

# Perancangan Pemasangan *Express feeder* Untuk Perbaikan Profil Tegangan Pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Gardu Hubung Sungguminasa (GHSM) PT. PLN (Persero) ULP Sungguminasa

Nurhaliza Saputri<sup>1)</sup>, Bakhtiar<sup>2)</sup>, Andarini Asri<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

<sup>1</sup>nurhalizasaputri36@gmail.com, <sup>2</sup>bakhtiar.poltekup@gmail.com, <sup>3</sup>andarinasri@poliupg.ac.id

## Abstrak

Penyulang Gardu Hubung Sungguminasa (GHSM) berada dalam layanan PT. PLN (Persero) ULP Sungguminasa yang disuplai oleh gardu induk Sungguminasa dengan pola jaringan radial dengan panjang saluran 24,78 km. Kontinuitas penyaluran daya listrik pada jaringan distribusi salah satunya ditentukan oleh baik atau tidaknya profil tegangan dalam jaringan tersebut sesuai dengan standar yaitu SPLN 72 : 1987 sebesar +5% dan -10%. Panjangnya saluran menjadi salah satu penyebab penurunan profil tegangan pada penyulang GHSM ini, dengan tegangan terima terendah pada bus percabangan yang ditinjau melalui simulasi aliran daya menggunakan *Electrical Transient Analysis Program* (ETAP) 12.6.0 terjadi pada bus B078 sebesar 18,99 kV, dengan kondisi *undervoltage* dan dalam status kritis dengan persentase jatuh tegangan sebesar 5,202% yang melebihi standar 5%. Dalam memperbaiki kondisi tersebut dilakukan pemasangan penyulang langsung (*express feeder*) yang dapat menekan nilai jatuh tegangan yang terjadi. *Express feeder* dipasang secara paralel dengan mengikuti jalur terdekat antara gardu induk dan gardu hubung Sungguminasa. Dengan adanya *express feeder* beban pada penyulang GHSM memiliki 2 suplai yaitu jaringan eksisting dan jaringan yang baru dari *express feeder*. Setelah dilakukan simulasi pemasangan *express feeder* nilai tegangan pada bus percabangan beroperasi dalam kondisi stabil. Tegangan terima pada bus B078 sebesar 19,628 kV dengan persentase jatuh tegangan 2,04%. Dengan demikian profil tegangan pada penyulang Gardu Hubung Sungguminasa (GHSM) dapat diperbaiki sehingga dapat memenuhi standar SPLN 72 : 1987.

**Keywords:** profil tegangan, *express feeder*, ETAP.

## I. PENDAHULUAN

Semakin pesat perkembangan populasi penduduk, gaya hidup, perkembangan industri, serta kegiatan publik dalam suatu kota menjadikan kebutuhan energi listrik semakin meningkat. Penyaluran energi listrik secara garis besar dimulai dari pembangkit tenaga listrik menuju jaringan transmisi kemudian disalurkan oleh jaringan distribusi untuk sampai ke pelanggan (industri, pelayanan publik, perumahan). Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat diperlukan sistem penyaluran energi listrik yang andal serta kualitas tegangan yang baik dan sesuai standar kerja. Dalam menentukan baik atau tidaknya kualitas tegangan pada suatu jaringan distribusi ditentukan oleh interval level tegangan yang telah ditetapkan dalam SPLN, yaitu ; +5% dan -10% (SPLN 72:1987)<sup>[1]</sup>.

Penyulang Gardu Hubung Sungguminasa (GHSM) merupakan salah satu penyulang yang beroperasi di daerah perkotaan dengan jumlah trafo beroperasi sebanyak 65 unit yang melayani pelanggan perumahan serta beberapa fasilitas umum seperti tempat ibadah, bank, rumah sakit, dan fasilitas lainnya dengan panjang saluran yaitu 24,78 kms. Penurunan profil tegangan pada penyulang ini sudah sering terjadi, salah satu penyebabnya yaitu panjang saluran. Fungsi dari ukuran konduktor dan panjang konduktor yaitu impedansi, dimana semakin besar nilai

impedansi maka semakin besar pula nilai jatuh tegangan yang terjadi.

