

ANALISIS INDEKS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV PADA PENYULANG HASANUDIN DAN RATULANGI MENGUNAKAN METODE *LOOP RESTORATION SCHEME*

¹ Mohammad Rizal Wijayanto, ² I Made Wartana, ³ Widodo Pudji Muljanto

^{1,2,3} Teknik Elektro S1 ITN Malang, Malang, Indonesia

¹mohammadrizal32@gmail.com, ² m.wartana@lecturer.itn.ac.id, ³ widodo_pm@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Keandalan merupakan tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem atau bagian dari sistem, untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan dalam kondisi operasi tertentu. Untuk menentukan keandalan suatu sistem, harus diadakan pemeriksaan dengan analisis perhitungan terhadap tingkat keberhasilan kinerja atau operasi dari sistem yang ditinjau, pada periode tertentu kemudian membandingkannya dengan standar yang ditetapkan sebelumnya. Pada penelitian ini melakukan analisis keandalan sistem menggunakan metode *Reliability Index Assesment* (RIA) yang memperhatikan laju kegagalan peralatan untuk mendapatkan indeks keandalan sistem tenaga listrik, sehingga hasil akhir dari metode ini lebih mendekati hasil sebenarnya di lapangan. Indeks keandalan yang digunakan adalah SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) dan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*). Setelah mengetahui kondisi keandalan sistem, kemudian membandingkannya dengan standar keandalan yang telah ditentukan. Untuk meningkatkan keandalan diterapkan metode *Loop Restoration Scheme* (LRS) untuk pengontrolan sistem distribusi pada *feeder* menggunakan *Automatic Circuit Recloser* (ACR) yang disimulasikan pada *software ETAP Power Station 12.6*. Berdasarkan hasil analisis pada saat kondisi normal PLN didapatkan nilai SAIFI sebesar 2.4230 (*f/cost.year*) dan SAIDI sebesar 15.816 (*h/cost.year*), sedangkan setelah diterapkan konfigurasi *Loop Restoration Scheme* didapatkan nilai SAIFI sebesar 1.4406 (*f/cost.year*) dan SAIDI sebesar 10.7993 (*h/cost.year*). Dari hasil kedua simulasi terlihat adanya peningkatan keandalan sistem, hal ini dikarenakan pada konfigurasi LRS dilakukan penambahan *Automatic Circuit Recloser* pada setiap penyulang

Kata Kunci: Keandalan, SAIDI, SAIFI, RIA, *Loop Restoration Scheme*, *ETAP Power Station 12.6*

I. PENDAHULUAN

Pada sistem distribusi tenaga listrik, tingkat keandalan adalah hal yang sangat penting dalam menentukan kinerja sistem tersebut. Keandalan ini dapat dilihat sejauh mana suplai tenaga listrik bisa mensuplai secara kontinyu dalam satu tahun ke konsumen. Permasalahan yang paling

mendasar pada distribusi daya listrik adalah terletak pada mutu, kontinuitas dan ketersediaan pelayanan daya listrik pada pelanggan. Keandalan merupakan tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem atau bagian dari sistem untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan dalam kondisi tertentu. Untuk dapat menentukan tingkat keandalan dari suatu sistem, harus diadakan pemeriksaan dengan cara melalui perhitungan maupun analisa terhadap tingkat keberhasilan kinerja atau operasi dari sistem yang ditinjau pada periode tertentu kemudian membandingkannya dengan standar yang telah ditentukan sebelumnya. [1]

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam besaran probabilitas. Indeks keandalan sistem yang banyak digunakan antara lain *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI) yaitu seberapa lama sistem mengalami pemadaman dan *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI) yaitu seberapa sering sistem mengalami pemadaman. Semakin tinggi nilai SAIFI dan SAIDI menunjukkan semakin rendahnya tingkat keandalan dan tingkat pelayanan ke pelanggan.[2] Metode *Reliability Index assesment* (RIA) pada program *Reliability assesment* pada *software ETAP Power Station 12.6* adalah sebuah pendekatan yang digunakan untuk memprediksi gangguan pada sistem distribusi berdasarkan topologi sistem dan data-data mengenai keandalan komponen.[1] Salah satu metode untuk meningkatkan keandalan adalah dengan menggunakan *Loop Restoration Scheme* yaitu metode otomasi distribusi pada *feeder* yang dikendalikan oleh *Automatic Control Sistem* (ACS). ACS yang digunakan untuk pengendalian operasi perangkat *switching device*, untuk memindahkan gangguan pada *section* lain dan mengembalikan dari gangguan pada *feeder*. [2]

Penelitian ini akan membahas tentang analisis bagaimana kondisi jaringan distribusi 20 kV pada penyulang Hasanudin dan penyulang Ratulangi terhadap indeks keandalan terutama SAIFI dan SAIDI menggunakan metode *Reliability Index*

Assesment (RIA). Setelah itu akan dibandingkan dengan indeks keandalan dari standar PLN serta menerapkan metode *Loop Restoration Scheme* (LRS) dengan menambahkan *Automatic Circuit Recloser* (ACR) untuk meningkatkan keandalan sistem dengan mensimulasikannya pada *software ETAP Power Station 12.6*.

