



Analisis Penempatan Recloser Terhadap Keandalan Sistem Tenaga Listrik Di ULP Sungguminasa

Satriani Said Akhmad¹, Nurhidayanti², Nirwan A Noor³

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, Indonesia

e-mail: ¹satrianisaid86@gmail.com, ²nurhidayanty940@gmail.com, ³nirwanpnup@gmail.com

Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan analisis penempatan recloser terhadap keandalan sistem tenaga listrik di ulp sungguminasa khususnya di penyulang Tamarunang. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan penentuan recloser yang baik pada penyulang Tamarunang guna untuk meningkatkan keandalan pada penyulang tersebut. Setelah melakukan perhitungan secara manual dengan menggunakan metode Failure Modes And Effect Analysis (FMEA) nilai SAIDI 24,1 jam/tahun, SAIFI 3,2 kali/tahun, dan CAIDI 7,2 jam/pelanggan. Kemudian dilakukan simulasi pada Software ETAP 12.6, sebelum penempatan recloser nilai SAIFI yang diperoleh pada simulasi etap yaitu 2,0617 kali/tahun, SAIDI 24,9226 jam/tahun, maka dari itu nilai SAIFI sudah memenuhi standar sedangkan untuk nilai SAIDI belum memenuhi SPLN. Kemudian setelah dilakukan penambahan recloser yang memisalkan 2 skenario pada beberapa titik maka diperoleh nilai SAIDI, SAIFI, dan CAIDI mengalami perubahan nilai, nilai SAIDI, SAIFI dan CAIDI terkecil yaitu pada lokasi REC4 + DCC1.

Kata kunci - Penempatan recloser, FMEA, Keandalan, Software ETAP.

Abstract

In this research, an analysis about recloser placement is done for the reliability of electric power system in ULP Sungguminasa especially in Tamarunang feeder. The purpose of this research is to determine where recloser is best placed in Tamarunang feeder to increase the reliability in the feeder. After doing calculations using Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) method manually, the value of SAIDI is 24,1 hours/year, SAIFI is 3,2 times/year, and CAIDI 7,2 hours/customer. Then a simulation is done on ETAP 12.6 Software, before the placement of recloser, the value of SAIFI obtained on ETAP simulation is 2,0617 times/year, SAIDI 24,9226 hours/year, therefore the value of SAIFI has met the standard while the value of SAIDI has not yet met SPLN. Then after adding recloser which supposed 2 scenarios at several points then the values of SAIDI, SAIFI, and CAIDI are decreased and some have increased, the smallest SAIDI, SAIFI and CAIDI values are at REC4 + DCC1.

Keywords - Recloser placement, FMEA, Reliability, ETAP Software

1. PENDAHULUAN

Kebanyakan gangguan pada saluran udara tegangan disebabkan oleh sentuhan pohon, apalagi saluran udara tegangan menengah banyak berada di dalam kota yang memiliki bangunan tinggi dan pohon yang lebih tinggi dari tiang saluran udara tegangan menengah. Maka hal ini menyebabkan saluran udara tegangan menengah yang ada di dalam kota banyak terlindung terhadap sambaran petir akan tetapi banyak diganggu sentuhan pohon.

Untuk daerah di luar kota selain gangguan sentuhan pohon juga sering terjadi gangguan yang disebabkan karena petir. Gangguan karena petir maupun karena sentuhan pohon ini bersifat sementara, maka dari itu penggunaan penutup balik otomatis (*recloser*) akan mengurangi waktu pemutusan penyediaan daya. Pemadaman listrik yang sering dengan waktu padam yang cukup lama dengan tegangan listrik yang tidak stabil, merupakan refleksi dari keandalan dan kualitas listrik yang kurang baik, dimana berakibat langsung oleh pelanggan.

Sebagus apapun saluran distribusi yang terpasang selalu memerlukan alat proteksi diantaranya adalah *recloser*. Tujuan pengamanan sistem tenaga listrik adalah dapat menjamin penyaluran tenaga listrik, artinya bila terjadi gangguan (misalnya gangguan pada sistem distribusi) jika mungkin tidak menimbulkan



pemutusan daya, ataupun bila terpaksa, pemutusan tersebut diusahakan sesingkat mungkin. *Recloser* inilah yang digunakan untuk memberikan perintah memutus atau menghubungkan daya secara otomatis. Dengan penambahan reley penutup balik maka gangguan sementara tidak mengakibatkan pemutusan daya secara menyeluruh, atau hanya pemutusan daya dalam waktu yang sangat singkat.

1.1 Pengacuan Pustaka

Sistem Distribusi termasuk bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik mulai dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai pada konsumen. Adapun fungsi distribusi tenaga listrik yaitu; 1) pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke suatu tempat (pelanggan), dan 2) merupakan dari sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat pelanggan dilayani langsung melalui jaringan distribusi. Tenaga listrik yang dihasilkan pada pembangkit tenaga listrik besar yaitu dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV tegangannya dinaikkan pada gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154 kV, 220 kV atau 500 kV disalurkan disalurkan melalui saluran transmisi[1].

Recloser berfungsi untuk memisahkan daerah atau jaringan yang sistemnya mengalami gangguan secara cepat sehingga dapat memperkecil daerah yang terganggu pada gangguan sesaat, *recloser* ini akan memisahkan daerah gangguan secara sesaat sampai gangguan itu akan dianggap hilang, maka dari itu *recloser* akan masuk kembali sesuai setelahnya yang telah diatur sehingga jaringan akan aktif kembali secara otomatis.[2]

Adapun prinsip kerja *recloser* tidak terlepas dari adanya *relay* penutup balik (*reclosing relay*). *Recloser* ialah penggabungan OCR (*Over Current Relay*) dan GFR (*Ground Fault Relay*) *recloser* dapat masuk kembali secara otomatis jika gangguannya bersifat temporer. Dalam operasi buka tutup pada *recloser* berlangsung selama beberapa kali. Apabila yang terjadi adalah gangguan yang sifatnya permanen, *recloser* akan *lock out*. *Recloser* dapat dinormalkan (*close*) kembali dengan menarik tuas pada *recloser*, atau dengan menekan tombol *close* di kotak panel kontrol di *recloser* tersebut terpasang[3]

