

**ANALISIS KOORDINASI OCR (*OVER CURRENT RELAY*) PADA
PENYULANG SGN 04 GARDU INDUK SANGGRAHAN**

SKRIPSI

*diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik pada Prodi S-1 Teknik Elektro*



oleh

Rizki Mochamad Fauzi

E.5051.1604937

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2021**

**ANALISIS KOORDINASI OCR (*OVER CURRENT RELAY*) PADA
PENYULANG SGN 04 GARDU INDUK SANGGRAHAN**

oleh

RIZKI MOCHAMAD FAUZI

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S1-Teknik Elektro

© Rizki Mochamad Fauzi
Universitas Pendidikan Indonesia
2021

© Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, difotokopi atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan keaslian skripsi dengan judul “*ANALISIS KOORDINASI OCR (OVER CURRENT RELAY) PADA PENYULANG SGN 04 GARDU INDUK SANGGRAHAN*” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 25 Januari 2021

Yang membuat pernyataan,



Rizki Mochamad Fauzi

NIM. 1604937

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan keaslian skripsi dengan judul “*ANALISIS KOORDINASI OCR (OVER CURRENT RELAY) PADA PENYULANG SGN 04 GARDU INDUK SANGGRAHAN*” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Januari 2021

Yang membuat pernyataan,



Rizki Mochamad Fauzi

NIM. 1604937

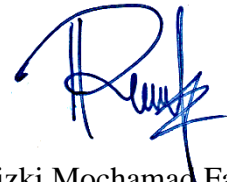
KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan kaunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Koordinasi OCR (*Over Current Relay*) Pada Penyulang SGN 04 Gardu Induk Sanggrahan**”.

Skripsi ini disusun sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Program Studi S-1 Teknik Elektro, Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Universitas Pendidikan Indonesia. Skripsi ini membahas mengenai analisis pengaturan OCR eksisting pada Penyulang SGN 04 Gardu Induk Sanggrahan dan pengaturan ulang OCR pada sisi *incoming* dan *outgoing* untuk memperbaiki gangguan koodinasi OCR di lapangan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang membantu dan mendukung penulis hingga skripsi ini dapat diselesaikan. Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Besar harapan bagi penulis untuk pembaca agar memberikan kritik dan saran demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan umumnya bagi pembaca

Bandung, Januari 2021



Rizki Mochamad Fauzi

NIM. 1604937

UCAPAN TERIMA KASIH

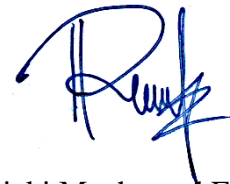
Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Penulis sadari tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak baik itu secara morel ataupun materiel, penelitian ini tidak akan dapat terlaksana dengan baik. Dengan segala hormat dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan adik tercinta yang selalu memberikan dukungan, do'a, restu, dan motivasi tanpa henti kepada penulis untuk meraih cita-cita penulis
2. Bapak Dr. Maman Somantri, M.T. selaku dosen pembimbing I yang selalu memberi bimbingan, arahan, dan nasihat kepada penulis hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Dr. Hasbullah, M.T. selaku dosen pembimbing II sekaligus pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan pendidikan hingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Bapak Iwan Kustiawan, Ph.D. selaku Ketua Program Studi S1-Teknik Elektro.
5. Bapak Dr. Yadi Mulyadi, M.T. selaku Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI
6. Seluruh dosen dan staff Departemen Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI yang telah memberikan wawasan, dukungan, arahan, dan bantuan kepada penulis selama menempuh studi di lingkup DPTE FPTK UPI.
7. Keluarga besar UKM KOMPOR UPI yang telah memberikan banyak wawasan, pengalaman, dukungan, serta menjadi keluarga yang selalu menemani penulis.
8. Teman-teman kelas Teknik Elektro 2016 yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah menjadi keluarga pertama di kampus bagi penulis yang selalu menemani dan membuat warna dalam perkuliahan dari awal masuk hingga terselesaikannya skripsi ini.

9. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat untuk berbagai pihak.

