

EVALUASI INDEKS KEANDALAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI SURABAYA MENGGUNAKAN *LOOP RESTORATION SCHEME*

Gheschik Safiur Rahmat, Ontoseno Penangsang, IGN Satriyadi Hernanda
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
e-mail:ontosenop@ee.its.ac.id

Abstrak—Saat ini keandalan sistem distribusi tenaga listrik merupakan hal yang sangat penting terhadap penyaluran listrik ke konsumen, terutama pada kontinuitas pelayanan daya. Pada Tugas Akhir ini untuk mengevaluasi indeks keandalan sistem distribusi 20 KV di Surabaya yaitu dengan menggunakan *Loop Restoration Scheme* (LRS) yang mana merupakan sebuah metode untuk pengontrolan sistem distribusi pada *feeder* untuk meningkatkan keandalan. Dengan menerapkan konfigurasi dari LRS maka akan didapatkan nilai Indeks Keandalan yang dihasilkan ketika terjadi gangguan pada sebuah sistem distribusi, dengan ditunjang data-data pada setiap *feeder*, maka data tersebut akan diolah dan simulasikan untuk mengetahui keandalan dari sebuah sistem distribusi tersebut setelah diterapkannya LRS. Berdasarkan hasil analisa dari penerapan *Loop Restoration Scheme* pada sistem distribusi ini didapatkan perbaikan nilai indeks keandalan, yaitu pada saat kondisi normal konfigurasi PLN pada simulasikan didapatkan SAIFI sebesar 4.7721 (*f/cost.year*), SAIDI sebesar 12.078 (*h/cost.year*) dan CAIDI sebesar 2.531(*h/cost.interruption*), sedangkan setelah diterapkankonfigurasi *Loop Restoration Scheme* (LRS)didapatkan SAIFI sebesar0.4797 (*f/cost.year*), SAIDIsebesar2.1401 (*h/cost.year*), danCAIDI sebesar4.461 (*h/cost.interruption*). Jika melihat dari hasil kedua simulasi yang telah dilakukan terlihat adanya perbedaan yang cukup signifikan, hal ini dikarenakan pada konfigurasi LRS dilakukan penambahan *Sectional Switch* dan *Automatic Recloser* pada setiap penyulang.

Kata Kunci—Keandalan, *Loop Restoration Scheme*, Indeks Keandalan, Sistem Distribusi 20 KV.

I. PENDAHULUAN

Distribusi sistem tenaga listrik memiliki peranan penting dalam penyaluran daya ke beban atau konsumen, terutama kualitas energi listrik yang diterima konsumen sangat dipengaruhi oleh keandalan sistem pendistribusiannya. Keandalan menggambarkan suatu ukuran tingkat ketersediaan/pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke pemakai/pelanggan. Keandalan sistem distribusi tenaga listrik sangat dipengaruhi oleh konfigurasi sistem, alat pengaman yang dipasang, dan sistem proteksinya. konfigurasi yang tepat, peralatan yang handal serta pengoperasian sistem yang otomatis akan mempermudah kinerja sistem distribusi. Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam besaran probabilitas. Indeks keandalan titik beban yang biasanya digunakan meliputi laju pemutusan

beban rata-rata f (pemutusan beban/tahun), waktu keluar rata-rata r (jam/pemutusan beban) dan lama pemutusan beban rata-rata U (jam/tahun). Indeks keandalan sistem yang banyak digunakan antara lain *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI), *Momentary Average Interruption Frequency Index* (MAIFI) dan *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI). Oleh karena itu dengan diperoleh data index keandalan dari penerapan *Loop Restoration Scheme* pada jaringan distribusi saat terjadi gangguan permanen pada setiap *feeder*, diharapkan bisa mengetahui keandalan dari sebuah sistem distribusi tersebut.