Keandalan sistem tenaga listrik merupakan sebagai suatu kemampuan sistem untuk bekerja yang di sesuaikan dengan fungsinya dalam kurung waktu tertentu. Nilai suatu keandalan sistem dapat dilihat oleh beberapa banyak sistem mengalami gangguan dan seberapa sering gangguan terjadi dalam satu satuan waktu. Jadi cara untuk mengetahui keandalan suatu penyulang, dapat ditetapkan suatu indeks keandalan yaitu dengan membandingkan penampilan suatu sistem distribusi. Indeks keandalan pada dasarnya adalah suatu angka atau parameter yang menunjukkan tingkat pelayanan atau tingkat keandalan oleh suplai tenaga listrik sampai ke konsumen. Indeks - indeks keandalan yang sering dipakai dalam suatu sistem distribusi adalah SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*), SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), dan CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*).[4]

FMEA (*Failur Modes and Effect Analysis*) merupakan suatu bentuk pendekatan yang melibatkan analisa bottom-up, bertujuan untuk mengidentifikasi suatu mode kegagalan penyebab, maupun dampak kegagalan yang ditimbulkan oleh tiap-tiap komponen terhadap sistem. Dengan kata lain, FMEA mempertimbangkan kegagalan sistem sebagai hasil dari kegagalan komponen-komponen penyusun tersebut[5].

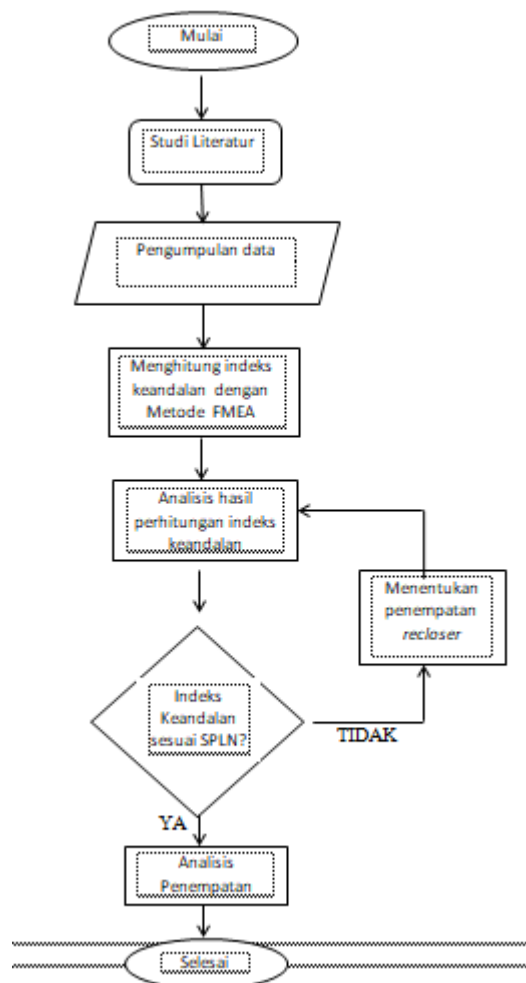
2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, teknik atau metode yang digunakan untuk mengumpulkan data, yaitu :

1. Wawancara, metode wawancara dilakukan dengan pihak-pihak terkait yaitu para pegawai ULP Sungguminasa pada bidang teknik untuk mendapatkan penjelasan secara jelas dan detail terkait penempatan *recloser* yang baik.
2. Observasi, yaitu melakukan pengamatan langsung pada PT.PLN (Persero) ULP Sungguminasa yang menjadi obyek penelitian khususnya pada penyulang Tamarunang.
3. Dokumentasi, yaitu metode untuk memperoleh dokumen atau arsip yang relevan dengan tujuan penelitian.

Dalam penelitian ini, uraian prosedur pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Tahap pertama, penulis melakukan studi literatur dengan mengumpulkan beberapa referensi dalam bentuk jurnal yang memiliki kaitan dengan judul tugas akhir.
2. Tahap kedua, penulis melakukan pengumpulan data di PT.PLN (Persero) ULP Sungguminasa. Adapun data yang dibutuhkan :
 - a. *Single Line Diagram* pada penyulang Tamarunag
 - b. Data pembebanan trafo distribusi
 - c. Rekap data pemadaman
 - d. Data jumlah pelanggan
 - e. Data panjang saluran
3. Tahap ketiga, pengolahan data. Penulis melakukan perhitungan nilai SAIDI, SAIFI, CAIDI secara manual menggunakan metode FMEA, kemudian melakukan penempatan *recloser* dengan simulasi *software* ETAP di berbagai titik lokasi, kemudian memilih titik lokasi dengan nilai SAIDI, SAIFI terkecil, lalu menghitung kembali secara manual nilai SAIDI, SAIFI setelah penempatan *recloser*.
4. Tahap keempat, analisis dan kesimpulan. Penulis melakukan analisis serta menarik kesimpulan penempatan *recloser*



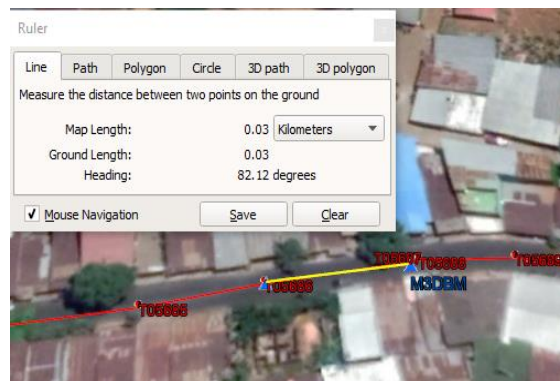
Gambar 1. Diagram Alir (Flowchart) Metode Pelaksanaan Penelitian

3. PEMBAHASAN DAN HASIL

A. Evaluasi Keandalan Menggunakan Metode Failure Modes And Effect Analysis (FMEA)

Penyulang Tamarunang merupakan salah satu penyulang yang disuplai dari GI Sungguminasa . Penyulang Tamarunang ini memiliki variasi beban di *load point* berupa beban untuk industri dan beban untuk rumah tangga. Penyulang Sungguminasa ini terdapat 54 *load point* atau titik beban berupa trafo distribusi.

Untuk mengetahui panjang saluran maka perlu dilakukan pengukuran secara manual menggunakan Aplikasi Google Earth Pro .Adapun langkah-langkah untuk menghitung panjang saluran dengan menggunakan Google Earth Pro yaitu dengan menggunakan tools ruler () yang terdapat pada Google Earth Pro lalu ditarik garis lurus sepanjang *line* yang ingin diukur , maka secara otomatis panjang saluran akan tampil.



