

Analisis Sistem Pengaman Pada Gardu Distribusi Penyulang BA-30 PT. PLN (Persero) Banda Aceh

Teuku Murisal Asyadi^{1*)}, Syukri²⁾, Faisal Ammar³⁾

^{1, 2, 3)} Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Iskandar Muda
Jl. Kampus UNIDA, Surien, Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23234

*Corresponding author E-mail: teukumurisal@gmail.com

ABSTRACT

Population growth continues to increase, causing the distribution system at the Merduati City Customer Service Unit (ULP) to increase along with the growth of electrical energy users in the area. The Switching Substation (GH) located in the Merduati City ULP working area has different transformer capacities ranging from 50 kVA to 1,250 kVA and the operating voltage on the primary and secondary side of the transformer is 20 kV/400 V. Based on the summarized loading data On the BA.30 feeder there are several GHs or transformers with loads that exceed the maximum capacity of the PLN standard transformer by 80%. Then the low voltage safety is found in the PHB TR, namely there is an NH Fuse Breaker and a Fuse Breaker (Fuse) is usually used in a closed tube fuse (NH/NT Fuse Type). The GH includes (BAR 017-00, BAR 009-00 and BAR 010-00) which is the main purpose of finding transformer capacity protection so that it can maintain a higher load that can be handled properly. Therefore, it is necessary to use a method to overcome the excess load that occurs at the distribution substation. The method used is to carry out mathematical calculations for the safety capacity system at the 3 substations. The results (BAR 017-00, BAR 009-00 and BAR 010-00) have a safety capacity that can reduce overload, namely above $\pm 80\%$. In this case, in BAR 017-00 the safety capacity that can be used is 59.98 A, then the NT Fuse that can be used is size 0 rating 35 A - 160 A. In BAR 009-00 it is 66.78 A, then the NT Fuse that can be used is size 0 with a rating of 35 A - 160 A. And finally in BAR 010-00 it is 117.63 A, so the NT Fuse that can be used is size 1 with a rating of 50 A - 250 A.

Keywords: Distribution substations, Feeders, Melt safety, NH/NT fuse, Transformers.

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat membuat sistem distribusi pada Unit Layanan Pelanggan (ULP) Merduati Kota semakin bertambah disertai pertumbuhan pengguna energi listrik di wilayah tersebut. Gardu Hubung (GH) yang berada di wilayah kerja ULP Merduati Kota memiliki kapasitas transformator yang berbeda-beda mulai dari 50 kVA sampai dengan 1.250 kVA dan tegangan operasi pada sisi primer dan sisi sekunder transformator sebesar 20 kV/400 V. Berdasarkan data pembebanan yang direkap pada penyulang BA.30 terdapat beberapa GH atau transformator dengan pembebanan yang sudah melampaui kapasitas maksimum transformator standar PLN sebesar 80 %. Kemudian pengaman tegangan rendah terdapat dalam PHB TR yaitu ada NH Fuse Breaker dan Pengaman lebur (Sekring) biasanya dipakai pelebur tabung tertutup (Tipe NH/NT Fuse). GH tersebut meliputi (BAR 017-00, BAR 009-00 dan BAR 010-00) yang menjadi tujuan utama untuk mencari pengaman kapasitas transformator supaya dapat menjaga beban yang lebih dapat teratasi dengan baik. Oleh sebab itu perlu dilakukan metode untuk mengatasi beban lebih yang terjadi pada Gardu Distribusi tersebut. Adapun metode yang digunakan yaitu dengan melakukan perhitungan matematis untuk sistem kapasitas pengaman pada ke-3 gardu tersebut. Hasilnya (BAR 017-00, BAR 009-00 dan BAR 010-00) memiliki kapasitas pengaman yang dapat mengurangi beban lebih (overload) yaitu diatas $\pm 80\%$ %. Dalam hal tersebut pada BAR 017-00 kapasitas pengaman yang dapat digunakan sebesar 59,98 A, maka NT Fuse yang dapat dipakai yaitu ukuran size 0 rating 35 A - 160 A. Pada BAR 009-00 sebesar 66,78 A, maka NT Fuse yang dapat dipakai yaitu ukuran size 0 rating 35 A - 160 A. Dan yang terakhir pada BAR 010-00 sebesar 117,63 A, maka NT Fuse yang dapat dipakai yaitu ukuran size 1 dengan rating 50 A - 250 A.

