



ANALISIS PEMELIHARAAN BERKALA PADA MOTOR DIESEL GENERATOR SET DAYA 90 kVA SEBAGAI ENERGI LISTRIK CADANGAN UPT RUMAH SAKIT KHUSUS PARU

Muhammad Salim Siregar^{a*}, Junaidi^a, Ade Irwan^a, Husin Ibrahim^b

^aFakultas Teknik dan Komputer, Program Studi Teknik Mesin Universitas Harapan Medan 20217

^bTeknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

*Corresponding authors at: muhsalimsir@gmail.com Tel.: +6218-590-34110

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 15 Februari 2022

Direvisi pada 14 Maret 2022

Disetujui pada 25 Maret 2022

Tersedia daring pada 05 April 2022

Kata kunci:

Genset, Elektrikal, Pemeliharaan, Keandalan, Ketersediaan.

Keywords:

Genset, Electrical, Maintenance, Reliability, Availability.

ABSTRAK

Berkembangnya teknologi peralatan kesehatan yang berhubungan dengan elektrikal, sangat dituntut adanya pengelolaan dan pengawasan yang baik terhadap sarana dan prasarana elektrikal di rumah sakit, dimulai dari perencanaan, pemasangan, pengujian, pengoperasian, sampai pemeliharaan, sehingga listrik yang digunakan pada peralatan kesehatan tersebut aman dan efisien. Mengetahui dan mempelajari cara pemeliharaan (*maintenance*) genset secara berkala sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2306 Tahun 2011 di UPT Rumah Sakit Khusus Paru. Untuk mengetahui tingkat ketersediaan operasional genset (*generator set*) diperlukan membuat terlebih dahulu data peralatan genset, perhitungan tingkat ketersediaan dan data operasional dan kerusakan yang didapat. Kemudian dikumpulkan jumlah *specified operating time* (SOT), jumlah total kerusakan (T) dan jumlah genset tidak dioperasikan untuk keperluan pemeliharaan rutin/berjadwal, karena pemeliharaan (S) dan total waktu pemeliharaan Genset dalam jangka waktu yang telah ditetapkan. Dari SOT dikurang jumlah total waktu pemeliharaan, akan didapat nilai Actual Operating Time (AOT) Genset. Data SOT dan AOT diperlukan untuk menghitung tingkat ketersediaan Genset sebagai cadangan daya. Kemudian $AOT = SOT - (S+T)$, jumlah kerusakan diperlukan untuk menghitung *mean time between failures* (MTBF). tingkat rata-rata keandalan (*reliability*) Genset pada tahun 2020 memiliki nilai Rata-rata 99,7%. Tingkat Keandalan termasuk kedalam kelompok jarang mengalami gangguan ($\geq 95\%$). tingkat Ketersediaan (*availability*) genset pada tahun 2020 memiliki nilai rata-rata 98,6%, tingkat ketersediaan genset termasuk kedalam kelompok jarang rusak ($R \geq 95\%$).

ABSTRACT

The development of medical equipment technology related to electrical, it is highly demanded to have good management and supervision of electrical facilities and infrastructure in hospitals, starting from planning, installation, testing, operation, to maintenance, so that the electricity used in medical equipment is safe and efficient. Knowing and learning how to maintain generators on a regular basis in accordance with the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia No. 2306 of 2011 at the UPT Special Lung Hospital. To determine the level of operational availability of the generator (*generator set*) it is necessary to first make generator equipment data, calculate the level of availability and operational data and the damage obtained. Then collected the number of Specified Operating Time (SOT), the total amount of damage (T) and the number of generators not operated for routine/scheduled maintenance purposes, due to maintenance (S) and the total maintenance time of the generator within the specified time period. From the SOT minus the total maintenance time, you will get the actual operating time (AOT) of the generator. SOT and AOT data are needed to calculate the level of availability of the Genset as a backup power supply. Then $AOT = SOT - (S+T)$, the amount of damage needed to calculate the Mean Time Between Failures (MTBF). the average level of Genset Reliability in 2020 has an average value of 99.7%. The level of reliability is included in the group that is rarely disturbed ($\geq 95\%$). Genset Availability level in 2020 has an average value of 98.6%, the Genset availability level is included in the rarely damaged group ($R \geq 95\%$).

1. PENGANTAR

Perkembangan teknologi peralatan kesehatan yang berhubungan dengan elektrikal, sangat dituntut adanya pengelolaan dan pengawasan yang baik terhadap sarana dan prasarana elektrikal di rumah sakit, dimulai dari perencanaan, pemasangan, pengujian, pengoperasian, sampai pemeliharaan, sehingga listrik yang digunakan pada peralatan kesehatan tersebut aman dan efisien. Karena sumber listrik saat ini sangat penting, maka setiap industri dan instansi perkantoran maupun pelayanan kesehatan seperti halnya pada rumah sakit harus memiliki genset (*generator set*) sebagai sumber pembangkit listrik cadangan yang akan menggantikan sumber listrik dari PLN (Perusahaan Listrik Negara) (Deni Rosiyanto Pamungkas dkk., 2019). Sebagai penggunaan *stand-by* pada genset, ada baiknya harus memperhatikan kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) secara berkala. Genset yang tidak teratur sistem *maintenance*-nya akan mengakibatkan kerusakan dan bisa tidak dapat beroperasi secara baik. Pada UPT Rumah Sakit Khusus Paru terdapat 1 unit genset yang berkapasitas 90 kVA. Untuk mencegah hal ini, pemeliharaan Genset secara berkala sangat diperlukan di UPT Rumah Sakit Khusus Paru. Pemanasan pada komponen mesin sangat dibutuhkan bagi Genset, dengan jangka waktu dari jenis Genset tersebut. Misalnya Genset dengan starter elektrik membutuhkan pemanasan mesin paling tidak satu minggu sekali. Hal ini dikarenakan Genset menggunakan baterai yang membutuhkan pengisian yang konsisten. Jika terlalu lama tidak menghidupkan genset, maka akan menyebabkan baterai kosong. Dengan adanya sumber listrik cadangan tersebut diharapkan semua fasilitas penunjang yang memerlukan suplai energi listrik dapat terpenuhi dan semua kegiatan pelayanan maupun fasilitas penunjang benar-benar berjalan dengan baik dalam melayani pasien. Oleh sebab itu perawatan dan pengoperasian genset tersebut sesuai dengan *standard operating procedure* (SOP) dan sesuai dengan PERMENKES RI No.2306/XI/2011 Tentang Persyaratan Teknis Prasarana Instalasi Elektrikal Rumah Sakit. Yang memberikan acuan kepada Rumah Sakit dalam mewujudkan instalasi listrik yang berkualitas sesuai dengan fungsinya, andal, efisien, serasi dan selaras dengan lingkungan dan terselenggaranya fungsi prasarana instalasi elektrikal rumah sakit yang menjamin keselamatan, kesehatan, kenyamanan, dan memberikan kemudahan bagi pengguna instalasi elektrikal di rumah sakit (Permenkes, 2021). Kegagalan lebih cepat dan lebih sering terjadi apabila tidak adanya pemeliharaan berbasis keandalan (*reliability*). *Downtime* terlalu lama mengakibatkan ketersediaan (*availability*) sistem rendah. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui prinsip kerja dari generator dan bagaimana prosedur pemeliharaan generator yang benar sehingga dapat memperpanjang masa pakai (*lifetime*) dari generator tersebut. Serta untuk mengetahui pengaruh torsi awal sebuah generator untuk menghasilkan suatu nilai tegangan tertentu

