

ANALISIS POSISI RECLOSER TERHADAP KEANDALAN KINERJA PENYULANG SEMPIDI BERBASIS SOFTWARE ETAP POWERSTATION

I Nengah Sunaya, I Gede Suputra Widharma, Made Sajayasa

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali
Bukit Jimbaran, P.O. Box 1064, Badung, Bali
Email : ingsunaya@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini menganalisis koordinasi recloser yang terdapat pada penyulang Sempidi untuk meningkatkan keandalan kinerja dari penyulang tersebut. Keandalan yang diharapkan adalah keandalan dalam penyediaan dan penyaluran dayanya. Untuk mengetahui keandalan dalam penyaluran tenaga listrik kepada konsumen perlu diperhitungkan indeks keandalannya. Indeks keandalan menjadi indikator dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas yang bertujuan meminimalkan nilai SAIDI dan SAIFI, yaitu 1,8805505 jam/pelanggan tahun dan 5,8200455 kegagalan/pelanggan tahun, serta nilai *fitness* sebesar 0,091366843 untuk recloser pada posisi 10. Teknik yang digunakan dalam evaluasi keandalan sistem distribusi yaitu metode analisis dengan formula SAIDI dan SAIFI serta metode simulasi dengan memanfaatkan *software ETAP powerstation*.

Kata kunci: Recloser, Keandalan, enyulang

ANALYSIS RECLOSER POSITION TO WORK RELIABILITY IN THE SEMPIDI FEEDER BASED ON SOFTWARE ETAP POWERSTATION

Abstract: *This research is analysing coordination of recloser in Sempidi feeder to increase work reliability from this feeder. Reliability that hoping is reliability in supply and distribute its power. To know this reliability in electric power distribution for consument is need determined reliability index. This reliability index become indicator that told in probability unit to minimalize SAIDI and SAIFI value are about 1,8805505 hours/consumer year and 5,8200455 failure/consumers years, and fitness value about 0,091366843 for recloser in section 10th. Technique that be used in reliability evaluation of distribution system are analysis method with SAIDI and SAIFI formula and simulation by using software ETAP powerstation.*

Keywords: *Recloser, Reliability, Feeder*

I. PENDAHULUAN

Saat ini kebutuhan akan tenaga listrik semakin berkembang, hal ini harus diimbangi dengan meningkatnya mutu pelayanan yang diberikan termasuk keandalannya. Kebutuhan akan tenaga listrik sejalan dengan semakin meningkatnya taraf hidup masyarakat. Dalam penyaluran tenaga listrik dari Gardu Induk ke pusat-pusat beban diperlukan saluran distribusi.

Sebelumnya telah ada beberapa penelitian tentang keandalan sistem tenaga listrik yaitu Perdana WP, Reny NH, dan Harry SD (2009) yang meneliti keandalan sistem tenaga listrik pada jaringan distribusi primer tipe radial GI Blimbing, kemudian dilanjutkan oleh Parlindungan Doloksaribu (2010) yang menganalisa keandalan sistem distribusi tenaga listrik dengan menggunakan EDSA. Untuk mengetahui keandalan dalam penyaluran tenaga listrik kepada para konsumen, perlu diperhitungkan indeks keandalan. Teknik analisis menggambarkan sistem sebagai model matematika dan mengevaluasi indeks keandalan dari model ini

dengan menggunakan solusi matematika. Teknik simulasi dapat menentukan probabilitas dari indeks. Berdasarkan hal-hal tersebut di atas, maka dilakukan suatu evaluasi keandalan jaringan distribusi melalui suatu pendekatan simulasi *software ETAP powerstation*. Sehingga dengan membahas evaluasi keandalan penyulang Sempidi dengan metode analisis dan metode simulasi tersebut dapat diketahui indeks keandalan sistem yang sangat berguna untuk perencanaan sistem.