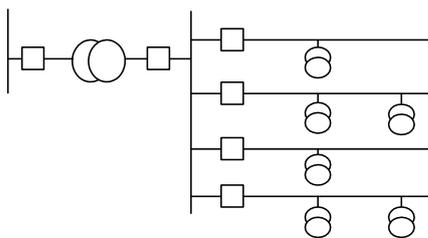
II. KAJIAN PUSTAKA

A. Sistem Tenaga Listrik

Pada sistem tenaga listrik dalam proses penyaluran tenaga listrik terdapat tiga bagian utama yaitu pembangkit, sistem transmisi dan sistem distribusi. Jaringan distribusi merupakan salah satu bagian sistem tenaga listrik yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen. Pada saat ini, dimana kebutuhan tenaga listrik meningkat, maka diperlukan suatu sistem pendistribusian tenaga listrik dari pembangkit sampai kepada para konsumen yang memiliki tingkat keandalan tinggi.[4]

B. Karakteristik Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi adalah jaringan yang paling dekat dengan pelanggan selain itu pada jaringan distribusi merupakan bagian pada sistem tenaga listrik yang paling banyak mengalami gangguan. Sistem distribusi kebanyakan merupakan jaringan yang diisi dari sebuah Gardu Induk (GI) seperti pada gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1. Gardu Induk dengan Beberapa Penyulang

C. Keandalan Sistem Distribusi

Definisi keandalan secara umum merupakan kemampuan dapat berfungsi dengan baik untuk jangka waktu tertentu. Untuk dapat menentukan tingkat keandalan dari suatu sistem, harus diadakan pemeriksaan melalui perhitungan maupun analisa terhadap tingkat keberhasilan kinerja atau operasi dari sistem yang ditinjau pada periode tertentu. Ukuran keandalan dapat dinyatakan sebagai seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi. Sistem yang mempunyai keandalan yang tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem yang mempunyai keandalan rendah akan menyebabkan sering terjadinya pemadaman.

Pada tabel 1 merupakan parameter tiap peralatan sistem distribusi berdasarkan SPLN 59 tahun 1985

Tabel 1. Indeks Peralatan

No	Peralatan	Laju kegagalan	Repair time	Switcing time
1	Saluran udara	0.2	3	0.15
2	CB	0.004	10	0.15
3	Sectionalizer	0.003	10	0.15
4	Trafo	0.005	10	0.15
5	Recloser	0.005	10	0.15

D. Indeks Keandalan

Indeks keandalan merupakan suatu metode pengevaluasian parameter keandalan suatu peralatan distribusi tenaga listrik terhadap keandalan mutu pelayanan kepada pelanggan. Indeks ini antara lain adalah sebagai berikut :

a. SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) adalah jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi per pelanggan yang dilayani per tahun. Persamaannya dapat dilihat pada persamaan berikut ini :

$$SAIFI = \frac{\sum Ni \times Ui}{\sum N} \quad (1)$$

Dimana :

Ui = Lama ketidaktersediaan pada *load point*

Ni = Banyak pelanggan pada *load point*

N = Banyak pelanggan pada sistem

b. SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) adalah jumlah rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap pelanggan selama satu tahun. Persamaan SAIDI dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$SAIDI = \frac{\sum Ni \times \lambda i}{\sum N} \quad (2)$$

Dimana :

λi = Frekuensi padam pada *load point*

Ni = Banyak pelanggan pada *load point*

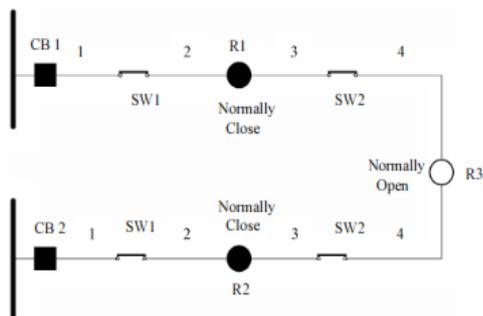
N = Banyak pelanggan pada sistem

E. Loop Restoration Scheme

Loop Restoration Scheme (LRS) adalah metode otomasi distribusi pada *feeder* yang digunakan untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi. Dimana otomasi distribusi ini dapat memaksimalkan untuk memperbaiki keandalan dan kualitas pelayanan LRS dikendalikan oleh *Automatic Control System* (ACS). ACS disini digunakan untuk pengendalian operasi perangkat *switching device*, untuk memindahkan gangguan pada *section* yang lain dan mengembalikan dari gangguan pada *feeder*. Pengaruh penerapan LRS pada indeks keandalan sistem distribusi yang diberikan tergantung pada ACS yang digunakan. Saat ini *Loop Restoration Scheme*

yang telah dikembangkan untuk otomatisasi sistem distribusi yaitu ACS *Without Communication Link*. [4]