1.1. Genset (Generator Set)

Genset (*generator set*) adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Disebut sebagai *generator set* adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu *engine* dan *generator*. *Engine* sebagai perangkat pemutar sedangkan *generator* sebagai perangkat pembangkit. Pada sebuah *generator set*, biasanya menggunakan bermacam mesin sesuai dengan kebutuhan. Baik mesin bensin, mesin diesel, mesin gas, maupun mesin turbin. Pada hakikatnya, sebuah mesin digunakan untuk memutar sebuah *generator* pembangkit yang terbuat dari sekumpulan kawat tembaga. Hasil putaran tersebut menghasilkan medan magnet yang diputar terus menerus dalam suatu kecepatan yang konstan dan berkelanjutan sehingga akan menghasilkan arus listrik (Melya Dyanasari Sebayang dan M Bastanta Tarigan 2013).

1.2. Kegunaan Genset (Generator Set)

Kegunaan *generator set* yang paling utama yaitu menyediakan sumber listrik cadangan ketika sumber listrik utama dari PLN (Perusahaan Listrik Negara) tiba-tiba padam. Ketika berbicara mengenai Genset, maka hal yang terlintas dalam Pikiran adalah Alat untuk menghidupkan lampu ketika Listrik Padam, meskipun tujuannya tak hanya berfokuskan hanya pada lampu atau penerangan saja, melainkan banyak hal lainnya yang membutuhkan daya listrik, seperti misalnya untuk Pengerjaan Luar Ruangan yang jauh dari sumber daya listrik. Genset sangat dikenal dikalangan umum karena kegunaannya sebagai Tenaga Listrik yang bisa diandalkan, cukup dengan menggunakan bahan bakar bensin maupun solar (Margiono Abd. 2015, Budi Saputro 2017).

1.3. Sistem Kerja Genset (Generator Set)

Generator Set terdiri dari Engine (Motor Penggerak) dan juga Generator, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Engine yang satu ini menggunakan bahan bakar berupa Solar (Mesin Diesel) atau dapat juga menggunakan Bensin, sedangkan untuk Generator-nya sendiri merupakan sebuah gulungan kawat yang di buat dari tembaga yang terdiri atas kumparan statis atau stator dan dilengkapi pula dengan kumparan berputar atau rotor. Dalam proses kerjanya, menurut ilmu fisika, Engine memutar rotor dalam sebuah Generator yang selanjutnya hal ini menimbulkan adanya Medan Magnet pada bagian kumparan Generator. Selanjutnya Medan Magnet ini kemudian akan melakukan interaksi dengan rotor yang kemudian akan berputar dan akan menghasilkan sebuah arus listrik dimana hal ini sesuai dengan hukum Lorentz (Rusdin, dkk., 2018).

1.4. Bagian-Bagian Genset (Generator Set)

Menghindari tanda hubung di akhir baris. Simbol yang menunjukkan vektor dan matriks harus ditunjukkan dalam huruf tebal. Nama variabel skalar biasanya harus dinyatakan menggunakan huruf miring, bobot dan ukuran harus dinyatakan dalam unit system internasional. Adapun beberapa bagian genset sebagai berikut (Amri Muchta 2018):

1. *Prime Mover*

Primemover atau penggerak mula merupakan peralatan yang berfungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar *rotor* pada *generator*. Mesin diesel termasuk mesin dengan pembakaran dalam atau disebut dengan motor bakar ditinjau dari cara memperoleh energi termalnya (energi panas). Untuk membangkitkan energi listrik, sebuah mesin diesel dihubungkan dengan *generator* dalam satu poros atau poros dari mesin diesel dikopel dengan poros *generator* dimana mesin diesel bertindak sebagai *primemover* atau penggerak mula untuk memutar *rotor* pada *generator*. *Prime mover* atau penggerak mula dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: *Prime Mover*

2. *Stator*

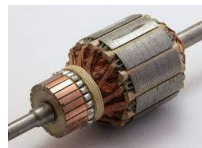
Stator adalah bagian statis dari *generator* yang merubah perubahan garis-garis gaya magnet yang melaluinya menjadi sumber tegangan. Di dalam *stator* terdapat belitan penghantar yang disusun sedemikian rupa sesuai kaidah baik jumlah lilitan, jarak antar lilitan dan beda sudut antar fasa, sehingga menghasilkan tegangan 3 fasa yang mempunyai sudut 120 derajat terhadap fasa lainnya. Kemampuan dan kualitas *generator* ditentukan juga oleh bahan inti besi dan bahan tembaga yang dipakai serta tingkat ketahanan isolasi terhadap panas yang dilaluinya. *Stator* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2: *Stator*