II. LANDASAN TEORI

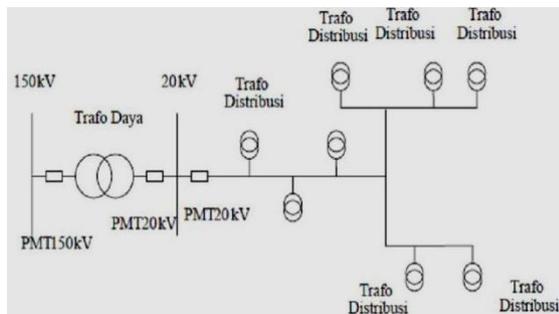
2.1. Sistem Distribusi

Jaringan pada Sistem Distribusi tegangan menengah (20kV) dapat dikelompokkan menjadi lima model sebagai berikut.

2.1.1. Jaringan Radial

Sistem distribusi dengan pola Radial seperti gambar di bawah ini adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini

terdapat beberapa penyulang yang menyuplai gardu distribusi secara radial.



Gambar 1. Jaringan Radial

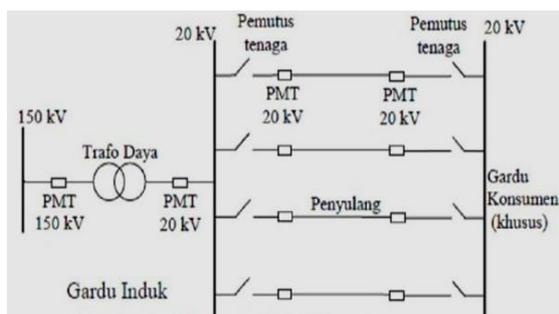
Dalam penyulang tersebut dipasang gardu-gardu distribusi untuk konsumen. Keuntungan dari sistem ini adalah sistem ini tidak rumit dan lebih murah dibanding dengan sistem lain.

Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam.

Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada diujung saluran.

2.1.2. Jaringan Hantaran (Tie Line)

Sistem distribusi *Tie Line* seperti Gambar di bawah ini digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam.



Gambar 2. Jaringan Tie Line

Sistem ini memiliki minimal dua penyulang sekaligus dengan tambahan *Automatic Change Over Switch / Automatic Transfer Switch*, setiap penyulangterkoneksi ke gardu pelanggan khusus tersebut sehingga bila salah satu penyulang mengalami gangguan maka pasokan listrik di pindah ke penyulang lain.

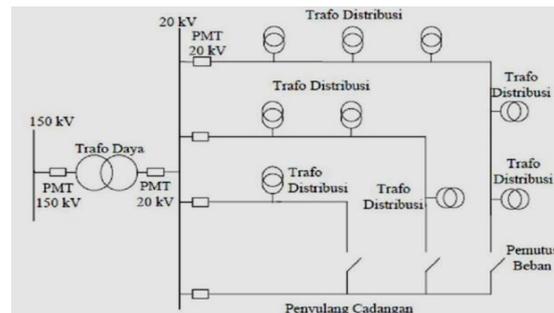
2.1.3. Jaringan Loop

Pada Jaringan Tegangan Menengah Struktur Lingkaran (Loop) ini dimungkinkan pemasokannya dari beberapa gardu induk.

2.1.4. Jaringan Gugus (Kluster)

Konfigurasi Gugus seperti pada Gambar di bawah ini banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat Saklar Pemutus Beban, dan penyulang cadangan.

Dimana penyulang ini berfungsi bila ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka penyulang cadangan inilah yang menggantikan fungsi suplai kekonsumen.



Gambar 4. Jaringan Kluster

2.1.5. Jaringan Spindel

Sistem Spindel seperti pada gambar di bawah ini adalah suatu pola kombinasi jaringan dari pola Radial dan Ring. Spindel terdiri dari beberapa penyulang yang tegangannya diberikan dari Gardu Induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (GH). Pada sebuah spindel biasanya terdiri dari beberapa penyulang aktif dan sebuah penyulang cadangan yang akan dihubungkan melalui gardu hubung. Pola Spindel biasanya digunakan pada jaringan tegangan menengah (JTM) yang menggunakan kabel tanah/saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM).

2.2. Keandalan Sistem

Keandalan sistem adalah suatu kemampuan sistem dalam memenuhi fungsi yang diperlukan dalam suatu masa tertentu. Peningkatan kebutuhan tenaga listrik menuntut sistem distribusi tenaga listrik yang mempunyai tingkat keandalan yang baik. Pada sistem distribusi, kualitas keandalan dapat dilihat dari lamanya pemadaman dan seberapa sering pemadaman terjadi dalam satu satuan waktu.