Gambar 2 Pengukuran panjang saluran menggunakan Google Earth Pro

Selanjutnya untuk menghitung Keandalan Sistem Distribusi kita harus menghitung terlebih dahulu laju kegagalan (λ) dan durasi kegagalan (U).

Berikut ini adalah perhitungan Laju kegagalan (λ) dan durasi kegagalan tyang terdapat pada penyulang Tamarunang.

Untuk menghitung laju kegagalan (λ_{LP}) setiap peralatan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 1. Adapun cara untuk menghitung laju kegagalan yaitu, panjang saluran dikalikan dengan kegagalan/pertahun, atau dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\lambda_{LP} &= \sum_i \lambda_i \\ &= 0.2 \times 0.06 \\ &= 0.012 \text{ kali/pelanggan/tahun}\end{aligned}$$

Sedangkan untuk memperoleh nilai U_{LP} diperoleh dengan menggunakan persamaan 2 yakni dengan perkalian antara nila λ_{LP} dengan r (waktu perbaikan) sesuai SPLN. Cara untuk menghitung nilai U adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}U_{LP} &= \sum_i \lambda_i \cdot r \text{ Atau} \\ U_{LP} &= \sum_i \lambda_i \cdot r \\ &= 0.012 \times 3 \\ &= 0.036 \text{ jam/pelanggan/tahun}\end{aligned}$$

Setelah nilai λ_{LP} dan U_{LP} dihitung, selanjutnya menghitung nilai keadalan tiap load point pada penyulang sesuai dengan rumus. Indeks keandalan yang dicari adalah SAIDI dan SAIFI pada penyulang tamarunang.

a.) Perhitungan SAIDI

Dapat dilihat dari persamaan 3 maka cara untuk menghitung nilai SAIDI sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{SAIDI LP1} &= \frac{\sum (N_{LP}) \times U_{LP}}{\sum N} \\ &= \frac{257 \times 4,222}{11587} \\ &= 0,093644 \text{ Jam/Tahun}\end{aligned}$$

b). Perhitungan SAIFI

Berdasarkan rumus dari persamaan 5 maka cara untuk menghitung nilai SAIFI sebagai berikut:



$$\begin{aligned} \text{SAIFI LP1} &= \frac{\sum(N \text{ LP}) \times \lambda_{LP}}{\sum N} \\ &= \frac{257 \times 1,449}{11587} \\ &= 0,032139 \text{ kali/tahun} \end{aligned}$$

c). Perhitungan CAIDI

Cara untuk menghitung nilai SAIFI sebagai berikut:

$$\text{CAIDI} = \frac{\text{SAIDI}}{\text{SAIFI}} = \frac{24,17873}{3,245028} = 7,4 \text{ jam/pelanggan}$$

B. Hasil dan Analisis Indeks Keandalan

Setelah melakukan perhitungan indeks keandalan jaringan distribusi pada ULP Sungguminasa khususnya pada penyulang Tamarunang diperoleh hasil dan analisis sebagai berikut:

1. Hasil Perhitungan Indeks Keandalan

A. Menggunakan Metode *Failure Modes And Effects Analysis (FMEA)*

Berdasarkan hasil perhitungan maka didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Penyulang Tamarunang

Untuk nilai SAIFI : 3,245 kali/pelanggan/tahun

Untuk nilai SAIDI : 24,178 jam/pelanggan/tahun

Berdasarkan hasil diatas maka dapat disimpulkan bahwa penyulang tamarunang untuk nilai SAIFI sudah memenuhi standar yang ditetapkan PLN sedangkan, untuk nilai SAIDI belum memenuhi standar PLN dan belum dikatakan andal.

2. Analisis Perhitungan Indeks Keandalan

Berdasarkan pada perhitungan indeks keandalan penyulang Tamarunang dengan metode *Failure Modes And Effects Analysis* diperoleh nilai indeks keandalan penyulang

Hal ini dikarenakan oleh banyaknya peralatan yang dapat mempengaruhi indeks kegagalan di penyulang tersebut, jumlah pelanggan serta laju kegagalan tiap load point juga sangat mempengaruhi indeks keandalan sistem distribusi hal ini, dengan kata lain, semakin banyak jumlah pelanggan serta peralatan yang terdapat pada sebuah penyulang maka semakin besar pula kemungkinan untuk sistem tersebut mengalami kegagalan.

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai indeks keandalan penyulang Tamarunang yaitu SAIDI 24,178 jam/tahun dan SAIFI 3,2 kali/tahun, Nilai SAIDI dan SAIFI ini kemudian dibandingkan dengan SPLN untuk mengetahui apakah penyulang tamarunang termasuk dalam kategori andal atau tidak. Sesuai dengan SPLN No. 68-2 Tahun 1986 tentang “Bagaimana Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik Bagian Dua”, sistem dapat dikatakan andal apabila mempunyai nilai SAIDI 21 jam/tahun dan SAIFI 3.2 kali/tahun.. Berdasarkan perhitungan nilai SAIFI menggunakan metode *Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)* untuk nilai indeks keandalan SAIFI pada Penyulang tamarunang Sudah memenuhi standar/sudah dalam kategori andal sedangkan nilai SAIDI belum memenuhi standar/kurang andal.

C. Simulasi Penempatan *Recloser* dengan Menggunakan Software Etap

1. Sebelum penempatan *Recloser*



Project:	ETAP	Page:	27
Location:	12.6.0H	Date:	16-07-2022
Contract:		SN:	
Engineer:	Study Case: RA	Revision:	Base
Filename: GI_SUNGGUMINASA~		Config:	Normal

SUMMARY	
System Indexes	
SAIFI	2.0617 f / customer.yr
SAIDI	24.9226 hr / customer.yr
CAIDI	12.088 hr / customer interruption
ASAI	0.9972 pu
ASUI	0.00285 pu
EENS	85.802 MW hr / yr
ECOST	0.00 \$ / yr
AENS	1.6824 MW hr / customer.yr
IEAR	0.000 \$ / kW hr

SAIFI	System Average Interruption Frequency Index
SAIDI	System Average Interruption Duration Index
CAIDI	Customer Average Interruption Duration Index
ASAI	Available Service Availability Index

Gambar 3 Hasil simulasi sebelum penempatan recloser

Berdasarkan hasil simulasi etap bahwa nilai SAIDI yang di dapatkan yaitu 24,9226 jam/tahun, SAIFI yaitu 2,0617 kali/tahun , dan CAIDI yaitu 12,088 yang menandakan bahwa belum memenuhi SPLN jadi perlu dilakukan penambahan recloser agar penyulang ini bisa dikategorikan sebagai penyulang andal.