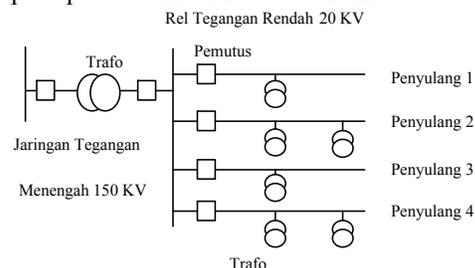
II. TEORI PENUNJANG

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 yang tinggi

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 di bawah ini.



Gambar. 1. Gardu Induk

C. Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan merupakan tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem. 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 kemudian membandingkannya dengan standar yang ditetapkan sebelumnya. Beberapa parameter dasar dalam keandalan yang biasa digunakan untuk mengevaluasi sistem distribusi radial yaitu angka kegagalan rata-rata (λ_s), waktu pemadaman rata-rata (r_s) dan waktu pemadaman tahunan (U_s).

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 [1].

a. System Average Interruption Frequency Index

SAIFI adalah jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi per pelanggan yang dilayani per tahun. Persamaannya dapat dilihat pada persamaan berikut ini:

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_k M_k}{\sum M} \quad (1)$$

dengan:

λ_k = laju kegagalan saluran

M_k = jumlah pelanggan pada saluran k

M = total pelanggan pada sistem

b. System Average Interruption Duration Index

SAIDI adalah nilai rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap pelanggan selama satu tahun. Persamaan SAIDI dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$SAIDI = \frac{\sum \mu_k M_k}{\sum M} \quad (2)$$

dengan:

μ_k = laju perbaikan saluran

M_k = jumlah pelanggan pada saluran k

M = total pelanggan pada sistem

c. Customer Average Interruption Duration Index

CAIDI adalah index durasi gangguan konsumen rata-rata tiap tahun, menginformasikan tentang waktu rata-rata untuk penormalan kembali gangguan tiap-tiap pelanggan dalam satu tahun.

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (3)$$

d. Momentary Average Interruption Frequency Index

MAIFI adalah frekuensi pemadaman rata-rata untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi, yang disebabkan gangguan sementara. Secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$MAIFI = \frac{\sum \lambda_k M_k}{\sum M} \quad (4)$$

dengan:

λ_k = laju kegagalan semestradari komponen

M_k = jumlah pelanggan pada saluran k

M = total 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 Sistem* (ACS). ACS 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* [2][3].

F. Metode Reliability Index Assessment (RIA)

Reliability Index Assessment 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. [4] [5]

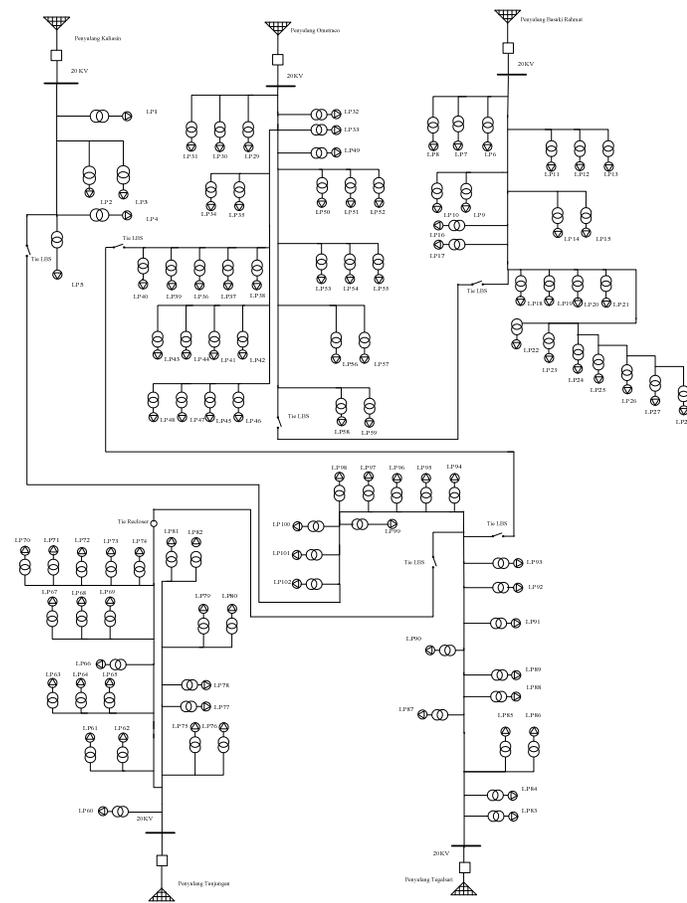
III. METODOLOGI PENELITIAN DAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV DI SURABAYA

