



Terbit *online* pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Pengaruh Manuver Jaringan Distribusi 20 kV Terhadap Drop Tegangan dan Rugi-Rugi Daya.

Ermawati^a, Yolnadi^{b*}, Fadhli Palaha^c, Machdalena^d, Irfan Kurniadi Hamzah^e

^{a,b,c,d,e}Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Jl. Dirgantara No. 4 Arengka Pekanbaru, 28125, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 19 Juni 2025

Revisi Akhir: 28 Juni 2025

Diterbitkan *Online*: 29 Juni 2025

KATA KUNCI

Manuver

Penyulang

Jaringan Distribusi

ETAP

*KORESPONDENSI

Telepon: +628127690887

E-mail : yolnadi9@gmail.com

A B S T R A C T

Nilai drop tegangan yang melebihi batas toleransi akan menyebabkan terjadinya pemadaman secara otomatis oleh sistem proteksi, untuk mengurangi daerah pemadaman listrik agar tetap tercapainya kondisi penyaluran tenaga listrik yang efisien dan maksimal salah satu cara dengan memanuver jaringan tersebut. Pada kasus ini Penyulang yang dimanuver adalah penyulang Suka Karya dengan Penyulang Taman Karya yang bertujuan untuk mengurangi pemadaman terutama pada daerah yang memiliki pelanggan prioritas. Untuk mengetahui seberapa besar drop tegangan dan rugi daya yang terjadi saat kondisi sebelum dan sesudah manuver beban pada penyulang ini perhitungan dilakukan dengan menggunakan *software* ETAP, simulasi terhadap penyulang dilakukan sebanyak 10 skenario berdasarkan data dari PT. PLN (Persero). Hasil penelitian ini untuk skenario manuver beban terbaik terdapat pada skenario ke 3 dengan jumlah beban 15610 kVA tidak terdapat drop tegangan yang melebihi batas toleransi dan tidak terjadi overload, sedangkan skenario terburuk terdapat pada skenario ke 1 dengan jumlah beban 23465 kVA terdapat drop tegangan di bus 8 yaitu 10,4% tegangan menurun menjadi 17,921 kV hingga ke bus 4 yaitu 18,17 % tegangan menurun menjadi 16,165 kV akibat dari kondisi jaringan yang mengalami over load. Untuk total rugi daya aktif dan reaktif sebelum manuver beban yaitu 1051,4 kW dan 3037,8 kVAR sedangkan sesudah manuver beban rugi daya aktif dan reaktif tertinggi terdapat pada skenario ke 1 dengan total 3957,4 kW dan 3981,7 kVAR.

1. PENDAHULUAN

Jaringan distribusi merupakan salah satu komponen dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik ke beban atau pelanggan. Salah satu penyebab yang mengakibatkan terputusnya pasokan listrik ke beban adalah *drop* tegangan dan rugi daya (*losses*) yang melebihi batas toleransi 5 % - 10 % .[1]. Besarnya nilai *drop* tegangan dan rugi daya (*losses*) dapat menunjukkan tingkat keandalan sebuah sistem distribusi.[1]

Mengurangi daerah pemadaman listrik agar tetap tercapainya kondisi penyaluran tenaga listrik yang efisien dan maksimal, salah satu cara dengan

memanuver jaringan.[2]. Pada penyulang hanya dapat dilakukan manuver jaringan jika diantara jaringan penyulang tersebut terhubung pada satu *Load Break Switch (LBS)* dan kapasitas jaringan dari penyulang yang akan menerima manuver masih dalam kategori aman atau tidak *overload*.[3]

Pada Penyulang Suka Karya yang mengalami gangguan beban lebih hingga terjadi pemadaman kemudian dilakukan manuver jaringan dengan Penyulang Taman Karya sehingga mengurangi pemadaman terutama daerah yang memiliki pelanggan prioritas Saat manuver jaringan distribusi perlu diperhatikan *drop* tegangan serta rugi daya (*losses*) yang akan timbul akibat dari manuver tersebut. Maka dari itu sangat diperlukan sebuah perhitungan dengan studi yang tepat untuk mengetahui seberapa besar nilai-nilai *drop* tegangan dan rugi daya (*losses*) yang akan terjadi.[4]

Manuver jaringan pada penyulang merupakan salah satu langkah dalam pengoperasian sistem distribusi tenaga listrik untuk mendapatkan keandalan dalam melayani beban pelanggan. Mengingat pentingnya hal ini maka pengoperasian jaringan distribusi harus dapat mengambil tindakan dengan cepat dan tepat dalam melakukan manuver jaringan.

Berdasarkan hal sebelumnya sehingga tujuan dari penelitian, menentukan drop tegangan dan rugi daya sebelum dan sesudah manuver jaringan dari Penyulang Suka Karya dan Penyulang Taman Karya dengan menggunakan simulasi ETAP 12.6.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Fungsi utama sistem distribusi tenaga listrik adalah menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari gardu distribusi ke pelanggan listrik dengan mutu pelayanan yang memadai. Pada sistem distribusi tenaga listrik tingkat keandalan sangat penting dalam menentukan kinerja sistem.

Keandalan tersebut dapat dilihat dari sejauh mana penyaluran tenaga listrik dapat menyalurkan secara terus-menerus kepada konsumen. Permasalahan yang paling mendasar dalam sistem distribusi tenaga listrik terletak pada mutu, kontinuitas dan ketersediaan pelayanan tenaga listrik kepada pelanggan. Estimasi keandalan didasarkan pada sejumlah faktor antara lain karakteristik operasinya, kondisi operasi dan distribusi kegagalannya. Jadi langkah awal dalam melakukan estimasi keandalan suatu sistem distribusi dengan mengetahui karakteristik operasi komponen-komponennya.

2.1.1 Manuver Jaringan Distribusi

Manuver jaringan adalah kegiatan modifikasi operasi normal dari jaringan akibat adanya gangguan atau pekerjaan pada jaringan sehingga tetap tercapainya kondisi penyaluran tenaga listrik yang maksimal atau dengan kata lain mengurangi daerah pemadaman. Kegiatan yang dilakukan dalam manuver [3].

- Memisahkan bagian-bagian jaringan yang semula terhubung dalam keadaan bertegangan atau tidak bertegangan dengan tujuan lebih mengefesienkan lagi jaringan tersebut baik dari segi tegangan maupun daya.
- Menghubungkan bagian-bagian jaringan yang terpisah menurut keadaan operasi normalnya dalam keadaan bertegangan atau tidak bertegangan. Optimalisasi atas keberhasilan manuver dari segi teknis ditentukan oleh konfigurasi jaringan dan peralatan manuver yang tersedia disepanjang jaringan. Peralatan jaringan yang dimaksud adalah peralatan pemutus dan

penghubung yang terdiri dari berbagai macam seperti PMT, *Recloser*, *Load Breaker Switch (LBS)*, *Fuse Cut Out (FCO)*, *Sectionalizer*. Masing-masing peralatan manuver ini memiliki spesifikasi dan fungsi kerja yang berbeda-beda.