Dalam mempertahankan dan memperbaiki profil tegangan pada jaringan distribusi, metode yang dilakukan yaitu dengan penambahan penyulang ekspres (*express feeder*)<sup>[2]</sup> yang dapat berperan sebagai cadangan saat terjadi gangguan pada salah satu working feeder. Keunggulan dari *express feeder* ini yaitu menjamin sistem tetap bekerja baik saat terjadi pemeliharaan maupun saat terjadi gangguan.

## II. KAJIAN LITERATUR

### A. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem ketenagalistrikan secara umum merupakan suatu sistem yang terdiri dari empat bagian utama yaitu pembangkit listrik, sistem transmisi, sistem distribusi, dan beban. Pada pusat pembangkit terdapat generator dan transformator *step up*, generator berfungsi untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik yang pada umumnya membangkitkan daya listrik dengan tegangan rata – rata 11 kV hingga 25 kV kemudian tegangannya dinaikan oleh transformator *step up* menjadi 66 kV hingga 500 kV. Pada jaringan transmisi tegangan dinaikkan dengan maksud untuk mengurangi jumlah arus yang melewati saluran sehingga dapat memperkecil

kebutuhan luas penampang penghantar yang digunakan, serta untuk memperkecil kerugian daya listrik.

Tegangan tinggi yang melewati saluran transmisi akan menuju pusat – pusat beban yang kemudian tegangan tersebut akan diturunkan lagi oleh transformator *step down* pada gardu induk distribusi menjadi tegangan menengah yaitu 20 kV dan diturunkan lagi pada jaringan distribusi melalui gardu tiang trafo menjadi tegangan rendah 220/380 V yang kemudian akan disalurkan ke pelanggan. Pada jaringan distribusi digunakan tegangan yang lebih rendah karena daya yang didistribusikan oleh masing – masing jaringan distribusi relatif kecil dibanding dengan daya yang disalurkan saluran transmisi, serta menyesuaikan dengan tegangan pelanggan.

### B. Operasi Sistem Distribusi

Suatu sistem distribusi tenaga listrik dituntut dapat memenuhi syarat dasar kebutuhan layanan (*service requirement*) kepada konsumen, antara lain<sup>[3]</sup> :

1. Menjamin kualitas tegangan listrik yang disalurkan ke konsumen
2. Memberikan suplai daya yang tinggi dimana sistem dapat melayani beban secara efektif.

Beban terlayani secara efektif apabila waktu layanan yang tinggi. Beberapa parameter yang harus diperhatikan dalam suatu sistem distribusi yaitu : Kualitas tegangan, rugi – rugi daya pada sistem, dan keandalan.

Struktur sistem jaringan distribusi tenaga listrik 20 kV terdiri dari :

1. JTM (Jaringan Tegangan Menengah), terbagi menjadi:
  - SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah)
  - SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah)
2. GTT (Gardu Trafo Tiang)
3. JTR (Jaringan Tegangan Rendah)
  - SUTR (Saluran Udara Tegangan Rendah)
4. SR (Sambungan Rumah)

Komponen-komponen sistem jaringan distribusi terdiri dari: sistem sub-transmisi, gardu induk distribusi, penyulang primer, trafo distribusi, rangkaian sekunder dan *service drop* <sup>[4]</sup>.

### C. Konfigurasi Jaringan Distribusi

Jenis konfigurasi jaringan distribusi yang umumnya digunakan adalah<sup>[5]</sup> :

1. Jaringan Distribusi Radial
2. Jaringan Distribusi *Loop*
3. Jaringan Distribusi Spindel
4. Jaringan Distribusi *Grid*

### D. Tegangan Lebih (Over Voltage)

Perubahan nilai tegangan yang tinggi melebihi batas nilai maksimum tegangan nominal sangat sering terjadi pada sistem jaringan distribusi, baik yang terjadi secara sesaat yaitu tegangan lebih peralihan (*transient over voltage*) maupun yang terjadi secara bertahan yaitu

tegangan lebih stasioner. Terjadinya tegangan lebih ini pada umumnya disebabkan oleh sistem dan faktor lain di luar dari sistem, yaitu :

- a. Adanya gangguan hubung singkat (*short circuit*) pada kawat penghantar jaringan.
- b. Putusnya kawat penghantar yang panjangnya melebihi batas tertentu.
- c. Adanya kerja hubung yang terjadi karena penutupan atau pembukaan saklar (*switch*) dengan cepat, atau tidak serempaknya pemutusan saklar pemutus jaringan tiga fasa.
- d. Adanya gangguan yang disebabkan peristiwa alamiah yang tidak dapat dikendalikan oleh manusia, seperti sambaran petir.

