

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV PADA PT.PLN  
(PERSERO) CABANG PAREPARE RANTING BARRU**



**RENALDI**

**10582125313**

**NISWAN**

**10582129313**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**MAKASSAR**

**2017**

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV PADA PT.PLN  
(PERSERO) CABANG PAREPARE RANTING BARRU**

**Skripsi**

Diajukan sebagai salah satu syarat  
Untuk memperoleh gelar sarjana  
Program Studi Teknik Listrik  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik

Disusun dan diajukan oleh

**RENALDI**

**NISWAN**

**10582125313**

**10582129313**

PADA

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**MAKASSAR**

**2017**



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**  
**FAKULTAS TEKNIK**

**GEDUNG MENARA IQRA LT. 3**

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e\_mail: [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
**PENGESAHAN**

Skripsi atas nama **Renaldi** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1253 13 dan **Niswan** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1293 13, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 003/SK-Y/20201/091004/2017, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Kamis tanggal 12 Oktober 2017

Makassar, 27 Muharram 1439 H  
17 Oktober 2017 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

b. Sekretaris : Anugrah, S.T., M.M

3. Anggota : 1. Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

2. Andi Faharuddin, S.T., M.T

3. Suriyani, S.T., M.T

Mengetahui :

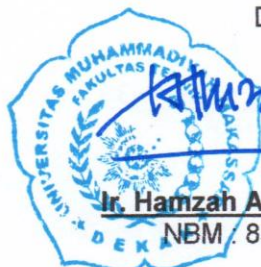
Pembimbing I

Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, M.T

Pembimbing II

Ir. Abd Hafid, M.T

Dekan



Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.

NBM. 855 500



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**  
**FAKULTAS TEKNIK**

**GEDUNG MENARA IQRA LT. 3**

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e\_mail: [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
**HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV PADA PT. PLN (PERSERO) CABANG PAREPARE RANTING BARRU**

Nama : 1. Renaldi  
2. Niswan

Stambuk : 1. 10582 1253 13  
2. 10582 1293 13

Makassar, 17 Oktober 2017

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, M.T

Pembimbing II

Ir. Abd Hafid, M.T

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Elektro



Dr. Umar Katu, S.T., M.T.

NBM : 990 410

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan Akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun Judul tugas akhir kami adalah: "ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20KV PADA PT.PLN (PERSERO) CABANG PAREPARE RANTING BARRU"

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Hamzah Al Imran S.T., M.T. sebagai Dekan Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Umar Katu S.T.,M.T. sebagai Ketua Jurusan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

3. Ibu Dr. Ir. H. Hafsah Nirwana, M.T. selaku Pembimbing I dan Bapak Ir. Abd. Hafid, M.T. selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu dalam membimbing kami.
4. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbananya terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhusus Angkatan 2013 yang dengan keakraban dan persaudaraannya banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin.

Makassar, 2017

Penulis

Renaldi<sup>1</sup>, Niswan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email: [enal\\_r@mail.com](mailto:enal_r@mail.com)

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email: [nizwaniwan@gmail.com](mailto:nizwaniwan@gmail.com)

## ABSTRAK

Abstrak; Renaldi dan Niswan; (2017) Pada tugas akhir ini, dilakukan analisis keandalan sistem distribusi 20 kV pada Penyulang. Tujuan yang ingin dicapai pada tugas akhir ini adalah sebagai evaluasi dalam memperbaiki kinerja peralatan yang ada pada Penyulang. Metode yang digunakan antara lain pengumpulan data, pengolahan data, serta menganalisis keandalan sistem distribusi 20 kV. Hasil yang didapat adalah nilai indeks keandalan penyulang berupa indeks SAIFI=0,7831, SAIDI=3,3295, CAIDI=3,9962, dan ASAI=99,9963% dimana PT.PLN yang akan menuju *World Class Service* (WCS) memiliki nilai indeks keandalan untuk SAIFI=1.2 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI = 0.83 jam/pelanggan/tahun. Sehingga perlunya ditingkatkan nilai keandalannya dengan cara mengurangi frekuensi terjadinya gangguan dan dilakukan pemeliharaan jaringan secara berkala.

Kata kunci: Keandalan, Sistem Distribusi, Indek Keandalan.

**DAFTAR ISI**

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penulisan	5
D. Manfaat Penulisan	6
E. Batasan Masalah	5
F. Sistematika Penulisan	6
<b>BAB II TINJUAN PUSTAKA</b>	



A. Definisi konsep dasar keandalan	8
B. Keandalan sistem distribusi	14
C. Sistem jaringan distribusi	16
D. Gangguan pada sistem distribusi	22
E. Pengaman atau <i>proteksi</i> SUTM	23
F. Indeks keandalan distribusi	26
G. FMEA ( <i>failure modes and effects analysis</i> )	27
H. Konsep pendekatan FMEA	28
I. Standar nilai indeks keandalan	33

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis penelitian	34
B. Waktu dan tempat penelitian	34
C. Alat yang dipergunakan	34
D. Teknik pengumpulan data	35
E. Objek penelitian	35
F. Teknik analisis data	35
G. Langkah penelitian analisis keandalan distribusi 20kV	38

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan indeks keandalan	39
1. Indeks keandalan dasar	39
2. Indeks keandalan sistem	42
B. Pembahasan	74

1. Analisis hasil perhitungan	74
2. Jenis gangguan sistem distribusi	76
3. Sosulsi untuk memperbaiki indeks keandalan	78

## BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	80
B. Saran	81
Daftar pustaka	83
Lampiran	85

**DAFTAR GAMBAR**

Nomor	halaman
Gambar 2.1 Kurva kegagalan terhadap waktu	13
Gambar 2.2 Proses penyediaan tenaga listrik bagi para konsumen	18
Gambar 2.3 Pola jarngan distribusi radial	20
Gambar 2.4 Jaringan distribusi primer system ring	21
Gambar 2.5 Penggunaan lighting arrester dan LBS remote	25
Gambar 2.6 Recloser control (open / close position)	25
Gambar 2.7 Blok diagram FMEA	29
Gambar 2.8 Kerangka konsep metode FMEA	33
Gambar 4.1 Indeks keandalan dasar bulan januari 2016	51
Gambar 4.2 Indeks keandalan dasar bulan february 2016	53
Gambar 4.3 Indeks keandalan dasar bulan maret 2016	55
Gambar 4.4 Indeks keandalan dasar bulan april 2016	57
Gambar 4.5 Indeks keandalan dasar bulan mei 2016	59
Gambar 4.6 Indeks keandalan dasar bulan juni 2016	61
Gambar 4.7 Indeks keandalan dasar bulan juli 2016	63

Gambar 4.8 Indeks keandalan dasar bulan agustus 2016	65
Gambar 4.9 Indeks keandalan dasar bulan september 2016	67
Gambar 4.10 Indeks keandalan dasar bulan oktober 2016	69
Gambar 4.11 Indeks keandalan dasar bulan november 2016	71
Gambar 4.12 Indeks keandalan dasar bulan desember 2016	73

**DAFTAR TABEL**

Nomor	halaman
Tabel 2.1 Standar Indeks Keandalan SPLN 68 - 2 : 1986	33
Tabel 2.2 Standar Indeks Keandalan IEEE std 1366-2003	33
Tabel 4.1 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi bulan januari	50
Tabel 4.2 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi bulan februari	52
Tabel 4.3 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi bulan maret	54
Tabel 4.4 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi bulan april	56
Tabel 4.5 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi bulan mei	57
Tabel 4.6 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi bulan juni	59
Tabel 4.7 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi bulan juli	61
Tabel 4.8 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi bulan agustus	63
Tabel 4.9 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi bulan september	65
Tabel 4.10 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi bulan oktober	67
Tabel 4.11 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi bulan november	69
Tabel 4.12 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi bulan desember	71
Tabel 4.13 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi selama tahun 2016/2017	73
Tabel 4.14 Penyebab gangguan dan jumlah gangguan	77

**DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH**

Notasi	Defenisi dan keterangan
$\lambda$	Laju kegagalan rata-rata
r	Laju pemadaman rata-rata gangguan
U	Lama pemadaman rata-rata tahunan
$\lambda_i$	Indeks kegagalan rata-rata pertahun
N <sub>i</sub>	Jumlah konsumen padam
N	Jumlah total konsumen
U <sub>i</sub>	Durasi pemadaman rata-rata pertahun

## DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan
JTM	Jaringan tegangan menengah
GI	Gardu induk
TM	Tegangan menengah
GD	Gardu distribusi
TR	Tegangan rendah
JTR	Jaringan tegangan menengah
kV	kiloVolt
SUTM	Saluran udara tegangan menengah
CO	<i>Cut out</i>
LBS	<i>Load breake switch</i>
LA	<i>Ligthing arrester</i>
DS	<i>Disconnecting switch</i>
FMEA	<i>Failure modes and effects analysis</i>
SAIFI	<i>System average interruption frequency index</i>
SAIDI	<i>System average interruption duration index</i>
CAIDI	<i>Costumer average interruption duration index</i>
ASAI	<i>Average service availability index</i>
IEEE	<i>Institute of electrical and electronics engineers</i>

WCS	world class service
kl	kali
hr	hari
mnt	menit
ggn	gangguan
jm	jam
plggn	pelanggan
th	tahun



**DAFTAR LAMPIRAN**

Nomor	halaman
1. Laporan gangguan penyulang JTM	86
2. Single line sistem distribusi 20kV PLN Barru	87

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Sistem jaringan terdiri dari unit pembangkit dan unit penyalur berupa perlengkapan tenaga listrik yang terpasang pada gardu-gardu, baik itu gardu induk maupun gardu distribusi yang dioperasikan secara otomatis dan manual. Kegiatannya mencakup pengaturan, pembagian, pemindahan, dan penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkit kepada konsumen dengan efektif serta menjamin kelangsungan penyaluran dan pelayanannya.

Kebutuhan akan energi listrik selama ini selalu meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Perkembangan permintaan energi listrik tersebut perlu diimbangi dengan peningkatan pembangkit energi listrik dan kemampuan infrastruktur yang ada, sehingga penyaluran energi listrik ke konsumen berjalan lancar dengan kualitas penyaluran energi listrik yang memenuhi standar.

Distribusi sistem tenaga adalah bagian dari sistem tenaga yang mendistribusikan tenaga listrik dari penyedia ke pelanggan, mutu kontinuitas dan ketersediaan pelayanan daya listrik pada pelanggan adalah persoalan yang cukup mendasar di dalam distribusi sistem tenaga. Dengan semakin berkembangnya tingkat kebutuhan masyarakat, dituntut keandalan dan kontinuitas distribusi tenaga listrik yang tinggi gangguan dan kegagalan dari peralatan-peralatan listrik jaringan

distribusi 20 kV, akan menyebabkan terganggunya penyediaan tenaga listrik yang dapat menyebabkan perusahaan penyedia maupun penyalur tenaga listrik dan konsumen mengalami kerugian.

Gangguan-gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi Kota Barru khususnya pada gardu induk dan gardu distribusi banyak berupa gangguan permanen, gangguan temporer, sampai dengan *black out* (BO), yang menyebabkan kontinuitas pelayanan saluran terganggu sampai gangguan tersebut dipulihkan.

Sistem distribusi tenaga listrik ditunjang oleh perlengkapan-perlengkapan distribusi yang memadai. Pada kondisi normal sistem distribusi teraliri oleh arus maupun tegangan kerja sehingga mempengaruhi kinerja perlengkapan yang ada. Peralatan distribusi tersebut merupakan peralatan yang sensitip terhadap gangguan-gangguan baik yang berasal dari faktor internal alat tersebut maupun dari external alat tersebut.

Ada beberapa penyebab kegagalan operasi yaitu: kelalaian manusia, perawatan yang buruk, kesalahan dalam penggunaan, kurangnya perlindungan terhadap tekanan lingkungan yang berlebihan. Teknik keandalan bertujuan untuk mempelajari konsep, karakteristik, pengukuran, analisis kegagalan, dan perbaikan sistem sehingga menambah waktu ketersediaan operasi sistem dengan cara mengurangi kemungkinan kegagalan.

Analisis terhadap keandalan sistem distribusi 20 kV telah banyak dilakukan oleh para peneliti dengan metode yang beragam dalam melakukan analisis lebih menarik dan dapat memberikan pengertian yang mendalam tentang permasalahan ini.

Manuaba dkk. (2004) menggunakan metode *Simulasi Monte Carlo* (SMC). Metode ini adalah suatu prosedur simulasi untuk memperoleh indeks keandalan dengan memakai bilangan acak. SMC disimulasikan melalui program yang dibangun dalam Bahasa Pemrograman Matlab v6.1.

Sukerayasa dan Musthopa. (2008) meneliti dengan menggunakan Metode Reliability-Network-Equivalent Approach (RNEA) digunakan untuk menganalisis keandalan sistem distribusi yang besar dan kompleks, dengan pendekatan elemen ekuivalen. Rangkaian ekuivalen digunakan untuk mengganti bagian jaringan distribusi dan menyusun kembali system distribusi kedalam bentuk seri dan sederhana. Metode RNEA menggunakan proses berulang dan berurutan untuk mengevaluasi indeks keandalan per titik beban (*load point*).

Hartati dkk. (2007) meneliti keandalan distribusi 20 kV dengan metode penentuan angka keluar peralatan keandalan yang digunakan adalah laju kegagalan rata-rata/angka keluar peralatan (A), waktu keluaran rata-rata (r), dan ketidaktersediaan tahunan rata-rata atau waktu keluar tahunan rata-rata (U). Dimana perhitungan ini memfokuskan pada angka keluar peralatan (A) setelah dipisahkan antara AAACOC (*All Aluminium Alloy Conductor Cable*) and MVTIC (*Medium Voltage Twisted Insulated Cable*).

Sukerayasa (2007) menggunakan pendekatan konfigurasi radial dan spindle. Metode ini dibahas keandalan penyulang dengan konfigurasi yang radial, dan bagaimana peningkatan keandalannya kalau penyulang ini konfigurasinya di ubah menjadi spindle.

Oleh sebab itu PLN berusaha memenuhi permintaan daya yang meningkat dan juga memperbaiki mutu keandalan pelayanan sehingga suplai daya listrik dan kontinuitas dari supply daya listrik tetap terjaga. Indeks keandalan dari peralatan distribusi listrik antara lain tergantung dari frekuensi pemadaman atau SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) yang terjadi tiap tahun, lamanya pemadaman atau SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), CAIDI (*Customer Average Interruption Frequency Index*). Dengan indeks keandalan ini, maka tingkat keandalan suplai tenaga listrik dari transmisi ke konsumen dapat termonitor secara sistematis dan akurat.

Dalam penelitian ini menggunakan metode FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*) untuk menentukan indeks keandalan distribusi 20 kV dengan di dasarkan pada suatu kegagalan dari suatu peralatan yang mempengaruhi operasi kinerja sistem.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian ini adalah :

1. Membandingkan antara nilai hasil perhitungan yang diperoleh dengan target atau standar dari PT.PLN dan standar dari IEEE (*Institute Of Electrical And Electronics Engineers*)?
2. Seberapa andal pelayanan distribusi PT.PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting Barru

3. Bagaimana solusi yang paling tepat dalam meningkatkan keandalan PT.PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting Barru.

### **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Untuk membandingkan antara nilai hasil perhitungan yang diperoleh dengan target atau standar dari PT.PLN dan standar dari IEEE (*Institute Of Electrical And Electronics Engineers*)
2. Untuk mengetahui seberapa andal pelayanan distribusi PT.PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting Barru.
3. Untuk memperoleh solusi yang paling tepat untuk memperbaiki tingkat keandalan PT.PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting Barru.

### **D. Manfaat Penulisan**

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai bahan masukan bagi PT.PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting Barru dalam mengetahui indeks keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV sehingga dapat memberikan solusi terhadap permasalahan di atas.
2. Sebagai referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

## E. Batasan Masalah

Penelitian ini membahas tentang penentuan indeks keandalan sistem distribusi 20 kV dengan Metode FMEA (*Failure Modes And Effects Analysis*) mempunyai ruang lingkup dan batasan penelitian sebagai berikut :

1. Analisis hanya pada jaringan distribusi 20 kV dengan membatasi objek penelitian pada PT.PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting Barru.
2. Penentuan Indeks keandalan hanya dibahas pada sisi PLN dengan mengacu pada data konsumen dan data gangguan permanen yang terjadi serta menghitung SAIFI, SAIDI, CAIDI, dan ASAI di PT.PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting Barru pada jaringan distribusi 20 kV

## F. Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan gambaran umum isi tulisan, penulis membuat sistematika penulisan sebagai berikut:

- Bab I **Pendahuluan** mencakup pembahasan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, batasan masalah, metode penulisan, dan sistematika penulisan.
- Bab II **Tinjauan Pustaka** mencakup konsep dasar keandalan, laju kegagalan, sistem jaringan distribusi distribusi, gangguan jaringan distribusi, pengaman SUTM, FMEA (*failure modes and effects analysis*), kerangka konsep metode FMEA.

Bab III **Metodelogi Penelitian** mencakup, jenis penelitian, waktu dan tempat penelitian keandalan distribusi 20kV, alat yang dipergunakan dalam penelitian, teknik pengumpulan data, objek penelitian, teknik analisis data yang dipergunakan.

Bab IV **Hasil Dan Pembahasan** mencakup proses analisis dari data yang didapatkan dalam penelitian dan mengolah dengan perhitungan indeks keadalan dasar serta dilanjutkan ke indeks keandalan system

Bab V **Penutup** mencakup kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian, serta harapan yang ditunjukkan oleh pembaca atau penulis.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Definisi konsep dasar keandalan**

##### 1. Definisi

Setiap benda dapat mengalami kegagalan operasi. Beberapa penyebab kegagalan operasi ini adalah: kelalaian manusia, perawatan yang buruk, kesalahan dalam penggunaan, kurangnya perlindungan terhadap tekanan yang berlebihan. Akibat yang di timbulkan dari kegagalan proses dalam sistem ini bervariasi dari ketidaknyamanan pengguna hingga kerugian biaya ekonomis yang cukup tinggi bahkan timbulnya korban jiwa manusia.

Teknik keandalan bertujuan mempelajari konsep, karakteristik, pengukuran, analisis kegagalan dan perbaikan sistem sehingga menambah waktu ketersediaan operasi sistem sehingga menambah waktu ketersediaan operasi sistem dengan cara mengurangi kemungkinan kegagalan (Ebeling 1997).