Ketika akan melakukan manuver jaringan distribusi yang disebabkan oleh pekerjaan, pemeliharaan jaringan dan gangguan, maka untuk meminimalisir daerah padam pada suatu penyulang, akan ada beberapa beban yang tidak termasuk kedalam daerah atau wilayah gangguan yang dimanuver ke penyulang lain agar tetap memperoleh pasokan energi listrik. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada saat pelimpahan beban antara lain:

- Urutan fasa antar penyulang harus sama
- Tegangan antar penyulang harus sama
- Setting peralatan penyulang seperti *recloser* dan PMT
- KHA Penghantar

2.1.2 Penyulang

Penyulang atau Feeder merupakan saluran yang menghubungkan gardu induk dengan gardu distribusi atau transformator, berfungsi sebagai penyaluran tenaga listrik dari gardu induk ke gardu distribusi, kemudian disalurkan ke pelanggan melalui jaringan distribusi.

2.2 Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan secara umum adalah tegangan yang digunakan pada beban yang ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui tahanan kawat. Jatuh tegangan pada penghantar akan semakin besar jika nilai arus didalam penghantar semakin besar dan jika tahanan penghantar semakin besar. Jatuh tegangan satu phasa dapat dicari menggunakan rumus:

$$\Delta V = I \times Z \quad (1)$$

Jatuh tegangan untuk tiga phasa dapat dilakukan dengan persamaan:

$$\Delta V = 3 \times I \times Z \quad (2)$$

Dimana:

ΔV = Jatuh tegangan (*Volt*)

I = Arus yang mengalir (*Ampere*)

Z = Impedansi saluran $R + jX$ (*Ohm*)

Jatuh tegangan pada saluran adalah selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman dengan tegangan pada ujung penerimaan tenaga listrik. Dengan rumus :

$$\Delta V = V_s - V_R \quad (3)$$

Dimana :

ΔV = jatuh tegangan

V_s = tegangan kirim

V_R = tegangan terima

2.3 Daya

Pada sistem tenaga listrik terdapat perbedaan antara daya atau kekuatan (*power*) dan energi, energi adalah daya dikalikan waktu sedangkan daya listrik merupakan hasil perkalian tegangan dan arusnya, dengan satuan daya listrik yaitu *watt*

yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (*Joule/s*). Daya listrik (*P*) yang dihasilkan oleh arus listrik (*I*) pada tegangan (*V*) dinyatakan dengan persamaan [4]:

$$P = I \cdot V$$

(4)

Dimana :

P = daya (*W*)

I = arus (*A*)

V = tegangan (*V*)

Dalam sistem tenaga listrik arus bolak-balik (*AC*), dikenal adanya 3 jenis daya untuk beban yang memiliki impedansi (*Z*) :

1) Daya Aktif (*P*)

Daya aktif (*Active Power*) disebut juga daya nyata yaitu daya yang dibutuhkan oleh beban. Satuan daya aktif adalah *Watt* dinyatakan dengan persamaan:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

(5)

Daya ini digunakan secara umum oleh konsumen dan dikonversikan dalam bentuk kerja.

2) Daya Reaktif (*Q*)

Daya reaktif adalah daya yang timbul akibat adanya efek induksi elektromagnetik oleh beban yang mempunyai nilai induktif (fase arus tertinggal/*lagging*) atau kapasitif (fase arus mendahului/*leading*). Satuan daya reaktif adalah *VAR* dinyatakan dengan:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi$$

(6)

3) Daya Semu (*S*)

Daya semu adalah perkalian tegangan (*V*) dengan arus (*I*) dalam bentuk bilangan kompleks yang dinamakan dengan daya semu/kompleks dengan simbol (*S*), dalam satuan *Volt Ampere* (*VA*) dinyatakan dengan persamaan :

$$S = V \cdot I$$

(7)

2.4 Rugi – rugi Daya Jaringan Distribusi

Rugi-rugi daya atau *losses* adalah selisih antara daya listrik yang disalurkan dengan daya yang diterima. Terjadinya rugi-rugi ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti jauhnya daerah penyaluran tenaga listrik dari sumber/ pembangkit, ketidakseimbangan beban, umur peralatan, ukuran dan jenis penghantar, dan sebagainya. Rugi-rugi daya tersebut tidak dapat dihilangkan sepenuhnya namun bisa diminimalkan. Pada Tabel 1 presentase kerugian daya yang diijinkan pada saluran distribusi berdasarkan SPLN 43-6:1994 adalah:

Tabel 1. Kerugian Daya Pada Sistem Distribusi

| Distribution System | Losses at full load |
|---------------------|---------------------|
| Cable | 1 % - 4 % |

| | |
|---------------------------|-------------------|
| Transformator | 0,4 % - 3 % |
| Capasitors | 0,5 % - 2 % |
| Low voltage switchgear | 0,13 % - 0,34 % |
| Busbar | 0,05 % - 0,5 % |
| Motor control centers | 0,01 % - 0,4 % |
| Load break switch | 0,003 % - 0,25 % |
| Outdoor circuit breaker | 0,002 % - 0,015 % |
| Medium voltage switchgear | 0,006 % - 0,002 % |

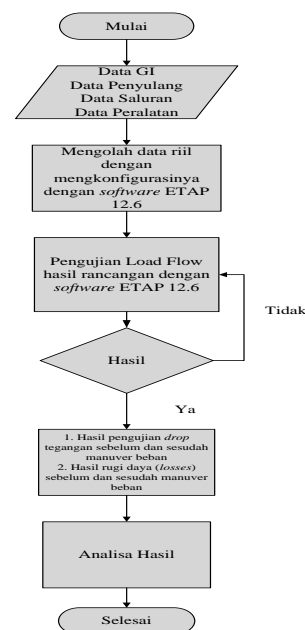
3. METODOLOGI

Penelitian ini berlokasi pada wilayah kerja PT. PLN (Persero) area penyulang Suka Karya dan penyulang Taman Karya wilayah Panam, Kecamatan Tampan, Pekanbaru, Riau. Pangkal penyulang terletak pada Transformator Daya III Gardu Induk Garuda Sakti dengan daya sebesar 60 MVA.

Perancangan skema jaringan Penyulang Suka Karya dan Penyulang Taman Karya menggunakan simulasi *ETAP 12.6* yang dirancang berdasarkan data riil *single line* penyulang, data spesifikasi penyulang dan data beban dari kedua penyulang.

3.1 Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan secara bertahap, untuk lebih jelasnya dapat dilihat diagram alir pada gambar 1.

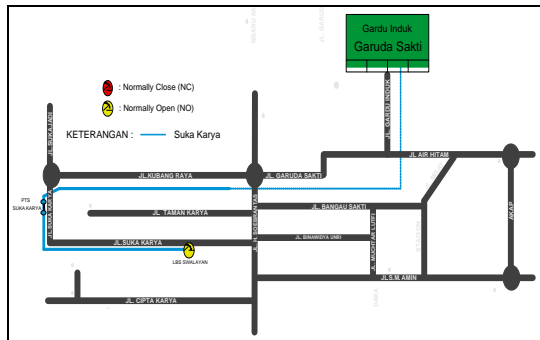


Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Wilayah Pelayanan Penyulang Suka Karya

Jalur penyulang Suka Karya yang pangkalnya terletak pada Transformator Daya III Gardu Induk Garuda Sakti di Jl. Air Hitam melewati Jl. Garuda Sakti km 3 memiliki panjang jaringan sekitar 12 kms untuk saluran bawah tanah (*underground cable*) menuju ke persimpangan Kubang Raya, mulai dari persimpangan ini sudah menggunakan saluran udara tegangan menengah (SUTM), sepanjang Jl. Kubang Raya ini

menjangkau 6 kms, kemudian menuju ke Jl. Suka Karya sepanjang 5 kms, dan berujung pada LBS (*load break switch*) Swalayan yang memisahkan antara penyulang Suka Karya dan Taman Karya.



