

ANALISIS MASUKNYA GARDU INDUK PANGKALPINANG TERHADAP PENINGKATAN KUALITAS DISTRIBUSI 20 KV PENYULANG INDONESIA GARDU INDUK AIR ANYIR

Aprilliadi^{1,a}, Asmar¹, Wahri Sunanda¹

¹⁾Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung

^{a)}Aprilliadi97@gmail.com

ABSTRAK

Gardu Induk Air Anyir memiliki penyulang distribusi terpanjang yang mencapai 80,618 kms daerah pelayanannya mencapai Dusun Tanah Merah Kabupaten Bangka Tengah, penyulang tersebut adalah penyulang Indonesia. Panjangnya penyulang Indonesia ini menyebabkan jatuh tegangan di ujung penyulang Indonesia menjadi 16,699 kV yang artinya tidak sesuai dengan kualitas distribusi SPLN 1:1995. Peningkatan kualitas distribusi penyulang Indonesia ini dilakukan dengan cara simulasi pembagian suplai daya aktif atau suplai paralel dengan gardu induk lain yang letaknya dekat dengan penyulang Indonesia yaitu gardu induk Pangkalpinang. Dilakukan sebanyak 5 simulasi perbaikan yaitu memasukkan *express feeder* dari GI Pangkalpinang ke penyulang Indonesia pada *keypoint* bus percabangan 1, GH Air Itam, percabangan 36, percabangan 42 dan percabangan 45 yang dikombinasikan dengan skenario suplai daya sebesar 3 MW, 4 MW dan 5 MW setiap simulasi. Didapatlah dua skenario terbaik, skenario terbaik pertama berdasarkan rugi daya yang dapat meningkatkan tegangan di ujung penyulang Indonesia dari 16,699 kV menjadi 18,743 kV serta mampu mengurangi rugi daya sebesar 83,6 kW daya aktif dan 28,1 kVAr daya reaktif yaitu dengan memasukkan *express feeder* ke percabangan 42 dengan suplai daya 4 MW dari gardu induk Air Anyir dan 1,465 MW dari gardu induk Pangkalpinang. Skenario terbaik kedua berdasarkan tegangan yang dapat meningkatkan tegangan di ujung penyulang Indonesia menjadi 19,096 kV tetapi menambah rugi daya sebesar 99,4 kW daya aktif dan 239 kVAr daya reaktif yaitu dengan memasukkan *express feeder* ke percabangan 42 dengan suplai daya 5 MW dari gardu induk Air Anyir dan 0,665 MW dari gardu induk Pangkalpinang.

Kata kunci: *Gardu Induk, Penyulang, Jatuh Tegangan, Rugi Daya, Express Feeder.*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan tenaga listrik yang semakin meningkat, menuntut suatu sistem tenaga listrik tetap dapat mempertahankan nilai tegangan tetap berada pada nilai yang telah ditetapkan. Pada penyaluran daya listrik jaringan tegangan menengah (JTM) 20 kV terdapat beberapa indikator kualitas distribusi yaitu kontinuitas pelayanan, nilai tegangan, frekuensi dan kedip tegangan. Dalam kaitannya dengan pengaturan tegangan rekayasa jaringan merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas distribusi 20 kV. Rekayasa jaringan bisa dilakukan dengan penataan ulang, penataan ulang dengan penyulang lain atau memasukkan *express feeder* ke penyulang yang ingin ditingkatkan nilai tegangannya. Apabila kualitas tegangan tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, maka akan mempengaruhi tegangan yang diterima oleh konsumen. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan peningkatan kualitas distribusi 20 kV dengan memasukkan *express feeder* dari gardu induk terdekat pada penyulang Indonesia di PT PLN Area Bangka dengan mengacu pada SPLN No. 1 Tahun 1995 agar dapat melihat nilai kualitasnya demi menjaga suplai listrik ke konsumen.

