



**TUGAS AKHIR - EE 184801**  
**ANALISA KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20KV PADA**  
**PT. PLN (PERSERO) ULP RUNGKUT MENGGUNAKAN**  
**METODE RELIABILITY INDEX ASSESSMENT (RIA)**

Satya Dharmawan Lijadi  
NRP 07111540000095

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D  
Dr. Rony Seto Wibowo, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - EE 184801**  
***RELIABILITY ANALYSIS OF DISTRIBUTION SYSTEM***  
***20KV AT PT. PLN (PERSERO) ULP RUNGKUT USING***  
***RELIABILITY INDEX ASSESSMENT (RIA) METHOD***

Satya Dharmawan Lijadi  
NRP 0711154000095

Advisor  
Prof. Dr. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D  
Dr.Rony Seto Wibowo, S.T., M.T.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Electrical Engineering and Informatics Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020



## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20Kv pada PT. PLN (Persero) ULP Rungkut Menggunakan Metode Reliability Index Assessment (RIA)**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2020



Satya Dharmawan Lijadi  
Nrp.0711154000095

*-Halaman ini sengaja dikosongkan-*

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20KV PADA PT.  
PLN (PERSERO) ULP RUNGKUT MENGGUNAKAN METODE  
RELIABILITY INDEX ASSESSMENT (RIA)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada**

**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga  
Departemen Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing I,**



Prof. Dr. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D  
NIP. 194907151974121001

**Dosen Pembimbing II,**



Dr. Rony Seto Wibowo, S.T., M.T.  
NIP. 197411292000121001



*-Halaman ini sengaja dikosongkan-*



## **Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20kv pada PT. PLN (Persero) ULP Rungkut Menggunakan Metode Reliability Index Assessment (RIA)**

**Nama** : Satya Dharmawan Lijadi  
**Pembimbing I** : Prof. Dr. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D  
**Pembimbing II** : Dr. Rony Seto Wibowo, S.T., M.T.

### **ABSTRAK**

Tugas Akhir ini bertujuan untuk menghitung nilai indeks keandalan pada sistem distribusi tegangan menengah 20kV di PT. PLN (Persero) ULP Rungkut dengan menggunakan metode *Reliability Index Assessment (RIA)* dengan memperhitungkan laju kegagalan berkelanjutan, laju kegagalan sesaat, waktu perbaikan, dan *switching time* dari setiap komponen dalam jaringan tersebut. Pada tugas akhir ini juga dilakukan studi untuk memperbaiki nilai indeks keandalan dengan penambahan komponen *sectionalizer* pada jaringan.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis pada penyulang Berbek didapatkan nilai indeks keandalan SAIFI sebesar 3,6584 dan nilai indeks keandalan SAIDI sebesar 3,8858 sebelum dilakukan upaya peningkatan keandalan. Setelah melakukan perbaikan nilai indeks keandalan menggunakan ETAP 12.6.0 dan melakukan penambahan komponen *load breaker switch* pada jaringan maka didapat hasil perbaikan untuk nilai indeks keandalan SAIFI sebesar 2,8633 dan nilai indeks keandalan SAIDI sebesar 3,4305.

**Kata Kunci** : Distribusi, Keandalan, SAIDI, SAIFI, *Reliability Index Assessment*

*-Halaman ini sengaja dikosongkan-*

***Reliability Analysis of Distribution System 20 kV at PT. PLN (Persero)  
ULP Rungkut using Reliability Index Assessment (RIA) Method***

**Name** : Satya Dharmawan Lijadi  
**Advisor I** : Prof. Dr. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D  
**Advisor II** : Dr. Rony Seto Wibowo, S.T., M.T.

***ABSTRACT***

*This Final Project's purpose is to count the reliability index values of a 20kV medium voltage distribution system at PT. PLN (Persero) ULP Rungkut using Reliability Index Assessment method, based on sustained failure rate, momentary failure rate, repair time and switching time from each component in distribution line to get the reliability indexes in the system. This final project is to improve the reliability index values by adding sectionalizer component on the distribution line.*

*According to the analysis result from Berbek feeder before improving the reliability index, value of SAIFI reliability index is 3,6584 and values of SAIDI reliability index is 3,8858, then after improving the reliability index value using ETAP 12.6.0 software by adding a load breaker switch component on the distribution line, the result of SAIFI reliability index value becomes 2,8633 and the SAIDI reliability index value becomes 3,4305.*

***Keywords:*** *Distribution, Reliability, SAIDI, SAIFI, Reliability Index Assessment*

*---Halaman ini sengaja dikosongkan---*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas hadirat Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini guna memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan S1 di Departemen Teknik Elektro ITS Surabaya.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak berjasa dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Tuhan Yang Maha Esa atas Rahmat dan Berkatnya penulis diberi kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir ini,
2. Segenap keluarga besar terutama kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa untuk keberhasilan penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D dan Bapak Dr. Eng. Rony Seto Wibowo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran, motivasi, kritik, dan wawasan serta bimbingannya.
4. Seluruh staf pengajar dan karyawan S1 Departemen Teknik Elektro-ITS, atas sarana dan prasarana yang diberikan.
5. Bapak Muhammad Rizlani sebagai manajer PT. PLN (Persero) UP3 Surabaya Selatan, bapak Dona Chandra sebagai manajer ULP Rungkut, dan bapak Andre Prayogo sebagai Supervisor Teknik ULP Rungkut, dan bapak Arya sebagai K3 ULP Rungkut yang sudah memberikan kesempatan untuk melaksanakan magang PMMB di PT. PLN (Persero) ULP Rungkut.
6. Seluruh rekan dan teman-teman regular 2015 terutama prodi Teknik Sistem Tenaga atas kerja samanya.
7. Dan semua pihak-pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan limpahan rahmat dan berkat-Nya atas segala kebaikan.

Besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini dapat memberikan informasi, manfaat, dan masukan bagi pembaca pada umumnya khususnya mahasiswa teknik elektro, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca.

Surabaya, Oktober 2019

Satya Dharmawan Lijadi

*---Halaman ini sengaja dikosongkan---*

# DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xxi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Metodologi .....	2
1.6 Sistematika Penulisan Laporan .....	4
1.7 Relevansi dan Manfaat .....	4
<b>BAB 2 KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK 20KV</b> .....	<b>7</b>
2.1 Sistem Tenaga Listrik di Indonesia [1] .....	7
2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik [2] .....	8
2.3 Klasifikasi Sistem Distribusi Tenaga Listrik [3] .....	8
2.3.2 Klasifikasi Berdasarkan Nilai Tegangan .....	9
2.3.3 Klasifikasi Berdasarkan Bentuk Jaringan Distribusi [4] .....	9
2.3.4 Klasifikasi Berdasarkan Bentuk Tegangan .....	13

2.3.5	Klasifikasi Berdasarkan Jenis/Tipe Konduktornya .....	14
2.3.6	Klasifikasi Berdasarkan Konfigurasi Saluran .....	14
2.4	Peralatan Utama Dalam Sistem Distribusi Tenaga	
	Listrik [5] .....	15
2.4.1	Transformator Distribusi.....	15
2.4.2	Saluran Udara .....	16
2.4.3	Saluran Bawah Tanah .....	16
2.4.4	Circuit Breaker.....	17
2.4.5	Fuse.....	18
2.4.6	Recloser .....	18
2.5	Gangguan Pada Sistem Distribusi 20kV .....	19
2.6	Keandalan Sistem Distribusi.....	21
2.7	Indeks Keandalan Sistem Distribusi dari Sisi	
	Pelanggan [6] .....	21
2.7.1	System Average Interruption Duration Index (SAIDI).....	22
2.7.2	System Average Interruption Frequency Index (SAIFI).....	23
2.7.3	Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI).....	23
2.7.4	Momentary Average Interruption Frequency Index	
	(MAIFI) .....	24
2.8	Metode RIA [10].....	24
<b>BAB 3</b>	<b>SISTEM DISTRIBUSI 20KV DI PT. PLN (PERSERO)</b>	
	<b>UNIT LAYANAN PELANGGAN (ULP) RUNGKUT ....</b>	<b>27</b>
3.1	PT. PLN (Persero) UP3 Surabaya Selatan .....	27
3.2	Penyulang di ULP Rungkut .....	30
3.2.1	Penyulang Berbek .....	30
3.2.2	Penyulang Statistik .....	30
3.2.3	Penyulang Kendalsari .....	31
3.3	Single Line Diagram Masing – Masing Penyulang .....	31



3.4	Data Gangguan Penyulang .....	31
3.5	Data Jumlah Pelanggan Tiap Load Point .....	33
3.6	Data Panjang Tiap Saluran Per Penyulang .....	39
3.7	Indeks Keandalan Peralatan Sistem Distribusi .....	43
<b>BAB 4</b>	<b>PERHITUNGAN DAN ANALISIS KEANDALAN DI PLN ULP RUNGKUT .....</b>	<b>45</b>
4.1	Simulasi Analisa Keandalan dengan Software ETAP .....	45
4.1.1	Mendesain Single Line Diagram .....	45
4.1.2	Parameter-Parameter yang Diinputkan pada ETAP .....	45
4.1.3	Hasil Running Simulasi ETAP .....	46
4.2	Perhitungan Indeks Keandalan Menggunakan Metode RIA .....	46
4.2.1	Sistem Diasumsikan dalam Kondisi Perfect Switching .....	47
4.2.2	Sistem Diasumsikan Berada Pada Kondisi Imperfect Switching .....	48
4.3	Hasil Perhitungan Indeks Keandalan dengan Metode RIA Saat Kondisi Perfect Switching dan Imperfect Switching ....	48
4.4	Perbandingan Hasil Perhitungan Metode RIA Saat Kondisi Perfect Switching dan Imperfect Switching .....	75
4.5	Perbandingan Indeks Keandalan Menggunakan Software ETAP dan Metode RIA .....	75
4.6	Cara Meningkatkan Indeks Keandalan Pada Sistem Distribusi 20kV .....	77
4.6.1	Mengurangi Jumlah Frekuensi Gangguan .....	77
4.6.2	Mengurangi Durasi Gangguan .....	78
4.7	Upaya Peningkatan Indeks Keandalan Pada Penyulang Berbek .....	78
<b>BAB 5</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>81</b>

5.1	Kesimpulan .....	81
5.2	Saran .....	82
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>83</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>85</b>
<b>RIWAYAT HIDUP.....</b>		<b>117</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Sistem Tenaga Listrik .....	7
Gambar 2.2	Jaringan Distribusi Tipe Radial .....	10
Gambar 2.3	Jaringan Distribusi Tipe Lingkaran .....	11
Gambar 2.4	Jaringan Distribusi Tipe Hantaran Hubung .....	12
Gambar 2.5	Jaringan Distribusi Tipe Spindel .....	12
Gambar 2.6	Jaringan Distribusi Tipe Spindel .....	13
Gambar 2.7	Konfigurasi Horizontal .....	14
Gambar 2.8	Konfigurasi Vertikal .....	14
Gambar 2.9	Tiang Listrik Saluran Konfigurasi Delta .....	15
Gambar 2.10	Trafo Distribusi .....	15
Gambar 2.11	Vacuum Circuit Breaker .....	17
Gambar 2.12	Fuse Cut Out.....	18
Gambar 2.13	Recloser Pada Jaringan Distribusi .....	19
Gambar 2.14	Input dan Output RIA .....	25

*---Halaman ini sengaja dikosongkan---*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Laju Kegagalan dan Waktu Perbaikan .....	22
Tabel 3.1	Data Gangguan Penyulang Berbek .....	31
Tabel 3.2	Data Gangguan Penyulang Statistik .....	32
Tabel 3.3	Data Gangguan Penyulang Kendalsari .....	33
Tabel 3.4	Data Jumlah Pelanggan Penyulang Berbek .....	34
Tabel 3.5	Data Jumlah Pelanggan Penyulang Statistik .....	36
Tabel 3.6	Data Jumlah Pelanggan Penyulang Kendalsari .....	38
Tabel 3.7	Panjang Tiap Saluran Penyulang Berbek .....	39
Tabel 3.8	Panjang Tiap Saluran Penyulang Statistik .....	40
Tabel 3.9	Panjang Tiap Saluran Penyulang Kendalsari .....	42
Tabel 3.10	Data Keandalan Saluran .....	43
Tabel 3.11	Indeks Kegagalan, <i>Repair Time</i> , serta <i>Switching Time</i> untuk setiap peralatan .....	44
Tabel 4.1	Hasil Simulasi ETAP Kondisi Perfect Switching .....	46
Tabel 4.2	Hasil Simulasi ETAP Kondisi Imperfect Switching .....	46
Tabel 4.3	Perhitungan SAIFI dan MAIFI Penyulang Berbek Saat Perfect Switching .....	49
Tabel 4.4	Mencari nilai $r$ dan $U$ sistem Penyulang Berbek Saat Perfect Switching .....	54
Tabel 4.5	Nilai $r$ dan $U$ sistem Penyulang Berbek Saat Perfect Switching .....	58
Tabel 4.6	Perhitungan SAIDI dan CAIDI Penyulang Berbek Saat Perfect Switching .....	58
Tabel 4.7	Indeks Keandalan Penyulang ULP Rungkut Saat Sistem Dalam Keadaan Perfect Switching .....	61
Tabel 4.8	Perhitungan SAIFI dan MAIFI Penyulang Berbek Saat Imperfect Switching .....	62
Tabel 4.9	Mencari nilai $r$ dan $U$ sistem Penyulang Berbek Saat Imperfect Switching .....	66
Tabel 4.10	Nilai $r$ dan $U$ Penyulang Berbek Saat Imperfect Switching .....	71
Tabel 4.11	Perhitungan SAIDI dan CAIDI Penyulang Berbek Saat Imperfect Switching .....	71
Tabel 4.12	Indeks Keandalan Penyulang ULP Rungkut Saat Sistem Dalam Keadaan Imperfect Switching .....	74
Tabel 4.13	Perbandingan Indeks Keandalan menggunakan Perhitungan ETAP Perfect Switching dan Metode	

	RIA Perfect Switching .....	75
Tabel 4.14	Perbandingan Indeks Keandalan menggunakan Perhitungan ETAP Perfect Switching dan Metode RIA Perfect Switching .....	76
Tabel 4.15	Nilai Error Perhitungan ETAP dan Metode RIA .....	76
Tabel 4.16	Perbandingan Indeks Keandalan Sebelum dan Setelah Upaya Perbaikan pada Penyulang Berbek .....	79

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan salah satu bagian dalam sistem tenaga listrik yang berperan penting dalam proses penyaluran energi listrik ke pelanggan. Oleh sebab itu kontinuitas dari ketersediaan tenaga listrik yang akan disalurkan ke pelanggan sangat berpengaruh pada tingkat keandalan dari sebuah sistem. Hal ini mengakibatkan gangguan baik kegagalan yang menyebabkan pemadaman pada sebuah sistem distribusi akan berdampak langsung pada pelanggan. Selain itu faktor lain seperti kondisi alam, hewan, pohon, dan kerusakan komponen atauagalnya peralatan tenaga listrik untuk beroperasi dapat mempengaruhi tingkat keandalan dari suatu sistem distribusi.

Untuk menggambarkan tingkat keberhasilan atau keandalan sebuah sistem distribusi yang beroperasi pada waktu tertentu dan kondisi tertentu maka digunakan tolak ukur yaitu indeks keandalan. Indeks yang digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan suatu sistem distribusi antara lain adalah SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) merupakan indeks keandalan berdasarkan sering atau banyaknya pemadaman tiap pelanggan, SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) merupakan indeks keandalan berdasarkan durasi atau lamanya pemadaman tiap pelanggan, dan CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*) merupakan indeks keandalan berdasarkan rata-rata durasi pemadaman per banyaknya pemadaman.

Kondisi saat ini pada PT. PLN (Persero) ULP Rungkut yang termasuk pada wilayah Surabaya Selatan yang memiliki jumlah penyulang paling banyak yaitu 57 penyulang. Dengan jumlah penyulang yang banyak diharapkan memiliki tingkat keandalan yang tinggi, namun pada kenyataannya gangguan baik sementara maupun permanen pun juga sering terjadi. Oleh sebab itu, tingkat keandalan dari suatu sistem distribusi tenaga listrik pada daerah tersebut sangat dibutuhkan karena pelanggannya yang mayoritas rumah tangga dan industri

Dengan menggunakan data perhitungan dari indeks kegagalan yang telah didapat maka digunakan salah satu teknik untuk mengevaluasi keandalan dari suatu sistem tenaga listrik yaitu metode Reliability Index Assessment (RIA). Dalam metode ini disimulasikan pendekatan dengan menggunakan data topologi sistem distribusi dan data komponen

peralatannya untuk memprediksi gangguan pada sistem distribusi. Dengan kata lain data-data kegagalan dari komponen peralatan akan digunakan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan tersebut lalu dilakukan analisis keagalannya.

## **1.2 Permasalahan**

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana perhitungan nilai indeks keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIFI pada penyulang PT. PLN (Persero) ULP Rungkut. Apakah sudah sesuai dengan standar PLN.
2. Bagaimana nilai indeks keandalan SAIDI, SAIFI, dan CAIFI dari hasil simulasi metode *Reliability Index Assessment (RIA)* bila dibandingkan dengan program ETAP.
3. Bagaimana cara meningkatkan keandalan sistem distribusi.

## **1.3 Tujuan**

Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk:

1. Mendapatkan nilai indeks keandalan sistem suatu penyulang (SAIDI, SAIFI, CAIFI).
2. Mendapatkan hasil perbandingan nilai indeks keandalan simulasi metode *Reliability Index Assessment (RIA)* dengan program analisis kelistrikan transien.
3. Mengetahui cara meningkatkan keandalan sistem distribusi.

## **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Pembahasan mengenai sistem distribusi tegangan menengah 20kV.
2. Indeks keandalan sesuai pada SPLN.
3. Analisis mengenai manajemen, pemeliharaan, beserta biayanya tidak ikut dianalisis

## **1.5 Metodologi**

Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Studi literatur  
Pada tahap ini akan dilakukan studi literature mengenai topik analisa keandalan distribusi tegangan menengah 20kV menggunakan metode *Reliability Index Assessment (RIA)*.



## 2. Pengumpulan data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diambil dari PT. PLN (Persero) ULP Rungkut ataupun UP3 Surabaya Selatan. Data – data yang berkaitan dengan tugas akhir ini yang akan digunakan antara lain:

- a) Data struktur jaringan distribusi 20kV ULP Rungkut melalui *single line diagram* (SLD) beberapa penyulang.
- b) Data beban dan jumlah pelanggan pada beberapa penyulang di PT. PLN (Persero) ULP Rungkut.
- c) Data gangguan, data panjang saluran pada PT PLN (Persero) ULP Rungkut, dan parameter penunjang lainnya.

## 3. Permodelan Metode Simulasi dan Pengolahan Data

Pada tahap ini data-data yang telah didapat akan diolah sehingga didapatkan pengukuran masalah yang ada di PT. PLN (Persero) ULP Rungkut. Langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap pengolahan data dan simulasi software ETAP adalah:

- a) Membuat formula rumus dan melakukan perhitungan sesuai dengan metode yang akan diterapkan yaitu metode *Reliability Index Assessment (RIA)* menggunakan aplikasi Microsoft Excel.
- b) Membuat desain *single line diagram* penyulang menggunakan aplikasi ETAP 12.6.0 untuk memodelkan sistem distribusi beserta aliran daya dan untuk mendapatkan nilai indeks keandalannya.

## 4. Simulasi dan Analisis

Melakukan simulasi berdasarkan data-data yang telah didapat dengan menggunakan metode Reliability Index Assessment dan *Software* ETAP kemudian membandingkan nilai index keandalannya. Apabila nilai indeks keandalan penyulang tersebut berada di bawah standar PLN maka perlu dilakukan analisa perbaikan untuk meningkatkan nilai indeks keandalan tersebut. Penambahan peralatan pengaman seperti *fuse* atau peralatan *switching* seperti *Load Break Switch (LBS)* maupun *recloser* diharapkan dapat meningkatkan nilai keandalan pada penyulang tersebut.

## 5. Penyusunan Laporan dan Kesimpulan Tugas Akhir

Dalam tahapan ini akan dibuat laporan yang berisi tentang permasalahan, landasan teori, metode yang diterapkan, analisa

hasil dan hasil kesimpulan dari penelitian tersebut akan dituangkan dalam bentuk laporan sehingga dapat memberikan rekomendasi kepada PT. PLN (Persero) ULP Rungkut sebagai upaya untuk meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik di rayon tersebut.

## **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu:

1. BAB 1 : Pendahuluan  
Pada bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan laporan, dan relevansi serta manfaat penulisan tugas akhir ini.
2. BAB 2 : Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik 20kV  
Pada bab ini diuraikan teori-teori yang digunakan dalam penelitian, di antaranya adalah teori mengenai sistem distribusi tenaga listrik, bentuk jaringan distribusi, dan jenis gangguan pada sistem distribusi tenaga listrik beserta pengertian *Reliability Index Assessment*.
3. BAB 3 : Sistem Distribusi 20kV di PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Rungkut  
Pada bab ini membahas sistem jaringan distribusi 20kV PT. PLN (Persero) ULP Rungkut, seperti *single line diagram* serta data-data penunjang lainnya yang diperlukan untuk melakukan perhitungan nilai indeks keandalan SAIDI, SAIFI, MAIFI, dan CAIDI.
4. BAB 4 : Perhitungan dan Analisis keandalan di ULP Rungkut  
Pada bab ini berisi pembahasan perhitungan dan analisis keandalan sistem distribusi dengan metode RIA untuk kemudian dilakukan langkah perbaikan untuk meningkatkan indeks keandalan.
5. BAB 5 : Kesimpulan  
Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil analisis mengenai keandalan sistem distribusi 20kV di PT PLN (Persero) ULP Rungkut.

## **1.7 Relevansi dan Manfaat**

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perusahaan listrik terkhususnya PT. PLN (Persero) ULP Rungkut

dalam mengetahui indeks keandalan sistem serta upaya perbaikan keandalannya.

2. Tugas akhir ini diharapkan menjadi pengetahuan bagi pembaca mengenai sistem distribusi 20kV serta evaluasi keandalannya.

