

Analisis Pemecahan Beban Penyulang Kalipare 20 kV

Sri Wahyuni Dali^{a)}, Imron Ridzki^{*b)}, Muhammad Fahmi Hakim^{c)}, Hana Nabilla

Hapsari^{b)}, Latasha Fadiela Nurlakshita^{b)}

(Artikel diterima: Juni 2022, direvisi: Juni 2022)

Abstract: The Kalipare feeder is a feeder located at PT PLN (Persero) ULP Sumberpucung where the feeder has a feeder length of 232.9 kms and a load of 161.8 A, with a voltage drop of 17.981 kV, the energy loss that is not channeled in 40.82 minutes is IDR 5,333,734.00. So with that the feeder is carried out there is a splitting of the load into two, namely 86.6 A and 74.4 A, with the end voltage being 19.27 kV, with the energy loss that is not channeled in 40.82 minutes is Rp. 2,454.510.8. This load solving is carried out based on the existing conditions of the Kalipare Feeder in 2019, as well as modeling in the form of simulations using ETAP 12.6 and analyzing the simulation results with the existing load breaking conditions in 2020. Load splitting locations are carried out at 7 points taking into account the value of the investment to be made used to do the job. The locations where the load splitting will be carried out are GI Karangates, Perempatan Peteng, Tumpakmiri, Kalipare, and Banduarjo with an investment cost of Rp. 21,124,247,696 with the construction of 527 gates. After breaking the load, which resulted in the Kalipare feeder and the Donomulyo feeder, the value of the voltage drop on the Kalipare feeder decreased to 18.25 kV; 8.70%, while the Donomulyo Feeder is 19.241 kV; 3.84%. The solution to the load of the Kalipare feeder will minimize losses due to blackouts and increase customer satisfaction.

Keywords : load dispatching, ETAP, voltage drop

1. Pendahuluan

Meningkatkan kehandalan sistem dan meningkatkan kepuasan pelanggan untuk khususnya Penyulang di Sumberpucung (Kalipare) adalah membuat sistem yang baik dengan memperpendek panjang penyulang sehingga drop tegangan tidak terlalu tinggi dan membuat pemecahan beban agar meminimalisir energi yang hilang atau yang tidak tersalur akibat gangguan atau pemeliharaan.

Alasan dipilihnya penyulang Kalipare di Sumberpucung karena salah satu penyulang yang panjang dengan drop tegangan yang tinggi adalah penyulang Kalipare, dengan panjang 232.9 kms dan beban 161,8 A, dengan tegangan ujung 17,981 kV. Penyulang panjang dan drop tegangan yang tinggi tersebut maka menjadi acuan untuk meningkatkan keandalan dan meminimalisir kerugian.

Pemecahan beban penyulang Kalipare telah diberlangsungkan di awal tahun 2020, sehingga di tahun 2021 merupakan waktu menganalisa hasil pemecahan beban penyulang Kalipare yang berada di wilayah kerja ULP Sumberpucung yang akan di dapat dalam analisa ini adalah sistem penyulang saluran udara tegangan menengah menjadi lebih pendek dan tegangan ujung meningkat dari sebelumnya sehingga manfaat dari kegiatan ini adalah meminimalisir energi yang hilang atau yang tidak tersalur akibat gangguan atau pemeliharaan sehingga pelanggan yang mengalami pada listrik akan sedikit dan kepuasan pelanggan menjadi lebih baik..

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Penentuan Arus Tegangan Menengah

Perhitungan jatuh tegangan diawali dengan menghitung arus sisi TM dimulai dari titik pangkal penyulang sampai dengan ujung

penyulang. Arus yang mengalir pada jaringan tegangan menengah tidaklah sama dari pangkal penyulang hingga ujung penyulang. Dengan menggunakan hukum kirchoff I, yaitu jumlah arus masuk sama dengan jumlah arus keluar. Jika ditulis dalam persamaan menjadi sebagai berikut.

$$\sum I_{Masuk} = \sum I_{Keluar} \quad (2-1)$$

2.2 Impedansi Saluran

Impedansi jaringan tersebut besarnya dipengaruhi oleh hambatan (resistansi) serta reaktansi. Besarnya reaktansi penghantar dipengaruhi oleh nilai GMD dan GMR dari jenis penghantar yang digunakan.