A. Sistem Distribusi 20 KV di Surabaya

Pada sistem distribusi 20 KV Surabaya ini terdiri dari sebuah sistem distribusi yang karakteristik sistemnya radial dan memiliki nilai indeks keandalan sesuai dengan standar PLN. dalam tugas akhir ini menggunakan lima penyulang (*feeder*) yaitu :

- a. GI Simpang
 - Penyulang Tunjungan
 - Penyulang Ometraco
- b. GI Kupang
 - Penyulang Basuki Rahmat
 - Penyulang Kaliasin
 - Penyulang Tegalsari

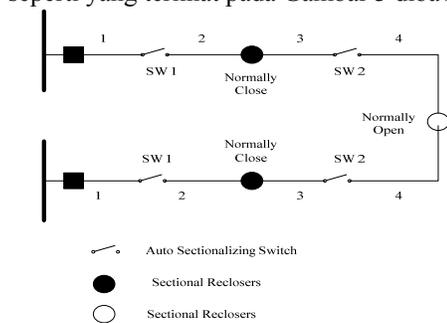
Pada sistem distribusi 20 KV ini terdapat gabungan dari 5 penyulang yang akan membentuk sistem *Loop* pada saat kondisi tertentu. Ciri dari sistem *Loop* yang dimaksud adalah dimana pada antar penyulang satu dengan penyulang terdapat *Tie LBS* sebagai penghubung antar penyulang, fungsi *Tie* disini sebagai penghubung apabila diperlukan pemindahan beban pada penyulang lainnya saat terjadi gangguan pada salah satu penyulang. Untuk lebih detailnya seperti terlihat pada Gambar 2 dibawah ini. Selain itu juga terdapat beberapa data penunjang yaitu panjang saluran serta jumlah pelanggan tiap beban pada setiap penyulang yang nantinya akan diolah pada perhitungan nilai indeks keandalan.



Gambar. 2. Single Line Diagram Normal PLN

B. Loop Restoration Scheme (LRS)

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 3 dibawah ini.



Gambar. 3. Konfigurasi Loop Restoration Scheme

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

- 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*.

- 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.

- 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*.

- 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 pada *section* yang tidak mengalami gangguan yaitu *section 3*.

- Ketika gangguan sementara terjadi pada *section 1* atau *2*, CB1 melakukan *reclosing sequence*. Selama proses ini, semua pelanggan sepanjang *feeder* mengalami gangguan sementara.

- Ketika gangguan sementara terjadi pada *section 3* atau *4*, R1 melakukan *reclosing sequence*. Selama proses ini, hanya pelanggan diantara R1 dan R3 mengalami gangguan sementara.

C. Indeks Keandalan Peralatan Sistem Distribusi

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

Tabel 1.

Tabel Indeks Peralatan

Peralatan	Laju kegagalan	Repair Time	Switching Time
Saluran udara	0.2	3	0.15
CB	0.004	10	0.15
Sectionalizer	0.003	10	0.15
Trafo	0.005	10	0.15
Recloser	0.005	10	0.15