Gambar 2 Wilayah Pelayanan Penyulang Suka Karya (Sumber: PT. Haleyora Power Region 6 Pekanbaru)

Pada gambar 2 dapat dilihat untuk garis berwarna biru merupakan saluran bawah tanah (*underground cable*) dan garis biru tebal merupakan saluran udara tegangan menengah (SUTM). Pada ujungnya terdapat sebuah LBS (*load break switch*) dengan nama LBS Swalayan dan beroperasi dalam kondisi NO (*normally open*). LBS Swalayan ini merupakan ujung jaringan untuk wilayah pelayanan Penyulang Suka Karya. Pada kondisi ini penyulang Suka Karya terkonfigurasi secara *radial*.

Tabel 2 Spesifikasi Penyulang Suka Karya

| | |
|-------------------------------------|------------|
| Penyulang | Suka Karya |
| Panjang (kms) | 32,75 |
| Jumlah Transformator | 169 |
| Total Kapasitas Transformator (kVA) | 25005 |
| Jenis Konduktor | AAAC |
| Luas Penampang (mm ²) | 50 – 240 |

3.3 Wilayah Pelayanan Penyulang Taman Karya

Pangkal jaringan Wilayah pelayanan penyulang Taman Karya terletak pada Transformator Daya III Gardu Induk Garuda Sakti, sepanjang ± 5 kms menuju HR. Soebrantas menggunakan saluran kabel bawah tanah (*underground cable*), lalu dimulai dari Jl. HR. Soebrantas sudah menggunakan saluran udara tegangan menengah (SUTM), kemudian menuju ke Jl. Suka Karya sepanjang ± 4 kms dan berujung pada LBS NO Swalayan Jl. Suka Karya dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Wilayah Pelayanan Penyulang Taman

Karya

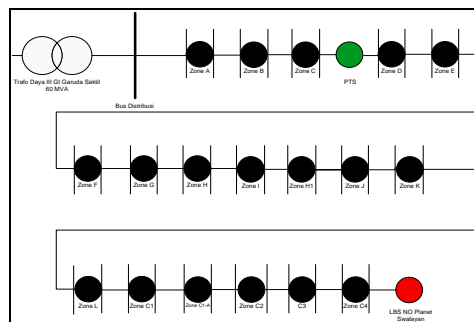
Garis kuning pada gambar 3 merupakan saluran kabel bawah tanah (*underground cable*) dan garis kuning tebal adalah SUTM. Ujung jaringan penyulang Taman Karya yaitu pada *load breaker switch NO* Swalayan yang terletak di Jl. Suka Karya dengan tanda berwarna kuning. Terdapat juga sebuah LBS NC yang ditandai dengan warna merah pada penyulang ini, jika sedang manuver beban (*loop*) maka LBS NC ini akan menjadi NO, namun akan tetap dalam posisi NC jika kondisi normal (*radial*). Penyulang Taman Karya melayani wilayah kelas bisnis, seperti supermarket, klinik, perkantoran, Rumah Sakit Awal Bros Panam serta bisnis lainnya.

Tabel 3 Spesifikasi Penyulang Taman Karya

| | |
|-------------------------------------|-------------|
| Penyulang | Taman Karya |
| Panjang (kms) | 10,6 |
| Jumlah Transformator | 43 |
| Total Kapasitas Transformator (kVA) | 6625 |
| Jenis Konduktor | AAAC |
| Luas Penampang (mm ²) | 150 |

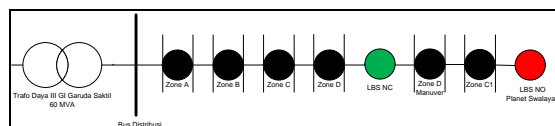
3.4 Diagram Segaris Penyulang

Untuk diagram segaris dari kedua penyulang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Diagram Sistem Radial Penyulang Suka Karya

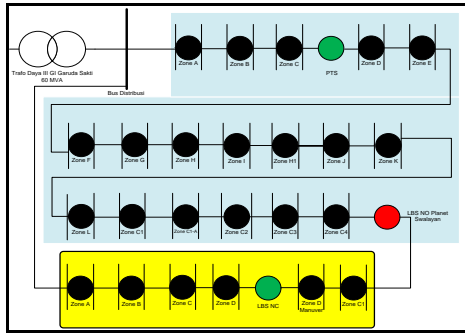
Diagram segaris pada gambar 4 menggunakan sistem *radial* pada Penyulang Suka Karya, terdapat Trafo Daya III GI Garuda Sakti dengan daya 60 MVA, bus distribusi, Zone A hingga Zone C4, sebuah PTS yang ditandai dengan lingkaran berwarna hijau dan sebuah LBS ditandai lingkaran berwarna merah.



Gambar 5 Diagram Sistem Radial Penyulang Taman Karya

Gambar 5 menampilkan diagram segaris sistem radial pada Penyulang Taman Karya, terdapat Trafo Daya III GI Garuda Sakti dengan daya 60 MVA, bus distribusi, Zone A hingga Zone C1, terdapat sebuah LBS NC yang ditandai dengan lingkaran warna hijau dan sebuah LBS ditandai lingkaran berwarna

merah.



Gambar 6 Diagram Sistem Loop Kedua Penyulang

Gambar 6 merupakan diagram segaris sistem loop kedua penyulang, area berwarna biru merupakan Penyulang Suka Karya dan area berwarna kuning merupakan Penyulang Taman Karya. Diagram segaris sistem loop ini akan berfungsi ketika melakukan manuver beban antara kedua penyulang.

3.5 Konfigurasi Gardu Induk

Gardu induk merupakan pangkal dari kedua penyulang, untuk itu gardu induk perlu dikonfigurasi terlebih dahulu. Untuk konfigurasi GI Garuda Sakti dapat dilihat pada tabel

Tabel 4 Konfigurasi Gardu Induk Garuda Sakti

| Data Gardu Induk Garuda Sakti | |
|--------------------------------|---------|
| Tegangan (kV) | 150 |
| Arus Hubung Singkat 1 Fasa (A) | 6350,99 |
| Arus Hubung Singkat 3 Fasa (A) | 9273,25 |

Tabel 5 Konfigurasi Transformator Daya III GI Garuda Sakti

| Data Trafo III GI Garuda Sakti | |
|--------------------------------|-------------|
| Merk | CG Power |
| Jenis | Pasang Luar |
| Standart | IEC |
| Daya (MVA) | 60 MVA |
| Cooling | ONAN |
| Tegangan Operasi (kV) | 150/21 |
| Impedansi (Z) (%) | 12,57 |
| Arus Nominal (A) | 115,5/866 |
| Frekwensi (Hz) | 50 |
| Vektor Group | YnynO |

Tabel 6 Konfigurasi Beban Penyulang Suka Karya

| Zone | Beban (kVA) |
|---------|-------------|
| Zone A | 260 |
| Zone B | 660 |
| Zone C | 620 |
| Zone D | 2700 |
| Zone E | 100 |
| Zone F | 1020 |
| Zone H | 650 |
| Zone I | 1965 |
| Zone HI | 2720 |
| Zone J | 920 |

| | |
|-----------|------|
| Zone K | 2130 |
| Zone L | 460 |
| Zone C1 | 1840 |
| Zone C1-A | 1170 |
| Zone C2 | 2090 |
| Zone C3 | 2390 |
| Zone C4 | 1840 |

3.6. Konfigurasi Kabel

Mengkonfigurasi impedansi per-km untuk setiap kabel yang digunakan oleh kedua penyulang, maka untuk konfigurasi pada cable di software ETAP .

