



Dampak Keandalan Generator Set 3 Fase terhadap Kontinuitas Suplai Listrik saat Terjadi Pemadaman

Musmuliadi*, Ismit Mado, Achmad Budiman, Subarianto, Agustinus Rantepadang

Program Studi Teknik Elektro/Fakultas Teknik – Universitas Borneo Tarakan
Tarakan, Indonesia

*musmuliadi2000@gmail.com

Abstract— Every year, there is a need for more power, especially in places that demand a lot of it, including businesses, factories, offices, and educational facilities. A backup power generation system is necessary to preserve the consistency of the electrical energy supply in the event of disruptions. The continuity and dependability of this backup power generation must be guaranteed, much as the operation of the power generation system. Data on the equipment, operational data, and failure data are required to ascertain reliability and availability. This study calculates maintenance hours (S) and the total maintenance time for each generator within a predetermined time frame. It also calculates the specified operating time (SOT), the total number of failures, and the number of generators that are not operated due to routine or scheduled maintenance requirements. The actual operating time (AOT) for each generator is calculated by deducting the entire maintenance time from SOT. SOT and AOT data are necessary to determine the availability rate of individual generators and the availability rate of generators serving as backup power. The mean time between failure (MTBF) for each generator is also computed in this study. According to the study's findings, PT. Intracawood Manufacturing's generators will be 99% reliable in 2022. The generator set's availability rate will be, on average, 98.5% in 2022, and its reliability rate comes into the category of rarely having interruptions or failures (R 90%). This study demonstrates how infrequently PT. Intracawood Manufacturing's power generation system's operational aim is disrupted.

Abstrak— Kebutuhan listrik menjadi masalah yang terjadi setiap tahun, terutama pada lingkungan yang sangat membutuhkan suplai listrik yang sangat tinggi, seperti perusahaan, industri, perkantoran, dan gedung perkuliahan. Untuk mempertahankan kelangsungan suplai energi listrik saat terjadi gangguan, perlu diberikan cadangan (*back up*) oleh sistem pembangkit. Sebagaimana operasi sistem pembangkit tenaga listrik, perlu juga dijaga kontinuitas dan keandalan pembangkit listrik cadangan ini. Untuk mengetahui tingkat keandalan dan ketersediaan dibutuhkan data peralatan, data operasional, dan data kerusakan. Penelitian ini menghitung *specified operating time* (SOT), jumlah total kerusakan dan jumlah genset yang tidak dioperasikan karena keperluan pemeliharaan rutin atau berjadwal, menghitung jam pemeliharaan (S) dan total waktu pemeliharaan masing-masing genset dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Dari SOT dikurangi jumlah total waktu pemeliharaan, akan diperoleh nilai *actual operating time* (AOT) masing-masing genset. Data SOT dan AOT diperlukan untuk menghitung tingkat ketersediaan genset secara individu dan tingkat ketersediaan genset sebagai cadangan daya. Selanjutnya, penelitian ini menghitung *mean time between failure* (MTBF) masing-masing genset. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 2022 tingkat keandalan genset PT. Intracawood Manufacturing sebesar 99%. Tingkat keandalan generator set termasuk dalam kelompok jarang mengalami gangguan atau kerusakan (R 90%) dan tingkat rata-rata ketersediaan generator set di tahun 2022 sebesar 98,5%. Penelitian ini menunjukkan bahwa target operasi sistem pembangkit listrik di PT. Intracawood Manufacturing jarang mengalami gangguan.

Kata Kunci— Generator; MTBF; *specified operating time* (SOT); Keandalan; Ketersediaan.

I. PENDAHULUAN

DALAM era kontemporer, teknologi di Indonesia mengalami kemajuan yang signifikan, mencakup sektor industri, perusahaan, perkantoran, dan berbagai sektor lain. Kemajuan teknologi berkorelasi dengan meningkatnya kebutuhan peralatan listrik [1–7]. Setiap tahun, tantangan kebutuhan listrik meningkat, khususnya di area yang memerlukan suplai listrik dalam kapasitas besar [8–12]. Provinsi Kalimantan Utara termasuk