Definisi klasik dari keandalan adalah peluang berfungsinya suatu alat atau sistem secara memuaskan pada keandalan tertentu dan dalam periode waktu tertentu pula. Dalam pengertian ini, tidak hanya peluang dari kegagalan tetapi juga banyaknya, lamanya dan frekuensinya juga penting. Kemungkinan atau tingkat kepastian sedemikian itu tidak dapat diduga dengan pasti, tetapi dapat dianalisa atas dasar logika dan ilmiah.

Ada beberapa definisi mengenai keandalan yaitu:

1. Keandalan sebagai kemungkinan dari satu atau kumpulan benda akan memuaskan kerja pada keadaan tertentu dalam periode dalam periode waktu yang di tentukan.
2. Keandalan yaitu kemampuan dari sistem pengiriman kekuatan untuk membuat tegangan listrik yang siap secara terus menerus dan cukup dengan mutu kepuasan, untuk memenuhi kebutuhannya konsumen.
3. Keandalan adalah suatu istilah statistik yang pada umumnya didefinisikan sebagai probabilitas bahwa selama suatu jangka waktu tertentu dalam kondisi yang telah di tetapkan, sebuah peralatan atau suatu sistem akan bekerja dengan cara yang dapat di terima.

Secara umum keandalan didefinisikan sebagai kemungkinan dari suatu sistem yang mampu bekerja sesuai dengan kondisi operasi tertentu dalam jangka yang di tentukan, dengan kata lain keandalan disebut juga dengan kecukupan atau ketersediaan (*availibility*). Keandalan memiliki sifat *non deterministic* (tidak terjadi secara kebetulan) tapi sesuatu yang bersifat acak, tidak pasti, namun dapat dianalisa besar potensinya dengan teori probabilitas dalam mendefinisikan keandlan terhadap gangguan terdapat 4 faktor yang memegang peran penting yaitu:

- a. Probabilitas

Peluang atau probabilitas dipergunakan untuk menentukan secara kuantitatif dari suatu keandalan. Kegagalan atau kesuksesan dari suatu peralatan merupakan sesuatu yang acak yang dapat ditentukan dari *history* peralatan tersebut pada masa

lalu. Angka yang menyatakan berapa kali gangguan terjadi dalam waktu tertentu pada suatu sistem atau saluran.

b. Unjuk kerja (*performance*)

Unjuk kerja atau *performance* dari suatu peralatan merupakan kriteria kegagalan dari suatu peralatan dalam melakukan tugasnya. Hal ini menunjukkan kriteria kontinuitas suatu saluran sistem penyaluran tenaga listrik tanpa mengalami gangguan.

c. Priode waktu

Priode waktu adalah lama suatu saluran bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya semakin lama saluran diganggu, maka akan semakin banyak kemungkinan terjadinya kegagalan.

d. Kondisi operasi

Kondisi operasi yang dimaksud disini adalah keadaan lingkungan kerja dari suatu jaringan seperti pengaruh suhu, kelembaban udara dan getaran yang mempengaruhi kondisi operasi.

Di dalam pengoprasian distribusi selalu di inginkan tercapainya hal-hal sebagai berikut:

1. Cara penanganan gangguan secepat mungkin
2. Keandalan cukup baik dalam arti
  - a. Kontinuitas cukup baik
  - b. Bila terjadi gangguan maka daerah yang mengalami pemadaman dapat diminimalisir
  - c. Tegangan sumber cukup baik

d. Losses tidak terlalu besar

Tetapi untuk mencapai semuanya itu tergantung dari sistem dan tipe peralatan pengaman yang diterapkan. Sistem pengaman bertujuan untuk mencegah atau membatasi kerusakan pada jaringan beserta peralatannya yang disebabkan karena adanya gangguan serta meningkatkan kontinuitas pelayanan pada konsumen dan menjaga keselamatan umum

Keandalan sebuah komponen atau sistem adalah peluang komponen atau sistem tersebut untuk memenuhi tugas yang telah ditetapkan tanpa mengalami kegagalan selama kurun waktu tertentu apabila dioperasikan dengan benar dalam lingkungan tertentu.

Keandalan merupakan probabilitas suatu alat (*device*) untuk dapat berfungsi sesuai dengan fungsi yang diinginkan selama jangka waktu yang telah ditetapkan. Analisa bentuk kegagalan merupakan suatu analisa bagian dari sistem atau peralatan yang dapat gagal, bentuk kegagalan yang mungkin, efek masing-masing, bentuk kegagalan dari sistem yang kompleks. Keandalan menyatakan kemungkinan bekerjanya suatu peralatan atau sistem sesuai dengan fungsinya untuk suatu selang waktu tertentu dan kondisi tertentu dengan demikian keandalan dapat digunakan untuk membandingkan suatu peralatan atau sistem dengan peralatan atau sistem yang lain.

## 2. Konsep dasar keandalan

Dalam membicarakan keandalan terlebih dahulu harus diketahui kesalahan atau gangguan yang menyebabkan kegagalan peralatan untuk bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Adapun konsep keandalan meliputi:

### a. Kegagalan

Kegagalan berakhirnya kemampuan suatu peralatan untuk melaksanakan suatu fungsi yang diperlukan.

### b. Penyebab kegagalan

Keadaan lingkungan, pembuatan yang akan menuntun kepada kegagalan

### c. Mode kegagalan

Akibat yang diamati kegagalan, misalnya suatu keadaan rangkaian terbuka atau hubung singkat

### d. Mekanisme kegagalan

Proses fisik kimia atau proses lain yang menghasilkan kegagalan. Kata kegagalan adalah istilah dasar yang menunjukkan berakhirnya untuk kerja yang diperlukan hal ini berlaku untuk peralatan bagian-bagiannya dalam segala lingkungan gangguan listrik dalam jaringan sistem distribusi dinyatakan sebagai kerusakan dari peralatan yang mengakibatkan sebagian atau seluruh pelayanan listrik terganggu. Besar yang dapat digunakan untuk menentukan nilai keandalan suatu peralatan listrik adalah besarnya suatu laju kegagalan atau kecepatan kegagalan (*failure rate*) yang dinyatakan.

### 3. Laju kegagalan

Laju kegagalan adalah nilai rata-rata dari jumlah kesalahan per satuan waktu pada selang waktu pengamatan waktu tertentu, dan dinyatakan dalam satu kegagalan pertahun.

Pada suatu pengamatan, nilai laju kegagalan dinyatakan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{d}{T}$$

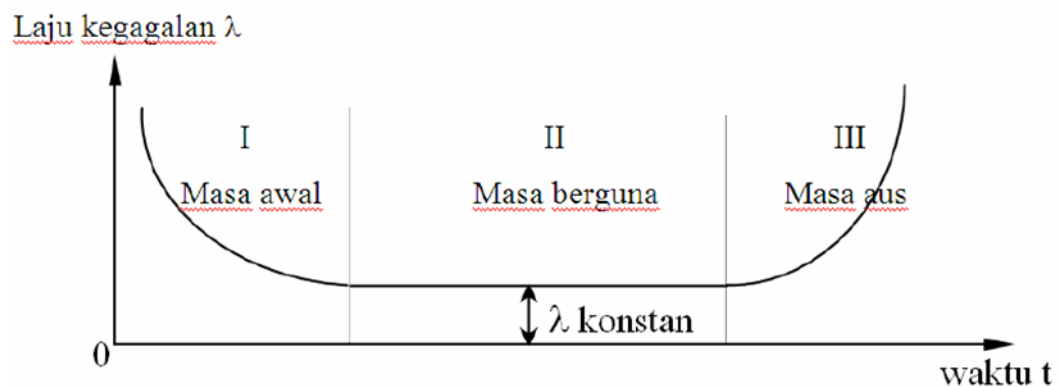
Keterangan:

$\lambda$  = Laju kegagalan (kegagalan/tahun)

$d$  = Banyaknya kegagalan yang terjadi pada waktu  $T$

$T$  = Selang waktu pengamatan (tahun)

Nilai laju kegagalan akan berubah sesuai dengan umur dari sistem atau peralatan listrik selama beroperasi, grafik antara laju kegagalan dengan laju kegagalan dengan unsur suatu sistem atau peralatan listrik secara ideal, dapat di lihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Laju kegagalan terhadap waktu

Dari gambar diatas terdapat tiga macam daerah kegagalan

a. Daerah kegagalan awal

Periode mulai pada waktu yang ditentukan sebelumnya dimana angka kegagalan berkurang secara tetap dibandingkan periode berikutnya. Pada daerah kegagalan awal ini, kegagalan dapat disebabkan oleh karena kesalahan pada perencanaan dan pemasangan perancangan peralatan listrik. nilai laju kegagalan daerah pada daerah ini sangat besar dan akan semakin mengecil dengan bertambahnya waktu.

b. Daerah kegagalan normal

Periode dimana kegagalan terjadi pada angka kecepatan yang hampir sama yang mendekati daerah kegagalan normal ini, laju kegagalan dapat dianggap konstan. Hal ini disebabkan oleh karena sistem suatu peralatan listrik sudah beroperasi dengan stabil sehingga memungkinkan terjadinya kegagalan pada setiap waktu adalah sama. Karena sistem atau peralatan listrik bekerja pada daerah ini.

c. Daerah kegagalan akhir

Periode dimana kegagalan terjadi pada angka kegagalan bertambah secara cepat dibanding dengan periode sebelumnya. Pada daerah kegagalan akhir ini, laju kegagalan semakin besar dengan bertambahnya waktu, hal ini disebabkan oleh karena dengan semakin tuanya peralatan listrik, maka kegagalan yang terjadi akan semakin banyak.

## B. Keandalan sistem distribusi

Keandalan dalam sistem distribusi adalah suatu ukuran ketersediaan atau tingkat pelayanan pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem pemakaian. Ukuran keandalan dapat dinyatakan seberapa sering sistem pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi (*restoration*).

Sistem yang mempunyai keandalan tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem mempunyai keandalan rendah bila tingkat ketersediaan rendah yaitu sering padam

Adapun macam-macam tingkatan keandalan dan pelayanan dapat dibedakan menjadi tiga antara lain:

### 1. Keandalan sistem yang tinggi (*high reliability system*)

Pada kondisi normal, sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik. dan dalam keadaan darurat bila terjadi gangguan pada jaringan, maka sistem ini tentu saja diperlukan beberapa peralatan dan pengamatan yang cukup banyak untuk menghindarkan adanya berbagai macam gangguan pada sistem.

### 2. Keandalan sistem yang menengah (*medium reliability system*)

Pada kondisi normal sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik dan dalam keadaan darurat bila terjadi gangguan pada jaringan maka sistem tersebut masih bisa



melayani sebagian beban meskipun dalam kondisi beban puncak, jadi dalam sistem ini diperlukan yang cukup banyak untuk mengatasi serta menanggulangi gangguan-gangguan tersebut.

### 3. Keandalan sistem yang rendah (*low reliability system*)

Pada kondisi normal, sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik dan dalam keadaan darurat bila terjadi gangguan pada jaringan maka sistem tersebut masih bisa melayani sebagian dari beban meskipun dalam kondisi beban puncak, jadi dalam sistem ini diperlukan peralatan yang cukup banyak untuk mengatasi serta menanggulangi gangguan-gangguan.

Kontinuitas pelayanan penyaluran jaringan distribusi tergantung pada jenis dan macam sarana penyalur dan peralatan pengaman, dimana sarana penyalur jaringan distribusi mempunyai tingkat kontinuitas yang tergantung pada susunan saluran dan cara pengaturannya pada hakikatnya direncanakan yang dipilih untuk memenuhi kebutuhan dan sifat-sifat beban. Tingkat kontinuitas pelayanan dari sarana penyalur disusun berdasarkan lamanya upaya menghidupkan kembali suplai setelah pemutus karena gangguan.

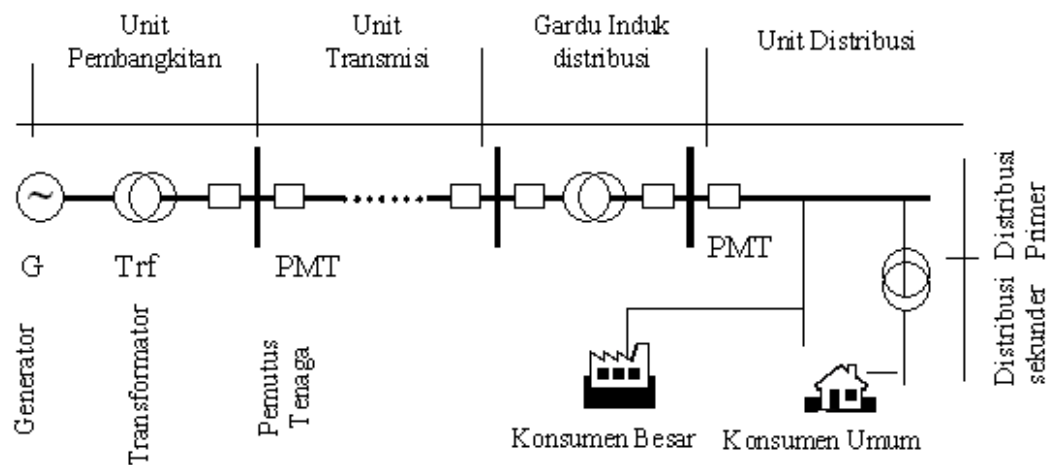
## **C. Sistem jaringan distribusi**

Sistem jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik secara keseluruhan, sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya besar (*bulk power source*) sampai ke konsumen.

Pada umumnya sistem distribusi tenaga listrik di Indonesia terdiri atas beberapa bagian, sebagai berikut:

1. Gardu induk (GI)
2. Saluran tegangan menengah (TM) distribusi primer
3. Gardu distribusi (GD)
4. Saluran tegangan rendah (TR)

Sistem jaringan distribusi tenaga listrik adalah penyaluran energi listrik dari pembangkit tenaga listrik (*power station*) hingga sampai kepada konsumen (pemakai) pada tingkat tegangan yang diperlukan. Jaringan distribusi terdiri atas dua bagian, yang pertama adalah jaringan udara tegangan menengah primer (JUTM), yang menggunakan tiga kawat atau empat kawat untuk tiga fasa. Jaringan primer berada antara gardu induk dan transformator distribusi. Jaringan yang kedua adalah jaringan tegangan rendah (JTR) dengan 380/220 Volt, dimana sebelumnya tegangan tersebut ditransformasikan oleh transformator distribusi 20 kV menjadi 380/220 Volt, jaringan ini dikenal dengan jaringan distribusi sekunder. Jaringan ini terletak antara transformator distribusi dan sambungan pelayanan (beban) menggunakan penghantar udara terbuka atau kabel dengan sistem tiga fasa empat kawat (tiga kawat fasa dan satu kawat netral). Dapat kita lihat pada gambar di bawah ini proses penyediaan tenaga listrik bagi para konsumen.



Gambar 2.2 : Proses penyediaan tenaga listrik bagi para konsumen

### 1. Gardu induk atau gardu induk distribusi

Gardu ini berisikan ujung-ujung dari saluran transmisi atau sub transmisi, transformator, peralatan proteksi, peralatan kontrol dan pangkal saluran distribusi. Gardu induk memberikan suplay tenaga listrik ke jaringan distribusi. Tegangan yang disuplay gardu induk adalah berupa tegangan menengah karna pada gardu induk, tegangan tinggi yang diterima diturunkan terlebih dahulu ketegangan menengah sebelum disalurkan ke beban menengah disalurkan ke daerah beban yang dikehendaki secara lebih rinci, gardu induk berfungsi sebagai :

- a. Mentransformasikan tenaga listrik dari tegangan tinggi lainnya atau tegangan menengah
- b. Pengukuran pengawasan operasi serta pengaturan dan pengamanan sistem tenaga listrik

### 2. Gardu hubung atau *switch substation*

Gardu hubung merupakan gardu penghubung antara gardu induk dan trafo distribusi. gardu ini tidak berisikan transformator, tetapi hanya perlengkapan hubung bagian *switch gear* dan biasanya rel atau busbar.

### 3. Gardu distribusi

Gardu distribusi adalah gardu yang berisikan trafo distribusi. Dan merupakan daerah titik pertama antara jaringan primer dan jaringan sekunder karena pada gardu ini tegangan menengah (TM) diubah ketegangan rendah (TR).

### 4. Penyulang (*feeder*)

Penyulang dalam jaringan distribusi merupakan saluran yang menghubungkan gardu induk dengan gardu distribusi dalam penggunaan terbagi dua yaitu:

- a. Penyulang tunggal adalah sistem penyulang yang paling sederhana namun tingkat keandalannya sangat rendah karena bila terjadi gangguan pada rel pertama maka pelayanan aliran tenaga listrik akan terputus sama sekali
  - b. Penyulang ganda memerlukan lebih banyak isolator, penyulang dengan bangunan konstruksi baja dan ruang dibandingkan penyulang tunggal, tetapi dengan penyulang ganda ini pemeriksaan alat dan operasi menjadi lebih mudah.
- Tidak bekerjanya suatu penyulang trafo dan saluran transmisi

### 5. Sistem distribusi primer

Sistem distribusi primer merupakan bagian distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat penyulang percabangan lateral jaringan distribusi di Indonesia adalah jaringan distribusi 20kV.