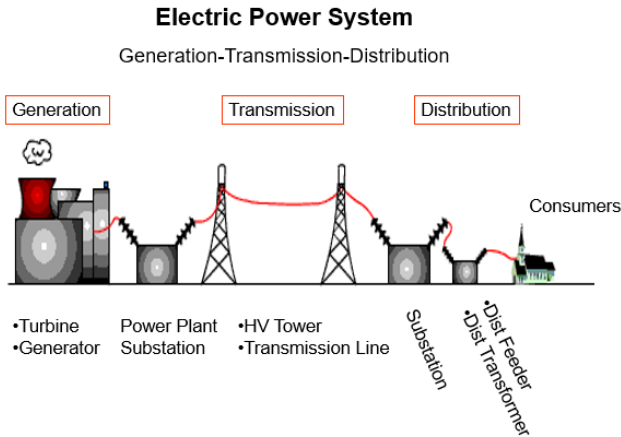
*---Halaman ini sengaja dikosongkan---*

## BAB 2

# KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK 20KV

### 2.1 Sistem Tenaga Listrik di Indonesia [1]

Secara umum sistem tenaga listrik di Indonesia terdiri atas tiga komponen utama yaitu sistem pembangkit, sistem transmisi, dan sistem distribusi tenaga listrik. Ketiga bagian utama ini merupakan bagian penting dalam proses penyaluran tenaga listrik dari pertama listrik mulai dibangkitkan hingga sampai disalurkan ke pelanggan. Rangkaian tenaga listrik digambarkan sesuai gambar 2.1 di bawah ini:



**Gambar 2.1** Skema Sistem Tenaga Listrik

Pada umumnya tenaga listrik dibangkitkan pada pusat-pusat pembangkitan (PLTA, PLTU, PLTG dan pembangkit lainnya), setelah dibangkitkan tegangan dinaikkan menjadi 75kV atau 150kV oleh transformator step-up yang ada di gardu induk pusat pembangkitan, kemudian disalurkan melalui sistem transmisi menuju Gardu Induk (GI) sisi pelanggan. Pada GI sisi pelanggan terdapat transformator step-down untuk menurunkan tegangan menjadi tegangan distribusi primer yang pada umumnya sebesar 20 kV. Pelanggan-pelanggan dengan kebutuhan daya yang besar seperti industri/pabrik tesaambung langsung dengan

sistem distribusi primer ini, namun pelanggan dengan kebutuhan daya yang lebih kecil seperti pelanggan residensial mendapatkan listrik setelah tegangan diturunkan pada transformator *step-down*.

## **2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik [2]**

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan. Sistem distribusi inilah yang menyalurkan energi listrik langsung kepada pelanggan. Daya yang dialirkan melalui GI dari sistem transmisi akan diturunkan kembali tegangannya dari 75kV atau 150 kV menjadi tegangan menengah 20kV dan akan diturunkan kembali melalui gardu distribusi dan transformator *step-down* menjadi 380V dan 220V sebelum dialirkan ke konsumen. Untuk konsumen industri tegangan menengah maka jaringannya langsung terhubung tanpa melalui proses penurunan tegangan tergantung kebutuhan pelanggan tersebut. Sistem jaringan distribusi dapat dikelompokkan ke dalam dua tingkat, yaitu:

1. Sistem jaringan distribusi primer atau biasa disebut Jaringan Tegangan Menengah (JTM). Pada pendistribusian tenaga listrik ke pelanggan di suatu kawasan, penggunaan sistem tegangan menengah sebagai jaringan utama adalah upaya mengurangi *losses* (rugi-rugi daya) dengan kualitas persyaratan tegangan yang harus dipenuhi PT. PLN (Persero) selaku pemegang kuasa usaha utama sebagaimana diatur dalam UU Ketenagalistrikan No 30 tahun 2009.
2. Sistem jaringan distribusi sekunder atau biasa disebut Jaringan Tegangan Rendah (JTR). Jaringan distribusi sekunder adalah bagian hilir dari suatu sistem tenaga listrik. Tenaga listrik disalurkan ke konsumen atau pelanggan listrik melalui sistem ini.

## **2.3 Klasifikasi Sistem Distribusi Tenaga Listrik [3]**

Klasifikasi Sistem Distribusi dibagi menjadi lima (5) antara lain:

1. Klasifikasi berdasarkan nilai tegangan
2. Klasifikasi berdasarkan bentuk tegangan
3. Klasifikasi berdasarkan bentuk jaringan distribusi
4. Klasifikasi berdasarkan jenis/tipe konduktor
5. Klasifikasi berdasarkan konfigurasi saluran

### **2.3.2 Klasifikasi Berdasarkan Nilai Tegangan**

Berdasarkan nilai tegangannya, jaringan distribusi tenaga listrik dapat dibagi menjadi dua sistem, yaitu:

1. Sistem Jaringan Distribusi Primer

Sistem distribusi primer ini terletak pada sisi primer transformator distribusi, atau lebih tepatnya diantara sisi sekunder transformator GI dan sisi primer transformator distribusi. Tegangan pada saluran ini pada umumnya sebesar 20 kV, namun ada juga yang memiliki tegangan 70 kV atau 150 kV.

2. Sistem Jaringan Distribusi Sekunder

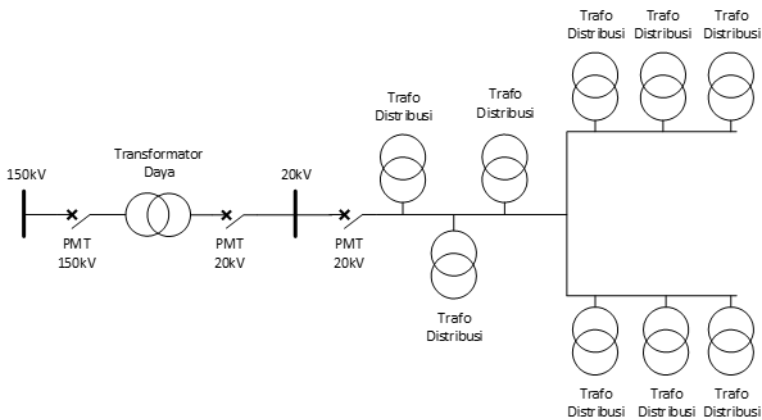
Saluran distribusi sekunder ini terletak pada sisi sekunder transformator distribusi yang terhubung langsung dengan beban/pelanggan. Tegangan pada saluran ini pada umumnya merupakan tegangan rendah 220 V.

### **2.3.3 Klasifikasi Berdasarkan Bentuk Jaringan Distribusi [4]**

Jaringan sistem distribusi tegangan menengah dikelompokkan menjadi lima macam, yaitu jaringan radial, jaringan *loop* (lingkaran), jaringan *tie-line* (hantaran hubung), jaringan spindel, dan jaringan sistem gugus (kluster).

1. Jaringan Radial

Jaringan radial merupakan jaringan dengan bentuk paling sederhana karena ditarik secara radial dari titik sumber ke pusat beban melalui jaringan yang bercabang. Dilihat dari segi investasi maka jaringan tipe radial adalah yang paling ekonomis karena dengan adanya percabangan maka besarnya arus yang melalui jaringan tidak sama sehingga semakin jauh letak beban dari sumber maka luas penampang konduktornya bisa semakin kecil. Contoh jaringan radial dapat ditunjukkan pada gambar 2.2.



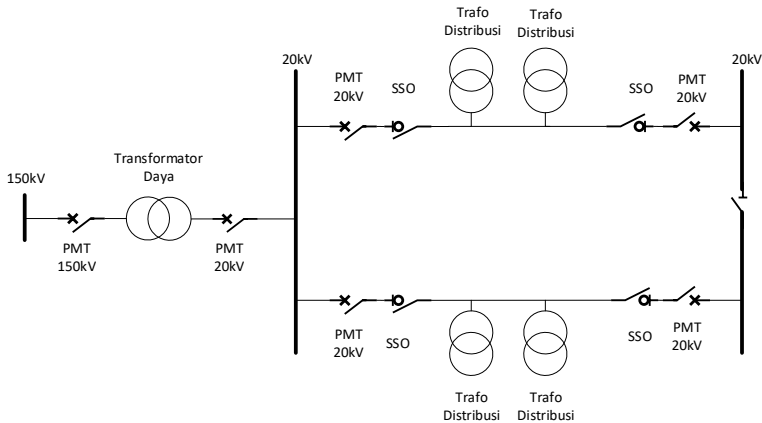
**Gambar 2.2** Jaringan Distribusi Tipe Radial

Jaringan tipe radial tentunya memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari jaringan ini adalah lebih ekonomis dan tidak rumit dari jaringan tipe lainnya sedangkan kekurangannya adalah keandalan jaringan ini lebih rendah dari tipe lainnya. Jaringan tipe radial hanya memiliki satu saluran penyuplai utama sehingga saat terjadi gangguan pada saluran utamanya maka seluruh gardu distribusi akan mengalami dampaknya. Kekurangan lain dari jaringan tipe radial adalah penurunan kualitas tegangan pada ujung jaringan yang disebabkan oleh jatuh tegangan karena panjang saluran



## 2. Jaringan Loop (Lingkaran)

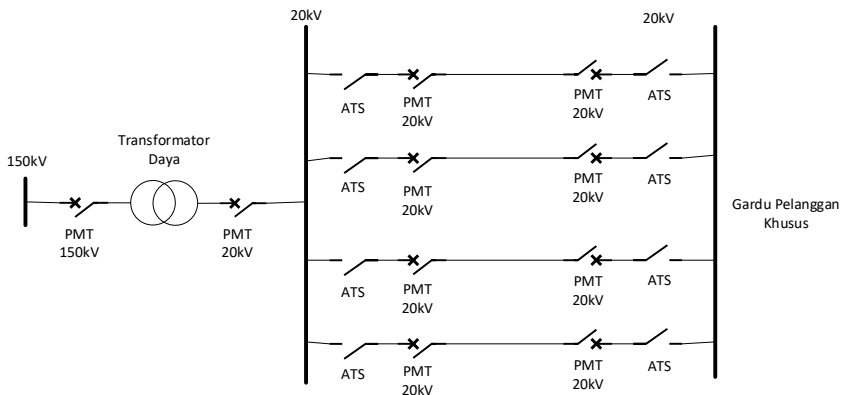
Jaringan loop (lingkaran) disuplai oleh beberapa gardu induk sehingga keandalannya lebih baik dari jaringan radial dan hantaran penghubung. Contoh jaringan lingkaran ditunjukkan pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Jaringan Distribusi Tipe Lingkaran

## 3. Jaringan *tie-line* (hantaran hubung)

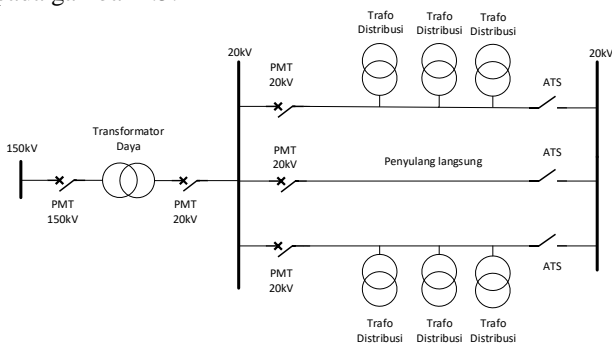
Sistem distribusi tipe *tie-line* (hantaran penghubung) memiliki minimal dua penyulang yang dilengkapi *automatic transfer switch* (ATS) atau *automatic change over switch* yang merupakan saklar yang bekerja secara otomatis untuk melakukan perpindahan suplai ke beban dari satu penyulang ke penyulang lainnya saat salah satu penyulang mengalami gangguan. Sistem jaringan ini sering digunakan oleh pelanggan khusus yang tidak boleh padam seperti rumah sakit, bandara, pusat perbelanjaan (*mall*), dan lain-lain. Contoh jaringan *tie-line* ditunjukkan pada gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Jaringan Distribusi Tipe Hantaran Hubung

#### 4. Jaringan Spindel

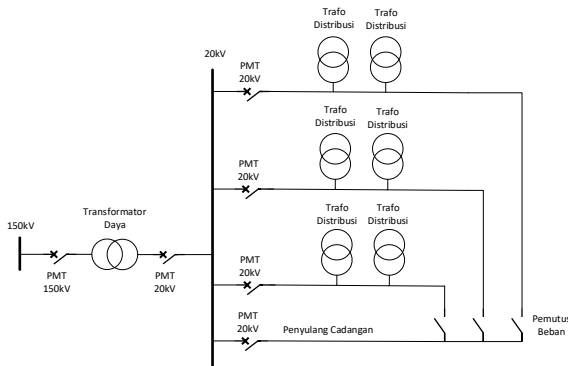
Jaringan spindel merupakan gabungan dari jaringan tipe radial dan lingkaran. Jaringan ini terdiri dari beberapa penyulang yang disuplai dari gardu induk dan berakhir pada sebuah gardu hubung (GH). Jaringan spindel ini biasanya menggunakan kabel tanah sebagai konduktornya. Pada pengoperasiannya dalam keadaan normal jaringan spindel berfungsi seperti jaringan radial. Contoh jaringan spindel digambarkan ditunjukkan pada gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Jaringan Distribusi Tipe Spindel

## 5. Jaringan Kluster (Sistem Gugus)

Jaringan kluster juga biasa disebut jaringan sistem gugus. Pada jaringan kluster terdapat sakelar pemutus beban serta penyulang cadangan. Penyulang cadangan ini berfungsi menyuplai beban ketika penyulang utama mengalami gangguan. Jaringan tipe ini biasa digunakan pada daerah perkotaan yang memiliki kerapatan beban yang tinggi. Contoh jaringan kluster ditunjukkan pada gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Jaringan Distribusi Tipe Spindel

### 2.3.4 Klasifikasi Berdasarkan Bentuk Tegangan

Berdasarkan bentuk tegangan listrik, maka sistem jaringan distribusi dapat dibedakan dalam dua macam, yaitu:

#### 1. Jaringan Distribusi AC

Jaringan distribusi ini adalah jaringan yang sering ditemui saat ini karena jaringan ini menggunakan jaringan sistem tegangan bolak-balik.

#### 2. Jaringan Distribusi DC

Jaringan distribusi tegangan searah (DC), saat ini jarang digunakan, walaupun ada biasanya untuk daerah-daerah tertentu. Penggunaan jaringan DC ini dilakukan dengan jalan menyearahkan terlebih dahulu tegangan bolak-balik ke tegangan searah dengan menggunakan converter, sedangkan untuk

merubah kembali dari tegangan bolak-balik ke tegangan searah menggunakan alat inverter.

### 2.3.5 Klasifikasi Berdasarkan Jenis/Tipe Konduktornya

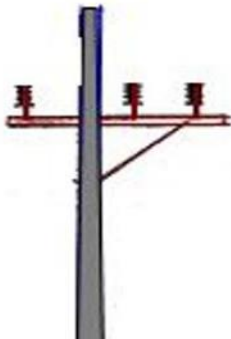
Berdasarkan jenis/tipe konduktor listrik, maka sistem saluran jaringan distribusi dapat dibagi sebagai berikut:

1. Saluran Udara  
Saluran ini dipasang pada udara terbuka dengan bantuan tiang menggunakan kawat atau kabel (dibungkus dengan isolator).
2. Saluran Bawah Tanah  
Saluran ini dipasang dibawah tanah menggunakan kabel tanah (ground cable).
3. Saluran Bawah Laut  
Saluran ini dipasang dibawah laut menggunakan kabel laut (submarine cable).

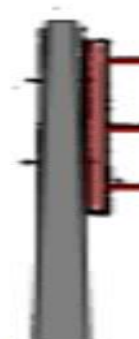
### 2.3.6 Klasifikasi Berdasarkan Konfigurasi Saluran

Berdasarkan konfigurasi saluran, maka sistem saluran jaringan distribusi dapat dibagi sebagai berikut:

1. Saluran Konfigurasi Horizontal  
Apabila saluran antar fasa/netral atau saluran positif terhadap negatif (pada sistem DC) membentuk garis horizontal.
2. Saluran Konfigurasi Vertikal  
Apabila saluran antar fasa/netral atau saluran positif terhadap negatif (pada sistem DC) membentuk garis vertikal.



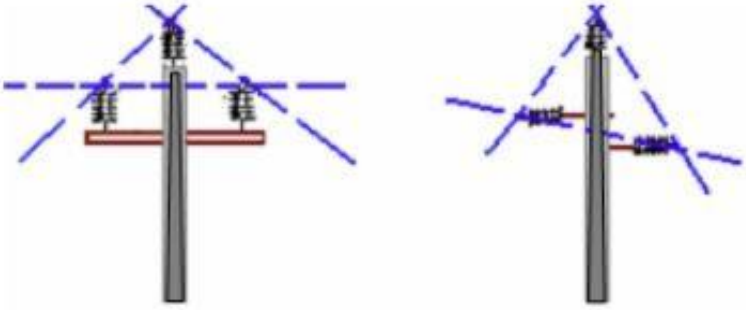
**Gambar 2.7** Konfigurasi Horizontal



**Gambar 2.8** Konfigurasi Vertikal

### 3. Saluran Konfigurasi Delta

Apabila saluran antar fasa/netral atau saluran positif terhadap negatif (pada sistem DC) membentuk segitiga/delta.



**Gambar 2.9** Tiang Listrik Saluran Konfigurasi Delta

## 2.4 Peralatan Utama Dalam Sistem Distribusi Tenaga Listrik [5]

Terdapat beberapa peralatan utama dalam sistem distribusi tenaga listrik yang bekerja saling koordinasi satu sama lain. Berikut merupakan peralatan tersebut :

### 2.4.1 Transformator Distribusi



**Gambar 2.10** Trafo Distribusi

Transformator/trafo distribusi berfungsi untuk mengubah level tegangan dari tegangan tinggi menjadi tegangan rendah, pada umumnya trafo yang digunakan adalah trafo step-down 20/0.38 kV. Sehingga dengan tegangan yang lebih rendah tersebut dapat langsung didistribusikan menuju pelanggan dengan kebutuhan daya yang relative rendah seperti pelanggan residensial. Trafo distribusi dengan unit rating di bawah 50 kVA memiliki impedansi kurang dari 2%. Sedangkan trafo bawah tanah dengan unit rating sebesar 750-2500 kVA umumnya memiliki impedansi sebesar 5.75%. Trafo dengan impedansi rendah dapat mengakibatkan drop tegangan yang lebih rendah pula, yang selanjutnya juga akan berdampak pada sisi primer trafo.

#### **2.4.2 Saluran Udara**

Saluran udara merupakan salah satu jenis penyaluran dalam sistem distribusi tenaga listrik dimana penghantarnya ditempatkan di suatu ketinggian tertentu di udara terbuka tanpa pelindung dengan bantuan tiang sebagai peralatan penunjang. Penghantar saluran udara terbuka tanpa pelindung berinteraksi secara langsung terhadap lingkungan termasuk perubahan cuaca di sekitarnya. Konduktor yang digunakan saluran udara pada umumnya adalah jenis ACSR (*Aluminum Conductor Steel Reinforced*), namun karena harga baja yang relative mahal sehingga saat ini sering digunakan pula konduktor jenis AAACC (*All Aluminum Alloy Conductor*). Kapasitas hantar konduktor pada saluran udara berbanding lurus dengan luas penampangnya.

#### **2.4.3 Saluran Bawah Tanah**

Saluran bawah tanah merupakan salah satu jenis penyaluran dalam sistem distribusi tenaga listrik dimana penghantarnya ditempatkan di dalam tanah memanfaatkan kabel bawah tanah (*underground cable*) yang konduktornya dilindungi oleh isolasi yang dirancang khusus sesuai kondisi lingkungannya sehingga aman bagi daerah di sekitar saluran tersebut. Pemasangan saluran kabel ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa saluran udara tidak memungkinkan untuk dipasang pada daerah tersebut. Hal ini dikarenakan harga saluran kabel yang lebih mahal dibandingkan saluran udara dan biaya pemasangan yang lebih mahal pula.

#### 2.4.4 Circuit Breaker



**Gambar 2.11** Vacuum Circuit Breaker

Circuit breaker (CB) adalah sebuah peralatan yang berfungsi sebagai pemutus dalam sistem rangkaian listrik, baik saat terjadi gangguan maupun saat dalam keadaan normal. Vacuum circuit breaker (CB) merupakan salah satu jenis CB 3 fasa yang paling sering digunakan dalam sistem distribusi tenaga listrik. Tugas utama CB ini antara lain :

- a. Sebagai pemutus dan menghubungkan kembali sistem saat terjadi gangguan pada sistem dimana CB ini akan beroperasi secara otomatis saat gangguan tersebut.
- b. Sebagai pemutus dan menghubungkan kembali sistem saat dilakukan pemeliharaan yang dioperasikan secara manual.

CB akan berkoordinasi dengan relay pengaman dimana relay ini akan bekerja sebagai peralatan yang mengontrol CB kapan harus memutus sistem saat terjadi gangguan yang terjadi pada sistem jaringan, sehingga CB dapat beroperasi secara otomatis tanpa bantuan manusia. Kumparan pemutus CB akan bekerja untuk membuka rangkaian saat menerima sinyal trip dari relay, dimana sinyal trip ini dikirim saat terjadi gangguan tertentu sesuai setting relay.

## 2.4.5 Fuse



**Gambar 2.12** Fuse Cut Out

Fuse merupakan peralatan pemutus rangkaian listrik yang sangat sederhana dibandingkan peralatan pemutus lainnya. Saat terjadi gangguan pada sistem, maka fuse akan mendeteksi arus mengalir lebih dari rating arus dari fuse, kemudian fuse link yang merupakan salah satu bagian utama dari fuse akan memanaskan akibat arus lebih tersebut dan kemudian akan melebur dan mengakibatkan open circuit. Perbedaan utama fuse dengan CB adalah fuse tidak memiliki kemampuan untuk menutup otomatis saat gangguan hilang, fuse link yang telah melebur tadi harus diganti dengan fuse link yang baru. Fuse link biasanya terbuat dari perak atau timah dengan spesifikasi sesuai dengan kebutuhan karakteristik arus rating yang dibutuhkan fuse. Distribution fuse cutouts merupakan fuse yang paling sering digunakan dalam sistem distribusi karena dapat bekerja pada tegangan kurang dari 35 kV.