Kata Kunci: Gardu distribusi, Penyulang, Pengaman lebur, NH/NT fuse, Transformator.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik menjadi kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia dikarenakan berbagai rutinitas dan kegiatan yang dilakukan manusia sehari – hari tidak jauh dari barang elektronik yang membutuhkan energi listrik. Kebutuhan pokok pada kehidupan manusia akan energi listrik membutuhkan sebuah keandalan sistem yang baik.

Untuk mendapatkan keandalan sistem yang baik, diperlukan menjaga kriteria dalam sistem tenaga listrik tersebut [1].

Keandalan suatu sistem tenaga listrik yang baik berkaitan dengan kualitas dan kuantitas. Dalam hal ini kuantitas merupakan ketersediaan energi listrik yang terus menerus selalu ada dalam penyaluran daya. Untuk mendapatkan kuantitas dibutuhkan sistem pengaman yang baik pada sistem penyaluran energi listrik [2].

Sistem pengamanan atau proteksi adalah mengamankan sistem tenaga listrik dari gangguan listrik dengan cara memisahkan bagian sistem tenaga listrik yang terganggu dengan sistem tenaga listrik yang tidak terganggu, agar sistem tenaga listrik yang tidak terganggu dapat terus bekerja [4]. Pada dasarnya pengamanan sistem tenaga listrik mengamankan seluruh sistem tenaga listrik, supaya mendapatkan keandalan [5]. Koordinasi sistem proteksi adalah sistem yang melibatkan antar alat-alat proteksi untuk mengamankan sebuah jaringan distribusi listrik [6].

Keandalan sistem tenaga listrik didapatkan melalui koordinasi proteksi pada sistem pengamanan. Koordinasi sistem proteksi melibatkan dua atau lebih dari alat proteksi, seperti *Fuse link*, *NH fuse/ NT fuse*, *Arrester*. Dalam penelitian ini alat proteksi yang digunakan adalah *Fuse link*, *NH fuse/ NT fuse*, *Arrester* pada sistem jaringan distribusi [7][8].

Pada sistem ketenagalistrikan terus mengalami perkembangan, salah satunya yaitu dengan terjadinya pertumbuhan pelanggan atau beban energi listrik dari tahun ke tahun [9][10]. Salah satunya adalah pembebanan transformator distribusi yang sudah melebihi kapasitas beban atau dapat dikatakan transformator overload jika kapasitas pembebanannya lebih dari 80% berdasarkan surat edaran Nomor : 0017.E/DRI/2014 [11].

Oleh sebab itu perlu dilakukan perhitungan untuk mengurangi tingkat gangguan yang terjadi pada daerah tersebut terutama di Desa Lhoong Raya. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menghitung sistem pengamanan lebur jaringan tegangan rendah, dan menghitung pembebanan serta kapasitas pengamanan lebur transformator pada penyulang BA-30. Metode yang digunakan dalam proses perhitungan ini yaitu dengan metode perhitungan matematis.