IV. PERHITUNGAN DAN ANALISIS KEANDALAN

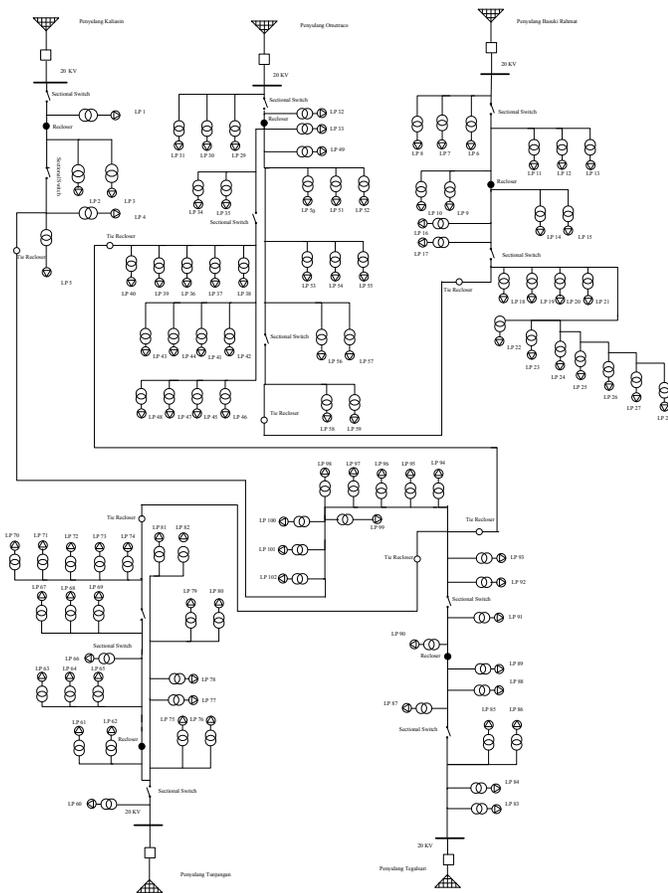
A. Perhitungan Indeks Keandalan Menggunakan Loop Restoration Scheme pada ETAP

Pada simulasi *Loop Restoration Scheme* dengan menggunakan ETAP. Dimana sistem distribusi 20 KV yang digunakan yaitu dengan menggabungkan 5 penyulang menjadi

suatu sistem sehingga membentuk sebuah sistem *Loop*. Beberapa parameter yang dimasukkan pada ETAP sehingga bisa didapatkan nilai indeks keandalan pada *Loop Restoration Scheme* di Sistem Distribusi 20 KV :

- Data Topologi sistem distribusi dari ke lima penyulang yang digunakan yaitu berupa *Single line diagram*
- Data indeks kegagalan peralatan sistem distribusi dengan mengacu pada standard PLN 59 tahun 1985

Pada saat konfigurasi normal PLN antar penyulang hanya terdapat *Tie Load Break Switch (normally open)*, sedangkan pada 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 4 adalah *single line diagram* setelah di terapkan *Loop Restoration Scheme*



Gambar. 4. *Single Line Diagram* Setelah diterapkan *Loop Restoration Scheme*

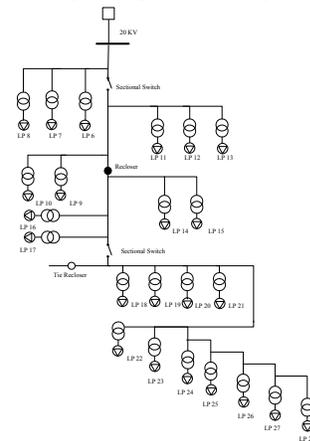
Berikut ini pada Tabel 2 adalah indeks keandalan setelah disimulasikan pada ETAP 7. Terlihat bahwa dari hasil simulasi, nilai indeks keandalan SAIFI, SAIDI, dan CAIDI antara sistem loop pada konfigurasi PLN dengan sistem *Loop Restoration Scheme* terdapat perbedaan yang cukup signifikan, sehingga dengan adanya penambahan beberapa peralatan akan berpengaruh pada nilai indeks keandalan pada sebuah sistem distribusi.

