

EVALUASI KAPASITAS CIRCUIT BREAKER (CB) DISISI SEKUNDER GARDU INDUK BUNGERAN PADA PENYULANG AKASIA 20 KV

Amirah Balqis¹, R. Ahmad Yani², RM. Edy Suherman³

1.2.3. Program Studi Teknik Elektro Universitas Palembang
email : amirahbalqis18@gmail.com

ABSTRAK

Pada proses penyaluran energi listrik mulai dari pembangkit yang dialiri melalui jaringan transmisi dan sampai ke konsumen atau pelanggan energi listrik tidak terlepas dari peran gardu induk pembangkit dan gardu induk penurun tegangan. Gardu Induk (GI) Bungaran yang merupakan GI penurun tegangan dari tegangan 70 kV ke tegangan distribusi sekunder 20 kV yang paling bersentuhan langsung dengan pelanggan energi listrik PT. PLN (Persero). Pada prinsip kerjanya untuk mempertahankan kinerja suplai energi listrik GI Bungaran akan rentan terjadi kegagalan baik yang diakibatkan gangguan teknis maupun gangguan teknis. Untuk memproteksi GI Bungaran khususnya pada transformator I dengan kapasitas 30 MVA pada proses penyaluran energi listrik ke penyulang-penyulang bertegangan menengah 20 kV yakni penyulang Akasia yang memiliki panjang saluran sepanjang 12,29 kms perlu dilakukan evaluasi secara berkala. Atas dasar pemeliharaan dan evaluasi secara berkala penulis tertarik untuk menganalisa kembali kapasitas Circuit Breaker (CB) sebagai pemutus tenaga bermedia udara vacum (VCB) yang melindungi transformator I dari GI Bungaran dari sisi sekunder terhadap besarnya arus gangguan pada penyulang Akasia bertegangan 20 kV. Dari evaluasi CB terpasang di GI Bungaran pada transformator I dengan kapasitas VCB sebesar 25 kA masih sesuai dengan kapasitas terhadap proteksi dari arus gangguan dari penyulang Akasia.

Kata kunci : GI Bungaran, Circuit Breaker (CB), Penyulang Akasia, 20 kV

1. PENDAHULUAN

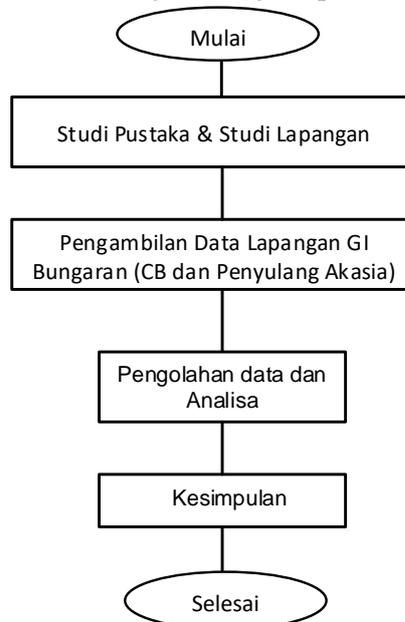
Pada sistem proteksi untuk pengaliran atau distribusi energi listrik mutlak diperlukan untuk menjaga keandalan penyaluran energi listrik maupun keandalan sistem konstruksi material peralatan-peralatan yang digunakan[1]. Pada proses penyaluran energi listrik yang dihasilkan oleh sumber-sumber pembangkit tentunya diperlukan gardu-gardu induk pembangkit dan gardu induk penyaluran[2]. Pada gardu induk penyaluran dimana tegangan tinggi atau tegangan ekstra tinggi akan dikonversi menjadi tegangan menengah (150/20 kV)[3-4]. Dalam penelitian ini Gardu induk (GI) tempat penelitian yakni GI Bungaran yang terletak di Kelurahan 8 Ulu Kecamatan Jakabaring Kota Palembang. Untuk menjaga kehandalan GI Bungaran menjalankan fungsinya mengkonversi tegangan secara kontinuitas perlu dilakukan sistem proteksi yakni diantaranya proteksi sebagai pemutus sistem tenaga yang dikenal dengan Circuit Breaker (CB)[5]. Pada penelitian ini penulis melakukan penelitian pada sisi sekunder GI yakni pada out put atau sistem 20 kV dari Gardu Induk. Adapun pada sistem 20 kV yaitu pada penyulang Akasia yang berhubungan langsung ke pelanggan listrik PT. PLN, maka perlindungan terhadap Transformator daya dan sisi sekunder transformator tenaga atau penyulang 20 kV sangat mutlak dilakukan. Dalam penelitian ini penulis membahas mengenai evaluasi setting rele pada Circuit Breaker di sistem pemutus tenaga. Rele pada CB sangat dibutuhkan untuk melindungi transformator tenaga dan peralatan sistem GI dari gangguan yang terjadi pada sistem penyulang 20 kV[6]. Pada sistem penyulang 20 kV terutama pada penyulang akasia yang berhubungan