3. *Rotor*

Rotor adalah merupakan elemen yang berputar, pada *rotor* terdapat kutub-kutub magnet dengan lilitan-lilitan kawat yang dialiri oleh arus searah. Kutub magnet *rotor* terdiri dari dua jenis yaitu, *rotor* kutub menonjol (*salient*), adalah tipe yang dipakai untuk *generator* kecepatan rendah dan menengah. Sedangkan *rotor* kutub tidak menonjol (*rotor silinder*), digunakan untuk *generator* turbo atau *generator* kecepatan tinggi. Kumparan medan pada *rotor* disuplai dengan medan arus searah untuk menghasilkan *fluks* dimana arus searah tersebut dialirkan ke *rotor* melalui sebuah cincin. Jadi jika *rotor* berputar maka *fluks* magnet yang timbul akibat arus searah tersebut akan memotong konduktor dari *stator* yang mengakibatkan timbulnya gaya gerak listrik (GGL). Belitan searah pada struktur medan yang berputar dihubungkan ke sebuah sumber luar melalui *slipring* atau *brush*. *Rotor* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3: *Rotor*

4. *Exciter*

Exciter adalah bagian *generator* yang berfungsi untuk pembangkitan tegangan sebagai sumber arus atau *rotor* untuk pembentukan kutub. *Exciter* ini terdiri dari *exciterstator* dan *exciterrotor*. *Exciterstator* terdapat arus dari AVR (*automatic voltage regulator*), sedangkan *Exciterrotor* mengeluarkan tegangan arus kutub *rotor*. *Exciter* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4: *Exciter*

5. *Automatic Voltage Regulator (AVR)*

AVR adalah bagian dari *generator* yang berfungsi mengatur, mengontrol, dan memonitor tegangan yang keluar dari *stator* berdasarkan prinsip umpan balik (*feedback*) dimana *output* di monitor untuk mengontrol *input* supaya terjadi keseimbangan antara tegangan keluar dengan tegangan referensi, sehingga tegangan yang keluar dari *generator* selalu konstan dengan berbagai level beban. AVR dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 : Automatic Voltage Regulator (AVR)

1.5. Mesin Yang Digunakan Pada Genset (Generator Set)

Mesin Genset seperti disebutkan diatas menggunakan berbagai macam mesin diantaranya (Badan Standardisasi Nasional. (2004) :

1. Mesin Bensin

Umumnya Genset yang menggunakan mesin bensin memiliki kapasitas daya yang rendah dan dibatasi untuk menghasilkan daya maksimal hingga 10 kW/10.000 Watt. Mesin bensin memiliki mesin 1 silinder segaris dengan 1 busi dan memiliki bentuk yang *portable*.

2. Mesin Diesel

Mesin diesel sebagai mesin pembangkit listrik banyak digunakan untuk aplikasi mesin diesel yaitu mesin genset yang memiliki daya yang besar. Mulai dari kapasitas 5 kW/5.000 Watt hingga 2 MW/2.000.000 Watt. Mesin diesel yang digunakan sebagai mesin pembangkit semacam ini memiliki beragam spesifikasi teknis dan pengembangan jumlah silindernya, mulai 2 silinder hingga 16 silinder yang memiliki konfigurasi segaris, *boxer* maupun *V-Type*.

3. Mesin Gas

Sesuai namanya, mesin gas menggunakan bahan bakar gas sebagai sumber daya konsumsinya. Mesin gas merupakan hasil pemikiran manusia modern yang menyadari bahwa ketersediaan bahan bakar minyak bumi di seluruh dunia sudah semakin menipis. Sehingga untuk itu diperlukan alternatif pengganti bahan bakar, yaitu GAS. Gas yang digunakan merupakan hasil olahan dari gas bumi. Baik yang diolah menjadi *liquid petroleum gas* (LPG), maupun *compressed natural gas* (CNG). Genset dengan mesin gas sudah banyak diaplikasikan baik sebagai genset rumah tangga yang menggunakan bahan bakar LPG sehingga mudah didapat. Maupun genset untuk industri yang menggunakan CNG. Untuk bisa mendapatkan fasilitas CNG, pengguna harus membangun sebuah infrastruktur pipa gas yang mendistribusikan gas tersebut sebagai sumber bahan bakarnya. Investasinya tidak murah, namun untuk kebutuhan dan pemakaian jangka panjang diatas 10 tahun alternatif ini perlu dipertimbangkan.

4. Mesin Turbin

Mesin yang menggunakan aliran fluida atau udara sebagai energi penggeraknya, menggunakan tenaga angin untuk memutar mesin. sekarang kita paham kenapa di belanda banyak ditemukan kincir angin. Kincir angin yang banyak itu masing-masing digunakan untuk memutar mesin. Hasil putarannya disalurkan ke sebuah turbin yang menghasilkan putaran untuk *generator*. Ujung-ujungnya *generator* tersebut kembali menghasilkan listrik. Begitu juga demikian turbin yang lainnya.

2. METODELOGI PENELITIAN

2.1. Tempat Analisis Pemeliharaan Berkala

Penelitian ini dilaksanakan di UPT Rumah Sakit Khusus Paru. Penelitian dan Pengolahan data dilakukan selama 1 (satu) bulan yaitu mulai dari 14 Juni Sampai 14 Juli 2021.

2.2. Data-Data Yang Diperlukan untuk Analisis Pemeliharaan Berkala

Data-data yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini terdapat pada Tabel 1 sebagai berikut:

1. Kapasitas beban terpasang

Tabel 1 : Data Beban Listrik di UPT Rumah Sakit Khusus Paru

Unit Pembangkit	Kapasitas
PT PLN (Persero)	131 kVA
GENSET (Diesel)	90 kVA

Berdasarkan Tabel 1. Energi listrik pada UPT Rumah Sakit Khusus Paru disuplai oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) dengan kapasitas 131 kVA yang berasal dari gardu yang tersedia. Selain disuplai dari PLN, UPT Rumah Sakit Khusus Paru memiliki suplai daya cadangan yang akan siaga beroperasi jika suplai dari PLN mengalami gangguan. Yaitu berupa 1 unit Genset berkapasitas 90 kVA, Genset ini terletak di ruangan khusus yang telah disediakan oleh UPT Rumah Sakit Khusus Paru.