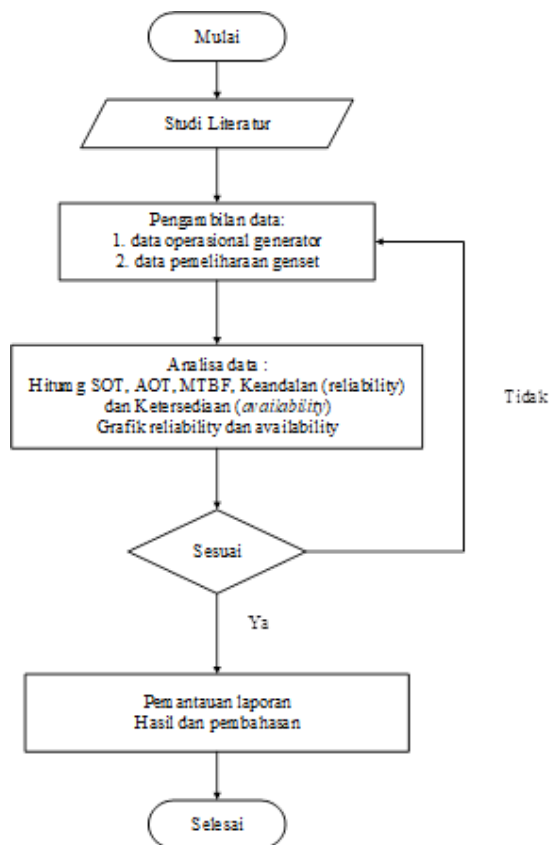
area yang menghadapi defisit energi listrik. Data statistik tahun 2021 menunjukkan kapasitas yang tersedia belum mencukupi untuk memenuhi beban puncak [13]. Sebagai solusi, genset (*generator set*) menjadi esensial sebagai cadangan di sektor industri dan kelompok dengan konsumsi listrik yang signifikan.

Sebagai cadangan daya listrik, sistem pembangkit tenaga listrik, yang dikenal sebagai generator, memainkan peran penting. Ini termasuk generator di pembangkit listrik, seperti pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), dan genset. Genset, khususnya, mengkonversi energi gerak menjadi energi listrik, memenuhi kebutuhan energi listrik bagi masyarakat dan industri. Kean-

Naskah diterima 02-06-2023, revisi 13-07-2023, terbit online 29-09-2023. Emitor merupakan Jurnal Teknik Elektro – Universitas Muhammadiyah Surakarta yang terakreditasi dengan Sinta 3 beralamat di <https://journals2.ums.ac.id/index.php/emitor/index>.

dalan dan ketersediaan genset harus memenuhi standar kinerja yang ditetapkan. Keandalan mengacu pada ke-

pentingnya genset dalam mendukung operasional perusahaan, penelitian ini bertujuan untuk menilai kinerja dan keandalan generator dalam menghasilkan daya listrik yang stabil dan optimal.



Gambar 1: Prosedur Penelitian

mampuan komponen atau sistem untuk menjalankan fungsi yang diharapkan dalam kondisi operasi. Seiring waktu dan usia peralatan, keandalan genset dapat berfluktuasi. Untuk mencapai kinerja optimal genset, berbagai penelitian telah dilakukan. Ilmi & Ayong berfokus pada analisis ekonomi operasi genset, mengatur penjadwalan di PT. Telekomunikasi (Tbk) Pontianak dengan metode *Lagrange Multiplier* [14]. Tsauri dan Deni merancang *Automatic Transfer Switch* (ATS) untuk genset berkapasitas 1200 VA sebagai solusi energi cadangan [15]. Yusniati dan Nurcholish mengeksplorasi respons genset saat terjadi lonjakan kebutuhan daya listrik [16]. Restu dan Ismit menilai pembebanan PLTD di kecamatan Tana Merah, Kabupaten Tana Tidung, dengan rekomendasi pembebanan paralel sebesar 73% dari kapasitas pembangkit [17]. Salah satu pendekatan pemeliharaan genset adalah dengan metode *total productive maintenance* [18]. Budi mengevaluasi keandalan genset dengan mempertimbangkan torsi elektrik generator [19].

Di Kota Tarakan, Kalimantan Utara, PT. Intracawood Manufacturing berdiri sebagai salah satu pilar industri kayu lapis di Indonesia. Dengan enam unit genset berbagai kapasitas, perusahaan ini memastikan cadangan daya listrik yang memadai. Mengingat

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data kualitatif berbasis metode deskriptif analitik [17]. Data kualitatif berupa observasi dengan melakukan pengambilan data pada objek yang dibutuhkan. Penelitian ini dilakukan dalam waktu kurang lebih 6 bulan dimulai dari Maret hingga Agustus 2022. Analisis data dilakukan pada saat 6 unit genset beroperasi, baik secara paralel maupun berkala sebagai cadangan suplai energi listrik saat ada gangguan operasi PLN maupun jadwal pemadaman di perusahaan PT. Intracawood Manufacturing.

i. Prosedur Penelitian

Adapun data yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data Operasional Genset

Adapun data operasional genset terdiri atas waktu siaga genset saat suplai PLN aktif dan lama operasi genset saat suplai PLN padam.