## 2.4.6 Recloser

Recloser merupakan sebuah peralatan pengaman dalam sistem distribusi tenaga listrik yang memiliki kemampuan untuk memutus jaringan saat terjadi gangguan overcurrent antar fasa dan overcurrent fasa ke ground. Recloser akan open dan memutus jaringan ketika terjadi gangguan dan akan close atau kembali menghubungkan jaringan secara otomatis setelah beberapa detik untuk re-energize jaringan, jika gangguan masih terdeteksi, recloser akan kembali trip memutus jaringan. Biasanya recloser akan melakukan operasi open-close hingga 3 kali, jika pada sistem masih terdeteksi gangguan maka recloser akan menyimpulkan yang terjadi merupakan gangguan permanen dan recloser akan open (lock-out).





**Gambar 2.13** Recloser Pada Jaringan Distribusi

## **2.5 Gangguan Pada Sistem Distribusi 20kV**

Jenis gangguan dalam sistem distribusi 20kV dapat dibagi menjadi 2, yaitu:

1. Gangguan internal, yaitu gangguan yang berasal dari sistem itu sendiri maupun dari peralatan listrik yang berada di dalamnya.
2. Gangguan eksternal, yaitu gangguan yang berasal dari luar sistem seperti cuaca, petir, bencana alam, dan lain sebagainya. Gangguan eksternal dapat juga berasal dari manusia, hewan maupun tumbuhan.

Berdasarkan durasi atau lamanya gangguan maka dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. Gangguan temporer, yaitu gangguan yang bersifat sementara dan terjadi dalam waktu yang tidak lama serta tidak memerlukan tindakan khusus untuk menormalkan jaringan kembali karena peralatan penghubung dapat menutup kembali sesuai pengaturan proteksinya. Meskipun bersifat sementara namun penyebab gangguan harus tetap ditelusuri agar jaringan dinyatakan aman untuk beroperasi normal kembali sehingga tidak merusak peralatan listrik di jaringan.  
Contoh: Pohon bersentuhan dengan konduktor SUTM 20kV, sambaran petir yang menyebabkan hubung singkat tetapi tidak merusak peralatan listrik.
2. Gangguan permanen, yaitu gangguan yang menyebabkan terjadinya pemadaman dalam waktu yang lama dikarenakan peralatan proteksi tidak dapat bekerja untuk menormalkan

jaringan. Gangguan jenis ini memerlukan tindakan khusus agar gangguan diatasi terlebih dahulu sebelum jaringan dapat bekerja normal kembali.

Contoh: kebocoran isolasi pada konduktor SKTM atau SKUTM dan transformator, kerusakan pada peralatan listrik lainnya sehingga menyebabkan hubung singkat, bencana alam.

Gangguan hubung singkat yang terjadi pada jaringan listrik terbagi menjadi 4 macam, yaitu:

1. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, yaitu gangguan yang terjadi akibat salah satu fasa terhubung ke tanah. Gangguan ini merupakan gangguan yang paling sering terjadi yang diakibatkan oleh pohon yang bersentuhan dengan salah satu konduktor SUTM.
2. Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah, yaitu gangguan yang terjadi akibat salah satu fasa mengalami kenaikan suhu tinggi yang diakibatkan beban berlebih sehingga terjadi *flashover* ke peralatan listrik di sebelahnya.
3. Gangguan hubung singkat antar fasa, yaitu gangguan yang diakibatkan sentuhan langsung konduktor antar fasa ataupun rusaknya isolasi konduktor kedua fasa. Gangguan ini juga dapat diakibatkan oleh makhluk hidup yang menyentuh dua fasa yang berbeda secara bersama.
4. Gangguan hubung singkat tiga fasa ke tanah, yaitu gangguan yang diakibatkan oleh petir yang menyambar ketiga fasa SUTM. Gangguan ini sangat jarang terjadi.

Adapun akibat yang dapat timbul terjadi gangguan pada jaringan sistem distribusi tenaga listrik adalah sebagai berikut:

1. Gangguan akan menginterupsi kontinuitas pelayanan daya pada konsumen apabila gangguan yang terjadi menyebabkan terputusnya suatu rangkaian atau jalur distribusi.
2. Ketika gangguan menyebabkan terjadinya penurunan tegangan yang cukup besar maka kualitas listrik yang diterima oleh konsumen rendah sehingga akan berpengaruh terhadap kerja dari peralatan – peralatan listrik baik milik PLN maupun konsumen.
3. Dapat merusak peralatan listrik pada daerah yang mengalami gangguan.

## **2.6 Keandalan Sistem Distribusi**

Keandalan sistem distribusi adalah suatu ukuran ketersediaan tenaga listrik. Tolak ukur yang dijadikan ukuran dalam menentukan keandalan sistem distribusi dilihat dari waktu dan seberapa seringnya sistem mengalami pemadaman. Hal lain yang menjadi tolak ukur adalah seberapa cepat waktu yang dibutuhkan agar sistem dapat bekerja secara normal kembali setelah mengalami gangguan atau pemadaman.

Keandalan sistem distribusi dibagi menjadi tiga, yaitu:

1. Keandalan sistem tinggi  
Sistem dalam keadaan normal dapat menyediakan daya dengan kapasitas yang cukup saat beban puncak dengan variasi tegangan sesuai standar. Sistem membutuhkan peralatan dan pengamanan yang banyak agar sistem terhindar dari berbagai macam gangguan.
2. Keandalan sistem menengah  
Sistem dalam keadaan normal dapat menyediakan daya yang cukup untuk kebutuhan beban puncak. Saat terjadi gangguan maka sistem harus dapat memberikan suplai ke sebagian beban pada saat beban puncak. Sistem membutuhkan peralatan dan pengamanan yang cukup banyak untuk mengatasi gangguan pada sistem.
3. Keandalan sistem rendah  
Sistem tidak dapat memberikan suplai yang cukup pada saat terjadi gangguan sehingga gangguan harus diatasi terlebih dahulu sebelum dapat memberikan suplai dalam keadaan normal. Pada sistem ini memiliki peralatan dan pengamanan yang sedikit karena tidak dapat mengatasi dan melokalisir gangguan yang terjadi sehingga banyak pelanggan yang terkena dampak gangguan tersebut.

## **2.7 Indeks Keandalan Sistem Distribusi dari Sisi Pelanggan [6]**

Suatu sistem distribusi dapat dikatakan handal jika dapat menyalurkan tenaga listrik secara terus menerus pada waktu tertentu dan dalam kondisi tertentu. Untuk mengukur nilai keandalan suatu sistem distribusi tersebut maka diperlukan acuan / standar yaitu indeks keandalan [6]. Indeks keandalan merupakan suatu metode/cara pengevaluasian parameter keandalan suatu peralatan distribusi tenaga listrik terhadap keandalan mutu pelayanan kepada pelanggan. Berdasarkan SPLN No. 59 tahun 1985 indeks keandalan yang digunakan sebagai acuan untuk membandingkan sistem distribusi adalah indeks frekuensi pemadaman rata-rata dan indeks lama pemadaman rata-rata [7].

Maka berdasarkan majalah FOKUS yang diterbitkan oleh PT. PLN (Persero) pada Februari 2011 menetapkan sebuah standar yaitu sistem dapat dikatakan dalam kondisi handal jika telah memenuhi standar seperti berikut:

SAIFI :1,2 kali/pelanggan/tahun  
SAIDI :0,83 jam/pelanggan/tahun

Sedangkan menurut standar IEEE P1366-2003, nilai indeks keandalan suatu sistem distribusi sudah memenuhi standar jika [8]:

SAIFI :1,26 kali/pelanggan/tahun  
SAIDI :1,9 jam/pelanggan/tahun

Selain itu digunakan parameter lainnya untuk mengukur keandalan suatu sistem yaitu pengukuran laju kegagalan dan switching time. Berikut standar nilai laju kegagalan dan waktu perbaikan berdasarkan SPLN pada tahun 1985 tentang Keandalan system Distribusi 20 kV dan 6 kV yaitu :

**Tabel 2.1** Nilai Laju Kegagalan dan Waktu Perbaikan

No.	Peralatan	Laju Kegagalan	Waktu Perbaikan
1	Saluran Udara	0,2/km/tahun	3 jam
2	Pemutus Tenaga	0,004/unit/tahun	10 jam
3	Sakelar Beban	0,003/unit/tahun	10 jam
4	Sakelar Pemisah	0,003/unit/tahun	10 jam
5	Trafo Distribusi	0,005/unit/tahun	10 jam

Pada setiap peralatan sakelar terdapat proses membuka atau menutup yang disebut *switching time*, waktu yang dibutuhkan untuk membuka atau menutup sakelar tersebut adalah 0,15 jam.

### 2.7.1 System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

SAIDI adalah indeks lama pemadaman rata-rata atau lama waktu gangguan pada pelanggan dalam satu tahun. Rumus untuk menghitung indeks ini ditunjukkan pada persamaan 2.3 berikut:

$$SAIDI = \frac{\Sigma \text{Durasi pemadaman pelanggan}}{\text{Total jumlah pelanggan}} \quad (2.3)$$

$$SAIDI = \frac{\Sigma U_{LP} \times N_{LP}}{\Sigma N} (\text{jam/tahun} * \text{pelanggan}) \quad (2.4)$$

Keterangan:

$U_{LP}$  : Waktu rata-rata kegagalan *load point* dalam satu tahun (jam/tahun)

$N_{LP}$  : Jumlah pelanggan *load point* yang mengalami pemadaman

$N$  : Jumlah pelanggan pada penyulang

### 2.7.2 System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

SAIFI adalah indeks seringnya pemadaman rata-rata atau jumlah interupsi atau gangguan yang berkelanjutan setiap pelanggan per tahun yang disebabkan oleh *sustained interruption*. Rumus untuk menghitung indeks ini ditunjukkan pada persamaan 2.5 berikut:

$$SAIFI = \frac{\Sigma \text{Jumlah pemadaman pelanggan}}{\text{Total jumlah pelanggan}} \quad (2.5)$$

$$SAIFI = \frac{\Sigma \lambda_{LP} \times N_{LP}}{\Sigma N} (\text{kegagalan/tahun} * \text{pelanggan}) \quad (2.6)$$

Keterangan:

$\lambda_{LP}$  : Jumlah laju kegagalan *load point* dalam satu tahun (kegagalan/tahun)

$N_{LP}$  : Jumlah pelanggan *load point* yang mengalami pemadaman

$N$  : Jumlah pelanggan pada penyulang

### 2.7.3 Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)

CAIDI adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk mengembalikan pelayanan pelanggan dalam setiap gangguan atau interupsi. Rumus untuk menghitung indeks ini ditunjukkan persamaan 2.7 berikut:

$$CAIDI = \frac{\Sigma \text{Durasi pemadaman pelanggan}}{\text{Total jumlah gangguan pelanggan}} \quad (2.7)$$

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} (\text{jam/pelanggan} * \text{kegagalan}) \quad (2.8)$$

#### 2.7.4 Momentary Average Interruption Frequency Index (MAIFI)

MAIFI adalah indeks seringnya pemadaman rata-rata atau jumlah interupsi atau gangguan yang berkelanjutan setiap pelanggan per tahun yang disebabkan oleh *momentary interruption*. Rumus untuk menghitung indeks ini ditunjukkan persamaan 2.9 berikut:

$$MAIFI = \frac{\Sigma \text{Jumlah pemadaman pelanggan}}{\text{Total jumlah pelanggan}} \quad (2.9)$$

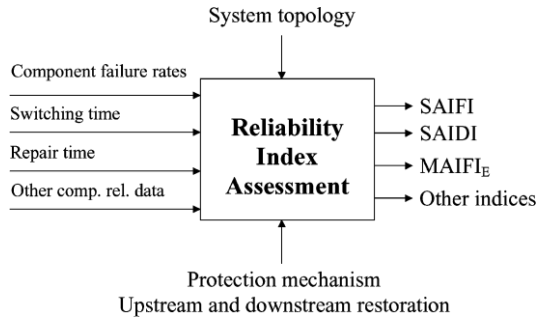
$$MAIFI = \frac{\Sigma \lambda_{LP} \times N_{LP}}{\Sigma N} (\text{kegagalan/tahun} * \text{pelanggan}) \quad (2.10)$$

Keterangan:

- $\lambda_{LP}$  : Jumlah laju kegagalan *load point* dalam satu tahun (kegagalan/tahun)
- $N_{LP}$  : Jumlah pelanggan *load point* yang mengalami pemadaman
- $N$  : Jumlah pelanggan pada penyulang

## 2.8 Metode RIA [10]

Metode RIA (Reliability Index Assessment) adalah sebuah metode pendekatan yang digunakan untuk memprediksi gangguan pada sistem distribusi berdasarkan topologi sistem dan data-data mengenai *component reliability*.



**Gambar 2.14** Input dan Output RIA

Sebelum dilakukan analisa keandalan pada sebuah sistem, perlu ditentukan terlebih dahulu komponen-komponen dari *reliability data* yang akan digunakan, yaitu sebagai berikut:

- a.  $\lambda_m$ : *Momentary failure rate*; ini adalah frekuensi dari *fault* yang akan hilang dengan sendirinya.
- b.  $\lambda_s$ : *Sustained failure rate*; ini adalah frekuensi dari *fault* yang membutuhkan kru untuk memperbaikinya.
- c. *MTTR: Mean Time To Repair*; ini adalah lama waktu yang digunakan oleh kru untuk memperbaiki *component outage* dan mengembalikan sistem ke keadaan operasi normal.
- d. *MTTS: Mean Time To Switch*; ini adalah lama waktu yang akan dipakai setelah terjadi failure untuk *sectionalizing switch*.

Dari gambar 2.14 dapat diketahui bahwa *input* dari metode RIA adalah laju kegagalan komponen, *switching time*, waktu perbaikan, dan komponen keandalan lainnya sehingga didapatkan *output* indeks keandalan yang dapat dihitung, yaitu sebagai berikut :

1. SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*),
2. SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*),
3. MAIFI (*Momentary Average Interruption Frequency Index*),
4. CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*)





## BAB 3

### SISTEM DISTRIBUSI 20KV DI PT. PLN (PERSERO) UNIT LAYANAN PELANGGAN (ULP) RUNGKUT

#### 3.1 PT. PLN (Persero) UP3 Surabaya Selatan

PT. PLN (Persero) UP3 Surabaya Selatan adalah perusahaan listrik yang melayani pendistribusian tenaga listrik di wilayah Surabaya bagian selatan. PT. PLN (Persero) UP3 Surabaya Barat terletak di Jalan Ngagel Timur 14, Surabaya, dan memiliki 5 ULP pendukung yang tersebar di Surabaya yaitu:

1. ULP Rungkut
2. ULP Gedangan
3. ULP Ngagel
4. ULP Darmo Permai
5. ULP Dukuh Kupang

Pada tugas akhir ini aset serta keandalan dalam sistem distribusi tenaga listrik terfokus pada Unit Layanan Pelanggan Rungkut. Sistem distribusi 20kV di ULP Rungkut menggunakan tipe radial dan memiliki 4 buah Gardu Induk yaitu GI Rungkut, GI Wonokromo, GI Sukolilo, dan GI Wonorejo untuk menyulai 57 buah penyulang yang ada di wilayah Rungkut. Penyulang yang terdapat di ULP Rungkut ditunjukkan pada tabel 3.1 berikut:

**Table 3.1** Penyulang ULP Rungkut

Gardu Induk	Trafo					Penyulang
	No. Trafo	Daya (MVA)	Primer (kV)	Sekunder (kV)	Panjang (kms)	
Rungkut	1	50	150	20	3,16	Carnival
					9,989	Pondok Candra
					8,515	Hari Terang
					4,908	Dian Raya
					10,213	Tenggilis
					8,954	Jemursari
					3,463	Sumber Bahari

Gardu Induk	Trafo					Penyulang
	No. Trafo	Daya (MVA)	Primer (kV)	Sekunder (kV)	Panjang (kms)	
					2,299	Unilever 1
					13,958	Statistik
	2	50	150	20	3,707	Sinar Angkasa
					4,44	Surya Multi Indopack
					2,299	Unilever 2
					18,256	Nawawi
					3,075	Gardu Hubung
					5,644	Indo Subur
					4,353	Bambang Jaya
					2,014	Philips
					4,134	Gruno
					9,875	Zamhuri
	3	60	150	20	17,307	Rewwin
					5,551	Siantar Top
					7,22	Tambak Sawah
					2,184	Aneka Gas
					0	Hanil Jaya
	4	50	150	20	7,891	Indomie
					10,254	Suik
					7,86	Siwalan Kerto
9,291					RSAL	
5,359					Sari Fajar	

Gardu Induk	Trafo					Penyulang
	No. Trafo	Daya (MVA)	Primer (kV)	Sekunder (kV)	Panjang (kms)	
	5	50	150	20	15,54 4	Berbek
					7,295	Patna
					4,063	Frontage
					7,305	Kalisco
					7,765	Asahi Mas
					7,826	Bandilan
					4,001	Cokro
					5,152	Rexplast
					Sukolilo	1
11,16 1	Aruki					
8,485	Lotus					
6,546	Kalirungkut					
4,12	Megah Raya					
Wonokromo	1	60	150	20	11,27 9	Bendul Merisi
					6,364	Smart 1
					6,364	Smart 2
					0	Joyoboyo
					0	Kejaksanaan
					5,829	Mangga Dua
					9,989	Margorejo
					0,702	Psr Wonokromo
					11,86 4	Panjang Jiwo
Wonorejo	1	60	150	20	19,14 5	Kendalsari

Gardu Induk	Trafo					Penyulang
	No. Trafo	Daya (MVA)	Primer (kV)	Sekunder (kV)	Panjang (kms)	
					13,12 4	Mangrove
					16,89 4	Wiguna
					8,295	Nirwana
					4,807	Pandugo
					11,66 2	Merr
					3,967	Kedung Baruk

### 3.2 Penyulang di ULP Rungkut

Pada tugas akhir ini akan membahas evaluasi keandalan pada tiga (3) penyulang dari 57 penyulang pada PT PLN. (Persero) ULP Rungkut. Pemilihan penyulang yang dievaluasi berdasarkan pada permasalahan yang terjadi di lapangan.

Dari tabel 3.1 penyulang yang akan dievaluasi keandalannya pada tugas akhir ini adalah penyulang Berbek, penyulang Statistik, dan penyulang Kendalsari. Pemilihan penyulang tersebut berdasarkan fakta di lapangan bahwa ketiga penyulang tersebut sering mengalami gangguan pada periode tahun 2018 sehingga menyebabkan terjadinya pemadaman tidak terencana.

#### 3.2.1 Penyulang Berbek

Penyulang Berbek disuplai dari Gardu Induk Rungkut trafo 4 dengan panjang saluran 15,544 kms. Penyulang Berbek memiliki 74 trafo distribusi dan melayani 9.767 pelanggan dengan total daya sebesar 22107,15 kVA. Penyulang Berbek di bagi dalam 5 *section* yang dihubungkan oleh sakelar pemutus beban.

#### 3.2.2 Penyulang Statistik

Penyulang Statistik disuplai dari Gardu Induk Rungkut trafo 1 dengan panjang saluran 13,958 kms. Penyulang Statistik memiliki 86 trafo distribusi dan melayani 3.995 pelanggan dengan total daya sebesar

19722,35 kVA. Penyulang Statistik di bagi dalam 9 *section* yang dihubungkan oleh sakelar pemutus beban.

### 3.2.3 Penyulang Kendalsari

Penyulang Kendalsari disuplai dari Gardu Induk Wonorejo trafo 1 dengan panjang saluran 19.145 kms. Penyulang Kendalsari memiliki 39 trafo distribusi dan melayani 3.528 pelanggan dengan total daya sebesar 9.968,4 kVA. Penyulang Kendalsari di bagi dalam 4 *section* yang dihubungkan oleh sakelar pemutus beban.

### 3.3 Single Line Diagram Masing – Masing Penyulang

Dalam melakukan analisis kita terlebih dahulu perlu mengetahui single line diagram dari masing – masing gardu induk dan penyulang sehingga kita dapat mengetahui komponen apa saja yang ada pada plant tersebut. Single line diagram didesain terlebih dahulu dengan simulasi menggunakan software ETAP 12.6.

Single line diagram dari penyulang Kendalsari, Statistik, dan Berbek terdapat pada lampiran 1, lampiran 2, dan lampiran 3.

### 3.4 Data Gangguan Penyulang

Berikut ini adalah data gangguan dari masing – masing penyulang dalam periode tahun 2018.

#### 1. Penyulang Berbek

**Tabel 3.1** Data Gangguan Penyulang Berbek

NO	Tanggal	PMT Lepas	PMT Masuk	Lama Padam
1	07/01/18	9:06	9:59	0:53:00
2	18/01/18	13:50	14:54	1:04:00
3	26/01/18	21:47	21:51	0:04:00
4	28/01/18	9:45	9:58	0:13:00
5	09/02/18	0:52	0:57	0:05:00
6	08/03/19	17:15	22:09	4:54:00
7	17/03/18	15:36	16:03	0:27:00
8	07/04/18	0:49	2:53	2:04:00
9	09/04/18	5:56	6:31	0:35:00
10	12/04/18	7:15	7:23	0:08:00

NO	Tanggal	PMT Lepas	PMT Masuk	Lama Padam
11	30/04/18	6:04	7:16	1:12:00
12	09/05/18	0:34	1:18	0:44:00
13	14/05/18	20:15	20:18	0:03:00
14	14/05/18	20:28	20:31	0:03:00
15	09/06/18	6:21	6:33	0:12:00
16	02/08/18	15:42	16:27	0:45:00
17	09/11/18	21:12	21:19	0:07:00
18	23/11/18	6:51	6:53	0:02:00

## 2. Penyulang Statistik

**Tabel 3.2** Data Gangguan Penyulang Statistik

NO	Tanggal	PMT Lepas	PMT Masuk	Lama Padam
1	18/01/18	13:43	15:09	1:26:00
2	29/01/18	21:26	21:29	0:03:00
3	14/02/18	8:29	8:58	0:29:00
4	07/03/19	12:03	12:37	0:34:00
5	02/04/18	18:09	18:35	0:26:00
6	26/04/18	15:52	16:23	0:31:00
7	02/08/18	12:31	12:35	0:04:00
8	06/08/18	16:17	16:35	0:18:00
9	06/08/18	18:00	18:06	0:06:00
10	12/09/18	14:17	14:45	0:28:00
11	25/09/18	20:15	20:58	0:43:00
12	31/10/18	6:13	6:57	0:44:00
13	25/11/18	20:12	21:19	1:07:00
14	17/12/18	4:02	4:49	0:47:00

### 3. Penyulang Kendalsari

**Tabel 3.3** Data Gangguan Penyulang Kendalsari

NO	Tanggal	PMT Lepas	PMT Masuk	Lama Padam
1	01/01/18	12:31	12:35	0:04:00
2	06/01/18	18:17	18:43	0:26:00
3	11/01/18	17:33	17:52	0:19:00
4	13/01/18	13:17	14:12	0:55:00
5	19/01/18	23:39	0:27	0:48:00
6	23/01/18	8:49	9:09	0:20:00
7	24/01/18	21:06	21:51	0:45:00
8	25/01/18	9:43	10:22	0:39:00
9	12/02/18	5:09	5:14	0:05:00
10	14/06/18	11:06	11:14	0:08:00
11	14/06/18	12:28	12:29	0:01:00
12	05/07/18	7:17	7:19	0:02:00
13	25/07/18	14:45	14:54	0:09:00
14	23/08/18	22:20	22:22	0:02:00
15	10/10/18	2:07	2:12	0:05:00
16	25/10/18	0:09	0:10	0:01:00
17	30/11/18	0:40	1:47	1:07:00
18	30/11/18	0:40	1:47	1:07:00

Dari data gangguan diatas, dapat disimpulkan bahwa penyulang yang lebih banyak mengalami gangguan adalah penyulang Kendalsari dan penyulang Berbek yaitu sebanyak 18 kali dalam setahun diikuti dengan penyulang Statistik sebanyak 14 kali dalam setahun. Jumlah lama padam yang paling lama terjadi yaitu pada penyulang Berbek selama 13 jam 35 menit dalam setahun.