2. Data Teknis Spesifikasi Genset

Data spesifikasi genset yang digunakan UPT Rumah Sakit Khusus Paru terdapat pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2: Data Spesifikasi Genset

Spesifikasi	Nilai
Brand	Stamford
Serial number	X14E224414
Frame/core	UC.I224G14
Peak Rating kVA	90.8 (PR)
Peak Rating kW	72.6
Amperes base rate	138
TL	0.82 (ISO 8528-3)
Frequency	50
RPM	1500
Voltage	380
Phase	3
PF	0.8
Duty	Stand-by (S10)
Excitation voltage	36
Excitation current	1.8
Ambient temperature	27o
Insulation class	Class H
Thermal classification	180 (H)
Enclosure	IP23
Stator winding	311
Stator connection	Series Star

3. Data Pemeliharaan Genset (*generator set*)

Data jadwal pemeliharaan mesin genset yang digunakan UPT Rumah Sakit Khusus Paru terdapat pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3 : Data Jadwal Pemeliharaan Mesin Genset

Untuk genset dengan aplikasi <i>stand-by</i>		Pertama kali			Setiap				Minimal			
Perawatan harian dan mingguan		setiap hari	Start pertama	400 jam	100 jam	200 jam	600 jam	1200 jam	2400 jam	4800 jam	Setiap tahun	Setiap 5 tahun
1. Periksa level oli mesin												
2. Periksa air <i>radiator</i>												
3. Periksa <i>radiator filter</i> udara												
4. Periksa level bahan bakar												
5. Periksa air ACCU dan <i>alternator charger</i>												
Oil system	1. Periksa level/ketinggian oli mesin	√	√									√
	2. Penggantian oli				1							√
	3. Pembersihan filter oli sentrifugal				1							√
	4. Penggantian filter oli				1							√
Cooling system	5. Periksa level/ketinggian air radiator	√										
	6. Periksa kejernihan air <i>radiator</i>		√						4		√	
Filter udara	7. Bersihkan radiator dan ganti air <i>radiator</i>									1		√
	8. Periksa indikator tekanan pada <i>filter</i> udara	√										
	9. Bersihkan <i>filter</i> udara				1							√
Fuel system	10. Ganti <i>filter</i> udara						3					√
	11. Periksa level/ketinggian bahan bakar pada tangki	√	√									√
	12. Bersihkan <i>filter</i> bahan bakar dan <i>water separator</i>			1								√
	13. Ganti filter bahan bakar				1							√
	14. Ganti filter <i>water separator</i>					1						√
Electrical system	15. Periksa <i>injector</i>								√		√	√
	16. Periksa kondisi <i>Alternator change</i> /Pengisian ACCU		√		2						√	√
	17. Bersihkan ACCU dan Terminalnya				2						√	√
	18. Periksa sensor level/ketinggian air radiator		√				√				√	√
Lain-lain	19. Periksa sensor temperatur mesin		√				√				√	√
	20. Periksa sensor oli mesin		√				√				√	√
	21. Periksa sensor stop mesin/ <i>solenoid</i> /govemor		√				√				√	√
	22. Periksa kondisi ketegangan <i>fan belt</i>							√				√
	23. Periksa apakah ada kebocoran pada mesin	√										
	24. Periksa dan adjust jarak katup inlet, outlet dan <i>injector</i>		√						√			

2.3. Variabel Analisis Pemeliharaan Berkala

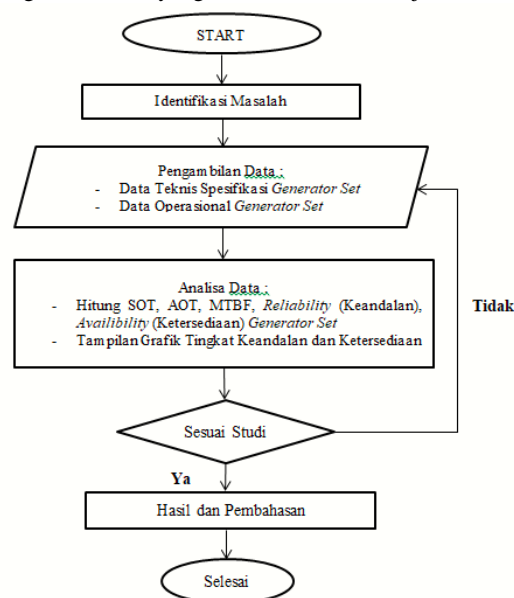
Adapun variabel-variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemeliharaan genset secara berkala.
2. Ketersediaan dan keandalan genset.

Untuk mengetahui tingkat ketersediaan operasional Genset (*generator set*) diperlukan membuat terlebih dahulu data peralatan Genset, perhitungan tingkat ketersediaan dan data operasional dan kerusakan yang didapat. Kemudian dikumpulkan jumlah *specified operating time* (SOT), jumlah total kerusakan (T) dan jumlah genset tidak dioperasikan untuk keperluan pemeliharaan rutin/berjadwal, karena pemeliharaan (S) dan total waktu pemeliharaan Genset dalam jangka waktu yang telah ditetapkan. Dari SOT dikurang jumlah total waktu pemeliharaan, akan didapat nilai *actual operating time* (AOT) Genset. Data SOT dan AOT diperlukan untuk menghitung tingkat ketersediaan Genset sebagai catu daya cadangan. Kemudian $AOT = SOT - (S+T)$, jumlah kerusakan diperlukan untuk menghitung *mean time between failures* (MTBF). Setelah mendapat nilai MTBF, bersama-sama dengan total waktu kerusakan (T), maka dapat dihitung tingkat keandalan.