Tabel 8 Konfigurasi Kabel AAAC 240 mm² dan 150 mm²

| Kabel AAAC | Data per Km (ohm) | |
|-------------------------------|-------------------|----------|
| | R (ohm) | jX (ohm) |
| Z1/ Km (240 mm ²) | 0,1344 | 0,3158 |
| Z2/ Km (240 mm ²) | 0,1344 | 0,3158 |
| Z3/ Km (240 mm ²) | 0,2824 | 1,603 |
| Z1/ Km (150 mm ²) | 0,2162 | 0,3305 |
| Z2/ Km (150 mm ²) | 0,2162 | 0,3305 |
| Z3/ Km (150 mm ²) | 0,3631 | 1,6180 |

Tabel 9 Konfigurasi Relayn

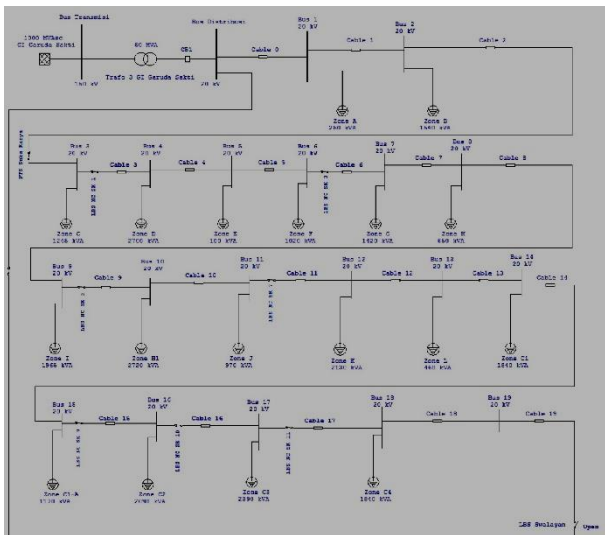
| Karakteristik OCR | Karakteristik GFR |
|------------------------|------------------------|
| I > 480 A | Io > 180 A |
| I >> 4500 A | I >> 3900 A |
| Curve Standard Inverse | Curve Standard Inverse |
| Tms 0,18 | Tms 0,25 |
| t >> 0,10 s | to >> 0 s |

Tabel 10 Konfigurasi Recloser Penyulang Taman Karya

| Penyulang Taman Karya | Bus 17 |
|-----------------------|--------|
| Merk | NOVA |
| OCR | |
| I > | 350 A |
| I >> | 2100 A |
| Kurva | S.I |
| Tms | 0,12 |
| GFR | |
| Io > | 125 A |
| Io >> | 1000 A |
| Kurva | S.I |
| Tms | 0,10 |

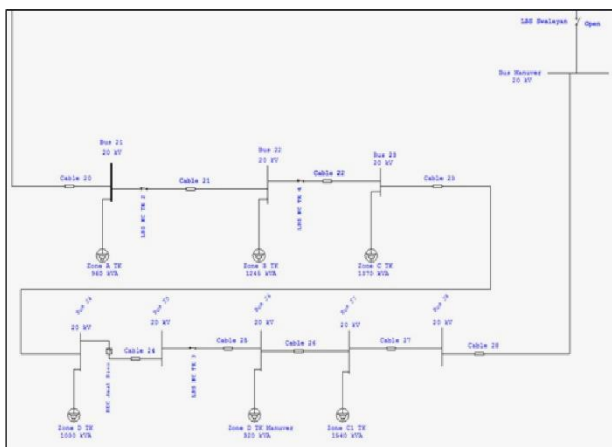
3.7. Single Line Penyulang dengan Software ETAP 12.6

Skema kedua penyulang dirancang menggunakan software ETAP berdasarkan dari kondisi riil-nya yaitu seperti penyulang Suka Karya mempunyai 18 zone yang memiliki total beban 25005 kVA, penyulang ini dibagi menjadi 19 bus dengan total panjang jaringan yaitu 32,7 kms. Jarak antara bus merupakan jarak antara zone yang memiliki nilai yang berbeda-beda. Rancangan sistem radial Penyulang Suka Karya menggunakan software simulasi ETAP 12.6



Gambar 7 Rancangan Penyulang Suka Karya dengan ETAP 12.6

Gambar 7 pangkal jaringan berada pada GI Garuda Sakti dengan Kapasitas 1390,98 MVAsec dengan rating 150 kV lalu ditransmisikan ke Trafo Daya III GI Garuda Sakti 60 MVA, bus transmisi dan bus distribusi dipasang *circuit breaker* untuk memutus aliran jika terjadi *over voltage* transformator, kemudian transformator menurunkan tegangan menjadi 20 kV, tegangan 20 kV ini adalah rating tegangan dari bus distribusi hingga ke bus 19, untuk *cable 0* hingga *cable 19* menggunakan diameter 240 mm². Penyulang Taman Karya mempunyai 6 zone dengan beban 6465 kVA, mulai dari pangkal yaitu *Zone A* hingga ke *Zone C1* yang merupakan perbatasan antara kedua penyulang dengan total panjang jaringan 10,6 kms. Dibawah ini merupakan rancangan sistem *radial* Penyulang Taman Karya menggunakan *software* simulasi ETAP 12.6.



Gambar 8 Rancangan Penyulang Taman Karya dengan ETAP

12.6

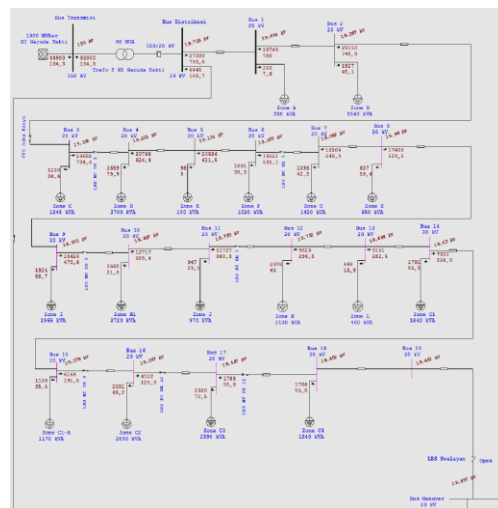
Gambar 8 terlihat pangkal dari Penyulang Taman

Karya yaitu berada di GI Garuda Sakti daya 1390,98 MVAsec dengan rating tegangan 150 kV, bus 21 mendapat suplai tegangan yaitu melalui *cable 20*, dan pembagian bebannya dimulai dari bus 21 dengan beban *Zone A TK* (Taman Karya) sebesar 960 kVA hingga ke bus 25 *Zone C1 TK* dengan beban sebesar 1540 kVA. Kabel yang digunakan pada penyulang ini yaitu mulai dari *cable 21* hingga ke *cable 28* dengan diameter 150 mm² dan panjang kabel sudah sesuai pada Tabel 3.10. Pada rancangan Taman Karya ini ada sebuah *LBS NC* yang pada bus 25 dan berada diantara *Zone D* dan *Zone D Manuver TK*. Diujung jaringan Penyulang Taman Karya terdapat *cable 28* yang menghubungkan bus 28 ke bus manuver, dan terhubung ke *LBS NO*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Running Load Flow Konfigurasi Radial

Hasil *running loadflow* akan menampilkan *drop voltage* kedua penyulang dengan konfigurasi *radial* atau kondisi belum dimanuver. Tampilan hasil *running* konfigurasi *radial* kedua penyulang menggunakan *software* ETAP .