Tegangan lebih peralihan (*transient over voltage*) merupakan bentuk gelombang tegangan yang berubah-ubah (tidak periodik) yang disebabkan oleh sambaran petir. Sedangkan tegangan stasioner atau tegangan lebih periodik merupakan tegangan lebih yang disebabkan oleh sistem itu sendiri yang terjadi secara bertahan dan cukup lama. Tegangan lebih peralihan (*transient over voltage*) nilainya dapat mencapai 500% dari nilai tegangan nominal, sedangkan tegangan lebih periodik nilainya dapat mencapai 120% sampai 200% dari nilai tegangan nominal.

### E. Tegangan Jatuh (Drop Voltage)

Tegangan jatuh merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar, masalah ini sering terjadi pada sebuah jaringan distribusi, karena jatuh tegangan berkaitan langsung dengan logam penghantar dan arus yang mengalir pada penghantar tersebut. Secara umum, jatuh tegangan berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban, serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar<sup>[6]</sup>. Besarnya jatuh tegangan dapat dinyatakan dalam bentuk persentase maupun besaran volt. Sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh SPLN 1978, batas *drop* tegangan yang terbentuk adalah +5% dan -10%.

Untuk menghitung persentase jatuh tegangan dapat menggunakan rumus sebagai berikut<sup>[7]</sup> :

$$\% \Delta V = \frac{V_S - V_R}{V_S} \times 100\%$$

Dimana :

VS = Tegangan kirim  
VT = Tegangan terima

Rumus untuk menghitung *drop* tegangan pada jaringan tegangan menengah 20 kV 3 fasa, sebagai berikut<sup>[8]</sup>.

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times L \times (R \cos\theta + X \sin\theta)$$

Sedangkan rumus untuk menghitung *drop* tegangan pada jaringan tegangan menengah 20 kV 1 fasa, sebagai berikut :

$$\Delta V = I \times L \times (R \cos\theta + X \sin\theta)$$

Dimana :

- I = Arus beban (Ampere)
- L = Panjang jaringan (km)
- R = Resistansi rangkaian (Ohm/km/fasa)
- $\theta$  = Sudut faktor daya beban
- X = Reaktansi induktif rangkaian(Ohm/km/fasa)

### III. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui simulasi aliran daya menggunakan aplikasi *Electrical Transient Analysis Program (ETAP)* 12.6.0. ETAP merupakan perangkat lunak yang dapat menganalisis aliran daya (*load flow analysis*), arus hubung singkat (*short circuit analysis*), stabilitas transien (*transient analysis*) dan sebagainya. Analisis dilakukan berdasarkan data-data masukan dan diagram segaris (*single line diagram*) sistem. Salah satu kelebihan ETAP tersebut adalah dapat melakukan analisis dengan jumlah bus yang banyak dan sistem yang lebih kompleks<sup>[9]</sup>. Untuk melihat performa sistem dalam kondisi normal (*steady state*) maka dilakukan analisis aliran daya dan dapat dijadikan pedoman atau sebagai data awal untuk memperbaiki mutu tegangan dan dapat digunakan untuk menghitung perencanaan suatu sistem tenaga listrik baru<sup>[10]</sup>.

Penelitian dilakukan dengan mengacu pada beberapa tahapan berikut.

1. Membuat representasi jaringan distribusi penyulang GHSM pada *workspace* ETAP secara lengkap.
2. Memasukkan data setiap komponen dalam sistem yang telah dibuat.
3. Melakukan simulasi aliran daya (*load flow analysis*) untuk mendapatkan nilai tegangan tiap bus percabangan pada penyulang GHSM.

Setelah mendapatkan nilai tegangan bus percabangan dari simulasi yang dilakukan, selanjutnya yaitu menghitung persentase jatuh tegangan pada tiap bus percabangan menggunakan persamaan :

$$\% \Delta V = \frac{V_S - V_R}{V_S} \times 100\%$$

Analisa pemasangan *express feeder* dilakukan berdasarkan hasil perhitungan persentase tegangan tiap bus percabangan apakah kondisi tegangan penyulang sesuai dengan standar tegangan yaitu (+5% or -10%).

