



Analisis Gangguan Hubung Singkat pada Generator Menggunakan Relay Arus Lebih di PT. Oki Pulp and Paper

As'ad Mubarak^{1*}, M. Saleh Al Amin², Irine Kartika F³, Yudi Irwansi⁴
^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Elektro, Universitas PGRI Palembang, Indonesia

Jln A.Yani Lrg Gotong Royong 9/10 ulu Plaju Palembang

*Korespondensi Penulis : asad191193@gmail.com

Abstract Generators are an important component in electrical generation. One of the disturbances that occurs in the generator is a short circuit fault. PT Oki Pulp and Paper has a Diesel Generator which is equipment that can be used as an alternative electrical generator to meet backup electricity needs, when a trip / shutdown occurs, the diesel generator will become backup power. The diesel generator observed is YCSR with a capacity of 3875 KVA/380 Volts. The purpose of this research is to analyse the Short Circuit Disturbance of Diesel Generator YCSR 3875 KVA and analyse the calculation of the time required for Over Current Protection on short circuit disturbance of Diesel Generator YCSR 3875 KVA. The research was conducted at the DG House of PT Oki Pulp and Paper in December 2024. The results of the short circuit fault analysis obtained are 17,042.40 A. The time required for the relay to disconnect the electricity during a short circuit is 4.09 seconds. The time obtained from the calculation is quite short, it can be seen that the short circuit fault that occurred was 17,042.40 A. To get the results of the relay working time, there is a calculation to find out how much TMS is determined through calculation, from the calculation getting the TMS result of 1,007 seconds. With TMS = 1.007 seconds, calculations are carried out to find the time required for the overcurrent relay to send a signal to the circuit breaker.

Keywords: Short Circuit, Generator, Current Relay

Abstrak Generator merupakan komponen penting dalam pembangkit listrik. PT. Oki Pulp and Paper memiliki Diesel Generator yang merupakan alat yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik alternatif untuk memenuhi kebutuhan listrik cadangan, saat terjadi trip/shutdown maka diesel generator akan menjadi backup power. Diesel Generator yang diamati adalah YCSR kapasitas 3875 KVA/380 Volt. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa Gangguan Hubung Singkat pada Diesel Generator YCSR 3875 KVA dan menganalisa perhitungan waktu yang dibutuhkan Proteksi Arus Lebih pada gangguan hubung singkat Diesel Generator YCSR 3875 KVA. Penelitian dilaksanakan di DG House PT. Oki Pulp and Paper bulan Desember 2024. Hasil dari analisa gangguan hubung singkat yaitu 17.042,40 A. Waktu yang dibutuhkan relay untuk memutuskan hubungan kelistrikan saat terjadi hubung singkat adalah 4,09 detik. Waktu yang di dapat dari perhitungan tersebut cukup singkat, dapat diketahui gangguan hubung singkat yang terjadi sebesar 17.042,40 A. Untuk mendapatkan hasil dari waktu kerja relay, ada perhitungan untuk mengetahui seberapa besar TMS yang di tentukan melalui perhitungan, dari perhitungan mendapatkan hasil TMS sebesar 1.007 detik. Dengan TMS = 1,007 detik tersebut dilakukan perhitungan untuk mencari hasil waktu yang di butukan relay arus lebih untuk mengirimkan sinyal ke pemutus hubung listrik.

Kata Kunci: Hubung Singkat, Generator, Relay Arus

1. PENDAHULUAN

Generator merupakan komponen penting dalam pembangkit listrik. Fungsi Generator adalah untuk menghasilkan energi listrik dari energi mekanik yang memutarinya. Namun pada suatu sistem pembangkit listrik, terdapat kemungkinan terjadinya gangguan pada generator yang dapat menyebabkan generator mengalami kerusakan.

Salah satu gangguan yang terjadi pada generator adalah gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat terdiri atas gangguan tiga fasa, gangguan antar saluran, gangguan satu fasa ke tanah dan gangguan antar saluran ke tanah. Gangguan tersebut

dapat menyebabkan generator mengalami kerusakan, sehingga generator perlu menggunakan proteksi yang dapat melindungi generator dari arus gangguan hubung singkat yang terjadi.