## 6. Sistem distribusi sekunder

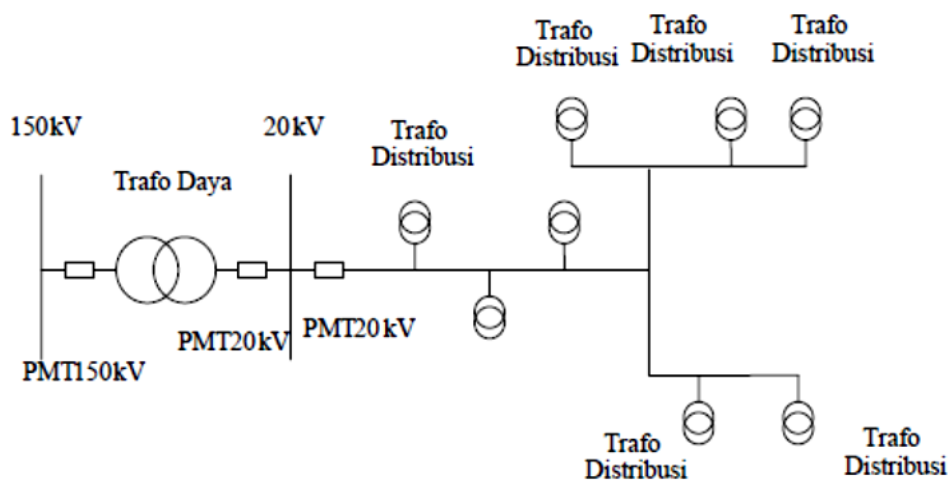
Sistem distribusi sekunder merupakan bagian dari sistem distribusi, yang bertugas mendistribusikan tenaga listrik secara langsung dari trafo distribusi ke pelanggan jaringan distribusi sekunder di Indonesia adalah jaringan distribusi bertegangan 320/220 Volt

## 7. Pola dasar struktur jaringan tegangan menengah

Untuk memenuhi tingkat kontinuitas pelayanan, dikenal beberapa pola distribusi primer yaitu:

### a. Sistem konfigurasi radial

Kelebihan utama sistem ini adalah, baik dalam pengoperasian dan pemeliharaan serta peralatan proteksinya, sehingga biaya konstruksinya dan operasinya lebih rendah dibandingkan konfigurasi lainnya, tetapi sistem ini tidak cocok untuk jenis beban dengan kontinuitas aliran arus jumlahnya relatif banyak pola jaringan distribusi radial dapat di lihat pada gambar di bawah ini.



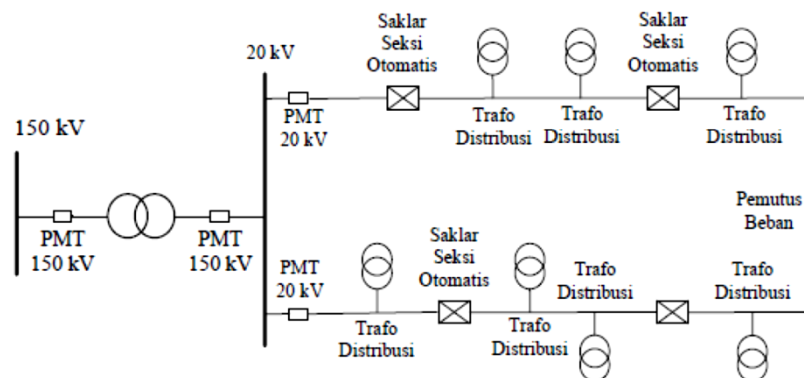
Gambar 2.3 . Pola jaringan distribusi radial

Gambar di atas menunjukkan jaringan tegangan menengah berupa feeder radial yang kelur dari gardu induk (GI) pada setiap penyulang terdapat transformator didtribusi yang di lengkapi dengan saklar transformtor didtribusi diletakkan di dalam kota.

Untuk wilayah kepadatan tinggi dan jarak antara pusat beban penyulang terlalu jauh perlu digunakan gardu hubung. antara gardu induk dan gardu hubung umumnya dihubungkan oleh dua sirkuit tegangan menengah yang dilengkapi dengan relay pengamanan agar kalau salah satu sirkuit terganggu masih ada satu sirkuit yang beroperasi.

#### b. Sistem konfigurasi ring

Sistem ini secara ekonomis meghubungkan karena pada jaringan terbatas hanya pada saluran terganggu, sedangkan pada saluran yang lain masih dapat menyalurkan tenaga listrik dari sumber lain dalam rangkaian yang tidak terganggu sehingga kontiyunitas pelayanan sumber tenaga listrik dapat terjamin dengan baik, pola jaringan distribusi primer ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.4 Jaringan distribusi primer sistem ring

Dalam praktek umumnya jaringan ring dibuka dengan membuka PMT. Pemutus tenaga adalah saklar tegangan tinggi yang mampu memutus arus gangguan besarnya dapat mencapai beberapa ribu kali besarnya arus operasi normal.

Di depan dan di belakang setiap pemutus tenaga harus ada pemisah (PMS). Yaitu saklar yang hanya boleh dioperasikan (ditutup dan dibuka) dalam keadaan arus yang melaluinya, tetapi posisi pisau saklar harus jelas terlihat. Hal ini diperlukan dengan masalah keselamatan kerja pada saat instalasi tegangan tinggi akan dibebaskan dari tegangan akan disentuh orang pada gambar di atas apabila terjadi gangguan di titik f (*faul*) maka PMT tiga dihubungkan, selanjutnya dilakukan langkah mencari dan memperbaiki bagian yang terganggu.

#### **D. Gangguan pada sistem distribusi**

Gangguan pada sistem distribusi adalah terganggunya sistem tenaga listrik yang menyebabkan bekerjanya relay pengaman penyulang bekerja untuk membuka *circuit breaker* di gardu induk yang menyebabkan terputusnya suplai tenaga listrik. Hal ini untuk mengamankan peralatan yang dilalui arus gangguan tersebut untuk dari kerusakan. Sehingga fungsi dari peralatan pengaman adalah untuk mencegah kerusakan peralatan dan tidak meniadakan gangguan.

Berdasarkan sifatnya gangguan pada sistem distribusi di bagi :

##### a. Gangguan temporer

Gangguan temporer yaitu gangguan yang terjadi dalam waktu yang singkat dan setelah itu sistem dapat kembali bekerja secara normal namun perlu diingatkan

bahwa gangguan temporer yang terjadi berulang kali dapat menyebabkan kerusakan peralatan.

b. Gangguan permanen

Gangguan permanen yaitu gangguan yang dapat disebabkan oleh adanya kerusakan pada peralatan sehingga gangguan ini baru hilang setelah kerusakan itu diperbaiki. Contoh lainnya yaitu karena ada sesuatu yang mengganggu secara permanen misalnya ada dahan yang menimpah kawat fasa dari saluran udara dan dahan ini perlu diambil terlebih dahulu agar sistem dapat berfungsi kembali secara normal. dengan kata lain gangguan permanen baru dapat diatasi setelah sebab gangguannya di hilangkan.

Akibat-akibat yang di timbulkan oleh gangguan yaitu:

- a. Menginterupsi kontinuitas pelayanan daya kepada para konsumen apabila gangguan itu sampai menyebabkan rusaknya suatu unit pembangkit
- b. Penurunan tegangan yang cukup besar menyebabkan rendahnya kualitas tenaga listrik dan merintanginya kerja normal pada peralatan konsumen
- c. Pengurangan stabilitas sistem distribusi
- d. Merusak peralatan pada daerah terjadinya gangguan

**E. Pengaman (*proteksi*) SUTM**

Salah satu faktor teknis yang sangat perlu untuk penyediaan dan penyaluran daya listrik adalah kualitas dari daya itu. Faktor kualitas daya ini meliputi daya stabilitas tegangan, kontinuitas pelayanan keandalan pengaman dan kapasitas daya



yang memenuhi kebutuhan. Dalam pengoperasian sistem pelayanan daya listrik setiap saat dapat saja mengalami gangguan.

1. *Fuse cut out*

*Fuse cut out* adalah suatu alat yang berfungsi sebagai fuse (sekering tegangan menengah) sekaligus sebagai alat pemutusan tegangan/arus. Letal CO di antara jaringan tegangan menengah dan trafo distribusi tegangan menengah.

2. *Load breake switch remote*

*Load breake switch remote* merupakan suatu alat yang berfungsi untuk memisahkan dan menghubungkan suatu jaringan tegangan menengah atau antara feeder satu dengan yang lainnya. Dan bisa juga dipasang beberapa LBS dalam satu penyulang pada jarak tertentu.

3. *Disconneting swicht*

*Disconneting swicht* yaitu peralatan tambahan atau biasanya terpasang pada sisi pemasok cb yang berfungsi untuk meyakinkan terisolasinya CB dari bagian-bagian yang bertegangan pada waktu pemeliharaan. dalam operasi pemeliharaan urutan kerjanya adalah : CB dibuka terlebih dahulu kemudian dibuka.

4. *Lightning arresetter*

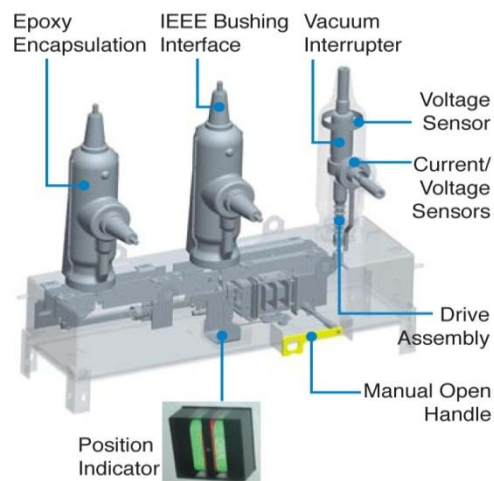
*Lightning arresetter* adalah peralatan yang dipasang pada beberapa yang pada saat penyulang arresetter. berfungsi melindungi perlatan listrik terhadap berbagai tegangan surya yang terdapat mengakibatkan tegangan lebih akibat induksi.



Gambar 2.5 Penggunaan lightning arrestter dan LBS remote

#### 5. Recloser control

*Recloser control* adalah sebuah alat yang dapat menutup kembali pada saat setelah terjadi gangguan temporer atau dengan kata lain jika setelah terjadi gangguan /kehilangan daya maka akan menutup kembali agar penyaluran daya tidak terlalu lama terhenti



Gambar 2.6 Recloser control

#### 6. Transformator distribusi

Trafo distribusi adalah suatu komponen yang sangat penting dalam penyaluran tenaga listrik dari gardu distribusi menyebabkan kontinuitas pelayanan terhadap konsumen akan terganggu (terjadi pemutusan aliran listrik atau pemadaman). Pemadaman merupakan suatu kerugian yang menyebabkan biaya-biaya pembangkitan akan meningkat tergantung harga KWH yang tidak terjual pemilihan rating transformator distribusi yang tidak sesuai dengan kebutuhan beban akan menyebabkan efisiensi menjadi kecil.

#### 7. Sectionalizer

*Sectionalizer* sebagai alat pemutus rangkaian untuk dapat memisahkan jaringan utama dalam beberapa seksi secara otomatis, sehingga bila terjadi gangguan permanen maka luas daerah (jaringan) yang mengalami pemadaman akibat gangguan permanen dapat dibatasi sekecil mungkin.

### **F. Indeks keandalan distribusi**

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. Sejumlah indeks sudah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan sistem tenaga. Evaluasi keandalan sistem distribusi terdiri dari indeks titik beban dan indeks sistem yang dipakai untuk memperoleh pengetahuan yang mendalam kedalam keseluruhan pencapaian.

Ada beberapa istilah yang berkaitan dengan keandalan sistem distribusi:

### 1. Keluar (*outage*)

Keandalan dimana suatu komponen tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya, diakibatkan karena beberapa peristiwa yang berhubungan dengan komponen tersebut (SPLN 59,1985). Angka keluar adalah angka perkiraan dari suatu komponen yang mengalami kegagalan beroperasi per satuan waktu (umumnya pertahun). Suatu keluar (*outage*) dapat atau tidak dapat menyebabkan pemadaman, hal ini masih bergantung pada konfigurasi dari sistem

### 2. Lama keluar (*outage duration*)

Priode dari saat permulaan komponen mengalami keluar sampai saat komponen dapat dioperasikan kembali sesuai dengan fungsinya (SPLN 59,1985). Standar perkiraan angka keluar dan waktu perbaikan dari komponen yang biasa dipakai adalah sesuai standar SPLN 59,1985.

Indek keandalan suatu sistem distribusi digunakan untuk mengukur tingkat keandalan dari tiap-tiap titik beban atau *load poin* yang merupakan indeks-indeks keandalan dasar antara lain :

$\lambda$  = frekuensi kegagalan tahunan rata-rata (*fault/year*)

$r$  = lama terputusnya pasokan listrik rata-rata (*hours/fault*)

$U$  = lama atau durasi terputusnya pasokan listrik tahunan rata-rata (*hours/years*)

### G. FMEA (*failure modes and effects analysis*)

FMEA (*failure modes and effect analysis*) merupakan suatu bentuk pendekatan bertujuan untuk mengidentifikasi mode-mode kegagalan penyebab kegagalan serta dampak kegagalan yang ditimbulkan oleh tiap-tiap komponen

terhadap sistem. Beberapa pengertian FMEA (*failure mode and effects analysis*) sebagai berikut:

- a. FMEA (*failure mode and effects analysis*) adalah teknik *engineering* yang digunakan untuk mengidentifikasi, memprioritaskan, dan mengurangi permasalahan dari sistem, desain atau proses sebelum permasalahan permasalahan tersebut terjadi [kmenta 99]
- b. FMEA (*Failure mode and effects analysis*) adalah metodologi yang dirancang untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial pada suatu produk atau proses sebelum terjadi, mempertimbangkan resiko yang berkaitan dengan moda kegagalan tersebut, mengidentifikasi serta melaksanakan tindakan korektif untuk mengatasi masalah yang penting [reability 2002]
- c. FMEA (*failure mode and effects analysis*) adalah alat yang digunakan secara luas pada industri otomotif, aerospace, dan elektronik untuk mengidentifikasi, memprioritaskan dan mengeliminasi potensi kegagalan, kegagalan, masalah dan kesalahan sistem pada desain sebelum produk diluncurkan [J.Rhee 2002]

Secara fungsional FMEA mengasumsikan sebuah kegagalan, lalu mengidentifikasi, kegagalan tersebut, dan menganalisa bagaimana efek kegagalan tersebut.

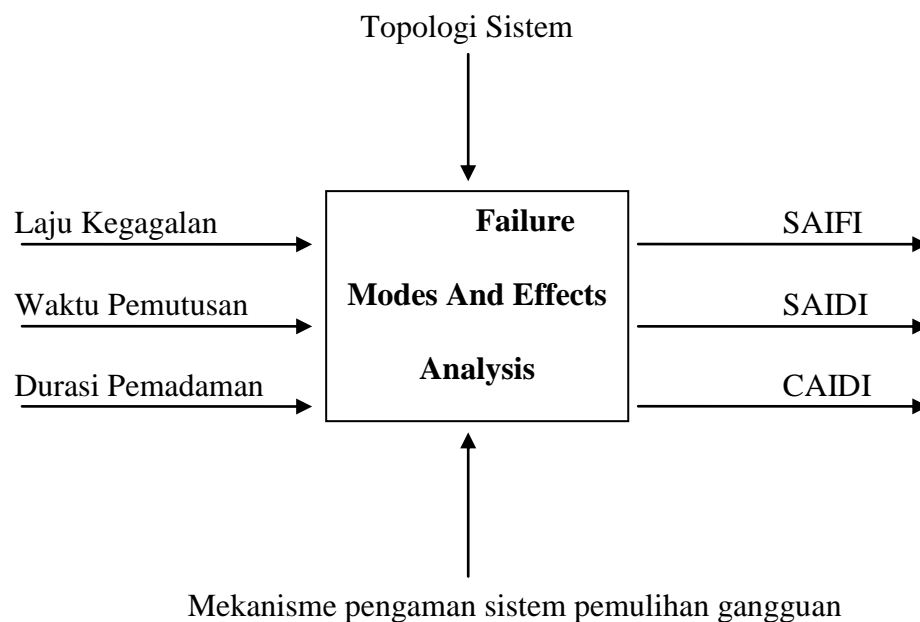
## **H. Konsep pendekatan FMEA**

FMEA (*failure modes and effects analysis*) adalah suatu mode terstruktur untuk menganalisa suatu sistem. Metode FMEA untuk mengevaluasi keandalan sistem distribusi di dasarkan pada bagaimana suatu kegagalan dari suatu peralatan

mempengaruhi operasi sistem. Efek atau konsekuensi dari gangguan individual peralatan secara sistematis diidentifikasi dengan penganalisaan apa yang terjadi jika gangguan terjadi.

Untuk menentukan keandalan sistem distribusi dengan metode FMEA dibutuhkan syarat-syarat sebagai berikut:

- Dalam setiap komponen/peralatan diperinci data keandalan seperti indeks kegagalan (*failure rate*), waktu pemutusan dan durasi pemadaman rata-rata.
- Membutuhkan data konsumen meliputi jumlah pelanggan pada setiap penyualang
- Membutuhkan data gangguan/pemadaman tahunan.



Gambar 2.7 Block diagram FMEA

Indeks keandalan yang di hitung adalah indeks-indeks keandalan dasar meliputi antara lain:

Indikator keandalan yang paling mendasar untuk sistem distributor ada tiga macam yaitu:

1. laju (*Frekuensi*) kegagalan rata-rata (kali/hari)

$$\lambda = \frac{\text{jumlah gangguan}}{\text{selang waktu pengamatan}} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n \text{ (kali)}}{31 \text{ (hari)}}$$

2. Lama pemadaman rata-rata gangguan (menit/kali)

$$r = \frac{\text{jumlah jam padam}}{\text{jumlah gangguan}}$$

3. Lama pemadaman rata-rata tahunan (menit/hari)

$$U = \lambda \left( \frac{\text{kali}}{\text{hari}} \right) \times r \left( \frac{\text{menit}}{\text{kali}} \right)$$

$$\lambda = \text{Failure/year} = \text{pemadaman pertahun}$$

$$r = \text{Hours/failures} = \text{jam per pemadaman}$$

$$U = \text{Hours/year} = \text{jam gangguan per tahun}$$

Ketiga indeks dasar keandalan tersebut tidak dapat menggambarkan seberapa besar dampak pemadaman itu bagi konsumen dan bagi perusahaan. Oleh karena itu di lakukan dengan menghitung indeks keandalan sistem untuk mengetahui performa suatu sistem.

Untuk menghitung indeks keandalan yang digunakan dalam menghitung peforma keandalan sistem secara keseluruhan yaitu:

SAIFI (*system average interruption frequency index*)

SAIFI (*system average interruption frequency index*) adalah indeks yang menginformasikan tentang frekuensi pemadaman rata-rata untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang di evaluasi.