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (2-2)$$

Keterangan :
Z : Impedansi (ohm/km)
R : Resistansi (ohm/km)
X : Reaktansi (ohm/km)

Untuk menghitung nilai impedansi saluran, nilai impedansi dikalikan panjang penghantar. Berikut ini persamaan untuk menghitung nilai impedansi saluran:

$$Z_{Saluran} = Z_{Penghantar} \times L \quad (2-3)$$

Keterangan:
Z_{Saluran} : Impedansi pada saluran (Ω)
Z_{Penghantar} : Impedansi pada penghantar (ohm/km)
L : Panjang penghantar (km)

2.3 Jatuh Tegangan pada Jaringan

Drop tegangan/ jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar.

* Korespondensi: imron.ridzki@polinema.ac.id

a) Prodi Jaringan Telekomunikasi Digital, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141
b) Prodi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141
c) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V_{Kirim\ GI}} \times 100\% \quad (2-4)$$

Keterangan :

$\Delta V(\%)$: Jatuh tegangan (%)

ΔV : Jatuh tegangan (V)

$V_{Kirim\ GI}$: Tegangan kirim dari GI (V)

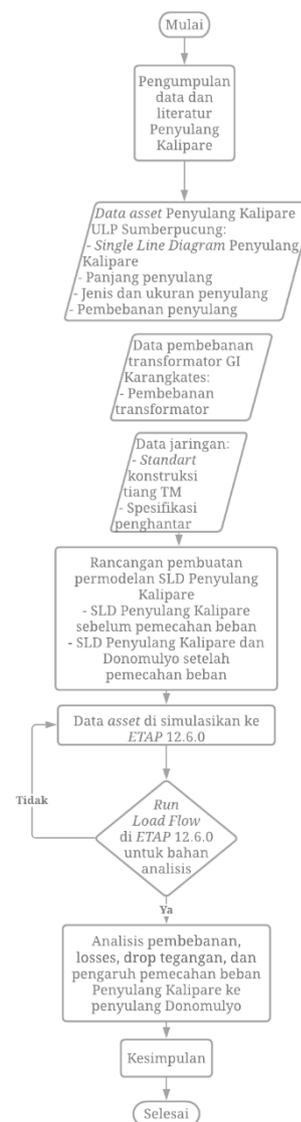
3. Metode Penelitian

Beberapa tahapan langkah penelitian dijelaskan sebagai berikut.

- a. Pendataan *asset* Penyulang kalipare di Sumberpucung, kegiatan ini dilakukan untuk mendaptkan besaran parameter dari data *asset* lapangan di penyulang Kalipare. Parameter data antara lain:
 - 1) Jumlah dan kapasitas trafo distribusi di penyulang Kalipare sejumlah 128 buah dengan kapsitas trafo dstribusi adalah daya 25 KVA, 50 kVA, 100 kVA, 160 kVA dan 250 kVA.
 - 2) Panjang saluran tegangan menengah, untuk panjang jaringan tegangan menengah penyulang Kalipare di Sumberpucung adalah kurang lebih 232,9 kms.
 - 3) Beban penyulang Kalipare, untuk beban penyulang Kalipare di Sumberpucung adalah 161,8 A.
- b. Memodelkan *Single Line Diagram* penyulang Kalipare di Sumberpucung sebelum dan sesudah pemecahan beban secara ETAP. Penyulang Kalipare merupakan penyulang yang bersumber dari GI Karangates dan mensupplay tegangan listrik sampai daerah pantai Ngliyep yang memiliki panjang jaringan kurang lebih 232,9 kms. Beban ttal rata-rata adalah 161,8 *Ampere*. Berikut adalah hasil gambar permodelan secara ETAP 12.6 *Single Line Diagram Penyulang Kalipare* di Sumberpucung sebelum pemecahan beban.
- c. Memasukkan data *asset* penyulang Kalipare untuk parameter jaringan distribusi berupa jumlah dan kapasitas trafo distribusi, beban penyulang Kalipare, panjang jaringan, diameter penampang kabel, kapasitas supply GI Karangates kedalam komponen-komponen perangkat permodelan ETAP penyulang Kalipare. Nilai parameter yang disampaikan dalam laporan peelitian ini dan sebagai input dasar penelitian merupakan data eksisting sesuai dengan kondisi lapangan di tahun 2019 (mengingat pemecahan beban dilakukan di awal tahun 2020)
- d. Dilanjutkan dengan proses running ETAP 12.6 untuk mengetahui nilai tegangan dan aliran daya awal.
- e. Proses pemecahan beban bertujuan untuk memperbaiki kualitas pelayanan disisi paling jauh dari sumber suplai energi listrik. Penyulang Kalipare memiliki panjang 232,9 kms sehingga memberi potensi terjadinya drop tegangan dan besarnya kWh yang tidak tersalur akibat pemadaman atau gangguan penyulang. Berikut adalah hasil running ETAP untuk penyulang Kalipare sebelum pemecahan beban.
- f. Tegangan ujung di tegangan menengah adalah sebesar 17,981 kV seperti yang ditunjukkan oleh anak panah. Dalam segi teknis, selalu diupayakan untuk memperbaiki nilai tegangan agar mendekati tegangan nominal.
- g. Proses permodelan ETAP pemecahan beban penyulang Kalipare berjaln dan menunjukkan nilai tegangan ujung.

