

## PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL 2 MW

Muhamad Royhan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Akademi Telkom Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Jakarta  
<sup>1</sup>Jl. Raya Daan Mogot Km. 11 Cengkareng Jakarta Barat, 11710, Indonesia

<sup>1</sup>royhan@akademitelkom.ac.id

---

---

### INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 03-05-2021  
revisi : 05-05-2021  
diterima : 29-06-2021  
dipublish : 30-06-2021

### ABSTRAK

Beban listrik tergantung dari kestabilan dari penyediaan listrik. Jika terjadi pemadaman listrik maka beban listrik tidak dapat digunakan. Untuk mengantisipasi gangguan tersebut perlu ada pembangkit listrik cadangan yang siap dioperasikan. Pembangkit listrik yang mudah dioperasikan adalah pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD). Pembangunan pembangkit listrik tenaga diesel untuk melayani beban jika terjadi pemadaman dari PLN. Daya dari PLTD mampu mengatasi beban luar waktu beban penuh dan waktu beban puncak. Dengan adanya PLTD beban dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya. Perencanaan pembangkit listrik tenaga diesel ini dilakukan dengan menggunakan perhitungan secara teoritis dan mengacu SPLN-111-4-1995. Data terukur masing-masing pembangkit listrik tenaga diesel: tegangan dari fasa ke fasa adalah 400 V, tegangan fasa ke netral adalah 231 V, putaran generator 1500 Rpm dan frekuensi 50 Hz. Data yang terukur telah memenuhi standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik.

*Kata kunci : generator; beban; proteksi; diesel*

### ABSTRACT

**2 MW Diesel Power Plant Planning.** The electrical load depends on the stability of the electricity supply. In the event of a power outage, the electrical load cannot be used. To anticipate these disturbances, it is necessary to have a backup power plant ready to operate. An easy-to-operate power plant is a diesel power plant (PLTD). Construction of a diesel power plant to serve the load in the event of a blackout from PLN. The power from the PLTD is able to handle external loads at full load and peak load times. With the PLTD the load can operate according to its function. The design of diesel power plants by performing theoretical calculations and referring to SPLN-111-4-1995. Measured data for each diesel power plant: voltage phase to phase 400 V, voltage phase to neutral 231 V, rotation 1500 Rpm and frequency 50 Hz. The measured data meets the General Electrical Installation Requirements standards.

*Keywords : generator; load; protection; diesel*

## PENDAHULUAN

Pembangkit listrik menyalurkan energi ke beban melalui jaringan transmisi. Jika ada gangguan di transmisi, maupun di distribusi maka pelayanan beban terganggu. Supaya beban dapat beroperasi perlu ada pembangkit cadangan. Pembangkit cadangan harus siap dioperasikan jika terjadi gangguan. Pembangkit listrik tenaga diesel merupakan pilihan untuk pembangkit listrik cadangan.

Generator listrik dibangun untuk melayani beban listrik. Pembangkit listrik cadangan yang banyak digunakan adalah pembangkit listrik tenaga diesel karena mudah dioperasikan, bahan bakar tersedia di pasaran, dan mudah perawatan. Pembangunan pembangkit listrik tenaga diesel dilakukan untuk menyediakan daya sesuai dengan daya yang dibutuhkan (*daya demand*) oleh beban. Daya pembangkit listrik yang dibangun berkapasitas 2 MW terdiri atas 4 generator yang masing-masing 500 KW.

Dalam penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Syahrial, dkk di Jurnal Elkomika yang berjudul "Studi Keandalan Ketersediaan Daya PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) pada Jaringan Listrik Daerah "X" " dengan tema pembangkit listrik dengan daya 840 KW dengan menggunakan 4 generator tenaga diesel masing-masing 280 KW yang membahas biaya konfigurasi pembangkitan (Syahrial et.al., 2017). Perbedaan antara penelitian terdahulu yang dilakukan oleh syahrial dkk dengan penelitian ini adalah pada penelitian ini membahas mengenai frekuensi generator, tegangan keluaran fasa-netral dan membahas tentang standarisasi yang mengatur kelayakan pembangunan tenaga listrik baik Standar Nasional Indonesia (SNI)

maupun Persyaratan Umum Instalasi Listrik, sedangkan hal ini tidak dibahas dipenelitian yang dilakukan oleh Syahrial dkk.