Cara menghitungnya yaitu :

$$SAIFI = \frac{\text{Total frekuensi pemadaman dari konsumen dalam setahun}}{\text{Jumlah total konsumen yang terlayani}}$$

Secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum N} \left( \frac{\text{kegagalan}}{\text{tahun}} \times \text{pelanggan} \right)$$

Dimana:  $\lambda_i$  = Indeks kegagalan rata-rata pertahun (kegagalan/tahun)

$N_i$  = Jumlah konsumen padam

$N$  = Jumlah total konsumen

SAIDI (*system average interruption duration index*)

SAIDI (*system average interruption duration index*) adalah indeks yang menginformasikan tentang durasi pemadaman tentang durasi pemadaman rata-rata untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang di evaluasi

Cara menghitungnya :

$$SAIDI = \frac{\text{Total durasi pemadaman dari konsumen dalam setahun}}{\text{Jumlah total konsumen yang terlayani}}$$

Secara matematis dituliskan sebagai berikut :

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N} \left( \frac{\text{jam}}{\text{tahun}} * \text{pelanggan} \right)$$

Dimana :  $U_i$  = Durasi pemadaman rata-rata pertahun (jam/tahun)



$N_i$  = Jumlah konsumen padam

$N$  = Jumlah total konsumen

CAIDI (*costumer average interruption duration index*)

CAIDI (*costumer average interruption duration index*) adalah indeks yang menginformasikan tentang durasi pemadaman rata-rata konsumen untuk setiap gangguan yang terjadi.

Cara menghitungnya:

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad \left( \frac{\text{jam}}{\text{kegagalan}} \right)$$

ASAI (*Average Service Availability Index*)

ASAI (*Average Service Availability Index*) adalah suatu indeks yang menyatakan kemampuan suatu sistem untuk menyediakan/menyuplai suatu sistem dalam jangka waktu 1 tahun.

Cara menghitungnya:

$$ASAI = \frac{\text{Jumlah jam pelanggan terpenuhi}}{\text{Jumlah jam seharusnya}}$$

Secara sistematis dirumuskan:

$$ASAI = \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i N}{\sum N_i \times 8760}$$

Dimana :  $N_i$  = Jumlah konsumen padam

$U_i$  = Durasi pemadaman rata-rata pertahun (jam/tahun)

$N$  = Jumlah total konsumen

Keterangan: 8760 adalah jumlah jam dalam waktu 1 tahun.

## I. Standar Nilai Indeks Keandalan

### a. Standar Nilai Indeks Keandalan SPLN 68 - 2 : 1986

Tabel 2.1 Standar Indeks Keandalan SPLN 68 - 2 : 1986

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3.2	kali/pelanggan/tahun
SAIDI	21.09	jam/pelanggan/tahun

### b. Standar Nilai Indeks Keandalan IEEE std 1366-2003

Tabel 2.2 Standar Indeks Keandalan IEEE std 1366-2003

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	1.45	kali/pelanggan/tahun
SAIDI	2.3	jam/pelanggan/tahun
CAIDI	1.47	Jam/gangguan
ASAI	99.92	Persen

## **BAB III**

### **METODELOGI PENELITIAN**

#### **A. Jenis penelitian**

Jenis penelitian ini merupakan penelitian deskriptif analitis yang bertujuan untuk mengetahui pengkajian terhadap data-data teknis yang terjadi pada saluran distribusi 20 kV PT.PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting Barru untuk sistem Barru kemudian hasilnya dibandingkan dengan target atau ketetapan yang dikeluarkan PT. PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting Barru.

#### **B. Waktu dan tempat penelitian**

1. Lokasi penelitian ini dilakukan di PT.PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting Barru pada sistem jaringan distribusi 20 kV di kota Barru.
2. Penelitian ini akan dilakukan di PT.PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting Barru kurang lebih 1 tahun terhitung mulai bulan Januari sampai Desember 2016

#### **C. Alat yang dipergunakan**

Perangkat yang digunakan dalam penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak yaitu:

1. Perangkat Keras

Perangka keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua unit computer atau laptop serta satu unit printer, serta pendukung lainnya seperti kalkulator.

## 2. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Microsoft windows 7*

### **D. Teknik pengumpulan data**

Teknik pengumpulan data yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

- a. Studi pustaka, yaitu pengumpulan materi artikel buku laporan kerja atau dokumen.
- b. Interview dan diskusi sebagai pembanding antara kejadian (Objektif) di lapangan dengan dokumentasi.
- c. Dokumentasi, dalam hal ini sebagai penunjang data utama.

### **E. Objek penelitian**

Objek penelitian ini adalah sistem Jaringan distribusi udara 20 kV pada PT.PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting Barru yang mengasuh 1 GI (Gardu Induk) dan membawahi 4 *feeder* sebagai berikut :

1. *Feeder* Bulu Dua
2. *Feeder* Takkalasi
3. *Feeder* Lalolang
4. *Feeder* Barru

## F. Teknik pengolahan data

Data-data yang telah didapatkan selanjutnya dihitung untuk mendapatkan nilai-nilai indeks yang diinginkan, yaitu: dengan menggunakan rumus-rumus yang tertera dan dilakukan analisa tentang hasil yang didapat dengan membandingkan target/ketetapan PT.PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting Barru dan hasil standar IEEE (*Institute Of Electrical And Electronics Engineers*) dan membangun dengan nilai indeks satu *feeder* dengan *feeder* yang lainnya.

Adapun metode untuk menganalisis data dari indeks keandalan dasar dari indeks keandalan system jaringan distribusi 20kV yaitu:

1. Menyiapkan data yang diperlukan seperti data sejumlah konsumen masing-masing *feeder*, data gangguan setiap *feeder*, dan data pemadaman setiap *feeder* yang berada di lingkungan Barru.
2. Menghitung indeks keandalan dasar dari indikator input ( $\lambda$ ,  $r$ ,  $U$ ) untuk menghitung indeks keandalan dasar dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$\lambda$  = Laju Kegagalan (kali/hari)

$$\lambda = \frac{\text{jumlah gangguan}}{\text{selang waktu pengamatan}} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n \text{ (kali)}}{31 \text{ (hari)}}$$

$r$  = Lama pemadaman rata-rata (menit/kali)

$$r = \frac{\text{jumlah jam padam}}{\text{jumlah gangguan}}$$

$U$  = Durasi pemadaman harian rata-rata (menit/hari)

$$U = \lambda \left( \frac{\text{kali}}{\text{hari}} \right) \times r \left( \frac{\text{menit}}{\text{kali}} \right)$$

3. Menghitung indeks keandalan sistem dari indikator ( SAIFI, SAIDI, CAIDI, dan ASAI).

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \times Ni)}{\sum N}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times Ni}{\sum N}$$

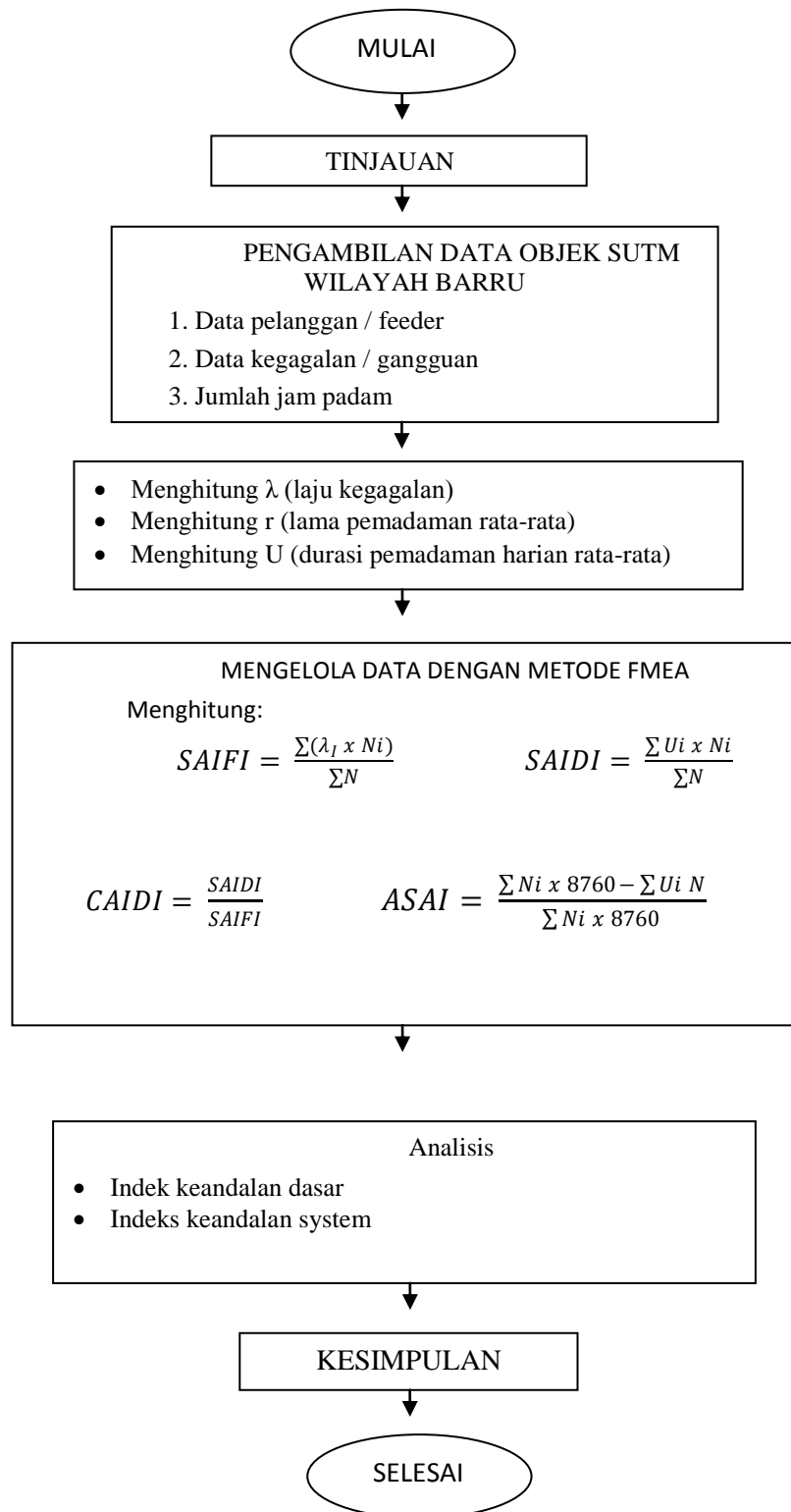
$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

$$ASAI = \frac{\sum Ni \times 8760 - \sum U_i N}{\sum Ni \times 8760}$$

Untuk menghitung indeks keandalan sistem dilakukan dengan menggunakan persamaan  $\lambda$  (laju kegagalan),  $r$  (lama pemadaman rata-rata), dan  $U$  (durasi pemadaman harian rata-rata).

4. Setelah didapatkan hasil perhitungan indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem maka proses FMEA sudah selesai.
5. Selanjutnya setiap mode kegagalan dibuatkan pada FMEA Worksheet. Kemudian ditentukan pada feeder mana yang telah melewati standar indeks keandalan menurut standar IEEE sebagai indikator untuk menentukan feeder mana yang berada dalam zona ketidak handalan.

### G. Langkah penelitian analisis keandalan distribusi 20 kV



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang akan dianalisa adalah data dari PT.PLN (PERSERO) CABANG PAREPARE RANTING BARRU yaitu data gangguan JTM bulan Januari sampai Desember 2016 atau selama satu tahun.

#### A. Perhitungan indeks keandalan

##### 1. Indeks keandalan dasar

Untuk mendapatkan indeks keandalan dasar dilakukam perhitungan berdasarkan tabel data gangguan.

##### 1. Data gangguan JTM feeder Buludua pada bulan Januari 2016

Jumlah jam padam = 50 menit = 0,83 jam

Jumlah gangguan = 11 kali

a.  $\lambda$  = laju kegagalan (kali/hari)

$$\lambda = \frac{\text{jumla } h \text{ gangguan}}{\text{selang waktu pengamatan}} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n}{31 \text{ (hari)}}$$
$$= \frac{11}{31} = 0,354 \text{ kali/hari}$$

b.  $r$  = lama pemadaman rata-rata (jam/kali)

$$r = \frac{\text{jumla } h \text{ jam padam}}{\text{jumla } h \text{ gangguan}}$$
$$= \frac{0,83}{11} = 0,075 \text{ jam/kali}$$



c.  $U = \text{durasi pemadaman harian rata-rata (jam/hari)}$

$$U = \lambda \times r$$

$$U = 0,35 \times 0,075$$

$$U = 0,026 \text{ jam/hari}$$

2. Data gangguan JTM feeder Takkalasi pada bulan Januari 2016

Jumlah jam padam = 30 menit = 0,5 jam

Jumlah gangguan = 7 kali

a.  $\lambda = \text{laju kegagalan (kali/hari)}$

$$\lambda = \frac{\text{jumlah gangguan}}{\text{selang waktu pengamatan}} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n}{31 \text{ (hari)}}$$

$$= \frac{7}{31} = 0,225 \text{ kali/hari}$$

b.  $r = \text{lama pemadaman rata-rata (jam/kali)}$

$$r = \frac{\text{jumlah jam padam}}{\text{jumlah gangguan}}$$

$$= \frac{0,5}{7} = 0,071 \text{ jam/kali}$$

c.  $U = \text{durasi pemadaman harian rata-rata (jam/hari)}$

$$U = \lambda \times r$$

$$U = 0,225 \times 0,071$$

$$U = 0,016 \text{ jam/hari}$$

3. Data gangguan JTM feeder Lalolang pada bulan Januari 2016

Jumlah jam padam = 26 menit = 0,43 jam

Jumlah gangguan = 6 kali

a.  $\lambda$  = laju kegagalan (kali/hari)

$$\lambda = \frac{\text{jumla h gangguan}}{\text{selang waktu pengamatan}} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n}{31 \text{ (hari)}}$$

$$= \frac{6}{31} = 0,193 \text{ kali/hari}$$

b.  $r$  = lama pemadaman rata-rata (jam/kali)

$$r = \frac{\text{jumla h jam padam}}{\text{jumla h gangguan}}$$

$$= \frac{0,43}{6} = 0,071 \text{ jam/kali}$$

c.  $U$  = durasi pemadaman harian rata-rata (menit/hari)

$$U = \lambda \times r$$

$$U = 0,193 \times 0,071$$

$$U = 0,013 \text{ jam/hari}$$

4. Data gangguan JTM feeder Barru pada bulan Januari 2016

$$\text{Jumlah jam padam} = 12 \text{ menit} = 0,2 \text{ jam}$$

$$\text{Jumlah gangguan} = 3 \text{ kali}$$

a.  $\lambda$  = laju kegagalan (kali/hari)

$$\lambda = \frac{\text{jumla h gangguan}}{\text{selang waktu pengamatan}} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n}{31 \text{ (hari)}}$$

$$= \frac{3}{31} = 0,096 \text{ kali/hari}$$

b.  $r$  = lama pemadaman rata-rata (jam/kali)

$$r = \frac{\text{jumla h jam padam}}{\text{jumla h gangguan}}$$

$$= \frac{0,2}{3} = 0,066 \text{ jam/kali}$$

c. U = durasi pemadaman harian rata-rata (jam/hari)

$$U = \lambda \times r$$

$$U = 0,096 \times 0,06$$

$$U = 0,006 \text{ jam/hari}$$

## 2. Indeks keandalan sistem

1. Data gangguan JTM feeder Buludua pada bulan Januari 2016

a. SAIFI (*system average intrusion frequency index*)

$$SAIFI = \frac{\text{Total frekuensi pemadaman dari konsumen dalam setahun}}{\text{Jumlah total konsumen yang terlayani}}$$

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum N} \left( \frac{\text{kegagalan}}{\text{tahun}} \times \text{pelanggan} \right)$$

Dimana:  $\lambda_i$  = Indeks kegagalan rata-rata pertahun (kegagalan/tahun)

$N_i$  = Jumlah konsumen padam

$N$  = Jumlah total konsumen

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum N}$$

$$SAIFI = \frac{0,35 \times 37219}{5317}$$

$$= 2,483 \text{ gangguan/pelanggan}$$

b. SAIDI (*system average interruption duration index*)

$$SAIDI = \frac{\text{Total durasi pemadaman dari konsumen dalam setahun}}{\text{Jumlah total konsumen yang terlayani}}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N} \quad \left( \frac{\text{jam}}{\text{tahun}} * \text{pelanggan} \right)$$

Dimana :  $U_i$  = Durasi pemadaman rata-rata pertahun (jam/tahun)

$N_i$  = Jumlah konsumen padam

$N$  = Jumlah total konsumen

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N}$$

$$SAIDI = \frac{0,026 \times 37219}{5317}$$

$$= 0,187 \text{ jam/pelanggan}$$

c. CAIDI (*costumer average interruption duration index*)

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad \left( \frac{\text{jam}}{\text{kegagalan}} \right)$$

$$CAIDI = \frac{0,182}{2,45}$$

$$= 0,075 \text{ jam/gangguan}$$

d. ASAI (*Average Service Availability Index*)

$$ASAI = \frac{\text{Jumlah jam pelanggan terpenuhi}}{\text{Jumlah jam seharusnya}}$$

$$ASAI = \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i N}{\sum N_i \times 8760}$$

Dimana :  $N_i$  = Jumlah konsumen padam

$U_i$  = Durasi pemadaman rata-rata pertahun (jam/tahun)

$N$  = Jumlah total konsumen

Keterangan: 8760 adalah jumlah jam dalam waktu 1 tahun.

$$\begin{aligned} ASAI &= \frac{37219 \times 8760 - 0,026 \times 5317}{37219 \times 8760} \\ &= \frac{326038440 - 142,358}{326038440} \\ &= 0,9999996 \\ &= 0,9999996 \times 100 \\ &= 99,99996\% \text{ tersedia} \end{aligned}$$

2. Data gangguan JTM feeder Takkalasi pada bulan Januari 2016

a. SAIFI (*system average intrusion frequency index*)

$$SAIFI = \frac{\text{Total frekuensi pemadaman dari konsumen dalam setahun}}{\text{Jumlah total konsumen yang terlayani}}$$

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum N} \left( \frac{\text{kegagalan}}{\text{tahun}} \times \text{pelanggan} \right)$$

Dimana:  $\lambda_i$  = Indeks kegagalan rata-rata pertahun (kegagalan/tahun)

$N_i$  = Jumlah konsumen padam

$N$  = Jumlah total konsumen

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum N}$$

$$SAIFI = \frac{0,225 \times 26504}{13251}$$

$$= 0,451 \text{ gangguan/pelanggan}$$

b. SAIDI (*system average interruption duration index*)

$$SAIDI = \frac{\text{Total durasi pemadaman dari konsumen dalam setahun}}{\text{Jumlah total konsumen yang terlayani}}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N} \quad \left( \frac{\text{jam}}{\text{tahun}} * \text{pelanggan} \right)$$