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyulang GHSM ini disuplai oleh Gardu Induk Sungguminasa dan melayani 65 unit gardu distribusi. Dalam penelitian ini yang dianalisis adalah kondisi kualitas tegangan pada tiap bus percabangan yang ada di penyulang GHSM ini berdasarkan simulasi aliran daya. Hasil perhitungan dan simulasi ETAP untuk data tiap bus selengkapnya dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Tegangan Tiap Bus Simulasi ETAP Sisi 20 kV (Kondisi Eksisting)

Bus ID	Tegangan Nominal (kV)	Tegangan (kV)	% Tegangan	Beban P (kW)	Beban S (kVAR)
B.GI SGM	20	20.032	100.16	3490	2148
B006	20	19.309	96.545	3363	2087
B008	20	19.309	96.545	54.645	33.993
B013	20	19.184	95.92	3118	1933
B014	20	19.181	95.905	625	393
B017	20	19.175	95.875	592	373
B022	20	19.107	95.535	2300	1418
B028	20	19.072	95.36	2198	1355
B031	20	19.043	95.215	2100	1294
B033	20	19.011	95.055	1202	746
B034	20	19.006	95.03	462	283
B040	20	18.992	94.96	294	180
B055	20	18.993	94.965	664	416
B061	20	18.983	94.915	418	262
B066	20	19.01	95.05	647	391
B073	20	18.993	94.965	538	326
B078	20	18.99	94.95	284	176
B097	20	18.992	94.96	166	105

Persentase tegangan dihitung berdasarkan data hasil simulasi yang didapatkan, dengan tegangan kirim yaitu nilai tegangan dari bus gardu induk ( $V_S = B.GI SGM = 20,032$  kV). Perhitungan persentase jatuh tegangan untuk B006 yaitu :

B006 dengan nilai tegangan yang diterima sebesar  $V_R = 19,309$  V, dan  $V_S = B.GI SGM = 20,032$  V, maka :

$$\% \Delta V = \frac{20,032 - 19,309}{20,032} \times 100\%$$

$$\% \Delta V = 2,89\%$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, maka diperoleh hasil perhitungan persentase jatuh tegangan pada tiap bus percabangan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Persentase Drop Tegangan

Bus ID	VR (Volt)	%ΔV	Kondisi	Status
B006	19.309	3,609	Under Voltage	Marginal
B008	19.309	3,609	Under Voltage	Marginal
B013	19.184	4,233	Under Voltage	Marginal
B014	19.181	4,248	Under Voltage	Marginal
B017	19.175	4,278	Under Voltage	Marginal
B022	19.107	4,618	Under Voltage	Marginal
B028	19.072	4,792	Under Voltage	Marginal
B031	19.043	4,937	Under Voltage	Marginal
B033	19.011	5,097	Under Voltage	Kritis
B034	19.006	5,122	Under Voltage	Kritis
B040	18.992	5,192	Under Voltage	Kritis
B055	18.993	5,187	Under Voltage	Kritis
B061	18.983	5,237	Under Voltage	Kritis
B066	19.01	5,102	Under Voltage	Kritis
B073	18.993	5,187	Under Voltage	Kritis
B078	18.99	5,202	Under Voltage	Kritis
B097	18.992	5,192	Under Voltage	Kritis

Berdasarkan hasil perhitungan tabel 2, jatuh tegangan terbesar terjadi pada bus B061 dengan persentase jatuh tegangan sebesar 5,237% yang tergolong dalam status kritis. Dengan demikian kondisi tegangan dari beberapa bus pada penyulang GHSM melebihi standar toleransi jatuh tegangan sebesar 5% atau tegangan terima tidak kurang dari 19 kV.

Dengan melihat nilai jatuh tegangan dari hasil simulasi kondisi eksisting pada tabel 2, ditemukan 6 bus percabangan dengan kondisi tegangan yang kritis yaitu B040, B055, B061, B073, B078, dan B097. Pemasangan *express feeder* dari gardu induk Sungguminasa ke gardu hubung Sungguminasa dapat dilakukan untuk menurunkan nilai jatuh tegangan pada bus percabangan tersebut, dengan dengan meninjau beberapa hal berikut.