dengan pelanggan PLN dimana pada sistem distribusi 20 kV penyulang Angkasia memiliki jenis konstruksi jaringan bersifat radial, tentunya sangat rentan terhadap dari gangguan, baik gangguan yang bersifat teknis maupun non teknis[7-8]. umunya gangguan teknis berasal dari kegagalan konstruksi sistem penyulang sedangkan gangguan non teknis gangguan yang berasal dari luar atau alam berupa sambaran petir, atau karena adanya angin kencang, dan gangguan tanam tumbuh dan lain sebagainya dimana gangguan-gangguan tersebut tidak dapat diprediksi waktu terjadinya[9-10].

Atas dasar proteksi terhadap GI Bungaran dimana penelitian ini penulis mengambil objek mengenai proteksi pada CB pada sistem pemutus tenaga untuk menganalisis pengaruh dari gangguan penyulang 20 kV terhadap kinerja circuit Breaker. Pada GI Bungaran pada kinerja penyaluran energi listrik memiliki out put atau pada sisi primer GI berupa penyulang 20 kV, dimana jumlah penyulang 20 kV yakni 9 Penyulang, diantaranya penyulang Akasia dengan pajang saluran mencapai 12,29 kms dengan jenis penghantar AAAC 150 mm².

2. METODE PENELITIAN

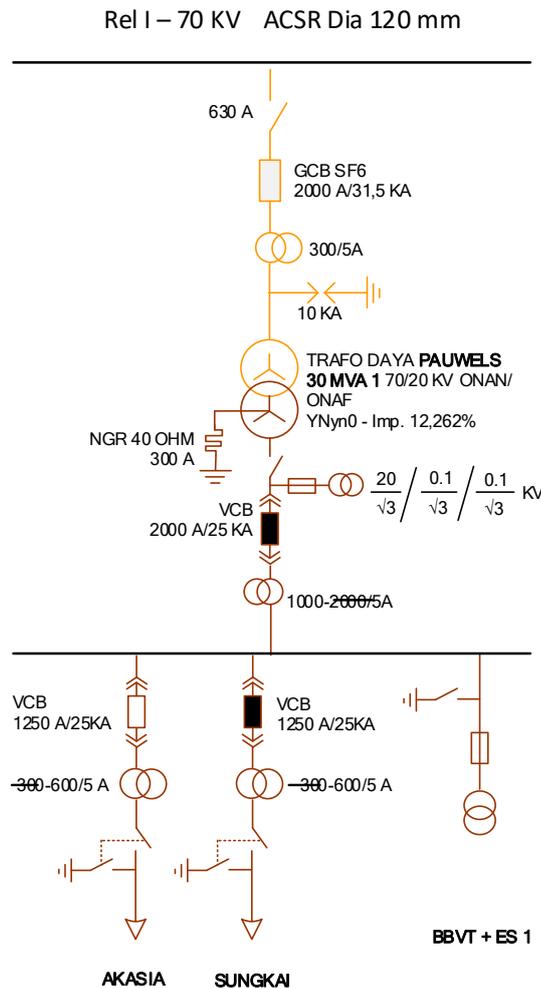
Untuk mempermudah jalannya penelitian mengenai evaluasi CB di GI Bungaran disisi 20 kV penyulang Akasia, maka penulis membuat langkah-langkah penelitian sebagai berikut :



