

ANALISIS PERSENTASE PEMBEBANAN DAN DROP TEGANGAN JARINGAN TEGANGAN RENDAH PADA GARDU DISTRIBUSI GA 0032 PENYULANG WIBRATA

I Ketut Ta¹, I Gede Nyoman Sangka², I Wayan Sudiarta³,
Ida Bagus Edy Ambhara Wijaya⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

¹iketutta@pnb.ac.id

Abstrak: Listrik merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting untuk masyarakat dan memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi. Agar listrik dapat diandalkan, penting untuk menghindari pemadaman listrik. Dalam studi ini, penulis menganalisis persentase pembebanan dan drop tegangan pada Jaringan Tegangan Rendah di gardu distribusi GA 0032, penyulang Wibrata. Kami menghitung persentase pembebanan pada luar waktu beban puncak (LWBP) dan waktu beban puncak (WBP) dan menentukan drop tegangan pada tiang listrik terakhir GA 0032. Penulis menyimpulkan bahwa perhitungan persentase pembebanan pada LWBP sebesar 59,89% dan pada WBP sebesar 81,51%. Total drop tegangan pada rentang arah B fase R sebesar 24,03 V atau 10,4%; fase S sebesar 10,36 V atau 4,36%; fase T sebesar 3,48V atau 1,51%. Sementara total drop tegangan pada rentang arah D fase R sebesar 3,48 V atau 1,51 %; fase S sebesar 2,14 V atau 0,93%; fase T sebesar 0,90 V atau 0,39%.

Kata kunci: Jaringan Tegangan Rendah, Gardu Distribusi, Persentase Pembebanan, Drop Tegangan.

Abstract: Electricity is a very important basic needs of society and contributes to economic growth. In order to keep electricity reliable, it is important to avoid power outage. In this study, we analyse the loading percentage and voltage drop at low voltage network at distribution substation GA 0032, Wibrata feeder. We calculate the loading percentage at non peak load time (NPLT) and peak load time (PLT) and determine the voltage drop at the last electric pole of GA 0032. We conclude that the loading percentage at NPLT is equal to 59.89% and at PLT is equal to 81.51%. The total voltage drop across the span of B direction of phase R is equal to 24.03 V or 10.44%, phase S is equal to 10.36 V or 4.36%, phase T is equal to 3.48V or 1.51%. While the total voltage drop across the span of D direction of phase R is equal to 3.48 V or 1.51%; phase S is equal to 2.14 V or 0.93%; phase T is equal to 0.90 V or 0.39%.

Keywords: Low Voltage Network, Distributions Substation, Loading Percentage, Voltage Drop.

I. PENDAHULUAN

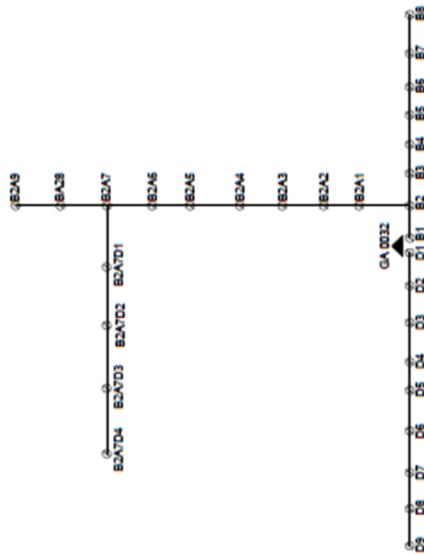
Listrik merupakan sebuah kebutuhan yang sangat diperlukan di abad modern ini. Peranan listrik terhadap kelangsungan hidup manusia sangatlah penting karena untuk menjalankan peralatan listrik apapun membutuhkan sebuah energi listrik. Tidak dapat dipungkiri lagi, tenaga listrik merupakan salah satu sarana utama dalam kehidupan sehari-hari. Penyediaan tenaga listrik yang stabil dan kontinyu merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi oleh PT. PLN (Persero) sebagai penyedia tenaga listrik. Sebagai penyedia tenaga listrik PT. PLN (Persero) dituntut oleh masyarakat selaku konsumen untuk dapat menyediakan tenaga listrik yang berkualitas baik [1]. Gianyar merupakan salah satu daerah yang harus diperhatikan oleh PT. PLN (Persero) Distribusi Bali Rayon Gianyar karena dalam pertumbuhan bebannya yang sangat pesat. Tidak mengherankan kebutuhan tenaga listrik di daerah ini cukup besar, sehingga kinerja dan citra PT. PLN (Persero) Bali begitu dinilai disini. Sebuah keharusan sebagai penyedia tenaga listrik utama memberikan sebuah kepuasan kepada pelanggan, salah satunya dalam hal ini yaitu mendapatkan kestabilan tegangan [2].