Proses pemecahan beban bertujuan untuk memperbaiki kualitas pelayanan pelanggan disisi paling jauh dari sumber suplai energi listrik. Pemecahan beban penyulang Kalipare memiliki panjang 91,28 dan 91,25 kms sehingga memberikan potensi terjadinya drop tegangan dan esarnya kWh yang tidak tersalur akibat pemadaman atau gangguan penyulang. Berikut adalah hasil running ETAP untuk penyulang Kalipare setelah pemecahan beban.

- h. Pengambilan kesimpulan dari hasil pemecahan yang telah dilakukan, hasil kesimpulan menjawab dari tujuan penelitian yang dilakukan sehingga dapat diambil keputusan terkait kelanjutan dari pemecahan beban yang telah dilakukan di tahun 2020 namun belum selesai di tahun 2021. Selain itu, dapat dikembangkan oleh peneliti selanjutnya sebagai penyempurnaan penelitian yang pernah dilakukan. Berikut ini adalah *flowchart* penelitian.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisa Panjang Jaringan dan beban Sebelum Pemecahan Beban.

Parameter data untuk menjalankan sistem simulasi *ETAP* terdiri dari panjang saluran dan beban penyulang, berikut adalah daftar parameter untuk mendukung operasi sistem simulasi *ETAP*.

Tabel 4.1 Parameter Penyulang Kalipare Sebelum Pemecahan Beban

Uraian	Panjang Jaringan (kms)	Arus (A)	Tegangan (kV)	Beban (kW)
Penyulang Kalipare	232,9	161,8	19,992	11057

Parameter di atas merupakan dasar dari *input* data yang digunakan untuk menjalankan aplikasi *ETAP*. Nilai data tersebut diambil berdasarkan data *eksisting* yang ada sehingga hasil dari simulasi *ETAP* menunjukkan nilai yang mendekati sebenarnya jika diplikasikan ke lapangan. Penyulang Kalipare merupakan penyulang yang bersumber dari GI Karangates sampai dengan wilayah pantai Nglileyep, dengan panjang 232,9 kms. Beban penyulang kalipare adalah 11.057 kW. Beban yang cukup besar dengan panjang jaringan distribusi 20 kV yang panjang memiliki potensi rugi-rugi daya yang mengakibatkan *drop* tegangan disisi ujung jaringan atau di daerah Donomulyo hingga arah pantai Nglileyep. Jenis penghantar yang digunakan pada jaringan penyulang kalipare adalah XLPE (kabel tanah) ukuran 150 mm², kabel udara tipe A3C ukuran 35 mm², 70 mm², 110 mm², dan 150 mm², dan tipe A3CS ukuran 150 mm². Diameter penghantar disesuaikan daerah dan beban pelanggan yang dilalui oleh jaringan penyulang Kalipare sesuai dengan parameter sebelum pemecahan beban.

4.2 Analisa Panjang Jaringan dan Beban Setelah Pemecahan Beban

Setelah proses simulasi kondisi awal dari penyulang Kalipare, selanjutnya adalah proses simulasi setelah dilakukan pemecahan beban.

Tabel 4.2 Parameter Penyulang Kalipare dan Donomulyo Setelah Pemecahan Beban Hasil Simulasi *ETAP* 12.6

Uraian	Panjang Jaringan (kms)	Arus (A)	Tegangan (kV)
Penyulang Kalipare	91,28	86,6	19,99
Penyulang Donomulyo	91,25	74,4	20,01

Parameter di atas merupakan hasil simulasi pada aplikasi *ETAP*. *Penginputan* data diambil berdasarkan data *asset* perencanaan dan telah disesuaikan dengan kondisi lapangan.