## TEORI

### Daya Listrik

Daya Listrik atau *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian (Akbar, 2017). Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik, sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Sumber listrik idealnya tersedia secara terus-menerus supaya beban sewaktu-waktu dapat diaktifkan tanpa ada kendala. Untuk menentukan pilihan dalam penyediaan suplai tenaga listrik perlu dipertimbangkan kondisi kelompok beban listrik terpasang (Nasional, 2000).

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ialah Pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak utama untuk memutar rotor di generator. Bahan bakar diesel adalah solar. Prinsip kerja diesel adalah penyalaan kompresi (*compression ignition engine*) dengan cara menyempatkan solar ke dalam udara bertekanan dan temperatur tinggi, Urutan pembakaran campuran bahan bakar dan udara hingga diperoleh momen bakar (Muchlisinalahuddin, 2018). Perbandingan antara daya keluaran  $P_o$  dengan daya masukan  $P_{in}$  disebut efisiensi generator (Priyaningsih, 2017).

### Generator

Genset adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Generator set adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu *engine* dan generator atau alternator (Tumilar et.al., 2015).

Jenis Generator dapat diklasifikasikan berdasarkan fasa yaitu generator tiga fasa dan generator satu fasa dan dapat pula diklasifikasikan berdasarkan arah arus yaitu generator arus bolak balik (AC) dan generator arus searah (DC).

### Hubungan Generator Ke Sistem.

#### Hubungan Langsung

Pada generator hubungan langsung masing-masing generator terhubung dengan busbar melalui pemutus (PMT). Pada umumnya lilitan generator tiga fasa terhubung bintang / way (Y) yang netral terhubung ke bumi (*grounding*). Generator dipasang relai tegangan rendah dan tegangan lebih, relai frekuensi rendah dan frekuensi lebih untuk melepas generator dari sistem bila diperlukan karena tegangan atau frekuensi di luar batas-batas toleransi yang sudah ditentukan.

#### Unit Terhubung

Generator dapat terdiri atas satu generator tunggal, dua generator atau lebih yang masing-masing generator terhubung dengan unit trafo. Generator yang terhubung dengan sistem melalui *autotrafo*.

#### Keandalan Sistem Pembangkit

Keandalan sistem tenaga listrik merupakan salah satu faktor utama dalam perencanaan, desain, operasi, dan pemeliharaan dari suatu sistem tenaga listrik. Keandalan sistem pembangkitan terdiri atas *adequacy system* dan *security system*. *Adequacy system* yaitu sistem kecukupan (*adequacy*) berkaitan dengan kecukupan fasilitas yang dibutuhkan sistem untuk memenuhi kebutuhan sistem. *Security system* yaitu sistem keamanan (*security*) untuk mengamankan gangguan diperangkat

sistem generator. Diantaranya pemutus hubung singkat dan pemutus beban lebih.

#### Sistem Pengaman Generator

Sistem pengaman harus dapat bekerja cepat dan tepat dalam mengisolir gangguan agar tidak terjadi kerusakan fatal. Proteksi pada mesin generator ada dua macam yaitu pengaman alarm dan pengaman trip (Yakin, 2019).

#### Sistem Pentanahan (Pembumian) Generator

Sistem pentanahan adalah proteksi yang berfungsi sebagai pengaman sistem instalasi listrik dari adanya gangguan arus dan tegangan lebih (Dwi et.al, 2020). Kualitas dari pembumian adalah nilai hambatan pentanahan yang terukur. Semakin kecil nilai hambatan pentanahan semakin baik kualitas sistem pentanahan. Nilai pentanahan yang baik adalah nilai hambatan kurang dari 1 Ohm. Sebaliknya jika nilai hambatan pentanahan besar, kualitas pentanahan tidak baik. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur nilai pentanahan adalah *earth meter*. Berdasarkan tampilan, Ada 2 jenis *earth meter* yaitu *analog* dan *digital*. Pada umumnya sistem pentanahan terdiri atas tiga jenis yaitu pentanahan netral, pentanahan proteksi dan pentanahan bodi generator.