Saat ini terjadi pertumbuhan beban pelanggan yang semakin tidak terkontrol dan begitu cepat. Hal ini tentunya menjadi sebuah pekerjaan yang harus

diselesaikan oleh PLN. Salah satu gangguan yang diakibatkan dengan tidak terkontrolnya pertumbuhan beban pelanggan yaitu terjadinya *over blast* pada trafo. Trafo pada gardu distribusi GA0032 di Penyulang Wibrata ini memiliki kapasitas sebesar 160 kVA. Menurut data yang penulis peroleh di PT. PLN (Persero) Rayon Gianyar, transformator GA0032 telah dibebani sebesar 91,74%, sudah melebihi dari efisiensi beban maksimal sebesar 80% sehingga menyebabkan tegangan jatuh atau drop tegangan [3]. Dari hasil pengukuran yang dilakukan, tegangan ujung pada daerah ini di fasa R berada di bawah ketentuan minimum yakni sebesar 204V. Menurut SPLN 1 tahun 1995 [4], variasi tegangan yang diperbolehkan yaitu +5% dan minimum -10% terhadap tegangan normal. Dampak dari trafo yang mengalami *over blast* akan terjadi pengurangan umur trafo dan kualitas mutu pelayanan dari trafo tersebut [5-6]. Sedangkan pada tegangan ujung yang besarnya masih berada di atas 200 V, drop tegangannya masih bisa ditoleransi. Akan tetapi, bila tegangannya berada di bawah 180 V, maka dampaknya akan terasa pada peralatan listrik pelanggan.

Dari latar belakang tersebut, penulis melakukan kajian untuk menghitung persentase pembebanan gardu distribusi GA 0032 pada Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) dan pada Waktu Beban Puncak

(WBP) serta menghitung besar drop tegangan jaringan tegangan rendah gardu distribusi GA 0032 pada tiang akhir.



Gambar 1. Single Line Diagram Gardu GA0032

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menghitung besar persentase pembebanan dari transformator pada gardu distribusi GA 0032 dan menghitung besar drop tegangan dari jaringan tegangan rendahnya. Untuk mengetahui persentase pembebanan transformator digunakan Persamaan (1).

$$PP = \frac{I_R \cdot V_{RN} + I_{RS} \cdot V_{SN} + I_T \cdot V_{TN}}{S_N} \times 100\% \quad (1)$$

dengan

- PP = persentase pembebanan
- I_R = arus pada fase R (A)
- I_S = arus pada fase S (A)
- I_T = arus pada fase T (A)
- V_{RN} = tegangan fase netral R (V)
- V_{SN} = tegangan fase netral S (V)
- V_{TN} = tegangan fase netral T (V)
- S_N = daya nominal transformator (VA)

Sementara itu, untuk menghitung drop tegangan jaringan tegangan rendah masing – masing gardu digunakan Persamaan (2-3).

$$\Delta V = I \times Z \times L \quad (2)$$

$$\Delta V = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \quad (3)$$

dengan

- ΔV = drop tegangan (V)
- I = arus pada penghantar (A)
- Z = impedansi Penghantar (Ω/km)

L = panjang penghantar (km)

V_s = tegangan pada pangkal pengiriman (V)

V_r = tegangan pada ujung penerimaan (V)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Luar Waktu Beban Puncak

Berikut ini merupakan data hasil pengukuran pada saat Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) selama lima hari pada pukul 13.00 Wita sebagai berikut:

Pada jurusan B, rata - rata tegangan $R_N = 231,8$ V; $S_N = 234,8$ V; $T_N = 233,6$ V. Rata-rata arus induk $R = 135,2$ A; $S = 154,6$ A; $T = 124,4$ A; dan $N = 46,2$ A. Rata-rata arus jurusan B yakni $R = 77,6$ A; $S = 66,2$ A; $T = 87,4$ A dan $N = 27$ A.