2. DASAR TEORI

SISTEM TENAGA LISTRIK

Sistem tenaga listrik terdiri dari komponen generator, transformator, beban dan alat-alat pengaman dan pengaturan yang saling berhubungan dan membentuk suatu sistem yang digunakan untuk

membangkitkan, menyalurkan dan menggunakan energi listrik. Terdapat tiga bagian penting dalam proses penyaluran tenaga listrik :

a. Sistem Pembangkitan

Dalam sistem pembangkitan energi mekanik yang berasal dari putaran turbin yang dikopel dengan poros generator dirubah menjadi energi listrik. Pada pusat pembangkitan terdapat mesin-mesin yang membangkitkan tenaga listrik, dilengkapi dengan GI penaik tegangan dimana tegangan rendah yang dihasilkan generator dinaikkan menjadi tegangan tertentu dengan transformator penaik tegangan.

b. Transmisi

Tegangan yang dibangkitkan pusat pembangkit (generator) terbatas dalam belasan kV, sedangkan dalam proses transmisi memerlukan tegangan dari puluhan sampai ratusan kilovolt, sehingga diantara pusat pembangkit dengan saluran transmisi dibutuhkan transformator daya *step up*. Sebaliknya tegangan pada sistem transmisi tenaga listrik berkisar antara puluhan sampai ratusan kV, sehingga diantara transmisi dengan konsumen dibutuhkan transformator daya *step down*. Semua perlengkapan yang terpasang di sisi primer transformator ini harus mampu bekerja pada tegangan tinggi. Transformator daya ini bersama dengan perlengkapannya disebut gardu induk (GI).

c. Distribusi

Pada gardu induk distribusi tegangan diturunkan menjadi 20 kV dengan frekuensi 50 Hz dan kemudian tenaga listrik disalurkan ke jaringan distribusi primer melalui gardu distribusi. Dari gardu distribusi tegangan

diturunkan lagi menjadi 380/220 volt, sehingga langsung ke jaringan distribusi sekunder dan tenaga listrik dialirkan ke konsumen. Dengan demikian sistem distribusi tenaga listrik berfungsi membagikan tenaga listrik kepada pihak pemakai melalui jaringan tegangan rendah (JTR).

STUDI ALIRAN DAYA

Studi aliran daya adalah studi yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya atau tegangan sistem dalam kondisi operasi tunak. Informasi ini sangat dibutuhkan guna mengevaluasi unjuk kerja sistem tenaga dan menganalisis kondisi pembangkitan maupun pembebanan. Analisis ini juga memerlukan informasi aliran daya dalam kondisi normal maupun darurat. Masalah aliran daya mencakup perhitungan aliran dan tegangan sistem pada terminal tertentu atau bus tertentu. Representasi fasa tunggal selalu dilakukan karena sistem dianggap seimbang.

KUALITAS DAYA LISTRIK

Semakin pentingnya peranan tenaga listrik dalam kehidupan sehari-hari, khususnya bagi keperluan industri, maka kualitas tenaga listrik juga menjadi tuntutan yang makin besar dari pihak pemakai tenaga listrik. Kualitas listrik meliputi kontinuitas penyaluran daya yaitu apakah tersedia 24 jam sehari sepanjang tahun, nilai tegangan yaitu apakah selalu ada dalam batas-batas yang diizinkan, nilai frekuensi yaitu apakah selalu ada dalam batas-batas yang diizinkan, kedip tegangan yaitu apakah besarnya dan lamanya masih dapat diterima oleh pemakai tenaga listrik.

DROP TEGANGAN

Drop tegangan termasuk dalam rugi-rugi jaringan. Drop tegangan merupakan kerugian yang bersifat teknis. Ini disebabkan, adanya faktor impedansi (Z) sepanjang saluran yang dialiri arus listrik. Drop tegangan adalah terjadinya selisih nilai tegangan awal jaringan (pusat tenaga, gardu induk, gardu hubung atau trafo tiang) dengan nilai tegangan pada ujung jaringan (beban atau konsumen). Besar drop tegangan yang terjadi bisa disimbolkan dengan ΔV . Drop tegangan yang terjadi pada sistem jaringan distribusi dapat dicari dengan rumus :