Proteksi terhadap gangguan hubung singkat sangat penting dilakukan agar generator tidak mengalami kerusakan. Gangguan hubung singkat dapat menimbulkan loncatan bunga api dengan suhu tinggi, kerusakan pada belitan, dan merusak isolasi. Untuk itu proteksi generator dilakukan untuk melindungi generator dari gangguan hubung singkat. Salah satu generator yang diambil sampel adalah generator Pembangkit Listrik di PT. Oki Pulp and Paper. Dalam hal ini di PT. Oki Pulp and Paper memiliki Diesel Generator yang merupakan peralatan yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik alternatif untuk memenuhi kebutuhan listrik cadangan, saat terjadi trip/*shutdown* maka diesel generator inilah yang akan menjadi *backup power*, pada diesel generator tersebut dilakukan testing minimal satu kali dalam satu bulan jika tidak ada kendala di pabrik. Diesel Generator yang di tes ini adalah YCSR kapasitas 3875 KVA/380 Volt.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa gangguan hubung singkat pada diesel generator YCSR 3875 KV dan menganalisa perhitungan waktu yang dibutuhkan Proteksi Arus Lebih pada gangguan hubung singkat Diesel Generator YCSR 3875 KVA

2. METODE PENELITIAN

Judul penelitian ini adalah “Analisis Gangguan Hubung Singkat Generator menggunakan Relay arus lebih di PT.Oki Pulp and Paper“. Penelitian dilakukan dengan observasi langsung ke Diesel Generator (DG) House PT. Oki Pulp and Paper pada bulan Desember 2024. Penelitian ini menitikberatkan pada kinerja (OCR) di PT oki pulp and paper. Pembahasan merupakan analisa hubung singkat generator YCSR 3875 kVA, 380 volt. Sumber data merupakan data aktual di lapangan untuk mengerjakan dan menentukan suatu pokok permasalahan dalam suatu laporan hasil penelitian. Berdasarkan teknik pengumpulan data terbagi atas dua jenis yaitu data primer dan data sekunder.

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari objek penelitian, data primer dapat diperoleh melalui observasi. Data sekunder adalah data yang sudah tersedia yang dikumpulkan oleh pihak lain yang berkaitan dengan permasalahan penelitian. Data sekunder dapat diperoleh melalui studi kepustakaan, sehingga kita hanya mencari dan mengumpulkan data, adapun data-data yang didapat adalah data-data tentang generator.

Teknik Pengumpulan Data

Adapun cara-cara pengumpulan data yang dilakukan oleh peneliti antara lain, yaitu :

Metode dokumen yang merupakan suatu cara pengumpulan data yang diperoleh dari dokumen-dokumen atau buku manual operation yang terdapat di tempat penelitian, metode eksperimen lapangan metode ini dilaksanakan melalui pengamatan langsung ke lapangan untuk mencatat data-data secara langsung dalam menunjang penelitian, dan metode studi pustaka metode ini dilakukan dengan cara memperoleh data-data dengan membaca dan mempelajari buku-buku maupun lewat situs-situs yang ada hubungannya dengan masalah yang akan dibahas.

Flowchart



Tahapan rancangan penelitian sebagai berikut : Observasi, observasi dilakukan langsung di lokasi penelitian yaitu di PT.Oki Pulp and Paper, pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari penelitian di PT. Oki Pulp and Paper. Data diperoleh dengan cara mengikuti prosedur sesuai yang dijelaskan instansi, yaitu dengan mengirim surat izin untuk pengambilan data dari pihak Universitas. Lalu menunggu balasan dari instansi terkait, setelah mendapatkan surat balasan barulah

dilakukan pengambilan data sesuai kebutuhan penelitian. Data yang dibutuhkan yaitu berupa data spesifikasi generator, data panel, data OCR dan spesifikasi trafo. Selanjutnya analisis data yang dilakukan setelah proses pengambilan data di PT. Oki Pulp and Paper. Data-data tersebut akan dianalisis menjadi bentuk matematis (perhitungan biasa), Kesimpulan atau hasil akhir yang telah diperoleh dari analisis dan perhitungan pada penelitian tugas akhir ini, dan penyusunan laporan yang merupakan tahap akhir dari proses penelitian ini, yang ditandai dengan pembuatan laporan sebagai dokumen hasil dari suatu penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menganalisa gangguan hubung singkat, diawali dengan perhitungan mendasar untuk memberikan petunjuk dan membuktikan bahwa memang terjadi gangguan beban lebih yang menyebabkan proteksi beban lebih aktif, pembangkit listrik yang digunakan memiliki kapasitas 3875 kVA, trafo daya yang digunakan berkapasitas 2 mVA dikarenakan daya pembangkit melewati kabel dalam (Watt) maka daya generator akan di konversi menjadi satuan yang setara, dengan begitu analisa daya dapat di lakukan.