Tabel 2.
Sistem *Loop* Konfigurasi PLN

Normal LBS	SAIFI	SAIDI	CAIDI
	(<i>f/cost.year</i>)	(<i>h/cost.year</i>)	(<i>h/cost.interruption</i>)
	4.7721	12.078	2.531
LRS (acak)	0.4797	2.1401	4.461

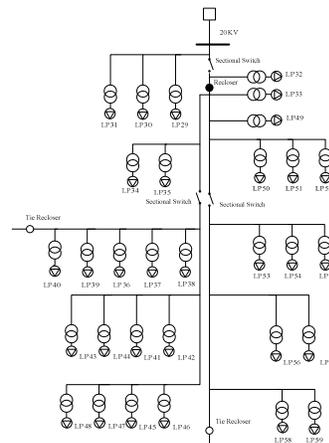
Jika melihat dari hasil 2 simulasi yang telah dilakukan terlihat adanya perbedaan yang cukup signifikan, sehingga agar bisa mendapatkan nilai indeks keandalan dari *Loop Restoration Scheme* yang lebih baik dari sebelumnya maka dilakukan beberapa skenario pada setiap penyulang dengan memindahkan lokasi dari *sectional switch* dan *recloser*. Berikut ini adalah uraian dan hasil dari 4 skenario yang akan dilakukan .

- Pada skenario 1 dilakukan perubahan hanya pada penyulang basuki rahmat, sedangkan untuk penyulang lainnya tetap seperti pada Gambar 4. Gambar 5 berikut ini adalah konfigurasi perubahannya



Gambar. 5. Perubahan pada penyulang basuki rahmat

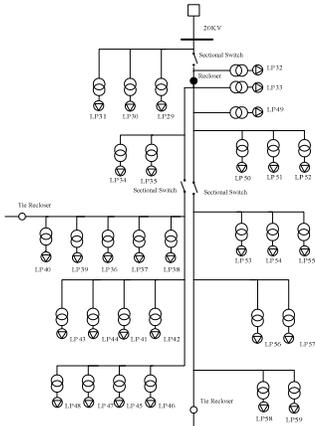
- Pada skenario 2 dilakukan perubahan hanya pada penyulang ometraco, sedangkan untuk penyulang lainnya mengikuti konfigurasi pada skenario 1. Gambar 6 berikut ini konfigurasi perubahannya.



Gambar. 6. Perubahan pada penyulang basuki rahmat

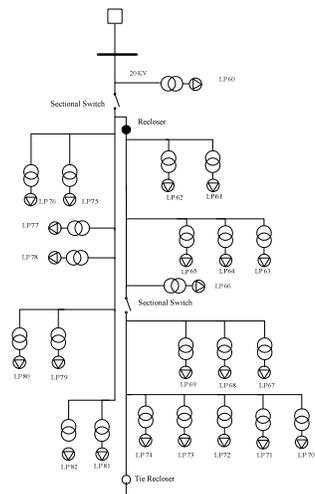
- Pada skenario 3 dilakukan perubahan hanya pada penyulang tunjungan, sedangkan untuk penyulang lainnya mengikuti

konfigurasi pada skenario 2. Gambar 7 berikut ini konfigurasi perubahannya



Gambar. 7. Perubahan pada penyulang tunjangan

- Pada skenario 4 dilakukan perubahan hanya pada penyulang tegalsari, sedangkan untuk penyulang lainnya mengikuti konfigurasi pada skenario 3. Gambar 8 berikut ini konfigurasi perubahannya



Gambar. 8. Perubahan pada penyulang busuki rahmat

Tabel 3. Sistem Loop Restoration Scheme

Dengan LRS	SAIFI (f/cost.year)	SAIDI (h/cost.year)	CAIDI (h/cost.interruption)
Skenario 1	0.4797	2.1314	4.443
Skenario 2	0.4753	2.0489	4.311
Skenario 3	0.4866	1.9240	3.954
Sknario 4	0.4855	1.8829	3.878

Pada Tabel 3 diatas terlihat terdapat perbedaan pada setiap skenarionya, hal ini dipengaruhi dari letak sectional switch dan recloser pada beberapa feeder, juga berpengaruh pada nilai indeks keandalannya. Hal itu terlihat dari hasil yang berbeda dari beberapa skenario yang telah diterapkan.