1. Jarak gardu induk Sungguminasa dan gardu hubung Sungguminasa
2. Perubahan konfigurasi saluran pada penyulang GHSM dengan membagi penyulang menjadi 3 jurusan, yaitu : Malino, Basoi, dan Mangasa.
3. Jatuh tegangan akan diminimalkan dengan adanya *express feeder*

Pada pembuatan desain jaringan ini, pembagian jurusan dilakukan dengan tujuan mengurangi jarak gardu induk selaku titik sumber dengan titik beban agar nilai arus yang mengalir pada tiap jurusan sama. Selanjutnya penentuan posisi *express feeder* mengikuti jalur terdekat antara gardu induk dan gardu hubung Sungguminasa.

Dalam pemasangannya *express feeder* dipasang secara paralel dengan mengikuti jalur antara gardu induk dan gardu hubung Sungguminasa. Dengan adanya *express feeder* ini beban pada penyulang GHSM memiliki 2 suplai yaitu jaringan eksisting dan jaringan baru dari *express feeder*. Nilai tegangan tiap bus percabangan saat *express feeder* beroperasi dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Data Tegangan Tiap Bus Simulasi ETAP Sisi 20 kV (Setelah pemasangan *Express feeder*)

Bus ID	Tegangan Nominal (kV)	Tegangan (kV)	% Tegangan	Beban P (kW)	Beban S (kVAR)
B.GI SGM	20	20.036	100.18	3431	2069
B006	20	19.639	98.195	292	182
B008	20	19.634	98.17	54.889	34.035
B013	20	19.626	98.13	630	396
B014	20	19.622	98.11	630	396
B017	20	19.616	98.08	596	376
B022	20	19.614	98.07	509	321
B028	20	19.642	98.21	1142	715
B031 (GHSM)	20	19.66	98.3	1239	775
B033	20	19.676	98.38	3365	2082
B034	20	19.636	98.18	1216	753
B040	20	19.631	98.155	467	285
B055	20	19.619	98.095	298	181
B061	20	19.618	98.09	672	420
B066	20	19.608	98.04	423	265
B073	20	19.645	98.225	654	394
B078	20	19.628	98.14	544	329
B097	20	19.625	98.125	287	178

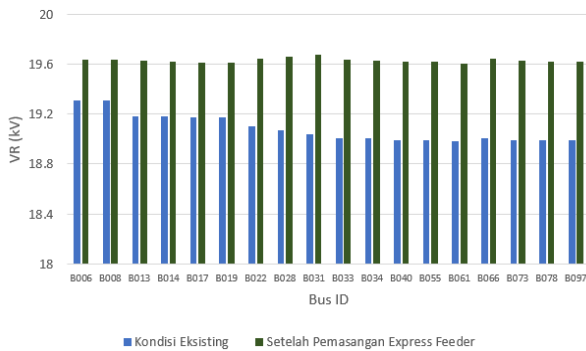
Seperti yang terlihat pada tabel 3 di atas, tegangan operasi pada tiap bus percabangan setelah pemasangan *express feeder* menjadi stabil. Dengan menggunakan rumus yang sama, maka diperoleh hasil perhitungan persentase jatuh tegangan dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Persentase Drop Tegangan (Setelah Pemasangan *Express feeder*)

Bus ID	VR (Volt)	%ΔV	Kondisi
B006	19.639	1.98	Stabil
B008	19.634	2.01	Stabil
B013	19.626	2.05	Stabil
B014	19.622	2.07	Stabil
B017	19.616	2.10	Stabil
B022	19.614	2.11	Stabil
B028	19.642	1.97	Stabil
B031	19.66	1.88	Stabil
B033	19.676	1.80	Stabil
B034	19.636	2.00	Stabil
B040	19.631	2.02	Stabil
B055	19.619	2.08	Stabil
B061	19.618	2.09	Stabil
B066	19.608	2.14	Stabil
B073	19.645	1.95	Stabil
B078	19.628	2.04	Stabil
B097	19.625	2.05	Stabil

Berdasarkan hasil perhitungan tabel 4, nilai jatuh tegangan tiap bus percabangan telah memenuhi standar yaitu tidak melebihi 5% sehingga beroperasi dalam kondisi stabil. Perbandingan nilai tegangan operasi tiap bus percabangan kondisi eksisting dan setelah pemasangan

*express feeder* berdasarkan data hasil simulasi pada tabel 2 dan tabel 4 dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Tegangan Operasi

Berdasarkan grafik di atas, setelah pemasangan *express feeder* nilai tegangan yang diterima pada bus percabangan lebih besar dibandingkan kondisi eksisting yang tanpa *express feeder*. Dengan demikian kualitas tegangan pada jaringan distribusi penyulang GHSM setelah pemasangan *express feeder* menjadi lebih baik atau dalam kondisi stabil.