Gambar 1. Alur penelitian evaluasi CB pada GI Bungaran

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa metode penelitian untuk mengumpulkan data dan informasi sebagai berikut :

- a. Studi Kepustakaan
Metode pengumpulan data dan informasi yang ditempuh dengan cara membaca buku-buku referensi, internet, dan buku panduan tentang gardu induk, relai, dan CB sebagai pemutus tenaga atau PMT.
- b. Studi Lapangan
Pengumpulan data dan informasi dengan cara melakukan penelitian dan melihat secara langsung penerapan CB pada GI Bungaran.
- c. Wawancara
Mengumpulkan data dan informasi dengan berbagai pihak yang memahami dan menguasai materi sistem kinerja CB dan GI dari berbagai sumber.



Gambar 2 SLD GI Bungaran transformator daya I - 30 MVA

Untuk mengevaluasi kapasitas CB dilapangan, perlukan persamaan-persamaan berikut [6][9]:

1. Persamaan Impedansi

- Impedansi pada sumber

$$\text{Total reaktansi (pu)} = \frac{\text{Daya Utama, MVA}}{\text{tingkat kesalahan}} \dots\dots\dots (1.1)$$

- Persamaan Impedansi pada transformator daya I GI Bungaran

$$X_{PU \text{ baru}} = X_{PU \text{ lama}} \times \left(\frac{kV_{\text{dasar lama}}}{kV_{\text{dasar baru}}} \right)^2 \times \left(\frac{kVA_{\text{dasar baru}}}{kVA_{\text{dasar lama}}} \right) \dots\dots\dots (1.2)$$

- Persamaan Impedansi saluran pada penyulang :

$$L = 2 \times 10^{-7} L_n \frac{GMD}{GMR} (H/km) \dots\dots\dots (1.3)$$

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \text{ (ohm/km)} \dots\dots\dots (1.4)$$

Dimana :

- GMD = Geometric Mean Distance (m)
- GMR = Geometric Mean Radius (m)
- F = Frekuensi (hertz)
- L = Induktansi (henry)

Untuk menghitung besar nilai GMD menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$GMD = \sqrt[3]{D_{ab} \cdot D_{bc} \cdot D_{ac}} \dots\dots\dots (1.5)$$

Dimana :

D_{ab} , D_{bc} , dan D_{ac} = Jarak antar penghantar (m)

Resistansi pada suatu saluran penghantar berubah untuk setiap perubahan temperatur, perubahan temperatur ini hampir linier untuk daerah temperatur yang jelas. Jika tahanan searah suatu penghantar diketahui pada temperatur tertentu, maka tahanan searah pada temperatur lain dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{T + t_2}{T + t_1} \dots\dots\dots (1.6)$$

Dimana :

- R_2 : tahanan searah penghantar pada temperature t_2
- R_1 : adalah tahanan searah penghantar pada temperature t_1
- T : adalah konstanta searah penghantar untuk jenis tertentu
- T : 234,5 untuk tembaga dengan konduktivitas 100%
- t_1 : 241 untuk tembaga dengan konduktivitas 97,3%
- t_2 : 228 untuk aluminium dengan konduktivitas 61%