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times \ell \times (R \cos\theta + X \sin\theta) \quad (1)$$

Untuk perhitungan jatuh tegangan, resistensi dan reaktansi kedua konduktor perlu diperhitungkan. Kombinasi antara resistansi dan reaktansi disebut dengan impedansi yang dinyatakan dalam satuan ohm dan dapat dihitung dengan rumus :

$$Z = R + jX \quad (2)$$

Reaktansi penghantar untuk jaringan distribusi pada umumnya terdiri dari induktansi, maka reaktansinya disebut induktif (XL) yang dapat dihitung dengan rumus :

$$XL = 2\pi fL \quad (3)$$

Nilai resistansi saluran tiap section juga diperlukan untuk menghitung rugi daya. Nilai resistansi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

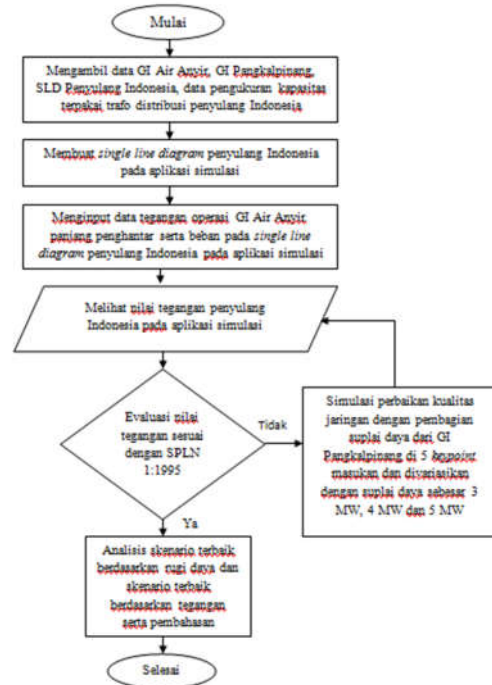
$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (4)$$

Rugi daya tiap penghantar dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_{loss} = I^2 R \quad (5)$$

Turunnya tegangan sering terjadi pada sistem distribusi 20 kV yang kapasitasnya terbatas, sehingga pada jam-jam tertentu (beban puncak) tegangan pada ujung sisi terima semakin rendah, bahkan melampaui batas-batas toleransi, sedangkan pada jam-jam dimana beban listriknya berkurang, tegangan listriknya akan kembali normal.

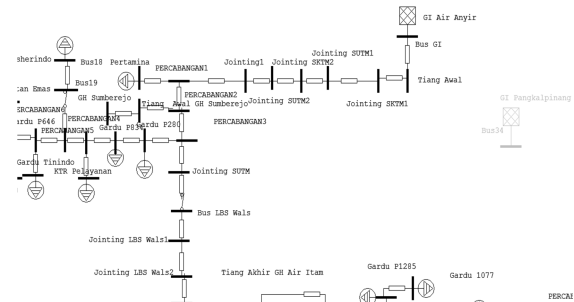
3. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

SIMULASI KONDISI EKSTING



Gambar 2. Simulasi Kondisi Eksisting

Gardu induk Air Anyir difungsikan sebagai *swing bus*. Nilai beban yang dipakai adalah nilai hasil pengukuran tiap-tiap gardu pada penyulang Indonesia dan total daya yang dilayani oleh penyulang Indonesia pada simulasi ini adalah sebesar 5,4 MW yang terbagi di 119 gardu distribusi.