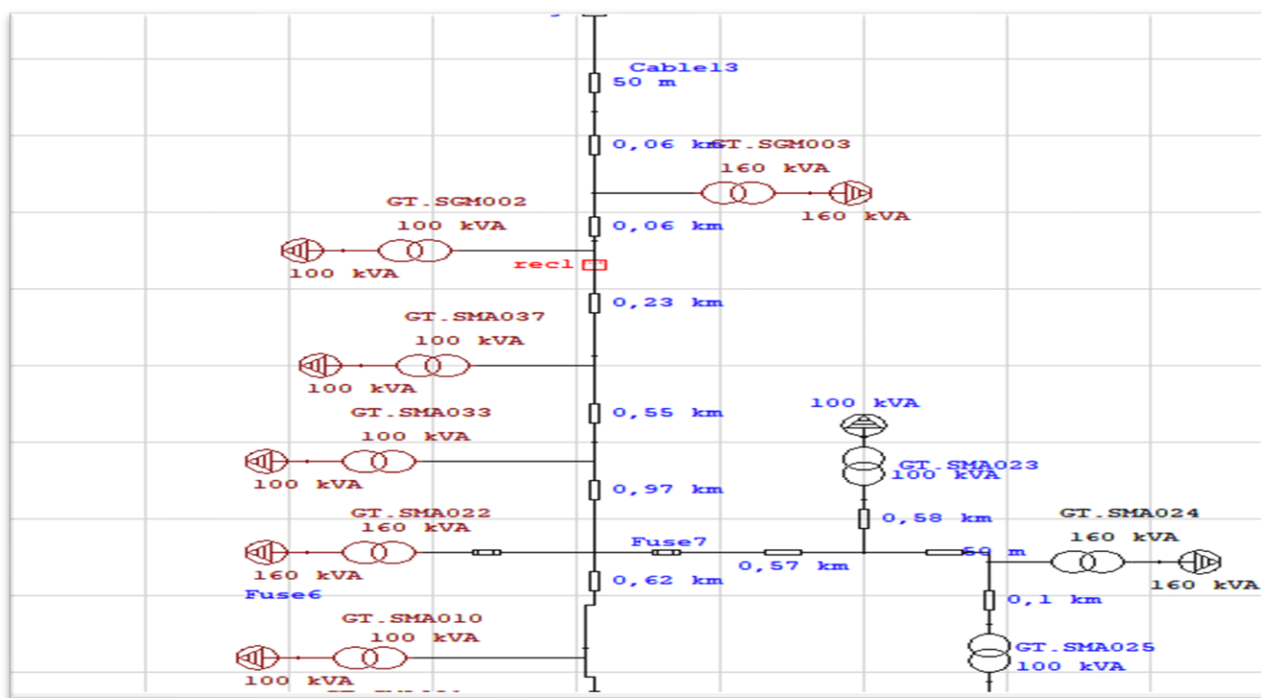
2. Setelah penempatan *Recloser*

a. Simulasi Penempatan *recloser* pada *software* Etap

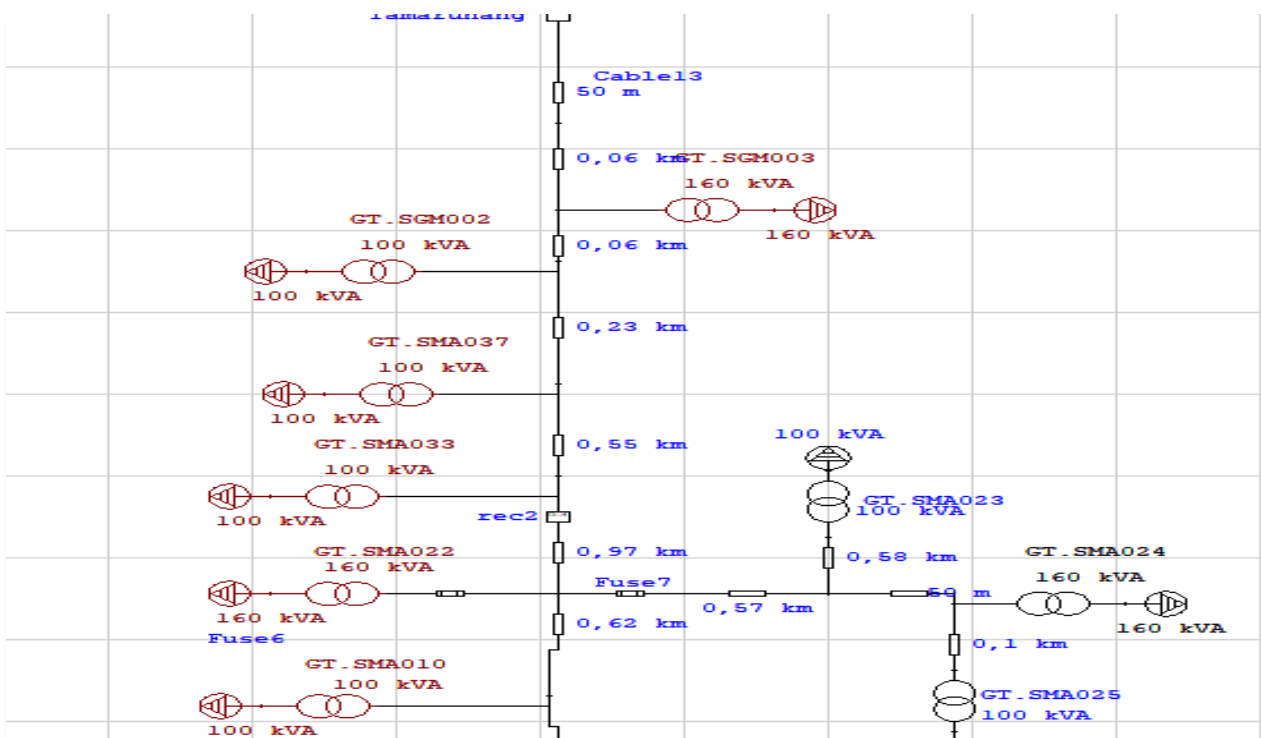
Dengan menganalisa saluran berdasarkan tiap-tiap calon lokasi recloser, maka digunakan beberapa metode pendekatan sebagai berikut : Skenario ini dipergunakan untuk menemukan lokasi dan jumlah recloser yang mempunyai indeks keandalan SAIDI, SAIFI dan CAIDI terkecil. Ditempatkan beberapa buah recloser dan ditempatkan di 8 (delapan delapan) calon lokasi