Untuk mengubah satuan kVA menjadi kW atau kW menjadi kVA dapat dilihat pada tabel dan keterangan dibawah ini, sebagai contoh data yang akan di gunakan untuk analisa adalah data spesifikasi generator sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Generator

Spesifikasi Teknik	Keterangan
Serial Number	NYCF3000-50
Base Rating KVA	3875
Base Rating KW	3100
Frekuensi	50 Hz
Rpm	1000
Voltage	380
Phase	3
PF	0.80

Tabel 2. Data Panel

Spesifikasi Teknik	Keterangan
HZ	50 Hz
VOLT	380
KW (max)	3000
Cosφ	0.8

Keterangan :

P = Kapasitas Generator (kVA)

S = Daya Generator (kW)

$\cos \varphi$ = Faktor daya 0,8 Kw/kVA

Perhitungan untuk mengubah kVA menjadi kW.

$$P = S \cdot \cos \varphi$$

$$P = 3875 \text{ kVA} \cdot 0,80 \text{ Kw/kVA} = 3100 \text{ kW}$$

Perhitungan untuk mengubah kW menjadi kVA.

$$S = \frac{P}{\cos \varphi}$$

$$S = \frac{3100 \text{ kW}}{0.8 \text{ KW/kVA}}$$

$$S = 3875 \text{ kVA}$$

Hasil dari perhitungan diatas menunjukkan bahwa rumus perhitungan tersebut sesuai dengan spesifikasi generator. Selanjutnya untuk mengubah satuan kW menjadi A dapat dihitung menggunakan rumus :

$$I_{(A)} = \frac{1000 \cdot P_{(kW)}}{\sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot V_{(v)}}$$

$$I_{(A)} = \frac{1000 \cdot 3100}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 380}$$

$$I_{(A)} = \frac{3110^5}{526,54}$$

$$I_{(A)} = 5887.49 \text{ A}$$

Tabel 3. Parameter Diesel Generator berbeban

Parameter	Keterangan
Active power	2061 kW
Arus	110 A
Speed	1003 rpm
Voltage	11,42 kV
$\cos \varphi$	0,95

Pada dasarnya generator bekerja pada rentang 65% - 75% dari total spesifikasinya, tetapi generator bisa bekerja lebih dari itu, dalam pembangkit listrik selalu memiliki batasan emergency 10% lebih besar dari spesifikasi, hal ini diperhitungkan untuk menjaga generator tetap stabil. Berikut perhitungan kapasitas maksimal generator:

$$I_{\max(\text{gen})} = \frac{P \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380} \cdot 110\%$$

$$I_{\max(\text{gen})} = \frac{3875 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380} \cdot 110\%$$

$$I_{\max(\text{gen})} = \frac{3875.10^3}{658,17} \cdot 110\%$$

$$I_{\max(\text{gen})} = 6476.28 \text{ A}$$

Dari hasil perhitungan kapasitas generator dalam satuan Ampere diatas, dapat di ketahui bahwa generator dapat menahan beban sebesar 5887 A dan beban maksimal sebesar 6476.28 A.

Tabel 4 Spesifikasi Trafo

Spesifikasi Teknik	Keterangan
Model	SCD10-1600/11
Standar	GB1094.11-2007
Nilai Daya	2 MVA
Frekuensi	50 Hz
Phase	3
Tegangan Primer	11 kV
Tegangan Sekunder	0.4 kV
Impedansi	5.80%

Pada tabel 4, merupakan data spesifikasi trafo yang dapat digunakan untuk mengetahui gangguan hubung singkat yang terjadi, maka harus diketahui bagian primer dan sekunder pada trafo daya, untuk itu dilakukan perhitungan menggunakan perhitungan arus nominal dan arus rating.