2.4. Prosedur Pemeliharaan Berkala

Proses penelitian (Kuantitatif) yang sistematis artinya proses yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan langkah-langkah tertentu yang bersifat logis dan rasional dengan data-data yang valid, reliable dan objektif, hal ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 : Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan kinerja GENSET (Generator Set)

1. *Specified operating time* (SOT)

Perhitungan kinerja genset menggunakan SOT pada persamaan 1 sebagai berikut (Rusdin, dkk., 2018):

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

Dimana

A = Total waktu genset beroperasi

B = Jumlah hari dalam 1 tahun

Jam pelayanan UPT Rumah Sakit Khusus Paru tahun 2020 selama 24 jam per harinya. Perhitungan SOT Genset ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 : Tabulasi SOT Genset Tahun 2020

Tahun	2020	
Bulan	Bulan Perhitungan SOT (Bulan)	SOT (Jam)
Januari	SOT Januari 24×31	744
Februari	SOT Februari 24×28	672
Maret	SOT Maret 24×31	744
April	SOT April 24×30	720
Mei	SOT Mei 24×31	744
Juni	SOT Juni 24×30	720

Juli	SOT Juli 24 × 31	744
Agustus	SOT Agustus 24 × 31	744
September	SOT September 24 × 30	720
Oktober	SOT Oktober 24 × 31	744
November	SOT November 24 × 30	720
Desember	SOT Desember 24 × 31	744
Total		8760

2. Shutdown Time Period (S)

Genset di UPT Rumah Sakit Khusus Paru dilakukannya pemeliharaan rutin/berjadwal yang dilakukan teknisi bersifat pemeliharaan pencegahan. Rata-rata per bulan dilakukan pemeliharaan rutin dalam jangka waktu 9 jam (108 jam/tahun).

3. Total Waktu Kerusakan (T) dan Jumlah Kerusakan

Total waktu kerusakan adalah jumlah waktu peralatan tidak beroperasi karena mengalami kerusakan ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5: Data Total Waktu Kerusakan dan Jumlah Kerusakan

Tahun	2020												T Rusak (Jam)
Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Kerusakan	1		1			1			2				5

4. Actual Operating Time (AOT)

Untuk menghitung *actua loperating time (AOT)* pada persamaan 2 (Rusdin, dkk., 2018):

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

Dimana

SOT = *SpesifiedOperatingTime*

S = Total waktu pemeliharaan berjadwal dalam 1 tahun

T = Total waktu pemeliharaan tidak berjadwal dalam 1 tahun

Perhitungan AOT genset pada bulan Januari - Desember tahun 2020

- Bulan Januari 2020

Pemeliharaan berjadwal (S) = 9 Jam

Pemeliharaan tidak berjadwal (T) = 1 Jam +

Total peralatan tidak beroperasi = 10 Jam

Maka, AOT Januari = 744 - (9+1)

AOT Januari = 744 - 10

AOT Januari = 734 Jam
- Bulan Februari 2020

Pemeliharaan berjadwal (S) = 9 Jam

Pemeliharaan tidak berjadwal (T) = 0 Jam +

Total peralatan tidak beroperasi = 9 Jam

Maka, AOT Februari = 672 - (9+0)

AOT Februari = 672 - 9

AOT Februari = 663 Jam
- Bulan Maret 2020

Pemeliharaan berjadwal (S) = 9 Jam

Pemeliharaan tidak berjadwal (T) = 1 Jam +

Total peralatan tidak beroperasi = 10 Jam

Maka, AOT Maret = 744 - (9+1)