Dengan tingkat keandalan yang sesuai dengan standar, masyarakat pengguna dapat menikmati energi listrik secara berkelanjutan.

Keandalan system penyaluran distribusi tenaga listrik tergantung pada model susunan saluran, pengaturan operasi dan pemeliharaan serta koordinasi peralatan pengaman.

Tingkat kontinuitas dibagi antara lain :

- Tingkat 1, Padam berjam-jam
- Tingkat 2, Padam beberapa jam
- Tingkat 3, Padam beberapa menit

- Tingkat 4, Padam beberapa detik
- Tingkat 5, tanpa padam

2.2.1. Indeks Keandalan

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. Sejumlah indeks sudah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan sistem tenaga. Evaluasi keandalan sistem distribusi terdiri dari indeks titik beban dan indeks sistem. Indeks kegagalan titik beban yang biasanya digunakan meliputi tingkat kegagalan (λ), rata-rata waktu keluar (r) dan rata-rata ketidakterersediaan tahunan (U).

Indeks sistem dapat dihitung dari indeks titik beban dasar seperti indeks sistem pada dasarnya adalah bobot rata-rata beban dari nilai titik beban individu. Distribusi dari indeks sistem dapat juga diperoleh dari periode indeks titik beban.

a. System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

Indeks ini didefinisikan sebagai jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi per pelanggan yang dilayani oleh sistem per satuan waktu (umumnya per tahun) seperti ditunjukkan persamaan 1 berikut.

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

b. System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

Indeks ini didefinisikan sebagai nilai rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap konsumen selama satu tahun, seperti persamaan 2 berikut ini.

$$SAIDI = \frac{\sum U_k M_k}{\sum M_k} \dots\dots (2)$$

Indeks ini didefinisikan sebagai nilai rata-rata dari lamanya gangguan untuk setiap konsumen selama satu tahun.

c. Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)

Indeks ini didefinisikan sebagai lamanya kegagalan untuk pelanggan yang mengalami gangguan selama satu tahun, seperti persamaan 3 berikut ini.

$$CAIDI = \frac{\sum U_k M_k}{\sum M_k \lambda_k} \dots\dots (3)$$

Indeks ini didefinisikan sebagai nilai rata-rata dari lamanya gangguan untuk setiap konsumen yang mengalami gangguan selama satu tahun.

Kegunaan dari informasi indeks keandalan sistem yang paling umum meliputi:

1. Melengkapi manajemen dengan data capaian mengenai mutu layanan secara keseluruhan pada tiap area operasinya.
2. Untuk mengidentifikasi subsistem dan sirkit dengan capaian di bawah standard dan memastikan penyebabnya.
3. Menyediakan sejarah keandalan dari sirkit
4. Memenuhi syarat pelaporan pengaturan.
5. Menyediakan basis menetapkan ukuran kesinambungan layanan.
6. Menyediakan data capaian yang penting bagi suatu pendekatan probabilistik untuk studi keandalan sistem distribusi.

Salah satu metode untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi berdasarkan indeks keandalan adalah dengan menambahkan *fuse*, *sectionalizer* atau *recloser*.

2.3. Recloser

Fungsi recloser adalah sebagai alat untuk memperkecil daerah jaringan listrik yang terkena gangguan. Pemasangan recloser selama ini hanya berdasarkan jarak aman antara suatu recloser dengan komponen pemutus lainnya dan belum mempertimbangkan banyak pelanggan di daerah yang dilindungi. Berdasarkan data parameter kinerja dan koordinasi recloser dilakukan perhitungan nilai indeks keandalan dari tiap-tiap pemasangan recloser sehingga diperoleh hasil yang optimal.

2.4. Program ETAP

ETAP (*Electrical Transient Analyzer*) merupakan program yang menawarkan solusi yang paling komprehensif untuk desain, simulasi, dan analisis pembangkitan, transmisi, dan distribusi listrik untuk sebuah sistem tenaga listrik yang besar.