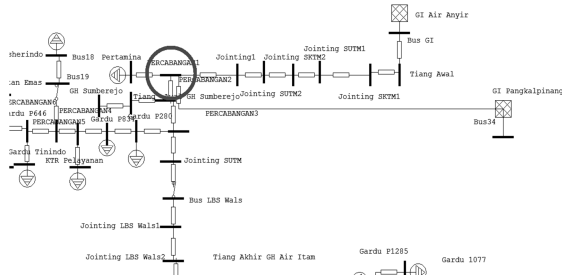
Tabel 1. Bus Tegangan Terendah Kondisi Eksisting

No.	Bus	Tegangan (kV)
1	Gardu P188	16,726
2	Gardu P725	16,723
3	Gardu P627	16,715
4	Gardu P249	16,707
5	Gardu P250	16,701
6	Gardu P251	16,699

Tabel 1 menunjukkan enam bus yang berada pada kondisi kritis dan berada pada tegangan paling rendah

yaitu sebesar 16,699-16,726 kV yang berada pada bus gardu P188 sampai bus P251. Bus-bus ini berada kondisi tegangan kritis yang paling rendah dikarenakan enam bus ini berlokasi paling jauh dengan gardu induk Air Anyir yaitu sejauh 33,235 km.

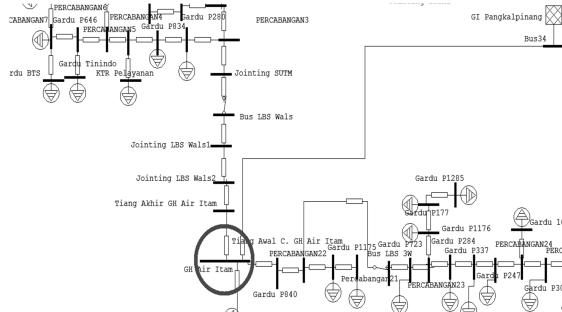
SIMULASI PERBAIKAN 1



Gambar 3. Simulasi Perbaikan 1

Simulasi perbaikan 1 dilakukan dengan memasukkan *express feeder* dari gardu induk Pangkalpinang ke bus percabangan 1 penyulang Indonesia yang ditunjukkan dengan lingkaran hitam pada gambar 3. Bus percabangan 1 merupakan *keypoint* yang paling dekat dengan gardu Induk Pangkalpinang yaitu berjarak 5,2 km. Pada simulasi perbaikan 1 dilakukan 3 skenario suplai daya dari gardu induk Pangkalpinang yaitu 3 MW, 4 MW dan 5 MW.

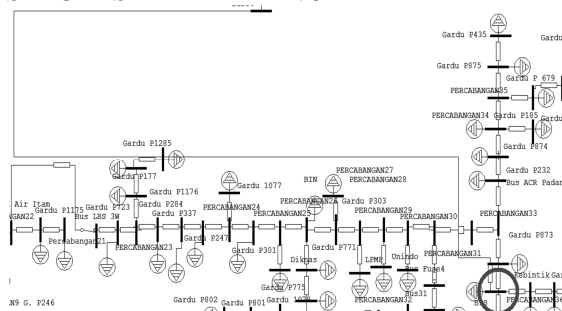
SIMULASI PERBAIKAN 2



Gambar 4. Simulasi Perbaikan 2

Simulasi 2 dilakukan dengan memasukkan *express feeder* dari gardu induk Pangkalpinang ke bus gardu hubung Air Itam penyulang Indonesia yang ditunjukkan dengan lingkaran hitam pada gambar 4. Bus GH Air Itam merupakan percabangan yang memisahkan antara jalur distribusi Komplek Perkantoran Gubernur dan jalur distribusi utama penyulang Indonesia sampai ke daerah Bangka Tengah yang berjarak 23,454 km dari GI Air Anyir. Pada simulasi 2 juga dilakukan 3 skenario suplai daya dari gardu induk Pangkalpinang yaitu sebesar 3 MW, 4 MW dan 5 MW.