### 3.5 Data Jumlah Pelanggan Tiap Load Point

Berikut ini adalah data jumlah pelanggan tiap load point pada penyulang Berbek, Statistik, dan Kendalsari dalam periode 1 tahun yaitu Januari 2018 hingga Desember 2018.

1. Penyulang Berbek

**Tabel 3.4** Data Jumlah Pelanggan Penyulang Berbek

Data Trafo Distribusi		
No. Load Point	Nomor Gardu	Jumlah Pelanggan
LP1	BE1286	1
LP2	BE896	333
LP3	BE1053	272
LP4	BE368	1
LP5	BE369	341
LP6	BE1061	32
LP7	BE1122	1
LP8	BE1111	1
LP9	BE1617	1
LP10	BE1458	1
LP11	BE271	387
LP12	ME209	1
LP13	BE563	151
LP14	BE564	113
LP15	BE565	248
LP16	BE566	246
LP17	BE562	277
LP18	BE1944	127
LP19	BE567	39
LP20	BE568	346
LP21	BE811	160
LP22	BE1722	120
LP23	BE812	296
LP24	BE1332	150

Data Trafo Distribusi		
No. Load Point	Nomor Gardu	Jumlah Pelanggan
LP25	BE810	249
LP26	BE809	373
LP27	BE1097	383
LP28	BE786	138
LP29	BE808	664
LP30	BE1390	409
LP31	BE1477	246
LP32	BE1938	1
LP33	BE1372	111
LP34	BE1371	115
LP35	BE1488	147
LP36	BE1395	78
LP37	BE1350	130
LP38	BE1416	125
LP39	BE1603	97
LP40	BE1604	51
LP41	BE1837	110
LP42	BE1346	123
LP43	ME207	1
LP44	BE1864	224
LP45	BE1677	1
LP46	BE1823	1
LP47	BE1741	1
LP48	BE1619	1



Data Trafo Distribusi		
No. Load Point	Nomor Gardu	Jumlah Pelanggan
LP49	BE1731	1
LP50	ME171	1
LP51	BE1764	1
LP52	BE1357	121
LP53	BE792	74
LP54	BE793	282
LP55	BE1296	64
LP56	BE1297	73
LP57	BE1705	1
LP58	BE1110	1
LP59	BE1069	3
LP60	BE1915	45
LP61	BE1894	92

Data Trafo Distribusi		
No. Load Point	Nomor Gardu	Jumlah Pelanggan
LP62	BE1639	72
LP63	BE1343	58
LP64	BE054	1
LP65	ME138	1
LP66	BE791	497
LP67	BE790	612
LP68	BE1795	113
LP69	BE1369	2
LP70	BE1323	1
LP71	BE1794	192
LP72	BE1934	1
LP73	BE900	33
LP74	BE1324	1

Pada penyulang Berbek terdapat 74 buah trafo distribusi dengan jumlah pelanggan sebanyak 9767. Load point pada penyulang Berbek yang paling banyak memiliki jumlah pelanggan adalah di LP29 yaitu sebanyak 664. Sedangkan load point yang paling sedikit memiliki jumlah pelanggan adalah LP1, LP14, LP7, LP8, LP9, LP12, LP32, LP43, LP45, LP46, LP47, LP48, LP49, LP50, LP51, LP57, LP58. LP64, LP65, LP70. LP72, dan LP74 yaitu dengan masing-masing sebanyak 1 pelanggan.

## 2. Penyulang Statistik

**Tabel 3.5** Data Jumlah Pelanggan Penyulang Statistik

Data Trafo Distribusi		
No. Load Point	Nomor Gardu	Jumlah Pelanggan
1	BE898	540
2	BE1435	59
3	BE1174	221
4	BE413	250
5	BE1563	187
6	BE412	1
7	BE411	171
8	BE410	231
9	BE409	1
10	BE1493	18
11	BE1434	1
12	BE1836	1
13	BE1109	1
14	ME193	1
15	BE380	83
16	BE381	65
17	BE293	28
18	BE1729	1
19	BE1579	1
20	BE1261	60
21	BE1870	10
22	BE294	1
23	BE292	39
24	BE291	1

Data Trafo Distribusi		
No. Load Point	Nomor Gardu	Jumlah Pelanggan
25	BE1711	1
26	BE1505	51
27	BE290	1
28	BE1726	1
29	BE1598	23
30	BE1202	1
31	BE1850	1
32	BE289	18
33	BE288	1
34	BE1466	43
35	BE267	3
36	BE286	34
37	BE1774	42
38	BE909	1
39	BE1467	19
40	BE285	157
41	BE1676	69
42	BE284	203
43	BE1797	9
44	BE283	68
45	BE1501	110
46	BE1807	1
47	BE1763	1
48	BE1785	1

Data Trafo Distribusi		
No. Load Point	Nomor Gardu	Jumlah Pelanggan
49	BE984	1
50	BE654	103
51	BE1487	18
52	BE1703	1
53	BE1907	1
54	BE1567	1
55	BE970	1
56	BE665	2
57	BE1838	1
58	BE668	78
59	BE655	36
60	BE1631	1
61	BE1262	1
62	ME213	1
63	BE1326	1
64	BE1244	2
65	BE1406	1
66	BE601	50
67	BE602	52

Data Trafo Distribusi		
No. Load Point	Nomor Gardu	Jumlah Pelanggan
68	BE1183	1
69	BE980	1
70	BE642	1
71	BE1037	1
72	BE1263	1
73	BE1455	1
74	BE280	117
75	BE282	5
76	BE1264	1
77	BE277	250
78	BE278	173
79	BE279	113
80	BE1636	1
81	ME200	1
82	BE641	25
83	BE1597	59
84	BE1011	1
85	BE883	59
86	BE1144	1

Pada penyulang Statistik terdapat 86 buah trafo distribusi dengan jumlah pelanggan sebanyak 3995. Load point pada penyulang Berbek yang paling banyak memiliki jumlah pelanggan adalah di LP1 yaitu sebanyak 540. Sedangkan load point yang paling sedikit memiliki jumlah pelanggan adalah LP6, LP9, LP11, LP12, LP13, LP14, LP18, LP19, LP22, LP24, LP25, LP27, LP28, LP30, LP31, LP33, LP38, LP46, LP47, LP48, LP49, LP52, LP53, LP54, LP55, LP57, LP60, LP61, LP62, LP63,

LP65, LP68, LP69, LP70, LP71, LP72, LP73, LP76, LP80, LP81, LP84, dan LP86 yaitu dengan masing-masing sebanyak 1 pelanggan.

### 3. Penyulang Kendalsari

**Tabel 3.6** Data Jumlah Pelanggan Penyulang Kendalsari

Data Trafo Distribusi		
No. Load Point	Nomor Gardu	Jumlah Pelanggan
1	ME208	1
2	BE1876	7
3	BE1877	12
4	BE1878	1
5	BE1879	32
6	BE1880	30
7	BE1476	367
8	BE1930	1
9	BE1178	202
10	BE1517	57
11	BE1638	29
12	BE1325	129
13	BE1424	102
14	BE1789	52
15	BE1824	84
16	BE731	175
17	BE933	148
18	BE1790	6
19	BE934	62
20	BE1038	78

Data Trafo Distribusi		
No. Load Point	Nomor Gardu	Jumlah Pelanggan
21	BE832	18
22	BE833	85
23	BE835	104
24	BE834	133
25	BE1750	1
26	BE1757	45
27	BE1027	109
28	BE836	295
29	BE1034	47
30	BE722	147
31	BE721	120
32	BE777	156
33	BE718	66
34	BE719	141
35	BE720	83
36	BE723	39
37	BE725	96
38	BE724	119
39	BE726	149

Pada penyulang Kendalsari terdapat 39 buah trafo distribusi dengan jumlah pelanggan sebanyak 3528. Load point pada penyulang Berbek yang paling banyak memiliki jumlah pelanggan adalah di LP7 yaitu sebanyak 367. Sedangkan load point yang paling sedikit memiliki jumlah pelanggan adalah LP1, LP4, LP8, dan LP25 yaitu dengan masing-masing sebanyak 1 pelanggan.

### 3.6 Data Panjang Tiap Saluran Per Penyulang

Berikut ini adalah data panjang tiap saluran pada penyulang Berbek, Statistik, dan Kendalsari.

#### 1. Penyulang Berbek

**Tabel 3.7** Panjang Tiap Saluran Penyulang Berbek

Data Panjang Saluran		Data Panjang Saluran		Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)	Saluran	L (kms)	Saluran	L (kms)
L1	0,045	L21	0,135	L41	0,135
L2	1,147	L22	0,095	L42	0,045
L3	0,09	L23	0,045	L43	0,097
L4	1,42	L24	0,09	L44	0,11
L5	0,09	L25	0,225	L45	0,118
L6	0,1	L26	0,09	L46	0,135
L7	0,045	L27	0,315	L47	0,325
L8	0,045	L28	0,045	L48	0,36
L9	0,185	L29	0,074	L49	0,045
L10	0,1	L30	0,158	L50	0,09
L11	0,024	L31	0,09	L51	0,27
L12	0,045	L32	0,18	L52	0,18
L13	0,045	L33	0,09	L53	0,001
L14	0,045	L34	0,178	L54	0,225
L15	0,045	L35	0,157	L55	0,045
L16	0,018	L36	0,045	L56	0,09
L17	0,18	L37	0,09	L57	0,09
L18	0,18	L38	0,09	L58	0,315
L19	0,063	L39	0,045	L59	0,045
L20	0,135	L40	0,09	L60	0,001

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L61	0,045
L62	0,045
L63	0,001
L64	0,063
L65	0,18
L66	0,225
L67	0,135
L68	0,045
L69	0,27
L70	0,09
L71	0,18
L72	0,045
L73	0,006
L74	0,03
L75	0,024
L76	0,026
L77	0,045
L78	0,135
L79	0,038

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L80	0,05
L81	0,135
L82	0,045
L83	0,27
L84	0,09
L85	0,18
L86	0,045
L87	0,135
L88	0,045
L89	0,09
L90	0,09
L91	0,09
L92	0,045
L93	0,045
L94	0,045
L95	0,135
L96	0,045
L97	0,045
L98	0,045

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L99	0,45
L100	0,045
L101	0,09
L102	0,18
L103	0,045
L104	0,045
L105	0,235
L106	0,129
L107	0,5
L108	0,09
L109	0,388
L110	0,002
L111	1,158
L112	0,09
L113	0,028
L114	0,045
L115	0,045
L116	0,208

## 2. Penyulang Statistik

**Tabel 3.8** Panjang Tiap Saluran Penyulang Statistik

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L1	0,52
L2	0,24
L3	0,04
L4	0,4
L5	0,04

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L6	0,24
L7	0,12
L8	0,28
L9	0,08
L10	0,09

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L11	0,16
L12	0,04
L13	0,12
L14	0,12
L15	0,08

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L16	0,04
L17	0,08
L18	0,12
L19	0,2
L20	0,08
L21	0,04
L22	0,04
L23	0,04
L24	0,12
L25	0,2
L26	0,08
L27	0,04
L28	0,16
L29	0,12
L30	0,04
L31	0,04
L32	0,04
L33	0,08
L34	0,04
L35	0,64
L36	0,08
L37	0,12
L38	0,04
L39	0,04
L40	0,08
L41	0,04
L42	0,16
L43	0,04
L44	0,04
L45	0,04

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L46	0,16
L47	0,04
L48	0,04
L49	0,08
L50	0,04
L51	0,04
L52	0,04
L53	0,04
L54	0,04
L55	0,08
L56	0,04
L57	0,04
L58	0,04
L59	0,08
L60	0,04
L61	0,12
L62	0,04
L63	0,16
L64	0,04
L65	0,04
L66	0,04
L67	0,04
L68	0,24
L69	0,04
L70	0,08
L71	0,08
L72	0,08
L73	0,04
L74	0,04
L75	0,08

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L76	0,04
L77	0,04
L78	0,12
L79	0,12
L80	0,04
L81	0,08
L82	0,08
L83	0,36
L84	0,04
L85	0,04
L86	0,16
L87	0,08
L88	0,04
L89	0,08
L90	0,04
L91	0,16
L92	0,04
L93	0,08
L94	0,16
L95	0,04
L96	0,04
L97	0,16
L98	0,2
L99	0,08
L100	0,04
L101	0,04
L102	0,12
L103	0,04
L104	0,04
L105	0,16

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L106	0,16
L107	0,04
L108	0,04
L109	0,04
L110	0,04
L111	0,16
L112	0,04
L113	0,04
L114	0,04
L115	0,12
L116	0,12
L117	0,04
L118	0,04
L119	0,04
L120	0,04

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L121	0,12
L122	0,08
L123	0,12
L124	0,12
L125	0,08
L126	0,08
L127	0,04
L128	0,28
L129	0,04
L130	0,16
L131	0,24
L132	0,24
L133	0,16
L134	0,12
L135	0,2

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L136	0,12
L137	0,12
L138	0,16
L139	0,04
L140	0,16
L141	0,12
L142	0,04
L143	0,04
L144	0,04
L145	0,12
L146	0,16
L147	0,04
L148	0,04

### 3. Penyulang Kendalsari

**Tabel 3.9** Panjang Tiap Saluran Penyulang Kendalsari

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L1	1,695
L2	0,315
L3	0,11
L4	0,135
L5	0,045
L6	0,045
L7	0,045
L8	0,045
L9	1,24

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L10	0,225
L11	0,09
L12	0,045
L13	0,045
L14	0,045
L15	0,09
L16	0,15
L17	0,06
L18	0,315

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L19	0,045
L20	0,27
L21	0,09
L22	0,045
L23	0,09
L24	0,18
L25	0,045
L26	0,18
L27	0,24



Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L28	0,045
L29	0,09
L30	0,045
L31	0,045
L32	0,045
L33	0,135
L34	0,135
L35	0,045
L36	0,225
L37	0,18
L38	0,27
L39	0,045
L40	0,09

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L41	0,045
L42	0,36
L43	0,045
L44	0,045
L45	0,045
L46	0,045
L47	0,18
L48	0,36
L49	0,045
L50	0,045
L51	0,18
L52	0,09
L53	0,09

Data Panjang Saluran	
Saluran	L (kms)
L54	0,315
L55	0,09
L56	0,18
L57	0,36
L58	0,135
L59	0,27
L60	0,045
L61	0,045
L62	0,045
L63	0,225
L64	0,135
L65	0,135
L66	0,045

### 3.7 Indeks Keandalan Peralatan Sistem Distribusi

Berikut merupakan tabel data keandalan untuk saluran, baik saluran udara maupun saluran bawah tanah menurut standar SPLN 59:1985:

**Tabel 3.10** Data Keandalan Saluran

Overhead Lines	
Sustained failure rate ( $\lambda$ /km/yr)	0,2
Momentary failure rate ( $\lambda$ /km/yr)	0,3
r (repair time) (hours)	3
rs (switching time) (hours)	0,15
Underground Lines	
Sustained rate ( $\lambda$ /km/yr)	0,07
r (repair time) (hours)	10
rs (switching time) (hours)	0,15

Sedangkan tabel berikut merupakan tabel indeks kegagalan, waktu perbaikan, serta waktu *switching* untuk tiap peralatan:

**Tabel 3.11** Indeks Kegagalan, *Repair Time*, serta *Switching Time* untuk setiap peralatan

Komponen	$\lambda$ (failure rate)	r (repair time)	rs (switching time)
Trafo Distribusi	0,005/unit/thn	10	0,15
Circuit Breaker	0,004/unit/thn	10	0,15
Recloser	0,003/unit/thn	10	0,15
Tie Switch	0,003/unit/thn	10	0,15

## **BAB 4**

### **PERHITUNGAN DAN ANALISIS KEANDALAN DI PLN ULP RUNGKUT**

Dalam tugas akhir ini akan dievaluasi keandalan sistem distribusi 20 kV di area Surabaya Selatan ULP Rungkut menggunakan Software ETAP. Kemudian nilai keandalan yang didapat dari software tersebut akan dibandingkan dengan perhitungan menggunakan metode RIA.

#### **4.1 Simulasi Analisa Keandalan dengan Software ETAP**

Untuk mendapatkan nilai keandalan dengan software ETAP, dibutuhkan data-data jaringan yang didapatkan dari PLN ULP Rungkut. Semua data yang telah didapatkan baik berupa *single line diagram*, panjang saluran, kapasitas transformator, dan jumlah pelanggan akan digunakan untuk melakukan simulasi di software tersebut.

##### **4.1.1 Mendesain Single Line Diagram**

Setelah mendapatkan data jaringan yang dibutuhkan, langkah awal untuk menganalisa keandalan dengan software ETAP ialah mendesain single line diagram pada masing-masing penyulang.

##### **4.1.2 Parameter-Parameter yang Diinputkan pada ETAP**

Langkah setelah membuat *single line diagram* adalah memasukkan data yang diperlukan untuk mengevaluasi keandalan sistem distribusi, diantaranya:

1. Data topologi sistem distribusi dari masing-masing penyulang berupa *single line diagram*
2. Memasukkan data dari komponen yang ada pada sistem sesuai dengan standar yang ada pada SPLN 59 : 1985:
  - a. Laju kegagalan (*failure rate*) Saluran Udara Tegangan Menengah = 0,2 km/tahun.  
Waktu yang digunakan untuk perbaikan (*repair time*) kawat penghantar udara = 3 jam
  - b. Laju kegagalan (*failure rate*) Saluran Kabel Bawah Tanah = 0,07 km/tahun.  
Waktu yang digunakan untuk perbaikan (*repair time*) Saluran Kabel Bawah Tanah = 10 jam

- c. Laju kegagalan (*failure rate*) Trafo Distribusi = 0,005 unit/tahun. Waktu yang digunakan untuk perbaikan (*repair time*) trafo distribusi = 10 jam
  - d. Laju kegagalan (*failure rate*) *Switch* = 0,015 unit/tahun. Waktu yang digunakan untuk *switch* = 10 jam
3. Pada simulasi di software ETAP, untuk *setting* keandalan pada mode kegagalan komponen tidak diperhitungkan sehingga apabila terjadi tidak beroperasinya peralatan pengaman, tidak akan memiliki pengaruh pada sistem yang bekerja.

#### 4.1.3 Hasil Running Simulasi ETAP

Berikut ini adalah hasil *report running* simulasi ETAP 12.6 dengan menggunakan program *reliability assessment* pada masing-masing penyulang:

##### 1. Kondisi *Perfect Switching*

**Tabel 4.1** Hasil Simulasi ETAP Kondisi Perfect Switching

No	Penyulang	SAIFI	SAIDI	CAIDI
1	Berbek	3,2344	2,7362	0,8460
2	Kendalsari	2,9040	1,8511	0,6370
3	Statistik	2,0004	2,1199	1,0600

##### 2. Kondisi *Imperfect Switching*

**Tabel 4.2** Hasil Simulasi ETAP Kondisi Imperfect Switching

No	Penyulang	SAIFI	SAIDI	CAIDI
1	Berbek	3,6584	3,8858	1,0620
2	Statistik	3,4180	2,7427	0,8020
3	Kendalsari	2,1965	2,9156	1,3270

#### 4.2 Perhitungan Indeks Keandalan Menggunakan Metode RIA

Untuk melakukan perhitungan nilai indeks keandalan dari sisi pelanggan menggunakan metode RIA, serangkaian langkah diterapkan pada sistem yang bersangkutan untuk membandingkan setiap kondisi sehingga nantinya dapat dilihat perbandingan antara nilai-nilai indeks keandalan pada kondisi tersebut.

Untuk menganalisis sistem tersebut dalam metode RIA, ada 2 kondisi yang perlu diterapkan antara lain:

1. Kondisi *Perfect Switching*

Kondisi ini akan dicapai apabila suatu peralatan distribusi khususnya peralatan yang berperan dalam proses *switching* (*circuit breaker*, *recloser*, *load break switch*, ataupun yang lain) diasumsikan bekerja secara sempurna, sehingga indeks kegagalan dari peralatan tersebut dapat diabaikan dan yang diperhitungkan hanya indeks kegagalan dari saluran.

2. Kondisi *Imperfect Switching*

Kondisi ini dimana indeks kegagalan dari setiap peralatan distribusi memberikan kontribusi terhadap indeks kegagalan secara menyeluruh.

Langkah selanjutnya melakukan analisis sistem distribusi PT. PLN (Persero) area Surabaya Selatan ULP Rungkut berdasarkan data-data yang telah didapat di bab 3 (data jumlah pelanggan, panjang *line*) dan menggunakan data keandalan dari tabel keandalan saluran (indeks kegagalan, *repair time*, *switching time*).