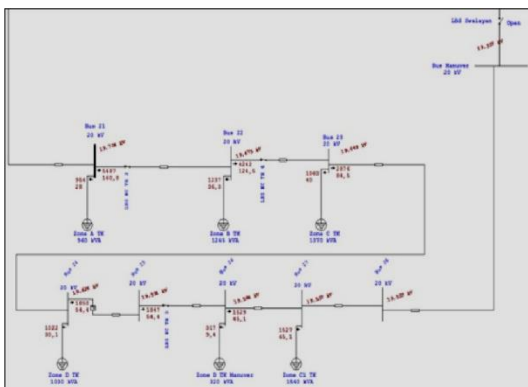


Gambar 9 Run Load Flow Penyulang Suka Karya

Gambar 9 hasil *running loadflow* dari Penyulang Suka Karya secara *radial*, terlihat suplai daya berada pada GI Garuda Sakti 60 MVA 150 kV dan Trafo Daya III menurunkan tegangan menjadi 20 kV. Skema ini tidak ada terjadi *drop* tegangan yang melebihi toleransi, dari bus 1 hingga ke bus 19 semua dengan persentasenya masih berada dibawah 10 % sehingga tidak ada terjadinya *overload* pada jaringan ini, dapat dilihat pada gambar yaitu tidak bus yang berwarna merah, namun untuk buswarna muda menandakan bahwa *drop* tegangan sudah melewati 5 % namun belum menembus 10 %. Bus 1 yang berada dipangkal jaringan ini mengalami *drop* 1,68 % sedangkan bus 19 yang berada diujung mengalami *drop* 7,69 %.

Tabel 11 Hasil Drop Tegangan Penyulang Suka Karya Sistem Radial Setelah Manuver.

| BUS | Tegangan Operasi (kV) | Tegangan Setelah Manuver (kV) | Voltage Drop (kV) | Voltage Drop (%) |
|-----|-----------------------|-------------------------------|-------------------|------------------|
| 1 | 20 | 19,664 | 0,336 | 1,68 |
| 2 | 20 | 19,567 | 0,433 | 2,17 |
| 3 | 20 | 19,391 | 0,609 | 3,04 |
| 4 | 20 | 19,221 | 0,779 | 3,9 |
| 5 | 20 | 19,124 | 0,876 | 4,38 |
| 6 | 20 | 19,067 | 0,933 | 4,67 |
| 7 | 20 | 19,042 | 0,958 | 4,79 |
| 8 | 20 | 18,980 | 1,02 | 5,1 |
| 9 | 20 | 18,915 | 1,085 | 5,43 |
| 10 | 20 | 18,857 | 1,143 | 5,72 |
| 11 | 20 | 18,793 | 1,207 | 6,04 |
| 12 | 20 | 18,752 | 1,248 | 6,24 |
| 13 | 20 | 18,688 | 1,312 | 6,56 |
| 14 | 20 | 18,630 | 1,37 | 6,85 |
| 15 | 20 | 18,578 | 1,422 | 7,11 |
| 16 | 20 | 18,547 | 1,453 | 7,27 |
| 17 | 20 | 18,487 | 1,513 | 7,56 |
| 18 | 20 | 18,462 | 1,538 | 7,69 |



Gambar 10 Run Load Flow Penyulang Taman Karya

Tabel 12 Hasil Drop Tegangan Penyulang Taman Karya Sistem Radial Setelah Manuver

| BUS | Tegangan Operasi (kV) | Tegangan Setelah Manuver (kV) | Voltage Drop (kV) | Voltage Drop (%) |
|-----|-----------------------|-------------------------------|-------------------|------------------|
| 21 | 20 | 19,704 | 0,296 | 1,48 |
| 22 | 20 | 19,675 | 0,325 | 1,63 |
| 23 | 20 | 19,649 | 0,351 | 1,76 |
| 24 | 20 | 19,625 | 0,375 | 1,87 |
| 25 | 20 | 19,591 | 0,409 | 2,04 |
| 26 | 20 | 19,584 | 0,416 | 2,08 |
| 27 | 20 | 19,557 | 0,443 | 2,21 |

Pada tabel 11 dan tabel 12 hasil *voltage drop* merupakan hasil *running load flow* dari konfigurasi *radial* kedua penyulang, hasil dari *running load flow* seperti yang terlihat pada gambar 9 dan Gambar 10 sebelumnya. Pada kedua tabel ini tegangan operasi yaitu 20 kV, *drop* tegangan dibagi menjadi dua kategori yaitu dari segi kV dan dari segi persentasenya.

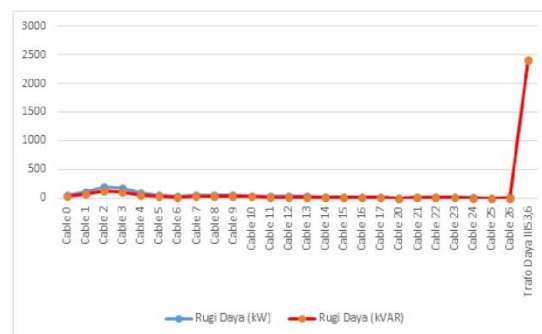
4.2 Hasil Pengujian Rugi Daya (Losses) Sebelum Manuver

Hasil rugi daya pada kondisi sebelum manuver kedua penyulang dalam konfigurasi radial,

Tabel 13 Hasil Pengujian Rugi Daya Sebelum Manuver

| Branch | Losses (kW) | Losses (kVAR) |
|----------------|-------------|---------------|
| Cable 0 | 47,5 | 30 |
| Cable 1 | 111,8 | 70,6 |
| Cable 2 | 190,4 | 120,3 |
| Cable 3 | 175,8 | 111 |
| Cable 4 | 88,2 | 55,7 |
| Cable 5 | 52,4 | 33,1 |
| Cable 6 | 21,1 | 13,3 |
| Cable 7 | 50 | 31,6 |
| Cable 8 | 50,7 | 32 |
| Cable 9 | 40,1 | 25,3 |
| Cable 10 | 36,6 | 23,1 |
| Cable 11 | 21,5 | 13,6 |
| Cable 12 | 27,8 | 17,6 |
| Cable 13 | 24,1 | 15,2 |
| Cable 14 | 17,1 | 10,8 |
| Cable 15 | 8,9 | 5,6 |
| Cable 16 | 11,2 | 7,1 |
| Cable 17 | 2 | 1,3 |
| Cable 20 | 0,1 | 0,0 |
| Cable 21 | 7,3 | 3,8 |
| Cable 22 | 5 | 2,6 |
| Cable 23 | 3 | 1,6 |
| Cable 24 | 2,5 | 0,5 |
| Cable 25 | 0,7 | 0,1 |
| Cable 26 | 2,2 | 0,4 |
| Trafo Daya III | 53,6 | 2411,5 |

Hasil rugi daya (*losses*) pada Tabel 13 dengan total rugi daya sebesar 1051,4 kW dan 3037,8 kVAR dengan dalam bentuk grafik data keseluruhan *branch* yang mengalami *losses*.