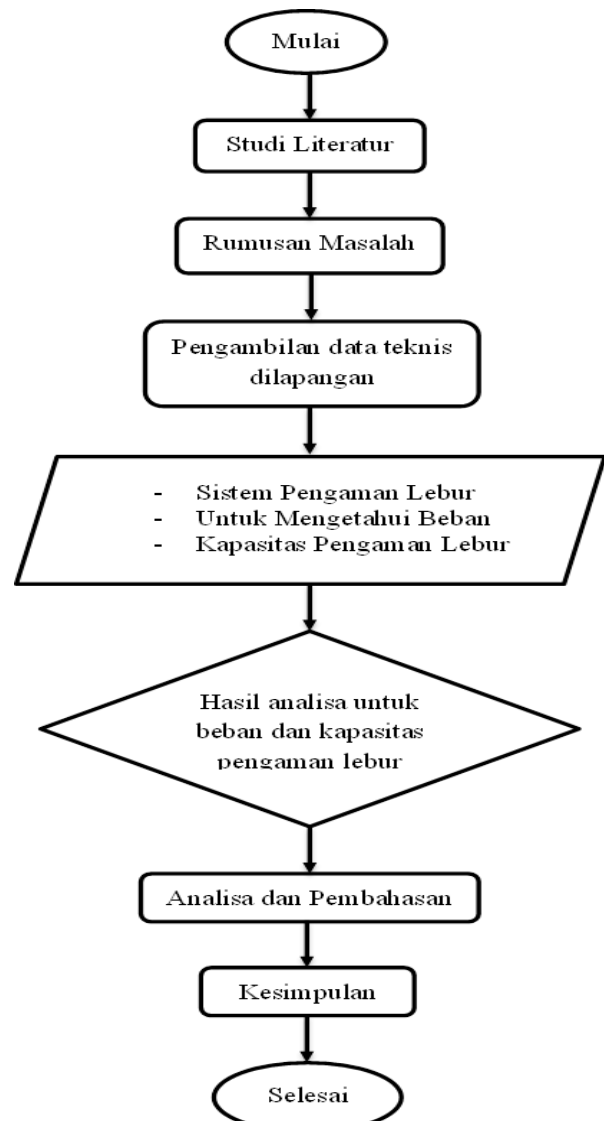
Adapun manfaat dari penelitian ini agar dapat memastikan bahwa sistem pengamanan gardu distribusi BAR 017-00, BAR 009-00, dan BAR 010-00 pada penyulang BA-30 di Jalan Tgk, Desa Lhoong Raya pada PT. PLN (Persero) Kota Banda Aceh sudah dilakukan dengan benar dan sesuai dengan standar yang berlaku sehingga kebutuhan pelanggan akan sumber listrik dapat terpenuhi.

II. METODE

A. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, teknik pengumpulan data dilakukan dengan metode observasi secara langsung kepada tempat penelitian agar data yang dihasilkan lebih akurat. Adapun data yang diperoleh yaitu berupa data primer maupun data sekunder dan selanjutnya diolah dengan metode perhitungan matematis sesuai dengan rumus yang diperoleh dari berbagai referensi. Untuk memperoleh informasi dan data yang akurat serta relevan dengan permasalahan penelitian, maka penulis memilih lokasi penelitian di PLN Area Banda Aceh ULP Merduati Kota, GH Lueng Bata dan Penyulang BA-30 dengan masa penelitian satu bulan, dimulai dari tanggal 20 Agustus 2023 sampai dengan tanggal 20 September 2023.

B. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

C. Persamaan

1. Perhitungan arus beban terpasang [12];

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (1)$$

Dimana :

S = Daya transformator (kVA)

V = Tegangan primer (V) = 20 kV

2. Perhitungan arus beban penuh [13];

$$I_{fl} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (2)$$

Dimana :

S = Daya transformator (kVA)

V = Tegangan primer (V) = 400 kV

3. Persentase pembebanan [14];

$$\%b = \frac{I_{fh}}{I_{fl}} \times 100\% \quad (3)$$

4. Perhitungan kapasitas pengaman lebur [15];

$$In = \frac{\text{kapasitas trafo}}{\sqrt{3} \times \text{tegangan PHB TR}} \quad (4)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sistem Pengaman Lebur Pada Gardu Distribusi BAR 017-00, BAR 009-00, dan BAR 010-00

Seringnya terjadi putus *NT Fuse* pada BAR 017-00, BAR 009-00, dan BAR 010-00 ini disebabkan terjadi karena gangguan pada sistem yang berupa gangguan hubung singkat dan akibat beban lebih (*overload*) penyebab dari beban lebih ini adalah adanya pemasangan listrik baru, bisa juga karena pemakaian listrik yang berlebihan pada konsumen sehingga semua peralatan di rumah yang memakai listrik digunakan seluruhnya, maka secara otomatis pemakaian listrik yang semula biasa menjadi berlebihan. Kelebihan beban juga dapat disebabkan karena adanya penerangan jalan umum dengan menggunakan sistem cantol langsung pada saluran listrik tanpa melalui kWh, sehingga kapasitas *NT Fuse* yang terpasang pada gardu tidak mampu lagi menahan beban dan menyebabkan *NT Fuse* putus karena tidak sesuai lagi dengan ukuran standar penggunaannya. Tercatat dari data pengukuran, persentase kapasitas pemakaian transformator pada masing-masing gardu distribusi mencapai diatas 80 %.