2. Data Pemeliharaan Genset

Data terjadwal pemeliharaan pada masing-masing unit genset pada PT. Intracawood Manufacturing disajikan pada Tabel 1 sebagai berikut.

Pada Tabel 1, tampak bahwa pemeliharaan dan pengecekan genset dapat dilakukan secara rutin, harian, mingguan, bulanan, hingga tahunan yang disesuaikan dengan tingkat pemeliharaan setiap komponen. Pemeliharaan genset sesuai dengan buku petunjuk pengoperasian dan pemeliharaan yang sesuai dengan SOP [20]. Pada penelitian ini diambil waktu pemeliharaan bulanan sesuai dengan data yang diperlukan.

III. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

i. Data spesifikasi Genset

Adapun data spesifikasi genset yang digunakan pada PT. Intracawood Manufacturing terdapat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2 merupakan data spesifikasi salah-satu genset yang ada di PT. Intracawood Manufacturing yang memiliki kapasitas maksimum 1360 kVA yang digunakan untuk menyuplai daya listrik pada perusahaan tersebut.

Tabel 1: Hasil Data pemeliharaan Genset

No	Jenis Perawatan	Harian	Mingguan	Bulanan	6 bulan	Tahunan
1	Inspeksi	✓				
2	Periksa Level Coolant	✓				
3	Periksa Level Solar	✓				
4	Periksa Saluran Udara	✓				
5	Periksa Filter Udara	✓				
6	Periksa Charge Aki	✓				
7	Buang Solar Pada Filter		✓			
8	Buang Air Pada Tangki Solar		✓			
9	Periksa Konsentrasi	✓		✓		
10	Periksa Tegangan Belt			✓		
11	Periksa pengembunan knalpot			✓		
12	Periksa Baterai/Aki	✓		✓		
13	Periksa selang radiator	✓				
14	Ganti Oli Filter			✓		
15	Ganti Filter Coolant			✓		
16	Ganti Filter Udara					✓
17	Ganti Filter Solar				✓	
18	Bersihkan Filter Pendingin					✓

ii. Perhitungan dan Pengolahan Data

Untuk mengetahui tingkat keandalan (*reliability*) dan ketersediaan (*availability*) operasional genset, diperlukan perhitungan tingkat ketersediaan dan data operasional serta kerusakan yang didapat dari data operasional genset. Kemudian dikumpulkan jumlah *specified operating time* (SOT), jumlah total kerusakan, dan jumlah genset yang tidak dioperasikan untuk keperluan pemeliharaan rutin atau terjadwal, serta pemeliharaan (S) dan total waktu pemeliharaan masing-masing genset dalam jangka waktu yang telah ditentukan. SOT dikurangi jumlah total waktu pemeliharaan, akan diperoleh nilai *actual operating time* (AOT) masing-masing genset.

Data SOT dan AOT diperlukan untuk menghitung tingkat ketersediaan genset secara individu dan tingkat ketersediaan genset sebagai catu daya cadangan. Selanjutnya, $AOT = SOT - (S + T)$, jumlah kerusakan diperlukan untuk menghitung *mean time between failure* (MTBF) masing-masing genset. Setelah mendapat nilai MTBF, bersama-sama dengan total waktu kerusakan (T), maka dapat dihitung tingkat keandalan dan tingkat ketersediaan.

iii. Evaluasi Genset

Untuk mengevaluasi kinerja genset agar dapat mencapai keandalan genset yang diinginkan, diperlukan beberapa data, seperti data pemeliharaan genset dalam bentuk jadwal pemeliharaan, data kegagalan genset, data operasional genset dalam setahun, serta data analitik

perhitungan berupa data operasional genset yang telah ditetapkan atau *specified operating time* (SOT), data operasional generator set yang nyata atau *actual operating time* (AOT), waktu rata-rata antara kegagalan atau *mean time between failure* (MTBF), keandalan atau *reliability*, dan ketersediaan atau *availability*.

Untuk mengetahui program pemeliharaan telah memenuhi standar tujuan yang akan dicapai, setiap teknisi memiliki tanggung jawab untuk mengevaluasi program pemeliharaan yang telah dilaksanakan, agar kinerja peralatan dapat memenuhi standar yang telah ditetapkan. Yang dimaksud dengan teknik pemeliharaan adalah pencegahan yang terjadwal mencakup pemeliharaan mingguan dan bulanan. Adapun yang dimaksud kinerja genset adalah hasil kerja yang merupakan operasional genset.