Ada 2 skenario yang digunakan didalam tugas akhir ini :

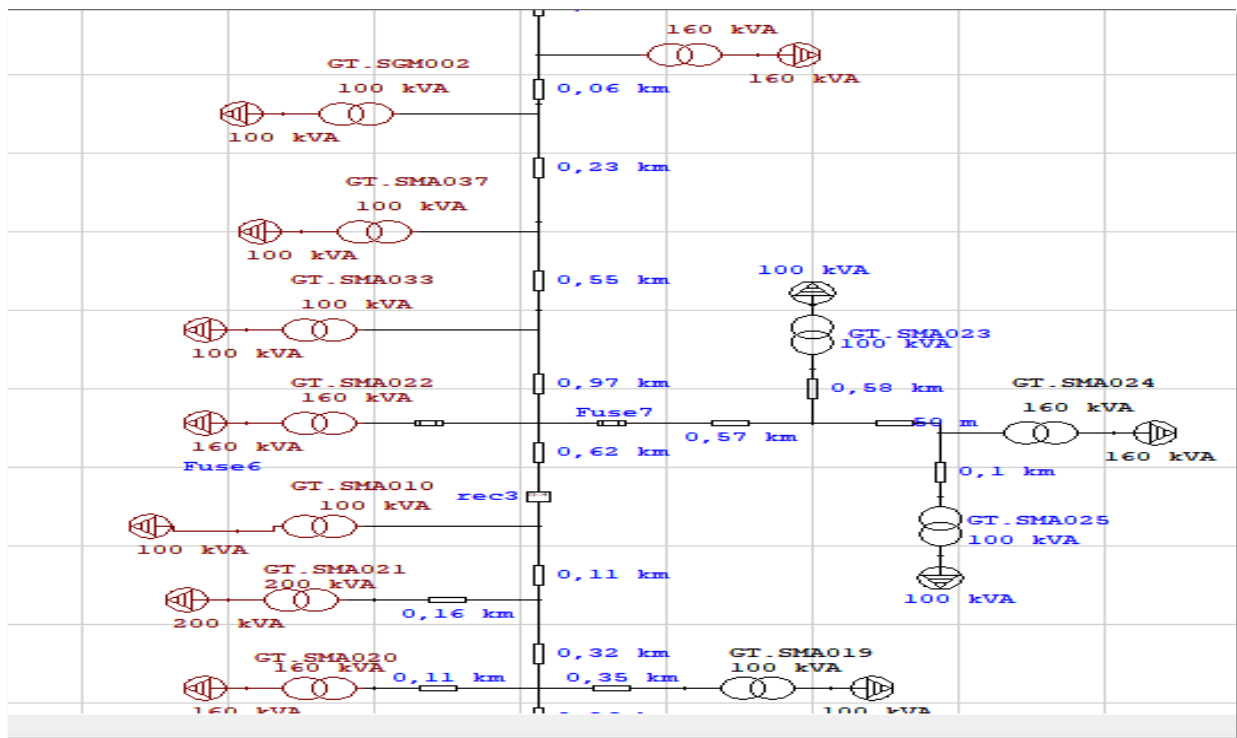
- Skenario 1 yaitu simulasi dengan menggunakan LBS/DCC 1 yang terdiri dari 4 titik beban. Adapun gambar hasil simulasi ETAP adalah sebagai berikut.