Impedansi saluran pada jaringan distribusi terdiri dari nilai resistansi dan induktansi sedangkan untuk nilai kapasitansi pada jaringan diabaikan karena saluran dianggap sebagai saluran pendek. Dengan diperolehnya nilai resistansi dan induktansi saluran maka impedansi dari saluran distribusi dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$Z = \sqrt{R^2 + jX_L^2} \dots\dots\dots (1.7)$$

Impedansi saluran = $(R + jX_L)$. (Panjang saluran)

2. Menentukan arus gangguan tiga fasa pada penyulang
 - Untuk gangguan simetris

$$I_{HS \text{ 3 fasa}} = \frac{V_f}{Z_{Total}} \dots\dots\dots (1.8)$$

$$I_{dasar} = \frac{\text{daya dasar}}{\sqrt{3} \times \text{tegangan dasar}} \dots\dots\dots (1.9)$$

$$I'_{HS} = I_{HS} \times I_{dasar} \dots\dots\dots (1.10)$$

- Untuk gangguan asimetris

$$I''_{HS} = I'_{HS} \times 1,6 \dots\dots\dots (1.11)$$

3. Menentukan besar daya hubung singkat pada penyulang 20 KV.

$$S_{HS} = \sqrt{3} \times V_{pf} \times I''_{HS} \dots\dots\dots (1.12)$$

4. Besarnya daya pemutusan atau kapasitas pemutus tenaga yang terpasang di GI adalah sebagai berikut :

$$S_p = \sqrt{3} \times V_{pf} \times I''_{HS} \dots\dots\dots (1.13)$$

Selain langkah-langkah diatas untuk menunjang penelitian ini penulis melakukan metode observasi lapangan dan literasi dari artikel terkait. Dari hasil obesrvasi lapangan didapat data pendukung diantaranya data besarnya hubung singkat.

▪ **Data Hubung Singkat**

Besarnya arus hubung singkat pada sistem 150 kV terekam yaitu hubung singkat tiga fasa sistem interkoneksi Sumbagsel GI Simpang Tiga dan GI Keramasan, GI Bungaran, berikut :

I_a	: 10234,589 A	: 1535,88 MVA
I_b	: 211,011 A	: 31,652 MVA
I_c	: 506,482 A	: 75,97 MVA

▪ **Data Transformator Daya**

Name	Transformator Daya 1
Merk	Paulwels
Installation	Out-Door
Year of Manufacture	2015
Rated Power	30 MVA
Standard	IEC 76
Fequency Hertz	50 Hz
Phases	3
Vector Group	YNyn0+d
Primary voltage	70 kV
Secondary voltage	20 kV
Short circuit	70 kV 40 kA
Short circuit	20 kV 25 kA
Rn	0,4 Ohm
Impedance	12,262%

▪ **Data Pemutus Tenaga CB**

Data pemutus tenaga pada Gardu Induk Bungaran sisi 20 kV pada penyulang Akasia adalah sebagai berikut :

Instalasi : In Door

Rating Tegangan	: 24 kV
Frekuensi	: 50 Hz
Rating Arus nominal	: 30 A
Arus Hubung Singkat	: 5 kA
Media Pemadam	: VCB (VacumCircuit Breaker)
Merk	: AREVA

▪ **Data Penghantar**

Data penghantar Penyulang Akasia 20 kV dari Gardu Induk Bungaran adalah :

Jenis Penghantar	: AAAC (All Alumunium Aloy Conductor)
Luas Penampang (mm ²)	: 150
Jumlah Urat	: 19
GMR (mm)	: 1,070
Panjang Saluran (kms)	: 12,29
Resistansi 20 ⁰ C (Ω / km)	: 0,225

3. PEMBAHASAN DAN ANALISA

Untuk dapat mendapatkan kapasitas CB disisi sekunder transformator daya I, dipenyulang akasia perlu dilakukan perhitungan-perhitunga dimlai dari :

A. Impedansi sumber pada Busbar 70 kV

Dengan menggunakan persamaan 1.1 nilai reaktansi (pu) didapat :

Daya utama : 30 MVA

Tingkat kesalahan : 1535,188 MVA.