Analisis genset untuk mencapai keandalan genset yang diinginkan terbagi sebagai berikut.

1. Specified operating time (SOT)
Specified operating time (SOT) atau jumlah waktu operasi yang telah ditetapkan ditulis dalam persamaan sebagai berikut [18].

$$SOT = A \times B \quad (1)$$

dengan: A = Total waktu Genset siaga Berooperasi

B = Jumlah hari dalam setahun

2. Actual operating time (AOT)
Actual operating time atau jumlah waktu operasi yang aktual dan tetap siaga genset selama

Tabel 2: Spesifikasi Generator Set

Generating set iso 8528-3	Keterangan
Frame/core	P1734B1
Serial Number	X12A016726
Base Rating KVA	1360
Base Rating KW	1088
Amperes (BR)	2966,3
Frequency	50 Hertz
Rpm	1500
Voltage	380
Phase	3
PF	0,80
Duty	Continuous (S1)
Excitation Voltage	62
Excitation amps	3,20
Insulation Class	H
Ambient Temperature	40°C
Temperature rise	120°C
Thermal classification	180°C
Enclosure	IP23
Stator winding	312
Stator connection	Star

24 jam dalam sehari ditulis dalam persamaan sebagai berikut [20].

$$AOT = SOT - (S + T) \quad (2)$$

dengan: $AOT = actual operating time$

$SOT = specified operating time$

$S = total waktu pemeliharaan terjadwal dalam 1 tahun$

$T = total waktu pemeliharaan tidak terjadwal dalam 1 tahun$

3. Mean Time Between Failures (MTBF)

Mean time between failures (MTBF) atau waktu rata-rata antara kegagalan ditulis dalam persamaan sebagai berikut [18].

$$MTBF = \frac{AOT}{T} \quad (3)$$

dengan:

$MTBF = mean time between failure$

$AOT = actual operating time$

4. Keandalan (Reliability)

Persamaan untuk mencari nilai keandalan ditulis dalam persamaan sebagai berikut.

$$R = 100 \times e^{-t/m} \quad (4)$$

dengan: $R = Keandalan$

$e = 2,718$

$m = actual operating time (AOT)$

5. Ketersediaan (availability)

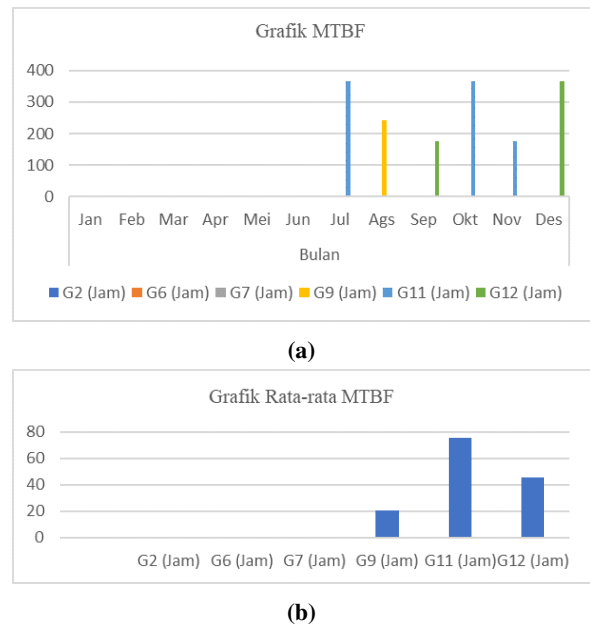
Persamaan untuk mencari nilai ketersediaan ditulis dalam persamaan berikut [20].

$$A = \frac{AOT}{SOT} \quad (5)$$

dengan: $A = availability$ (Ketersediaan)

$AOT = actual operating time$ (waktu operasi aktual)

$SOT = specified operating time$ (waktu operasi yang ditetapkan)



Gambar 2: Grafik MTBF Generator Set tahun 2022 (a) MTBF (b) rata-rata MTBF

IV. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

Untuk mendapatkan hasil kinerja genset dilakukan beberapa perhitungan, yaitu dengan menentukan waktu operasional yang telah ditentukan atau *specified operating time (SOT)*, waktu operasional yang nyata atau *actual operating time (AOT)*, waktu rata-rata antara kegagalan atau *mean time between failure (MTBF)*, keandalan (*Reliability*), dan ketersediaan (*Availability*) pada tiap-tiap unit genset.

i. Perhitungan Kinerja Generator Set

Perhitungan SOT menggunakan persamaan pada salah satu genset di tahun 2022.