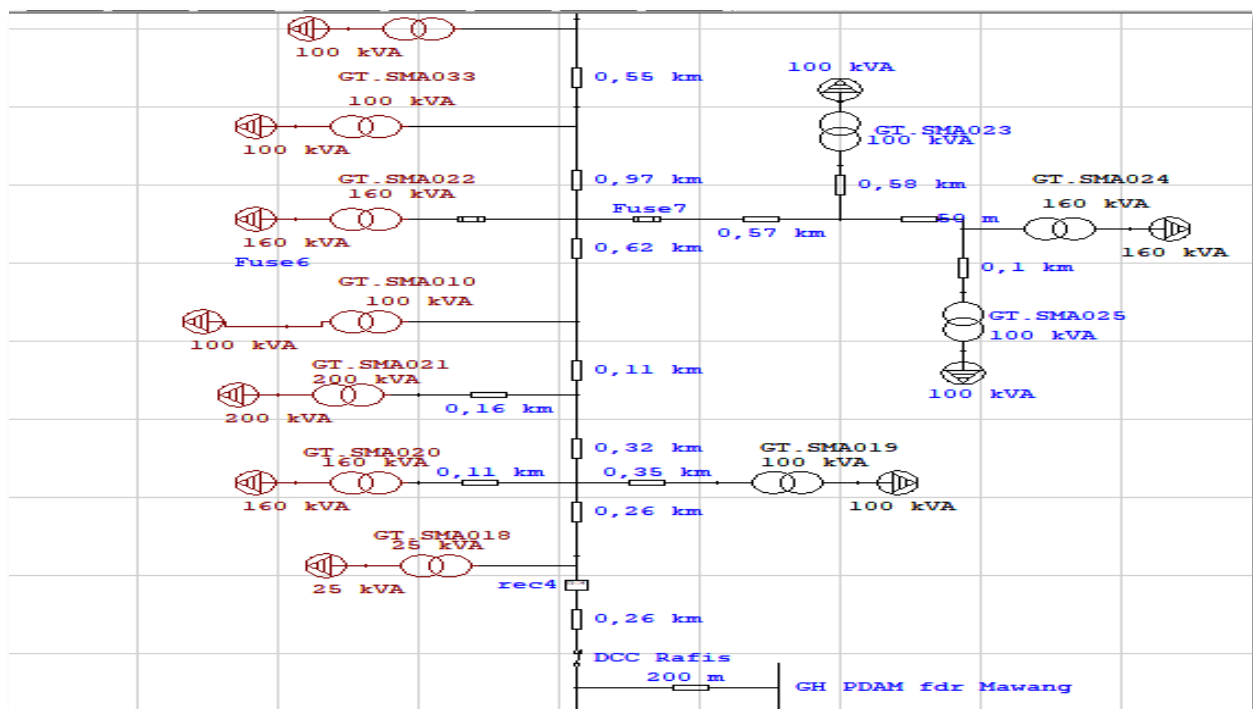
Gambar 4 Penempatan REC1 + DCC1



Gambar 5 Penempatan REC2 + DCC1



Gambar 6 Penempatan REC3 + DCC1



Gambar 7 Penempatan REC4 + DCC1

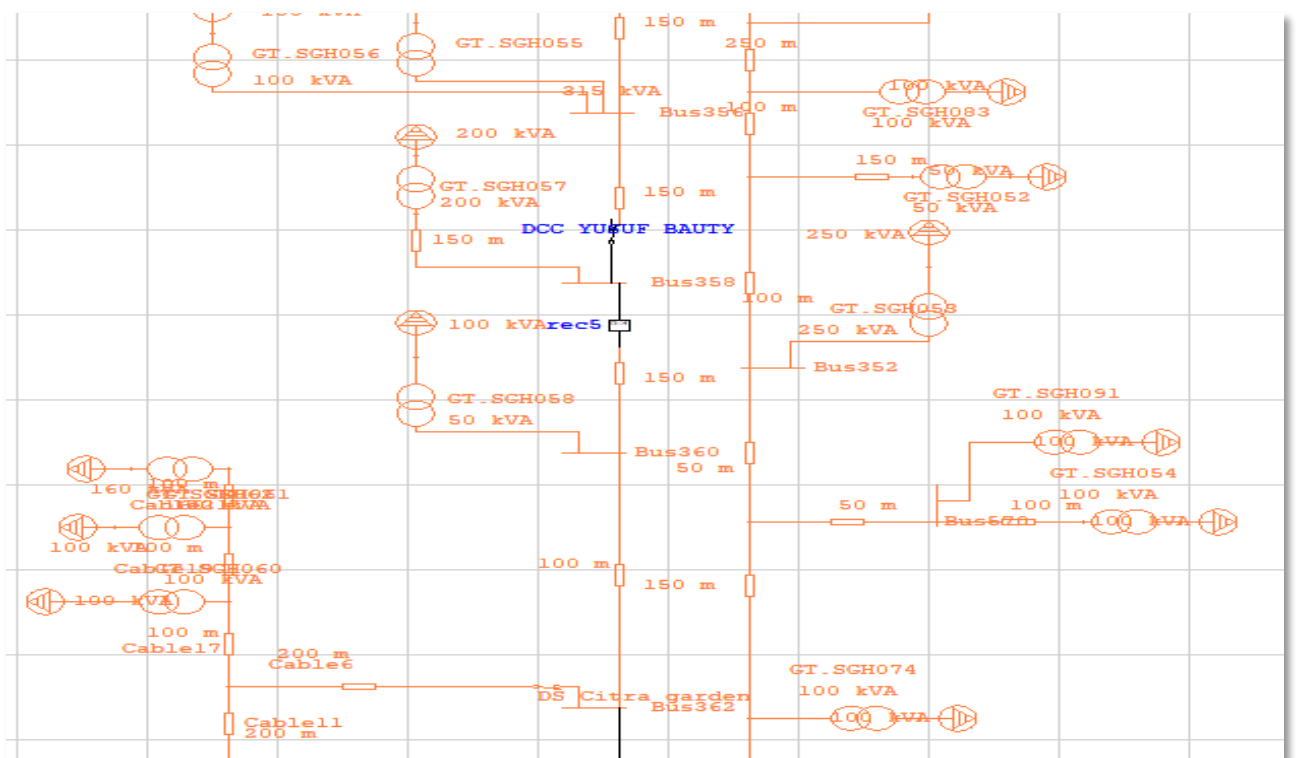
Adapun nilai SAIDI,SAIFI, dan CAIDI untuk skenario 1 diatas dapat dilihat pada tabel di berikut.

Tabel 1 Skenario 1 total Indeks Keandalan DCC 1

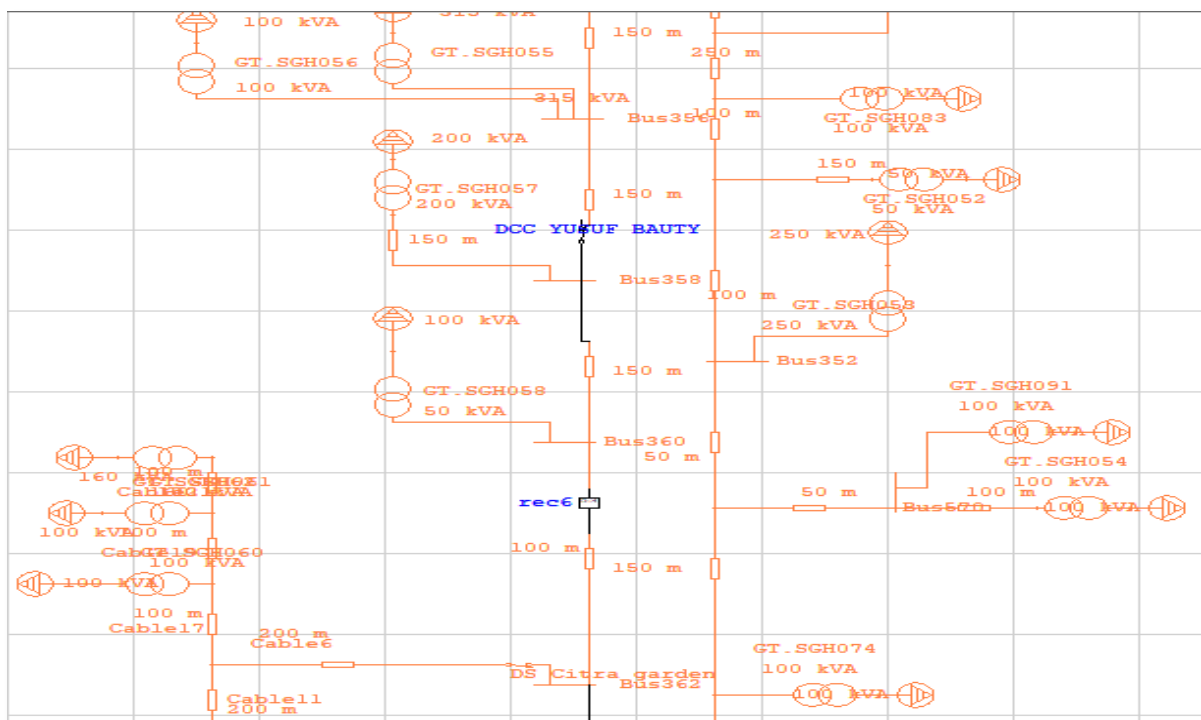
Lokasi Penempatan Recloser	SAIFI	SAIDI	CAIDI
REC1 + DCC1	2,0609	24,9226	12,093
REC2 + DCC1	1.9319	23.2857	12.053
REC3 + DCC 1	1.8003	21.6122	12.005
REC4 + DCC1	1.6479	19.5830	11.883

Dari Tabel 4.5 diketahui bahwa lokasi yang paling baik untuk penempatan RECLOSER berdasar kan nilai durasi gangguan rata-rata pertahun yang kecil adalah pada REC4 + DCC1.