#### 4.2.1 Sistem Diasumsikan dalam Kondisi *Perfect Switching*

Pada kondisi *perfect switching* ada tiga langkah yang digunakan untuk mendapatkan nilai SAIDI, SAIFI, CAIDI, dan MAIFI, yaitu:

1. Perhitungan MAIFI dan SAIFI

Untuk mendapatkan nilai MAIFI dan SAIFI, indeks kegagalan per km (baik *momentary failure rate* maupun *sustained failure rate*) dikalikan dengan panjang dari masing saluran kabel udara tegangan menengah maupun saluran kabel bawah tanah.

2. Mencari nilai  $r$  dan  $U$  sistem

a)  $r$  (jam/gangguan) menyatakan waktu perbaikan atau *switching time*, yaitu ketika terjadi gangguan pada salah satu *section*, maka komponen-komponen pada *section* yang terganggu akan dikenakan waktu perbaikan sedangkan untuk komponen-komponen lain yang tidak terganggu atau diluar *section* tersebut tidak akan dikenakan *switching time*.

b)  $U$  (jam/tahun) adalah hasil perkalian antara  $\lambda$  (gangguan/tahun) dengan  $r$  (jam/gangguan), menyatakan durasi /lama pemadaman rata-rata dalam kurun waktu satu tahun akibat gangguan pada tiap komponen sistem distribusi. Penjumlahan  $U$  tiap komponen menghasilkan  $U$  pada tiap *load point* ( $U_{LP}$ ).

### 3. Perhitungan SAIDI dan CAIDI

Untuk memperoleh nilai SAIDI, nilai  $U$  pada setiap *load point* dikalikan dengan jumlah pelanggan pada *load point* yang bersangkutan, kemudian hasil perkaliannya dijumlahkan. Sedangkan untuk memperoleh nilai CAIDI, nilai  $r$  pada tiap *load point* dikalikan dengan jumlah pelanggan pada *load point* yang bersangkutan, kemudian hasil perkaliannya dijumlahkan.

Asumsi:  $N_{LP}$  menyatakan jumlah pelanggan tiap *load point*  
 $r_{LP}$  menyatakan durasi pemadaman rata-rata pada tiap *load point* untuk setiap pemadaman yang terjadi,  
 $U_{LP}$  menyatakan durasi pemadaman rata-rata pada tiap *load point* dalam waktu kurun satu tahun.

#### 4.2.2 Sistem Diasumsikan Berada Pada Kondisi Imperfect Switching

Pada kondisi *imperfect switching* langkah-langkah yang digunakan untuk perhitungan sistem untuk mendapatkan nilai indeks keandalan (SAIDI, SAIFI, MAIFI, dan CAIDI) sama dengan perhitungan saat sistem diasumsikan berada pada kondisi *perfect switching*. Namun perbedaannya terletak pada peralatan *switching* yang turut berkontribusi untuk mendapatkan nilai indeks keandalan tersebut. Saat kondisi ini, perhitungan gangguan yang ditimbulkan karena peralatan *switching* juga dimasukkan. Hal ini berpengaruh terhadap besar nilai SAIDI, SAIFI, MAIFI, dan CAIDI yang akan didapatkan.

Untuk perhitungan MAIFI dan SAIFI dalam kondisi *imperfect switching* memiliki nilai yang sama dengan nilai pada kondisi *perfect switching*, namun untuk nilai SAIFI-nya berbeda dikarenakan indeks keandalan setiap peralatan pada suatu penyulang harus diikutsertakan dalam perhitungan ini.

#### 4.3 Hasil Perhitungan Indeks Keandalan dengan Metode RIA Saat Kondisi Perfect Switching dan Imperfect Switching

Dari data yang telah didapat pada bab sebelumnya maka dapat dilakukan perhitungan indeks keandalan pada setiap *load point* menggunakan program Ms. Excel, berikut merupakan hasil perhitungan indeks keandalan dari penyulang Berbek:

1. Kondisi Perfect Switching

**Tabel 4.3** Perhitungan SAIFI dan MAIFI Penyulang Berbek Saat Perfect Switching

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L1	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L2	1,147	0,2	0,03	0,2294	0,0344
L3	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L4	1,420	0,2	0,03	0,2840	0,0426
L5	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L6	0,100	0,2	0,03	0,0200	0,0030
L7	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L8	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L9	0,185	0,2	0,03	0,0370	0,0056
L10	0,100	0,2	0,03	0,0200	0,0030
L11	0,024	0,2	0,03	0,0048	0,0007
L12	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L13	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L14	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L15	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L16	0,018	0,2	0,03	0,0036	0,0005
L17	0,180	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L18	0,180	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L19	0,063	0,2	0,03	0,0126	0,0019
L20	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L21	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L22	0,095	0,2	0,03	0,0190	0,0029
L23	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L24	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L25	0,225	0,2	0,03	0,0450	0,0068
L26	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L27	0,315	0,2	0,03	0,0630	0,0095
L28	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L29	0,074	0,2	0,03	0,0148	0,0022
L30	0,158	0,2	0,03	0,0316	0,0047
L31	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L32	0,180	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L33	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L34	0,178	0,2	0,03	0,0356	0,0053
L35	0,157	0,2	0,03	0,0314	0,0047
L36	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L37	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L38	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L39	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L40	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L41	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L42	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L43	0,097	0,2	0,03	0,0194	0,0029
L44	0,110	0,2	0,03	0,0220	0,0033
L45	0,118	0,2	0,03	0,0236	0,0035
L46	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L47	0,325	0,2	0,03	0,0650	0,0098
L48	0,360	0,2	0,03	0,0720	0,0108
L49	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L50	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027



Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L51	0,270	0,2	0,03	0,0540	0,0081
L52	0,180	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L53	0,001	0,2	0,03	0,0002	0,0000
L54	0,225	0,2	0,03	0,0450	0,0068
L55	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L56	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L57	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L58	0,315	0,2	0,03	0,0630	0,0095
L59	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L60	0,001	0,2	0,03	0,0002	0,0000
L61	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L62	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L63	0,001	0,2	0,03	0,0002	0,0000
L64	0,063	0,2	0,03	0,0126	0,0019
L65	0,180	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L66	0,225	0,2	0,03	0,0450	0,0068
L67	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L68	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L69	0,270	0,2	0,03	0,0540	0,0081
L70	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L71	0,180	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L72	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L73	0,006	0,2	0,03	0,0012	0,0002
L74	0,030	0,2	0,03	0,0060	0,0009
L75	0,024	0,2	0,03	0,0048	0,0007
L76	0,026	0,2	0,03	0,0052	0,0008

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L77	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L78	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L79	0,038	0,2	0,03	0,0076	0,0011
L80	0,050	0,2	0,03	0,0100	0,0015
L81	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L82	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L83	0,270	0,2	0,03	0,0540	0,0081
L84	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L85	0,180	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L86	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L87	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L88	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L89	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L90	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L91	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L92	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L93	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L94	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L95	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L96	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L97	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L98	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L99	0,450	0,2	0,03	0,0900	0,0135
L100	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L101	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L102	0,180	0,2	0,03	0,0360	0,0054

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L103	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L104	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L105	0,235	0,2	0,03	0,0470	0,0071
L106	0,129	0,2	0,03	0,0258	0,0039
L107	0,500	0,2	0,03	0,1000	0,0150
L108	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L109	0,388	0,2	0,03	0,0776	0,0116
L110	0,002	0,2	0,03	0,0004	0,0001
L111	1,158	0,2	0,03	0,2316	0,0347
L112	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L113	0,028	0,2	0,03	0,0056	0,0008
L114	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L115	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L116	0,208	0,2	0,03	0,0416	0,0062
				3,2334	0,4850
				SAIFI= 3,2334	MAIFI= 0,4850

Dari hasil jumlah perkalian antara panjang saluran dengan *sustained failure rate* didapatkan nilai SAIFI penyulang Berbek sebesar 3.2334 kali/pelanggan/tahun sedangkan nilai jumlah perkalian antara panjang saluran dengan *momentary failure rate* didapatkan nilai MAIFI penyulang Berbek sebesar 0.48501 kali/pelanggan/tahun.

**Tabel 4.4** Mencari nilai r dan U sistem Penyulang Berbek Saat Perfect Switching

Komponen	$L \times \text{Sustained } \lambda$ (fault/yr)	r	u
L1	0,009	3,00	0,0270
L2	0,229	3,00	0,6882
L3	0,018	3,00	0,0540
L4	0,284	3,00	0,8520
L5	0,018	3,00	0,0540
L6	0,020	0,15	0,0030
L7	0,009	0,15	0,0014
L8	0,009	0,15	0,0014
L9	0,037	0,15	0,0056
L10	0,020	0,15	0,0030
L11	0,005	0,15	0,0007
L12	0,009	0,15	0,0014
L13	0,009	0,15	0,0014
L14	0,009	0,15	0,0014
L15	0,009	0,15	0,0014
L16	0,004	0,15	0,0005
L17	0,036	0,15	0,0054
L18	0,036	0,15	0,0054
L19	0,013	0,15	0,0019
L20	0,027	0,15	0,0041
L21	0,027	0,15	0,0041
L22	0,019	0,15	0,0029
L23	0,009	0,15	0,0014
L24	0,018	0,15	0,0027
L25	0,045	0,15	0,0068
L26	0,018	0,15	0,0027
L27	0,063	0,15	0,0095
L28	0,009	0,15	0,0014
L29	0,015	0,15	0,0022
L30	0,032	0,15	0,0047

Komponen	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	r	u
L31	0,018	0,15	0,0027
L32	0,036	0,15	0,0054
L33	0,018	0,15	0,0027
L34	0,036	0,15	0,0053
L35	0,031	0,15	0,0047
L36	0,009	0,15	0,0014
L37	0,018	0,15	0,0027
L38	0,018	0,15	0,0027
L39	0,009	0,15	0,0014
L40	0,018	0,15	0,0027
L41	0,027	0,15	0,0041
L42	0,009	0,15	0,0014
L43	0,019	0,15	0,0029
L44	0,022	0,15	0,0033
L45	0,024	0,15	0,0035
L46	0,027	0,15	0,0041
L47	0,065	0,15	0,0098
L48	0,072	0,15	0,0108
L49	0,009	0,15	0,0014
L50	0,018	0,15	0,0027
L51	0,054	0,15	0,0081
L52	0,036	0,15	0,0054
L53	0,000	0,15	0,0000
L54	0,045	0,15	0,0068
L55	0,009	0,15	0,0014
L56	0,018	0,15	0,0027
L57	0,018	0,15	0,0027
L58	0,063	0,15	0,0095
L59	0,009	0,15	0,0014
L60	0,000	0,15	0,0000
L61	0,009	0,15	0,0014
L62	0,009	0,15	0,0014

Komponen	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	r	u
L63	0,000	0,15	0,0000
L64	0,013	0,15	0,0019
L65	0,036	0,15	0,0054
L66	0,045	0,15	0,0068
L67	0,027	0,15	0,0041
L68	0,009	0,15	0,0014
L69	0,054	0,15	0,0081
L70	0,018	0,15	0,0027
L71	0,036	0,15	0,0054
L72	0,009	0,15	0,0014
L73	0,001	0,15	0,0002
L74	0,006	0,15	0,0009
L75	0,005	0,15	0,0007
L76	0,005	0,15	0,0008
L77	0,009	0,15	0,0014
L78	0,027	0,15	0,0041
L79	0,008	0,15	0,0011
L80	0,010	0,15	0,0015
L81	0,027	0,15	0,0041
L82	0,009	0,15	0,0014
L83	0,054	0,15	0,0081
L84	0,018	0,15	0,0027
L85	0,036	0,15	0,0054
L86	0,009	0,15	0,0014
L87	0,027	0,15	0,0041
L88	0,009	0,15	0,0014
L89	0,018	0,15	0,0027
L90	0,018	0,15	0,0027
L91	0,018	0,15	0,0027
L92	0,009	0,15	0,0014
L93	0,009	0,15	0,0014
L94	0,009	0,15	0,0014

Komponen	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	r	u
L95	0,027	0,15	0,0041
L96	0,009	0,15	0,0014
L97	0,009	0,15	0,0014
L98	0,009	0,15	0,0014
L99	0,090	0,15	0,0135
L100	0,009	0,15	0,0014
L101	0,018	0,15	0,0027
L102	0,036	0,15	0,0054
L103	0,009	0,15	0,0014
L104	0,009	0,15	0,0014
L105	0,047	0,15	0,0071
L106	0,026	0,15	0,0039
L107	0,100	0,15	0,0150
L108	0,018	0,15	0,0027
L109	0,078	0,15	0,0116
L110	0,000	0,15	0,0001
L111	0,232	0,15	0,0347
L112	0,018	0,15	0,0027
L113	0,006	0,15	0,0008
L114	0,009	0,15	0,0014
L115	0,009	0,15	0,0014
L116	0,042	0,15	0,0062
		$\sum u_l =$	2,0765
		$r = \sum u_l / \text{SAIFI}$	0,6422

Tabel 4.4 diatas berikut merupakan perhitungan r dan U sistem. Nilai U didapat dari perkalian antara  $L \times \text{Sustained } \lambda$  dengan *switching time*. Dikarenakan pada penyulang Berbek terdapat 5 penyulang maka diasumsikan apabila *section* 1 pertama mengalami kegagalan/gangguan maka pada *section* tersebut mengalami perbaikan sedangkan pada penyulang lainnya yang tidak mengalami gangguan mengalami *switching time* sebesar 0,15 jam. Perhitungan tersebut dilakukan hingga *section* terakhir diasumsikan mengalami kegagalan/gangguan. Pada perhitungan

*perfect switching* ini indeks kegagalan peralatan *switching* seperti *circuit breaker*, trafo, dan *load break switch* diabaikan karena diasumsikan juga bekerja secara sempurna.

**Tabel 4.5** Nilai r dan U sistem Penyulang Berbek Saat Perfect Switching

r	Nilai	$\sum u$	Nilai
r1	0,6421878	$\sum u1$	2,07645
r2	0,6113379	$\sum u2$	1,9767
r3	0,7918538	$\sum u3$	2,56038
r4	0,2566524	$\sum u4$	0,82986
r5	1,2979681	$\sum u5$	4,19685

Berdasarkan tabel 4.5 diatas berikut didapat nilai  $\sum U$  dan r per *section* yang akan dimasukkan ke dalam perhitungan kembali untuk mendapatkan nilai indeks keandalan SAIDI dan CAIDI penyulang Berbek. Nilai SAIDI didapatkan dari hasil perkalian jumlah pelanggan dengan nilai  $\sum U$  pada *section* tersebut ( $N_{LP} \times U_{LP}$ ). Nilai hasil perkalian tersebut dijumlahkan kemudian dibagi dengan jumlah total pelanggan ( $\sum(N_j * U) / \sum N_j$ ). Nilai CAIDI didapat dengan cara mengalikan nilai r *section* dengan jumlah pelanggan. Nilai hasil tersebut dijumlahkan tiap line lalu dibagi dengan total jumlah pelanggan ( $(\sum(N_j * U) / \sum N_j)$ ).

**Tabel 4.6** Perhitungan SAIDI dan CAIDI Penyulang Berbek Saat Perfect Switching

LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP1	1	2,0765	0,6422	2,0765	0,6422
LP2	333	2,0765	0,6422	691,4579	213,8485
LP3	272	1,9767	0,6113	537,6624	166,2839
LP4	1	1,9767	0,6113	1,9767	0,6113
LP5	341	1,9767	0,6113	674,0547	208,4662
LP6	32	1,9767	0,6113	63,2544	19,5628
LP7	1	1,9767	0,6113	1,9767	0,6113
LP8	1	1,9767	0,6113	1,9767	0,6113



LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP9	1	1,9767	0,6113	1,9767	0,6113
LP10	1	1,9767	0,6113	1,9767	0,6113
LP11	387	1,9767	0,6113	764,9829	236,5878
LP12	1	1,9767	0,6113	1,9767	0,6113
LP13	151	1,9767	0,6113	298,4817	92,3120
LP14	113	1,9767	0,6113	223,3671	69,0812
LP15	248	1,9767	0,6113	490,2216	151,6118
LP16	246	1,9767	0,6113	486,2682	150,3891
LP17	277	1,9767	0,6113	547,5459	169,3406
LP18	127	1,9767	0,6113	251,0409	77,6399
LP19	39	1,9767	0,6113	77,0913	23,8422
LP20	346	1,9767	0,6113	683,9382	211,5229
LP21	160	2,5604	0,7919	409,6608	126,6966
LP22	120	2,5604	0,7919	307,2456	95,0225
LP23	296	2,5604	0,7919	757,8725	234,3887
LP24	150	2,5604	0,7919	384,0570	118,7781
LP25	249	2,5604	0,7919	637,5346	197,1716
LP26	373	2,5604	0,7919	955,0217	295,3615
LP27	383	2,5604	0,7919	980,6255	303,2800
LP28	138	2,5604	0,7919	353,3324	109,2758
LP29	664	2,5604	0,7919	1700,0923	525,7909
LP30	409	2,5604	0,7919	1047,1954	323,8682
LP31	246	2,5604	0,7919	629,8535	194,7960
LP32	1	2,5604	0,7919	2,5604	0,7919
LP33	111	2,5604	0,7919	284,2022	87,8958
LP34	115	2,5604	0,7919	294,4437	91,0632
LP35	147	2,5604	0,7919	376,3759	116,4025
LP36	78	2,5604	0,7919	199,7096	61,7646

LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP37	130	0,8299	0,2567	107,8818	33,3648
LP38	125	0,8299	0,2567	103,7325	32,0816
LP39	97	0,8299	0,2567	80,4964	24,8953
LP40	51	0,8299	0,2567	42,3229	13,0893
LP41	110	0,8299	0,2567	91,2846	28,2318
LP42	123	4,1969	1,2980	516,2126	159,6501
LP43	1	4,1969	1,2980	4,1969	1,2980
LP44	224	4,1969	1,2980	940,0944	290,7449
LP45	1	4,1969	1,2980	4,1969	1,2980
LP46	1	4,1969	1,2980	4,1969	1,2980
LP47	1	4,1969	1,2980	4,1969	1,2980
LP48	1	4,1969	1,2980	4,1969	1,2980
LP49	1	4,1969	1,2980	4,1969	1,2980
LP50	1	4,1969	1,2980	4,1969	1,2980
LP51	1	4,1969	1,2980	4,1969	1,2980
LP52	121	4,1969	1,2980	507,8189	157,0541
LP53	74	4,1969	1,2980	310,5669	96,0496
LP54	282	4,1969	1,2980	1183,5117	366,0270
LP55	64	4,1969	1,2980	268,5984	83,0700
LP56	73	4,1969	1,2980	306,3701	94,7517
LP57	1	4,1969	1,2980	4,1969	1,2980
LP58	1	4,1969	1,2980	4,1969	1,2980
LP59	3	4,1969	1,2980	12,5906	3,8939
LP60	45	4,1969	1,2980	188,8583	58,4086
LP61	92	4,1969	1,2980	386,1102	119,4131
LP62	72	4,1969	1,2980	302,1732	93,4537
LP63	58	4,1969	1,2980	243,4173	75,2821
LP64	1	4,1969	1,2980	4,1969	1,2980

LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP65	1	4,1969	1,2980	4,1969	1,2980
LP66	497	4,1969	1,2980	2085,8345	645,0901
LP67	612	4,1969	1,2980	2568,4722	794,3565
LP68	113	4,1969	1,2980	474,2441	146,6704
LP69	2	4,1969	1,2980	8,3937	2,5959
LP70	1	4,1969	1,2980	4,1969	1,2980
LP71	192	4,1969	1,2980	805,7952	249,2099
LP72	1	4,1969	1,2980	4,1969	1,2980
LP73	33	4,1969	1,2980	138,4961	42,8329
LP74	1	4,1969	1,2980	4,1969	1,2980
Total	9767			26859,3159	8306,8337
				SAIDI = 2,7500	CAIDI = 0,8505

Dari perhitungan pada tabel diatas, pada penyulang Berbek didapatkan nilai SAIDI sebesar 2,7500 jam/pelanggan/tahun dan nilai CAIDI sebesar 0,8505 jam/gangguan.