Dimana :  $U_i$  = Durasi pemadaman rata-rata pertahun (jam/tahun)

$N_i$  = Jumlah konsumen padam

$N$  = Jumlah total konsumen

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N}$$

$$SAIDI = \frac{0,016 \times 26504}{13252}$$

$$= 0,032 \text{ jam/pelanggan}$$

c. CAIDI (*costumer average interruption duration index*)

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad \left( \frac{\text{jam}}{\text{kegagalan}} \right)$$

$$CAIDI = \frac{0,032}{0,451}$$

$$= 0,071 \text{ jam/gangguan}$$

d. ASAI (*Average Service Availability Index*)

$$ASAI = \frac{\text{Jumlah jam pelanggan terpenuhi}}{\text{Jumlah jam seharusnya}}$$

$$ASAI = \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i N}{\sum N_i \times 8760}$$

Dimana :  $N_i$  = Jumlah konsumen padam

$U_i$  = Durasi pemadaman rata-rata pertahun (jam/tahun)

$N$  = Jumlah total konsumen

Keterangan: 8760 adalah jumlah jam dalam waktu 1 tahun.

$$\begin{aligned}
 ASAI &= \frac{26504 \times 8760 - 0,016 \times 13252}{26504 \times 8760} \\
 &= \frac{232175040 - 213,741}{232175040} \\
 &= 0,9999996 \\
 &= 0,9999996 \times 100 \\
 &= 99,99996\% \text{ tersedia}
 \end{aligned}$$

### 3. Data gangguan JTM feeder Lalolang pada bulan Januari 2016

#### a. SAIFI (*system average intruption frequency index*)

$$SAIFI = \frac{\text{Total frekuensi pemadaman dari konsumen dalam setahun}}{\text{Jumlah total konsumen yang terlayani}}$$

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum N} \left( \frac{\text{kegagalan}}{\text{tahun}} \times \text{pelanggan} \right)$$

Dimana:  $\lambda_i$  = Indeks kegagalan rata-rata pertahun (kegagalan/tahun)

$N_i$  = Jumlah konsumen padam

$N$  = Jumlah total konsumen

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum N}$$

$$SAIFI = \frac{0,193 \times 26440}{13220}$$

$$= 0,387 \text{ gangguan/pelanggan}$$

#### b. SAIDI (*system average interruption duration index*)

$$SAIDI = \frac{\text{Total durasi pemadaman dari konsumen dalam setahun}}{\text{Jumlah total konsumen yang terlayani}}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N} \quad \left( \frac{\text{jam}}{\text{tahun}} * \text{pelanggan} \right)$$

Dimana :  $U_i$  = Durasi pemadaman rata-rata pertahun (jam/tahun)

$N_i$  = Jumlah konsumen padam

$N$  = Jumlah total konsumen

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N}$$

$$SAIDI = \frac{0,013 \times 26440}{13220}$$

$$= 0,027 \text{ jam/pelanggan}$$

c. CAIDI (*costumer average interruption duration index*)

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad \left( \frac{\text{jam}}{\text{kegagalan}} \right)$$

$$CAIDI = \frac{0,027}{0,387}$$

$$= 0,071 \text{ jam/gangguan}$$

d. ASAI (*Average Service Availability Index*)

$$ASAI = \frac{\text{Jumlah jam pelanggan terpenuhi}}{\text{Jumlah jam seharusnya}}$$

$$ASAI = \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i N}{\sum N_i \times 8760}$$

Dimana :  $N_i$  = Jumlah konsumen padam

$U_i$  = Durasi pemadaman rata-rata pertahun (jam/tahun)



$N$  = Jumlah total konsumen

Keterangan: 8760 adalah jumlah jam dalam waktu 1 tahun.

$$\begin{aligned} ASAI &= \frac{26440 \times 8760 - 0,013 \times 13220}{26440 \times 8760} \\ &= \frac{231614400 - 183,734}{231614400} \\ &= 0,9999992 \\ &= 0,9999992 \times 100 \\ &= 99,999992\% \text{ tersedia} \end{aligned}$$

#### 4. Data gangguan JTM feeder Barru pada bulan Januari 2016

##### a. SAIFI (*system average intruption frequency index*)

$$SAIFI = \frac{\text{Total frekuensi pemadaman dari konsumen dalam seta hun}}{\text{Jumla h total konsumen yang terlayani}}$$

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum N} \left( \frac{\text{kegagalan}}{\text{tahun}} \times \text{pelanggan} \right)$$

Dimana:  $\lambda_i$  = Indeks kegagalan rata-rata pertahun (kegagalan/tahun)

$N_i$  = Jumlah konsumen padam

$N$  = Jumlah total konsumen

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum N}$$

$$SAIFI = \frac{0,096 \times 21060}{7020}$$

$$= 0,290 \text{ gangguan/pelanggan}$$

##### b. SAIDI (*system average interruption duration index*)

$$SAIDI = \frac{\text{Total durasi pemadaman dari konsumen dalam setahun}}{\text{Jumlah total konsumen yang terlayani}}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N} \quad \left( \frac{\text{jam}}{\text{tahun}} * \text{pelanggan} \right)$$

Dimana :  $U_i$  = Durasi pemadaman rata-rata pertahun (jam/tahun)

$N_i$  = Jumlah konsumen padam

$N$  = Jumlah total konsumen

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N}$$

$$SAIDI = \frac{0,006 \times 21060}{7020}$$

$$= 0,193 \text{ jam/pelanggan}$$

c. CAIDI (*costumer average interruption duration index*)

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad \left( \frac{\text{jam}}{\text{kegagalan}} \right)$$

$$CAIDI = \frac{0,193}{0,290}$$

$$= 0,066 \text{ jam/gangguan}$$

d. ASAI (*Average Service Availability Index*)

$$ASAI = \frac{\text{Jumlah jam pelanggan terpenuhi}}{\text{Jumlah jam seharusnya}}$$

$$ASAI = \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i N}{\sum N_i \times 8760}$$

Dimana :  $N_i$  = Jumlah konsumen padam

$U_i$  = Durasi pemadaman rata-rata pertahun (jam/tahun)

$N$  = Jumlah total konsumen

Keterangan: 8760 adalah jumlah jam dalam waktu 1 tahun.

$$\begin{aligned}
 ASAI &= \frac{21060 \times 8760 - 0,006 \times 7020}{21060 \times 8760} \\
 &= \frac{184485600 - 45,290}{184485600} \\
 &= 0,9999997 \\
 &= 0,9999997 \times 100 \\
 &= 99,99997\% \text{ tersedia}
 \end{aligned}$$

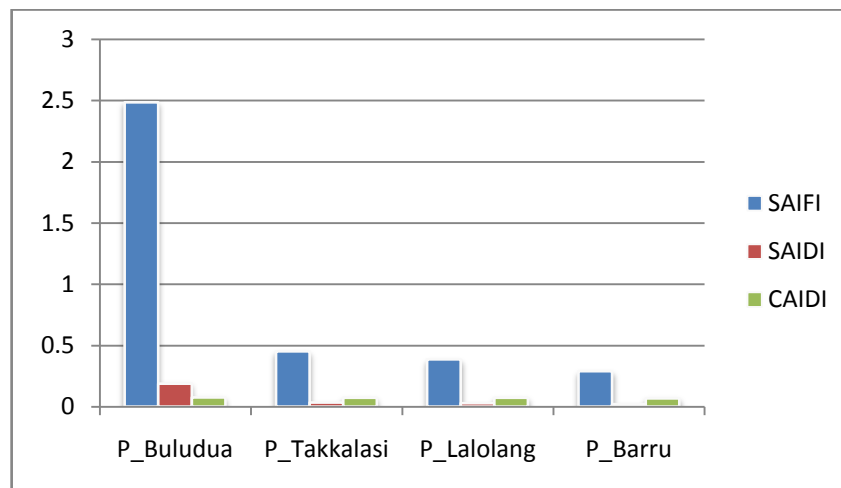
Tabel 4.1 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi ranting Barru bulan Januari 2016

FMEA WORKSHEET								
No.	Nama Penyulang	Keandalan Dasar			Keandalan Sistem			
		$\lambda$ (kl/hr)	$r$ (mnt/kl)	$U$ (mnt/hr)	SAIFI (ggn/ plgn)	SAIDI (jm/ plggn)	CAIDI (jm/ ggn)	ASAI (%)
1	P_Buludua	0.354	0.075	0.026	2.483	0.188	0.075	99.999
2	P_Takkalasi	0.225	0.071	0.016	0.451	0.032	0.071	99.999
3	P_Lalolang	0.193	0.072	0.013	0.387	0.027	0.072	99.999
4	P_Barru	0.096	0.066	0.006	0.29	0.019	0.066	99.999
5	Jumlah	0.868	0.284	0.061	3.611	0.266	0.284	399.996
6	Rata-rata	0.217	0.071	0.01525	0.90275	0.0665	0.071	99.999

Pada tabel 4.1 menunjukkan hasil perhitungan indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem untuk sistem distribusi 20Kv ranting Barru pada bulan Januari 2016. Dimana diambil sampel perhitungan untuk penelitian tersebut adalah 1

gardu induk dengan membawahi 4 jumlah penyulang. Kemudian semua penyulang yang mengalami pemadaman untuk bulan Januari 2016. Kemudian berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dilihat penyulang Buludua yang memiliki tingkat indeks keandalan tertinggi yakni SAIFI = 2,483 gangguan/pelanggan, SAIDI = 0,188 jam/pelanggan, dan CAIDI = 0,075 jam/gangguan. Kemudian pada bulan tersebut diperoleh nilai rata-rata SAIFI = 0,902 gangguan/pelanggan, nilai rata-rata SAIDI = 0,066 jam/pelanggan, dan nilai rata-rata CAIDI = 0,071 jam/gangguan dengan rata-rata tingkat ketersediaan ASAI = 99,999%.

Sesuai pada tabel 4.1 dapat digambarkan dengan grafik SAIFI SAIDI dan CAIDI pada bulan Januari 2016 untuk melihat secara jelas perbedaan setiap penyulang.



Gambar 4.1 Indeks keandalan dasar SAIFI SAIDI dan CAIDI bulan Januari 2016

Dari gambar 4.1 terlihat yang memiliki indeks SAIFI SAIDI dan CAIDI pada bulan Januari 2016 yang paling tinggi berada pada penyulang Buludua yakni nilai

SAIFI = 2,483 gangguan/pelanggan, SAIDI = 0,188 jam/pelanggan, dan CAIDI = 0,075 jam/gangguan. Artinya pada kondisi tersebut untuk durasi pemadaman, banyaknya gangguan dan lamanya gangguan yang terjadi paling banyak bila dibandingkan penyulang yang lain. Dan sebaliknya yang memiliki indeks keandalan paling rendah berada pada penyulang Barru yakni nilai SAIFI = 0,29 gangguan/pelanggan, SAIDI = 0,019 jam/pelanggan, dan CAIDI 0,066 jam/gangguan.

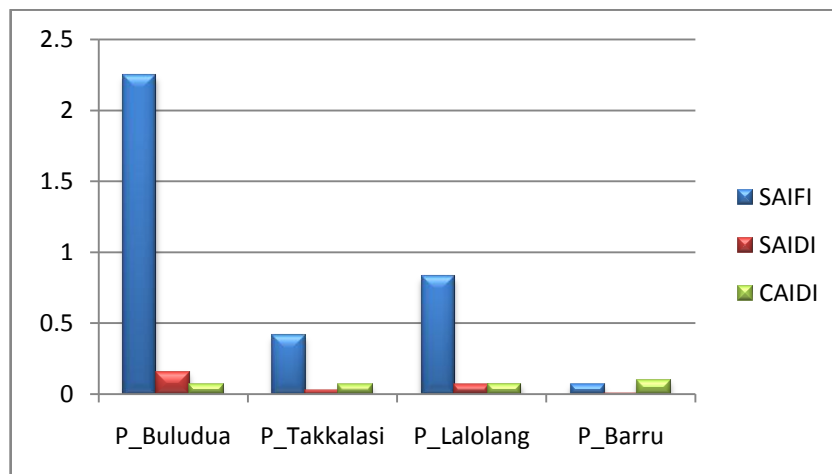
Tabel 4.2 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi ranting Barru bulan Februari 2016

FMEA WORKSHEET								
No.	Nama Penyulang	Keandalan Dasar			Keandalan Sistem			
		$\lambda$ (kl/hr)	r (mnt/kl)	U (mnt/hr)	SAIFI (ggn/ plgn)	SAIDI (jm/ plggn)	CAIDI (jm/ ggn)	ASAI (%)
1	P_Buludua	0.448	0.069	0.031	2.241	0.155	0.069	99.999
2	P_Takkalasi	0.137	0.066	0.009	0.413	0.027	0.066	99.999
3	P_Lalolang	0.413	0.075	0.031	0.827	0.062	0.075	99.999
4	P_Barru	0.034	0.1	0.003	0.068	0.006	0.1	99.999
5	Jumlah	1.032	0.31	0.074	3.549	0.25	0.31	399.996
6	Rata-rata	0.258	0.0775	0.0185	0.88725	0.0625	0.0775	99.999

Pada tabel 4.2 menunjukkan hasil perhitungan indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem untuk sistem distribusi 20Kv ranting Barru pada bulan februari 2016. Dimana diambil sampel perhitungan untuk penelitian tersebut adalah 1 gardu induk dengan membawahi 4 jumlah penyulang. Kemudian semua penyulang

yang mengalami pemadaman untuk bulan Februari 2016. Kemudian berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dilihat penyulang Buludua yang memiliki tingkat indeks keandalan tertinggi yakni SAIFI = 2,241 gangguan/pelanggan dan SAIDI = 0,155 jam/pelanggan, namun durasi lamanya gangguan terdapat pada penyulang Lalolang yakni CAIDI = 0,075 jam/gangguan. Kemudian pada bulan tersebut diperoleh nilai rata-rata SAIFI = 0,887 gangguan/pelanggan, nilai rata-rata SAIDI = 0,062 jam/pelanggan, dan nilai rata-rata CAIDI = 0,077 dengan rata-rata tingkat ketersediaan ASAI = 99.999%

Sesuai pada tabel 4.2 dapat digambarkan dengan grafik SAIFI SAIDI dan CAIDI pada bulan Februari 2016 untuk melihat secara jelas perbedaan setiap penyulang.



Gambar 4.2 Indeks keandalan dasar SAIFI SAIDI dan CAIDI bulan februari 2016

Dari gambar 4.2 terlihat yang memiliki indeks SAIFI dan SAIDI pada bulan Februari 2016 yang paling tinggi berada pada penyulang Buludua yakni nilai SAIFI

= 2,241 gangguan/pelanggan dan SAIDI = 0,155 jam/pelanggan. Artinya pada kondisi tersebut untuk durasi pemadaman dan banyaknya gangguan yang terjadi paling banyak bila dibandingkan penyulang yang lain, namun lamanya durasi gangguan yaitu pada penyulang Lalolang yakni CAIDI = 0,075 jam/gangguan. Dan sebaliknya yang memiliki indeks keandalan paling rendah berada pada penyulang Barru yakni nilai SAIFI = 0,068 gangguan/pelanggan dan SAIDI = 0,006 jam/pelanggan.

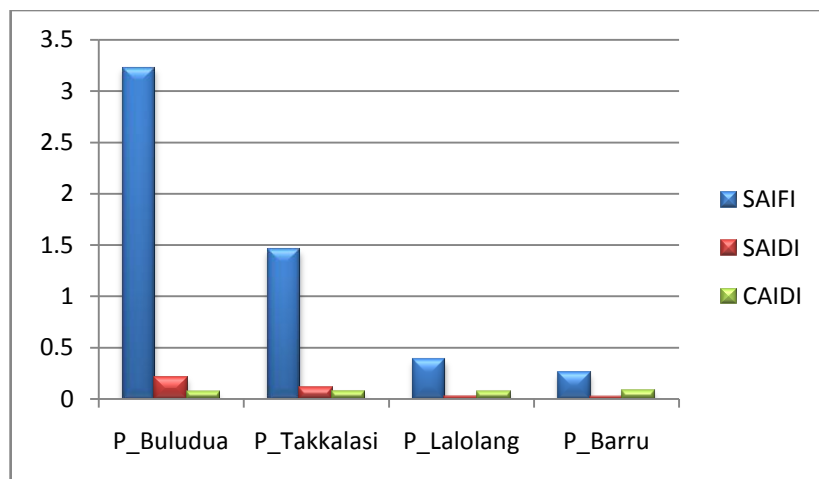
Tabel 4.3 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi ranting baru bulan Maret 2016

FMEA WORKSHEET								
No.	Nama Penyulang	Keandalan Dasar			Keandalan Sistem			
		$\lambda$ (kl/hr)	r (mnt/kl)	U (mnt/hr)	SAIFI (ggn/ plgn)	SAIDI (jm/ plggn)	CAIDI (jm/ ggn)	ASAI (%)
1	P_Buludua	0.645	0.066	0.043	3.225	0.215	0.066	99.999
2	P_Takkalasi	0.483	0.075	0.036	1.451	0.109	0.075	99.999
3	P_Lalolang	0.096	0.072	0.006	0.387	0.027	0.072	99.999
4	P_Barru	0.129	0.083	0.01	0.258	0.021	0.083	99.999
5	Jumlah	1.353	0.296	0.095	5.321	0.372	0.296	399.996
6	Rata-rata	0.3383	0.074	0.02375	1.33025	0.093	0.074	99.999

Pada tabel 4.3 menunjukkan hasil perhitungan indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem untuk sistem distribusi 20Kv ranting Barru pada bulan Maret 2016. Dimana diambil sampel perhitungan untuk penelitian tersebut adalah 1 gardu induk dengan membawahi 4 jumlah penyulang. Kemudian semua penyulang yang mengalami pemadaman untuk bulan maret 2016. Kemudian berdasarkan hasil

perhitungan tersebut diperoleh indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dilihat penyulang Buludua yang memiliki tingkat indeks keandalan tertinggi yakni SAIFI = 3,225 gangguan/pelanggan dan SAIDI = 0,215 jam/pelanggan, namun lamanya gangguan tertinggi pada penyulang Takkalasi yakni CAIDI = 0,075 jam/gangguan. Kemudian pada bulan tersebut diperoleh nilai rata-rata SAIFI = 1,330 gangguan/pelanggan, nilai rata-rata SAIDI = 0,093 jam/pelanggan dan rata-rata CAIDI = 0,093 jam/gangguan dengan rata-rata tingkat ketersediaan ASAI = 99,999%.