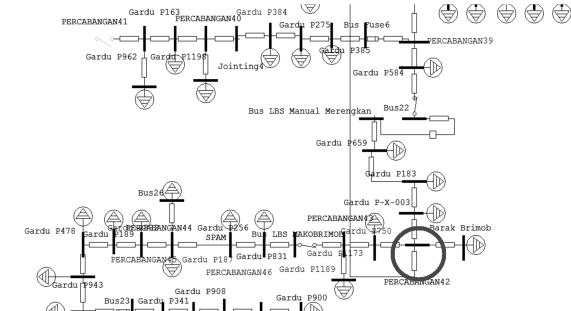
SIMULASI PERBAIKAN 3



Gambar 5. Simulasi Perbaikan 3

Simulasi 3 dilakukan dengan memasukkan *express feeder* dari gardu induk Pangkalpinang ke bus percabangan 36 penyulang Indonesia yang ditunjukkan dengan lingkaran hitam pada gambar 5. Bus percabangan 36 merupakan titik tengah dari banyak percabangan pada jarak 3/5 dari total panjang saluran utama penyulang Indonesia yaitu berjarak 26,717 km dari GI Air Anyir. Pada simulasi 3 juga dilakukan 3 skenario suplai daya dari gardu induk Pangkalpinang yaitu sebesar 3 MW, 4 MW dan 5 MW.

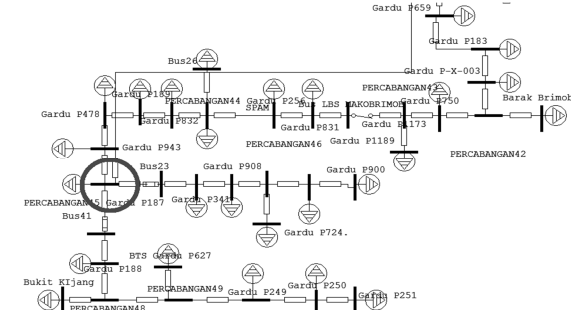
SIMULASI PERBAIKAN 4



Gambar 6. Simulasi Perbaikan 4

Simulasi 4 dilakukan dengan memasukkan *express feeder* dari gardu induk Pangkalpinang ke bus percabangan 42 penyulang Indonesia yang ditunjukkan dengan lingkaran hitam pada gambar 6. Bus percabangan 42 berjarak 3/4 dari total panjang saluran utama penyulang Indonesia yaitu sejauh 29,363 km dari GI Air Anyir. Pada simulasi 4 juga dilakukan 3 skenario suplai daya dari gardu induk Pangkalpinang yaitu sebesar 3 MW, 4 MW dan 5 MW.

SIMULASI PERBAIKAN 5

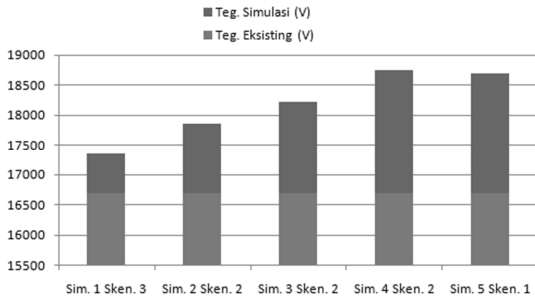


Gambar 7. Simulasi Perbaikan 5

Simulasi 5 dilakukan dengan memasukkan *express feeder* dari gardu induk Pangkalpinang ke bus percabangan 45 penyulang Indonesia yang ditunjukkan dengan lingkaran hitam pada gambar 7. Bus percabangan 45 merupakan percabangan yang berada di ujung penyulang Indonesia tepatnya di daerah yang sudah memasuki Kabupaten Bangka Tengah yang berjarak 31,729 km dari GI Air Anyir. Pada simulasi 5 juga dilakukan 3 skenario suplai daya dari gardu induk Pangkalpinang yaitu sebesar 3 MW, 4 MW dan 5 MW.