Program ETAP ini dapat menganalisa *load flow*, *short circuit*, *motor acceleration*, *harmonic*, *transient stability*, *star-protective device coordination*, *DC load flow*, *DC short circuit*, *battery discharge sizing*, *unbalance load flow*, *optimal power flow*, *reliability assessment*, *optimal capacitor placement* dan *switching sequence management*. Pada penelitian ini, penulis menggunakan ETAP untuk menganalisa *load flow*

pada sistem kelistrikan. Maksimal jumlah bus yang dapat dianalisa sistem kelistrikannya dengan menggunakan ETAP.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pemodelan Jaringan

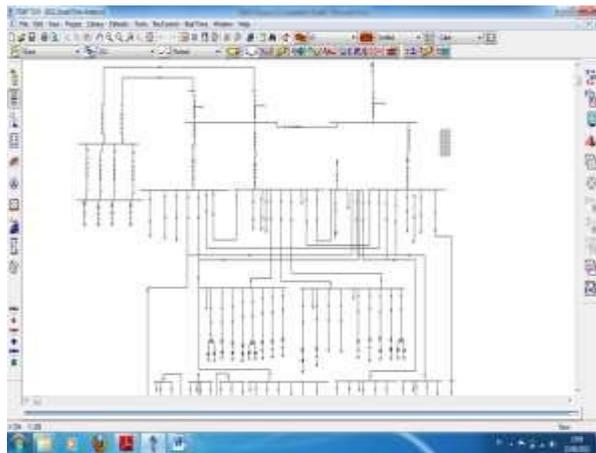
Data yang dimiliki penyulang Sempidi yng dimanfaatkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Data Penyulang Sempidi

Panjang JTM	47771.41 meter
Panjang JTR	101497.04 meter
Kapasitas GD	15695 KVA
Jumlah Trafo GD	79 buah
Jumlah GD	77 buah
Jumlah tiang TM	980 buah
Jumlah tiang TM dengan PE	104 buah
Jumlah tiang TR	2763 buah
Pelanggan TM	10
Panjang sambungan TM	0
Total beban TM	9480000 VA
Jumlah sambungan TM	10 buah
Pelanggan TR	30190
Panjang sambungan TR	386230 meter
Beban TR	58425040 VA
Jumlah sambungan TR	30190 buah

Sumber : PLN (PERSERO) Area Jaringan Bali Selatan

Dengan software ETAP powerstation dapat dibuatkan simulasi bus jaringannya, seperti gambar berikut ini:



Gambar 6
Simulasi sistem kelistrikan dengan ETAP

Pada rangkaian radial murni, para pelanggan di ujung rangkaian mau tidak mau memiliki keandalan yang paling rendah. Pada rangkaian radial, kita dapat menganalisis keandalan

menggunakan kombinasi seri dari unsur individu. Jika salah satu komponen seri antara gardu penyedia listrik dan pelanggan gagal, pelanggan akan kehilangan dayanya. Seri elemen dapat dikombinasikan sebagai persamaan berikut.

$$\lambda_s = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n$$

$$U_s = U_1 + U_2 + \dots + U_n = \lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2 + \dots + \lambda_n r_n$$

$$r_s = \frac{U_s}{\lambda_s}$$

..... (4)

- λ = laju kegagalan, (gangguan per tahun)
- U= ketidakterersediaan(total waktu terjadi gangguan), dalam bentuk per unit atau %
- r = rata-rata waktu perbaikan setiap gangguan, biasanya dalam per unit/tahun, %/tahun,jam atau menit

Parameter S adalah total dari seri kombinasi, dan nilai 1, 2, ... n menunjukkan parameter dari unsur individu. Untuk meningkatkan keandalan untuk pelanggan, suplai distribusi paralel diperlukan. Menganalisis keandalan dari sistem yang saling berhubungan lumayan sulit.

$$\lambda_p = \frac{U_p}{r_p}$$

$$U_p = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n = \lambda_1 \times \dots \times \lambda_n \times r_1 \times \dots \times r_n$$