Sesuai pada tabel 4.3 dapat digambarkan dengan grafik SAIFI, SAIDI, dan CAIDI pada bulan Maret 2016 untuk melihat secara jelas perbedaan setiap penyulang.



Gambar 4.3 Indeks keandalan dasar SAIFI SAIDI dan CAIDI bulan Maret 2016

Dari gambar 4.3 terlihat yang memiliki indeks SAIFI dan SAIDI pada bulan Maret 2016 yang paling tinggi berada pada penyulang Buludua yakni nilai SAIFI = 3,225 gangguan/pelanggan dan SAIDI = 0,215 jam/pelanggan. Artinya pada kondisi



tersebut untuk durasi pemadaman dan banyaknya gangguan yang terjadi paling banyak bila dibandingkan penyulang yang lain. Dan sebaliknya yang memiliki indeks keandalan paling rendah berada pada penyulang Barru yakni nilai SAIFI = 0,258 gangguan/pelanggan dan SAIDI = 0,021 jam/pelanggan.

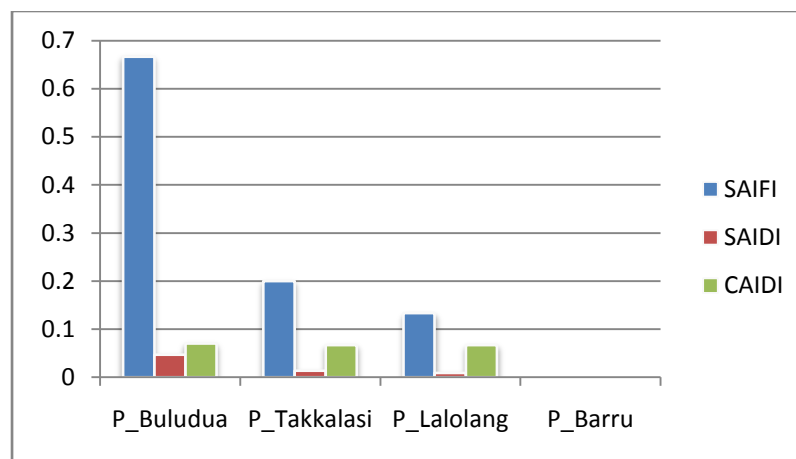
Tabel 4.4 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi ranting Barru bulan April 2016

FMEA WORKSHEET								
No.	Nama Penyulang	Keandalan Dasar			Keandalan Sistem			
		$\lambda$ (kl/hr)	r (mnt/kl)	U (mnt/hr)	SAIFI (ggn/ plgn)	SAIDI (jm/ plggn)	CAIDI (jm/ ggn)	ASAI (%)
1	P_Buludua	0.333	0.07	0.023	0.666	0.046	0.07	99.999
2	P_Takkalasi	0.1	0.066	0.006	0.2	0.0133	0.066	99.999
3	P_Lalolang	0.066	0.066	0.004	0.133	0.008	0.066	99.999
4	P_Barru	0	0	0	0	0	0	100
5	Jumlah	0.499	0.202	0.033	0.999	0.0673	0.202	399.997
6	Rata-rata	0.1248	0.0505	0.00825	0.24975	0.01683	0.0505	99.99925

Pada tabel 4.4 menunjukkan hasil perhitungan indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem untuk sistem distribusi 20Kv ranting Barru pada bulan April 2016. Dimana diambil sampel perhitungan untuk penelitian tersebut adalah 1 gardu induk dengan membawahi 4 jumlah penyulang. Kemudian semua penyulang yang mengalami pemadaman untuk bulan April 2016. Kemudian berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dilihat penyulang Buludua yang memiliki tingkat indeks keandalan tertinggi yakni SAIFI = 0,666 gangguan/pelanggan dan

SAIDI = 0,046 jam/pelanggan. Kemudian pada bulan tersebut diperoleh nilai rata-rata SAIFI = 0,25 gangguan/pelanggan dan nilai rata-rata SAIDI = 0,017 jam/pelanggan dengan rata-rata tingkat ketersediaan ASAI = 99,999%.

Sesuai pada tabel 4.4 dapat digambarkan dengan grafik SAIFI, SAIDI, dan CAIDI pada bulan April 2016 untuk melihat secara jelas perbedaan setiap penyulang.



Gambar 4.4 Indeks keandalan dasar SAIFI, SAIDI dan CAIDI bulan April 2016

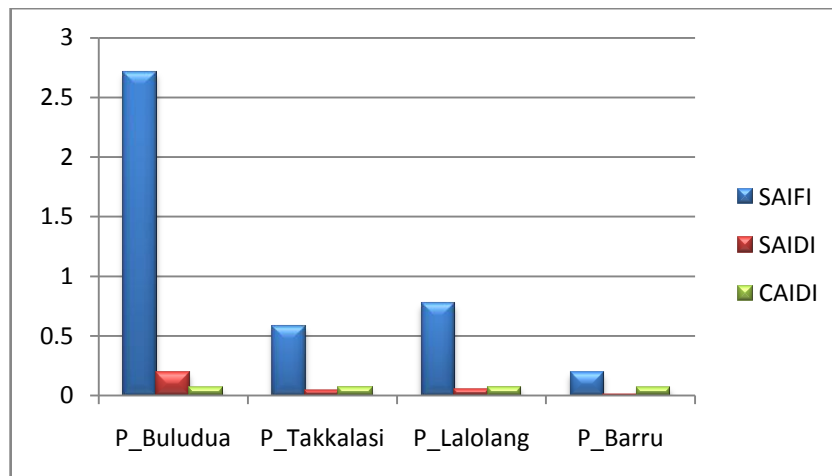
Dari gambar 4.4 terlihat yang memiliki indeks SAIFI dan SAIDI pada bulan April 2016 yang paling tinggi berada pada penyulang Buludua yakni nilai SAIFI = 0,666 gangguan/pelanggan dan SAIDI = 0,046 jam/pelanggan. Artinya pada kondisi tersebut untuk durasi pemadaman dan banyaknya gangguan yang terjadi paling banyak bila dibandingkan penyulang yang lain. Dan sebaliknya yang memiliki indeks keandalan paling rendah berada pada penyulang Barru yakni nilai SAIFI = 0 gangguan/pelanggan, SAIDI = 0 jam/pelanggan dan CAIDI = 0 jam/gangguan.

Tabel 4.5 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi ranting barru bulan Mei 2016

FMEA WORKSHEET								
No.	Nama Penyulang	Keandalan Dasar			Keandalan Sistem			
		$\lambda$ (kl/hr)	r (mnt/kl)	U (mnt/hr)	SAIFI (ggn/ plgn)	SAIDI (jm/ plggn)	CAIDI (jm/ ggn)	ASAI (%)
1	P_Buludua	0.387	0.069	0.026	2.709	0.188	0.069	99.999
2	P_Takkalasi	0.193	0.072	0.013	0.58	0.041	0.072	99.999
3	P_Lalolang	0.193	0.072	0.013	0.774	0.055	0.072	99.999
4	P_Barru	0.064	0.066	0.004	0.193	0.0128	0.066	99.999
5	Jumlah	0.837	0.279	0.056	4.256	0.2968	0.279	399.996
6	Rata-rata	0.2093	0.06975	0.014	1.064	0.0742	0.06975	99.999

Pada tabel 4.5 menunjukkan hasil perhitungan indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem untuk sistem distribusi 20Kv ranting Barru pada bulan Mei 2016. Dimana diambil sampel perhitungan untuk penelitian tersebut adalah 1 gardu induk dengan membawahi 4 jumlah penyulang. Kemudian semua penyulang yang mengalami pemadaman untuk bulan Mei 2016. Kemudian berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dilihat penyulang Buludua yang memiliki tingkat indeks keandalan tertinggi yakni SAIFI = 2,709 gangguan/pelanggan, SAIDI = 0,188 jam/pelanggan. Kemudian pada bulan tersebut diperoleh nilai rata-rata SAIFI = 1,064 gangguan/pelanggan, nilai rata-rata SAIDI = 0,074 jam/pelanggan dan nilai rata-rata CAIDI = 0,070 jam/gangguan dengan rata-rata tingkat ketersediaan ASAI = 99,999%.

Sesuai pada tabel 4.5 dapat digambarkan dengan grafik SAIFI SAIDI dan CAIDI pada bulan Mei 2016 untuk melihat secara jelas perbedaan setiap penyulang.



Gambar 4.5 Indeks keandalan dasar SAIFI SAIDI dan CAIDI bulan Mei 2016

Dari gambar 4.5 terlihat yang memiliki indeks SAIFI SAIDI dan CAIDI pada bulan Mei 2016 yang paling tinggi berada pada penyulang Buludua yakni nilai SAIFI = 2,709 gangguan/pelanggan, SAIDI = 0,188 jam/pelanggan dan CAIDI = 0,069 jam/gangguan. Artinya pada kondisi tersebut untuk durasi pemadaman dan banyaknya gangguan yang terjadi paling banyak bila dibandingkan penyulang yang lain. Dan sebaliknya yang memiliki indeks keandalan paling rendah berada pada penyulang Barru yakni nilai SAIFI = 0,193 gangguan/pelanggan dan SAIDI = 0,012 jam/pelanggan.

Tabel 4.6 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi ranting Barru bulan Juni 2016

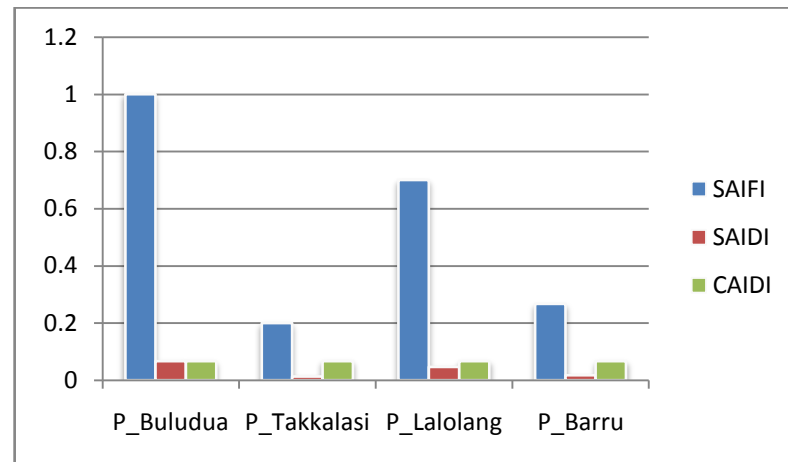
FMEA WORKSHEET								
No.	Nama Penyulang	Keandalan Dasar			Keandalan Sistem			
		$\lambda$ (kl/hr)	r (mnt/kl)	U (mnt/hr)	SAIFI (ggn/ plgn)	SAIDI (jm/ plggn)	CAIDI (jm/ ggn)	ASAI (%)
1	P_Buludua	0.166	0.066	0.011	1	0.066	0.066	99.999

Tabel 4.6 (lanjutan)

2	P_Takkalasi	0.1	0.066	0.006	0.2	0.013	0.066	99.999
3	P_Lalolang	0.233	0.066	0.015	0.7	0.046	0.066	99.999
4	P_Barru	0.133	0.066	0.008	0.266	0.017	0.066	99.999
5	Jumlah	0.632	0.264	0.04	2.166	0.142	0.264	399.996
6	Rata-rata	0.158	0.066	0.01	0.5415	0.0355	0.066	99.999

Pada tabel 4.6 menunjukkan hasil perhitungan indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem untuk sistem distribusi 20Kv ranting Barru pada bulan Juni 2016. Dimana diambil sampel perhitungan untuk penelitian tersebut adalah 1 gardu induk dengan membawahi 4 jumlah penyulang. Kemudian semua penyulang yang mengalami pemadaman untuk bulan Juni 2016. Kemudian berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dilihat penyulang Buludua yang memiliki tingkat indeks keandalan tertinggi yakni SAIFI = 1 gangguan/pelanggan dan SAIDI = 0,066 jam/pelanggan. Kemudian pada bulan tersebut diperoleh nilai rata-rata SAIFI = 0,541 gangguan/pelanggan nilai rata-rata SAIDI = 0,036 jam/pelanggan dan CAIDI = 0,066 jam/gangguan dengan rata-rata tingkat ketersediaan ASAI = 99,999%.

Sesuai pada tabel 4.6 dapat digambarkan dengan grafik SAIFI SAIDI dan CAIDI pada bulan Juni 2016 untuk melihat secara jelas perbedaan setiap penyulang.



Gambar 4.6 Indeks keandalan dasar SAIFI SAIDI dan CAIDI bulan Juni 2016

Dari gambar 4.6 terlihat yang memiliki indeks SAIFI dan SAIDI pada bulan Juni 2016 yang paling tinggi berada pada penyulang Lalolang yakni nilai SAIFI = 1 gangguan/pelanggan artinya pada kondisi tersebut untuk durasi pemadaman terjadi pada penyulang Buludua dan SAIDI = 0,066 jam/pelanggan sehingga banyaknya gangguan yang terjadi paling banyak bila dibandingkan penyulang yang lain. Dan sebaliknya yang memiliki indeks keandalan paling rendah berada pada penyulang Takkalasi yakni nilai SAIFI = 0,2 gangguan/pelanggan dan indeks SAIDI paling rendah pada penyulang Barru yakni SAIDI = 0,01 jam/pelanggan.

Tabel 4.7 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi ranting Barru bulan Juli 2016

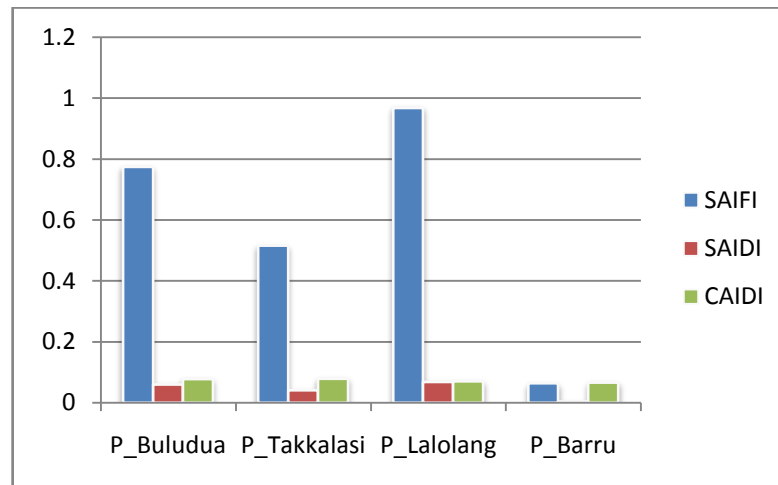
FMEA WORKSHEET								
No.	Nama Penyulang	Keandalan Dasar			Keandalan Sistem			
		$\lambda$ (kl/hr)	r (mnt/kl)	U (mnt/hr)	SAIFI (ggn/ plgn)	SAIDI (jm/ plggn)	CAIDI (jm/ ggn)	ASAI (%)
1	P_Buludua	0.387	0.077	0.03	0.774	0.06	0.077	99.999
2	P_Takkalasi	0.258	0.079	0.02	0.516	0.04	0.079	99.999

Tabel 4.7 (lanjutan)

3	P_Lalolang	0.322	0.07	0.022	0.967	0.067	0.07	99.999
4	P_Barru	0.032	0.066	0.002	0.064	0.004	0.066	99.999
5	Jumlah	0.999	0.292	0.074	2.321	0.171	0.292	399.996
6	Rata-rata	0.2498	0.073	0.0185	0.58025	0.04275	0.073	99.999

Pada tabel 4.7 menunjukkan hasil perhitungan indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem untuk sistem distribusi 20Kv ranting Barru pada bulan Juli 2016. Dimana diambil sampel perhitungan untuk penelitian tersebut adalah 1 gardu induk dengan membawahi 4 jumlah penyulang. Kemudian semua penyulang yang mengalami pemadaman untuk bulan Juli 2016. Kemudian berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dilihat penyulang Lalolang yang memiliki tingkat indeks keandalan tertinggi yakni SAIFI = 0,96 gangguan/pelanggan dan indek keandalan SAIDI paling tinggi berada pada penyulang Buludua yakni SAIDI = 0,060 jam/pelanggan, namun indeks keadalan lamanya gangguan terdapat pada penyulang Takkalasi yakni CAIDI = 0,079 jam/gangguan. Kemudian pada bulan tersebut diperoleh nilai rata-rata SAIFI = 0,58 gangguan/pelanggan, nilai rata-rata SAIDI = 0,043 jam/pelanggan dan nilai rata-rata CAIDI = 0,073 jam/gangguan dengan rata-rata tingkat ketersediaan ASAI = 99,999%.

Sesuai pada tabel 4.7 dapat digambarkan dengan grafik SAIFI SAIDI dan CAIDI pada bulan Juli 2016 untuk melihat secara jelas perbedaan setiap penyulang.



Gambar 4.7 Indeks keandalan dasar SAIFI SAIDI dan CAIDI bulan Juli 2016

Dari gambar 4.7 terlihat yang memiliki indeks SAIFI dan SAIDI pada bulan Juli 2016 yang paling tinggi berada pada penyulang Lalolang yakni nilai SAIFI = 0,967 gangguan/pelanggan artinya pada kondisi tersebut untuk durasi pemadaman paling tinggi berada pada penyulang Lalolang dan indeks keandalan SAIDI paling tinggi berada pada penyulang Buludua yakni SAIDI = 0,060 jam/pelanggan sehingga banyaknya gangguan yang terjadi paling banyak bila dibandingkan penyulang yang lain. Dan sebaliknya yang memiliki indeks keandalan paling rendah berada pada penyulang Barru yakni nilai SAIFI = 0,064 gangguan/pelanggan dan indeks SAIDI paling rendah pada penyulang Barru yakni SAIDI = 0,004 jam/pelanggan.