Reaktansi (pu) : $\frac{30}{1535,188} = j 0,01954$

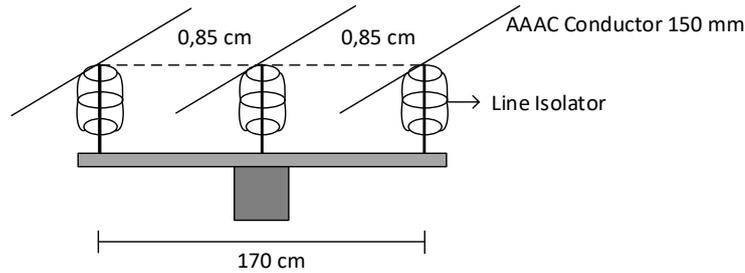
B. Impedansi Trafo

Reaktansi transformator daya 1 dengan kapasitas 30 MVA adalah 12.50 %, dengan persamaan 1.2, yaitu :

$$X_{pu} \text{ baru} = j 0,1250 \times \left(\frac{20}{20}\right)^2 \times \left(\frac{30000}{30000}\right)$$
$$X_{pu} \text{ baru} = j 0,1250 \text{ pu}$$

C. Impedansi saluran pada penyulang Akasia

Berdasarkan konfigurasi dari jaringan pada tiang SUTM 20 kV pada konstruksi TM 1 dengan penampang 150 mm A3C (GMR 2,25 mm) dapat ditentukan besarnya nilai GMD (Geometric mean distance) dengan persamaan 1.5 adalah :



Gambar 2. Konstruksi TM 1 SUTM 20 KV Penyulang Akasia

$$GMD = \sqrt[3]{(0,85) \times (0,85) \times (1,7)} = 1,07093 \text{ m}$$

$$GMR = 2,25 \text{ mm} = 0,00225 \text{ m}$$

- Induktansi (L) dan Reaktansi (X_L) menggunakan persamaan 1.3 dan 1.4 :

$$L = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \ln \frac{1,07093}{0,00225}$$

$$L = 0,00123307 \text{ H/km}$$

Reaktansi (X_L) :

$$X_L = (2) \times (3,14) \times (50) \times (0,00123307) = 0,38718414 \text{ ohm/km}$$

- Resistansi (R) :
 Resistansi kabel AAAC, 150 mm² pada suhu 20°C adalah 0,225 ohm/km. Maka resistansi pada suhu 60° , dengan menggunakan persamaan 1.6 adalah :

$$R_{60} = \left(\frac{228 + 60}{228 + 20} \right) \times 0,225 = 0,261 \Omega/km$$

- Impedansi Saluran ($Z_{saluran}$)
 Impedansi Saluran ($Z_{saluran}$) dengan menggunakan persamaan 1.7 adalah:

$$Z_{saluran} = (0,261 + j.0,38718414) \times (12,29)$$

$$Z_{saluran} = (3,207 + j.4,758) \text{ ohm}$$

Impedansi Dasar (Z_{dasar}) :

$$Z_{dasar} = \frac{(20 \text{ kV})^2}{30 \text{ MVA}} = 13,333 \text{ ohm}$$

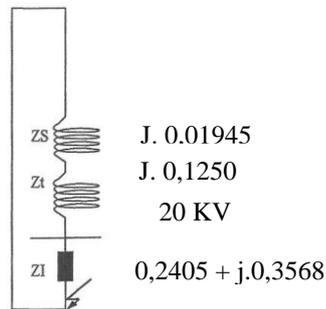
Impedansi per unit (Z_{pu}) :

$$Z_{pu} = \frac{(3,207 + j.4,758)}{13,333}$$

$$Z_{pu} = 0,2405 + j.0,3568 \text{ pu}$$

Setelah melakukan perhitungan impedansi per unit (Z_{pu}) pada Penyulang Akasia :
 0,2405 + j.0,3568 pu