B. Perhitungan Pembebanan Pada Gardu Distribusi BAR 017-00

1. Perhitungan arus beban terpasang

Arus beban terpasang adalah arus pemakaian trafo yang ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer trafo). Perhitungan arus beban terpasang berdasarkan persamaan rumus berikut :

$$I_P = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{50 \text{ kV}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = 1,44 \text{ A}$$

2. Perhitungan arus beban penuh

Perhitungan Arus beban penuh (*full load*) dapat diketahui berdasarkan persamaan rumus berikut :

$$I_{fl} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{50 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 72,16 \text{ A}$$

3. Persentase pembebanan

Untuk mengetahui persentase rata-rata pembebanan, maka terlebih dahulu menghitung persentase pembebanan per fasa.

Dimana perhitungan beban $I_R = 79 \text{ A}$,

$$\begin{aligned} \%b_R &= \frac{I_R}{I_{fl}} \times 100\% \\ &= \frac{79}{72,16} \times 100\% = 109,47\% \end{aligned}$$

Perhitungan beban $I_S = 54 \text{ A}$,

$$\begin{aligned} \%b_S &= \frac{I_S}{I_{fl}} \times 100\% \\ &= \frac{54}{72,16} \times 100\% = 74,83\% \end{aligned}$$

Dan perhitungan beban $I_T = 50 \text{ A}$,

$$\%b_T = \frac{I_T}{I_{fl}} \times 100\%$$

$$= \frac{50}{72,16} \times 100\% = 69,29\%$$

Jadi persentase pembebanan rata-rata per fasa yang terjadi pada gardu distribusi BAR 017-00 adalah sebesar,

$$\begin{aligned} \%b &= \frac{\%b_R + \%b_S + \%b_T}{3} \\ &= \frac{109,47 + 74,83 + 69,29}{3} = 84,53\% \end{aligned}$$

4. Besaran beban pada Gardu BAR 017-00

$$\begin{aligned} \text{kVA beban} &= (I_R \times V_{R-N}) + (I_S \times V_{S-N}) + (I_T \times V_{T-N}) \\ &= (79 \times 224) + (54 \times 229) + (50 \times 230) \\ &= 17.696 + 12.366 + 11.500 \\ &= 41.562 \text{ VA} = 41,56 \text{ kVA} \end{aligned}$$

C. Perhitungan Pembebanan Pada Gardu Distribusi BAR 009-00

1. Perhitungan arus beban terpasang

Arus beban terpasang adalah arus pemakaian trafo yang ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer trafo). Perhitungan arus beban terpasang berdasarkan persamaan rumus berikut :

$$I_P = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{50 \text{ kV}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = 1,44 \text{ A}$$

2. Perhitungan arus beban penuh

Perhitungan Arus beban penuh (*full load*) dapat diketahui berdasarkan persamaan rumus berikut :

$$I_{fl} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{50 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 72,16 \text{ A}$$

3. Persentase pembebanan

Persentase pembebanan per fasa yaitu pada perhitungan beban $I_R = 65 \text{ A}$, maka:

$$\begin{aligned} \%b_R &= \frac{I_R}{I_{fl}} \times 100\% \\ &= \frac{65}{72,16} \times 100\% = 90\% \end{aligned}$$

Perhitungan beban $I_S = 67 \text{ A}$,

$$\begin{aligned} \%b_S &= \frac{I_S}{I_{fl}} \times 100\% \\ &= \frac{67}{72,16} \times 100\% = 92,84\% \end{aligned}$$

Dan perhitungan beban $I_T = 66 \text{ A}$,

$$\begin{aligned} \%b_T &= \frac{I_T}{I_{fl}} \times 100\% \\ &= \frac{66}{72,16} \times 100\% = 91,46\% \end{aligned}$$

Jadi persentase pembebanan rata-rata per fasa yang terjadi pada gardu distribusi BAR 009-00 adalah sebesar,

$$\begin{aligned} \%b &= \frac{\%b_R + \%b_S + \%b_T}{3} \\ &= \frac{90 + 92,84 + 91,46}{3} = 91,43\% \end{aligned}$$

4. Besaran beban pada Gardu BAR 009-00

$$\begin{aligned} \text{kVA beban} &= (I_R \times V_{R-N}) + (I_S \times V_{S-N}) + (I_T \times V_{T-N}) \\ &= (65 \times 230) + (67 \times 233) + (66 \times 238) \end{aligned}$$

$$= 14.950 + 15.611 + 15.708$$

$$= 46.269 \text{ VA} = 46,27 \text{ kVA}$$

D. Perhitungan Pembebanan Pada Gardu Distribusi BAR 010-00

1. Perhitungan arus beban terpasang

Arus beban terpasang adalah arus pemakaian trafo yang ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer trafo). Perhitungan arus beban terpasang berdasarkan persamaan rumus berikut :

$$I_P = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{100 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}} = 2,88 \text{ A}$$