Dengan menggunakan langkah yang sama berikut adalah hasil perhitungan nilai SAIFI, MAIFI, SAIDI, dan CAIDI penyulang di ULP Rungkut saat kondisi Perfect Switching:

**Tabel 4.7** Indeks Keandalan Penyulang ULP Rungkut Saat Sistem Dalam Keadaan Perfect Switching

No	Penyulang	SAIFI	MAIFI	SAIDI	CAIDI
1	Berbek	3,2334	0,4850	2,7500	0,8505
2	Statistik	2,9060	0,4359	2,1557	0,7419
3	Kendalsari	2,1840	0,3276	1,9635	0,8990

## 2. Kondisi Imperfect Switching

**Tabel 4.8** Perhitungan SAIFI dan MAIFI Penyulang Berbek Saat Imperfect Switching

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary $\lambda$ (fault/yr)
L1	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L2	1,147	0,2	0,03	0,2294	0,0344
L3	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L4	1,420	0,2	0,03	0,2840	0,0426
L5	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L6	0,100	0,2	0,03	0,0200	0,0030
L7	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L8	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L9	0,185	0,2	0,03	0,0370	0,0056
L10	0,100	0,2	0,03	0,0200	0,0030
L11	0,024	0,2	0,03	0,0048	0,0007
L12	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L13	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L14	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L15	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L16	0,018	0,2	0,03	0,0036	0,0005
L17	0,180	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L18	0,180	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L19	0,063	0,2	0,03	0,0126	0,0019
L20	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L21	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L22	0,095	0,2	0,03	0,0190	0,0029
L23	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L24	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L25	0,225	0,2	0,03	0,0450	0,0068
L26	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L27	0,315	0,2	0,03	0,0630	0,0095
L28	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L29	0,074	0,2	0,03	0,0148	0,0022

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L30	0,158	0,2	0,03	0,0316	0,0047
L31	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L32	0,180	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L33	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L34	0,178	0,2	0,03	0,0356	0,0053
L35	0,157	0,2	0,03	0,0314	0,0047
L36	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L37	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L38	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L39	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L40	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L41	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L42	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L43	0,097	0,2	0,03	0,0194	0,0029
L44	0,110	0,2	0,03	0,0220	0,0033
L45	0,118	0,2	0,03	0,0236	0,0035
L46	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L47	0,325	0,2	0,03	0,0650	0,0098
L48	0,360	0,2	0,03	0,0720	0,0108
L49	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L50	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L51	0,270	0,2	0,03	0,0540	0,0081
L52	0,180	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L53	0,001	0,2	0,03	0,0002	0,0000
L54	0,225	0,2	0,03	0,0450	0,0068
L55	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L56	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L57	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L58	0,315	0,2	0,03	0,0630	0,0095
L59	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L60	0,001	0,2	0,03	0,0002	0,0000
L61	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L62	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L63	0,001	0,2	0,03	0,0002	0,0000
L64	0,063	0,2	0,03	0,0126	0,0019
L65	0,180	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L66	0,225	0,2	0,03	0,0450	0,0068
L67	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L68	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L69	0,270	0,2	0,03	0,0540	0,0081
L70	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L71	0,180	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L72	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L73	0,006	0,2	0,03	0,0012	0,0002
L74	0,030	0,2	0,03	0,0060	0,0009
L75	0,024	0,2	0,03	0,0048	0,0007
L76	0,026	0,2	0,03	0,0052	0,0008
L77	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L78	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L79	0,038	0,2	0,03	0,0076	0,0011
L80	0,050	0,2	0,03	0,0100	0,0015
L81	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L82	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L83	0,270	0,2	0,03	0,0540	0,0081
L84	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L85	0,180	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L86	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L87	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L88	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L89	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L90	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L91	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L92	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L93	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary $\lambda$ (fault/yr)
L94	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L95	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L96	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L97	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L98	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L99	0,450	0,2	0,03	0,0900	0,0135
L100	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L101	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L102	0,180	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L103	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L104	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L105	0,235	0,2	0,03	0,0470	0,0071
L106	0,129	0,2	0,03	0,0258	0,0039
L107	0,500	0,2	0,03	0,1000	0,0150
L108	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L109	0,388	0,2	0,03	0,0776	0,0116
L110	0,002	0,2	0,03	0,0004	0,0001
L111	1,158	0,2	0,03	0,2316	0,0347
L112	0,090	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L113	0,028	0,2	0,03	0,0056	0,0008
L114	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L115	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L116	0,208	0,2	0,03	0,0416	0,0062
Trafo Dist	74	0,005		0,3700	
Switch	5	0,003		0,0150	
CB	1	0,004		0,0040	
				3,6224	0,4850
				SAIFI = 3,6224	MAIFI = 0,4850

Dengan menggunakan langkah perhitungan yang sama seperti saat kondisi sistem *perfect switching* namun perbedaannya ada pada peralatan

switching ikut berkontribusi dalam menentukan perhitungan nilai indeks keandalannya, sehingga nilai SAIFI-nya lebih besar daripada saat kondisi *perfect switching* dengan nilai sebesar 3,6224 kali/pelanggan/tahun. Sedangkan nilai MAIFI-nya sama dengan kondisi *perfect switching* dengan nilai sebesar 0,48501 kali/pelanggan/tahun karena peralatan *switching* tidak memberikan kontribusi gangguan sesaat.

**Tabel 4.9** Mencari nilai r dan U sistem Penyulang Berbek Saat Imperfect Switching

Komponen	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	r	u
L1	0,009	3,00	0,0270
L2	0,229	3,00	0,6882
L3	0,018	3,00	0,0540
L4	0,284	3,00	0,8520
L5	0,018	3,00	0,0540
L6	0,020	0,15	0,0030
L7	0,009	0,15	0,0014
L8	0,009	0,15	0,0014
L9	0,037	0,15	0,0056
L10	0,020	0,15	0,0030
L11	0,005	0,15	0,0007
L12	0,009	0,15	0,0014
L13	0,009	0,15	0,0014
L14	0,009	0,15	0,0014
L15	0,009	0,15	0,0014
L16	0,004	0,15	0,0005
L17	0,036	0,15	0,0054
L18	0,036	0,15	0,0054
L19	0,013	0,15	0,0019
L20	0,027	0,15	0,0041



Komponen	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	r	u
L21	0,027	0,15	0,0041
L22	0,019	0,15	0,0029
L23	0,009	0,15	0,0014
L24	0,018	0,15	0,0027
L25	0,045	0,15	0,0068
L26	0,018	0,15	0,0027
L27	0,063	0,15	0,0095
L28	0,009	0,15	0,0014
L29	0,015	0,15	0,0022
L30	0,032	0,15	0,0047
L31	0,018	0,15	0,0027
L32	0,036	0,15	0,0054
L33	0,018	0,15	0,0027
L34	0,036	0,15	0,0053
L35	0,031	0,15	0,0047
L36	0,009	0,15	0,0014
L37	0,018	0,15	0,0027
L38	0,018	0,15	0,0027
L39	0,009	0,15	0,0014
L40	0,018	0,15	0,0027
L41	0,027	0,15	0,0041
L42	0,009	0,15	0,0014
L43	0,019	0,15	0,0029
L44	0,022	0,15	0,0033
L45	0,024	0,15	0,0035
L46	0,027	0,15	0,0041

Komponen	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	r	u
L47	0,065	0,15	0,0098
L48	0,072	0,15	0,0108
L49	0,009	0,15	0,0014
L50	0,018	0,15	0,0027
L51	0,054	0,15	0,0081
L52	0,036	0,15	0,0054
L53	0,000	0,15	0,0000
L54	0,045	0,15	0,0068
L55	0,009	0,15	0,0014
L56	0,018	0,15	0,0027
L57	0,018	0,15	0,0027
L58	0,063	0,15	0,0095
L59	0,009	0,15	0,0014
L60	0,000	0,15	0,0000
L61	0,009	0,15	0,0014
L62	0,009	0,15	0,0014
L63	0,000	0,15	0,0000
L64	0,013	0,15	0,0019
L65	0,036	0,15	0,0054
L66	0,045	0,15	0,0068
L67	0,027	0,15	0,0041
L68	0,009	0,15	0,0014
L69	0,054	0,15	0,0081
L70	0,018	0,15	0,0027
L71	0,036	0,15	0,0054
L72	0,009	0,15	0,0014

Komponen	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	r	u
L73	0,001	0,15	0,0002
L74	0,006	0,15	0,0009
L75	0,005	0,15	0,0007
L76	0,005	0,15	0,0008
L77	0,009	0,15	0,0014
L78	0,027	0,15	0,0041
L79	0,008	0,15	0,0011
L80	0,010	0,15	0,0015
L81	0,027	0,15	0,0041
L82	0,009	0,15	0,0014
L83	0,054	0,15	0,0081
L84	0,018	0,15	0,0027
L85	0,036	0,15	0,0054
L86	0,009	0,15	0,0014
L87	0,027	0,15	0,0041
L88	0,009	0,15	0,0014
L89	0,018	0,15	0,0027
L90	0,018	0,15	0,0027
L91	0,018	0,15	0,0027
L92	0,009	0,15	0,0014
L93	0,009	0,15	0,0014
L94	0,009	0,15	0,0014
L95	0,027	0,15	0,0041
L96	0,009	0,15	0,0014
L97	0,009	0,15	0,0014
L98	0,009	0,15	0,0014

Komponen	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	r	u
L99	0,090	0,15	0,0135
L100	0,009	0,15	0,0014
L101	0,018	0,15	0,0027
L102	0,036	0,15	0,0054
L103	0,009	0,15	0,0014
L104	0,009	0,15	0,0014
L105	0,047	0,15	0,0071
L106	0,026	0,15	0,0039
L107	0,100	0,15	0,0150
L108	0,018	0,15	0,0027
L109	0,078	0,15	0,0116
L110	0,000	0,15	0,0001
L111	0,232	0,15	0,0347
L112	0,018	0,15	0,0027
L113	0,006	0,15	0,0008
L114	0,009	0,15	0,0014
L115	0,009	0,15	0,0014
L116	0,042	0,15	0,0062
BE1286	0,005	10,00	0,0500
BE896	0,005	10,00	0,0500
Switch	0,015	10,00	0,1500
Switch	0,015	10,00	0,1500
CB	0,004	10,00	0,0400
		$\sum u1 =$	2,5165
		$r1 = \sum u1 / SAIFI$	0,6947

Dengan langkah yang sama juga untuk mencari nilai  $r$  dan  $U$  sistem, peralatan *switching* juga dimasukkan ke dalam perhitungan dan diasumsikan *section* 1 mengalami gangguan maka *section* yang tidak mengalami gangguan mengalami *switching time* begitu pula seterusnya dilakukan perhitungan hingga *section* terakhir.

**Tabel 4.10** Nilai  $r$  dan  $U$  Penyulang Berbek Saat Imperfect Switching

$r$	Nilai	$\sum u$	Nilai
$r_1$	0,6947	$\sum u_1$	2,5165
$r_2$	0,8770	$\sum u_2$	3,1767
$r_3$	1,0105	$\sum u_3$	3,6604
$r_4$	0,3809	$\sum u_4$	1,3799
$r_5$	1,6555	$\sum u_5$	5,9969

Berdasarkan tabel 4.10 diatas berikut didapat nilai  $\sum U$  dan  $r$  per *section* yang akan dimasukkan ke dalam perhitungan kembali untuk mendapatkan nilai indeks keandalan SAIDI dan CAIDI penyulang Berbek. Nilai SAIDI didapatkan dari hasil perkalian jumlah pelanggan dengan nilai  $\sum U$  pada *section* tersebut ( $N_{LP} \times U_{LP}$ ). Nilai hasil perkalian tersebut dijumlahkan kemudian dibagi dengan jumlah total pelanggan ( $\sum(N_j * U) / \sum N_j$ ). Nilai CAIDI didapat dengan cara mengalikan nilai  $r$  *section* dengan jumlah pelanggan. Nilai hasil tersebut dijumlahkan tiap line lalu dibagi dengan total jumlah pelanggan ( $(\sum(N_j * U) / \sum N_j)$ ).

**Tabel 4.11** Perhitungan SAIDI dan CAIDI Penyulang Berbek Saat Imperfect Switching

LP	$N_{LP}$	$U_{LP}$	$r_{LP}$	$N_{LP} * U_{LP}$	$N_{LP} * r_{LP}$
LP1	1	2,5165	0,6947	2,5165	0,6947
LP2	333	2,5165	0,6947	837,9779	231,3322
LP3	272	3,1767	0,8770	864,0624	238,5331
LP4	1	3,1767	0,8770	3,1767	0,8770
LP5	341	3,1767	0,8770	1083,2547	299,0434
LP6	32	3,1767	0,8770	101,6544	28,0627
LP7	1	3,1767	0,8770	3,1767	0,8770

LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP8	1	3,1767	0,8770	3,1767	0,8770
LP9	1	3,1767	0,8770	3,1767	0,8770
LP10	1	3,1767	0,8770	3,1767	0,8770
LP11	387	3,1767	0,8770	1229,3829	339,3835
LP12	1	3,1767	0,8770	3,1767	0,8770
LP13	151	3,1767	0,8770	479,6817	132,4210
LP14	113	3,1767	0,8770	358,9671	99,0965
LP15	248	3,1767	0,8770	787,8216	217,4861
LP16	246	3,1767	0,8770	781,4682	215,7322
LP17	277	3,1767	0,8770	879,9459	242,9179
LP18	127	3,1767	0,8770	403,4409	111,3739
LP19	39	3,1767	0,8770	123,8913	34,2014
LP20	346	3,1767	0,8770	1099,1382	303,4282
LP21	160	3,6604	1,0105	585,6608	161,6776
LP22	120	3,6604	1,0105	439,2456	121,2582
LP23	296	3,6604	1,0105	1083,4725	299,1035
LP24	150	3,6604	1,0105	549,0570	151,5727
LP25	249	3,6604	1,0105	911,4346	251,6107
LP26	373	3,6604	1,0105	1365,3217	376,9108
LP27	383	3,6604	1,0105	1401,9255	387,0157
LP28	138	3,6604	1,0105	505,1324	139,4469
LP29	664	3,6604	1,0105	2430,4923	670,9619
LP30	409	3,6604	1,0105	1497,0954	413,2883
LP31	246	3,6604	1,0105	900,4535	248,5793
LP32	1	3,6604	1,0105	3,6604	1,0105
LP33	111	3,6604	1,0105	406,3022	112,1638
LP34	115	3,6604	1,0105	420,9437	116,2057
LP35	147	3,6604	1,0105	538,0759	148,5413

LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP36	78	3,6604	1,0105	285,5096	78,8178
LP37	130	1,3799	0,3809	179,3818	49,5202
LP38	125	1,3799	0,3809	172,4825	47,6155
LP39	97	1,3799	0,3809	133,8464	36,9497
LP40	51	1,3799	0,3809	70,3729	19,4271
LP41	110	1,3799	0,3809	151,7846	41,9017
LP42	123	5,9969	1,6555	737,6126	203,6254
LP43	1	5,9969	1,6555	5,9969	1,6555
LP44	224	5,9969	1,6555	1343,2944	370,8299
LP45	1	5,9969	1,6555	5,9969	1,6555
LP46	1	5,9969	1,6555	5,9969	1,6555
LP47	1	5,9969	1,6555	5,9969	1,6555
LP48	1	5,9969	1,6555	5,9969	1,6555
LP49	1	5,9969	1,6555	5,9969	1,6555
LP50	1	5,9969	1,6555	5,9969	1,6555
LP51	1	5,9969	1,6555	5,9969	1,6555
LP52	121	5,9969	1,6555	725,6189	200,3144
LP53	74	5,9969	1,6555	443,7669	122,5063
LP54	282	5,9969	1,6555	1691,1117	466,8484
LP55	64	5,9969	1,6555	383,7984	105,9514
LP56	73	5,9969	1,6555	437,7701	120,8508
LP57	1	5,9969	1,6555	5,9969	1,6555
LP58	1	5,9969	1,6555	5,9969	1,6555
LP59	3	5,9969	1,6555	17,9906	4,9665
LP60	45	5,9969	1,6555	269,8583	74,4971
LP61	92	5,9969	1,6555	551,7102	152,3052
LP62	72	5,9969	1,6555	431,7732	119,1953
LP63	58	5,9969	1,6555	347,8173	96,0185

LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP64	1	5,9969	1,6555	5,9969	1,6555
LP65	1	5,9969	1,6555	5,9969	1,6555
LP66	497	5,9969	1,6555	2980,4345	822,7789
LP67	612	5,9969	1,6555	3670,0722	1013,1604
LP68	113	5,9969	1,6555	677,6441	187,0705
LP69	2	5,9969	1,6555	11,9937	3,3110
LP70	1	5,9969	1,6555	5,9969	1,6555
LP71	192	5,9969	1,6555	1151,3952	317,8542
LP72	1	5,9969	1,6555	5,9969	1,6555
LP73	33	5,9969	1,6555	197,8961	54,6312
LP74	1	5,9969	1,6555	5,9969	1,6555
Total	9767			39245,4259	10834,0951
				SAIDI = 4,0181	CAIDI = 1,1092

Dari perhitungan pada tabel diatas, pada penyulang Berbek didapatkan nilai SAIDI sebesar 4.0181 jam/pelanggan/tahun dan nilai CAIDI sebesar 1,1092 jam/gangguan.

Dengan menggunakan langkah yang sama berikut adalah hasil perhitungan nilai SAIFI, MAIFI, SAIDI, dan CAIDI penyulang di ULP Rungkut saat kondisi Imperfect Switching:

**Tabel 4.12** Indeks Keandalan Penyulang ULP Rungkut Saat Sistem Dalam Keadaan Imperfect Switching

No	Penyulang	SAIFI	MAIFI	SAIDI	CAIDI
1	Berbek	3,6224	0,4850	4,0182	1,1093
2	Statistik	3,3670	0,4359	2,9927	1,0299
3	Kendalsari	2,3950	0,3276	3,0859	1,3052



#### 4.4 Perbandingan Hasil Perhitungan Metode RIA Saat Kondisi Perfect Switching dan Imperfect Switching

Dari perbandingan perhitungan nilai SAIFI, SAIDI, MAIFI, dan CAIDI pada tabel 4.7 dan 4.12 terlihat bahwa nilai SAIDI, SAIFI, dan CAIDI pada kondisi *perfect switching* lebih kecil daripada saat kondisi *imperfect switching*. Hal ini disebabkan karena pada saat kondisi *imperfect switching*, peralatan *switching* juga ikut berkontribusi dalam perhitungan sehingga menyebabkan nilai dari SAIDI, SAIFI, dan CAIDI semakin besar. Namun nilai MAIFI untuk kedua sistem tersebut sama karena peralatan *switching* tidak memberikan kontribusi gangguan sesaat dalam perhitungan.

Jumlah komponen peralatan distribusi dan panjang saluran penyulang juga mempengaruhi besar/kecilnya indeks keandalan suatu penyulang. Semakin banyak peralatan distribusi seperti trafo distribusi, *recloser*, dan *circuit breaker* semakin besar juga kontribusi gangguan terhadap nilai keandalannya. Begitu juga dengan panjang saluran, semakin panjang saluran maka tingkat keandalannya juga semakin turun.

#### 4.5 Perbandingan Indeks Keandalan Menggunakan Software ETAP dan Metode RIA

**Tabel 4.13** Perbandingan Indeks Keandalan menggunakan Perhitungan ETAP Perfect Switching dan Metode RIA Perfect Switching

No	Penyulang	SAIFI		SAIDI		CAIDI	
		ETAP	RIA	ETAP	RIA	ETAP	RIA
1	Berbek	3,2344	3,2334	2,7362	2,7500	0,8460	0,8505
2	Statistik	2,9040	2,9060	1,8511	2,1557	0,6370	0,7419
3	Kendalsari	2,0004	2,1840	2,1199	1,9635	1,0600	0,8990

Pada tabel 4.13 perbedaan hasil perhitungan antara ETAP dan Metode RIA pada saat kondisi *perfect switching* untuk nilai SAIFI dan SAIFI-nya hampir mendekati sama. Untuk nilai SAIFI dan SAIDI tertinggi pada penyulang Berbek yaitu sebesar 3,2344 kali/pelanggan/tahun dan 2,7362 jam/pelanggan/tahun dikarenakan pada penyulang tersebut memiliki jumlah saluran yang panjang dan memiliki peralatan *switching* yang cukup banyak sehingga mempengaruhi nilai indeks keandalannya. Berbeda dengan penyulang Kendalsari yang memiliki panjang saluran yang tidak panjang dan tidak memiliki peralatan

distribusi yang banyak sehingga nilai SAIFI dan SAIDI-nya sebesar 2,0004 kali/pelanggan/tahun dan 2,1199 jam/pelanggan/tahun.

**Tabel 4.14** Perbandingan Indeks Keandalan menggunakan Perhitungan ETAP Perfect Switching dan Metode RIA Perfect Switching

No	Penyulang	SAIFI		SAIDI		CAIDI	
		ETAP	RIA	ETAP	RIA	ETAP	RIA
1	Berbek	3,6584	3,6224	3,8858	4,0182	1,0620	1,1093
2	Statistik	3,4180	3,3670	2,7427	2,9927	0,8020	1,0299
3	Kendalsari	2,1965	2,3950	2,9156	3,0859	1,3270	1,3052

Pada tabel 4.14 perbedaan hasil perhitungan antara ETAP dan Metode RIA pada saat kondisi *imperfect switching* untuk nilai SAIFI dan SAIFI-nya juga hampir mendekati sama. Untuk nilai SAIFI dan SAIDI tertinggi pada penyulang Berbek yaitu sebesar 3,6584 kali/pelanggan/tahun dan 3.8858 jam/pelanggan/tahun dikarenakan pada penyulang tersebut memiliki jumlah saluran yang panjang dan memiliki peralatan *switching* yang cukup banyak sehingga mempengaruhi nilai indeks keandalannya. Berbeda dengan penyulang Kendalsari yang memiliki panjang saluran yang tidak panjang dan tidak memiliki peralatan distribusi yang banyak sehingga nilai SAIFI dan SAIDI-nya sebesar 2,1965 kali/pelanggan/tahun dan 2,9156 jam/pelanggan/tahun.

**Tabel 4.15** Nilai Error Perhitungan ETAP dan Metode RIA

No	Penyulang	Error SAIFI (%)		Error SAIDI (%)		Error CAIDI (%)	
		Perfect	Imperfect	Perfect	Imperfect	Perfect	Imperfect
1	Berbek	0,0309	0,9840	0,5046	3,4064	0,5319	4,4496
2	Statistik	0,0689	1,4921	16,4533	9,1167	16,4663	28,4129
3	Kendalsari	9,1782	9,0371	7,3779	5,8395	15,1853	1,6408

Dari data error yang didapatkan terlihat perbedaan antara metode RIA dan ETAP. Untuk error SAIFI terbesar terletak pada penyulang Kendalsari yaitu sebesar 9,1782%, sedangkan error SAIFI yang paling kecil didapatkan di penyulang Berbek dengan nilai sebesar 0,0309%. Error SAIDI terbesar pada penyulang Statistik yaitu sebesar 16,4533%, sedangkan error SAIDI terkecil terdapat pada penyulang Berbek sebesar 0,5046%. Error CAIDI terbesar pada penyulang Statistik yaitu sebesar

28,4129%, sedangkan error SAIDI terkecil terdapat pada penyulang Berbek sebesar 0,5319%.

#### **4.6 Cara Meningkatkan Indeks Keandalan Pada Sistem Distribusi 20kV**

Kontinuitas pelayanan atau ketersediaan tenaga listrik merupakan salah satu hal terpenting dalam proses pendistribusian tenaga listrik ke pelanggan. Dalam menjaga kontinuitas tenaga listrik perlu adanya sistem tenaga listrik yang andal. Dalam setiap operasi sistem distribusi, terdapat banyak gangguan yang tidak terencana dan tidak dapat dihindari dimana gangguan tersebut terjadi ataupun kapan itu terjadi. Gangguan tersebut dapat diakibatkan dari dalam maupun luar sistem. Untuk menjaga dan kontinuitas ketersediaan tenaga listrik maka ada dua cara untuk memperbaiki nilai keandalan sistem distribusi yaitu dengan cara mengurangi frekuensi terjadinya gangguan dan mengurangi durasi gangguan. Untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi adalah dengan rekonfigurasi jaringan.