Pada jurusan D, rata- rata tegangan $R_N = 231,8$ V; $S_N = 234,8$ V; $T_N = 233,6$ V. Rata-rata arus induk $R = 135,2$ A; $S = 154,6$ A, $T = 124,4$ A; dan $N = 46,2$ A. Rata-rata arus jurusan D yakni $R = 56,6$ A; $S = 86$ A; $T = 34,6$ A, dan $N = 16$ A.

3.2. Data WBP

Data hasil pengukuran Waktu Beban Puncak (WBP) pada Jurusan B, rata- rata tegangan $R_N = 299,8$ V; $S_N = 234,6$ V; dan $T_N = 233$ V. Rata-rata arus induk adalah $R = 173,8$ A; $S = 223,6$ A; $T = 174$ A; dan $N = 135,4$ A. Rata- rata arus jurusan B yakni $R = 93,4$ A; $S = 97$, A; $T = 106$ A dan $N = 71,6$ A.

Data hasil pengukuran WBP pada Jurusan D, rata- rata tegangan $R_N = 299,8$ V; $S_N = 234,6$ V, dan $T_N = 233$ V. Rata - rata arus induk $R = 173,8$ A; $S = 223,6$ A; $T = 174$ A; dan $N = 135,4$ A. Rata-rata arus jurusan D yakni $R = 76,2$ A; $S = 125$ A; $T = 75,2$ A dan $N = 64,8$ A.

3.3 Data Penghantar

Penghantar yang digunakan pada gardu distribusi GA 0032 adalah penghantar jenis LVTC (Low Voltage Twisted Cable) $3 \times 70 + 1 \times 50$ mm² dan $\cos \phi$ jaringan yang penggunaannya diasumsikan sebesar 0,85 karena pelanggan yang dilayani umumnya pelanggan rumah tangga.

3.4. Pembahasan

Monitoring pada gardu distribusi perlu dilakukan untuk mengetahui pembebanan dari suatu transformator pada gardu distribusi. Demikian halnya pada gardu GA 0032. Berikut ini akan dibahas perhitungan persentase pembebanan keadaan saat ini baik pada luar waktu beban puncak maupun pada waktu beban puncak.

3.4.1. Perhitungan Persentase Pembebanan Gardu GA 0032 pada LWBP

Untuk menentukan persentase pembebanan gardu GA 0032 pada luar waktu beban puncak, terlebih dahulu dilakukan pengukuran arus dan tegangan pada tiga hari yang berbeda yakni tanggal 29, 30, 31 Mei 2016 (satu kali pengukuran per harinya), pada waktu yang sama yaitu pukul 13.00

WITA. Setelah mendapatkan hasil pengukuran, hasil tersebut dirata – ratakan untuk kemudian dijadikan sebagai acuan. Karena gardu GA 0032 terdiri dari dua jurusan (Jurusan B dan Jurusan D), maka arus total rata-rata Gardu GA 0032 pada LWBP adalah sebagai berikut: $I_R = 134,3$ A; $I_S = 143$ A; dan $I_T = 121,6$ A. Sedangkan tegangan fase – netral rata – rata Gardu GA 0032 pada LWBP adalah sebagai berikut: $V_{RN} = 232$ V; $V_{SN} = 235,3$ V; dan $V_{TN} = 234,3$ V. Dari data hasil rata – rata pengukuran tersebut dan Persamaan (1), maka persentase pembebanan gardu GA 0032 pada luar waktu beban puncak adalah sebesar 59,69%.

3.4.2. Perhitungan Persentase Pembebanan Gardu GA 0032 pada WBP

Cara yang sama juga dilakukan untuk menentukan pembebanan Gardu GA 0032 pada Waktu Beban Puncak. Pengukuran dilakukan pada tanggal 26 dan 27 Mei 2016. Adapun arus pada tiap fase dijabarkan sebagai berikut: $I_R = 169,6$ A; $I_S = 223,3$ A dan $I_T = 168$ A. Sedangkan tegangan rata – rata dari tiga kali pengukuran gardu GA 0032 pada LWBP adalah sebagai berikut : $V_{RN} = 229,3$ V; $V_{SN} = 234,6$ V dan $V_{TN} = 233$ V. Dari data hasil rata-rata pengukuran tersebut, maka persentase pembebanan gardu GA 0032 pada waktu beban puncak adalah sebesar 81,51%.