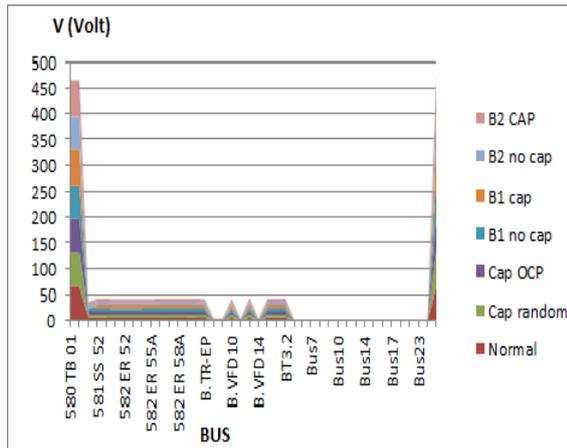
$$r_p = \frac{1}{1/r_1 + 1/r_2 + \dots + 1/r_n}$$

..... (5)

Parameter P adalah total dari kombinasi paralel. Perlu diketahui bahwa unit harus tetap sama: λ (laju kegagalan) memiliki satuan 1/years, sehingga waktu perbaikan, r, harus dalam satuan tahun. Biasanya, ini berarti membagi r oleh 8.760 jika r adalah dalam jam atau 525.600 jika r adalah dalam beberapa menit.

3.2. Perancangan Sistem Optimasi

Perancangan sistem optimasi ini menggunakan program ETAP diperoleh data perbandingan loadflow dan tegangan pada bus sistem kelistrikan sebagai berikut:



Gambar 7
Perbandingan seluruh kondisi bus

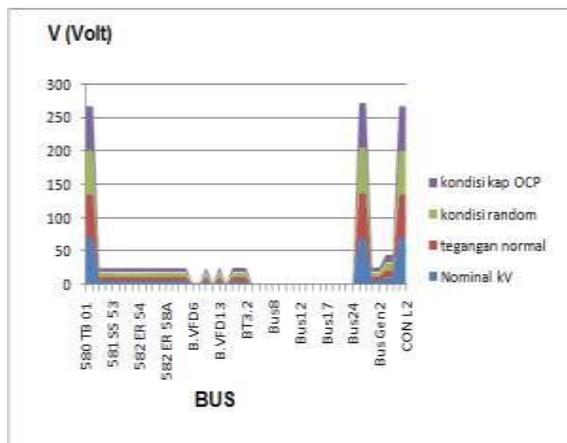
3.3. Analisis

Pengujian terhadap sistem ini dilakukan dengan tujuan agar dapat diketahui apakah sistem yang dibuat dalam program ini sudah berjalan sesuai dengan yang diinginkan atau belum. Keberhasilan program diukur dari kemampuannya untuk menganalisis posisi recloser yang paling tepat sehingga diperoleh keandalan sistem tenaga listrik yang paling optimum berdasarkan nilai SAIDI dan SAIFI yang dihasilkan oleh laju kegagalan komponen, waktu keluar komponen dan jumlah pelanggan tiap titik beban, seperti persamaan 9 berikut.

$$SAIDI = \frac{\lambda_{TTR1} \cdot TTR1 \cdot tLP_n + \dots + \lambda_n \cdot TTR_n \cdot tLP_n}{tLP_1 + \dots + tLP_n + \dots + tLP_n}$$

$$SAIFI = \frac{\lambda_{TTR1} \cdot tLP_n + \dots + \lambda_n \cdot tLP_n}{tLP_1 + \dots + tLP_n + \dots + tLP_n}$$

$$f(x) = \frac{1}{SAIDI \cdot SAIFI} \quad \dots (6)$$



Gambar 8
Perbandingan tegangan pada bus

Pengujian ini diawali dengan menentukan nilai:

- laju kegagalan dan waktu keluar recloser,
- laju kegagalan dan waktu keluar transformator,
- laju kegagalan dan waktu keluar SUTM,
- laju kegagalan dan waktu keluar FCO,
- laju kegagalan dan waktu keluar PMT,

Tabel 1. Data Laju Kegagalan dan Lamanya

No	Komponen	Kegagalan/ Tahun	Jam/ tahun
1	SUTM	0,100	4
2	Recloser	0,015	4
3	PMT	0,014	4
4	Trafo	0,010	5
5	FCO	0,009	2

Pada setting awal dari nilai-nilai laju kegagalan dan waktu keluar dipergunakan referensi dengan kisaran nilai:

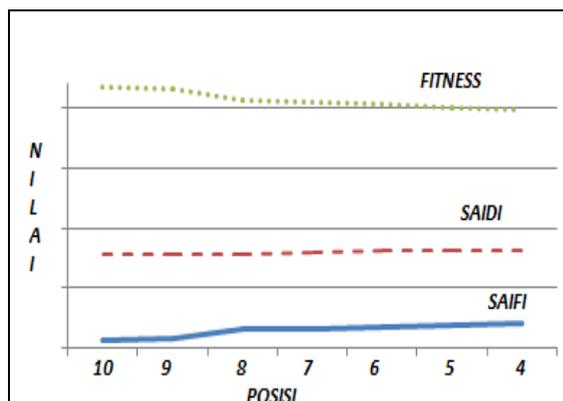
- 0,015 kegagalan/tahun selama 4 jam untuk waktu keluar recloser,
- 0,01 kegagalan/tahun selama 5 jam untuk waktu keluar transformator,
- 0,1 kegagalan/tahun selama 4 jam untuk waktu keluar SUTM,
- 0,009 kegagalan/tahun selama 2 jam untuk waktu keluar FCO,
- 0,014 kegagalan/tahun selama 4 jam untuk waktu keluar PMT.

Tabel 2. Data Pengujian Fitness Berdasarkan Nilai SAIDI dan SAIFI

Posisi	SAIDI	SAIFI	Fitness
10	1,8805505	5,8200455	0,091366843
9	1,8715008	5,8205675	0,091800417
8	1,8402450	5,8220655	0,093335588
7	1,8405555	5,8250775	0,093271589
6	1,8328052	5,8272677	0,093630797
5	1,8307885	5,8280088	0,093722017
4	1,8255055	5,8280455	0,093992656

Hasil pengujian yang mempunyai nilai fitness tertinggi adalah posisi 10 (*section 10*) dengan nilai SAIDI sebesar 1,8805505 jam/pelanggan tahun dan nilai SAIFI sebesar 5,8200455 kegagalan/pelanggan tahun, serta nilai fitness sebesar 0,091366843.

Bila dibandingkan dengan posisi yang lain, maka posisi 10 memiliki nilai fitness yang paling baik.



Gambar 9.
Perbandingan SAIDI, SAIFI, dan Fitness antar
Posisi Recloser

IV. SIMPULAN

1. Koordinasi recloser yang optimum untuk penyulang sempidi adalah posisi 10 dengan nilai *SAIDI* sebesar 1,8805505 jam/pelanggan tahun dan nilai *SAIFI* sebesar 5,8200455 kegagalan/pelanggan tahun, serta nilai *fitness* sebesar 0,091366843.
2. Optimasi dengan simulasi *software* ETAP *powerstation* dapat menghasilkan beberapa solusi terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dummer, GWA, Winton RC. 1974. *An Elementary guide To Reliability*. New York : Pergamon Press.
- [2] Doloksaribu, Parlindungan. 2010. *Analisa Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. *Jurnal Dielektrika*. Vol.1 No.1.
- [3] Gonen, Turan. 1986. *Electric Power Distribution System Engineering*, McGraw-Hill International Edition.
- [4] Gupta, B. R. 2001. "*Principles of Electrical Engineering*". Ram Nagar, New Delhi-110055: S. Chand and Company LTD.
- [5] Pabla AS, Abdul Hadi. 1986. *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Erlangga.
- [6] Perdana WP, Reny Nur Hasanah, Harry SD. 2009. *Evaluasi Keandalan Sistem Tenaga Listrik pada Jaringan Distribusi Primer Tipe Radial GI Blimbing*. *Jurnal EECCIS* Vol.1 No.1
- [7] Standar PLN (SPLN) No. 59. 1985. *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20kV dan 6kV*. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi
- [8] Sukerayasa, 2007. *Evaluasi Keandalan Penyulang Konfigurasi Radial dan Spindel*, *Teknologi Elektro* Vol.6 No.3
- [9] Sulasno, Ir. "*Analisis Sistem tenaga*", Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 1993

[10] Turan Gonen, 1988 "*Modern Power System Analysis*", John Wiley & Sons.