Pada *Loop Restoration Scheme Without Communication Link* ini, sistem bekerja berdasarkan kerja yang sudah dimiliki dari setiap *switching device* yang digunakan jadi tidak ada komunikasi antar *device* tersebut dan berdasarkan konfigurasi seperti yang terlihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Konfigurasi *Loop Restoration Scheme*

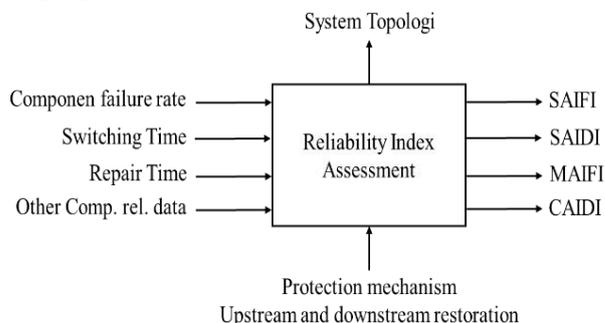
Cara kerja sistem *Loop Restoration Scheme without communication link* sesuai konfigurasi di atas adalah sebagai berikut :

- a. Ketika gangguan permanen terjadi pada section 1, pemutus sirkuit CB1 akan terbuka, *sectionalizing recloser* R1 mendeteksi hilangnya sumber tegangan pada sisi section 1 dan 2, begitu pula pada *recloser* R3 mendeteksi hilangnya sumber tegangan pada sisi section 3 dan 4. Sehingga timer dari kedua *recloser* mulai bekerja. Saat *time delay* pada R1 berakhir maka R1 akan terbuka dan mengunci/*lock out*, setelah itu *time delay* pada R3 berakhir maka R3 menutup dan memberikan pelayanan daya ke *feeder* yang tidak mengalami gangguan yaitu pada section yang berada diantara R1 dan R3. Setelah menemukan gangguan, *sectionalizing switch* SW1 akan terbuka dan R1 ditutup secara manual dan mengembalikan pelayanan ke *feeder* yang tidak mengalami gangguan yaitu pada section 2
- b. Ketika gangguan permanen terjadi pada section 2, prosedurnya mirip dengan kasus ketika gangguan permanen terjadi pada section 1. Akan tetapi setelah penentuan lokasi gangguan, SW1 terbuka dan CB1 ditutup secara manual dan akan mengembalikan pelayanan pada bagian 1 yang tidak mengalami gangguan.
- c. Ketika gangguan permanen terjadi pada section 3, R1 pertama akan membuka dan *Tie recloser* R3 mendeteksi hilangnya tegangan pada sisi R1. Setelah berakhirnya *time delay* pada R3, maka R3 menutup dan akan mendeteksi arus gangguan, maka akan terjadi trip dan akan mengunci/*lock out*. Bagian *feeder* yang tidak mengalami gangguan yaitu diantara R1 dan CB1 tetap mendapatkan pelayanan daya. Setelah penentuan lokasi gangguan, *sectionalizing switch* SW2 terbuka dan R3 akan ditutup secara manual dan mengembalikan layanan ke *feeder* yang tidak mengalami gangguan yaitu pada section 4.

- d. Ketika gangguan permanen terjadi pada section 4, R1 dan R3 membuka dan mengunci/*lock out* setelah melakukan *protection sequence*. Bagian yang tidak mengalami gangguan yaitu diantara CB1 dan R1, tetap mendapatkan pelayanan daya. Setelah menemukan lokasi gangguan, SW2 terbuka dan R1 akan ditutup secara manual dan mengembalikan pelayanan daya pada section yang tidak mengalami gangguan yaitu section 3
- e. Ketika gangguan sementara terjadi pada section 1 atau 2, CB1 melakukan *reclosing sequence*. Selama proses ini, semua pelanggan sepanjang *feeder* mengalami gangguan sementara
- f. Ketika gangguan sementara terjadi pada section 3 dan 4, R1 melakukan *reclosing sequence*. Selama proses ini, hanya pelanggan diantara R1 dan R3 mengalami gangguan sementara.

F. Metode *Reliability Index Assesment*

Reliability Index Assesment merupakan sebuah metode yang mengevaluasi indeks keandalan jaringan distribusi dengan mengasumsikan kegagalan dari suatu peralatan, setelah itu mengidentifikasi kegagalan tersebut dan menganalisa bagaimana efek kegagalan peralatan tersebut mempengaruhi operasi sistem distribusi 20 kV. Kemudian kegagalan pada setiap komponen dianalisa untuk mendapatkan indeks keandalan kontribusi yang mempengaruhi indeks keandalan sistem. [5]