B. Perbandingan Indeks Keandalan tanpa Loop Restoration Scheme dan Loop Restoration Scheme

Seperti terlihat pada Tabel 4 berikut adalah tabel perbandingan antara indeks keandalan kondisi konfigurasi normal dengan setelah diterapkannya konfigurasi Loop

Restoration Scheme setelah dilakukan simulasi menggunakan ETAP dan dilakukan perhitungan manual dengan metode RIA

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 banyak hal ini dikarenakan adanya penambahan Sectional switch dan Recloser pada setiap penyulang dan penggantian Load Break Switch dengan Automatic Recloser. Sehingga terlihat bahwa sangat efektifnya penambahan beberapa komponen tersebut terhadap perubahan nilai indeks keandalan pada ke 5 penyulang tersebut yang sebelumnya sudah diterapkan mejadi sebuah sistem loop pada saat kondisi tertentu.

Selain itu dengan penerapan beberapa skenario pada Loop Restoration Scheme dengan cara mengubah letak dari sectional switch dan recloser pada beberapa feeder dalam hal ini penerapan pada skenario 1, skenario 2, skenario 3, dan skenario 4 juga berpengaruh pada nilai indeks keandalannya.

Pada metode RIA sendiri juga terdapat perbedaan hasil, karena pada kondisi perfect switching ini hanya memperhitungkan indeks keandalan dari kabel, sedangkan pada kondisi imperfect switching memperhitungkan indeks keandalan dari kabel dan seluruh peralatan switching.

Tabel 4. Perbandingan Indeks Keandalan

Normal dengan LBS	ETAP			
	SAIFI (f/cost.year)	SAIDI (h/cost.year)	CAIDI (h/cost.interruption)	
	4.7721	12.078	2.531	
Skenario 1	0.4797	2.1314	4.443	
Skenario 2	0.4753	2.0489	4.311	
Skenario 3	0.4866	1.924	3.954	
Skenario 4	0.4855	1.8829	3.878	
Dengan LRS	RIA kondisi imperfect switching			
	SAIFI (f/cost.year)	SAIDI (h/cost.year)	CAIDI (h/cost.interruption)	
	Skenario 1	0.31457	2.10024	6.6763
	Skenario 2	0.303794	1.88882	6.2174
	Skenario 3	0.30266	1.83803	6.0728
	Skenario 4	0.358340	1.94403	4.3757
	RIA kondisi perfect switching			
	SAIFI (f/cost.year)	SAIDI (h/cost.year)	CAIDI (h/cost.interruption)	
	Skenario 1	0.24115	1.04431	4.33043
	Skenario 2	0.23319	0.96534	4.13962
Skenario 3	0.23241	0.94050	4.04669	
Skenario 4	0.24290	0.97042	3.99509	

Berikut ini pada Tabel 5 adalah hasil perhitungan error pada penerapan Loop Restoration Scheme antara metode RIA kondisi imperfect switching dan ETAP.

$$\% \text{ error} = \frac{|ETAP-RIA|}{RIA} \times 100\% \tag{5}$$

Tabel 5.
Error antara metode RIA *imperfect switching* dan ETAP

Dengan LRS	Persen error (%)		
	SAIFI (%)	SAIDI (%)	CAIDI (%)
Skenario 1	34.42359808	1.461949892	50.26558632
Skenario 2	36.08373659	7.812972815	44.22175829
Skenario 3	37.80106864	4.468295218	53.58624178
Skenario 4	26.1915551	3.24658771	12.83393502

C. Analisa Indeks Keandalan MAIFI dengan Menggunakan Metode RIA

Metode RIA disini digunakan untuk melakukan perhitungan indeks keandalan saat terjadi gangguan temporer, yang mana serangkaian langkah diterapkan pada sistem distribusi ini untuk mendapatkan nilai indeks keandalan MAIFI. Berikut ini Tabel 6 adalah hasil dari perhitungan nilai MAIFI pada setiap skenario dari penerapan *Loop Restoration Scheme*.