Tabel 4.3 Parameter Penyulang Kalipare dan Donomulyo Setelah Pemecahan Beban Hasil *Eksisting*

Uraian	Panjang Jaringan (kms)	Arus (A)	Tegangan (kV)
Penyulang Kalipare	126,68	126	20
Penyulang Donomulyo	20,2	22	20

Proses pemecahan beban jaringan ini akan membagi aliran daya penyulang Kalipare menjadi dua jalur jaringan distribusi.

Sistem dua jalur ini untuk mengurangi beban yang dipikul oleh jaringan penyulang sehingga tegangan dan aliran daya yang diterima disisi ujung jaringan menjadi lebih baik. Tegangan sumber ini merupakan tegangan yang secara simulasi terbaca di GI Karangates menuju sisi ujung penyulang Kalipare dan penyulang Donomulyo.

Tujuan dari simulasi setelah dilakukan pemecahan beban adalah untuk mengetahui nilai tegangan dari sisi sumber di sisi ujung jaringan dari penyulang kalipare. Simulasi *ETAP* nilai tegangan disisi sumber dari penyulang kalipare setelah dilakukan pemecahan beban adalah 19,99 dan 20,01 kV. Proses pemecahan beban penyulang kalipare melalui jaringan distribusi 20 kV.

4.3 Perhitungan kWh Tidak Tersalur Akibat Pemadaman Atau Gangguan

Hasil simulasi sebelum dan setelah pemecahan beban penyulang Kalipare di Sumberpucung maka kita dapat menghitung kWh yang tidak tersalur akibat pemadaman ataupun gangguan.

a. Perhitungan kWh tidak tersalur sebelum dilakukan pemecahan beban. Simulasi sebelum pemecahan beban penyulang Kalipare. Penyulang ini di *supply* dari GI Karangates sampai dengan daerah Nglileyep dengan panjang penyulang 232,9 kms dan beban 161,8 A. Sehingga kita dapat mengetahui kWh tidak tersalur akibat pemadaman ataupun gangguan dengan rumus sebagai berikut:

Asumsi gangguan 40,82 menit dan harga rata-rata per kWh adalah Rp1.400,00

$$P = \frac{(V \times I \times T \times \sqrt{3})}{1000}$$

$$= \frac{(19992 \times 161,8 \times 0,68 \times \sqrt{3})}{1000}$$

$$= \frac{(19992 \times 161,8 \times 0,68 \times \sqrt{3})}{1000}$$

$$= 3809,81 \text{ kWh}$$

Atau dalam Rupiah:

= Daya tidak tersalur x harga rata-rata per kWh (dalam Rp)

$$= 3809,81 \times \text{Rp}1.400,00 = \text{Rp}5.333.734,00$$

b. Perhitungan kWh tidak tersalur setelah pemecahan beban di Penyulang Kalipare (lama), menjadi Penyulang Kalipare (baru) dan Penyulang Donomulyo recovery time PT PLN (Persero) ULP Sumberpucung yakni 40,82 (menggunakan recovery time di tahun 2019 dikarenakan merupakan hasil rencana pemecahan yang dinyatakan dalam tahun 2019) menit dan harga per kWh adalah Rp1.400,00

Penyulang Kalipare:

$$P = \frac{(V \times I \times T \times \sqrt{3})}{1000}$$

$$= \frac{(19990 \times 86,6 \times 0,68 \times \sqrt{3})}{1000}$$

$$= \frac{(19990 \times 86,6 \times 0,68 \times \sqrt{3})}{1000}$$

$$= 2.038,92 \text{ kWh}$$

Atau dalam Rupiah

$$= \text{Daya tidak tersalur} \times \text{harga rata rata per kWh (dalam Rp)}$$

$$= 2.038,92 \times \text{Rp}1.400,00 = \text{Rp}2.854.488,00$$

Penyulang Donomulyo:

$$P = \frac{(V \times I \times T \times \sqrt{3})}{1000}$$

$$= \frac{(20011 \times 74,4 \times 0,68 \times \sqrt{3})}{1000}$$

$$= \frac{(20011 \times 74,4 \times 0,68 \times \sqrt{3})}{1000}$$

$$= 1753,522 \text{ kWh}$$

Atau dalam Rupiah

$$= \text{Daya tidak tersalur} \times \text{harga rata rata per kWh (dalam Rp)}$$

