00	95,793
08.00	96,173
09.00	95,993
10.00	96,378
11.00	96,238
12.00	96,205
13.00	96,086
14.00	96,137

15.00	95,858
16.00	95,666
17.00	95,720
18.00	94,684
19.00	95,633
20.00	95,900
21.00	96,064
22.00	96,161
23.00	96,365



Gambar 3. Grafik nilai efektifitas

Dari grafik terlihat nilai efektifitas tertinggi terjadi pada 1 desember 2021 jam 10.00 wib. Dengan nilai 96,378 % sedangkan nilai terendah adalah 94,684 % pada tanggal 1 desember 2021 jam 18.00 wib.

Kapasitas Pendinginan

menggambarkan kemampuan *Cooling Tower* untuk membuang panas dalam satuan energi. Nilai kapasitas yang tinggi mengidentifikasi kinerja *Cooling Tower* yang baik. Untuk mengetahui nilai tersebut dapat dihitung menggunakan dengan menggunakan data berupa kecepatan aliran massa air, perbedaan suhu dan konstanta penguapan air. Pada penelitian ini nilai kecepatan aliran massa, air yang di pakai adalah 192,9 lpm atau sekitar 11,57 m³/jam. Dan untuk konstanta penguapan adalah 0,00085. Hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas pendinginan} &= 0,00085 \times \text{laju sirkulasi} \\
 &\quad \times (T_{w_{in}} - T_{w_{out}}) \\
 &= 0,00085 \times 11,57 \times (59,50 - 28,83) \\
 &= 0,301 \text{ m}^3\text{C/jam}
 \end{aligned}$$

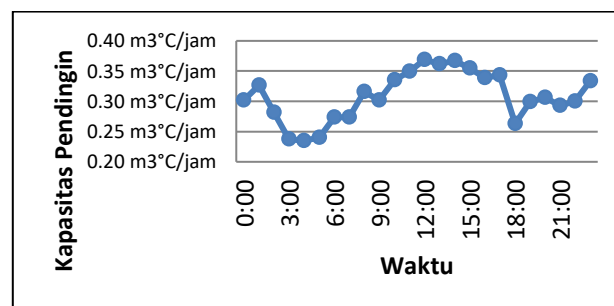
Dari perhitungan diatas di dapat nilai kapasitas pendinginan sebesar 0,301 m³C/jam

pada tanggal 1 Desember 2021 jam 00.00 wib.

Untuk hasil perhitungan nilai kapasitas pendingin lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Nilai Kapasitas Pendinginan

Kapasitas Pendinginan (m ³ C/jam).	
Jam	01-Desember
00.00	0,301
01.00	0,326
02.00	0,281
03.00	0,237
04.00	0,234
05.00	0,240
06.00	0,273
07.00	0,273
08.00	0,316
09.00	0,302
10.00	0,335
11.00	0,350
12.00	0,369
13.00	0,362
14.00	0,367
15.00	0,355
16.00	0,339
17.00	0,343
18.00	0,263
19.00	0,299
20.00	0,306
21.00	0,293
22.00	0,300
23.00	0,334



Gambar 4. Grafik Nilai Kapasitas Pendinginan

Dari grafik terlihat nilai kapasitas

pendinginan tertinggi terjadi pada 1 desember 2021 jam 12.00 wib. Dengan nilai 0,369 m³C/jam sedangkan nilai terendah adalah 0,234 m³C/jam pada tanggal 1 desember 2021 jam 04.00 wib.

Daya aktif

Adalah daya yang di bangkitkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) PT. PLN (Persero) Unit 3, dapat di lihat pada Tabel 4.6. Dari data yang tertera di peroleh dari data *logsheet* PLTG unit 3 pada 1 desember. Pada Tabel 7 nilai daya aktif tertinggi adalah 27,00 MW dan terendah 14,30 MW. Untuk daya aktif berdasarkan spesifikasi pembangkit. Untuk mengetahui nilainya berdasarkan Tabel 6 dengan nilai tegangan (V) = 11 Kv, Arus(I) = 1718 A dan *Power Factor* sebesar 0,9.

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$$

$$= 1,73 \times 11000 \times 1718 \times 0,9$$

$$= 29,42 \text{ MW}$$

Dari perhitungan di peroleh daya aktif berdasarkan spesifikasi sebesar 29,42 MW.