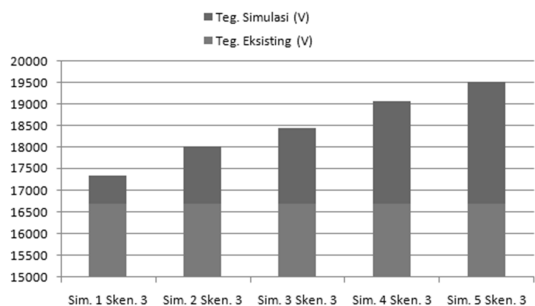
PERBANDINGAN TEGANGAN

Dari 15 skenario perbaikan yang didapat dari 5 simulasi perbaikan dipilihlah dua skenario terbaik dari masing-masing simulasi dengan kriteria skenario terbaik pertama mampu menaikkan tegangan tertinggi sekaligus menurunkan rugi daya dan kriteria kedua mampu membuat paling banyak kondisi bus menjadi bus nominal.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Bus Tegangan Terendah 5 Skenario Terbaik Berdasarkan Rugi Daya

Dari lima skenario terbaik berdasarkan rugi daya didapatkan peningkatan tegangan bus terendah berada pada simulasi 1 skenario 3 yaitu sebesar 0,657 kV diikuti simulasi 2 skenario 2 sebesar 1,152 kV, simulasi 3 skenario 2 sebesar 1,514 kV, simulasi 5 skenario 1 sebesar 1,984 kV dan peningkatan tegangan tertinggi berada pada simulasi 4 skenario 2 yaitu sebesar 2,044 kV.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Bus Tegangan Terendah 5 Skenario Terbaik Berdasarkan Tegangan

Dari lima skenario terbaik berdasarkan rugi daya didapatkan peningkatan tegangan bus terendah berada pada simulasi 1 skenario 3 yaitu sebesar 0,657 kV diikuti simulasi 2 skenario 3 sebesar 1,337 kV, simulasi 3 skenario 3 sebesar 1,750 kV, simulasi 4 skenario 3 sebesar 2,37 kV dan peningkatan tegangan tertinggi berada pada simulasi 5 skenario 3 yaitu sebesar 2,827 kV.

Skenario terbaik pertama adalah simulasi 4 skenario 2 yang mampu meningkatkan tegangan tertinggi sekaligus mengurangi rugi daya yaitu dari 16,699 kV menjadi 18,743 kV dengan pengurangan rugi daya sebesar 83,6 kW dan 28,1 kVAr serta mampu membuat 65 bus nominal dan 129 bus marjinal, yaitu suplai daya dari *express feeder* gardu induk Pangkalpinang sebesar 4 MW ke percabangan 42 penyulang Indonesia dan suplai daya dari gardu induk Air Anyir sebesar 1,465 MW. Skenario terbaik yang kedua adalah simulasi 4 skenario 3 yang mampu meningkatkan tegangan tertinggi sekaligus membuat paling banyak bus menjadi nominal yaitu dari 16,699 kV menjadi 19,069 kV serta mampu membuat sebanyak 86 bus nominal dan 108 bus marjinal tetapi menambah rugi daya sebesar 99,4 kW dan 239 kVAr, yaitu suplai daya dari *express feeder* gardu induk Pangkalpinang sebesar 5 MW ke percabangan 42 penyulang Indonesia dan suplai daya dari gardu induk Air Anyir sebesar 0,665 MW. yang berarti kualitas distribusi 20 kV-nya sesuai dengan SPLN 1:1995 secara keseluruhan

5. PENUTUP KESIMPULAN

1. Peningkatan kualitas distribusi 20 kV penyulang Indonesia terbaik berdasarkan rugi daya berada pada simulasi 4 skenario 2 yaitu suplai daya sebesar 4 MW dari GI Pangkalpinang dan 1,465 MW dari GI Air anyir dengan *keypoint* masukan *express feeder* berada pada bus percabangan 42 yang mampu menaikkan tegangan terendah dari 16,699 kV menjadi 18,743 kV dan mengurangi rugi daya aktif dan reaktif sebesar 83,6 kW dan 28,1 kVAr.
2. Peningkatan kualitas distribusi 20 kV penyulang Indonesia terbaik berdasarkan tegangan berada pada simulasi 4 skenario 3 yaitu suplai daya 5 MW dari GI Pangkalpinang dan 0,665 MW dari GI Air anyir dengan *keypoint* masukan *express feeder* berada pada bus percabangan 42 yang mampu menaikkan tegangan terendah dari 16,699 kV menjadi 19,096 kV serta mampu membuat sebanyak 86 bus nominal dengan penambahan rugi daya aktif dan reaktif sebesar 99,4 kW dan 239 kVAr.