Gambar 11 Grafik Hasil Rugi Daya Sebelum Manuver

4.3 Hasil Pengujian Rugi Daya (Losses) Skenario 10

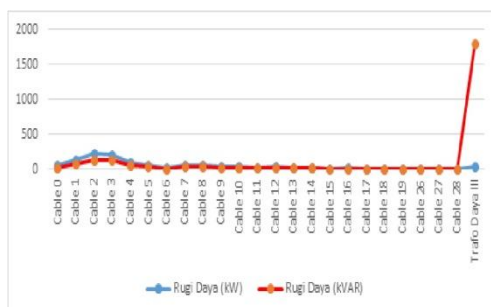
Berikut akan menampilkan hasil rugi daya (*losses*) yang

terjadi pada skenario 10, untuk hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 14 Hasil Pengujian Rugi Daya Skenario Ke 10

| Branch | Losses (kW) | Losses (kVAR) |
|----------------|-------------|---------------|
| Cable 0 | 54,5 | 34,4 |
| Cable 1 | 128,3 | 81 |
| Cable 2 | 220,4 | 139,2 |
| Cable 3 | 205 | 129,5 |
| Cable 4 | 104,9 | 66,3 |
| Cable 5 | 62,4 | 39,4 |
| Cable 6 | 25,3 | 16 |
| Cable 7 | 60,8 | 38,4 |
| Cable 8 | 62,2 | 39,3 |
| Cable 9 | 50,4 | 31,8 |
| Cable 10 | 48,1 | 30,4 |
| Cable 11 | 28,9 | 18,2 |
| Cable 12 | 39,5 | 25 |
| Cable 13 | 34,7 | 22 |
| Cable 14 | 26,7 | 16,9 |
| Cable 15 | 14,9 | 9,4 |
| Cable 16 | 23,3 | 14,7 |
| Cable 17 | 8,2 | 5,2 |
| Cable 18 | 1,6 | 1 |
| Cable 19 | 0,0 | 0,0 |
| Cable 26 | 0,1 | 0,0 |
| Cable 27 | 1,7 | 0,9 |
| Cable 28 | 0,6 | 0,3 |
| Trafo Daya III | 40,1 | 1804,2 |

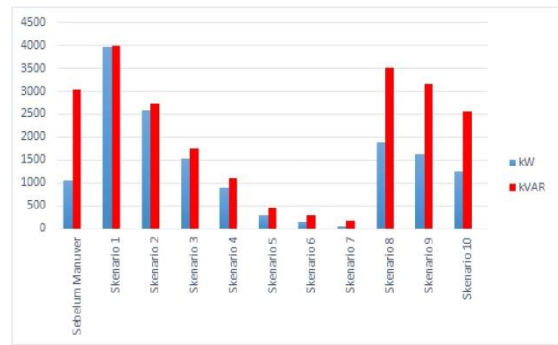
Hasil rugi daya (*losses*) Tabel 14 total sebesar 1242,5 kW dan 2563,5 kVAR dapat dibuat dalam bentuk grafik data keseluruhan *branch* yang mengalami *losses* pada hasil pengujian sesudah manuver beban tiap *cable* seperti pada gambar sebagai berikut.



Gambar 12 Grafik Hasil Rugi Daya Sesudah Manuver

4.4 Perbandingan Total Losses Sebelum dan Sesudah Manuver

Untuk total *losses* dari kondisi sebelum dan sesudah dilakukannya manuver beban Suka Karya ke Taman Karya dan sebaliknya dapat dibuatkan dalam sebuah grafik perbandingan seperti yang terlihat pada gambar .



Gambar 13 Grafik Total Losses Sebelum dan Sesudah Manuver Beban

Gambar 13 menampilkan grafik dari total rugi daya yang terjadi pada kondisi sebelum dan sesudah manuver didapat yaitu untuk total rugi daya terbesar ada pada skenario 1 dengan total *losses* 3957,4 kW dan 3981,7 kVAR, total rugi daya aktif dan reaktif hampir sama, sedangkan untuk rugi daya yang paling rendah ada pada skenario ke 7 dengan total *losses* 59,7 kW dan 164,4 kVAR.

4.5 Analisa Drop Tegangan

Penyulang Suka Karya memiliki panjang jaringan 32,7 kms sedangkan Penyulang Taman Karya memiliki panjang jaringan 10,6 kms. Simulasi untuk Suka Karya ketika kondisi *radial* maka dibagi menjadi 18 bus, dengan jumlah beban dan panjang jaringan yang berbeda. Untuk Taman Karya dibagi menjadi 7 bus dengan beban dan panjang jaringan yang berbeda. Ketika berada dalam sistem *radial*, kedua penyulang ini disuplai oleh GI Garuda Sakti dan dibatasi oleh sebuah *LBS NO*, sehingga *LBS* ini menjadi ujung dari kedua penyulang, sedangkan manuver beban dilakukan menggunakan 10 skenario yang telah ditentukan sebelumnya, maka untuk hasil dari skenario yang sangat layak untuk dilakukan manuver beban dapat terlihat pada tabel 14 berikut.

Tabel 14 Hasil Skenario Manuver Tegangan 20 kV

| | Bus | Drop (%) | Kondisi |
|------------|------------|----------|----------|
| Skenario 1 | 21 | 1,26 | Aman |
| | 22 | 2,11 | Aman |
| | 23 | 3,04 | Aman |
| | 24 | 4,21 | Aman |
| | 25 | 6,15 | Aman |
| | 26 | 6,68 | Aman |
| | 27 | 9,11 | Aman |
| | 28 | 10,4 | Overload |
| | Swalayan | 10,87 | Overload |
| | 19 | 10,87 | Overload |
| | 18 | 12,12 | Overload |
| | 17 | 13,68 | Overload |
| | Skenario 2 | 21 | 0,67 |
| 22 | | 1,39 | Aman |
| 23 | | 2,17 | Aman |
| 24 | | 3,15 | Aman |