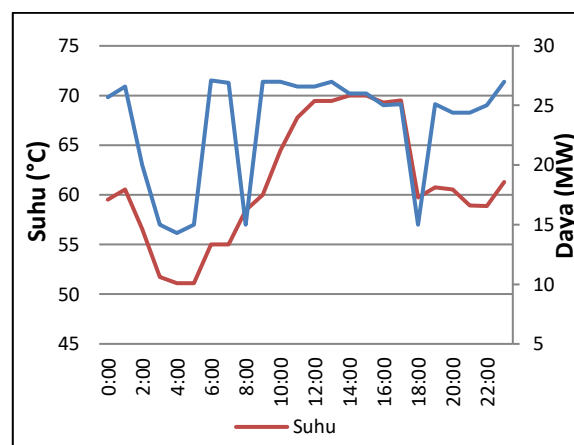
Tabel 6. Spesifikasi Teknik Generator

Parameter	Spesifikasi
<i>Merk</i>	BRUSH
<i>Type</i>	TURBO GENERATOR
Tegangan	11,00 kV
Arus	1718 A
Pf	0,9/0,9
Resistansi Rotor	0,00314 Ohm
<i>Power</i>	34,22 kVA
<i>Frequensi</i>	50 Hz
<i>Conection</i>	Y

Tabel 7. Daya aktif dan Suhu air masuk

Jam	01-Desember	
	Daya (MW)	Suhu (°C)
00.00	25,70	59,50
01.00	26,60	60,56
02.00	20,00	56,56
03.00	15,00	51,72
04.00	14,30	51,11
05.00	15,00	51,11
06.00	27,10	55,00
07.00	26,90	55,00
08.00	15,00	58,44
09.00	27,00	60,00

10.00	27,00	64,44
11.00	26,60	67,78
12.00	26,60	69,44
13.00	27,00	69,44
14.00	26,00	70,00
15.00	26,00	70,00
16.00	25,00	69,28
17.00	25,10	69,50
18.00	15,00	59,72
19.00	25,10	60,78
20.00	24,40	60,56
21.00	24,40	58,94
22.00	25,00	58,89
23.00	27,00	61,28



Gambar 5. Grafik Perbandingan Daya Aktif dan Suhu Air

Dari Gambar 5 terlihat bahwa grafik yang terbentuk antara data daya aktif dan suhu air masuk memiliki gelombang yang hampir identik, hal ini membuktikan bahwa pada proses pembangkitan yang mendekati puncak, maka suhu air pun akan meningkat begitu pula sebaliknya. Sehingga tiap komponen pembangkit perlu berada pada kondisi yang baik untuk menjaga kestabilan kinerja secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan pada generator 3 di PLTG Balai Pungut diperoleh kesimpulan daya aktif dari generator

sangat berhubungan dengan temperatur air pendingin atau *cooling water temperature* seperti kita lihat pada tabel 7 ketika suhu air masuk tinggi maka performa dari generator naik dan sebaliknya

Saran

Dari pengoprasian sistim kerja *cooling fan* harus memperhatikan nilai dari suhu temperatur agar tidak melebihi batas kemampuan dari generator dan untuk menjaga kestabilannya perlu dilakukan tindakan pengecekan rutin supaya selalu dalam keadaan stabil.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Damaputra, M. K., Rachmat, A., & Koswara, E. (2019). *Cooling Tower Unit 3 Efficiency Comparison And Cooling Process In PT. Indonesia Power Generation Unit And Generation Services (UPJP) Kamojang. Prosiding SNST Ke-10*, 43–46.
- [2] Danial, A., Fauzi, & Bayu Rudianton. (2015). *Analisa Performa Menara Pendingin Pada PT. Geo Dipa Energi Unit Dieng*, 25-26
- [3] Muhsin, A., Pratama, Z., Studi, P., Industri, T., Teknik, J., Fakultas, I., Effectiveness, O. E. (2018). *Anaisis Efektivitas Mesin Cooling Tower 11(2)*, 119–124.
- [4] Siallagan, H. P. (2017). *Analisis Kinerja Cooling Tower 8330 Ct01 Pada Water Treatment Plant-2 Pt Krakatau Steel (Persero). Tbk. Jurnal Teknik Mesin*, 6(3), 215.
- [5] Yon Rijono, 1997, “Dasar Teknik Tenaga Listrik, Edisi Revisi”, Yogyakarta, Andi, 1997.