#### Pentanahan Netral

Pentanahan titik netral generator pada pembangkit tenaga listrik sangat penting dalam hal proteksi peralatan dari gangguan hubung singkat ke tanah, pengamanan terhadap manusia dan penyaluran daya listrik, oleh karena itu diperlukan perhitungan dan perancangan agar generator dapat terproteksi jika terjadi gangguan hubung singkat ke tanah (Agriselius et.al., 2014).

Pentanahan netral adalah penghantar netral dihubungkan atau digabungkan ke sistem pentanahan, terhubung baik dengan tanah. Semakin kecil nilai tahanan pentanahan, semakin baik.

### Pentanahan Proteksi

Pentanahan proteksi adalah mengamankan generator dari petir. Gangguan dari petir menyebabkan terjadinya tegangan lebih. Tegangan lebih adalah tegangan listrik jika berada di sistem listrik menyebabkan kerusakan.

### Pentanahan Body Generator

Pentanahan bodi generator adalah menghubungkan bodi generator ke tanah. Tujuan pentanahan bodi generator adalah untuk menghilangkan tegangan sentuh.

### Kehilangan Penggerak Utama

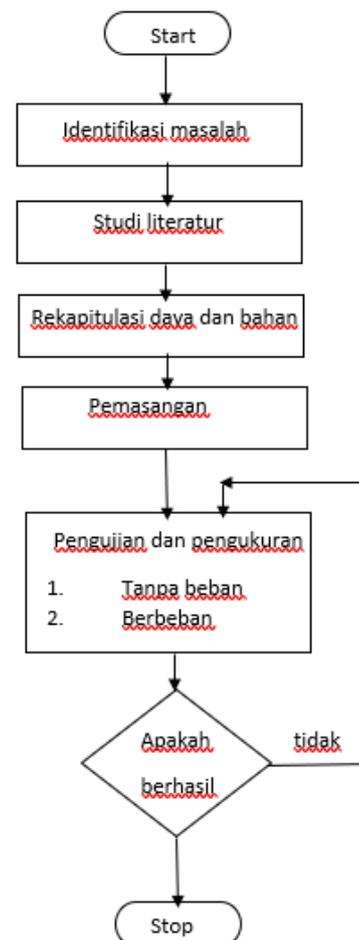
Apabila penggerak mula (*prime mover*) hilang pada waktu generator masih terhubung dengan jaringan sistem tenaga listrik dan medan penguat masih dalam bekerja, maka jaringan sistem tenaga akan menggerakkan unit generator sebagai motor sinkron (Bonar, 2012) Penggerak mula adalah sumber tenaga untuk memutar rotor di generator. Jika tenaga penggerak utama hilang, maka sifat generator berubah menjadi motor. Apabila generator dirangkai paralel dengan generator lain, maka generator yang kehilangan penggerak utama menjadi motor akibatnya menjadi beban generator yang lain.

Harga tipikal daya balik yang dibutuhkan untuk memutar generator pada kecepatan sinkron dimana tidak ada daya masukan, dalam persen terhadap daya pengenal (*rated*) adalah turbin uap jenis *condensing* 1% sampai dengan 3%, turbin uap jenis *non-condensing* 3%, turbin air

0,2% sampai dengan 2%, mesin diesel  $\pm$  25%, turbin gas 50% (Bonar, 2012).