Bandung, Januari 2021



Rizki Mochamad Fauzi
NIM. 1604937

ABSTRAK

Dalam penyaluran tenaga listrik kepada konsumen, diperlukan kontinuitas pelayanan yang baik kepada konsumen. Namun pada kenyataannya, tidak dapat dipungkiri bahwa gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik tidak dapat dihindari. Salah satunya adalah gangguan hubung singkat yang terjadi pada sistem distribusi. Gangguan hubung singkat yang terjadi bisa berbentuk gangguan hubung singkat 3 fasa, fasa ke fasa, dan 1 fasa ke tanah. Salah satu peralatan proteksi yang memiliki peranan untuk mengatasi gangguan tersebut adalah *Over Current Relay* (OCR). OCR adalah relay yang berfungsi untuk memproteksi peralatan listrik terhadap gangguan hubung singkat yang disebabkan oleh arus lebih dan memerintahkan PMT untuk melakukan trip. Dengan adanya OCR, gangguan yang terjadi dapat dipisahkan dari jaringan sehingga gangguan tidak akan meluas. Penelitian ini membahas mengenai analisis koordinasi OCR hasil *setting* ulang menggunakan perhitungan dan simulasi ETAP 12.6.0 dengan hasil *setting* yang terpasang di lapangan pada penyulang SGN 04 Gardu Induk Sanggrahan. Didapatkan hasil bahwa koordinasi OCR yang terpasang di lapangan tidak memenuhi kaidah proteksi sehingga mengalami gangguan koordinasi OCR karena relay *incoming* bekerja mendahului relay *outgoing*. Sedangkan hasil *resetting* dapat memperbaiki masalah tersebut dengan *setting* waktu kerja OCR pada sisi *incoming* di Gardu Induk Sanggrahan adalah 0,7 detik dan *setting* waktu kerja OCR pada sisi *outgoing* penyulang SGN 04 adalah 0,3 detik. Dengan perbaikan *setting* ulang tersebut, OCR dapat berfungsi dengan baik jika jaringan mengalami gangguan.

Kata kunci: gangguan hubung singkat, *Over Current Relay* (OCR), koordinasi proteksi, ETAP 12.6.0.

ABSTRACT

In distributing electricity to consumers, continuity of good service to consumers is needed. But in reality, that disruptions in the electric power system cannot be avoided. One of them is a short circuit that occurs in the distribution system. Short circuit fault that occurs can be in the form of three phase short circuit, phase to phase short circuit, and one phase to ground short circuit.. One of the protective equipment that has a role to overcome this fault is the Over Current Relay (OCR). OCR is a relay that can protect electrical equipment against short circuit disturbances caused by overcurrent and instructs circuit breaker to trip. With OCR, the disturbance that occurs can be separated from the electric network so that the disturbance will not spread. This study discusses the analysis of the resetting OCR coordination result using the calculation and simulation of ETAP 12.6.0 with the results of the installed setting on the SGN 04 feeder Sanggrahan substation.. It was found that the coordination of the OCR installed did not accordance with protection principles so that OCR coordination was disrupted because the incoming relay worked ahead of the outgoing relay. Meanwhile, the resetting results can fix this problem by setting the OCR working time on the incoming side at the Sanggrahan Substation is 0.7 seconds and the OCR working time setting on the outgoing side of the SGN 04 feeder is 0.3 seconds. By resetting OCR, OCR can function properly if the electric network fault.

Keyword: *short circuit fault, Over Current Relay (OCR), protective coordination, ETAP 12.6.0*

DAFTAR ISI

Halaman Hak Cipta.....	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.4 Manfaat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.5 Struktur Organisasi Skripsi	Error! Bookmark not defined.
BAB II.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Gardu Induk.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Peralatan Pada Gardu Induk.....	Error! Bookmark not defined.
2.2 Transformator.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Transformator Daya	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Transformator Distribusi	Error! Bookmark not defined.
2.3 Gangguan Transformator	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Gangguan Internal	Error! Bookmark not defined.
2.3.2 Gangguan Eksternal	Error! Bookmark not defined.
2.4 Gangguan Pada Sistem Distribusi	Error! Bookmark not defined.
2.4.1 Penyebab Umum Gangguan pada Saluran Listrik ...	Error! Bookmark not defined.
2.4.2 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah	Error! Bookmark not defined.