Untuk mengetahui arus pada sisi primer dan sekunder, maka harus diketahui terlebih dahulu bahwa I_n atau arus nominal merupakan arus yang mengalir pada masing masing jaringan, dengan begitu perhitungannya sebagai berikut :

Dik : $S = 2 \text{ mVA}$

$$I_{\text{pri}} = 11 \text{ kV}$$

$$I_{\text{sek}} = 0,4 \text{ kV}$$

Arus nominal pada sisi tegangan primer 11kV:

$$I_{N1} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p}$$

$$I_{N1} = \frac{2.10^6 \text{ mVA}}{\sqrt{3} \cdot 11000}$$

$$I_{N1} = \frac{2.10^6 \text{ mVA}}{19052,5}$$

$$I_{N1} = 104.97 \text{ A}$$

Arus nominal pada sisi tegangan sekunder 0,4 kV:

$$I_{N2} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_s}$$

$$I_{N2} = \frac{2 \cdot 10^6 \text{ mVA}}{\sqrt{3} \cdot 400}$$

$$I_{N2} = \frac{2 \cdot 10^6 \text{ mVA}}{692.8}$$

$$I_{N2} = 2886,8 \text{ A}$$

Arus Rating di sisi tegangan primer 11 kV:

$$I_{rat} = 110\% \cdot I_{n2}$$

$$I_{rat} = 110\% \cdot 104,97 \text{ A}$$

$$I_{rat} = 115,46 \text{ A}$$

Arus Rating di sisi tegangan sekunder 0,4 Kv:

$$= 110\% \cdot I_{n2}$$

$$I_{rat} = 110\% \cdot 2884,8 \text{ A}$$

$$I_{rat} = 3175,4 \text{ A}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa arus nominal yang menuju ke trafo daya di sisi tegangan primer 11 kV adalah 104,97 A sedangkan di sisi tegangan sekunder 0,4 kV adalah 2886,8 A.

Hubung Singkat Fasa ke Tanah

Sebelum menghitung gangguan hubung singkat, ada beberapa yang harus diketahui terlebih dahulu, yaitu mengetahui reaktansi urutan positif (Z_1), urutan negative (Z_2) Untuk mencari Z_1 dapat dilakukan perhitungan :

$$\begin{aligned} Z_1 &= \frac{V/\sqrt{3}}{I} \\ &= \frac{380/\sqrt{3}}{5887,49} \\ &= 0,3726 \end{aligned}$$

Hasil dari Z_1 sama dengan hasil Z_2

$$Z_1 = Z_2 = 0,03726$$

$$Z_2 = 0,3726 \text{ s}$$

Mencari atau menentukan besarnya arus hubung singkat terhadap suatu system, maka yang diperlukan adalah data dari generator beserta impedansi (tahanan) dan reaktansinya. Perhitungan yang akan dilakukan adalah perhitungan gangguan arus hubung singkat 1 fasa dengan tanah pada generator.

Seperti yang diketahui $Z_1 = Z_2 = 0.3726$, $V = 11 \text{ kV}$ dan perhitungan untuk $Ea = \text{tegangan fasa netral}$ dan untuk $I_{hs} = \text{Arus Hubung Singkat}$.

Mencari tegangan fasa netral :

$$Ea = \frac{V}{\sqrt{3}} = (kV)$$

$$E_a = \frac{11 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 6,35 \text{ kV} \times 1000 = 6.350 \text{ V}$$

Mencari Arus Hubung Singkat :

$$I_{hs} = \frac{E_a}{Z_1}$$

$$I_{hs} = \frac{6.350}{0,3726}$$

$$I_{hs} = 17.042,40 \text{ A}$$

Analisis Setting Waktu

Untuk mengetahui berapa lama relay bekerja untuk memberikan sinyal ke PMT agar mengtripkan hubungan listrik, maka diperlukan beberapa perhitungan untuk menentukan setting relay bekerja.