2. Perhitungan arus beban penuh

Perhitungan Arus beban penuh (*full load*) dapat diketahui berdasarkan persamaan rumus berikut :

$$I_{fl} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{100 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 144,33 \text{ A}$$

3. Persentase pembebanan

Persentase pembebanan per fasa pada perhitungan beban $I_R = 190 \text{ A}$, maka:

$$\%b_R = \frac{I_R}{I_{fl}} \times 100\%$$

$$= \frac{190}{144,33} \times 100\% = 131,64 \%$$

Perhitungan beban $I_S = 68 \text{ A}$,

$$\%b_S = \frac{I_S}{I_{fl}} \times 100\%$$

$$= \frac{68}{144,33} \times 100\% = 47,11 \%$$

Dan perhitungan beban $I_T = 91 \text{ A}$,

$$\%b_T = \frac{I_T}{I_{fl}} \times 100\%$$

$$= \frac{91}{144,33} \times 100\% = 63 \%$$

Jadi persentase pembebanan rata-rata per fasa yang terjadi pada gardu distribusi BAR 010-00 adalah sebesar,

$$\%b = \frac{\%b_R + \%b_S + \%b_T}{3}$$

$$= \frac{131,64 + 47,11 + 63}{3} = 80,58 \%$$

4. Besaran beban pada Gardu BAR 010-00

$$kVA \text{ beban} = (I_R \times V_{R-N}) + (I_S \times V_{S-N}) + (I_T \times V_{T-N})$$

$$= (190 \times 232) + (68 \times 229) + (91 \times 240)$$

$$= 44.080 + 15.572 + 21.840$$

$$= 81.492 \text{ VA} = 81,50 \text{ kVA}$$

E. Perhitungan Kapasitas Pengaman NT Fuse

Hasil dari data pengukuran, dapat ditentukan bahwa kapasitas pengaman lebur yang sesuai dengan *NT Fuse* pada Gardu Distribusi BAR 017-00, BAR 009-00 dan BAR 010-00 pada Penyulang BA-30 yang terletak di Desa Lhoong Raya.

1. Perhitungan kapasitas pengaman pada Gardu BAR 017-00

$$In = \frac{\text{kapasitas trafo}}{\sqrt{3} \times \text{tegangan PHB TR}}$$

$$= \frac{41,56 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 59,98 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka pengaman lebur yang dapat dipasang pada Gardu Distribusi BAR 017-00 sebesar 59,98 A, maka *NT Fuse* yang dapat dipakai yaitu ukuran size 0 rating 35 A - 160 A.

2. Perhitungan kapasitas pengaman pada pada Gardu BAR 009-00

$$In = \frac{\text{kapasitas trafo}}{\sqrt{3} \times \text{tegangan PHB TR}}$$

$$= \frac{46,27 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 66,78 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka pengaman lebur yang dapat dipasang pada Gardu Distribusi BAR 009-00 sebesar 66,78 A, maka *NT Fuse* yang dapat dipakai yaitu ukuran size 0 rating 35 A - 160 A.

3. Perhitungan kapasitas pengaman pada pada Gardu BAR 010-00

$$In = \frac{\text{kapasitas trafo}}{\sqrt{3} \times \text{tegangan PHB TR}}$$

$$= \frac{81,50 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} = 117,63 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka pengaman lebur yang dapat dipasang pada Gardu Distribusi BAR 010-00 sebesar 117,63 A, maka *NT Fuse* yang dapat dipakai yaitu ukuran size 1 dengan rating 50 A - 250 A.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis pada PLN Area Banda Aceh ULP Merduati Kota, GH Lueng Bata dan Penyulang BA-30 didapatkan masing-masing hasil perhitungan dari sistem pengaman lebur yang dipasang pada Gardu Distribusi pada BAR 017-00 dengan arus beban sebesar 59,98 A nilai kapasitas pengamannya *NT Fuse* yang dapat dipasang sebesar 35 A - 160 A, pada BAR 009-00 dengan arus beban sebesar 66,78 A nilai kapasitas pengamannya *NT Fuse* yang dapat dipasang sebesar 35 A - 160 A, dan pada BAR 010-00 dengan arus beban sebesar 117,63 A nilai kapasitas pengamannya *NT Fuse* yang dapat dipasang sebesar 50 A - 250 A.