2.4.3	Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fasa.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.4	Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa.	Error! Bookmark not defined.
2.5	Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat	Error! Bookmark not defined.
2.5.1	Menghitung Impedansi Sumber	Error! Bookmark not defined.
2.5.2	Menghitung Reaktansi Transformator	Error! Bookmark not defined.
2.5.3	Menghitung Impedansi Penyulang.....	Error! Bookmark not defined.
2.5.4	Menghitung Impedansi Ekuivalen Jaringan	Error! Bookmark not defined.
2.6	Sistem Proteksi	Error! Bookmark not defined.
2.6.1	Pengertian Sistem Proteksi.....	Error! Bookmark not defined.
2.6.2	Fungsi Sistem Proteksi	Error! Bookmark not defined.
2.6.3	Koordinasi Sistem Proteksi	Error! Bookmark not defined.
2.6.4	Persyaratan Kerja Sistem Proteksi	Error! Bookmark not defined.
2.6.5	Proteksi Pada Transformator Tenaga ..	Error! Bookmark not defined.
2.7	Relay Arus Lebih atau <i>Over Current Relay</i> (OCR) .	Error! Bookmark not defined.
2.7.1	Pengertian <i>Over Current Relay</i> dan Prinsip Kerja ...	Error! Bookmark not defined.
2.7.2	Karakteristik Waktu Kerja OCR	Error! Bookmark not defined.
2.7.3	<i>Setting</i> Arus OCR.....	Error! Bookmark not defined.
2.7.4	<i>Setting</i> Waktu TMS OCR.....	Error! Bookmark not defined.
BAB III	.....	Error! Bookmark not defined.
3.1	Desain Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2	Tempat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.3	Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.
3.4	Data Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.4.1	Data Penyulang SGN 04	Error! Bookmark not defined.
3.4.2	Data Gardu Induk Sanggrahan	Error! Bookmark not defined.
3.5	Prosedur Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV	.....	Error! Bookmark not defined.

4.1	Pemodelan Jaringan Menggunakan ETAP 12.6.0....	Error! Bookmark not defined.
4.2	Melakukan Simulasi OCR Sesuai dengan Data Eksisting	Error! Bookmark not defined.
4.3	Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat	Error! Bookmark not defined.
4.4.1	Perhitungan Impedansi Sumber	Error! Bookmark not defined.
4.4.2	Perhitungan Reaktansi Transformator.....	Error! Bookmark not defined.
4.4.3	Perhitungan Impedansi Penyulang	Error! Bookmark not defined.
4.4.4	Perhitungan Impedansi Ekuivalen Jaringan	Error! Bookmark not defined.
4.4.5	Perhitungan Arus Hubung Singkat.....	Error! Bookmark not defined.
4.4	Melakukan <i>Setting</i> Arus dan Waktu OCR	Error! Bookmark not defined.
4.4.1	Perhitungan <i>Setting</i> di sisi <i>Outgoing</i> ...	Error! Bookmark not defined.
4.4.2	Perhitungan <i>Setting</i> di sisi <i>Incoming</i> ...	Error! Bookmark not defined.
4.4.3	Perhitungan Waktu Kerja OCR.....	Error! Bookmark not defined.
4.5	Melakukan Simulasi OCR Sesuai dengan Perhitungan Menggunakan ETAP 12.6.0.....	Error! Bookmark not defined.
4.6	Pembahasan Analisis Koordinasi OCR.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V	.....	Error! Bookmark not defined.
5.1	Simpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2	Implikasi.....	Error! Bookmark not defined.
5.3	Rekomendasi	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	.....	64
LAMPIRAN	.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