$$= 1753,522 \times \text{Rp}1.400,00 = \text{Rp}2.454.510,8$$

- c. Perhitungan kWh tidak tersalur setelah pemecahan beban di Penyulang Kalipare (lama), menjadi Penyulang Kalipare (baru) dan Penyulang Donomulyo recovery time PT PLN (Persero) ULP Sumberpucung yakni 27,69 menit (menggunakan recovery time di tahun 2020 dikarenakan merupakan realisasi dari kinerja recovery time pada tahun 2020) menit dan harga per kWh adalah Rp1.400,00

Penyulang Kalipare:

$$P = \frac{(V \times I \times T \times \sqrt{3})}{1000}$$

$$= \frac{(19900 \times 126 \times 0,46 \times \sqrt{3})}{1000}$$

$$= \frac{(19900 \times 126 \times 0,46 \times \sqrt{3})}{1000}$$

$$= 1997,754 \text{ kWh}$$

Atau dalam Rupiah

$$= \text{Daya tidak tersalur} \times \text{harga rata rata per kWh (dalam Rp)}$$

$$= 1997,754 \times \text{Rp}1.400,00 = \text{Rp}2.796.855,60$$

Penyulang Donomulyo:

$$P = \frac{(V \times I \times T \times \sqrt{3})}{1000}$$

$$= \frac{(20000 \times 22 \times 0,46 \times \sqrt{3})}{1000}$$

$$= \frac{(20000 \times 22 \times 0,46 \times \sqrt{3})}{1000}$$

$$= 350,567 \text{ kWh}$$

Atau dalam Rupiah

$$= \text{Daya tidak tersalur} \times \text{harga rata rata per kWh (dalam Rp)}$$

$$= 350,567 \times \text{Rp}1.400,00 = \text{Rp}490.793,8$$

4.4 Perhitungan Losses Tegangan Menengah

Tabel 4.4 Energi Tidak Tersalur Sebelum dan Setelah Pemecahan Beban Berdasar Simulasi ETAP 12.6

Uraian	Panjang jaringan	Arus	Tegangan	Padam	kWh yang tidak tersalur	
	kms	A	kV	menit	kWh	Rupiah
Penyulang Kalipare (Lama)	232,9	161,8	19,992	40,82	3809,81	Rp5.333.734,00
Penyulang Kalipare	126,835	86,6	19,99	40,82	2.038,92	Rp2.854.488,00
Penyulang Donomulyo	121,225	74,4	20,011	40,82	1753,522	Rp2.454.510,8

Tabel 4.5 Energi Tidak Tersalur Sebelum dan Setelah Pemecahan Beban Berdasar Data Eksisting Kinerja PT PLN (Persero) ULP Sumberpucung

Uraian	Panjang jaringan	Arus	Tegangan	Padam	kWh yang tidak tersalur	
	KMS	A	kV	Menit	kWh	Rupiah
Penyulang Kalipare	126,68	126	20	27,69	1997,754	Rp2.854.488,00
Penyulang Donomulyo	20,2	22	20	27,69	350,567	Rp490.793,8

Tabel 4.6 Losses Sebelum dan Setelah Pemecahan Beban Penyulang Kalipare

Uraian	Daya (kW)	Jam	Hari	kWh	Rp/kWh	Rupiah
Sebelum pemecahan beban	341.5	24	30	245.880	1.400	344.232.000
Setelah pemecahan beban	186.6	24	30	133.920	1.400	187.488.000

Pemecahan beban penyulang Kalipare di Sumberpucung dapat mengurangi losses jaringan tegangan menengah sebesar 111.960 kWh atau dirupiahkan sebesar Rp156.744.000,00.

4.5 Perhitungan Biaya Investasi

Pembangunan jaringan baru sepanjang 1,178 kms dan membutuhkan biaya investasi sebesar Rp21.124.247.696,00 maka akan didapatkan nilai tegangan di angka 20,011 kV dan nilai tegangan ujung di angka 19,241 kV (Penyulang Donomulyo) dibandingkan dengan penyulang eksisting (Penyulang Kalipare Lama) sebelum dilakukan pecah. Di tahun 2021, pembangunan tetap dimasukkan ke dalam rencana jangka panjang/ *workplan* mengingat merupakan upaya yang tepat dalam rangka meningkatkan kinerja Teknik di PT PLN (Persero) ULP Sumberpucung.