i.1 Perhitungan SOT pada bulan januari 2022

- Untuk genset 02
 $SOT = 24 \times 31$
 $SOT = 744 \text{ Jam}$

Perhitungan *specified operating time (SOT)* genset 02 pada bulan Januari. Perhitungan di atas sama seperti perhitungan pada genset 06, 07, 09, 11, 12 dan sesuai dengan jumlah hari dalam bulan berikutnya. Perhitungan SOT genset disajikan pada Tabel 3 berikut ini.

ii. Waktu Pemeliharaan Terjadwal (*S*)

Genset PT. Intracawood Manufacturing tidak dioperasikan karena pemeliharaan rutin terjadwal yang dilakukan teknisi bersifat pencegahan terjadinya *error* atau kegagalan. Rata-rata per bulan dilakukan pemeliharaan dan pemeriksaan rutin terjadwal dalam jangka waktu 10 jam ($10 \times 12 \text{ bulan} = 120 \text{ jam (S)}$). Adapun pemeliharaan sesuai SOP yang ditetapkan oleh PT. Intacawood Manufacturing sebagai genset dilakukan pemeliharaan dan pemeriksaan rutin pada setiap bulan sesuai pada Tabel 1.

iii. Total Waktu Kerusakan (*T*)

Total waktu kerusakan adalah jumlah waktu genset tidak beroperasi (jam) selama 12 bulan di tahun 2022 yang disebabkan oleh kerusakan ditunjukkan pada Tabel 4 berikut.

iv. Actual Operating Time (*AOT*)

Perhitungan *AOT* menggunakan persamaan 2.5 pada 6 unit generator set pada tahun 2022. Perhitungan *AOT* pada bulan Januari 2022 sebagai berikut.

- Untuk Genset G_{02} :
 - Pemeliharaan terjadwal (S) = 10 Jam
 - Pemeliharaan tidak terjadwal (T) = 0 Jam
 - Total peralatan tidak beroperasi = 10 Jam
 - Maka, $AOT G_{02} = 744 - (10 + 0)$
 - $AOT G_{02} = 744 - 10$
 - $AOT G_{02} = 734 \text{ Jam}$
- Untuk genset lainnya dapat dihitung berdasarkan contoh tersebut.

Untuk mencari nilai *AOT* genset ada bulan Februari-Desember pada tahun 2022 dilakukan perhitungan yang sama seperti perhitungan di atas yang hasilnya disajikan pada Tabel 5.

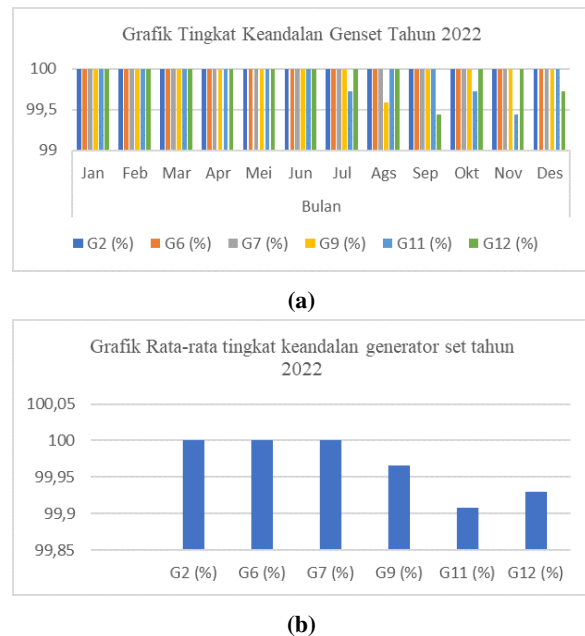
v. Mean Time Between Failure (*MTBF*)

Perhitungan *MTBF* menggunakan data operasional yang aktual dan jumlah kegagalan dalam setahun seperti pada 6 unit genset di tahun 2022. Perhitungan *MTBF* Genset pada bulan Januari 2022 sebagai berikut.

$$MTBF_{G_2} = \frac{734}{0} = 0 \text{ Jam}$$

Untuk nilai lain dapat mengacu perhitungan tersebut.

Untuk mencari nilai *SOT* genset bulan Februari-Desember pada tahun 2022 dilakukan perhitungan yang sama seperti perhitungan di atas yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 6.