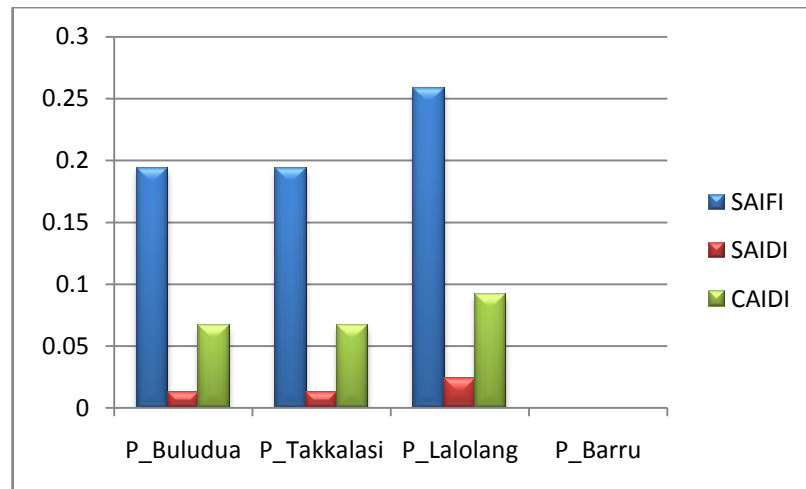
Tabel 4.8 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi ranting Barru bulan Agustus 2016



FMEA WORKSHEET								
No.	Nama Penyulang	Keandalan Dasar			Keandalan Sistem			
		$\lambda$ (kl/hr)	r (mnt/kl)	U (mnt/hr)	SAIFI (ggn/ plgn)	SAIDI (jm/ plggn)	CAIDI (jm/ ggn)	ASAI (%)
1	P_Buludua	0.096	0.066	0.006	0.193	0.012	0.066	99.999
2	P_Takkalasi	0.096	0.066	0.006	0.193	0.012	0.066	99.999
3	P_Lalolang	0.129	0.091	0.011	0.258	0.023	0.091	99.999
4	P_Barru	0	0	0	0	0	0	100
5	Jumlah	0.321	0.223	0.023	0.644	0.047	0.223	399.997
6	Rata-rata	0.0803	0.05575	0.00575	0.161	0.01175	0.05575	99.99925

Pada tabel 4.8 menunjukkan hasil perhitungan indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem untuk sistem distribusi 20Kv ranting Barru pada bulan Agustus 2016. Dimana diambil sampel perhitungan untuk penelitian tersebut adalah 1 gardu induk dengan membawahi 4 jumlah penyulang. Kemudian semua penyulang yang mengalami pemadaman untuk bulan Agustus 2016. Kemudian berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dilihat penyulang Lalolang yang memiliki tingkat indeks keandalan tertinggi yakni SAIFI = 0,258gangguan/pelanggan, CAIDI = 0,091 jam/gangguan dan indek keandalan SAIDI = 0,091 jam/pelanggan. Kemudian pada bulan tersebut diperoleh nilai rata-rata SAIFI = 0,161 gangguan/pelanggan, nilai rata-rata SAIDI = 0,012 jam/pelanggan dan nilai rata-rata CAIDI = 0,056 jam/gangguan dengan rata-rata tingkat ketersediaan ASAI = 99,999%.

Sesuai pada tabel 4.8 dapat digambarkan dengan grafik SAIFI SAIDI dan CAIDI pada bulan Agustus 2016 untuk melihat secara jelas perbedaan setiap penyulang.



Gambar 4.8 Indeks keandalan dasar SAIFI SAIDI dan CAIDI bulan Agustus 2016

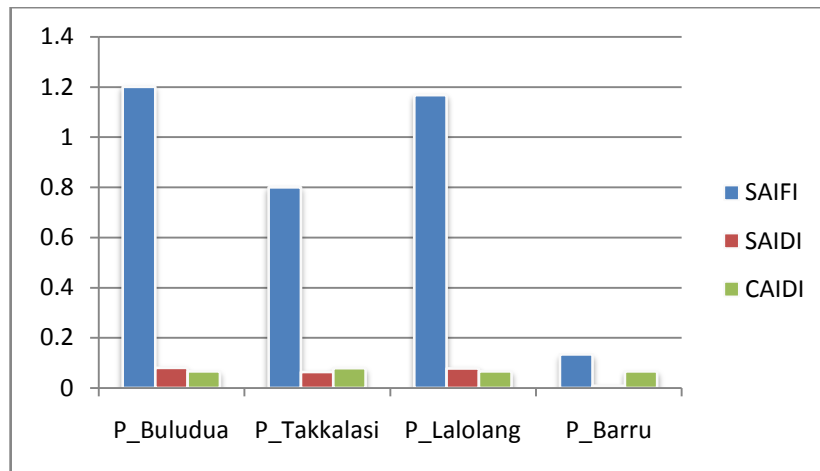
Dari gambar 4.8 terlihat yang memiliki indeks SAIFI dan SAIDI pada bulan Agustus 2016 yang paling tinggi berada pada penyulang Lalolang yakni nilai SAIFI = 0,258 gangguan/pelanggan artinya pada kondisi tersebut untuk durasi pemadaman paling tinggi berada pada penyulang Lalolang dan indeks keandalan SAIDI paling tinggi berada pada penyulang Buludua yakni SAIDI = 0,012 jam/pelanggan sehingga banyaknya gangguan yang terjadi paling banyak bila dibandingkan penyulang yang lain. Dan sebaliknya yang memiliki indeks keandalan paling rendah berada pada penyulang Barru yakni nilai SAIFI = 0 gangguan/pelanggan SAIDI = 0 jam/pelanggan dan CAIDI = 0 jam/jangguan.

Tabel 4.9 Hasil perhitungan indeks keadalan distribusi ranting Barru bulan September 2016

FMEA WORKSHEET								
No.	Nama Penyulang	Keandalan Dasar			Keandalan Sistem			
		$\lambda$ (kl/hr)	r (mnt/kl)	U (mnt/hr)	SAIFI (ggn/ plgn)	SAIDI (jm/ plggn)	CAIDI (jm/ ggn)	ASAI (%)
1	P_Buludua	0.4	0.066	0.026	1.2	0.08	0.066	99.999
2	P_Takkalasi	0.266	0.079	0.021	0.8	0.063	0.079	99.999
3	P_Lalolang	0.233	0.066	0.015	1.166	0.077	0.066	99.999
4	P_Barru	0.066	0.066	0.004	0.133	0.008	0.066	99.999
5	Jumlah	0.965	0.277	0.066	3.299	0.228	0.277	399.996
6	Rata-rata	0.2413	0.06925	0.0165	0.82475	0.057	0.06925	99.999

Pada tabel 4.9 menunjukkan hasil perhitungan indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem untuk sistem distribusi 20Kv ranting Barru pada bulan Agustus 2016. Dimana diambil sampel perhitungan untuk penelitian tersebut adalah 1 gardu induk dengan membawahi 4 jumlah penyulang. Kemudian semua penyulang yang mengalami pemadaman untuk bulan Agustus 2016. Kemudian berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dilihat penyulang Buludua yang memiliki tingkat indeks keandalan tertinggi yakni SAIFI = 1,2 gangguan/pelanggan dan SAIDI = 0,08 jam/pelanggan, namun indeks lamanya gangguan terdapat pada penyulang Takkalasi yakni CAIDI = 0,079 jam/gangguan. Kemudian pada bulan tersebut diperoleh nilai rata-rata SAIFI = 0,825 gangguan/pelanggan, nilai rata-rata SAIDI = 0,057 jam/pelanggan dan nilai rata-rata CAIDI = 0,069 jam/gangguan dengan rata-rata tingkat ketersediaan ASAI = 99,999%.

Sesuai pada tabel 4.9 dapat digambarkan dengan grafik SAIFI SAIDI dan CAIDI pada bulan September 2016 untuk melihat secara jelas perbedaan setiap penyulang.



Gambar 4.9 Indeks keandalan dasar SAIFI SAIDI dan CAIDI bulan September 2016

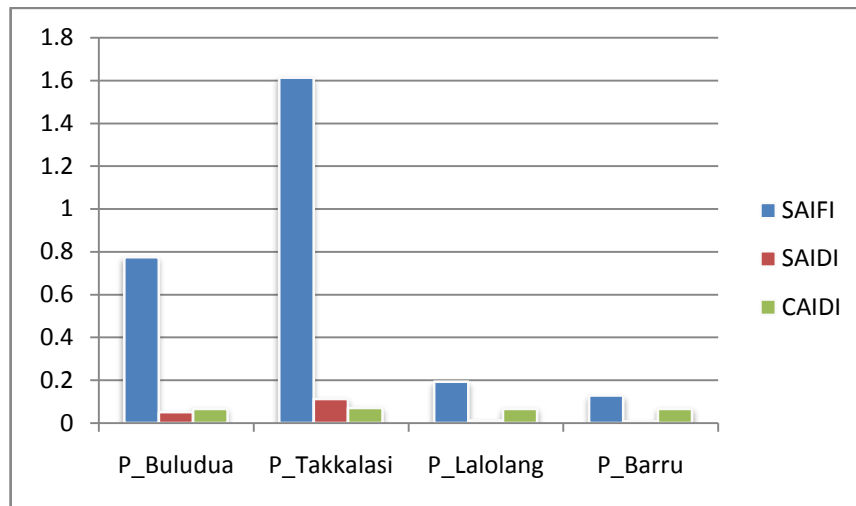
Dari gambar 4.9 terlihat yang memiliki indeks SAIFI dan SAIDI pada bulan September 2016 yang paling tinggi berada pada penyulang Buludua yakni nilai SAIFI = 1,2 gangguan/pelanggan dan SAIDI = 0,08 jam/pelanggan artinya pada kondisi tersebut untuk durasi pemadaman dan banyaknya gangguan paling tinggi berada pada penyulang Buludua bila dibandingkan penyulang yang lain. Dan sebaliknya yang memiliki indeks keandalan paling rendah berada pada penyulang Barru yakni nilai SAIFI = 0,133 gangguan/pelanggan SAIDI = 0,229 jam/pelanggan dan CAIDI = 0,066 jam/jangguan.

Tabel 4.10 Hasil perhitungan indeks keadalan distribusi ranting Barru bulan Oktober 2016

FMEA WORKSHEET								
No.	Nama Penyulang	Keandalan Dasar			Keandalan Sistem			
		$\lambda$ (kl/hr)	r (mnt/kl)	U (mnt/hr)	SAIFI (ggn/ plgn)	SAIDI (jm/ plggn)	CAIDI (jm/ ggn)	ASAI (%)
1	P_Buludua	0.096	0.066	0.006	0.774	0.051	0.066	99.999
2	P_Takkalasi	0.322	0.07	0.022	1.612	0.112	0.07	99.99
3	P_Lalolang	0.096	0.066	0.006	0.193	0.012	0.066	99.999
4	P_Barru	0.064	0.066	0.004	0.129	0.008	0.066	99.999
5	Jumlah	0.578	0.268	0.038	2.708	0.183	0.268	399.987
6	Rata-rata	0.1445	0.067	0.0095	0.677	0.04575	0.067	99.99675

Pada tabel 4.10 menunjukkan hasil perhitungan indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem untuk sistem distribusi 20Kv ranting Barru pada bulan Oktober 2016. Dimana diambil sampel perhitungan untuk penelitian tersebut adalah 1 gardu induk dengan membawahi 4 jumlah penyulang. Kemudian semua penyulang yang mengalami pemadaman untuk bulan agustus 2016. Kemudian berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dilihat penyulang Takkalasi yang memiliki tingkat indeks keandalan tertinggi yakni SAIFI = 1,612 gangguan/pelanggan, SAIDI = 0,112 jam/pelanggan dan CAIDI = 0,07 jam/gangguan. Kemudian pada bulan tersebut diperoleh nilai rata-rata SAIFI = 0,677 gangguan/pelanggan, nilai rata-rata SAIDI = 0,046 jam/pelanggan dan nilai rata-rata CAIDI = 0,067 jam/gangguan dengan rata-rata tingkat ketersediaan ASAI = 99,999%.

Sesuai pada tabel 4.10 dapat digambarkan dengan grafik SAIFI SAIDI dan CAIDI pada bulan Oktober 2016 untuk melihat secara jelas perbedaan setiap penyulang.



Gambar 4.10 Indeks keandalan dasar SAIFI SAIDI dan CAIDI bulan Oktober 2016

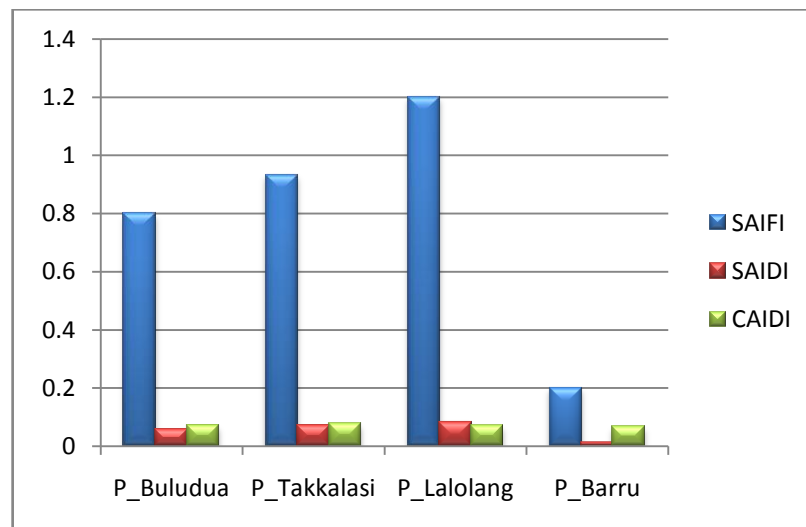
Dari gambar 4.10 terlihat yang memiliki indeks SAIFI dan SAIDI pada bulan Oktober 2016 yang paling tinggi berada pada penyulang Takkalasi yakni nilai SAIFI = 1,612 gangguan/pelanggan dan SAIDI = 0,112 jam/pelanggan artinya pada kondisi tersebut untuk durasi pemadaman dan banyaknya gangguan paling tinggi berada pada penyulang Takkalasi bila dibandingkan penyulang yang lain. Dan sebaliknya yang memiliki indeks keandalan paling rendah berada pada penyulang Barru yakni nilai SAIFI = 0,129 gangguan/pelanggan SAIDI = 0,008 jam/pelanggan dan CAIDI = 0,066 jam/jangguan.

Tabel 4.11 Hasil perhitungan indeks keadalan distribusi ranting Barru bulan November 2016

FMEA WORKSHEET								
No.	Nama Penyulang	Keandalan Dasar			Keandalan Sistem			
		$\lambda$ (kl/hr)	r (mnt/kl)	U (mnt/hr)	SAIFI (ggn/ plgn)	SAIDI (jm/ plggn)	CAIDI (jm/ ggn)	ASAI (%)
1	P_Buludua	0.4	0.072	0.028	0.8	0.057	0.072	99.999
2	P_Takkalasi	0.233	0.076	0.017	0.933	0.071	0.076	99.999
3	P_Lalolang	0.4	0.069	0.027	1.2	0.083	0.069	99.99
4	P_Barru	0.066	0.066	0.004	0.2	0.013	0.066	99.999
5	Jumlah	1.099	0.283	0.076	3.133	0.224	0.283	399.987
6	Rata-rata	0.2748	0.07075	0.019	0.78325	0.056	0.07075	99.99675

Pada tabel 4.11 menunjukkan hasil perhitungan indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem untuk sistem distribusi 20Kv ranting Barru pada bulan November 2016. Dimana diambil sampel perhitungan untuk penelitian tersebut adalah 1 gardu induk dengan membawahi 4 jumlah penyulang. Kemudian semua penyulang yang mengalami pemadaman untuk bulan Agustus 2016. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dilihat penyulang Lalolang yang memiliki tingkat indeks keandalan tertinggi yakni SAIFI = 1,2 gangguan/pelanggan dan SAIDI = 0,083 jam/pelanggan namun durasi lamanya gangguan berada pada penyulang Takkalasi CAIDI = 0,076 jam/gangguan. Kemudian pada bulan tersebut diperoleh nilai rata-rata SAIFI = 0,783 gangguan/pelanggan, nilai rata-rata SAIDI = 0,056 jam/pelanggan dan nilai rata-rata CAIDI = 0,071 jam/gangguan dengan rata-rata tingkat ketersediaan ASAI = 99,999%.

Sesuai pada tabel 4.11 dapat digambarkan dengan grafik SAIFI SAIDI dan CAIDI pada bulan November 2016 untuk melihat secara jelas perbedaan setiap penyulang.



Gambar 4.11 Indeks keandalan dasar SAIFI SAIDI dan CAIDI bulan november 2016

Dari gambar 4.11 terlihat yang memiliki indeks SAIFI dan SAIDI pada bulan November 2016 yang paling tinggi berada pada penyulang Lalolang yakni nilai SAIFI = 1,2 gangguan/pelanggan dan SAIDI = 0,083 jam/pelanggan artinya pada kondisi tersebut untuk durasi pemadaman dan banyaknya gangguan paling tinggi berada pada penyulang Takkalasi bila dibandingkan penyulang yang lain. Namun durasi lamanya gangguan berada pada penyulang Takkalasi yakni CAIDI = 0,076 jam/gangguan. Dan sebaliknya yang memiliki indeks keandalan paling rendah berada pada penyulang Barru yakni nilai SAIFI = 0,2 gangguan/pelanggan SAIDI = 0,013 jam/pelanggan dan CAIDI = 0,066 jam/jangguan.