SARAN

Peneliti selanjutnya melakukan peningkatan kualitas distribusi 20 kV penyulang Indonesia dengan metode lain atau tetap dengan cara memasukkan *express feeder* dari GI Pangkalpinang tetapi menggunakan metode kecerdasan buatan.

REFERENSI

1. Referensi Jurnal:

- Abriyanto, Hanung Yoba. 2017. *Analisis Rekonfigurasi Jaringan Sistem 20 kV Bangka untuk Meningkatkan Kualitas Pelayanan Pelanggan*. Jurusan Teknik Elektro UBB. Bangka.
- Maulana, Irfan dkk. 2014. *Simulasi Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV PT. PLN (PERSERO) Rayon Kayu Agung untuk Mengurangi Rugi Daya dan Drop Tegangan Menggunakan Electrical Transient Anatsysis Program (ETAP)7.5.0*. Jurnal Desiminasi Teknologi, Volume 2, No.2, Juli 2014. Palembang.
- Naibaho, Rizky Jefry dan Dian Yayan Sukma. 2017. *Peningkatan Kualitas Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Dengan Optimasi Konfigurasi*. Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau. Riau.
- Sari, Indah Permata. 2017. *Analisis Perencanaan Pembangunan Gardu Induk dan Rekonfigurasi Jaringan 20 kV pada PLN Rayon Pangkalpinang*. Jurusan Teknik Elektro UBB. Bangka.
- Susandri. 2014. *Analisa Jatuh Tegangan pada Penyulang SL 3 Tegangan Menengah 20 kV di Gardu Induk Sungailiat PT PLN (Persero) Bangka*. Jurusan Teknik Elektro UBB. Bangka.
- Tanjung, Abrar. 2014. *Rekonfigurasi Sistem Distribusi 20 kV Gardu Induk Teluk Lembu dan PLTMG Langgam Power untuk Mengurangi Rugi Daya dan Drop Tegangan*. Junal Sains, Teknologi dan Industri, Vol. 11, No.2, Juni 2014. Riau.

Yanuar. 2017. Analisis Perbaikan Drop Tegangan dan Susut Jaringan Penyulang Jambi PLN Area Belitung Menggunakan ETAP. Jurusan Teknik Elektro UBB. Bangka.

Zainuddin, Maummar dan Luhfi Wiraputra. 2016. Analisa Masuknya Gardu Induk Anggrek dan Rekonfigurasi Jaringan Terhadap Kualitas Tegangan dan Rugi-rugi Daya (Study Kasus PLN Rayon Kwandang Area Gorontalo). *Jurnal Rekayasa Elektrika Vol.12, No.3, Desember 2016, hal.83-91. Gorontalo.*

Zebua, Osea dan Made Ginarsa. 2016. Rekonfigurasi Jaringan Distribusi untuk Meminimasi Pada Penyulang Kabut di Gardu Induk Teluk Betung Menggunakan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO). *Jurnal Nasional Teknik Elektro Vol: 5, No.1, Maret 2016. Lampung.*

2. Referensi Buku:

Cekdin, Cekmas. 2010. *Sistem Tenaga Listrik : Contoh Soal dan Penyelesaiannya Menggunakan Matlab.* Andi Offset. Yogyakarta

Gonen, Turan. 1986. *Electric Power Distribution System Engineering.* Mc Graw Hill. New York.

Marsudi, Djiteng. 2005. *Pembangkit Energi Listrik.* Erlangga. Jakarta.

..... 1985. *SPLN Nomor 59 Tahun 1985 Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV.* PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero). Jakarta.

..... 1995. *SPLN Nomor 1 Tahun 1995 Standar-standar Tegangan.* PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero). Jakarta.

..... 2017. *Data Asset Distribusi, Laporan Iktisar Teknik Bulanan.* PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) Area Bangka. Bangka.