3.4.3. Perhitungan Drop Tegangan

Untuk dapat mengetahui kondisi drop tegangan jaringan tegangan rendah pada gardu GA 0032 pada saat ini, maka dilakukan perhitungan drop tegangan jaringan tegangan rendah berdasarkan data beban gardu pada jurusan D yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Beban gardu GA 0032 jurusan D

Nomor Tiang	Fase R (VA)	Fase S (VA)	Fase T (VA)
D1	3950	1350	900
D2	1300	1800	3500
D3	3500	3050	0
D4	5350	900	0
D5	2200	3100	0
D6	3950	1350	0
D7	900	900	450
D8	2700	0	1750
D9	3500	2600	900
Total Beban Fasa	27350	15050	7500
Total Beban	49900 (VA)		

Data beban yang tersambung pada tiap tiang masing – masing fasa seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 tersebut kemudian dikalikan dengan faktor kebutuhan (*demand factor*) sesuai dengan faktor kebutuhan dari jenis pelanggan. Untuk jenis perumahan sederhana dikalikan 75%; perumahan besar dikalikan 65%; kantor dikalikan 80%; toko sedang dikalikan 60%; toko serba ada dikalikan 90% dan industri sedang dikalikan 65% dari daya yang tersambung. Hasil dari

perkalian tersebut terhadap beban pada tiap tiang masing – masing fase ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Beban gardu GA 0032 jurusan D setelah dikalikan faktor kebutuhan

Nomor Tiang	Fase R (VA)	Fase S (VA)	Fase T (VA)
D1	2567,5	877,5	585
D2	845	1170	2275
D3	2275	1982,5	0
D4	3477,5	585	0
D5	1430	2015	0
D6	2567,5	877,5	0
D7	585	585	337,5
D8	1755	0	1137,5
D9	2275	1690	675
Total Beban Fase	17777,5	9782,5	5010
Total Beban	32570 (VA)		

Penghitungan besar arus pada tiap fasa di masing – masing gawang dilakukan dengan terlebih dahulu mencari besar arus pada gawang pertama, yakni arus total semua beban dikurangi dengan arus dari beban yang tersambung pada tiang pertama. Besar arus yang mengalir pada gawang pertama di setiap fase dapat dihitung dengan mengurangi arus total semua beban per fase dengan arus tersambung pada tiang pertama per fase. Berikut perhitungan untuk jurusan B:

$$I_{B1-B2R} = I_R - I_{\text{tiang } B1R} = \left(\frac{S_R}{V_{RN}} \right) - \left(\frac{S_{B1R}}{V_{RN}} \right) \quad (4)$$

dengan

I_{B1-B2R} = arus gawang 1 pada fase R

I_R = arus total pada fase R

S_R = S total pada fase R

S_{B1R} = S tiang B1 pada fase R

V_{RN} = Tegangan antara fase R dan netral

Dari Persamaan (4), besar arus pada gawang 1 pada fase R adalah 215,70 A.

Untuk mengetahui arus pada masing – masing gawang pada jurusan D, cara yang sama juga dilakukan. Besar arus pada gawang D1 – D2 pada fase R adalah 66,19 A.

Untuk menghitung arus gawang pada percabangan dilakukan dengan cara yang sedikit berbeda dari cara yang dijelaskan sebelumnya. Pada percabangan gawang B2–B2A1 dan B2A7–B2A7D1 dilakukan perhitungan arus gawang dengan beban yang tersambung pada tiang B2A1 adalah penjumlahan dari beban pada tiang B2, B3, B4, B5, B6, B7 dan B8. Dengan demikian digunakan Persamaan (5) untuk menghitung arus di gawang B2–B2A1 pada fase R yakni sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 I_{B2-B2A1R} &= I_{B1-B2R} - I_{\text{tiang } B2} \quad (5) \\
 &= I_{B1-B2R} \\
 &\quad - S_{\text{tiang } B2+B3+B4+B5+B6+B7+B8R} \\
 &= 215,70 - \left(\frac{19630}{227,46} \right) = 129,40 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Cara yang sama digunakan untuk mengetahui arus pada cabang B2A7– B2A7D1. Arus pada gawang B2-B3 diperoleh dengan cara mengurangi arus pada gawang B1-B2 dan B2-B2A1. Dengan demikian digunakan Persamaan (6).

$$\begin{aligned}
 I_{B2-B3R} &= I_{B1-B2} - I_{B2-B2A1} \quad (6) \\
 &= 215,70 - 129,40 = 86,3 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan untuk mengetahui arus pada fase S dan T.

