

**PERBANDINGAN JATUH TEGANGAN MENGGUNAKAN
PERHITUNGAN MANUAL DAN SIMULASI ETAP PADA
JARINGAN DISTRIBUSI PENYULANG MERAPI GARDU
INDUK SIMPANG TIGA INDRALAYA**



**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh:

M. ADIB SHOLEH

03041282025077

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN JATUH TEGANGAN MENGGUNAKAN PERHITUNGAN MANUAL DAN SIMULASI ETAP PADA JARINGAN DISTRIBUSI PENYULANG MERAPI GARDU INDUK SIMPANG TIGA INDRALAYA



SKRIPSI

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :

M. ADIB SHOLEH

03041282025077

Palembang, Desember 2024
Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Wirawan Adipradana, S.T., M.T.
NIP. 198601122015041001




Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M. Eng., Ph.D., IPU.
NIP. 197108141999031005

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencukupi sebagai mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan :  _____
Pembimbing Utama : Wirawan Adipradana, S.T., M.T.
Tanggal : Desember 2024

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Adib Sholeh
NIM : 03041282025077
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PERBANDINGAN JATUH TEGANGAN MENGGUNAKAN PERHITUNGAN MANUAL DAN SIMULASI ETAP PADA JARINGAN DISTRIBUSI PENYULANG MERAPI GARDU INDUK SIMPANG TIGA INDRALAYA

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Palembang

Pada tanggal : Desember 2024

Yang Menyatakan



M. Adib Sholeh

LEMBAR PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Adib Sholeh

NIM : 03041282025077

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 6%

Menyatakan bahwa karya ilmiah saya yang berjudul “Perbandingan Jatuh Tegangan Menggunakan Perhitungan Manual dan Simulasi ETAP Pada Jaringan Distribusi Penyulang Merapi Gardu Induk Simpang Tiga Indralaya” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Palembang, Desember 2024



M. Adib Sholeh

NIM. 03041282025077

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT Sang Maha Segalanya, karena atas berkat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ Perbandingan Jatuh Tegangan Menggunakan Perhitungan Manual dan Simulasi ETAP Pada Jaringan Distribusi Penyulang Merapi Gardu Induk Simpang Tiga Indralaya” ini dengan baik. Skripsi ini dibuat untuk memenuhi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis mendapatkan banyak bantuan, pengetahuan, serta dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan ingin mengucapkan terima kasih kepada:


1. Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan rezeki-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Muhamad Toha, S. Ag dan Ibu Rahmi, S. Ag selaku kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan doa dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
3. Bapak Wirawan Adipradana, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir di Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Puspa Kurniasari, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing akademik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. IPU. selaku ketua jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya,
6. Ibu Dr. Eng Suci Dwijiyanti, S.T., M.S. selaku sekretaris jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
7. Ibu Dr. Herlina, S. T., M. T. dan Ibu Dr. Syarifah. S. T. selaku dosen penguji sidang tugas akhir penulis.
8. Bapak Ryan Agustama dan Ibu Ventrice Anggraini Putri selaku admin jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
9. Seluruh dosen dan staf pegawai dalam lingkungan jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya yang tidak dapat saya sebut satu persatu.

10. Bapak Arif Azanny selaku manager UP3 PT. PLN Ogan ilir, Ibu Gita dan Bapak Agung Nugroho selaku staf PLN yang telah membantu saya dalam proses pengambilan data.
11. Rekan-rekan angkatan 2020 dan mahasiswa Teknik Elektro yang telah menemani saya selama masa perkuliahan.
12. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan baik dalam isi maupun cara penulisan. Untuk itu penulis mohon maaf atas segala kekhilafan dan penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri serta para pembaca, dan semoga segala bantuan serta bimbingan yang penulis dapatkan selama ini mendapatkan rahmat dan ridho dari Allah SWT. Aamiin.