- Tabel 3.1 Kapasitas Penyulang Transformator I GI Sanggrahan..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.2 Data Penghantar Penyulang SGN 04**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.1 Impedansi Penyulang Positif dan Negatif **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.2 Impedansi Penyulang Nol**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.3 Impedansi Ekuivalen $Z_1 \text{ eq} = Z_2 \text{ eq}$ **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.4 Arus Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fasa **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.5 Arus Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat...**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.7 Waktu Kerja OCR Gangguan 3 Fasa *Resetting* ... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.8 Waktu Kerja OCR Gangguan Fasa ke Fasa *Resetting* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.9 Perbandingan *Setting* OCR *Incoming* Kondisi *Existing* dan *Resetting***Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.10 Perbandingan *Setting* OCR *Outgoing* Kondisi *Existing* dan *Resetting***Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.2 Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.3 Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.4 Sketsa Penyulang Tegangan Menengah..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.5 Konversi Impedansi Sumber Primer ke Sekunder ..**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.6 Rangkaian Pengawatan OCR dan GFR..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.7 Karakteristik OCR Waktu Seketika ...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.8 Karakteristik OCR Waktu Tertentu....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.9 Karakteristik OCR Waktu Terbalik....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.2 *Flowchart* Simulasi Menggunakan ETAP 12.6.0. ..**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.3 Tampilan Pembuatan *Single Line Diagram* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.4 Pengisian Parameter Power Grid.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.5 Pengisian Parameter Bus.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.6 Pengisian Parameter *Winding Transformer* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.7 Pengisian Parameter *High Voltage Circuit Breaker***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.8 Pengisian Parameter *Cable Editor***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.9 Pengisian Parameter *Cable Editor***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.10 Pengisian Parameter *Current Transformer* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.11 Pemilihan Manufaktur OCR.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.12 Pengisian Parameter OCR.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.13 Tampilan Mode *Load Flow Analysis* **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.14 Tampilan Simulasi *Star-Protective Coordination*. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.1 *One Line* Digaram Penyulang SGN 04 **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.2 Tampilan *Sequence Viewer* Kondisi Eksisting pada ETAP 12.6.0
..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.3. Kurva Arus-Waktu Koordinasi Relay Eksisting pada ETAP 12.6.0
..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.4 Grafik Arus Gangguan Hubung Singkat **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.5 Grafik Waktu Kerja OCR Gangguan 3 Fasa *Resetting* **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.6 Grafik Waktu Kerja OCR Gangguan Fasa ke Fasa *Resetting* **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.7 Tampilan *Sequence Viewer* Kondisi *Resetting* pada ETAP 12.6.0
..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.8 Tampilan Kurva Arus-Waktu Koordinasi OCR *Resetting* **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR PUSTAKA

- Arisantha, G., & Hamdani, E. (2017). ANALISA PROTEKSI ARUS LEBIH GANGGUAN TANAH PADA FEEDER INDUK GARUDA SAKTI. *Jom FTEKNIK*, 4, 1–7.
- Arka, I. G. P., Mudiana, N., & Abasana, K. (2016). *Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang 20 Kv Dengan Over Current Relay (Ocr) Dan Ground Fault Relay (Gfr) Analysis of Short Circuit Current in the 20 Kv Feeder By Using Over Current Relay (Ocr) and Ground Fault Relay (Gfr)*. 16(1), 46–52.
- Aryanto, T., & Sunardiyo, S. (2013). Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi Di Gardu Induk 150 KV Jepara. *Jurnal Teknik Elektro Unnes*, 5(2).
- Asha, S., & Vittal, K. P. (2018). Insulation coordination studies and selection of lightning arrester for 765kV switchyard. *2017 International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies, ICICICT 2017*, 2018–Janua, 1421–1425.
<https://doi.org/10.1109/ICICICT1.2017.8342778>
- Bakshi, U. A. (2006). *Protection and Switchgear*. Technical Publications Pune.
- Bambang. (2009). *Analisis Koordinasi OCR*. Bandung: Erlangga.
- Gamboa, R. A., Aravind, C. V., & Chin, C. A. (2018). System Protection Coordination Study for Electrical Distribution System. *2018 IEEE 16th Student Conference on Research and Development, SCORED 2018*, 1–6.
<https://doi.org/10.1109/SCORED.2018.8710793>
- Goeritno, A., Rasiman, S., & Nugraha, I. (2018). Kinerja Relai Diferensial Diukur Melalui Pemberian Simulasi Fenomena Gangguan Internal pada Transformator Daya. *Jurnal Ilmiah SETRUM*, 7(2), 247–260.
- Gunawan, S. M., Santosa, J., Elektro, J. T., Petra, U. K., & Siwalankerto, J. (2013). *Analisa Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150 kV di Tallasa , Kabupaten Takalar , Sulawesi Selatan*. 1(1), 37–42.