3.1 Besar Arus Gangguan dan Daya Hubung Singkat Penyulang Akasia



Gambar 3. Rangkaian ekivalen saat gangguan pada ujung saluran 20 kV penyulang Akasia

$$Z_{total} = j.0,01945 + j.0,1250 + (0,2405 + j.0,3568)$$

$$Z_{total} = 0,2405 + j.0,50125$$

$$Z_{total} = 0,55596 \angle 64,3682^\circ$$

- Untuk Gangguan Simetris penyulang, Akasia persamaan 1.8 persamaan 1.9 dan 1.10 :

$$V_f = 1 pu$$

$$I_{HS \text{ 3 phasa}} = \frac{1}{9,55596}$$

$$I_{HS \text{ 3 phasa}} = 1,79869 \approx 1,799 pu$$

$$I_{dasar} = \frac{30000 \text{ kVA}}{(1,732) \times (20 \text{ kV})} = 866,0258 \text{ Ampere}$$

$$I'_{HS} = 1,799 \times 866,0258$$

$$I'_{HS} = 1,55771 \text{ k. Amp}$$

- Untuk Gangguan Asimetris pada Penyulang menggunakan persamaan 1.11 :

$$I''_{HS} = 1,55771 \times 1,6 = 2,492339 \approx 2,492 \text{ k. Amp}$$

- Besar Daya Hubung Singkat Pada Penyulang Akasia menggunakan persamaan 1.12 :

$$S_{HS} = \sqrt{3} \times (20) \times (2,492) = 86,234 \text{ MVA}$$

3.2 Kapasitas Circuit Breaker

Untuk menentukan Kapasitas CB terpasang pada penyulang Akasia di sisi 20 kV GI Bungaran dimana besarnya kapasitas arus hubung singkat maksimum pada pemutus tenaga terpasang pada penyulang Akasia di GI Bungaran adalah 25 kA, sesuai dengan yang ada pada name plate pemutus tenaga yang tertera PMT atau Single Line Diagram (SLD), maka dapat dihitung menggunakan persamaan 1.13 dimana besarnya daya pemutusan atau kapasitas pemutus tenaga yang terpasang adalah sebagai berikut :

$$S_p = \sqrt{3} \times V_{pf} \times I''_{HS}$$

$$S_p = \sqrt{3} \times (20)kV \times (25)kA$$

$$S_p = (1,732) \times (20) \times (25) = 866,025 \text{ MVA}$$

Tabel 1. Daya hubung singkat, dan pemutus tenaga terpasang

Penyulang 20 kV	Daya Hubung Singkat (MVA)	Kapasitas PMT Terpasang (MVA)
Akasia	86,234	866,025

Dari hasil perhitungan didapat arus hubung singkat pada penyulang Akasia yaitu I''_{HS} sebesar 2,492 kA sedangkan untuk daya hubung singkat yaitu sebesar 86,234 MVA, dari hasil perhitungan arus hubung singkat dan daya hubung singkat dimana nilai tersebut masih sesuai dengan rating arus hubung singkat maksimum yang terpasang di PMT atau CB pada GI Bungaran yaitu 25 kA dan rating kapasitas Pemutus Tenaga yang terpasang yaitu 866,025 MVA. Dengan nilai arus hubung singkat dan daya hubung singkat menunjukkan kapasitas pemutus tenaga PMT atau CB dengan media udara atau udara vacuum (VCB) yang terpasang masih mampu untuk memproteksi atau melindungi sistem dari gangguan hubung singkat sehingga dapat diandalkan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan terutama pada transformator daya 1 dengan kapasitas 30 MVA dan peralatan kontrol.