Untuk panjang penghantar, dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (7).

$$L = a + \frac{8 \cdot s^2}{3 \cdot a} \quad (7)$$

dengan

L = panjang total penghantar (m)

s = panjang andongan (m)

a = jarak gawang (m)

Dalam perhitungan ini, panjang andongan yang dipakai diasumsikan 60 cm mengikuti standar yang ada. Untuk jaringan rendah, jarak gawang tidak melebihi 22 m dan panjang andongan minimal 60 cm atau 0,6 m.

Penghitungan drop tegangan di masing – masing gawang pada tiap fase dapat diketahui dengan mengalikan arus yang mengalir di setiap gawang pada tiap fase dengan impedansi penghantar pada tiap gawangnya sesuai dengan persamaan. Karena impedansi penghantar diketahui dalam satuan ohm per kilometer, maka untuk menghitung impedansi sepanjang penghantar digunakan Persamaan (2) dan dilanjutkan dengan Persamaan (8). Berikut ini adalah contoh perhitungan drop tegangan pada gawang 1 (B1 – B2) pada fase R di jurusan B:

$$\begin{aligned}
 \Delta V_{B1-B2R} &= I_{B1-B2R} \times Z \times L_{B1-B2R} \quad (8) \\
 &= 215,70 \times 0,535 \times 22,0436 \times 10^3 \\
 &= 2,54 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\% \Delta V_{B1-B2R} = \frac{1,88}{230} \times 100 \% = 1,10 \%$$

$$V_{B1-B2R} = 230 - 1,88 \text{ V} = 227,46 \text{ V}$$

Berdasarkan penghitungan di atas, besar drop tegangan gawang 1 pada fase R adalah sebesar 2,54 V atau dalam persentase sebesar 1,10% dan tegangan

setelah dikurangi dengan drop tegangan adalah sebesar 227,46 V. Penghitungan drop tegangan pada gawang yang lain maupun jurusan D menggunakan rumus yang sama, begitu juga untuk fase S dan fase T.

3.4.4. Analisis Persentase Pembebanan

Berdasarkan hasil rata – rata dari pengukuran dan perhitungan persentase pembebanan baik pada luar waktu beban puncak maupun pada waktu beban puncak pada gardu GA 0032 yang telah dibahas, maka diperoleh hasil persentase sesuai pada Tabel 4.

Tabel 4. Persentase pembebanan masing – masing gardu pada LWBP dan WBP

Gardu	Persentase Pembebanan (%)	
	LWBP	WBP
GA 0032	59,89	81,51

Dari persentase pembebanan pada masing – masing gardu yang sudah diketahui, maka selisih antara persentase pembebanan pada waktu beban puncak dan pada luar waktu beban puncak dapat diketahui sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \Delta PP \text{ pada WBP dan LWBP} \\
 &= 81,51 \% - 59,89 \% \\
 &= 21,62 \% \quad (9)
 \end{aligned}$$

Untuk menghindari kerugian yang besar dan pemanasan trafo distribusi, sebaiknya pembebanan trafo maksimum 80% hingga 90% dari kapasitas trafo. Melihat persentase pembebanan gardu di atas, maka dapat dinyatakan bahwa gardu masih dalam kondisi pembebanan yang wajar.

3.4.5. Analisis Drop Tegangan

Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan, total drop tegangan seluruh gawang per fasa pada gardu GA 0032 adalah sebagai berikut.

Berdasarkan hasil perhitungan drop tegangan jaringan tegangan rendah pada gardu GA 0032, dapat dilihat bahwa drop tegangan yang terjadi pada fase R jurusan B adalah sebesar 10,81%. Persentase ini sudah melebihi ketentuan yakni diatas 10% dari tegangan nominal (230 V). Hasil perhitungan menunjukkan besar drop tegangan pada jurusan B pada fase R terjadi pada gawang B1-B2 yaitu sebesar 2,54 V. Sedangkan drop tegangan di jurusan B pada fase S dan gawang B1-B2 yaitu sebesar 1,61 V. Di jurusan B pada fase T terjadi drop pada gawang yang sama, B1-B2, yaitu sebesar 0,48 V.