REFERENSI

- [1] Afri Lestari, C., Zulfahri & Situmeang, U., (2021). Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Dengan Metode FMEA Pada Penyulang Akasia dan Lele PT. PLN (Persero) ULP Kota Barat. *Jurnal SainETIn (Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, 6(1), 1–7.
- [2] Aryanto, N., & Balkis, M., (2021). Tinjauan Gangguan Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Muara Aman PT. PLN (Persero) ULP Rayon Muara Aman. *JTERAF (Jurnal Teknik Elektro Raflesia)*, 01(01), 16–22.
- [3] Azis, A., & Febrianti, I. K., (2019). Analisis Sistem Proteksi Arus Lebih Pada Penyulang Cendana Gardu Induk Bunganar Palembang. *Jurnal Ampere*, 4(2), 332.
- [4] Galla, W. F., Sampeallo, A. S., & Daris, J. I., (2020). Analisis Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Udara 20 kV Di Penyulang Naioni PT. PLN (Persero) ULP Kupang Untuk Menentukan Kapasitas Pemutusan Fuse Cut Out Menggunakan Etap 12.6. *Jurnal Media Elektro*, IX(2), 101–112.

- [5] Muliadi, Syukri, Asyadi, Teuku Murisal, & Salim, A., (2022). Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Pada Trafo Distribusi Penyulang Mibo Rayon Merduati. *AJEETECH (Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology)*, 2(2), 7–12.
- [6] Nugraha, I. M. A., & Desnanjaya, I. G. M. N., (2021). Penempatan Dan Pemilihan Kapasitas Transformator Distribusi Secara Optimal Pada Penyulang Perumnas. *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 4(1), 33–44.
- [7] Ratiprarnesti, R. M., & Bangsa, I. A., (2022). Optimalisasi Proteksi Relai Arus Lebih Penyulang Kemuning pada Gardu VBRA Di PT. PLN (Persero) UP3 Bekasi UID Jawa Barat. *Jurnal Teknik (Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan)*, 14(2), 83.
- [8] Rezki, Teuku M. R., Muliadi, & Syukri. (2023). Analisis Pemasangan Arrester Pada Gardu Distribusi Penyulang Johan Pahlawan ULP Meulaboh Kota. *AJEETECH (Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology)*, 3(1), 25–32.
- [9] Iriando, G. R., & Agung A. I., (2019). Studi Koordinasi Sistem Proteksi Pada Transformator 20 kV Di Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Bandilan. *Jurnal Teknik Elektro*, 08(03), 611–618.
- [10] Setyanto, M. R., & Saragih, Y., (2023). Gangguan Penyulang Akibat Kegagalan Proteksi di Circuit Breaker Output Pelanggan Pada Gardu Distribusi MP 244. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 22(1), 111–116.
- [11] Siburian, J. M., Siahaan, T., & Sinaga, J., (2020). Analisis Peningkatan Kinerja Jaringan Distribusi 20 kV Dengan Metode Thermovisi Jaringan PT. PLN (Persero) ULP Medan Baru. *Jurnal Teknologi Energi Uda*, 9(1), 8–19.
- [12] Subhan, Fauzi, Asyadi, Teuku Murisal, Muliadi, Syukri, & Masrurha F., (2023). Analisa Perbaikan Tegangan Ujung Pada Jaringan Distribusi 20 kV Di GH Tangse ULP Beureunuen. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 11(1), 40–47.
- [13] Sya'roni, Z., & Rijanto, T., (2019). Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi 20 kV Dan Solusinya Pada Jaringan Tegangan Rendah. *Jurnal Teknik Elektro*, 08(1), 173–180.
- [14] Syukri, Asyadi, Teuku Murisal, Muliadi, & Moesnadi, F., (2022). Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249. *JJEE (Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering)*, 4(2), 202–206.
- [15] Wiharja, U., Hartono D. S., (2020). Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Trafo Distribusi Penyulang 20 kV Di Gi Pulogadung. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 8(1), 28–33.