| | | | |
|------------|----------|----------|----------|
| Skenario 3 | 25 | 4,74 | Aman |
| | 26 | 5,18 | Aman |
| | 27 | 7,17 | Aman |
| | 28 | 8,22 | Aman |
| | Swalayan | 8,6 | Aman |
| | 19 | 8,6 | Aman |
| | 18 | 9,62 | Aman |
| | 17 | 10,86 | Overload |
| | 16 | 11,99 | Overload |
| | 15 | 12,34 | Overload |
| | 11 | 12,78 | Overload |
| | 10 | 13,77 | Overload |
| | 9 | 13,85 | Overload |
| | 8 | 13,89 | Overload |
| 7 | 13,91 | Overload | |
| Skenario 4 | 21 | 0,1 | Aman |
| | 22 | 0,69 | Aman |
| | 23 | 1,32 | Aman |
| | 24 | 2,1 | Aman |
| | 25 | 3,36 | Aman |
| | 26 | 3,71 | Aman |
| | 27 | 5,28 | Aman |
| | 28 | 6,09 | Aman |
| | Swalayan | 6,38 | Aman |
| | 19 | 6,39 | Aman |
| | 18 | 7,17 | Aman |
| | 17 | 8,11 | Aman |
| | 16 | 8,92 | Aman |
| | 15 | 9,16 | Aman |
| 11 | 9,9 | Aman | |
| 10 | 9,97 | Aman | |
| Skenario 5 | 21 | + 0,38 | Aman |
| | 22 | 0,09 | Aman |
| | 23 | 0,6 | Aman |
| | 24 | 1,21 | Aman |
| | 25 | 2,18 | Aman |
| | 26 | 2,45 | Aman |
| | 27 | 3,66 | Aman |
| | 28 | 4,26 | Aman |
| | Swalayan | 4,48 | Aman |
| | 19 | 4,48 | Aman |
| | 18 | 5,07 | Aman |
| | 17 | 5,75 | Aman |
| | 16 | 6,28 | Aman |
| | 15 | 6,42 | Aman |
| Skenario 6 | 21 | +1,08 | Aman |
| | 22 | +0,77 | Aman |
| | 23 | +0,44 | Aman |
| | 24 | +0,07 | Aman |

| | | | |
|------------|----------|----------|----------|
| Skenario 6 | 25 | 0,49 | Aman |
| | 26 | 0,65 | Aman |
| | 27 | 1,33 | Aman |
| | 28 | 1,65 | Aman |
| | Swalayan | 1,76 | Aman |
| | 19 | 1,76 | Aman |
| | 18 | 2,07 | Aman |
| | 17 | 2,36 | Aman |
| | 16 | 2,5 | Aman |
| | 21 | +1,33 | Aman |
| | 22 | +1,07 | Aman |
| | 23 | +0,82 | Aman |
| | 24 | +0,53 | Aman |
| | 25 | +0,12 | Aman |
| Skenario 7 | 26 | 0 | Aman |
| | 27 | 0,5 | Aman |
| | 28 | 0,71 | Aman |
| | Swalayan | 0,78 | Aman |
| | 19 | 0,78 | Aman |
| | 18 | 0,99 | Aman |
| | 17 | 1,14 | Aman |
| | 21 | +1,62 | Aman |
| | 22 | +1,42 | Aman |
| | 23 | +1,24 | Aman |
| | 24 | +1,05 | Aman |
| | 25 | +0,8 | Aman |
| | 26 | +0,73 | Aman |
| | 27 | +0,44 | Aman |
| 28 | +0,35 | Aman | |
| Skenario 8 | Swalayan | +0,32 | Aman |
| | 19 | +0,32 | Aman |
| | 18 | +0,32 | Aman |
| | 6 | 5,44 | Aman |
| | 7 | 5,6 | Aman |
| | 8 | 6,01 | Aman |
| | 9 | 6,45 | Aman |
| | 10 | 6,85 | Aman |
| | 11 | 7,31 | Aman |
| | 15 | 9,06 | Aman |
| | 16 | 9,36 | Aman |
| | 17 | 10,36 | Overload |
| | 18 | 10,57 | Overload |
| | 19 | 10,85 | Overload |
| Skenario 9 | Swalayan | 10,86 | Overload |
| | 28 | 10,96 | Overload |
| | 27 | 11,25 | Overload |
| | 26 | 11,62 | Overload |
| | 25 | 11,7 | Overload |
| | 24 | 11,97 | Overload |
| | 23 | 12,08 | Overload |
| | 22 | 12,12 | Overload |
| | 6 | 5,06 | Aman |
| | 7 | 5,21 | Aman |
| | 8 | 5,6 | Aman |
| | 9 | 6,01 | Aman |
| | 10 | 6,38 | Aman |
| | 11 | 6,32 | Aman |
| 15 | 8,4 | Aman | |
| 16 | 8,67 | Aman | |
| 17 | 9,28 | Aman | |
| 18 | 9,7 | Aman | |
| 19 | 9,9 | Aman | |
| Swalayan | 9,91 | Aman | |
| 28 | 9,99 | Aman | |
| 27 | 10,22 | Overload | |

| | | | |
|-------------|----------|-------|-----------------|
| | 26 | 10,47 | <i>Overload</i> |
| | 25 | 10,52 | <i>Overload</i> |
| | 24 | 10,69 | <i>Overload</i> |
| | 23 | 10,75 | <i>Overload</i> |
| Skenario 10 | 6 | 4,36 | Aman |
| | 7 | 4,49 | Aman |
| | 8 | 4,83 | Aman |
| | 9 | 5,19 | Aman |
| | 10 | 5,52 | Aman |
| | 11 | 6,86 | Aman |
| | 15 | 7,18 | Aman |
| | 16 | 7,38 | Aman |
| | 17 | 7,81 | Aman |
| | 18 | 8,06 | Aman |
| | 19 | 8,15 | Aman |
| | Swalayan | 8,15 | Aman |
| | 28 | 8,19 | Aman |
| 27 | 8,28 | Aman | |
| 26 | 8,31 | Aman | |

Tabel 14 merupakan hasil dari seluruh skenario manuver tegangan 20 kV, terlihat bahwa skenario yang sangat layak untuk dilakukan manuver beban yaitu pada skenario 3, 4, 5, 6, 7 dan 10, karena tidak terjadi *overload* ketika dilakukan manuver beban, sedangkan untuk skenario 1,2 dan 9 tidak bisa dilakukan karena akan terjadi *overload*. Maka dapat ditentukan bahwa skenario terbaik untuk melakukan manuver beban adalah pada skenario ke 3 karena dengan beban sebesar 15610 kVA yang bisa dilimpahkan namun tidak akan terjadi *overload* pada skenario ini, sedangkan untuk skenario terburuk ada pada skenario ke 1 dengan beban sebesar 23465 kVA yang dilimpahkan akan tetapi *drop* tegangan mulai terjadi dari bus 8 dengan 10,4 % hingga ke bus 4 sebesar 18,17 %, nilai *drop* ini merupakan nilai *drop* tertinggi diantara 10 skenario.

Dari 10 skenario yang sudah dilakukan maka dapat diketahui bahwa semakin panjang jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV dan semakin besar *drop* tegangan akan semakin tinggi nilai *drop* tegangannya sehingga akan menyebabkan *overload* dan akan terjadinya pemadaman.

4.6 Analisa Rugi Daya (*Losses*)

Hasil pengujian rugi daya yang terjadi pada kondisi sebelum manuver dan sesudah manuver. Dimana pada kondisi sebelum manuver total rugi daya (*losses*) yaitu sebesar 1051,4 kW sedangkan total rugi daya reaktif 3037,8 kVAR dan *branch losses* tertinggi terdapat pada *cable 2* dengan nilai 190,4 kW untuk rugi daya aktif, 120,3 kVAR untuk rugi daya reaktif. Sedangkan pada kondisi sesudah manuver total rugi daya tertinggi ada pada skenario ke 1 dengan total rugi daya aktif 3957,4 kW dan rugi daya reaktif 3981,7 kVAR.