Tabel 5. Data OCR

Spesifikasi Teknik	Keterangan
CT	400/5
Kurva	Standard Inverse (0,14)

Perhitungan Arus Nominal (I_N)

Hasil dari perhitungan arus nominal akan digunakan untuk perhitungan setting arus (Iset):

$$I_N = \frac{S_{(kVA)}}{\sqrt{3} \cdot V}$$

$$I_N = \frac{3875 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 11 \text{ kV}}$$

$$I_N = 203,41 \text{ A}$$

Perhitungan Setting Arus (Iset)

Hasil Perhitungan setting arus akan digunakan untuk perhitungan waktu operasi rele (Top). Untuk perhitungan sisi primer:

$$I_s \text{ Primer} = 1,10 \cdot I_n$$

$$I_s \text{ Primer} = 1,10 \cdot 203,41$$

$$I_s \text{ Primer} = 223,75 \text{ A}$$

Nilai arus tersebut adalah nilai setelan sisi primer, selanjutnya nilai yang akan disetelkan pada rele merupakan nilai sekundernya. Sehingga dihitung menggunakan nilai pada rasio CT arus yang terpasang, untuk mencari besarnya arus pada sisi sekunder dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$I_s \text{ Sekunder} = I_s \text{ Primer} \cdot \frac{CT \text{ sekunder}}{CT \text{ primer}}$$

$$I_s \text{ Sekunder} = 223,75 \cdot \frac{5}{400}$$

$$I_s \text{ Sekunder} = 2,79 \text{ A}$$

Untuk arus setting pada sisi primer adalah 223,75 Ampere, tetapi nilai yang akan diaturkan pada rele adalah sisi sekundernya yaitu 2,79 A.

Perhitungan TMS (Time Multiple Setting):

$$TMS = \frac{0,14}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = \frac{0,14}{\left(\frac{17.042,40}{2,49}\right)^{0,02} - 1}$$

$$TMS = 1,007 \text{ s}$$

Jadi perhitungan TMS mendapatkan hasil sebesar 1,007 s

Perhitungan waktu operasi relay (Top) :

$$Top = \frac{0,14 \cdot 2}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{0,02} - 1}$$

$$Top = \frac{0,28}{\left(\frac{17.042,40}{2,79}\right)^{0,02} - 1}$$

$$Top = 4,09 \text{ s}$$

Berdasarkan data setting hasil perhitungan, maka dibuat sebuah table perbandingan sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil perhitungan

Uraian	Hasil Perhitungan
In (Arus Nominal)	203,41 A
Is (Arus Setting)	2,79 A
TMS	1,007 s
Top	4,09 s

Dengan beban hubung singkat yang terjadi pada generator sebesar 17.042,40 A, maka relay proteksi OCR bekerja dalam waktu 4,09 detik untuk memerintahkan PMT agar melepas hubungan listrik.

4. KESIMPULAN

Hasil analisa gangguan hubung singkat sebesar 17.042,40 A. Waktu yang dibutuhkan relay untuk memutuskan hubungan kelistrikan saat terjadi hubung singkat adalah 4,09 detik. Waktu yang di dapat dari perhitungan tersebut cukup singkat, maka perlu setting waktu harus di setting dan dipantau dengan tepat untuk mengurangi gangguan yang terjadi. Dari penelitian ini diketahui TMS yang di tentukan melalui perhitungan sebesar 1.007 detik. Dengan TMS = 1,007 detik tersebut dilakukan perhitungan untuk mencari hasil waktu yang di butukan relay arus lebih untuk mengirimkan sinyal ke pemutus hubung listrik. Dari hasil penelitian perlu dilakukan