AOT Maret = 744 - 10

AOT Maret = 734 Jam
- Bulan April 2020

Pemeliharaan berjadwal (S) = 9 Jam

Pemeliharaan tidak berjadwal (T) = 0 Jam +

Total peralatan tidak beroperasi = 9 Jam

Maka, AOT April = $720 - (9+0)$

AOT April = 720 - 9

AOT April = 711 Jam

- Bulan Mei 2020

Pemeliharaan berjadwal (S) = 9 Jam

Pemeliharaan tidak berjadwal (T) = 0 Jam +

Total peralatan tidak beroperasi = 9 Jam

Maka, AOT Mei = $744 - (9+0)$

AOT Mei = 744 - 9

AOT Mei = 735 Jam

- Bulan Juni 2020

Pemeliharaan berjadwal (S) = 9 Jam

Pemeliharaan tidak berjadwal (T) = 1 Jam +

Total peralatan tidak beroperasi = 10 Jam

Maka, AOT Juni = $720 - (9+1)$

AOT Juni = 720 - 10

AOT Juni = 710 Jam

- Bulan Juli 2020

Pemeliharaan berjadwal (S) = 9 Jam

Pemeliharaan tidak berjadwal (T) = 0 Jam +

Total peralatan tidak beroperasi = 9 Jam

Maka, AOT Juli = $744 - (9+0)$

AOT Juli = 744 - 9

AOT Juli = 735 Jam

- Bulan Agustus 2020

Pemeliharaan berjadwal (S) = 9 Jam

Pemeliharaan tidak berjadwal (T) = 0 Jam +

Total peralatan tidak beroperasi = 9 Jam

Maka, AOT Agustus = $744 - (9+0)$

AOT Agustus = 744 - 9

AOT Agustus = 735 Jam

- Bulan September 2020

Pemeliharaan berjadwal (S) = 9 Jam

Pemeliharaan tidak berjadwal (T) = 2 Jam +

Total peralatan tidak beroperasi = 11 Jam

Maka, AOT September = $720 - (9+2)$

AOT September = 720 - 11

AOT September = 709 Jam

- Bulan Oktober 2020

Pemeliharaan berjadwal (S) = 9 Jam

Pemeliharaan tidak berjadwal (T) = 0 Jam +

Total peralatan tidak beroperasi = 9 Jam

Maka, AOT Oktober = $744 - (9+0)$

AOT Oktober = 744 - 9

AOT Oktober = 735 Jam

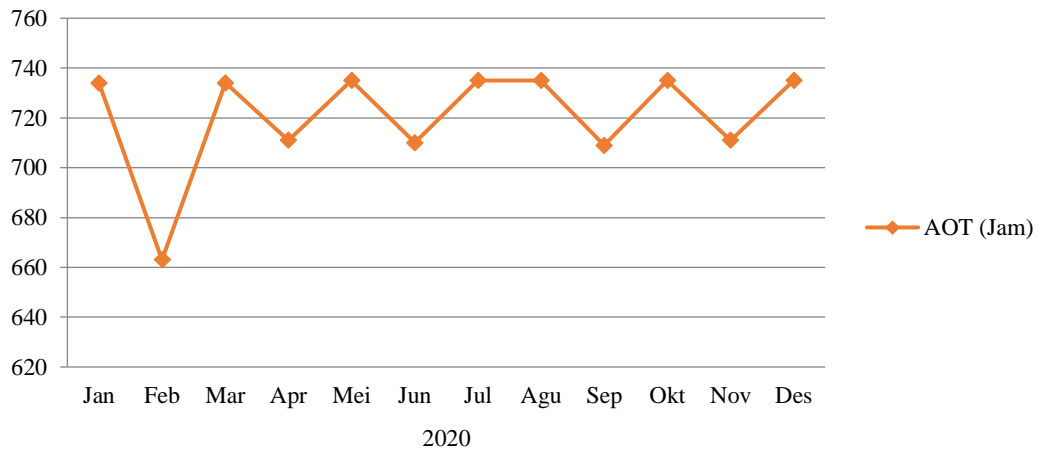
- Bulan November 2020
 Pemeliharaan berjadwal (S) = 9 Jam
Pemeliharaan tidak berjadwal (T) = 0 Jam +
 Total peralatan tidak beroperasi = 9 Jam
 Maka, AOT November = 720 – (9+0)
 AOT November = 720 – 9
 AOT November = 711 Jam
- Bulan Desember 2020
 Pemeliharaan berjadwal (S) = 9 Jam
Pemeliharaan tidak berjadwal (T) = 0 Jam +
 Total peralatan tidak beroperasi = 9 Jam
 Maka, AOT Desember = 744 – (9+0)
 AOT Desember = 744 – 9
 AOT Desember = 735 Jam

Untuk mencari nilai AOT Genset pada bulan Januari–Desember Tahun 2020 dilakukan perhitungan yang sama seperti perhitungan diatas yang hasilnya ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6 : Hasil Perhitungan AOT Genset Tahun 2020

Tahun	2020											
Bulan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
AOT (Jam)	734	663	734	711	735	710	735	735	709	735	711	735

Grafik AOT Genset pada bulan Januari s/d Desember Tahun 2020 ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7: Grafik AOT Genset Pada Tahun 2020

5. Mean Time Between Failures (MTBF)

Untuk menghitung Mean Time Between Failures (MTBF) pada persamaan 3 (Rusdin, dkk., 2018)

$$MTBF = \frac{AOT}{Jumlah\ Kegagalan} \tag{3}$$

Dimana,

AOT = Actual Operating Time

Perhitungan MTBF Genset pada bulan Januari - Desember tahun 2020.

- MTBF genset Januari = $\frac{734}{1} = 734$ Jam
- MTBF genset Februari = $\frac{663}{0} = \infty$ Jam
- MTBF genset Maret = $\frac{734}{1} = 734$ Jam
- MTBF genset April = $\frac{711}{0} = \infty$ Jam

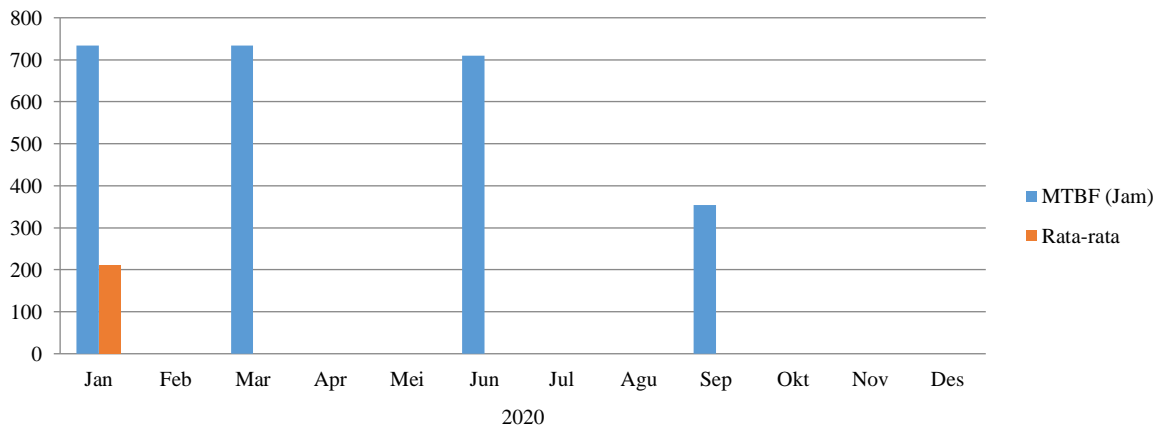
- MTBF genset Mei = $\frac{735}{0} = \infty$ Jam
- MTBF genset Juni = $\frac{710}{1} = 710$ Jam
- MTBF genset Juli = $\frac{735}{0} = \infty$ Jam
- MTBF genset Agustus = $\frac{735}{0} = \infty$ Jam
- MTBF genset September = $\frac{709}{2} = 354$ Jam
- MTBF genset Oktober = $\frac{735}{0} = \infty$ Jam
- MTBF genset Nopember = $\frac{711}{0} = \infty$ Jam
- MTBF genset Desember = $\frac{735}{0} = \infty$ Jam

Untuk mencari nilai MTBF Genset pada bulan Januari s/d Desember Tahun 2020 dilakukan perhitungan yang sama seperti perhitungan diatas dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7 : Hasil Perhitungan MTBF Genset Tahun 2020

Tahun	2020											
Bulan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
MTBF (Jam)	734	∞	734	∞	∞	710	∞	∞	354	∞	∞	∞
Rata-rata	211											

Grafik MTBF Genset pada bulan Januari s/d Desember Tahun 2020 ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 : Grafik MTBF Genset Pada Tahun 2020

6. Keandalan (*Reliability*)

Untuk menghitung terhadap tingkat keandalan (*reliability*) pada persamaan 4 (Rusdin, dkk., 2018):

$$R = 100 \cdot e^{-t/m}$$

(4)

Dimana $e = 2,718$

Perhitungan tingkat Keandalan (*reliability*) genset pada bulan Januari–Desember 2020.