### METODOLOGI

Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Metode penelitian

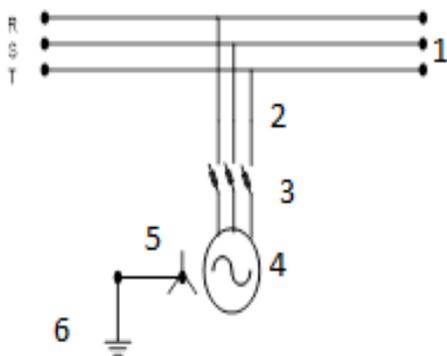
Tahapan penelitian yang pertama adalah mengidentifikasi permasalahan dengan cara melakukan survei lapangan mengenai sistem *backup* jaringan listrik PLN jika terjadi gangguan. Setelah dilakukan survei lapangan dilanjutkan dengan studi literatur dan melakukan rekapitulasi daya dan bahan yang dibutuhkan. Hal ini sebagai dasar dari membangun pembangkit listrik yaitu daya yang dibutuhkan (*demand*

power). Kemudian dilanjutkan dengan pemasangan pembangkit listrik di *site*. Setelah dipasang dilakukan pengujian dan pengukuran baik tanpa beban maupun berbeban.

Pengukuran dilakukan untuk memastikan nilai besaran listrik sesuai. Besaran listrik yang terukur harus sesuai dengan persyaratan umum instalasi listrik (PUIL). Jika tidak memenuhi persyaratan umum instalasi listrik, perlu ada perbaikan supaya sesuai dengan persyaratan. Pengukuran dilakukan pada saat generator belum diaktifkan dan generator kondisi aktif.

Pada kondisi generator belum diaktifkan dilakukan pengukuran resistan pentanahan dan tahanan isolasi. Sedangkan pada kondisi generator dalam kondisi aktif dilakukan pengukuran frekuensi, tegangan, terminal fasa ke fasa, fasa ke netral, putaran rotor dan daya. Alat ukur yang digunakan antara lain *earth meter*, multimeter dan *power quality*.

Pada perencanaan PLTD 2 MW ini digunakan 4 generator diesel yang masing-masing memiliki kapasitas 500 KW. Untuk *wiring* generator 500 KW yang dirancang ditunjukkan pada gambar 3.

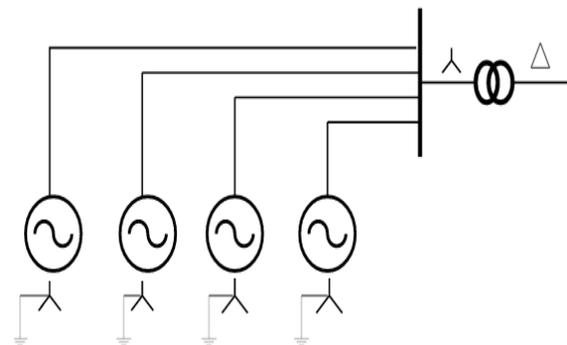


Gambar 3. *Wiring* PLTD 500 KW

Keterangan Gambar 3:

1. Jaringan dari generator ke bebab
2. Saluran keluaran 3 fasa (R,S,T)
3. Pemutus (PMT)
4. Generator
5. Rangkaian bintang
6. Pentanahan (*grounding*)

Dari setiap generator 500 KW akan dikoneksikan secara paralel. *Wiring* empat generator yang dihubungkan secara paralel diperlihatkan pada gambar 4. Tegangan keluaran masing-masing generator harus sama. Beda tegangan membuat peralatan-peralatan listrik atau komponen-komponen listrik tidak dapat bekerja dengan kemampuan maksimalnya (Royhan, 2018).



Gambar 4. *Wiring* diesel 2 MW

Syarat pemasangan generator secara paralel adalah tegangan terminal sama, frekuensi sama, arah putaran rotor sama, urutan fasa sama (R, S, T)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil survei dilapangan diketahui bahwa beban yang harus disuplai adalah 1,6 MW dan bahan yang dibutuhkan untuk melakukan perencanaan PLTD 2 MW ini ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Bahan-bahan yang diperlukan