Hal ini membuktikan bahwa *losses* terjadi ketika manuver beban akan bertambah seiring dengan jumlah beban dan panjang jaringannya, *losses* tertinggi akan ada pada beban besar dan jarak yang panjang. Maneuver beban berdasarkan hasil dari rugi daya aktif dan reaktif yang terbaik terdapat pada skenario ke 3, karena jumlah beban yang dilimpahkan cukup besar yaitu 15610 kVA dengan total rugi daya aktif 1541,5

kW dan rugi daya reaktifnya 1748,9 kVAR. Untuk hasil pengujian rugi daya semua skenario dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 15 Hasil Rugi Daya (*Losses*) Semua Skenario

| Skenario | Panjang Jaringan (kms) | <i>Losses</i> (kW) | <i>Losses</i> (kVAR) |
|-----------------------------|------------------------|--------------------|----------------------|
| Sebelum Manuver Suka Karya | 32,75 | 1051,4 | 3037,8 |
| Sebelum Manuver Taman Karya | 10,6 | 1051,4 | 3037,8 |
| 1 | 39,5 | 3957,4 | 3981,7 |
| 2 | 36,7 | 2580 | 2726,5 |
| 3 | 33,2 | 1541,5 | 1748,9 |
| 4 | 30,5 | 878,6 | 1096,3 |
| 5 | 22,6 | 277,2 | 450,2 |
| 6 | 18,1 | 151,2 | 294,8 |
| 7 | 13,8 | 59,7 | 164,4 |
| 8 | 43,15 | 1900,2 | 3518,8 |
| 9 | 41,45 | 1643 | 3163 |
| 10 | 37,35 | 1242,5 | 2563,5 |

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data yang dilakukan dengan menggunakan software ETAP, dapat disimpulkan bahwa kondisi sebelum manuver beban tidak ada *drop* tegangan yang terjadi pada penyulang Suka Karya dan penyulang Taman Karya karena tidak adanya bus yang mengalami *overload*, namun pada kondisi setelah manuver beban yang dilakukan sebanyak 10 skenario, skenario terbaik didapat pada skenario ke 3 dengan jumlah beban yang dilimpahkan sebesar 15610 kVA, skenario ini tidak menimbulkan *overload* dan *drop* tegangan yang melebihi toleransi, sedangkan skenario terburuk didapat pada skenario ke 1 dengan beban sebesar 23465 kVA, skenario ini menimbulkan *drop* tegangan mulai dari bus 8 hingga ke bus 4 dengan nilai *drop* tegangan sebesar 10,4 % di bus 8 dan 18,17 % di bus 4. nilai ini merupakan yang paling tinggi akibat dari terjadinya *overload*. Sedangkan hasil pengujian *losses* pada kondisi sebelum manuver yaitu sebesar 1051,4 kW untuk daya aktif dan 3037,8 kVAR untuk daya reaktif, dengan titik *losses* tertinggi terdapat pada *branch cable 2* yaitu 190,4 kW untuk rugi daya aktif sedangkan 2411,5 kVAR untuk rugi daya reaktif. Untuk hasil pengujian *losses* pada kondisi sesudah manuver dengan total rugi daya tertinggi terdapat pada skenario ke 1 yang memiliki nilai rugi daya aktif sebesar 3957,4 kW dan rugi daya reaktif sebesar 3981,7 kVAR, hal ini disebabkan oleh besarnya pelimpahan beban yang diterima oleh Penyulang Taman Karya,

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PUIL, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)," *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2000, no. PUIL, hal. 1–133, 2000.

- [2] N. Hidayah dan A. Budi Muljono, "ANALISIS MANUVER JARINGAN TERHADAP KEANDALAN KONTINUITAS PENYALURAN TENAGA LISTRIK PENYULANG DI AREA AMPENAN [Analysis of Network Maneuvers Toward Continuity Reliability of Feeders Electric Power Transmission in Ampenan Area]," vol. 3, no. 1, hal. 109–115, 2017.
- [3] A. Jamaah, "Analisa Beban Section untuk Menentukan Alternatif Manuver Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang BRG-3 PT PLN (Persero) Unit Layanan Salatiga," *JTET (Jurnal Tek. Elektro Ter., hal. 159–173, 2013, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/jtet/article/view/46>*
- [4] L. S. P. S. M. Nolki Jonal Hontong, Maickel Tuegeh ST. MT., "Analisa Rugi Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Di Pt. Pln Palu," *J. Tek. Elektro dan Komput., vol. 4, no. 1, hal. 64–71, 2015.*
- [5] W. A. Oktaviani, D. G. Saputri, dan T. Barlian, "Analisis Drop Tegangan Dan Manuver Jaringan Pada Penyulang Kikim Dan Parkit Di Pt. Pln (Persero) Area Palembang," *Electrician, vol. 13, no. 3, hal. 83–88, 2019.*
- [6] G. Induk Bandung Selatan dan F. Siswoyo Hadisantoso, "Analisa Penurunan Tegangan (Voltage Drop) dan Rugi-rugi (Losses) Penyulang Menggunakan ETAP di Gardu Induk Bandung Selatan," *Elektra, vol. 1, no. 2, hal. 42–53, 2016.*
- [7] P. Kls *et al.*, "Analisa Perbaikan Susut Teknis Dan Susut Tegangan Pada Penyulang Kls 06 Di Gi Kalisari Dengan Menggunakan Software Etap 7.5.0," *Transmisi, vol. 17, no. 3, hal. 135-140–140, 2015.*
- [8] M. Fikri dan D. Anggani, "Metode Newton Raphson Untuk Analisis Aliran Daya Jaringan Distribusi 12,66 kV," *J. Ilm. SUTET, vol. 8, no. 2, hal. 114–121, 2018.*
- [9] Anton Firmansyah, D. Andika Pratama, dan M. R. Ismail, "Influence of Maneuvering Singa Feeder at Bukit Siguntang Substation on Power Shrinkage Using ETAP 19.0.1," *Int. J. Res. Vocat. Stud., vol. 1, no. 4, hal. 16–21, 2022, doi: 10.53893/ijrvocas.v1i4.70.*
- [10] M. Q. Shipa dan A. Gifson, "Simulasi Etap 12.6 Pada Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Kota Payakumbuh," *Semnas Ristek (Seminar Nas. Ris. dan Inov. Teknol., vol. 6, no. 1, hal. 821–825, 2022, doi: 10.30998/semnasristek.v6i1.5813.*
- [11] P. Teknik, F. Teknik, dan U. I. Kalimantan, "Terhadap Indeks Keandalan Penyulang Bt07," hal. 19–27.
- [12] A. G. Bagaskara dan R. Risfendra, "Sistem Pengaturan Proteksi Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 KV Menggunakan Arduino Mega 2560," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones., vol. 2, no. 2, hal. 198–203, 2021, doi: 10.24036/jtein.v2i2.165.*
- [13] I. G. N. Indra Wiguna, I. G. Dyana Arjana, dan T. G. Indra P, "Analisa Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV Pada Penyulang Berawa Untuk Menurunkan Losses dan Drop Tegangan Penyaluran Tenaga Listrik," *J. SPEKTRUM, vol. 6, no. 2, hal. 67, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i02.p10.*