penelitian lanjutan untuk analisis yang lebih mendalam terkait analisis hubung singkat di PT. Oki Pulp and Paper.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Amin, M. S. (2020). Peranan kapasitor pada pembangkitan tegangan generator induksi satu fasa. *Jurnal Ampere*, 4(1), 241–251. <https://doi.org/10.31851/ampere.v4i1.2876>
- Amin, N. (2012). Sistem proteksi generator turbin uap (Studi kasus: Pabrik Gula Camming). *Majalah Ilmiah Mektek*, 1, 1–27. <https://media.neliti.com/media/publications/153160-ID-sistem-proteksigenerator-turbin-uap-stu.pdf>
- Andriansah, A. K., & Haryudo, S. I. (2020). Sistem pengaturan beban generator satu fasa secara otomatis berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(2), 339–346.
- Asy'ari, H., Jatmiko, & Ardiyatmoko, A. (2012). Desain generator magnet permanen kecepatan rendah untuk pembangkit listrik tenaga angin atau bayu (PLTB). *Teknik Elektro*, 12(1), 59–67.
- Azis, A., & Febrianti, I. K. (2019). Analisis sistem proteksi arus lebih pada penyulang Cendana Gardu Induk Bungaran Palembang. *Jurnal Ampere*, 4(2), 332–344. <https://doi.org/10.31851/ampere.v4i2.3468>
- Binoto, M., & Sriwinarno, P. (2019). Kemampuan kerja relai arus lebih terhadap. (Hal. 110–116). [Detail jurnal atau volume tidak lengkap.]
- Cahyadi, D., & Hermawan. (2015). Analisa perhitungan efisiensi turbin generator QFSN-300-2-20B Unit 10 dan 20 PT. PJB UBJOM PLTU Rembang. *Prosiding Seminar*, Juni, 5–8.
- Daud, A. (2019). Rancang bangun modul proteksi arus beban lebih dan hubung singkat. *Jurnal Teknik Energi*, 9(1), 37–44. <https://doi.org/10.35313/energi.v9i1.1643>
- Eratama, M. S. (2022). Analisa efisiensi turbin uap pembangkit listrik tenaga uap kapasitas 7,5 MW. *Jurnal*, 4, 110–115.
- Fahreza, M., Hamdani, & Tharo, Z. (2019). Pemodelan dan pengendalian frekuensi sistem tenaga listrik pada simulator pembangkit listrik tenaga uap. (Hal. 233–236). [Detail jurnal tidak lengkap.]
- Fitriyani, M. O., Facta, M., & Juningtyastuti. (2015). Evaluasi setting relay proteksi generator dan trafo generator di PLTGU Tambak Lorok Blok 1. [Detail jurnal tidak lengkap.]
- Furqan, H. (2015). Untuk kerja sistem proteksi arus lebih Gardu Induk 150 kV Sei. Raya Pontianak. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro*, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.
- Gonen, T. (1988). *Modern power system analysis*. John Wiley & Sons Inc.

- Harsono, H. D., Berahim, H., & Hani, S. (2014). Studi pengaruh beban lebih terhadap kinerja relay arus lebih pada transformator daya di Gardu Induk Pedan menggunakan ETAP. *Jurnal ElektriKa*, 1(2), 44–59.
- Hendriyadi. (2024). *Perhitungan arus gangguan hubung singkat pada jaringan distribusi di Kota Pontianak* (Skripsi, Universitas Tanjungpura).
- Masykur, S. J. (2005). Analisa gangguan hubung singkat tiga fasa pada sistem tenaga listrik dengan metode Thevenin. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 6(3), Juli.
- Mustamin. (2006). *Evaluasi rele jarak pada SUTT 150 kV Interkoneksi PT. PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Barat* (Skripsi, Universitas Tanjungpura).
- Nasution, E. S., Pasaribu, F. I., & Arfianda, M. (2019). Rele diferensial sebagai proteksi pada transformator daya pada Gardu Induk. *Ready Start*, 2(1), 179–186.
- Rahim, A., Gunadin, I. C., & lainnya. (2023). Studi koordinasi relai arus lebih pada sistem proteksi generator dan transformator PLTA Bakaru. *Jurnal Eksitasi*, 2(1), 12–18. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/eksitasi/article/view/27112>
- Rimbawati, Harahap, P., & Putra, K. (2019). Analisis pengaruh perubahan arus eksitasi terhadap karakteristik generator. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 37–44.
- Wadudi, A. (2009). *Analisa pengaruh beban motor induksi terhadap umur pakai motor untuk penggerak chain conveyor di Depot Pulau Layang* (Skripsi, Universitas Tridianti, Palembang).
- Wulandari, P. F., Lutfiananda, D., & Sumada, K. (2023). Unjuk kerja dan efisiensi turbin uap dan generator (TG-65) pada pembangkit listrik unit sistem utilitas Departemen Produksi IIIA PT Petrokimia Gresik. *Sinergi Polmed: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(1), 67–74.
- Zuhal. (1991). *Dasar tenaga listrik*. Bandung: Penerbit ITB.
- Zulkarnaini, E. S. H. (2012). Evaluasi koordinasi relay proteksi pada feeder distribusi tenaga listrik (GH. Tanjung Ampalu Sijunjung). *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 1(1), Januari.