5. Kesimpulan

Panjang Penyulang Kalipare lama tercatat 232,9 kms dengan presentase nilai jatuh tegangan sebesar 17,981 kV; 10,05% (berdasar hasil simulasi ETAP 12.6) dan 10,02% (berdasar Data Tegangan Ujung TM PT PLN (Persero) ULP Sumberpucung). Setelah dilakukan pemecahan beban yang menghasilkan Penyulang Kalipare dan Penyulang Donomulyo, nilai jatuh tegangan pada Penyulang Kalipare mengalami penurunan menjadi 18,25 kV; 8,70% (hasil simulasi ETAP 12.6) dan 18,24kV; 8,32% (berdasar Data Kinerja PT PLN (Persero) ULP Sumberpucung), sedangkan pada Penyulang Donomulyo menjadi 19,241 kV; 3,84% (hasil simulasi ETAP 12.6) dan 19,27kV; 3,67% (berdasar Data Kinerja PT PLN (Persero) ULP Sumberpucung). Pemecahan beban juga berpengaruh terhadap nilai jatuh tegangan, walaupun pada Penyulang Kalipare masih belum memenuhi standar, namun sudah mengalami peningkatan keandalan dalam penyaluran energi, sementara untuk penyulang baru yakni Penyulang Donomulyo telah memenuhi standar turun tegangan yang diijinkan.

Perencanaan yang telah disusun pada tahun 2019, belum tereksekusi secara total di tahun 2020, hal ini dapat diketahui panjang Penyulang Kalipare terbaru yakni 126,68 kms (yang seharusnya menjadi 91,287 kms pada perencanaan pemecahan beban), dan panjang Penyulang Donomulyo terbaru yakni 22 kms (yang seharusnya menjadi 20,2 kms).

Meskipun hasil perencanaan pemecahan beban belum sesuai dengan realisasi di lapangan, namun telah memberikan dampak yang cukup signifikan dalam penurunan panjang jaringan dan pembebanan pada Penyulang Kalipare, kWh yang tidak tersalur serta *losses*.

Pemecahan beban akan tetap dilanjutkan disamping berjalannya program perkuatan jaringan di PT PLN (Persero) tiap tahunnya. Hal tersebut dilakukan secara bertahap, mengingat biaya investasi untuk pemecahan beban lebih besar dibandingkan program perkuatan jaringan lainnya, sehingga perlu adanya pertimbangan lebih lanjut terkait investasi pada rencana pemecahan beban, disamping stok material pada UP3 (Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan) yang sedikit, perlu dipikirkan kembali terkait hal yang *urgent* atau bersifat *preventive*.

- [7] PT PLN (Persero). 2010. Buku Jasa Pelatihan dan Pendidikan : Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Jakarta : PT. PLN (Persero)
- [8] Sarimun, Wahyudi. 2016. *Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Depok: Garamond
- [9] I Gede Nadi Arta, dkk., 2019. Rekonfigurasi Jaringan Distribusi pada Penyulang Rumah Sakit Bali Med (RSBM). Universitas Udayana.
- [10] PT PLN (Persero). PT PLN (Persero) ULP Sumberpucung (Beban Januari-Desember 2019)
- [11] PT PLN (Persero). Besaran Tingkat Mutu Pelayanan Tenaga Listrik 2019. PT PLN (Persero)
- [12] PT PLN (Persero). PT. PLN (Persero) ULP Sumberpucung (Data gangguan Januari-Desember 2019)

Daftar Pustaka

- [1] Kadir, Abdul. 2000. *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Universitas Indonesia.
- [2] PT PLN (Persero). 1987. SPLN 64 : Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah. Jakarta : PT. PLN (Persero)
- [3] PT PLN (Persero). 1987. SPLN 72 Spesifikasi Desain untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR). Jakarta Selatan: PT PLN (Persero)
- [4] PT PLN (Persero). 2010. Buku 1 Kriteria Design Enjiniring Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik, Jakarta Selatan: PT PLN (Persero)
- [5] PT PLN (Persero). 2010. *Buku 3 Standar Konstruksi Tegangan Rendah*. Jakarta Selatan: PT PLN (Persero)
- [6] PT PLN (Persero). 2010. Buku 5 : Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik. Jakarta : PT. PLN (Persero)