Dengan adanya *express feeder ini*, penyulang GHSM telah memiliki suplai cadangan. Sehingga apabila terjadi gangguan beban akan tetap terlayani. Serta dapat dioperasikan secara bersamaan untuk mengantisipasi adanya penambahan beban.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, setelah pemasangan *express feeder* pada penyulang GHSM maka dapat diberi beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada saat kondisi eksisting tegangan tiap bus percabangan beroperasi dalam kondisi under voltage dengan bus yang beroperasi dalam status kritis yaitu B040, B055, B061, B073, B078, dan B097. Tegangan terima terendah pada bus percabangan yang ditinjau melalui simulasi aliran daya menggunakan Electrical Transient Analysis Program (ETAP) 12.6.0 terjadi pada bus B078 sebesar 18,99 kV, dengan kondisi under voltage dan dalam status kritis dengan persentase jatuh tegangan sebesar 5,202% yang melebihi standar 5%.
2. Proses perbaikan profil tegangan pada penyulang GHSM ini dilakukan dengan pemasangan *express feeder* secara paralel dari gardu induk Sungguminasa ke gardu hubung Sungguminasa.
3. Setelah dilakukan simulasi pemasangan *express feeder* tegangan terima pada bus B078 sebesar 19,628 kV dengan persentase jatuh tegangan 2,04%. Dengan terpasangnya *express feeder* pada penyulang GHSM, beban memiliki 2 suplai sehingga dapat menekan jatuh tegangan dan sehingga tegangan operasi yang didapatkan lebih optimal dan nilai tegangan operasi berada dalam kondisi stabil.

## UCAPAN TERIMA KASIH

kami tim penyusun juga mengucapkan terima kasih kepada staff dan tim teknik PT. PLN (Persero) ULP Sungguminasa yang telah meluangkan waktu dan ilmunya dalam menyelesaikan penelitian ini.

## REFERENSI

- [1] SPLN-1, *Tegangan Tegangan Standar*. Indonesia, 1995, p. 5.
- [2] Hardianto, Damis, Yohanis Letsion, Frederik Haryanto Sumbang. 2020. *Simulasi Perbaikan Kualitas Tegangan pada Jaringan Distribusi Menggunakan Electrical Transient Analysis Program*. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Musamus.
- [3] Gonen, T. *Electric Power Distribution System Engineering*. Singapore: McGraw-Hill Co. 1986.
- [4] Rabbani, Pudji. 2020. *Analisis Rugi Daya dan Jatuh Tegangan pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Penyulang Barito GI CSW*. Institut Teknologi PLN.
- [5] Fadilah, Anisa Indah. 2020. *Analisis Peningkatan Keandalan dengan Rekonfigurasi Sistem Jaringan Spindle ke Loop Pada Kelompok Pelanggan Premium di PT. PLN Disjaya UP3 Menteng*. Jakarta : Institut Teknologi PLN.
- [6] Kumambow, Jeremy Andrew, Glanny Ch. Mangindaan, S.T., M.T., Ph.D, Ir. Hans Tumaliang, M.T.. *Perbaikan Kualitas Tegangan pada Jaringan Distribusi Primer 20 kV di Kota Ternate*. Teknik Elektro. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- [7] Anugrah, Andri Van, Hamzah Eteruddin, Arleny. 2020. *Studi Pemasangan Express Feeder Jaringan Distribusi 20 kV untuk Mengatasi Drop Tegangan pada Feeder Sorek PT. PLN (Persero) Rayon Pangkalan Kerici*. Program Studi Teknik Elektro. Universitas Lancang Kuning.
- [8] Hadisantoso, Feri Siswoyo. 2016. *Analisa Penurunan Tegangan (Voltage Drop) dan Rugi-rugi (Losses) Penyulang Menggunakan ETAP di Gardu Induk Bandung Selatan*. Politeknik Enjinering Indorama.
- [9] B. Tri Aribowo, S. Setiawidayat, and M. Muksim, "Simulasi Dan Analisis Load Flow Sistem Interkoneksi Kalimantan Timur Menggunakan Software 12.6," in *Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH 2018)*, 2018.
- [10] A. G. Nigara and Y. 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, pp. 7–10, 2015.