Palembang, Desember 2024



M. Adib Sholeh
NIM. 03041282025077

ABSTRAK
PERBANDINGAN JATUH TEGANGAN MENGGUNAKAN
PERHITUNGAN MANUAL DAN SIMULASI ETAP PADA JARINGAN
DISTRIBUSI PENYULANG MERAPI GARDU INDUK SIMPANG TIGA
INDRALAYA

(M. Adib Sholeh, 03041282025077, 2024, 50 halaman)

Pada sistem distribusi dari penyulang ke beban, gangguan jatuh tegangan dapat menyebabkan berkurangnya kualitas energi listrik. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui dan menganalisa jatuh tegangan pada penyulang Merapi gardu induk simpang tiga Indralaya melalui perhitungan manual dan simulasi ETAP serta membandingkan hasilnya. Pada perhitungan secara manual, peneliti mendapatkan jatuh tegangan di Penyulang Merapi sebesar 15,7%. Sedangkan jatuh tegangan pada simulasi ETAP ialah sebesar 14,43%. Hasil perbandingan antara keduanya hanya sebesar 1,27%. Nilai jatuh tegangan yang terjadi pada penyulang Merapi tidak sesuai dengan standar yang diizinkan. Sesuai aturan dalam SPLN 72: 1987, PT. PLN menetapkan jatuh tegangan dengan maks +5%. Hal ini dikarenakan panjangnya saluran dari penyulang Merapi terlalu panjang serta pemilihan jenis kabel yang mempunyai penampang lebih kecil.

Kata Kunci : Jatuh Tegangan, Penyulang Merapi, Perbandingan Hasil, Diagram Vektor, Analisis Aliran Beban

ABSTRACT

COMPARISON OF VOLTAGE DROP USING MANUAL CALCULATIONS AND ETAP SIMULATION ON THE MERAPI REFEITER DISTRIBUTION NETWORK OF THE SIMPANG THREE INDRALAYA SUBSTATION

(M. Adib Sholeh, 03041282025077, 2024, 50 pages)

In the distribution system from the feeder to the load, voltage drop disturbances can cause a reduction in the quality of electrical energy. Therefore, the objective of this research is to determine and analyze the voltage drop on the Merapi feeder at the simpang tiga Indralaya substation through manual calculations and ETAP simulations, then to compare the results. In manual calculations, researcher finds that the voltage drop at the Merapi Feeder was 15.7%. Meanwhile, the voltage drop in the ETAP simulation is 14,43%. The difference result between the two is only 1,27%. The voltage drop value that occurs in the Merapi feeder does not comply with permitted standards. In accordance with the rules in SPLN 72: 1987, PT. PLN sets a maximum voltage drop of 5%. This is caused by the length of the Merapi feeder line is too long and selection of cable type with a smaller cross-sectional area.

Keywords : *Voltage Drop, Merapi Feeder, Difference Result, Vector Diagram, Load Flow Analysis*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN.....	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
LEMBAR PERNYATAAN INTEGRITAS	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Hipotesis Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Tenaga Listrik	5
2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	6
2.2.1 Gardu Induk	6
2.2.2 Jaringan Sistem Distribusi Primer	7
2.2.3 Jaringan Sistem Distribusi Sekunder	7
2.3 Transformator Distribusi	7
2.4 Penyulang	8
2.5 Sistem Proteksi Tenaga Listrik	9
2.6 Penghantar	9
2.6.1 Jenis Pengantar	10
2.6.2 Klasifikasi Penghantar Jaringan Distribusi.....	11
2.7 Daya Listrik.....	11

2.7.1	Daya Aktif.....	12
2.7.2	Daya Reaktif	13
2.7.3	Daya Semu	13
2.8	Jatuh Tegangan	14
2.8.1	Penyebab Terjadinya Jatuh Tegangan	15
2.8.2	Perhitungan Jatuh Tegangan	16
2.9	Electrical Transient Analysis Program (ETAP).....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1	Metodologi Penelitian.....	21
3.2	Prosedur Analisis Data.....	21
3.3	Lokasi dan Tempat Penelitian	22
3.4	Diagram Alir Penelitian	23
BAB IV PEMBAHASAN.....		24
4.1	Data Penelitian.....	24
4.1.1	Diagram Garis Tunggal Penyulang Merapi Gardu Induk Simpang Tiga 24	
4.2	Data Panjang Dan Jenis Penghantar Penyulang Merapi.....	25
4.3	Data Beban dan Kapasitas Transformator Penyulang Merapi.....	31
4.4	Perhitungan Arus Saluran Penyulang Merapi	35
4.5	Perhitungan Jatuh Tegangan Penyulang Merapi.....	40
4.6	Simulasi ETAP.....	45
4.7	Hasil Perbandingan Jatuh Tegangan Penyulang Merapi Menggunakan Perhitungan Manual dan Simulasi ETAP	46
4.8	Analisa	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....		50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Ketenagalistrikan.....	6
Gambar 2.2 Segitiga Daya	16
Gambar 2.3 Diagram Vektor.....	19
Gambar 2.4 <i>Electrical Transient Analysis Program</i>	21
Gambar 4.1 Diagram Satu Tunggal GI Simpang Tiga Indralaya.....	27
Gambar 4.2 Diagram Satu Tunggal Penyulang Merapi	28
Gambar 4.2 Diagram Satu Tunggal Penyulang Merapi (2).....	29
Gambar 4.2 Diagram Satu Tunggal Penyulang Merapi (3).....	29
Gambar 4.3 Simulasi ETAP Penyulang Merapi.....	52
Gambar 4.4 Grafik Hasil Perbandingan Perhitungan Manual dan Simulasi ETAP..	53