Di jurusan D, hasil perhitungan menunjukkan besar drop tegangan pada fase R terjadi pada gawang D1-D2 yaitu sebesar 0,33 V. Pada fase S terjadi pada gawang yang sama yaitu sebesar 0,29 V. Pada fase T terjadi pada gawang yang sama juga yaitu sebesar 0,22 V.

Hasil pengukuran sebelumnya menunjukkan terjadinya tegangan diluar ketentuan yang

diperbolehkan. Sedangkan dari hasil perhitungan saat ini, tegangan pada tiang ujung pada fase R menunjukkan angka sebesar 205,96 V; pada fase S sebesar 219,96 V; dan pada fase T sebesar 226,51 V dimana tegangan pada fase R sudah diluar dari ketentuan yang diperbolehkan. Fase S dan T menunjukkan angka yang masih sesuai dengan ketentuan yang diperbolehkan. Hanya tegangan pada fase R yang drop tegangannya melebihi dari -10% dan sudah di luar ketentuan dari variasi tegangan yang diperbolehkan yaitu +5% minimum hingga -10% terhadap tegangan normal.

Dari pembahasan dan perhitungan yang sudah dilakukan, dapat diketahui beberapa hal yang mempengaruhi besarnya drop tegangan yang terjadi, yaitu nilai arus yang melewati penghantar, panjang dari saluran, dan impedansi pada penghantar jaringan tersebut. Impedansi sendiri terdiri dari resistansi dan reaktansi. Besar nilai resistansi dipengaruhi oleh luas penampang penghantar yang digunakan dan panjang jaringan. Semakin besar luas penampang penghantar yang digunakan, maka semakin kecil impedansinya. Sedangkan untuk panjang jaringan, semakin panjang penghantar suatu jaringan, maka semakin besar impedansi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan pembahasan yang sudah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Persentase pembebanan pada gardu GA 0032 pada luar waktu beban puncak (LWBP) yaitu sebesar 59,69% dan persentase pembebanan pada waktu beban puncak (WBP) yaitu sebesar 81,51%.
2. Drop tegangan yang terjadi pada penyulang Wibrata adalah pada fase R = 0,33 V; fase S = 0,29 V; dan fase T = 0,22 V. Drop tegangan pada fase R yang paling besar. Drop tegangan pada fase R, S dan T tersebut masih sesuai dengan ketentuan yang diperbolehkan. Variasi tegangan yang diperbolehkan yaitu +5% minimum -10% terhadap tegangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada editor dan reviewer Jurnal Matrix atas koreksi dan proses publikasi dari artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widharma, I G. S., & Sunaya, I N. (2015). Analisis menentukan keandalan sistem distribusi dengan pemanfaatan aplikasi algoritma genetika berbasis pemrograman Matlab. *Matrix*, 5(1), 19-26.
- [2] Perdana, W.P, Hasanah, R.N. & Dachlan, H.S. (2009). Evaluasi keandalan sistem tenaga listrik pada jaringan distribusi primer tipe radial gardu induk Blimbing. *EECCIS*, 3(1), 6-12.
- [3] Zulkarnaini & Eko, S. H. (2012). Evaluasi koordinasi relay proteksi pada feeder distribusi tenaga listrik (GH Tanjung Ampalu Sijunjung). *Teknik Elektro ITP*, 1(1), 10-18.
- [4] Narottama, A. A. N. M., Sunaya, I G. A. M., Purbhawa, I M. & Noviyanti, K. R. D. (2014). Analisis pengaruh rekonfigurasi jaringan terhadap pembebanan transformator pada gardu distribusi KA 1316 penyulang Sriwijaya. *Matrix*, 4(3), 125-130.
- [5] Ta, I K. *et al.* (2010). Pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan losses pada trafo distribusi gardu tiang No. Bb.0001 pada penyulang Blahbatuh. *Logic*, 10(2).
- [6] Suryawan, I K. (2014). Studi karakteristik pembebanan dan panjang kabel pada instalasi tenaga listrik tegangan rendah: Studi kasus pada kabel NYY dipasang di tanah. *Matrix*, 4(1), 5-11.