- R genset Januari = $100 \cdot 2,718 - \frac{1}{734}$
R genset Januari = 99,2%
- R genset Februari = $100 \cdot 2,718 - \frac{0}{663}$
R genset Februari = 100%
- R genset Maret = $100 \cdot 2,718 - \frac{1}{711}$
R genset Maret = 99,2%
- R genset April = $100 \cdot 2,718 - \frac{0}{711}$
R genset April = 100%
- R genset Mei = $100 \cdot 2,718 - \frac{0}{735}$
R genset Mei = 100%

- $R \text{ genset Juni} = 100 \cdot 2,718 - \frac{1}{710}$
R genset Juni = 99,2%
- $R \text{ genset Juli} = 100 \cdot 2,718 - \frac{0}{735}$
R genset Juli = 100%
- $R \text{ genset Agustus} = 100 \cdot 2,718 - \frac{0}{735}$
R genset Agustus = 100%
- $R \text{ genset September} = 100 \cdot 2,718 - \frac{2}{709}$
R genset September = 99,1%
- $R \text{ genset Oktober} = 100 \cdot 2,718 - \frac{0}{735}$
R genset Oktober = 100%
- $R \text{ genset November} = 100 \cdot 2,718 - \frac{0}{711}$
R genset November = 100%
- $R \text{ genset Desember} = 100 \cdot 2,718 - \frac{0}{735}$
R genset Desember = 100%

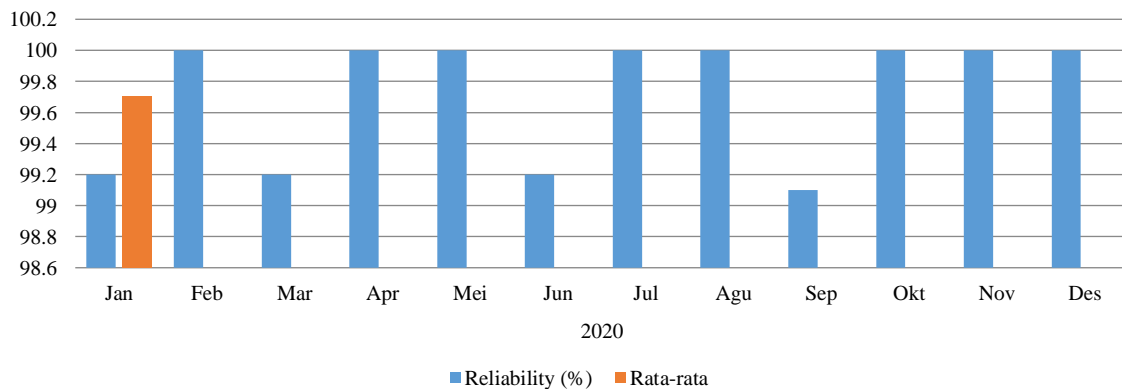
Untuk mencari nilai keandalan (*reliability*) genset pada bulan Januari–Desember Tahun 2020 dilakukan perhitungan yang sama seperti perhitungan di atas dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8 : Hasil Perhitungan Tingkat Keandalan (*Reliability*) Genset

Tahun	2020											
Bulan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
Reliability (%)	99,2	100	99,2	100	100	99,2	100	100	99,1	100	100	100
Rata-rata	99,7											

Keterangan :
 < 70% (Sangat sering mengalami gangguan/kerusakan)
 70% < R < 95% (Sering mengalami gangguan/kerusakan)
 ≥ 95% (Jarang mengalami gangguan/kerusakan)

Grafik tingkat keandalan (*Reliability*) Genset pada bulan Januari–Desember Tahun 2020 ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 : Grafik Tingkat Keandalan (*Reliability*) Genset

7. Ketersediaan (*Availability*)

Untuk menghitung terhadap tingkat Ketersediaan (*Availability*) pada persamaan 5 (Rusdin, dkk., 2018)

$$A = \frac{\text{Waktu Operasi yang Aktual (AOT)}}{\text{Waktu operasi yang ditetapkan (SOT)}} \times 100\% \tag{5}$$

Perhitungan tingkat ketersediaan (*Availability*) Genset pada bulan Januari s/d Desember tahun 2020.

- $A \text{ (Januari)} = \frac{734}{744} \times 100\% = 98,6\%$
- $A \text{ (Februari)} = \frac{663}{672} \times 100\% = 98,6\%$
- $A \text{ (Maret)} = \frac{734}{744} \times 100\% = 98,6\%$
- $A \text{ (April)} = \frac{711}{720} \times 100\% = 98,7\%$
- $A \text{ (Mei)} = \frac{735}{744} \times 100\% = 98,7\%$

- $A(\text{Juni}) = \frac{710}{720} \times 100\% = 98,6\%$
- $A(\text{Juli}) = \frac{735}{744} \times 100\% = 98,7\%$
- $A(\text{Agustus}) = \frac{735}{744} \times 100\% = 98,7\%$
- $A(\text{September}) = \frac{709}{720} \times 100\% = 98,4\%$
- $A(\text{Oktober}) = \frac{735}{744} \times 100\% = 98,7\%$
- $A(\text{November}) = \frac{711}{720} \times 100\% = 98,7\%$
- $A(\text{Desember}) = \frac{735}{744} \times 100\% = 98,7\%$

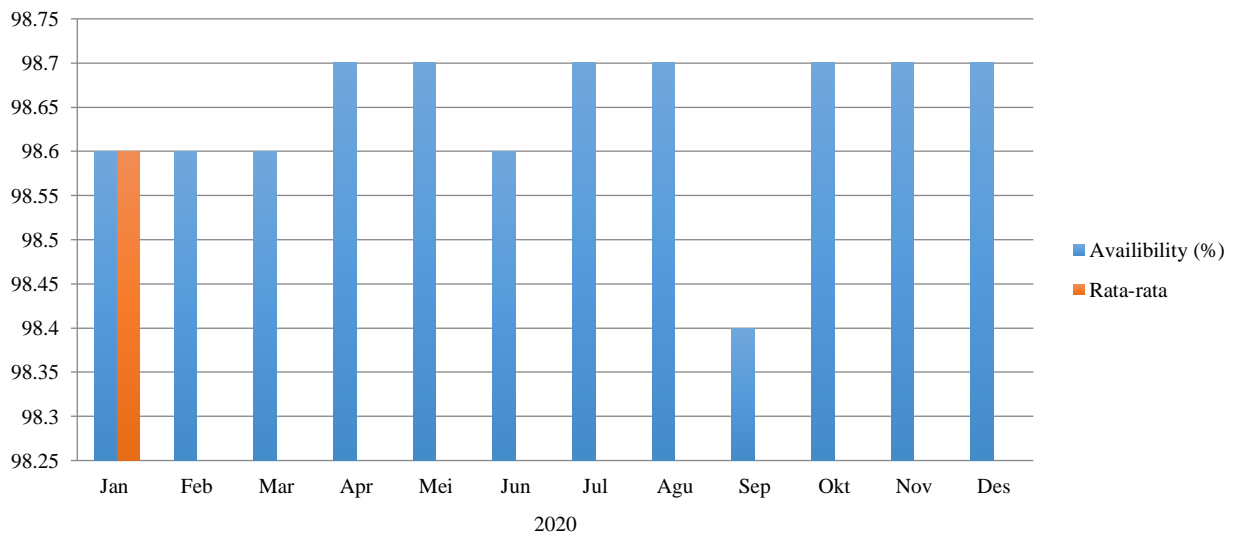
Untuk mencari nilai Ketersediaan (*Availability*) Genset pada bulan Januari s/d Desember Tahun 2020 dilakukan perhitungan yang sama seperti perhitungan di atas dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9 : Rata-Rata Tingkat Ketersediaan (*Availability*) Genset