- Hariyanto, A., Handayani, O., & Kurniawan, D. (2016). Studi Rele Diferensial pada Trafo Interbus di Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Gandul. *Jurnal SUTET*, 6(1), 35–40.
- Hernantyo, F. G., & Haryudo, S. I. (2016). ANALISIS SISTEM KOORDINASI OVER CURRENT RELAY (OCR) PADA GARDU INDUK (GI) 150 kV SUKOLILO. *Jurnal Teknik Elektro*, 5, 55–60.
- Hussain, M. H., Rahim, S. R. A., & Musirin, I. (2013). Optimal overcurrent relay coordination: A review. *Procedia Engineering*, 53, 332–336. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.043>
- Irawan. (2013). *Dasar Sistem Proteksi dan Penalaan Out Of Step Relay pada Generator Sinkron*. Jakarta: PLN Research Institute.
- Kodoati, K. A., Lisi, I. F., & Pakiding, I. M. (2015). Analisa Perkiraan Umur Transformator. *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, 4(3), 35–43.
- Lebedev, V., & Co, N. T. (2007). *TRANSFORMER BASICS* . 356–359.
- Markoni. (2017). *Operasi Sistem & Pemeliharaan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. Cirebon: Teknosain.
- Mason, C. R. (1956). *The Art & Science of Protective Relaying*. River: Wiley.
- Murugan, R., & Ramasamy, R. (2015). Failure analysis of power transformer for effective maintenance planning in electric utilities. *Engineering Failure Analysis*, 55, 182–192. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2015.06.002>
- Nurubeyli, Z., Bhattacharya, D., Jamil, S., Saxena, P., & Chabriere, S. (2016). Comprehensive deployment of emerging condition monitoring technologies in electrical switchgear. *Petroleum and Chemical Industry Conference Europe Conference Proceedings, PCIC EUROPE*, 0. <https://doi.org/10.1109/PCICEurope.2015.7790032>
- Patel, H. A., Sharma, V. M., & Deshpande, A. (2015). Relay Coordination using ETAP. *International Journal Of Scientific & Engineering Research*, 6(5), 1583–1588.

- PT. PLN. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Pemisah*. Jakarta.
- PT. PLN. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga*. Jakarta.
- Pranayuda, F; Solichan, A; Prasetyo, T. (2012). *Analisis Penyetelan Arus Lebih Penyulang Cimalaka di Gardu Induk 70 kV Sumedang*. 5(2), 11–26.
- Ronan, E. R., Sudhoff, S. D., Glover, S. F., & Galloway, D. L. (2002). *A Power Electronic-Based Distribution Transformer*. 17(2), 537–543.
- Saputro, J., Winardi, B., & Handoko, S. (2018). Analisis Koordinasi Proteksi Relay Ocr Dan Recloser Pada Penyulang SGN 04 Sanggrahan Menggunakan ETAP 12.6.0. *Transient*, 7(2), 1–6.
- Short, T. (2004). *Electric Power Distribution Handbook*. New York: CRC Press
- Sugiarto, A. (2015). Pemakaian Dan Pemeliharaan Transformator Arus (Current Transformer/CT). *Forum Teknologi*, 05(1), 1–7.
- Thangalakshmi, S. (2016). Planning and coordination of relays in distribution system. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(31).
<https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i31/91734>
- Utomo, P. (n.d.). *STUDI ANALISIS KUALITAS TRANSFORMATOR DAYA GARDU INDUK 150 KV SIANTAN*.
- Wijana, W., Wijaya, I. K., & Mataram, I. M. (2018). Analisis Koordinasi Relay Arus Lebih (Ocr) Dan Recloser Pada Sistem Eksisting Penyulang Bukit Jati. *Jurnal SPEKTRUM*, 5(2), 61.
<https://doi.org/10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p08>