Gambar 3: Grafik Keandalan Generator Set tahun 2022 (a) keandalan (b) rata-rata keandalan

vi. Tingkat Keandalan (*Reliability*)

Untuk menghitung tingkat keandalan pada genset dibutuhkan data waktu operasional genset yang aktual dan jumlah kerusakan genset pada tahun 2022 berdasarkan persamaan 4. Perhitungan tingkat keandalan genset pada bulan Januari tahun 2022.

$$R_{G02} = 100 \times 2.718^{(-0/734)}$$

$$R_{G02} = 100\%$$

Untuk mencari keandalan genset bulan Februari-Desember pada tahun 2022 dilakukan perhitungan yang sama seperti perhitungan di atas yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 7.

vii. Ketersediaan (*Availability*)

Untuk menghitung tingkat ketersediaan pada genset dibutuhkan data waktu operasi genset yang aktual dan waktu operasi genset yang telah ditetapkan pada tahun 2022 berdasarkan persamaan 5. Perhitungan tingkat ketersediaan genset pada bulan

Tabel 3: SOT Generator Set tahun 2022

No	Genset	SOT Tahun 2022			SOT (JAM)
		Bulan	Jam/hari	Total Hari	
1	$G_2, G_6, G_7, G_9, G_{11}, G_{12}$	Januari	24	31	744
2	$G_2, G_6, G_7, G_9, G_{11}, G_{12}$	Februari	24	28	672
3	$G_2, G_6, G_7, G_9, G_{11}, G_{12}$	Maret	24	31	744
4	$G_2, G_6, G_7, G_9, G_{11}, G_{12}$	April	24	30	720
5	$G_2, G_6, G_7, G_9, G_{11}, G_{12}$	Mei	24	31	744
6	$G_2, G_6, G_7, G_9, G_{11}, G_{12}$	Juni	24	30	720
7	$G_2, G_6, G_7, G_9, G_{11}, G_{12}$	Juli	24	31	744
8	$G_2, G_6, G_7, G_9, G_{11}, G_{12}$	Agustus	24	31	744
9	$G_2, G_6, G_7, G_9, G_{11}, G_{12}$	September	24	30	720
10	$G_2, G_6, G_7, G_9, G_{11}, G_{12}$	Oktober	24	31	744
11	$G_2, G_6, G_7, G_9, G_{11}, G_{12}$	November	24	30	720
12	$G_2, G_6, G_7, G_9, G_{11}, G_{12}$	Desember	24	31	744
Total					8760

Tabel 4: SOT Generator Set tahun 2022

Tahun		Bulan												T (Jam)
2022		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	
Generator Set	G_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	G_6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	G_7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	G_9	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3
	G_{11}	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	4	-	8
	G_{12}	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	2	6

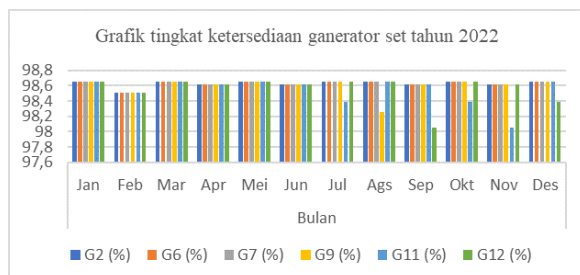
Januari tahun 2022:

$$A_{G_2} = \frac{734}{744} \times 100\% = 98.6\%$$

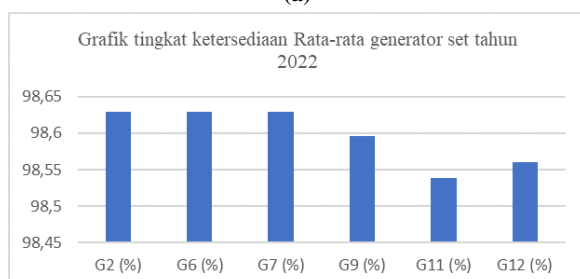
Untuk mencari Ketersediaan genset bulan Februari-Desember pada tahun 2022 dilakukan perhitungan yang sama seperti perhitungan di atas yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 8.

viii. Hubungan SOT, AOT, MTBF, Keandalan dan Ketersediaan

MTBF (*Mean Time Between Failure*) sangat berpengaruh pada keandalan dan ketersediaan yang di mana MTBF digunakan untuk mengukur waktu rata-rata antara kegagalan pada suatu sistem atau komponen. Keandalan adalah kemampuan suatu komponen atau sistem yang dapat beroperasi pada suatu waktu tertentu atau pada suatu periode yang ditentukan tanpa ada kegagalan dalam waktu tersebut. Ketersediaan adalah sampai mana suatu komponen atau sistem tersedia yang dapat digunakan pada saat komponen atau sistem tersebut dibutuhkan. Hubungan antara MTBF, ketersediaan, dan keandalan adalah keandalan dihitung berdasarkan MTBF; semakin tinggi nilai MTBF, maka semakin rendah tingkat kegagalan suatu sistem atau komponen. Jika suatu komponen atau sistem memiliki tingkat ke-