Gambar 3. Input dan Output Metode RIA

III. METODOLOGI PENELITIAN

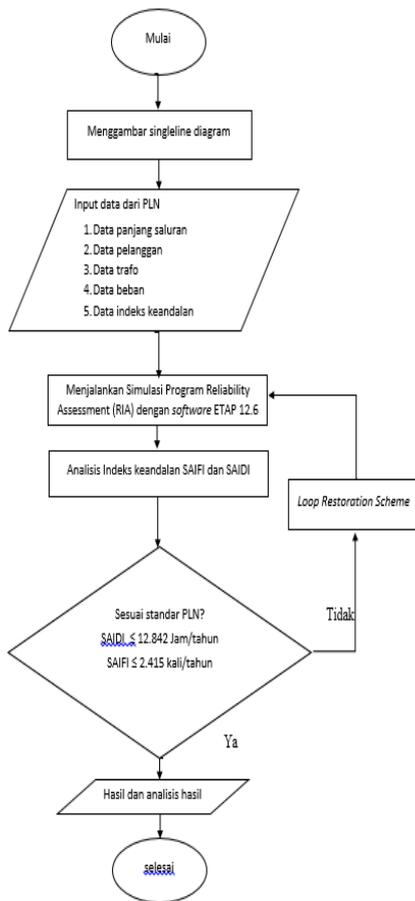
A. Metode

Dalam acuan keandalan sistem distribusi menggunakan Standar PLN 68-2:1986. Untuk mengetahui kondisi keandalan awal sistem penyulang Hasanudin dan penyulang Ratulangi yaitu dengan menjalankan program *Reliability Assesment Analysis* (RIA) pada *software* ETAP dan membandingkannya dengan kondisi keandalan setelah dipasangnya *Automatic Circuit Recloser* (ACR) dengan menggunakan metode LRS. Dilakukan beberapa skenario untuk mengubah kondisi awal sistem agar menjadi sistem yang berdasarkan konfigurasi LRS dan juga dilakukan percobaan penempatan *Recloser* pada beberapa titik untuk mendapatkan hasil posisi yang terbaik.

B. Algoritma Penyelesaian Masalah

Gambar 4 melukiskan diagram alir penyelesaian masalah yang disusun berdasarkan algoritma sebagai berikut :

1. Mulai
2. Menggambar *singleline diagram* jaringan sistem distribusi 20 kV penyulang Hasanudin dan penyulang Ratulangi
3. *Input* data penyulang, data panjang saluran, data trafo, data beban dan data indeks keandalan pada *Software ETAP Power Station 12.6*
4. Menjalankan program *Reliability Assesment Analysis* menggunakan metode RIA
5. Analisis indeks keandalan nilai SAIFI dan SAIDI sistem distribusi
6. Cek apakah nilai SAIFI ≤ 2.415 kali/tahun dan SAIDI ≤ 12.842 jam/tahun
7. Jika ya maka menuju ke langkah 9. Jika tidak lanjutkan ke langkah 8
8. Lakukan pemasangan *Automatic Circuit Recloser (ACR)* menggunakan metode *Loop Restoration Scheme*
9. Hasil dan analisis hasil



Gambar 4. *Flowchart* simulasi pemecahan masalah

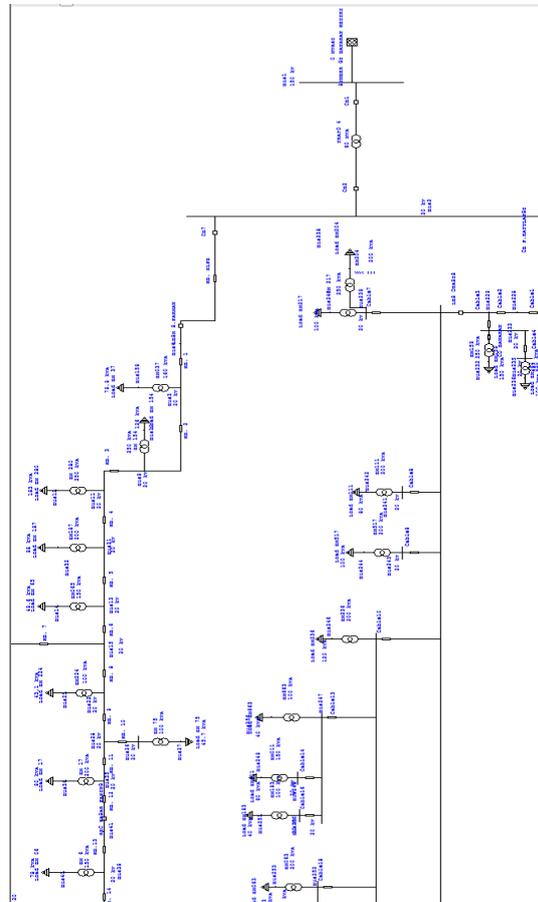
IV. SIMULASI DAN ANALISA

A. Perhitungan Indeks Keandalan Konfigurasi Normal dan Menggunakan *Loop Restoration Scheme* pada ETAP

Pada simulasi *Loop Restoration Scheme* dengan menggunakan ETAP, sistem distribusi 20 kV yang digunakan yaitu dengan menggabungkan 2 penyulang menjadi suatu sistem *Loop*. Beberapa parameter yang dimasukkan pada ETAP untuk mendapatkan nilai indeks keandalan LRS di Sistem Distribusi 20 kV :