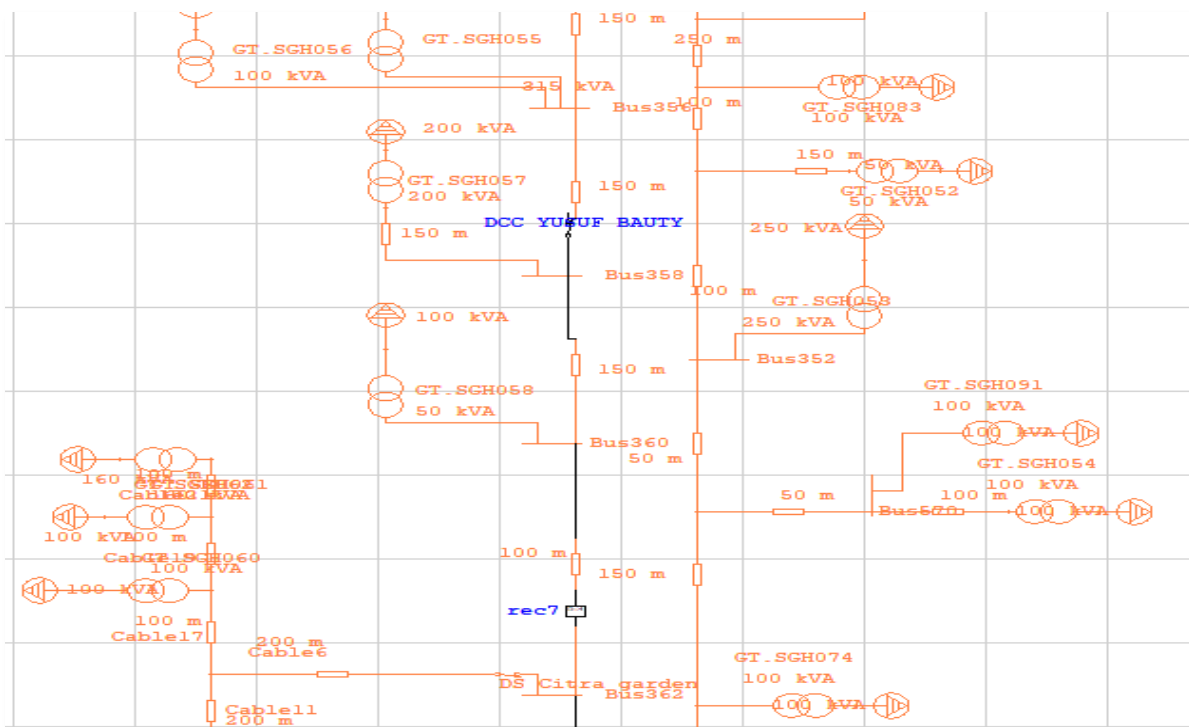
- Skenario 2 yaitu perhitungan dengan menggunakan LBS/DCC2 yang terdiri dari 4 titik beban.. Adapun gambar hasil simulasi ETAP adalah sebagai berikut.



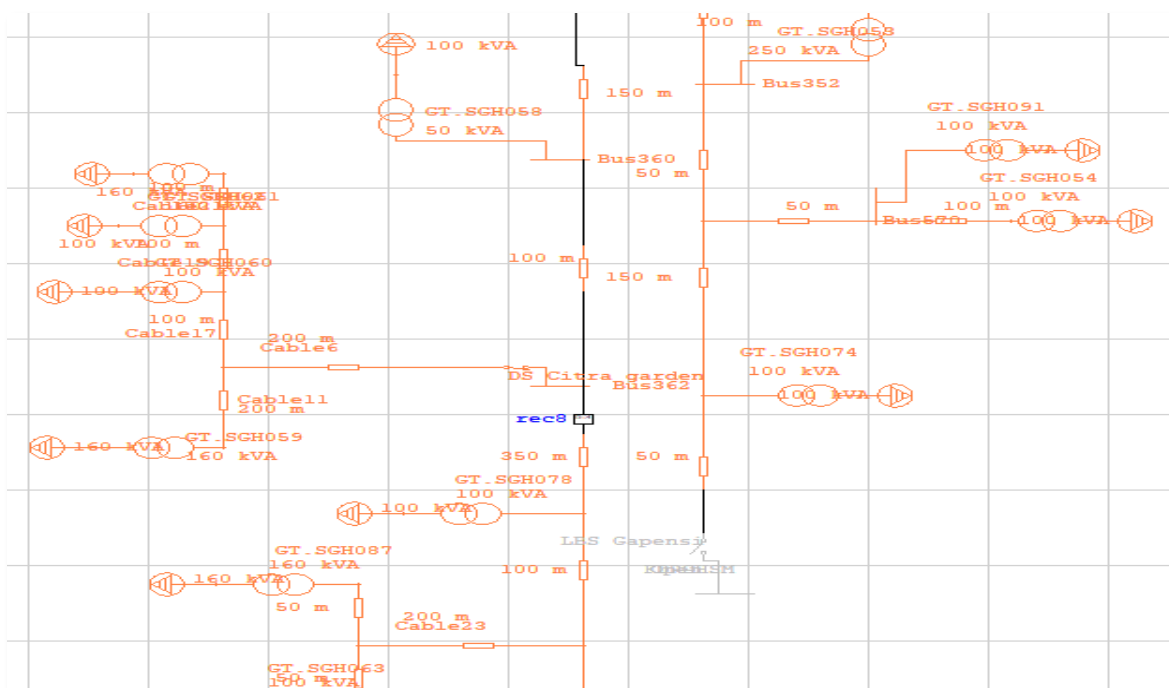
Gambar 8 Penempatan REC1 + DCC2



Gambar 9 Penempatan REC2 + DCC2



Gambar 10 Penempatan REC3 + DCC2



Gambar 11 Penempatan REC4 + DCC2

Adapun nilai SAIDI,SAIFI, dan CAIDI untuk skenario 2 diatas dapat dilihat pada tabel di berikut.