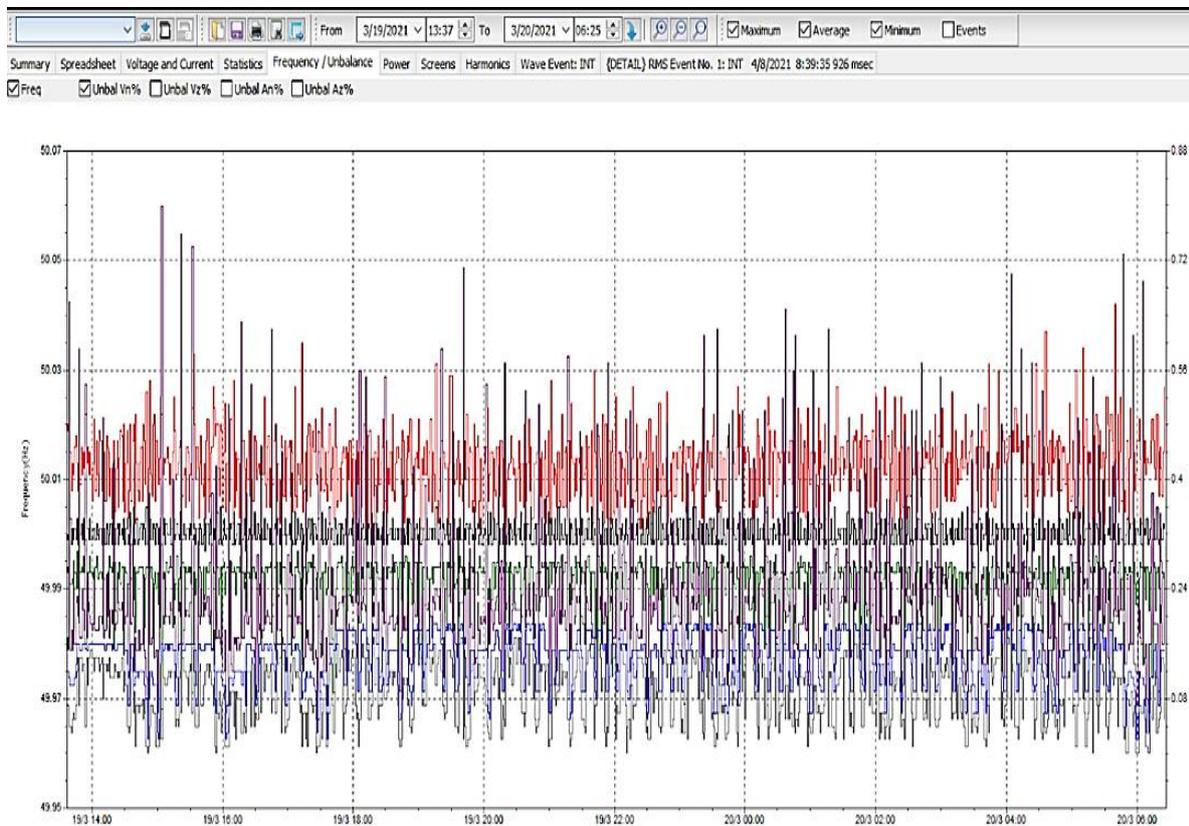
NAMA BAHAN	JUMLAH
Generator PLTD 500 KW	4 Buah
Pemutus ACB phase	4 Buah
Controller: Breaker control logic AMF function & standby operation	4 Buah
GCB dan MCB synchronization	4 Buah
Generator Breaker Control	4 Buah
Interchange import-eksport control	4 Buah
Over- under frekuensi (810/U	4 Buah
Over- under voltage (59&27),	4 Buah
Reverse-reduce power (32R/F),	4 Buah
Unbalance load (46)	4 Buah
Time Over Current (TOC)(50)	4 Buah
Elektrode pentanahan	4 Buah
Kabel (penghantar pentanahan NYFGBY 50 mm <sup>2</sup> )	100 m
Box terminal pentanahan	4 Buah
Arester tegangan rendah 3 fase	1 Buah
Box arrester tegangan rendah	1 Buah

### Hasil Pengukuran Pentanahan dan Tahanan Isolasi

Pengukuran resistansi pentanahan dan pengukuran tahanan isolasi dari motor generator dilapangan pada kondisi generator belum diaktifkan diperoleh hasil ukur resistansi pentanahan menggunakan earth meter digital adalah 0,9 Ohm dan hasil ukur tahanan isolasi dari motor generator adalah tak terhingga.