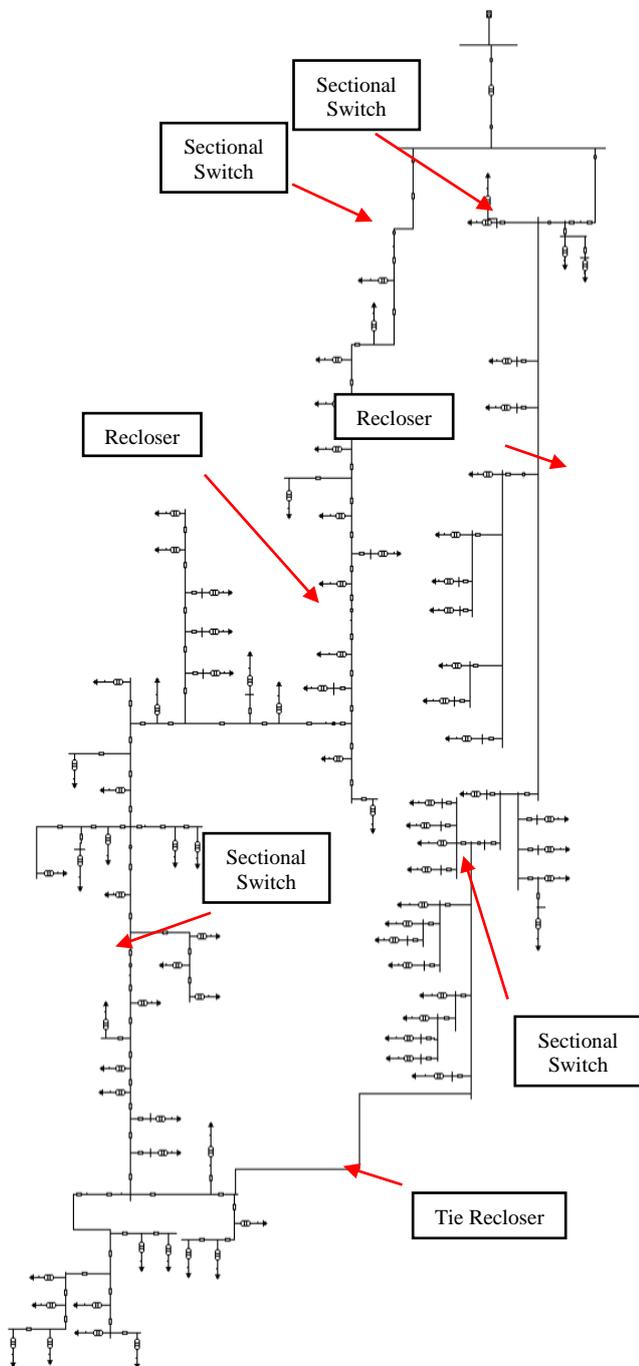
- a. Data Topologi sistem distribusi dari ke 2 penyulang yang digunakan yaitu berupa *single line diagram*.
- b. Data indeks kegagalan peralatan sistem distribusi dengan mengacu pada standard PLN 59 tahun 1985

Pada sistem distribusi 20 kV ini terdapat gabungan dari 2 penyulang yaitu penyulang Hasanudin dan penyulang Ratulangi yang akan membentuk sistem *Loop* pada saat kondisi tertentu. Ciri dari sistem *Loop* yang dimaksud adalah *Tie LBS* sebagai penghubung antar penyulang, fungsi *Tie* disini sebagai penghubung apabila diperlukan pemindahan beban pada penyulang lainnya saat terjadi gangguan pada salah satu penyulang. Untuk lebih detailnya seperti terlihat pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. *Single Line Normal PLN* pada ETAP

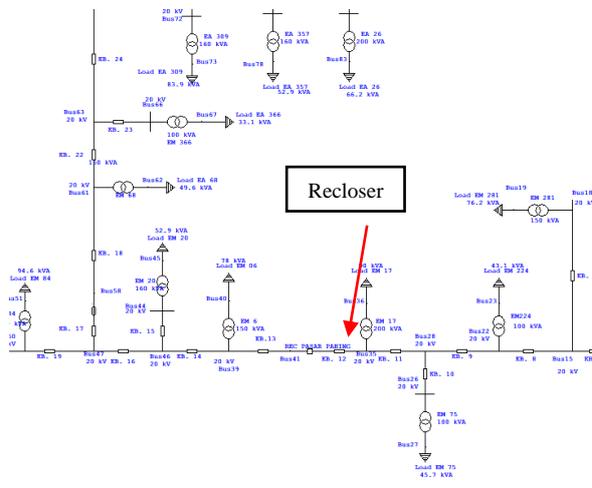
Pada saat konfigurasi normal PLN antar penyulang hanya terdapat *Tie Load Break Switch (Normally Open)*, sedangkan berdasarkan konfigurasi *Loop Restoration Scheme* pada setiap penyulang ditambahkan dua buah *sectional switch* dan *sectional recloser (Normally Close)* dan pada antar penyulang terdapat *tie recloser (Normally Open)*. Pada Gambar 6 adalah *single line diagram* setelah diterapkan LRS