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel Penelitian.....	25
Tabel 4.1 Data Panjang Dan Jenis Penghantar Penyulang Merapi.....	30
Tabel 4.2 Nilai Impedansi pada Kabel Penghantar A3C dan A3CS.....	34
Tabel 4.3 Data Beban dan Kapasitas Transformator Penyulang Merapi.....	35
Tabel 4.4 Nilai Arus Saluran pada Penyulang Merapi.....	39
Tabel 4.5 Nilai Jatuh Tegangan Pada Penyulang Merapi.....	46

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam keberlangsungan peradaban, percepatan terhadap perkembangan zaman tidak dapat dipungkiri lagi. Proses kehidupan yang mengarah pada produk *instant*, seolah menuntut kepada percepatan pengembangan teknologi. Kebutuhan masyarakat global terhadap teknologi semakin meningkat seiring pergeseran era menuju digitalisasi. Pada era digitalisasi, sistematika yang dibentuk akan selalu berisn dengan penggunaan sumber energi dari listrik. Seiring dengan perubahan menuju digitalisasi, keberlangsungan terhadap stabilisasi tenaga listrik menjadi aspek yang fundamental.

Pada era sekarang, tenaga listrik seakan menjadi kebutuhan primer, hampir setiap dimensi kegiatan bermasyarakat menggunakan sumber tenaga listrik. Kebutuhan akan tenaga listrik, bukan hanya mencakup aspek industri saja, melainkan komprehensif hingga menyentuh kegiatan sehari-hari. Oleh karenanya sistem yang terdapat dalam ketenagalistrikan harus menyeimbangkan kebutuhan yang ada pada masyarakat. Ketika adanya peristiwa gangguan pada sistem ketenagalistrikan, maka kegiatan pada kehidupan sehari-hari konsumen akan mengalami kekacauan. Tentunya, hal sejenis ini perlu untuk diperhatikan serta dipersiapkan semaksimal mungkin agar dapat mencegah hal tersebut [1].

Sistem ketenagalistrikan merupakan sebuah proses pengiriman tenaga listrik dari sebuah sumber yang dalam hal ini ialah pembangkit menuju ke beban. Pada proses pengiriman ini, tenaga listrik akan mengalami beberapa alur agar dapat diterima oleh beban. Sebelum mengalir ke beban, daya dari pembangkit akan melewati beberapa bus, transformator, dan jalur transmisi. Dari setiap tahapan tersebut, akan banyak terjadi perubahan daya yang diberikan oleh pembangkit kepada yang semestinya diterima oleh beban. Gangguan ini akan memberikan dampak berkepanjangan pada sistem ketenagalistrikan.

Perubahan nilai daya yang diberikan oleh pembangkit dengan daya yang diterima oleh beban, pada umumnya disebut sebagai jatuh tegangan. Gangguan ini adalah permasalahan yang sudah sering terjadi pada sistem ketenagalistrikan. Pada

setiap proses pengiriman daya listrik, pasti akan terjadi peristiwa jatuh tegangan. Ketika gangguan ini terjadi, efeknya dapat menyebabkan terjadinya pengurangan efektifitas pada kegiatan rutinitas konsumen. Selain hal tersebut, efek dari gangguan ini juga dapat menyebabkan peristiwa kegagalan pada sistem yang ada. Bahkan, peralatan pada sistem tenaga listrikan juga akan mengalami pengurangan tingkat efektifitas jika gangguan ini tidak secepatnya dicegah [2].