##### **4.6.1 Mengurangi Jumlah Frekuensi Gangguan**

Gangguan yang terjadi saat penyaluran tenaga listrik merupakan hal yang tidak diinginkan dan tidak dapat dihindarkan maka dibutuhkan upaya-upaya untuk mengurangi dan menekan jumlah frekuensi gangguan. Berikut beberapa tindakan preventif yang dapat dilakukan untuk mengurangi gangguan pada sistem distribusi tenaga listrik:

1. Menjadwalkan pemeliharaan secara berkala untuk setiap peralatan pada sistem distribusi 20kV sesuai dengan buku instruksi pemeliharaan. Hal ini guna menjamin kondisi setiap peralatan tetap baik sehingga dapat menjaga performa sistem secara menyeluruh.
2. Melakukan inspeksi jaringan dan pemangkasan pohon-pohon sesuai *right of way* dari keluaran Gardu Induk sampai ke beban paling ujung
3. Melakukan analisis dan evaluasi setiap terjadinya gangguan untuk mencari penyebab gangguan tersebut sehingga potensi terjadinya gangguan tersebut dapat dikurangi.
4. Melakukan pemeriksaan peralatan pengaman dengan memastikan bahwa peralatan tersebut bekerja dengan sebagaimana semestinya

dan mengurangi potensi terjadinya kegagalan operasi pada peralatan.

#### **4.6.2 Mengurangi Durasi Gangguan**

Dalam mengurangi durasi gangguan disadari pentingnya otomatisasi sistem distribusi untuk memastikan pemulihan pasokan tenaga listrik secara cepat bagi konsumen, sekaligus untuk memperbaiki tingkat keandalan sistem. Salah satu cara mengurangi durasi gangguan yaitu dengan menambah sejumlah peralatan, misalnya *sectionalizer*. *Sectionalizer* membagi jaringan distribusi ke dalam *section-section* dan akan bekerja melakukan operasi *switching* bilamana terjadi gangguan pada sistem, sehingga dapat mengurangi daerah padam dengan cara maneuver beban. *Sectionalizer* dapat dioperasikan secara otomatis maupun manual. *Sectionalizer* umumnya dipasang pada tiang saluran udara jaringan distribusi. Ada dua macam operasi *switching* yang dapat dilakukan, pertama operasi *switching* yang bertujuan untuk melokalisir/memisahkan *section* yang terganggu agar tidak mempengaruhi *section* lain. Yang kedua adalah operasi *switching* yang bertujuan memutuskan jaringan dari gangguan sekaligus menghubungkan jaringan yang terputus dengan alternatif sumber listrik lain apabila memungkinkan, sehingga tidak perlu terjadi pemadaman.

#### **4.7 Upaya Peningkatan Indeks Keandalan Pada Penyulang Berbek**

Salah satu upaya yang dilakukan dalam peningkatan indeks keandalan pada Penyulang Berbek adalah dengan melakukan penambahan peralatan *Loab Breaker Switch* (LBS). Pemasangan LBS dilakukan di *section* 5 dimana terdapat 33 *load point* pada *section* tersebut. Pemasangan LBS dilakukan di antara saluran L85, L86, dan L90 (gambar terlampir) dimana L merupakan saluran udara pada penyulang Berbek dengan total 17 *load point* di bawah FCOB tersebut. Saat terjadi gangguan yang menyebabkan LBS tersebut putus maka 16 *load point* lainnya pada *section* tersebut tidak mengalami pemadaman dan tidak

terpengaruh waktu perbaikan sehingga dapat mengurangi daerah padam pada Penyulang Berbek.

Setelah dilakukan upaya peningkatan keandalan sistem distribusi pada penyulang Berbek yang dijelaskan di atas maka akan didapat hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.13 berikut:

**Tabel 4.16** Perbandingan Indeks Keandalan Sebelum dan Setelah Upaya Perbaikan pada Penyulang Berbek

Indeks Keandalan	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Selisih
SAIFI	3,6584	2,8633	0,7951 (21,73%)
SAIDI	3,8858	3,4305	0,4553 (11,71%)
CAIDI	1,0620	1,1980	0,1360 (12,81%)

Berdasarkan tabel 4.13 di atas nilai keandalan SAIFI turun sebesar 21.85% menjadi 2,8433 kali/pelanggan/tahun, akibat dari penambahan komponen LBS pada jaringan sangat berpengaruh dikarenakan laju kegagalan dari load point juga berkurang. Nilai indeks keandalan SAIDI pun turut berkurang sebesar .0,83% menjadi 3,3897 jam/pelanggan/tahun.

*-Halaman ini sengaja dikosongkan-*

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil evaluasi yang diperoleh dari perhitungan dan analisis indeks keandalan di PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Rungkut pada tugas akhir ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil evaluasi keandalan sistem distribusi pada ketiga penyulang di ULP Rungkut dengan metode *Reliability Index Assessment* (RIA) menunjukkan nilai indeks keandalan pada kondisi *Perfect Switching* nilai SAIFI dan SAIDI tertinggi terdapat di penyulang Berbek sebesar 3,2344 (kegagalan/pelanggan.tahun) dan 2,7362 (jam/pelanggan.tahun), sedangkan SAIFI dan SAIDI terendah terdapat pada penyulang Kendalsari sebesar 2,0004 (kegagalan/pelanggan.tahun) dan 2,1199 (jam/pelanggan.tahun).
2. Untuk kondisi *Imperfect Switching* nilai SAIFI dan SAIDI tertinggi terletak pada penyulang Berbek dengan nilai sebesar 3,6584 (kegagalan/pelanggan.tahun) dan 3,8858 (jam/pelanggan.tahun), sedangkan untuk nilai SAIFI dan SAIDI terendah terletak pada penyulang Kendalsari sebesar 2,1965 (kegagalan/pelanggan.tahun) dan 2,9156 (jam/pelanggan.tahun).
3. Setelah penambahan komponen LBS pada penyulang Berbek pada jaringan untuk memperbaiki keandalan maka didapat hasil perbaikan dengan nilai indeks keandalan SAIFI sebesar 2,8633 (kegagalan/pelanggan.tahun) dan nilai indeks keandalan SAIDI sebesar 3,4305 (jam/pelanggan.tahun).
4. Semakin banyak komponen dalam sistem distribusi maka semakin besar juga gangguan yang ikut berkontribusi.
5. Semakin panjang saluran distribusi suatu penyulang, maka tingkat keandalannya juga semakin turun.
6. Nilai SAIDI, SAIFI, dan CAIDI pada kondisi *imperfect switching* lebih besar daripada kondisi *perfect switching*. Hal ini disebabkan karena pada kondisi *imperfect switching*, peralatan distribusi juga memberikan kontribusi gangguan.
7. Nilai MAIFI pada kondisi *perfect switching* dan *imperfect switching* sama besar dikarenakan gangguan sesaat tidak

memberikan kontribusi dalam perhitungan SAIDI, SAIFI, dan CAIDI

## **5.2 Saran**

Diharapkan untuk penelitian selanjutnya mengenai keandalan sistem distribusi 20kV dapat mempertimbangkan faktor lain yang mempengaruhi nilai indeks keandalan seperti *management analysis*, *maintenance analysis*, dan *cost analysis*.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. K. Sari, “Analisa Keandalan Distribusi 20kv di Wilayah Tegal Jawa Tengah,” *Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 2012.
- [2] N. Moelyono, Pengantar Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Surabaya: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 1999.
- [3] D. Suswanto, Diktat Kuliah: Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Padang: JTE Fakultas Teknik UNP.
- [4] K. B. Artana, Diktat Kuliah: Kuliah Keandalan I-Pendahuluan, Surabaya: FTK ITS.
- [5] B. Johnson, Medium Voltage Outdoor Apparatus Portfolio, ABB, 5 Mei 2007.
- [6] T. Short, Distribution Reliability And Power Quality, United States of America: CRC Press Taylor & Francis Group, 2006.
- [7] R. E. Brown, Electric Power Distribution Reliability Second Edition, United States of America: CRC Press Taylor & Francis Group, 2009.
- [8] S. N. 1985, Keandalan pada Sistem Distribusi 20kV dan 6kV, Jakarta: Perusahaan Umum Listrik Negara, 1985.
- [9] I. S. 1366-2003, IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability, USA, 2003.
- [10] F. Li, “Distributed Processing of Reliability Index Assessment and Reliability– Based Network Reconfiguration in Power Distribution System,” vol. 20, no. 1, February 2005.



## LAMPIRAN

Hasil *running* ETAP Penyulang Berbek Kondisi *Perfect Switching*

Indeks Keandalan	Nilai
SAIFI	3,2344
SAIDI	2,7362
CAIDI	0,8460
ASAI	0,9997
USUI	0,0003

Hasil *running* ETAP Penyulang Statistik Kondisi *Perfect Switching*

Indeks Keandalan	Nilai
SAIFI	2,9040
SAIDI	1,8511
CAIDI	0,6370
ASAI	0,9998
USUI	0,0002

Hasil *running* ETAP Penyulang Kendalsari Kondisi *Perfect Switching*

Indeks Keandalan	Nilai
SAIFI	2,0004
SAIDI	2,1199
CAIDI	1,0600
ASAI	0,9998
USUI	0,0002

Hasil *running* ETAP Penyulang Berbek Kondisi *Imperfect Switching*

Indeks Keandalan	Nilai
SAIFI	3,6584
SAIDI	3,8858
CAIDI	1,0620
ASAI	0,9996
USUI	0,0004

Hasil *running* ETAP Penyulang Statistik Kondisi *Imperfect Switching*

Indeks Keandalan	Nilai
SAIFI	3,4180
SAIDI	2,7427
CAIDI	0,8020
ASAI	0,9997
USUI	0,0003

Hasil *running* ETAP Penyulang Kendalsari Kondisi *Imperfect Switching*

Indeks Keandalan	Nilai
SAIFI	2,1965
SAIDI	2,9156
CAIDI	1,3270
ASAI	0,9997
USUI	0,0003

Hasil *running* ETAP Perbaikan Penyulang Berbek Dengan Penambahan LBS

Indeks Keandalan	Nilai
SAIFI	2,8633
SAIDI	3,4305
CAIDI	1,1980
ASAI	0,9996
USUI	0,0003

Perhitungan *Perfect Switching* Penyulang Kendalsari

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L1	1,695	0,2	0,03	0,3390	0,0509
L2	0,315	0,2	0,03	0,0630	0,0095
L3	0,11	0,2	0,03	0,0220	0,0033
L4	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L5	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L6	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L7	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L8	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L9	1,24	0,2	0,03	0,2480	0,0372
L10	0,225	0,2	0,03	0,0450	0,0068
L11	0,09	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L12	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L13	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L14	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L15	0,09	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L16	0,15	0,2	0,03	0,0300	0,0045
L17	0,06	0,2	0,03	0,0120	0,0018
L18	0,315	0,2	0,03	0,0630	0,0095
L19	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L20	0,27	0,2	0,03	0,0540	0,0081
L21	0,09	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L22	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L23	0,09	0,2	0,03	0,0180	0,0027

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L24	0,18	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L25	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L26	0,18	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L27	0,24	0,2	0,03	0,0480	0,0072
L28	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L29	0,09	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L30	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L31	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L32	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L33	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L34	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L35	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L36	0,225	0,2	0,03	0,0450	0,0068
L37	0,18	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L38	0,27	0,2	0,03	0,0540	0,0081
L39	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L40	0,09	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L41	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L42	0,36	0,2	0,03	0,0720	0,0108
L43	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L44	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L45	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L46	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L47	0,18	0,2	0,03	0,0360	0,0054

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L48	0,36	0,2	0,03	0,0720	0,0108
L49	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L50	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L51	0,18	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L52	0,09	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L53	0,09	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L54	0,315	0,2	0,03	0,0630	0,0095
L55	0,09	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L56	0,18	0,2	0,03	0,0360	0,0054
L57	0,36	0,2	0,03	0,0720	0,0108
L58	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L59	0,27	0,2	0,03	0,0540	0,0081
L60	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L61	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L62	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
L63	0,225	0,2	0,03	0,0450	0,0068
L64	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L65	0,135	0,2	0,03	0,0270	0,0041
L66	0,045	0,2	0,03	0,0090	0,0014
				2,1840	0,3276
				SAIFI	MAIFI



LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP1	1	2,448	1,1208791	2,448	1,120879121
LP2	7	2,448	1,1208791	17,136	7,846153846
LP3	12	2,448	1,1208791	29,376	13,45054945
LP4	1	2,448	1,1208791	2,448	1,120879121
LP5	32	2,448	1,1208791	78,336	35,86813187
LP6	30	2,448	1,1208791	73,44	33,62637363
LP7	367	1,73835	0,7959478	637,97445	292,1128434
LP8	1	1,73835	0,7959478	1,73835	0,795947802
LP9	202	1,73835	0,7959478	351,1467	160,781456
LP10	57	1,73835	0,7959478	99,08595	45,36902473
LP11	29	1,73835	0,7959478	50,41215	23,08248626
LP12	129	1,73835	0,7959478	224,24715	102,6772665
LP13	102	1,73835	0,7959478	177,3117	81,18667582
LP14	52	1,73835	0,7959478	90,3942	41,38928571
LP15	84	1,73835	0,7959478	146,0214	66,85961538
LP16	175	1,73835	0,7959478	304,21125	139,2908654
LP17	148	1,73835	0,7959478	257,2758	117,8002747
LP18	6	1,73835	0,7959478	10,4301	4,775686813
LP19	62	0,9432	0,4318681	58,4784	26,77582418
LP20	78	0,9432	0,4318681	73,5696	33,68571429
LP21	18	0,9432	0,4318681	16,9776	7,773626374
LP22	85	0,9432	0,4318681	80,172	36,70879121
LP23	104	0,9432	0,4318681	98,0928	44,91428571
LP24	133	0,9432	0,4318681	125,4456	57,43846154
LP25	1	2,4309	1,1130495	2,4309	1,113049451
LP26	45	2,4309	1,1130495	109,3905	50,08722527
LP27	109	2,4309	1,1130495	264,9681	121,3223901
LP28	295	2,4309	1,1130495	717,1155	328,3495879
LP29	47	2,4309	1,1130495	114,2523	52,31332418
LP30	147	2,4309	1,1130495	357,3423	163,6182692
LP31	120	2,4309	1,1130495	291,708	133,5659341
LP32	156	2,4309	1,1130495	379,2204	173,6357143
LP33	66	2,4309	1,1130495	160,4394	73,46126374
LP34	141	2,4309	1,1130495	342,7569	156,9399725
LP35	83	2,4309	1,1130495	201,7647	92,3831044
LP36	39	2,4309	1,1130495	94,8051	43,40892857

LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP37	96	2,4309	1,1130495	233,3664	106,8527473
LP38	119	2,4309	1,1130495	289,2771	132,4528846
LP39	149	2,4309	1,1130495	362,2041	165,8443681
	3528			6927,2109	3171,799863
				1,9635	0,8990
				SAIDI	CAIDI

Perhitungan *Imperfect Switching* Penyulang Kendalsari

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary $\lambda$ (fault/yr)
L1	1,695	0,2	0,03	0,339	0,0509
L2	0,315	0,2	0,03	0,063	0,0095
L3	0,11	0,2	0,03	0,022	0,0033
L4	0,135	0,2	0,03	0,027	0,0041
L5	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L6	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L7	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L8	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L9	1,24	0,2	0,03	0,248	0,0372
L10	0,225	0,2	0,03	0,045	0,0068
L11	0,09	0,2	0,03	0,018	0,0027
L12	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L13	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L14	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L15	0,09	0,2	0,03	0,018	0,0027
L16	0,15	0,2	0,03	0,03	0,0045
L17	0,06	0,2	0,03	0,012	0,0018
L18	0,315	0,2	0,03	0,063	0,0095
L19	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L20	0,27	0,2	0,03	0,054	0,0081
L21	0,09	0,2	0,03	0,018	0,0027
L22	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L23	0,09	0,2	0,03	0,018	0,0027
L24	0,18	0,2	0,03	0,036	0,0054
L25	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L26	0,18	0,2	0,03	0,036	0,0054
L27	0,24	0,2	0,03	0,048	0,0072
L28	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L29	0,09	0,2	0,03	0,018	0,0027
L30	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L31	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L32	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L33	0,135	0,2	0,03	0,027	0,0041
L34	0,135	0,2	0,03	0,027	0,0041
L35	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L36	0,225	0,2	0,03	0,045	0,0068
L37	0,18	0,2	0,03	0,036	0,0054
L38	0,27	0,2	0,03	0,054	0,0081
L39	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L40	0,09	0,2	0,03	0,018	0,0027
L41	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L42	0,36	0,2	0,03	0,072	0,0108
L43	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L44	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L45	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L46	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L47	0,18	0,2	0,03	0,036	0,0054
L48	0,36	0,2	0,03	0,072	0,0108
L49	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L50	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L51	0,18	0,2	0,03	0,036	0,0054
L52	0,09	0,2	0,03	0,018	0,0027
L53	0,09	0,2	0,03	0,018	0,0027

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L54	0,315	0,2	0,03	0,063	0,0095
L55	0,09	0,2	0,03	0,018	0,0027
L56	0,18	0,2	0,03	0,036	0,0054
L57	0,36	0,2	0,03	0,072	0,0108
L58	0,135	0,2	0,03	0,027	0,0041
L59	0,27	0,2	0,03	0,054	0,0081
L60	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L61	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L62	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
L63	0,225	0,2	0,03	0,045	0,0068
L64	0,135	0,2	0,03	0,027	0,0041
L65	0,135	0,2	0,03	0,027	0,0041
L66	0,045	0,2	0,03	0,009	0,0014
Trafo Dist	39	0,005		0,195	0,0000
Switch	4	0,003		0,012	0,0000
CB	1	0,004		0,004	0,0000
				2,3950	0,3276
				SAIFI	MAIFI

LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP1	1	3,06235	1,278643	3,0624	1,2786
LP2	7	3,06235	1,278643	21,4365	8,9505
LP3	12	3,06235	1,278643	36,7482	15,3437
LP4	1	3,06235	1,278643	3,0624	1,2786
LP5	32	3,06235	1,278643	97,9952	40,9166
LP6	30	3,06235	1,278643	91,8705	38,3593
LP7	367	3,55395	1,483904	1304,2997	544,5928
LP8	1	3,55395	1,483904	3,5540	1,4839
LP9	202	3,55395	1,483904	717,8979	299,7486
LP10	57	3,55395	1,483904	202,5752	84,5825
LP11	29	3,55395	1,483904	103,0646	43,0332

LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP12	129	3,55395	1,483904	458,4596	191,4236
LP13	102	3,55395	1,483904	362,5029	151,3582
LP14	52	3,55395	1,483904	184,8054	77,1630
LP15	84	3,55395	1,483904	298,5318	124,6479
LP16	175	3,55395	1,483904	621,9413	259,6832
LP17	148	3,55395	1,483904	525,9846	219,6178
LP18	6	3,55395	1,483904	21,3237	8,9034
LP19	62	0,948	0,5190814	58,7760	32,1830
LP20	78	0,948	0,5190814	73,9440	40,4884
LP21	18	0,948	0,5190814	17,0640	9,3435
LP22	85	0,948	0,5190814	80,5800	44,1219
LP23	104	0,948	0,5190814	98,5920	53,9845
LP24	133	0,948	0,5190814	126,0840	69,0378
LP25	1	3,3309	1,3907724	3,3309	1,3908
LP26	45	3,3309	1,3907724	149,8905	62,5848
LP27	109	3,3309	1,3907724	363,0681	151,5942
LP28	295	3,3309	1,3907724	982,6155	410,2779
LP29	47	3,3309	1,3907724	156,5523	65,3663
LP30	147	3,3309	1,3907724	489,6423	204,4435
LP31	120	3,3309	1,3907724	399,7080	166,8927
LP32	156	3,3309	1,3907724	519,6204	216,9605
LP33	66	3,3309	1,3907724	219,8394	91,7910
LP34	141	3,3309	1,3907724	469,6569	196,0989
LP35	83	3,3309	1,3907724	276,4647	115,4341
LP36	39	3,3309	1,3907724	129,9051	54,2401
LP37	96	3,3309	1,3907724	319,7664	133,5142
LP38	119	3,3309	1,3907724	396,3771	165,5019
LP39	149	3,3309	1,3907724	496,3041	207,2251
	3528			10886,8972	4604,8406
				3,0859	1,3052
				SAIDI	CAIDI

Perhitungan *Perfect Switching* Penyulang Statistik

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L1	0,52	0,2	0,03	0,1040	0,0156
L2	0,24	0,2	0,03	0,0480	0,0072
L3	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L4	0,4	0,2	0,03	0,0800	0,012
L5	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L6	0,24	0,2	0,03	0,0480	0,0072
L7	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L8	0,28	0,2	0,03	0,0560	0,0084
L9	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L10	0,09	0,2	0,03	0,0180	0,0027
L11	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048
L12	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L13	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L14	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L15	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L16	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L17	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L18	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L19	0,2	0,2	0,03	0,0400	0,006
L20	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L21	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L22	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L23	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L24	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L25	0,2	0,2	0,03	0,0400	0,006
L26	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L27	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L28	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048
L29	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L30	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L31	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L32	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L33	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L34	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L35	0,64	0,2	0,03	0,1280	0,0192
L36	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L37	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L38	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L39	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L40	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L41	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L42	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048
L43	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L44	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L45	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L46	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048
L47	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L48	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L49	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L50	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L51	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L52	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L53	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L54	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L55	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L56	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L57	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L58	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L59	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L60	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary $\lambda$ (fault/yr)
L61	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L62	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L63	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048
L64	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L65	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L66	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L67	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L68	0,24	0,2	0,03	0,0480	0,0072
L69	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L70	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L71	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L72	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L73	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L74	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L75	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L76	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L77	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L78	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L79	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L80	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L81	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L82	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L83	0,36	0,2	0,03	0,0720	0,0108
L84	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L85	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L86	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048
L87	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L88	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L89	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L90	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L91	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048



Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L92	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L93	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L94	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048
L95	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L96	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L97	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048
L98	0,2	0,2	0,03	0,0400	0,006
L99	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L100	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L101	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L102	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L103	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L104	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L105	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048
L106	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048
L107	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L108	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L109	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L110	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L111	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048
L112	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L113	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L114	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L115	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L116	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L117	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L118	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L119	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L120	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L121	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L122	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L123	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L124	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L125	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L126	0,08	0,2	0,03	0,0160	0,0024
L127	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L128	0,28	0,2	0,03	0,0560	0,0084
L129	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L130	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048
L131	0,24	0,2	0,03	0,0480	0,0072
L132	0,24	0,2	0,03	0,0480	0,0072
L133	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048
L134	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L135	0,2	0,2	0,03	0,0400	0,006
L136	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L137	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L138	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048
L139	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L140	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048
L141	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L142	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L143	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L144	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L145	0,12	0,2	0,03	0,0240	0,0036
L146	0,16	0,2	0,03	0,0320	0,0048
L147	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
L148	0,04	0,2	0,03	0,0080	0,0012
				2,9060	0,4359
				SAIFI	MAIFI

LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP1	540	1,7184	0,5913	927,9360	319,3173
LP2	59	1,7184	0,5913	101,3856	34,8884
LP3	221	1,7184	0,5913	379,7664	130,6836
LP4	250	1,7184	0,5913	429,6000	147,8321
LP5	187	1,7184	0,5913	321,3408	110,5784
LP6	1	1,7184	0,5913	1,7184	0,5913
LP7	171	1,7184	0,5913	293,8464	101,1171
LP8	231	1,7184	0,5913	396,9504	136,5968
LP9	1	1,7184	0,5913	1,7184	0,5913
LP10	18	1,7184	0,5913	30,9312	10,6439
LP11	1	1,7184	0,5913	1,7184	0,5913
LP12	1	1,7184	0,5913	1,7184	0,5913
LP13	1	1,2339	0,4246	1,2339	0,4246
LP14	1	1,2339	0,4246	1,2339	0,4246
LP15	83	1,2339	0,4246	102,4137	35,2422
LP16	65	1,2339	0,4246	80,2035	27,5993
LP17	28	1,2339	0,4246	34,5492	11,8889
LP18	1	1,2339	0,4246	1,2339	0,4246
LP19	1	1,2339	0,4246	1,2339	0,4246
LP20	60	1,2339	0,4246	74,0340	25,4763
LP21	10	1,2339	0,4246	12,3390	4,2460
LP22	1	1,2339	0,4246	1,2339	0,4246
LP23	39	1,2339	0,4246	48,1221	16,5596
LP24	1	1,2339	0,4246	1,2339	0,4246
LP25	1	1,2339	0,4246	1,2339	0,4246
LP26	51	1,2339	0,4246	62,9289	21,6548
LP27	1	1,2339	0,7919	1,2339	0,7919
LP28	1	1,5987	0,5501	1,5987	0,5501
LP29	23	1,5987	0,5501	36,7701	12,6532
LP30	1	1,5987	0,5501	1,5987	0,5501
LP31	1	1,5987	0,5501	1,5987	0,5501
LP32	18	1,5987	0,5501	28,7766	9,9025
LP33	1	1,5987	0,5501	1,5987	0,5501

LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP34	43	1,5987	0,5501	68,7441	23,6559
LP35	3	1,5987	0,5501	4,7961	1,6504
LP36	34	1,5987	0,5501	54,3558	18,7047
LP37	42	1,5987	0,5501	67,1454	23,1058
LP38	1	1,5987	0,5501	1,5987	0,5501
LP39	19	1,5987	0,5501	30,3753	10,4526
LP40	157	1,5987	0,5501	250,9959	86,3716
LP41	69	1,5987	0,5501	110,3103	37,9595
LP42	203	1,5987	0,5501	324,5361	111,6779
LP43	9	1,5987	0,5501	14,3883	4,9512
LP44	68	1,5987	0,5501	108,7116	37,4094
LP45	110	1,5987	0,5501	175,8570	60,5151
LP46	1	1,5987	0,5501	1,5987	0,5501
LP47	1	1,5987	0,5501	1,5987	0,5501
LP48	1	0,5043	0,1735	0,5043	0,1735
LP49	1	0,5043	0,1735	0,5043	0,1735
LP50	103	0,6411	0,2206	66,0333	22,7231
LP51	18	0,6411	0,2206	11,5398	3,9710
LP52	1	0,6411	0,2206	0,6411	0,2206
LP53	1	0,6411	0,2206	0,6411	0,2206
LP54	1	0,6411	0,2206	0,6411	0,2206
LP55	1	0,6411	0,2206	0,6411	0,2206
LP56	2	0,6411	0,2206	1,2822	0,4412
LP57	1	0,7323	0,2520	0,7323	0,2520
LP58	78	0,7323	0,2520	57,1194	19,6557
LP59	36	0,7323	0,2520	26,3628	9,0719
LP60	1	0,7323	0,2520	0,7323	0,2520
LP61	1	0,7323	0,2520	0,7323	0,2520
LP62	1	0,7323	0,2520	0,7323	0,2520
LP63	1	0,7323	0,2520	0,7323	0,2520
LP64	1	0,5043	0,1735	0,5043	0,1735
LP65	2	0,5043	0,1735	1,0086	0,3471
LP66	50	0,5043	0,1735	25,2150	8,6769

LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP67	52	0,5043	0,1735	26,2236	9,0240
LP68	1	0,5955	0,2049	0,5955	0,2049
LP69	1	0,5955	0,2049	0,5955	0,2049
LP70	1	4,6767	1,6093	4,6767	1,6093
LP71	1	4,6767	1,6093	4,6767	1,6093
LP72	1	4,6767	1,6093	4,6767	1,6093
LP73	1	4,6767	1,6093	4,6767	1,6093
LP74	117	4,6767	1,6093	547,1739	188,2911
LP75	5	4,6767	1,6093	23,3835	8,0466
LP76	1	4,6767	1,6093	4,6767	1,6093
LP77	250	4,6767	1,6093	1169,1750	402,3314
LP78	173	4,6767	1,6093	809,0691	278,4133
LP79	113	4,6767	1,6093	528,4671	181,8538
LP80	1	4,6767	1,6093	4,6767	1,6093
LP81	1	4,6767	1,6093	4,6767	1,6093
LP82	25	4,6767	1,6093	116,9175	40,2331
LP83	59	4,6767	1,6093	275,9253	94,9502
LP84	1	4,6767	1,6093	4,6767	1,6093
LP85	59	4,6767	1,6093	275,9253	94,9502
LP86	1	4,6767	1,6093	4,6767	1,6093
	3995			8611,8870	2963,8521
				2,1557	0,7419
				SAIDI	CAIDI

Perhitungan *Imperfect Switching* Penyalang Statistik

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary $\lambda$ (fault/yr)
L1	0,52	0,2	0,03	0,104	0,0156
L2	0,24	0,2	0,03	0,048	0,0072
L3	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L4	0,4	0,2	0,03	0,08	0,012

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L5	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L6	0,24	0,2	0,03	0,048	0,0072
L7	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L8	0,28	0,2	0,03	0,056	0,0084
L9	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L10	0,09	0,2	0,03	0,018	0,0027
L11	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L12	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L13	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L14	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L15	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L16	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L17	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L18	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L19	0,2	0,2	0,03	0,04	0,006
L20	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L21	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L22	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L23	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L24	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L25	0,2	0,2	0,03	0,04	0,006
L26	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L27	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L28	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L29	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L30	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L31	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L32	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L33	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L34	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L35	0,64	0,2	0,03	0,128	0,0192
L36	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L37	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L38	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L39	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L40	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L41	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L42	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L43	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L44	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L45	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L46	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L47	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L48	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L49	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L50	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L51	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L52	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L53	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L54	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L55	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L56	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L57	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L58	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L59	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L60	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L61	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L62	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L63	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L64	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L65	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L66	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L67	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L68	0,24	0,2	0,03	0,048	0,0072
L69	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L70	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L71	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L72	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L73	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L74	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L75	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L76	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L77	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L78	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L79	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L80	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L81	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L82	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L83	0,36	0,2	0,03	0,072	0,0108
L84	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L85	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012



Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L86	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L87	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L88	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L89	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L90	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L91	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L92	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L93	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L94	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L95	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L96	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L97	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L98	0,2	0,2	0,03	0,04	0,006
L99	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L100	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L101	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L102	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L103	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L104	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L105	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L106	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L107	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L108	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L109	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L110	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L111	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L112	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary $\lambda$ (fault/yr)
L113	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L114	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L115	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L116	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L117	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L118	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L119	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L120	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L121	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L122	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L123	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L124	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L125	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L126	0,08	0,2	0,03	0,016	0,0024
L127	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L128	0,28	0,2	0,03	0,056	0,0084
L129	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L130	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L131	0,24	0,2	0,03	0,048	0,0072
L132	0,24	0,2	0,03	0,048	0,0072
L133	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L134	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L135	0,2	0,2	0,03	0,04	0,006
L136	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L137	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L138	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L139	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012

Komponen	L (km)	Sustained $\lambda$ (fault/yr/km)	Momentary $\lambda$ (fault/yr/km)	L x Sustained $\lambda$ (fault/yr)	L x Momentary (fault/yr)
L140	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L141	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L142	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L143	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L144	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L145	0,12	0,2	0,03	0,024	0,0036
L146	0,16	0,2	0,03	0,032	0,0048
L147	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
L148	0,04	0,2	0,03	0,008	0,0012
trafo dist	86	0,005		0,43	
switch	9	0,003		0,027	
cb	1	0,004		0,004	
				3,367	0,4359
				SAIFI	MAIFI

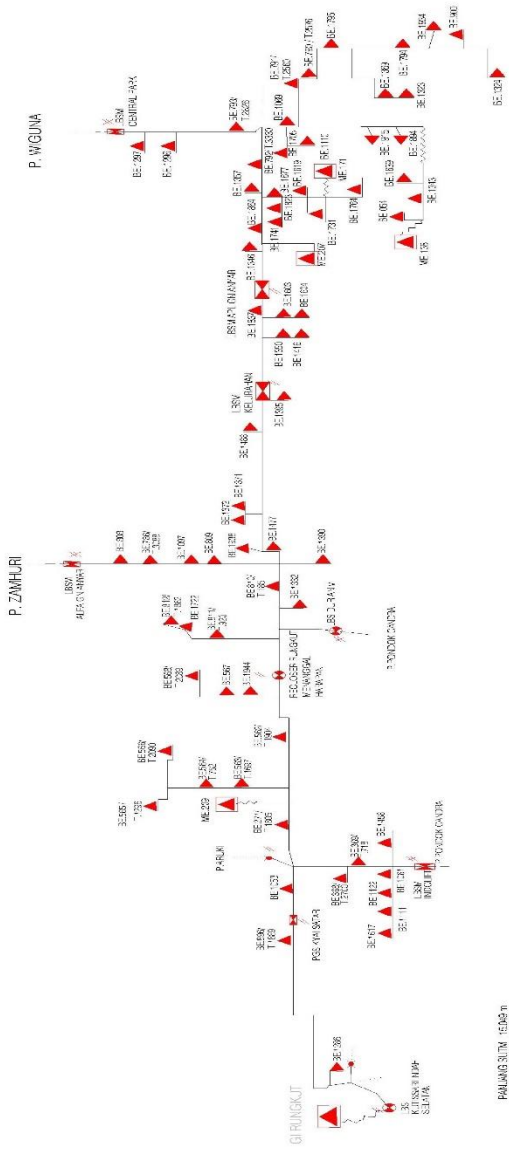
LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP1	540	2,4184	0,8322	1305,9360	449,3930
LP2	59	2,4184	0,8322	142,6856	49,1003
LP3	221	2,4184	0,8322	534,4664	183,9182
LP4	250	2,4184	0,8322	604,6000	208,0523
LP5	187	2,4184	0,8322	452,2408	155,6231
LP6	1	2,4184	0,8322	2,4184	0,8322
LP7	171	2,4184	0,8322	413,5464	142,3078
LP8	231	2,4184	0,8322	558,6504	192,2403
LP9	1	2,4184	0,8322	2,4184	0,8322
LP10	18	2,4184	0,8322	43,5312	14,9798
LP11	1	2,4184	0,8322	2,4184	0,8322
LP12	1	2,4184	0,8322	2,4184	0,8322
LP13	1	2,0439	0,7033	2,0439	0,7033

LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP14	1	2,0439	0,7033	2,0439	0,7033
LP15	83	2,0439	0,7033	169,6437	58,3770
LP16	65	2,0439	0,7033	132,8535	45,7170
LP17	28	2,0439	0,7033	57,2292	19,6935
LP18	1	2,0439	0,7033	2,0439	0,7033
LP19	1	2,0439	0,7033	2,0439	0,7033
LP20	60	2,0439	0,7033	122,6340	42,2003
LP21	10	2,0439	0,7033	20,4390	7,0334
LP22	1	2,0439	0,7033	2,0439	0,7033
LP23	39	2,0439	0,7033	79,7121	27,4302
LP24	1	2,0439	0,7033	2,0439	0,7033
LP25	1	2,0439	0,7033	2,0439	0,7033
LP26	51	2,0439	0,7033	104,2389	35,8702
LP27	1	2,0439	0,7919	2,0439	0,7919
LP28	1	2,6587	0,9149	2,6587	0,9149
LP29	23	2,6587	0,9149	61,1501	21,0427
LP30	1	2,6587	0,9149	2,6587	0,9149
LP31	1	2,6587	0,9149	2,6587	0,9149
LP32	18	2,6587	0,9149	47,8566	16,4682
LP33	1	2,6587	0,9149	2,6587	0,9149
LP34	43	2,6587	0,9149	114,3241	39,3407
LP35	3	2,6587	0,9149	7,9761	2,7447
LP36	34	2,6587	0,9149	90,3958	31,1066
LP37	42	2,6587	0,9149	111,6654	38,4258
LP38	1	2,6587	0,9149	2,6587	0,9149
LP39	19	2,6587	0,9149	50,5153	17,3831
LP40	157	2,6587	0,9149	417,4159	143,6393
LP41	69	2,6587	0,9149	183,4503	63,1281
LP42	203	2,6587	0,9149	539,7161	185,7247
LP43	9	2,6587	0,9149	23,9283	8,2341
LP44	68	2,6587	0,9149	180,7916	62,2132
LP45	110	2,6587	0,9149	292,4570	100,6390
LP46	1	2,6587	0,9149	2,6587	0,9149

LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP47	1	2,6587	0,9149	2,6587	0,9149
LP48	1	0,6643	0,2286	0,6643	0,2286
LP49	1	0,6643	0,2286	0,6643	0,2286
LP50	103	1,5028	0,5171	154,7897	53,2656
LP51	18	1,5028	0,5171	27,0506	9,3085
LP52	1	1,5028	0,5171	1,5028	0,5171
LP53	1	1,5028	0,5171	1,5028	0,5171
LP54	1	1,5028	0,5171	1,5028	0,5171
LP55	1	1,5028	0,5171	1,5028	0,5171
LP56	2	1,5028	0,5171	3,0056	1,0343
LP57	1	1,7166	0,5907	1,7166	0,5907
LP58	78	1,7166	0,5907	133,8945	46,0752
LP59	36	1,7166	0,5907	61,7975	21,2655
LP60	1	1,7166	0,5907	1,7166	0,5907
LP61	1	1,7166	0,5907	1,7166	0,5907
LP62	1	1,7166	0,5907	1,7166	0,5907
LP63	1	1,7166	0,5907	1,7166	0,5907
LP64	1	1,1821	0,4068	1,1821	0,4068
LP65	2	1,1821	0,4068	2,3643	0,8136
LP66	50	1,1821	0,4068	59,1069	20,3396
LP67	52	1,1821	0,4068	61,4712	21,1532
LP68	1	0,7555	0,2600	0,7555	0,2600
LP69	1	0,7555	0,2600	0,7555	0,2600
LP70	1	5,5567	1,9121	5,5567	1,9121
LP71	1	5,5567	1,9121	5,5567	1,9121
LP72	1	5,5567	1,9121	5,5567	1,9121
LP73	1	5,5567	1,9121	5,5567	1,9121
LP74	117	5,5567	1,9121	650,1339	223,7212
LP75	5	5,5567	1,9121	27,7835	9,5607
LP76	1	5,5567	1,9121	5,5567	1,9121
LP77	250	5,5567	1,9121	1389,1750	478,0368
LP78	173	5,5567	1,9121	961,3091	330,8015
LP79	113	5,5567	1,9121	627,9071	216,0726

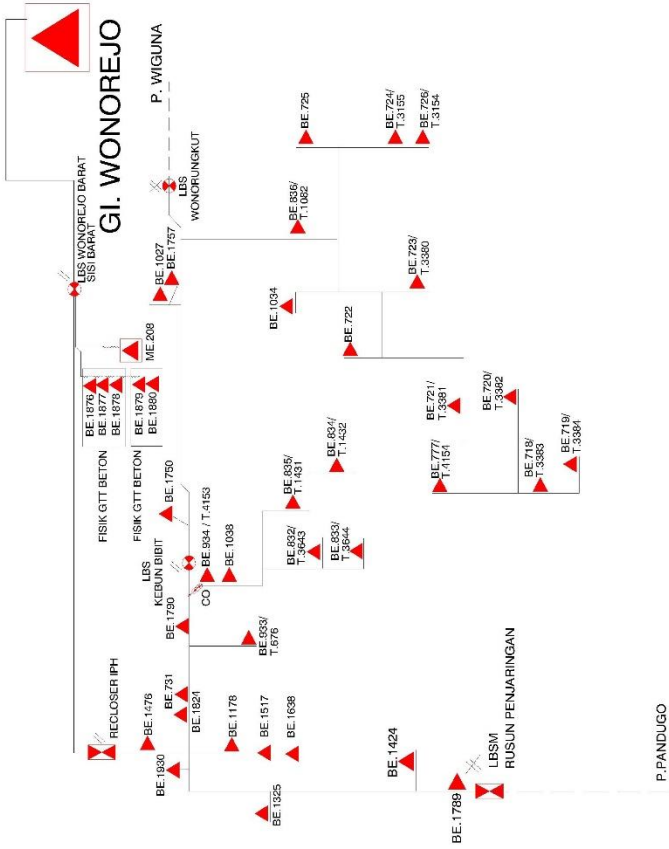
LP	N_LP	U_LP	r_LP	N_LP*U_LP	N_LP*r_LP
LP80	1	5,5567	1,9121	5,5567	1,9121
LP81	1	5,5567	1,9121	5,5567	1,9121
LP82	25	5,5567	1,9121	138,9175	47,8037
LP83	59	5,5567	1,9121	327,8453	112,8167
LP84	1	5,5567	1,9121	5,5567	1,9121
LP85	59	5,5567	1,9121	327,8453	112,8167
LP86	1	5,5567	1,9121	5,5567	1,9121
	3995			11931,7086	4105,9759
				2,9867	1,0278
				SAIDI	CAIDI

GI RUNGKUT TRAFIK IV  
P. BERBEK



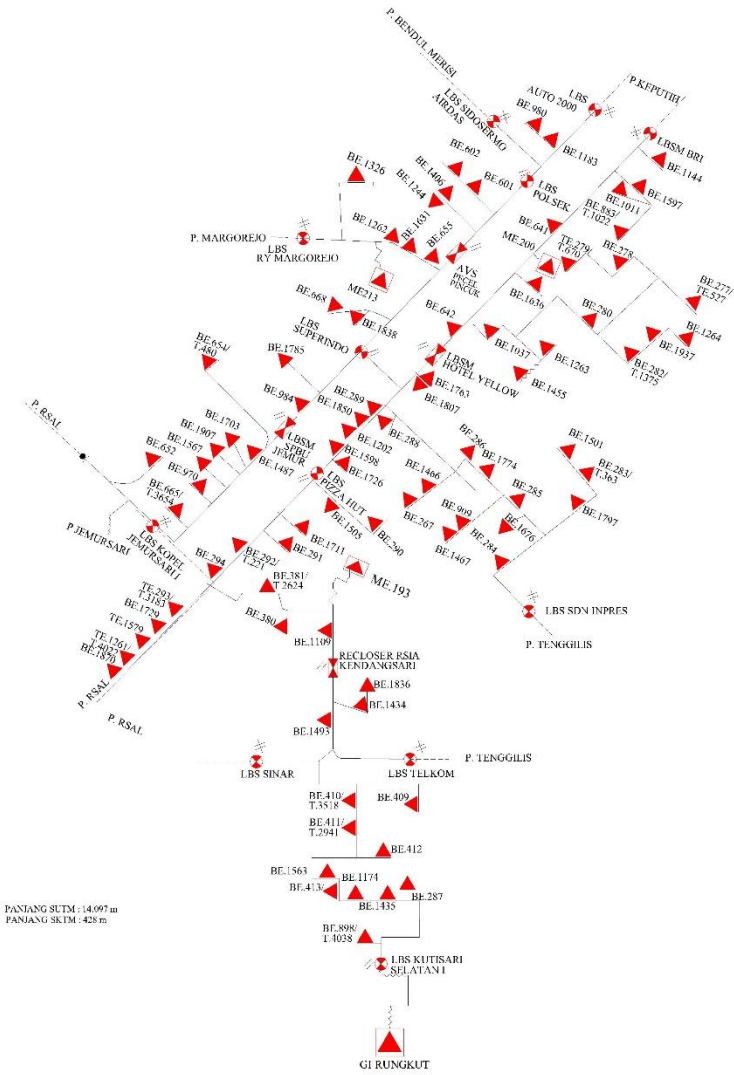
PARLANSIEM 150837  
PAULANISIA 2017

GI. WONOREJO TRAFOLI  
 P. KENDAL SARI  
 RAYON RUNGKUT





## GI RUNGKUT TRAFI I PENYULANG STATISTIK





## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Mojokerto - Jawa Timur pada tanggal 25 November 1996. Anak ke-2 dari tiga bersaudara Saat ini Penulis menyelesaikan pendidikan SMA-nya di SMA Taruna Nusa Harapan Mojokerto di tahun 2014. Kemudian melanjutkan jenjang Pendidikan Sarjana Program Studi Teknik Elektro di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2015 dan mengambil konsentrasi bidang Teknik Sistem Tenaga. Penulis memiliki pengalaman dalam organisasi baik.

Penulis dapat dihubungi melalui *email*: [yonatan.satya96@gmail.com](mailto:yonatan.satya96@gmail.com).