Tabel 6.
Nilai MAIFI pada penerapan *Loop Restoration Scheme*

Dengan LRS	MAIFI (<i>fault/yr</i>)
Skenario 1	0.246591
Skenario 2	0.245489
Skenario 3	0.244686
Skenario 4	0.286577

Pada perhitungan *momentary failure* dari Tabel 8 di atas terlihat bahwa terjadi perbaikan nilai *failure* mulai dari skenario 1, skenario 2 dan skenario 3. Akan tetapi pada skenario 4 nilainya mengalami kenaikan yang cukup signifikan.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari perhitungan dan analisis pada tugas akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai indeks keandalan pada kondisi normal konfigurasi PLN pada simulasi di ETAP didapatkan SAIFI sebesar 4.7721 (*f/cost.year*), SAIDI sebesar 12.078 (*h/cost.year*) dan CAIDI sebesar 2.531 (*h/cost.interruption*), sedangkan setelah diterapkankonfigurasi *Loop Restoration Scheme* (LRS) dan simulasikan pada ETAP didapatkan SAIFI sebesar 0.4797 (*f/cost.year*), SAIDI sebesar 2.1401 (*h/cost.year*), dan CAIDI sebesar 4.461 (*h/cost.interruption*). Jika melihat dari hasil kedua simulasi yang telah dilakukan terlihat adanya perbedaan yang cukup signifikan, hal ini dikarenakan pada konfigurasi LRS dilakukan penambahan *Sectional Switch* dan *Automatic Recloser* pada setiap penyulang.
2. Dari beberapa konfigurasi skenario yang diterapkan pada LRS pada simulasi ETAP didapatkan nilai indeks terbaik

yaitu pada konfigurasi skenario 4, dengan nilai SAIFI sebesar 0.4855 (*f/cost.year*), SAIDI sebesar 1.882 (*h/cost.year*) dan CAIDI sebesar 3.878 (*h/cost.interruption*).

3. Nilai indeks keandalan dengan konfigurasi LRS pada simulasi ETAP dan perhitungan RIA tidak memiliki perbedaan yang cukup signifikan.
4. Frekuensi dan durasi gangguan tidak hanya disebabkan oleh gangguan terus-menerus tetapi juga gangguan sementara. Setelah dilakukan perhitungan dengan metode RIA pada konfigurasi LRS didapatkan nilai MAIFI pada skenario 1 sebesar 0.246591 (*fault/yr*), skenario 2 sebesar 0.245489 (*fault/yr*), skenario 3 sebesar 0.244686 (*fault/yr*), dan skenario 4 sebesar 0.286577 (*fault/yr*)

B. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan dan pengembangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Analisis keandalan distribusi pada tugas akhir ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan yang bisa diterapkan pada sistem distribusi 20 kV di Surabaya khususnya pada 5 penyulang yang digunakan sebagai bahan pada Tugas Akhir ini.
2. Perlu dilakukan pemeliharaan berkala untuk mengurangi gangguan akibat peralatan dan penebangan pohon secara berkala untuk mengurangi gangguan atau memperkecil gangguan dari gesekan antara pohon dengan kawat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Bilinton, and R. N. Allan, *Reliability Evaluation of Power Systems*, Plenum Press, 1996, 2nd Ed.
- [2] Kazemi. Shahram, Firuzabad. Mahmud Fotuhi, Pasand. Majid Sanaye "Impacts of automatic control systems of loop restoration scheme on the distribution system reliability", IET Gener. Tran. Distrib, Vol 3, April 2009.
- [3] Kazemi. Shahram, Firuzabad. Mahmud Fotuhi, Pasand. Majid Sanaye "Impacts of Loop Restoration Strategy on Distribution System Reliability", IEEE, 2009.
- [4] Prabowo. Herdianto. Studi Analisis Keandalan Sistem Distribusi PT. Semen Gresik-Tuban Menggunakan Metode Reliability Index Assessment (RIA) dan Software ETAP (Electrical Transient Analysis Program). Tugas Akhir Teknik Elektro-ITS. 2012
- [5] Li. Fangxing "Distributed Processing of Reliability Index Assessment and Reliability-Based Network Reconfiguration in Power Distribution System", IEEE Transaction on Power System, Vol 20, No.1 February 2005