Gambar 6. *Single Line* Setelah diterapkan *Loop Restoration Scheme*

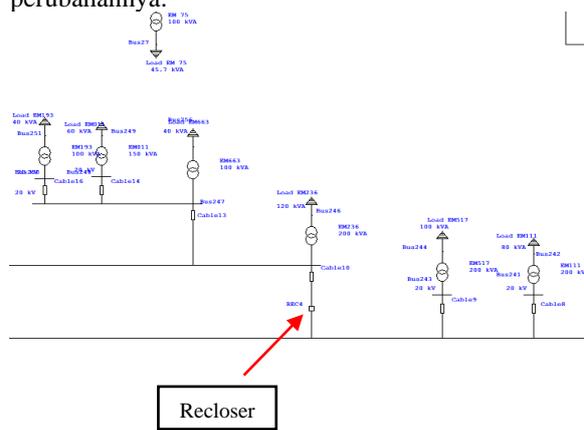
B. Lokasi Penerapan Metode *Loop Restoration Scheme*

Pada skenario 1 dilakukan perubahan pada penyulang Hasanudin yaitu yang sebelumnya terdapat *Load Break Switch* diganti dengan menggunakan *Automatic Circuit Recloser*. Gambar 7 berikut ini adalah konfigurasi perubahannya.



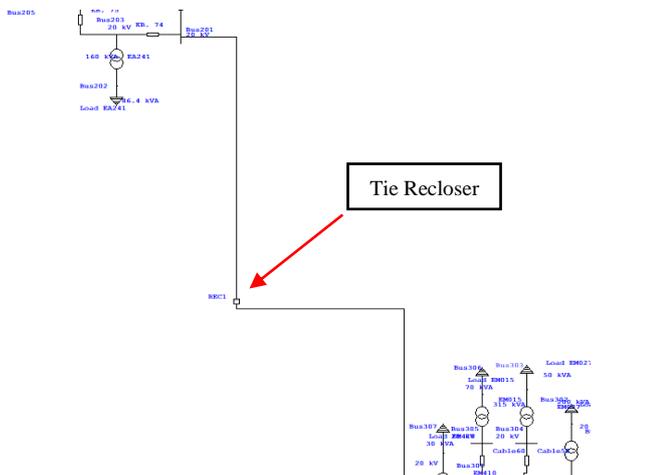
Gambar 7. Perubahan pada penyulang hasanudin

Pada skenario 2 dilakukan perubahan pada penyulang Ratulangi yaitu dengan menambahkan *Automatic Circuit Recloser* yang ditempatkan diantara kedua *Load Break switch*. Gambar 8 berikut ini adalah konfigurasi perubahannya.



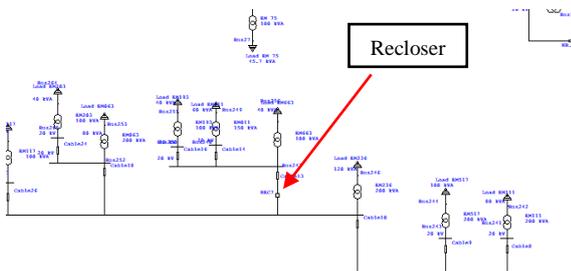
Gambar 8. Perubahan pada penyulang Ratulangi

Pada skenario 3 dilakukan perubahan pada penghubung antara penyulang Hasanudin dan penyulang Ratulangi yaitu dengan menggantikan *Tie Load Break Switch* dengan *Tie Automatic Circuit Recloser*. Gambar 9 berikut ini adalah konfigurasi perubahannya.



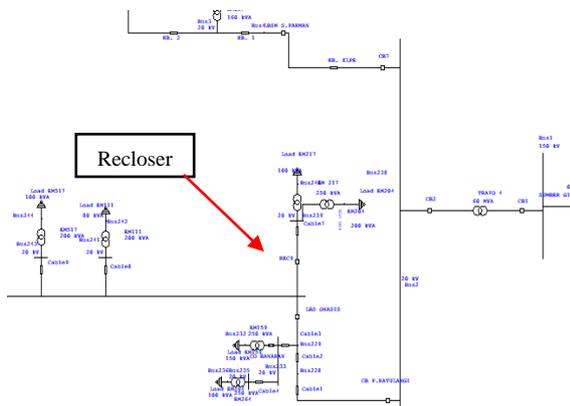
Gambar 8. Perubahan pada Penghubung Antar Penyulang Untuk mendapatkan hasil paling optimal dalam penempatan *Automatic Circuit Recloser*, maka dilakukan percobaan 1 sampai 5 dengan tempat yang berbeda. Berikut adalah percobaannya.