Peristiwa jatuh tegangan dapat dijumpai pada setiap proses distribusi tenaga listrik, dikarenakan kejadian ini hanya dapat diminimalisir bukan dihilangkan. Jika kejadian ini dinormalkan secara terus-menerus, maka kualitas energi listrik yang dihantarkan akan semakin menurun, sehingga dapat menyebabkan kemampuan dari peralatan listrik oleh konsumen tidak dapat berfungsi dengan maksimal. Seringkali permasalahan ini mengakibatkan redupnya beberapa peralatan listrik pada penggunaan di penyulang Merapi gardu induk simpang tiga Indralaya. Diperlukan sebuah analisa mengenai berkurangnya kualitas dari peralatan listrik di penyulang Merapi gardu induk simpang tiga Indralaya.

Dasar pembahasan yang dilakukan pada penelitian terkait tegangan jatuh pada saluran distribusi, didasarkan oleh penelitian dari Moh. Farid Wahyudianto, “Analisa Tegangan Jatuh Pada Sistem Distribusi Listrik di KM. Dorolanda Dengan Menggunakan Simulasi *Electrical Transient Analysis Program* (ETAP),” Teknik Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh November, 2016 [3].

Dari permasalahan yang melatar belakangi penelitian ini, peneliti bertujuan untuk memuat tugas akhir dengan judul “Perbandingan Jatuh Tegangan Menggunakan Perhitungan Manual dan Simulasi ETAP Pada Jaringan Distribusi Penyulang Merapi Gardu Induk Simpang Tiga Indralaya.”

1.2 Rumusan Masalah

Pada keadaan di jalur sistem distribusi, nilai dari jatuh tegangan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Panjang dan jenis penghantar aliran listrik pada sistem distribusi merupakan salah satu faktor dari adanya peristiwa jatuh tegangan. Dikarenakan pada 2 aspek ini terdapat informasi terkait panjang serta tahanan

saluran. Selain hal tersebut, nilai arus yang tedapat pada saluran juga berperan dalam adanya nilai jatuh tegangan.

Oleh karena itu, untuk mendapatkan nilai jatuh tegangan pada sistem distribusi diperlukan penganalisaan terhadap sistemnya. Perhitungannya dapat dilakukan secara manual maupun menggunakan simulasi *Electrical Transient Analysis Program* (ETAP). Kedua perhitungan akan disandingkan dengan Batasan standar yang ditetapkan oleh PT. PLN. Pada penelitian ini, analisa terhadap jatuh tegangan akan dilaksanakan pada sistem distribusi di penyulang Merapi gardu induk simpang tiga Indralaya.

1.3 Tujuan Masalah

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui perbandingan besar nilai jatuh tegangan melalui perhitungan secara manual dan menggunakan simulasi *Electrical Transient Analysis Program* (ETAP) pada sistem distribusi penyulang Merapi gardu induk simpang tiga Indralaya.
2. Mengetahui besar jatuh tegangan yang terjadi pada sistem distribusi penyulang Merapi gardu induk simpang tiga Indralaya telah sesuai dengan standar PT. PLN (Persero).

1.4 Batasan Masalah

Batasan permasalahan yang terdapat pada tugas akhir ini ialah :

- 1 Perhitungan terhadap besaran nilai jatuh tegangan hanya didasarkan pada sistem distribusi penyulang Merapi gardu induk simpang tiga Indralaya.
- 2 Perhitungan terhadap nilai jatuh tegangan dilakukan secara manual serta menggunakan simulasi *Electrical Transient Analysis Program* (ETAP).

1.5 Hipotesis Penelitian

Besaran dari nilai jatuh tegangan pada sistem distribusi penyulang dalam keadaan yang normal. Artinya hasil perhitungan dari penelitian ini dapat menyeimbangkan dari standar yang telah ditetapkan oleh PLN.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut.:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, hipotesis penelitian, serta sistematika penulisan yang digunakan pada tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang penjelasan hasil literasi dan kajian yang telah dilakukan oleh peneliti. Kajian yang dilakukan berkaitan dengan tema pembahasan pada tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENULISAN

Pembahasan pada bab ini menjelaskan mengenai sistematika yang digunakan pada penulisan tugas akhir ini. Sistematika yang dimaksud ialah proses dari metode penulisan hingga penjelasan mengenai langkah yang diambil dalam proses penelitian.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas mengenai poin utama dalam pengerjaan tugas akhir ini, yang menjelaskan mengenai analisa data hasil pengamatan maupun perhitungan data