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisa yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan mengenai evaluasi kapasitas pengaman PMT atau CB dengan media udara vacuum atau lebih dikenal VCB yang terpasang di bus transformator I pada sisi 20 KV Gardu Induk Bungaran dimana arus gangguan hubung singka asimetris pada penyulang Akasia yaitu sebesar 2,942 kA dan daya hubung singkat pada penyulang Akasia yaitu 86,234 MVA. Dari hasil perhitungan tersebut dengan menggunakan data-data dari lapangan bahwa kapasitas pemutus tenaga yang terpasang pada sisi 20 kV di penyulang Akasia masih sesuai dengan nilai rating terpasang yakni 866,025 MVA dan rating arus maksimum pemutus tenaga yaitu 25 kA, nilai tersebut menunjukkan kapasitas Pemutus Tenaga atau CB yang terpasang masih mampu untuk melindungi sistem dari arus gangguan yang berasal dari gangguan eksternal maupun internal, tetapi umumnya gangguan berasal dari gangguan eketernal diantaranya sambaran petir dan gangguan tanam tumbuh.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. R. Iriando and A. I. Agung, "Studi Koordinasi Sistem Proteksi Pada Transformator 20Kv Di Jaringan Distribusi 20Kv Penyulang Bandilan," *J. Tek. Elektro*, vol. 08, no. 03, pp. 611–618, 2019.
- [2] D. E. Putra, Y. Riswanto, and A. Komaini, "INVESTIGASI OVERLOAD TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 20 KV DIUNIT LAYANAN PELANGGAN PANGKALAN BALAI PT. PLN (Persero)," *Semin. Nas. AVoER XIII*, pp. 378–383, 2021.
- [3] D. E. Putra and A. Siahaan, "Studi Penerapan Over Load Shedding (Ols) Relay Pada Sisi Sekunder Transformator Daya 20 Mva Penyulang Aries 20 Kv Di Gardu Induk Lahat," *J. Ampere*, vol. 2, no. 1, p. 1, 2017, doi: 10.31851/ampere.v2i1.1205.
- [4] D. E. Putra and F. Harlian, "PERAN SUBMARINE CABLE SUMATERA BANGKA (SCSB) 150 kV DALAM MENEKAN PENGGUNAAN PLTD DI PULAU BANGKA," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 18–23, 2021, doi: 10.36546/jte.v11i2.489.
- [5] D. S. Yansuri, D. E. Putra, and M. Firdaus, "Pemasangan Relai Over Load Shedding (Ols) Pada Transformator Daya 30 Mva," vol. 12, no. 1, pp. 8–17, 2022.
- [6] am Rizqi Tsaniy Arif and S. Nur Yahya, "Simulasi Proteksi Transformator Daya Dengan Relai

- Diferensial Dual-Bias Presentase Menggunakan Perangkat Lunak Pscad,” *Vertex Elektro*, vol. 13, no. 01, pp. 25–29, 2021.
- [7] D. E. Putra and R. Kusniriansya, “Analisa Pemerataan Beban Antar Fasa Di Saluran Tegangan Rendah (SUTR) Pada Transformator Distribusi 50 KVA - Li 146 Wilayah Kerja PT PLN (Persero) Rayon Muara Beliti,” *J. Surya Energy*, vol. 4, no. 1, pp. 331–337, 2019, doi: 10.32502/jse.v4i1.1883.
- [8] D. E. Putra and R. A. Yani, “Investigasi Kinerja Resistansi Pentahanan (Grounding) pada Lahan Rawa Timbun,” *Sci. Phys. Educ. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 14–19, 2021, doi: 10.31539/spej.v5i1.2908.
- [9] N. Rupawanti BR, “Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Trafo Distribusi 20 KV (Studi Kasus PT. PLN PERSERO Unit Lamongan),” *J. Elektro*, vol. 4, no. 1, p. 238, 2019, doi: 10.30736/je.v4i1.307.
- [10] R. A. Yani and D. E. Putra, “Sistem Proteksi Transformator Daya PT. Pusri,” pp. 35–42.