- Percobaan 1



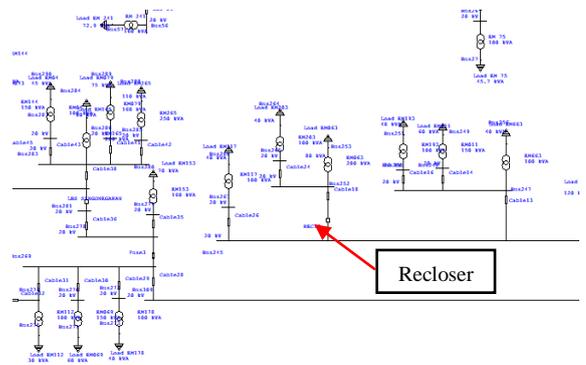
Gambar 9. Letak Recloser Pada Percobaan 1

- Percobaan 2



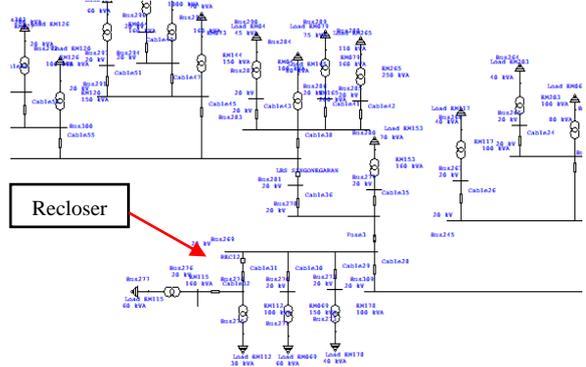
Gambar 10. Letak Recloser Pada Percobaan 2

- Percobaan 3



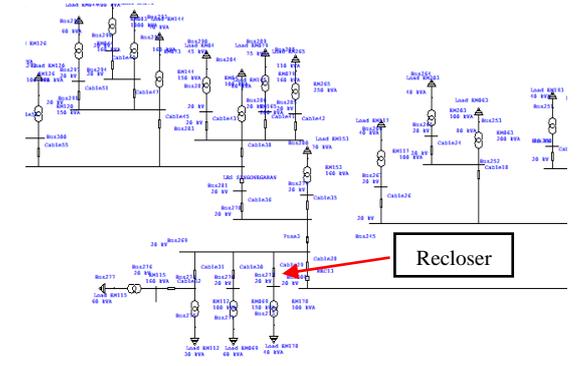
Gambar 11. Letak Recloser Pada Percobaan 3

- Percobaan 4



Gambar 12. Letak Recloser Pada Percobaan 4

- Percobaan 5



Gambar 13. Letak Recloser Pada Percobaan 5

C. Perbandingan Indeks Keandalan

Seperti terlihat pada tabel 3 berikut adalah tabel perbandingan antara indeks keandalan kondisi konfigurasi normal dengan setelah diterapkannya konfigurasi *Loop Restoration Scheme* setelah dilakukan simulasi menggunakan metode perhitungan *Reliability Assesment* (RIA) pada *Software ETAP Power Station 12.6*.

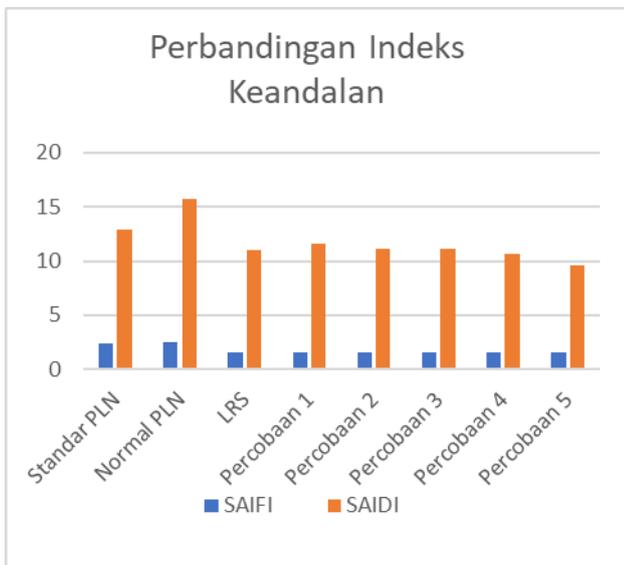
Dari tabel 4 dibawah ini terlihat bahwa terjadi perbaikan yang signifikan nilai indeks keandalan dari yang semula antar penyulang hanya diberi berupa *Load Break Switch*, namun ketika diterapkan *Loop Restoration Scheme* pada sistem distribusi nilai indeks keandalan mengalami

perubahan yang cukup baik dan sudah memenuhi standar dari PLN dikarenakan adanya penambahan *Automatic Circuit Recloser* pada setiap penyulang dan penggantian *Load Break Switch* dengan *Automatic Circuit Recloser* (ACR). Sehingga terlihat bahwa sangat efektifnya penambahan beberapa komponen tersebut terhadap perubahan nilai indeks keandalan pada ke 2 penyulang tersebut yang sebelumnya sudah diterapkan menjadi sebuah sistem *loop* pada saat kondisi tertentu.