### Hasil Pengukuran Frekuensi

Pada kondisi generator bekerja dilakukan pengukuran frekuensi dengan menggunakan alat *power quality*. Hasil pengukuran frekuensi dari generator diperlihatkan pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil pengukuran frekuensi generator

Dari gambar 5 diketahui bahwa hasil pengukuran frekuensi berada pada frekuensi 50 Hz digaris hitam.

### Hasil Pengukuran Tegangan

Selain dilakukan pengukuran frekuensi dilakukan pula pengukuran tegangan. Hasil dari pengukuran tegangan diperlihatkan pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil pengukuran tegangan generator

Dari hasil pengukuran tegangan generator pada gambar 6 yang diukur tegangan fasa ke netral yaitu tegangan fasa ke netral yaitu fasa R ke fasa N, fasa S ke fasa N dan fasa T ke fasa N. Diketahui bahwa tegangan dari fasa ke netral sebesar 231 V. Untuk tegangan antar fasa (R-S, S-T, T-R) adalah 400 V.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa perencanaan PLTD 2 MW dengan menggunakan 4 generator diesel 500 KW untuk membackup listrik pada jaringan listrik PLN jika terjadi gangguan dengan beban terhubung 1.6 MW dapat beroperasi normal dengan tegangan yang dihasilkan dari setiap generator adalah fasa ke fasa 400 V, fasa ke netral 231 V dan dengan frekuensi 50 Hz. Hasil pengukuran ini sudah sesuai dengan standar PUIL.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agriselius, A., SYAHRIAL, S., & SAODAH, S. (2014). Analisis Pemilihan Pentanahan Titik Netral Generator Pada PLTMH 2 x 4, 4 MW Nua Ambon. *REKA ELKOMIKA*, 2(2).
- Akbar, J. (2017). Studi Evaluasi Perencanaan Kebutuhan Daya Pada Instalasi Listrik Di Gedung Harco Glodok Jakarta. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1).
- Bonar, P. (2012). *Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- DWI ANDHIKA, V. E. R. R. Y., & IMAM AGUNG, A. C. H. M. A. D. (2020). Studi Tentang Efektivitas Beberapa Macam Zat Terhadap Nilai Resistansi Sistem Pentanahan (Grounding). *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 9(3).

- Mashar, A., Hernawan, K., & Firdausi, M. Z. (2019). Prancangan sistem grounding generator untuk skema proteksi belitan stator generator 100% menggunakan NGT. *JURNAL TEKNIK ENERGI*, 9(1), 87-92.
- Muchlisinalahuddin, M. (2018). ANALISIS PRESTASI MESIN MOTOR BAKAR DIESEL TYPE PAUSS MODEL 175 A UNTUK BAHAN BAKAR SOLAR DAN BIO SOLAR. *Rang Teknik Journal*, 1(2).
- Nasional, B. S. (2000) 'Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)', *DirJen Ketenagalistrikan*.
- Prasetijo, H., Ropiudin and Dharmawan, B. (2012) 'Generator magnet permanen sebagai pembangkit listrik putaran rendah permanent magnet generator as lowsSpeed electric power plant', *Dinamika Rekayasa*.
- Royhan, M. (2018). Sistem Pengaman Beda Tegangan pada Motor Fase 3 dengan Rangkaian Terintegrasi dengan Inverter. In *Conference on Electrical Engineering, Telematics, Industrial technology, and Creative Media (CENTIVE)* (pp. 184-189).
- Supardi, A., Budiman, A. and Khairudin, N. R. (2016) 'Pengaruh Kecepatan Putar dan Beban terhadap Keluaran Generator Induksi 1 Fase Kecepatan Rendah', *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*. doi: 10.23917/emitor.v16i1.2680.
- SYAHRIAL, S., SAWITRI, K., & GEMAHAPSARI, P. (2017). Studi Keandalan Ketersediaan Daya Pembangkit Listrik pada Jaringan Daerah "X". *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 5(1), 93
- Tumilaar, G. P., Lisi, F., & Pakiding, M. (2015). Optimalisasi Penggunaan Bahan Bakar Pada Generator Set Dengan Menggunakan Proses Elektrolisis. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 4(2), 77-88.
- Yakin, K. (2019). Teori dasar listrik dan rangkaiannya.