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari pembahasan demi menyempurnakan penulisan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. A. Mappabeta, “Analisis Losses Sistem Distribusi 20 KV PT. PLN ULP Panakkukang Penyulang Antang Menggunakan ETAP 16.0,” Universitas Hasanuddin, 2021.
- [2] A. Fikri, “Analisa Jatuh Tegangan Jaringan Distribusi Primer 20KV Pada Penyulang Jambi Di Gardu Induk Talang Ratu Palembang,” Universitas Sriwijaya, 2023.
- [3] M. F. Wahyudianto *et al.*, “Analisa Tegangan Jatuh Pada Sistem Distribusi Listrik Di KM. Dorolonda Dengan Menggunakan Simulasi Electrical Transient Analysis Program (ETAP),” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [4] Zuhail, *Dasar Tenaga Listrik Elektronika Daya*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 1988.
- [5] O. : Djiteng, M. E. Kedua, and C. Pertama, *Operasi Ssitem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2006.
- [6] R. Syahputra, *Transmisi Dan Distribusi Tenaga Listrik*. Yogyakarta: LP3M Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2021.
- [7] M. I. Wiranto, L. S. Patras, and S. Silimang, “Analisa Kinerja Transformator Distribusi Kawanua Emerald City-Amethyst,” 2022.
- [8] J. Manihuruk and N. L. Sitanggang, “Studi Kemampuan Arrester Untuk Pengaman Transformator Pada Gardu Induk Tanjung Morawa 150 KV,” *Telecommun. Control Syst. J.*, vol. 4, no. 1, 2021.
- [9] A. Eka, P. Lestari, and P. Oetomo, “Analisis Pemilihan Penghantar Tenaga Listrik Paling Effisien Pada Gedung Bertingkat,” *Progr. Stud. Tek. Elektro - ISTN*, vol. 23, no. 2, 2021.
- [10] Suprianto, “Analisa Tegangan Jatuh pada Jaringan Distribusi 20 kV PT.PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu,” *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 2, 2018.

- [11] A. Karnoto and B. Winardi, “Analisis Tegangan Jatuh Sistem Distribusi Listrik Kabupaten Pelawan Dengan Menggunakan ETAP 7.5.0,” *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 122–127, 2015.
- [12] M. A. H. Saifuddin, “Analisa Kebutuhan Daya Listrik Terpasang Pada Gedung Kantor Bupati Kabupaten Halmahera Barat,” *J. PROtek*, vol. 05, no. 1, 2018.
- [13] N. Setiaji *et al.*, “Analisis Konsumsi Daya Dan Distribusi Tenaga Listrik,” vol. 11, no. 1, 2022.
- [14] K. Naim *et al.*, “Analisa Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Sistem Distribusi Tegangan Rendah Area BTN Hamzy Dan BTN Antara,” vol. 13, no. 2, 2016.
- [15] A. Yusra and J. Teknik, “Analisa Jatuh Tegangan dan Losses Pada Sistem Distribusi 20 kV Penyulang Simpang Rima,” *Aceh J. Electr. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 2, 2022.
- [16] M. F. Wahyudianto, S. Sarwito, and A. Kurniawan, “Analisa Tegangan Jatuh pada Sistem Distribusi Listrik di Kapal Penumpang dengan Menggunakan Metode Simulasi,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.19716.
- [17] T. Gonen, *Electric Power Distribution Engineering - Third Edition*, vol. 1999, no. December. Florida: CRC Press Taylor and Francis Group, 2006.
- [18] A. Tanjung, “Gardu Induk Teluk Lembu Dan Pltmg Langgam Power,” *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 11, no. 2, pp. 160–166, 2014.
- [19] A. Nizar, B. Suprianto, S. I. Haryudo, and M. Wdiyartono, “Analisis Rugi Daya Menggunakan Etap Pada Jaringan Distribusi 20kv Penyulang Bagong,” *Tek. Elektro*, vol. 10, no. 01, pp. 195–201, 2021.
- [20] A. Gustian Nigara dan Yohanes Primadiyono, “Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian Texturizing di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal menggunakan Software ETAP Power Station 4.0,” *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, 2015.