Tahun	2020											
Bulan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
Availability (%)	98,6	98,6	98,6	98,7	98,7	98,6	98,7	98,7	98,4	98,7	98,7	98,7
Rata-rata	98,6											

Keterangan :
 < 70% (Sangat sering mengalami gangguan/kerusakan)
 70% < R < 95% (Sering mengalami gangguan/kerusakan)
 ≥ 95% (Jarang mengalami gangguan/kerusakan)

Grafik tingkat ketersediaan (*availability*) Genset pada bulan Januari s/d Desember Tahun 2020 ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Tingkat Ketersediaan (*Availability*) Genset

Terdapat sedikit penurunan tingkat kehandalan pada genset disebabkan karena terjadi kerusakan komponen pada genset yang membutuhkan waktu pemeliharaan yang lebih lama dari tahun sebelumnya. Sesuai SKEP 15/IX/03, tingkat kehandalan masing-masing genset masuk dalam kelompok jarang rusak ($R \geq 95\%$) (Budi Saputro, 2017). Untuk kepentingan perbaikan faktor kerja ini maka diperlukan genset beroperasi baik dan aman serta tidak ditemukan adanya penyimpangan terhadap nilai batas operasi yang disyaratkan. Kondisi terkini semua komponen dan sistem berfungsi baik dan tidak ditemukan adanya kebocoran oli dan air pada mesin genset (I Putu Andithya Chrisna Budi dkk 2016).

4. KESIMPULAN

Pemeliharaan dan kinerja *generator set* pada UPT Rumah Sakit Khusus Paru dapat menjamin keselamatan, kesehatan, kenyamanan dan memberikan kemudahan bagi penggunaannya sehingga fungsi prasarana intalasielktikal Rumah Sakit dapat tercapai optimal. Tingkat rata-rata Keandalan (*reliability*) Genset pada tahun 2020 seperti memiliki nilai Rata-rata 99,7%. Tingkat keandalan genset termasuk kedalam kelompok jarang mengalami gangguan/kerusakan ($\geq 95\%$) dan tingkat ketersediaan (*availability*) genset pada tahun 2020 termasuk kedalam kelompok jarang mengalami gangguan/kerusakan ($R \geq 95\%$). Adapun rekomendasi dari penelitian ini yaitu sebaiknya rumah sakit

mengikuti *standart operational procedure* (SOP) pengoperasian khususnya untuk menjalankan generator sehingga tidak mengganggu teknis pekerjaan lainnya, membuat scheduling maintenance system/perawatan berkala dan penggantian/pelumasan bearing generator, serta adanya otomatisasi pada generator set agar waktu yang dibutuhkan dengan rangkain kontrol lebih cepat dari pada mengandalkan tenaga manual.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan Terima kasih Para penulis dengan penuh rasa syukur menyampaikan penghargaan dan mengucapkan terima kasih atas dukungan finansial yang diberikan oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi, melalui Universitas Harapan Medan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri Muchta. (2018). Prinsip Kerja Generator Listrik Diakses Juni 2021, dari <https://www.autoexpose.org/2018/02/prinsip-kerja-generator-listrik.html?m=1>.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). Sistem Pasokan Daya Listrik Darurat dan Siaga SNI 04-7018-2004.
- Budi, I.P.A.C., Giriantari I.A.D., Sukerayasa, I.W. (2016). Perencanaan Rekonfigurasi Jaringan Tegangan Menengah Pada Kampus Universitas Udayana Bukit Jimbaran. *Teknologi Elektro 15*, 56-60.
- Fajar Kurniawan. (2021). Manajemen Perawatan Industri; Teknik dan Aplikasi. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Margiono Abd. (2015). Buku Melilit Generator Listrik Arus Bolak-Balik (Genset). YKT Publisher. Pontianak.
- Pamungkas, D.R., Bhirawa W.T., Arianto, B. (2019). Analisis Performansi Pemeliharaan Generator Set (Genset) dengan Metode *Total Productive Maintenance* (TPM) Untuk Meningkatkan Kinerja di PT. Lativi Media Karya. *Jurnal Teknik Industri 8*, 25-30.
- Permenkes. (2021). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2021 Tentang Prasarana Instalasi Elektrikal RS.
- Rusdin, Purnomo Budi Santoso, Djarot Bangun Darmadi. (2018). Rekayasa Sistem Informasi Manajemen Perawatan Mesin Perkakas di Laboratorium Proses Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya. *Jurnal Rekayasa Mesin 2*, 109-118.
- Sebayang M.D & Tarigan, B. M. (2013) Pengoperasian dan Perawatan Generator Set 500 KVA. *Seminar Nasional Inovasi dan Rekayasa Teknologi (SNIRT) ke-II*,1-12.
- Saputro B. (2017). Analisis Keandalan Generator Set Sebagai *Power Supply* Darurat Apabila *Power Supply* dari PLN Mendadak Padam Di Morodadi Poultry Shop Blitar. *Jurnal Qua Teknika 7*, 17-25.