Tabel 3 Perbandingan Indeks Keandalan

Kondisi	SAIFI (<i>f/cost.year</i>)	SAIDI (<i>h/cost.year</i>)
Standar PLN	2.415	12.842
Normal PLN	2.4660	15.7752
LRS	1.5606	11.0054
Percobaan 1	1.5788	11.5888
Percobaan 2	1.5873	11.1471
Percobaan 3	1.5854	11.1369
Percobaan 4	1.5838	10.6796
Percobaan 5	1.5277	9.5312

D. Grafik Perbandingan Indeks Keandalan



Gambar 9. Grafik Perbandingan Indeks Keandalan

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis dan simulasi pada jaringan sistem distribusi 20 kV pada Penyulang Hasanudin dan Penyulang Ratulangi, di dapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- 1 Nilai indeks keandalan pada saat kondisi normal konfigurasi PLN pada perhitungan menggunakan metode *Reliability Assesment* (RIA) pada ETAP didapatkan SAIFI sebesar 2.4230 (*f/cost.year*), SAIDI sebesar 15.8168 (*h/cost.year*) yang mana hasil tersebut belum memenuhi standar dikarenakan nilai SAIFI dan SAIDI masih dibawah standar yang ditentukan PLN.

- 2 Setelah diterapkan penambahan *Automatic Circuit Recloser* (ACR) pada setiap penyulang menggunakan metode *Loop Restoration Scheme* dan disimulasikan pada ETAP didapatkan SAIFI sebesar 1.5873 (*f/cost.year*), SAIDI sebesar 11.1471 (*h/cost.year*) yang mana hasil tersebut sudah memenuhi standar karena nilai SAIFI dan SAIDI sudah diatas standar yang ditentukan PLN.
- 3 Berdasarkan percobaan 1 sampai 5 yang dilakukan untuk menentukan penempatan *Automatic Circuit Recloser* (ACR) yang terbaik didapatkan hasil terbaik yaitu pada percobaan 5 dengan nilai SAIFI sebesar 1.5277 (*f/cost.year*) dan nilai SAIDI sebesar 9.5312 (*h/cost.year*).

Saran

Perlu adanya kajian lebih lanjut tentang keandalan sistem tenaga pada jaringan distribusi, mengingat terus bertambahnya kerapatan beban dan pembahasan lebih lanjut tentang *setting* alat proteksi pada jaringan, serta optimal penempatan *recloser* pada penyulang untuk meningkatkan keandalan sistem.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad, S., Sardar, S., ul Asar, A., & Karam, F. W. (2017). Reliability Analysis of Distribution System using ETAP. *IJCSIS*, 1, 197.
- [2] Fahmi, Daniar, et al. "Evaluation of distribution network reliability index using loop restoration scheme." *2014 The 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering*. IEEE, 2014.
- [3] Rahmat, Gheschik Safiur, Ontoseno Penangsang, and I. Gusti Ngurah Satriyadi Hernanda. "Evaluasi Indeks Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 KV di Surabaya Menggunakan Loop Restoration Scheme." *Jurnal Teknik ITS* 2.2 (2013): B142-B147.
- [4] Billinton, R.,J.E.1989. Distribution System Reliability Indices, IEEE Trans. Power Delivery, vol.4.
- [5] Naiem, A. F., et al. "A classification technique for recloser-fuse coordination in distribution systems with distributed generation." *IEEE Transactions on Power Delivery* 27.1 (2011): 176-185.
- [6] Kazemi. Shahram, Firuzabad. Mahmud Fotuhi, Pasand. Majid Sanaye "Impacts of automatic control systems of loop restoration scheme on the distribution systemreliability", IET Gener.Tran.Distrib, Vol 3, April 2009.
- [7] Kazemi, Shahram, Matti Lehtonen, and Mahmud Fotuhi-Firuzabad. "Reliability worth assessment of an automatic loop restoration scheme for urban distribution networks." *2010 IEEE PES innovative smart grid technologies conference Europe (ISGT Europe)*. IEEE, 2010.
- [8] Gonen, Turan. 1986. Elektrical Power Distribution System Engineering. USA : McGraw-Hill.

- [9] Praditama, F., Utomo, T., & Shidiq, M. (2014). Analisis Keandalan dan Nilai Ekonomis di Penyulang Pujon PT. PLN (Persero) Area Malang. *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 2(4).
- [10] PT PLN (Persero). 1985. SPLN 59 : Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [11] Kazemi, Shahram, et al. "Application of pulse closing technology for automatic loop restoration." *22nd International Conference and Exhibition on Electricity Distribution (CIRED 2013)*. IET, 2013.
- [12] Sailaja, Ch VSS, and P. V. N. Prasad. "Determination of optimal distributed generation size for losses, protection Co-ordination and reliability Evaluation Using ETAP." *2016 Biennial International Conference on Power and Energy Systems: Towards Sustainable Energy (PESTSE)*. IEEE, 2016.