(a)



(b)

Gambar 4: Grafik Ketersediaan Generator Set tahun 2022

(a) ketersediaan (b) rata-rata ketersediaan

Tabel 5: Hasil Perhitungan AOT Genset tahun 2022

Genset 2022	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
G_2 (Jam)	734	662	734	710	734	710	734	734	710	734	710	734
G_6 (Jam)	734	662	734	710	734	710	734	734	710	734	710	734
G_7 (Jam)	734	662	734	710	734	710	734	734	710	734	710	734
G_9 (Jam)	734	662	734	710	734	710	734	731	710	734	710	734
G_{11} (Jam)	734	662	734	710	734	710	732	734	710	732	706	734
G_{12} (Jam)	734	662	734	710	734	710	734	734	706	734	710	732

Tabel 6: Hasil Perhitungan MTBF Genset tahun 2022

Genset 2022	Bulan												
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Rata-rata
G_2 (Jam)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G_6 (Jam)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G_7 (Jam)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G_9 (Jam)	0	0	0	0	0	0	0	244	0	0	0	0	20.30556
G_{11} (Jam)	0	0	0	0	0	0	366	0	0	366	177	0	75.70833
G_{12} (Jam)	0	0	0	0	0	0	0	0	177	0	0	366	45.20833

gagalan yang rendah, maka keandalan pada sistem atau komponen tersebut dipastikan tinggi atau dapat diandalkan. Adapun SOT dan AOT mempengaruhi ketersediaan suatu sistem atau suatu komponen. Ketersediaan suatu komponen atau sistem dapat menggunakan persamaan ketersediaan = SOT / AOT. Dengan demikian, hubungan antara SOT, AOT, MTBF, keandalan, dan ketersediaan adalah bahwa MTBF yang tinggi akan berkontribusi atau berpengaruh pada keandalan yang lebih tinggi dan ketersediaan yang lebih tinggi.

V. KESIMPULAN

Kinerja genset pada PT. Intracawood Manufacturing sangat dapat diandalkan sebagai pengganti atau suplai darurat saat listrik padam. Tingkat rata-rata keandalan genset di tahun 2022 memiliki rata-rata sebesar 99%. Tingkat keandalan genset termasuk dalam kelompok jarang mengalami gangguan atau kerusakan ($R \geq 90\%$) dan tingkat rata-rata ketersediaan (*reliability*) generator set di tahun 2022 sebesar 98.5% dan termasuk ke dalam kelompok jarang mengalami gangguan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Kelly, D. Papanikolaou, A. Seru, and M. Taddy, "Measuring technological innovation over the long run," *American Economic Review: Insights*, vol. 3, no. 3, pp. 303–320, 2021.
- [2] Q. Luo, C. Miao, L. Sun, X. Meng, and M. Duan, "Efficiency evaluation of green technology innovation of china's strategic emerging industries: An empirical analysis based on malmquist-data envelopment analysis index," *Journal of Cleaner Production*, vol. 238, p. 117782, 2019.
- [3] S. Wang, J. Zeng, and X. Liu, "Examining the multiple impacts of technological progress on co2 emissions in china: a panel quantile regression approach," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 103, pp. 140–150, 2019.
- [4] A. Chiarini, V. Belvedere, and A. Grando, "Industry 4.0 strategies and technological developments. an exploratory research from italian manufacturing companies," *Production Planning & Control*, vol. 31, no. 16, pp. 1385–1398, 2020.
- [5] M. Usman and N. Hammar, "Dynamic relationship between technological innovations, financial development, renewable energy, and ecological footprint: fresh insights based on the stirpat model for asia pacific economic cooperation countries," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 28, no. 12, pp. 15 519–15 536, 2021.
- [6] M. Shahbaz, C. Raghutla, M. Song, H. Zameer, and Z. Ji-ao, "Public-private partnerships investment in energy as new determinant of co2 emissions: the role of technological innovations in china," *Energy Economics*, vol. 86, p. 104664, 2020.
- [7] C. Lv, C. Shao, and C.-C. Lee, "Green technology innovation and financial development: Do environmental regulation and innovation output matter?" *Energy Economics*, vol. 98, p. 105237, 2021.
- [8] T. Ahmad, D. Zhang, C. Huang, H. Zhang, N. Dai, Y. Song, and H. Chen, "Artificial intelligence in sustainable energy industry: Status quo, challenges and opportunities," *Journal of Cleaner Production*, vol. 289, p. 125834, 2021.
- [9] M. Antar, D. Lyu, M. Nazari, A. Shah, X. Zhou, and D. L. Smith, "Biomass for a sustainable bioeconomy: An overview of world biomass production and utilization," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 139, p. 110691, 2021.
- [10] A. Kalair, N. Abas, M. S. Saleem, A. R. Kalair, and N. Khan, "Role of energy storage systems in energy transition from fossil fuels to renewables," *Energy Storage*, vol. 3, no. 1, p. e135, 2021.
- [11] M. S. Javed, T. Ma, J. Jurasz, and M. Y. Amin, "Solar and wind power generation systems with pumped hydro storage:

Tabel 7: Hasil Perhitungan Keandalan Genset tahun 2022

Genset 2022	Bulan												Rata-rata
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	
G_2 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
G_6 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
G_7 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
G_9 (%)	100	100	100	100	100	100	100	99.6	100	100	100	100	99.96
G_{11} (%)	100	100	100	100	100	100	99.7	100	100	99.7	99.4	100	99.90
G_{12} (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	99.4	100	100	99.7	99.93

Tabel 8: Hasil Perhitungan Ketersediaan Genset tahun 2022

Genset 2022	Bulan												Rata-rata
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	
G_2 (%)	98.7	98.5	98.7	98.6	98.7	98.6	98.7	98.7	98.6	98.7	98.6	98.7	98.7
G_6 (%)	98.7	98.5	98.7	98.6	98.7	98.6	98.7	98.7	98.6	98.7	98.6	98.7	98.7
G_7 (%)	98.7	98.5	98.7	98.6	98.7	98.6	98.7	98.7	98.6	98.7	98.6	98.7	98.7
G_9 (%)	98.7	98.5	98.7	98.6	98.7	98.6	98.7	98.3	98.6	98.7	98.6	98.7	98.7
G_{11} (%)	98.7	98.5	98.7	98.6	98.7	98.6	98.4	98.7	98.6	98.4	98.1	98.7	98.7
G_{12} (%)	98.7	98.5	98.7	98.6	98.7	98.6	98.7	98.7	98.1	98.7	98.6	98.4	98.4

- Review and future perspectives,” *Renewable Energy*, vol. 148, pp. 176–192, 2020.
- [12] M. S. Ziegler, J. M. Mueller, G. D. Pereira, J. Song, M. Ferrara, Y.-M. Chiang, and J. E. Trancik, “Storage requirements and costs of shaping renewable energy toward grid decarbonization,” *Joule*, vol. 3, no. 9, pp. 2134–2153, 2019.
- [13] PLN. (2021) Statistik pln 2021. Indonesia. [Online]. Available: <https://web.pln.co.id/statics/uploads/2022/03/Statistik-PLN-2021-Unaudited-21.2.22.pdf>
- [14] M. Ilmi, Junaidi, and A. Heidro, “Analisis tekni-ekonomis generator set (genset) sebagai sumber energi listrik cadangan pada pt. telekomunikasi indonesia tbk. pontianak,” 2015.
- [15] I. S. Tsauri and D. Hendarto, “Rancang bangun perangkat automatic transfer switch (ats) genset 1 . 200 va sebagai energi listrik cadangan,” *J. Tek. Elektro Univ. Ibn Khaldun Bogor*, vol. 4, no. 2, pp. 1–10, 2017.
- [16] Yusniati and M. NNS, “Analisis sistem pembebanan pada generator di pt.pln (persero) pembangkit listrik tenaga diesel titi kuning,” in *Semnastek Uisu*, 2020, pp. 59–64.
- [17] K. Tana, T. Provinsi, and K. Utara, “Analisis pembagian beban generator unit pltd desa tana merah,” 2022, pp. 387–392.
- [18] B. Pamungkas, D. Rosiyanto, W. Bhirawa, and Arianto, “Analisa performansi pemeliharaan generator set (genset) dengan metode tpm (total productive maintainance) untuk meningkatkan kerja di pt. lativi media karya,” *Tek. Ind.*, vol. 8, no. 1, p. 5, 2019. [Online]. Available: <https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jtin/article/view/803>
- [19] B. SAPUTRO, “Analisis keandalan generator set sebagai power supply darurat apabila power supply dari pln mendadak padam di morodadi poultry shop blitar,” *J. Qua Tek.*, vol. 7, no. 2, pp. 17–25, 2017.
- [20] M. S. Siregar, J. Junaidi, A. Irwan, H. Ibrahim, and Novendis, “Analisis pemeliharaan berkala dengan kinerja generator set 670 kva dan 530 kva di pt.ramayana sentosa pematang siantar,” *SINERGI POLMED J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, p. 103, 2022.