Tabel 2 Skenario 2 total Indeks Keandalan DCC 2

Lokasi Penempatan Recloser	SAIFI	SAIDI	CAIDI
REC1 + DCC2	1.9209	21.7416	11.998
REC2 + DCC2	1.9264	21.7064	11.751
REC3 + DCC2	1.9299	21.7346	11,887
REC4 + DCC2	1.9296	23.8880	12.380

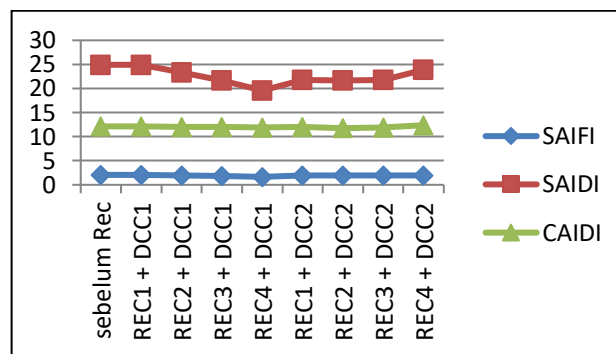
Dari Tabel 2 diketahui bahwa lokasi yang paling baik untuk penempatan RECLOSER berdasarkan nilai durasi gangguan rata-rata pertahun yang kecil adalah pada REC4 + DCC2.

Barikut perbandingan antar indeks keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI pada simulasi etap sebelum penempatan *recloser* dan setelah penempatan *recloser* dapat dilihat pada tabel

Tabel 3 Selisih perbandingan sebelum dan setelah penempatan *recloser*

Indeks	Sebelum penempatan recloser	Setelah penempatan recloser	Selisih
SAIFI	2,06	1,6	0,5 (24,27%)
SAIDI	24,9	19,583	4,4 (17,6%)
CAIDI	12	11,8	0,2 (1,6%)

Dari tabel 3 terlihat perbendaan indeks keandalan sebelum dan setelah penempatan recloser pada simulasi etap. Berikut grafik perbandingan sebelum dan setelah penempatan recloser penyulang tamarunang di ULP Sungguminasa adalah sebagai berikut.



Gambar 12 Perbandingan sebelum dan sesudah penempatan recloser

Berdasarkan gambar diatas bahwa sebelum penempatan *recloser* nilai SAIFI yang di peroleh pada simulasi etap yaitu 2,0617 kali/tahun , SAIDI 24,9226 jam/tahun, maka dari itu nilai SAIFI sudah memenuhi standar sedangkan untuk nilai SAIDI belum memenuhi SPLN. Kemudian setelah dilakukan penambahan *recloser* yang memisalkan 2 skenario pada beberapa titik maka diperoleh nilai SAIDI, SAIFI, dan CAIDI ada yang mengalami perubahan yaitu ada yang nilainya turun dan ada yang naik, nilai SAIDI, SAIFI dan CAIDI terkecil yaitu pada lokasi REC4 + DCC1 dan penyulang tamarunang ini bisa dikatakan penyulang andal setelah dilakukan penempatan *recloser*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan, analisis indeks keandalan dan simulasi pada *Software Etap* sistem jaringan distribusi pada penyulang Tamarunang di ULP Sungguminasa maka dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk nilai indeks keandalan penyulang Tamarunang yaitu SAIDI 24,17 jam/tahun dan SAIFI 3,2 kali/tahun , untuk nilai saifi sudah termasuk andal , sedangkan untuk nilai saidi belum memenuhi SPLN dan belum di katakana andal.
2. Penentuan penempatan *recloser* dilakukan dengan menggunakan simulasi pada software Etap yang dimisalkan dengan 2 skenario, t titik lokasi paling baik yaitu pada REC4 + DCC1
3. Sebelum penempatan *recloser* nilai SAIFI yang di peroleh pada simulasi etap yaitu 2,0617 kali/tahun , SAIDI 24,9226 jam/tahun, maka dari itu nilai SAIFI sudah memenuhi SPLN, sedangkan untuk nilai SAIDI belum memenuhi SPLN. Kemudian setelah dilakukan penambahan *recloser* yang nilai SAIDI, SAIFI dan CAIDI terkecil yaitu pada lokasi REC4 + DCC1

5. SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan peneloitian lokasi studi kasus diwilayah kerja PT.PLN (Persero) ULP Sungguminasa yaitu sebagai berikut :

1. Titik lokasi penempatan *recloser* juga dapat dilihat dari lokasi yang memiliki beban tinggi atau bebannya 24 jam seperti rumah sakit.
2. Berdasarkan simulasi ETAP dan perhitungan manual diharapkan perencanaan yang telah dibuat dapat menjadi acuan dalam penempatan *recloser* pada penyulaang tamarunang ULP Sungguminasa .

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat mengucapkan banyak terima kasih kepada Hasruddin selaku Manager ULP Sunggunimanasa, dan Lucky selaku Supervisor Teknik serta seluruh staff ULP Sungguminasa yang telah meluangkan waktu sekaligus memberikan arahan kepada penulis dalam proses penelitian ini.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adhiguna, Mufti. 2020. Analisis Pengaruh Ketidaksimbangan Beban pada Arus Netral, rugi-rugi Efisiensi untuk trafo distribusi PT PLN (persero) ULP panakukang. Skripsi. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [2] Syufrijal, dkk. 2014. Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. Jurnal. Bandung: SMK 1 Bandung.
- [3] Sampeallo, Agusthinus dkk. 2007. Rekonfigurasi jaringan tegangan menengah 20 kv untuk peningkatan kualitas penyaluran daya sistem kelistrikan. Jurnal. Kupang: Universitas Nusa Cendana.
- [4] Santoso, R. &. (2016). Pengevaluasian Tingkat Keandalan Jaringan Distribusi 20 kV Pada Gardu Induk Bangkinang Dengan Menggunakan Metode FMEA.
- [5] Ansory, Rifqi. 2020. Studi Keandalan Jaringan Distribusi Penyulang 20 Kv pada PT. PLN (Persero) Rayon Daya Dengan Menggunakan Metode Failur Modes And Effect Analysis. Makassar. Politeknik Negeri Ujung Pandang.