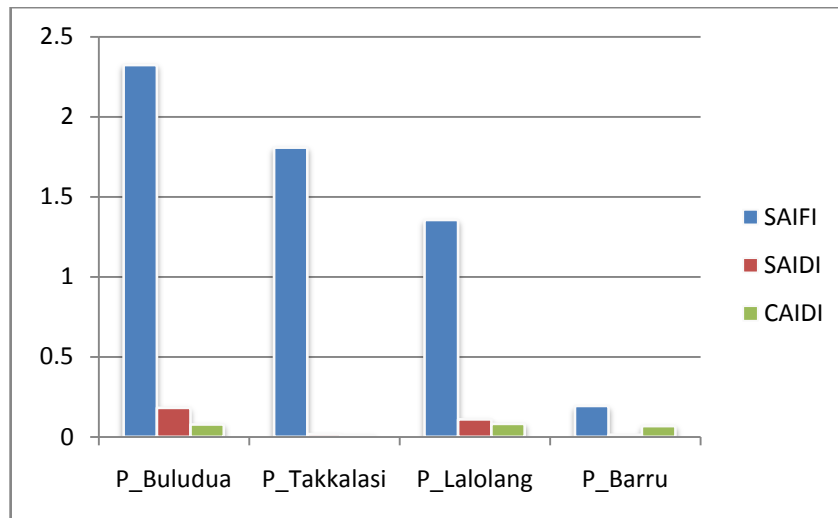
Tabel 4.12 Hasil perhitungan indeks keandalan distribusi ranting Barru bulan Desember 2016



FMEA WORKSHEET								
No.	Nama Penyulang	Keandalan Dasar			Keandalan Sistem			
		$\lambda$ (kl/hr)	r (mnt/kl)	U (mnt/hr)	SAIFI (ggn/ plgn)	SAIDI (jm/ plggn)	CAIDI (jm/ ggn)	ASAI (%)
1	P_Buludua	0.387	0.077	0.03	2.322	0.18	0.077	99.999
2	P_Takkalasi	0.451	0.009	0.004	1.806	0.017	0.009	99.999
3	P_Lalolang	0.451	0.08	0.036	1.354	0.109	0.08	99.999
4	P_Barru	0.064	0.066	0.004	0.193	0.012	0.066	99.999
5	Jumlah	1.353	0.232	0.074	5.675	0.318	0.232	399.996
6	Rata-rata	0.3383	0.058	0.0185	1.41875	0.0795	0.058	99.999

Pada tabel 4.12 menunjukkan hasil perhitungan indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem untuk sistem distribusi 20Kv ranting Barru pada bulan Desember 2016. Dimana diambil sampel perhitungan untuk penelitian tersebut adalah 1 gardu induk dengan membawahi 4 jumlah penyulang. Kemudian semua penyulang yang mengalami pemadaman untuk bulan Desember 2016. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh indeks keandalan dasar dan indeks keandalan sistem. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dilihat penyulang Buludua yang memiliki tingkat indeks keandalan tertinggi yakni SAIFI = 2,32 gangguan/pelanggan dan SAIDI = 0,180 jam/pelanggan namun durasi lamanya gangguan berada pada penyulang Lalolang yakni CAIDI = 0,080 jam/gangguan. Kemudian pada bulan tersebut diperoleh nilai rata-rata SAIFI = 1,419 gangguan/pelanggan, nilai rata-rata SAIDI = 0,080 jam/pelanggan dan nilai rata-rata CAIDI = 0,058 jam/gangguan dengan rata-rata tingkat ketersediaan ASAI = 99,999%.

Sesuai pada tabel 4.12 dapat digambarkan dengan grafik SAIFI SAIDI dan CAIDI pada bulan Desember 2016 untuk melihat secara jelas perbedaan setiap penyulang.



Gambar 4.12 Indeks keandalan dasar SAIFI SAIDI dan CAIDI bulan Desember 2016

Dari gambar 4.12 terlihat yang memiliki indeks SAIFI dan SAIDI pada bulan Desember 2016 yang paling tinggi berada pada penyulang Buludua yakni nilai SAIFI = 2,322 gangguan/pelanggan dan SAIDI = 0,180 jam/pelanggan artinya pada kondisi tersebut untuk durasi pemadaman dan banyaknya gangguan paling tinggi berada pada penyulang Buludua bila dibandingkan penyulang yang lain. Namun durasi lamanya gangguan berada pada penyulang Lalolang yakni CAIDI = 0,080 jam/gangguan. Dan sebaliknya yang memiliki indeks keandalan paling rendah berada pada penyulang Barru yakni nilai SAIFI = 0,193 gangguan/pelanggan SAIDI = 0,012 jam/pelanggan dan CAIDI = 0,066 jam/jangguan.

Tabel 4.13 hasil perhitungan indeks keandalan rata-rata penyulang GI Barru selama tahun 2016.

Tabel Rata-rata indeks keandalan penyulang / Tahun					
No .	Nama Penyulang	SAIFI (ggn/thn)	SAIDI (jm/thn)	CAIDI (jm/thn)	ASAI (%/thn)
1	P_Buludua	1.532	0.108	0.07	99.999
2	P_Takkalasi	0.763	0.046	0.066	99.999
3	P_Lalolang	0.695	0.05	0.072	99.999
4	P_Barru	0.149	0.01	0.059	99.999
5	Jumlah	3.139	0.214	0.267	399.996
6	Total Rata-rata	0.78475	0.0535	0.06675	99.999

Dari hasil perhitungan nilai indeks keandalan paling tinggi ditunjukkan oleh penyulang Buludua dengan nilai rata-rata SAIFI = 1,532 gangguan /pelanggan/tahun dan SAIDI = 0,108 jam/pelanggan/tahun dengan tingkat ketersediaan paling tinggi diperlihatkan oleh semua penyulang dengan mencapai ASAI = 99.999% /tahun.

## B. Pembahasan

### 1. Analisis hasil perhitungan

Sistem jaringan distribusi yang ada pada PT. PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting Barru. Keandalan dalam sistem distribusi adalah suatu ukuran ketersediaan tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke pemakai/pelanggan. Keandalan sistem distribusi sangat dipengaruhi oleh konfigurasi sistem, peralatan yang dipasang, dan sistem operasinya, konfigurasi yang tepat, peralatan yang handal serta pengoprasian sistem akan memberikan penampilan sistem distribusi yang baik. Tingkat keandalan dari sistem distribusi diukur dari sejauh mana penyaluran tenaga

listrik dapat berlangsung secara kontinyu kepada pelanggan tanpa perlu terjadi pemadaman.

Sistem yang mempunyai keandalan tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem yang mempunyai keandalan rendah bila tingkat ketersediaan tenaganya rendah yaitu sering padam. Tingkat keandalan dari sistem distribusi diukur dari sejauh mana penyaluran tenaga listrik dapat berlangsung secara kontinyu kepada pelanggan tanpa perlu adanya pemadaman. Yang dikatakan andal jika apabila telah berbuat dan bekerja sesuai ketentuan dan harapan. Sebaliknya tidak andal apabila sesuatu tidak memenuhi harapan dan ketentuan dalam hal ini kegagalan. Jadi ukuran keandalan dapat dinyatakan sebagai seberapa sering sistem mengalami pemadaman berapa lama pemadaman terjadi dan berapa cepat waktu yang di butuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi.

Keandalan kinerja sistem distribusi bertujuan agar tenaga listrik dapat terdistribusi dengan baik kepada setiap konsumen. Besaran indeks yang dapat menilai baik tidaknya sistem distribusi listrik adalah angka (*the sistem average interruption duration index*) SAIDI dan (*the average interruption frequency index*) SAIFI. Maka, semakin kecil indeks SAIDI dan SAIFI-nya akan semakin baik pula keandalan kinerja sistem distribusi. Nilai SAIFI dalam priode 1 tahun (januari-desember 2016) menunjukkan bahwa pada bulan desember 2016 mengalami peningkatan nilai SAIFI perhitungan =1,419 gangguan/pelanggan dibandingkan bulan lain diakibatkan bahwa pada bulan tersebut tingkat gangguan yang terjadi cukup meningkat. Kemudian nilai SAIDI dalam periode 1 tahun (januari 2016 – desember

2016) menunjukkan bahwa pada bulan desember 2016 mengalami peningkatan nilai SAIDI perhitungan = 0,080 jam/pelanggan dibandingkan bulan lain diakibatkan bahwa pada bulan tersebut tingkat durasi pemadaman yang terjadi cukup meningkat. Nilai CAIDI dalam priode 1 tahun (tahun 2016-desember 2016) menunjukkan bahwa pada bulan februari 2016 mengalami peningkatan nilai CAIDI perhitungan 4,6560 dibandingkan bulan lain di akibatkan bahwa pada bulan tersebut durasi gangguan yang terjadi cukup meningkat. Nilai ASAI dalam priode 1 tahun (januari sampai desember 2016) menunjukkan bahwa pada bulan januari-desember 2016 tingkat ketersediaan sangat memadai dalam memenuhi kebutuhan pelanggan.

## 2. jenis gangguan sistem distribusi

Saluran udara tegangan menengah maupun tegangan rendah dengan kawat terbuka merupakan saluran yang paling rawan terhadap gangguan external, yaitu gangguan yang diakibatkan dari luar sistem itu sendiri. Gangguan dapat dikategorikan menjadi 2 jenis, yakni gangguan sesaat (*temporer*) dan gangguan permanen.

Gangguan sesaat merupakan gangguan yang dapat hilang dengan sendirinya pada saat beroperasinya alat pengaman distribusi seperti penutup balik otomatis (*recloser*) atau sectionaliser, contohnya adalah karena sentuhan pohon yang terangkat kembali karena hembusan angin. Menurut waktunya, dapat dikatakan dalam gangguan temporer sesaat adalah jika waktu gangguan dibawah < 1 menit.

Sedangkan gangguan permanen merupakan gangguan yang tidak dapat hilang dengan sendirinya. Contohnya adalah seperti kawat putus, gangguan karena isolator

bocor dan peralatan lain, kegagalan LA (*lightning arrester*), dan lain. Untuk waktunya, gangguan dengan waktu penormalan kembali > 5 menit maka di kategorikan sebagai gangguan permanen. Gangguan dapat di sebabkan dari peralatan, manusia, hewan, alam, pohon, layang-layang, dan tidak di ketemuan/tidak jelas penyebabnya.

Jumlah dan macam gangguan sistem distribusi PT. PLN (persero) cabang parepare ranting Barru diambil dari data evaluasi operasi mulai dari bulan januari 2016 sampai dengan desember 2016. Berdasarkan data tersebut, ternyata terdapat berbagai jenis penyebab gangguan yang terjadi dalam sistem distribusi PT.PLN (persero) cabang parepare ranting Barru, yakni yang berasal dari peralatan, peralatan, manusia, hewan, alam, pohon, layang-layang, dan tidak diketemukan/tidak jelas penyebabnya.

Tabel 4.14 penyebab gangguan dan jumlah gangguan

No.	BULAN	Penyebab Gangguan										Jumlah total
		Penyebab Internal					Penyebab Eksternal					
		Komponen JTM	Peralatan JTM	Gardu dan lainnya	Tiang	Jumlah	Pohon	Bencana alam	Binatang	Layang-layang	Jumlah	
1	Januari	0	0	0	0	0	0	1	3	2	6	6
2	Februari	1	0	0	0	1	1	0	0	3	4	5
3	Maret	1	2	0	0	3	0	0	5	5	10	13
4	April	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
5	Mei	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3	3

Tabel 4.14 (lanjutan)

6	Juni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Juli	2	1	0	0	3	0	3	0	2	5	8
8	Agustus	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3
9	September	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	3
10	Oktober	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
11	November	2	0	0	0	2	0	1	0	2	3	5
12	Desember	0	1	0	0	1	0	10	1	1	12	13

Sumber: [PT. PLN (persero) cabang parepare ranting Barru]

### 3. Solusi untuk memperbaiki indeks keandalan

Banyaknya gangguan baik gangguan temporer maupun gangguan permanen disebabkan oleh cuaca buruk selain itu faktor lain yang menyebabkan tingginya jumlah gangguan adalah jaringan yang kotor dan membutuhkan perawatan dan pemeliharaan terutama pohon-pohon yang sudah tinggi yang hampir kena jaringan dan peralatan-peralatan JTM yang sudah berumur cukup tua yang membutuhkan pemeliharaan rutin serta membutuhkan penggantian jika tidak memungkinkan untuk dipelihara menyuplai beban jika terjadi daya pada salah satu gardu induk untuk melakukan manuver beban atau daya yang dibutuhkan dilakukan express feeder yaitu suatu saluran yang bebas atau langsung disuplai dari gardu distribusi.

Untuk memenuhi target PLN tersebut maka pada penyulang-peyulang dengan keandalan rendah perlu dilakukan adalah dengan penambahan recloser yang dapat berfungsi untuk melokalisir jaringan terganggu sehingga berpengaruh dalam memperkecil SAIDI dan SAIFI. Kemudian recloser yang harus dipasang tersebut

harus recloser control yang penempatan terpusat dipusat kontrol distribusi sehingga memudahkan bagian operator langsung dalam mengatasi pemadaman tidak langsung ke lapangan namun hanya dipusat kontrol yang difungsikan sehingga permasalahan pemadaman dengan cepat dapat diatasi sehingga berpengaruh dalam memperkecil nilai SAIDI dan SAIFI.



## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

1. Dari perbandingan antara hasil perhitungan indeks keandalan FMEA dengan standar PT.PLN dan standar IEEE std 1366-2003 dapat dinilai sebagai berikut:
  - Hasil indeks keandalan SAIFI = 0.784 kali/pelanggan/tahun sedangkan untuk indeks keandalan SAIFI IEEE yaitu 1.45 dan indeks keandalan SPLN 68 - 2 : 1986 untuk mewujudkan *World Class Service* (WCS) SAIFI = 3,2 kali/pelanggan/tahun, artinya PT.PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting baru dapat dikatakan andal.
  - Hasil indeks keandalan SAIDI = 0,053 jam/pelanggan/tahun sedangkan untuk indeks keandalan SAIDI IEEE yaitu 2,3 dan indeks keandalan SPLN 68 - 2 : 1986 untuk mewujudkan *World Class Service* (WCS) SAIDI = 21,09 jam/pelanggan/tahun, artinya indeks keandalannya sudah sangat baik.
  - Hasil indeks keandalan CAIDI = 0,066 jam/gangguan/tahun sedangkan untuk indeks keandalan CAIDI IEEE yaitu 1.47. artinya indeks keandalannya sudah bagus.
  - Hasil indeks keandalan ASAI = 99.999% sedangkan untuk indeks keandalan ASAI IEEE yaitu 99,92% artinya indeks keandalannya sudah sangat bagus.
2. Indeks keandalan dari tingkat frekuensi dan durasi gangguan permanen sistem jaringan udara 20 Kv pada tahun 2016 rata-rata berada diatas standar keandalan

distribusi, itu artinya sistem distribusi PT.PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting Barru sudah andal.

3. Solusi yang diharapkan agar tingkat keandalan pada penyulang-penyulang dengan keandalan rendah perlu dilakukan rekonfigurasi jaringan, pembersihan jaringan dan pemeliharaan jaringan distribusi 20 KV sehingga berpengaruh dalam memperkecil SAIDI dan SAIFI. Dengan perbaikan konfigurasi jaringan sehingga memudahkan operator langsung dalam mengatasi pemadaman tidak langsung ke lapangan namun hanya dipusat kontrol yang sehingga permasalahan pemadaman dengan cepat dapat diatasi.

#### B. Saran

1. Untuk menghindari lamanya gangguan yang terjadi (Permanen) pada SUTM sebaiknya didirikan *express feeder* agar kontinuitas pelayanan PLN berjalan dengan baik.
2. Untuk menghindari tingginya tingkat gangguan pada SUTM maka dibutuhkan penambahan peralatan untuk sistem proteksi sepanjang SUTM tersebut yaitu penambahan tata letak *Load breaker switch remote (LBS)* dan *Disconnecting Switch (DS)*.
3. Untuk menghindari kehilangan daya pada saat terjadi trip pada SUTM maka sangat dibutuhkan tambahan *Recloser Control* untuk dengan cepat menutup kembali pada saat terjadi gangguan dan agar tidak terlalu lama kehilangan daya.

## DAFTAR PUSTAKA

- A.muhammad Syafar. (2012)” *Penentuan Kerugian Ekonimis Dengan Nilai SAIDI Dengan Metode FMEA(Failure Mode Effect Analysis)*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Makassar, Makassar
- Chowdhury and Koval. (2009). *Power Distribution System Reliability Practical Methods and Application*, WILEY
- Gonen, Turan.(1986)” *Electric Power Distribution System Engineering*”.Mc-Graw-Hill Book Company, Singapura
- Hartati,Sukerayasa, Setiawan, dan Ariastina (2007)” *Penentuan Angka Keluar Peralatan Untuk Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*”. Vol.6 No.2, Universitas Udayana, Bali
- J. Rhee, Sheung dan Ishii, Kosuke,(2002),*Life Cost- Based FMEA Incorporating Data Uncertainty*. Proceedings of DETC2002, ASME Design Engineering Technical Conference. Montreal, Canada., pp. 1
- Kadir, Abdul ( 2000),” *Distribusi Dan Utilitas Tenaga Listrik*”, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta
- Kmenta, Steven, (1999),*Advanced Failure Modes and Effects Analysis of Complex Processes*, Proceedings of DETC99, ASME Design Engineering Technical Conference. Las Vegas, Nevada. , pp. 1.
- Manuaba, Sukerayasa, dan Widnya (2004). "*Studi Keandalan Penyulang 20 kV Gardu Induk Padang Sambian Dengan Menggunakan Simulasi Monte Carlo*", Vol.3 No.2, Universitas Udayana, Bali
- Marsudi, Djiteng, (2006).”*Operasi Sistem Tenaga Listrik*”, Edisi Kedua, Penerbit Graha Ilmu, Jakarta ----- (2005).”*Pembangkitan Energi Listrik*”, Penerbit Erlangga,
- Nurkertamanda dan Wulandari(2009), "*Analisa Moda Dan Efek Kegagalan(Failure Mode AndEffects Analysis) Pada Produk Kursi Lipat Chitose Yamato Haa* ", Vol.IV No.1 , Universitas Diponegoro, Semarang

- Rosyid, Daniel, (2007), “ *Pengantar Rekayasa Keandalan*” , Penerbit Airlangga University Press
- Sukerayasa dan Musthopa (2008) “*Evaluasi Keandalan Penyulang Dengan Metode Reliability Network Equivalent Approach*”, Vol.7 No.1, Universitas Udayana, Bali
- Sukmawidjaja. (2008), “*Perhitungan Profil Tegangan Tegangan Pada Sistem Distribusi Menggunakan Matrix Admitansi dan Matrix Impedansi Bus*”. Vol.7 No.2, Univeritas Trisakti
- Sukerayasa. (2007),”*Evaluasi Keandalan Penyulang Konfigurasi Radial dan Spindel*”Vol.6 No.3, Universitas Udayana, Bali
- Solver, Torbjorn. (2005).” *Reliability In Performance-Based Regulation*. Royal Institute Of Technology Sweden.
- Andhito Sukmoyo Nugroho. (2012) “*Studi Keandalan Sistem Distribusi 20kV di Bengkulu dengan Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*”. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

# LAMPIRAN



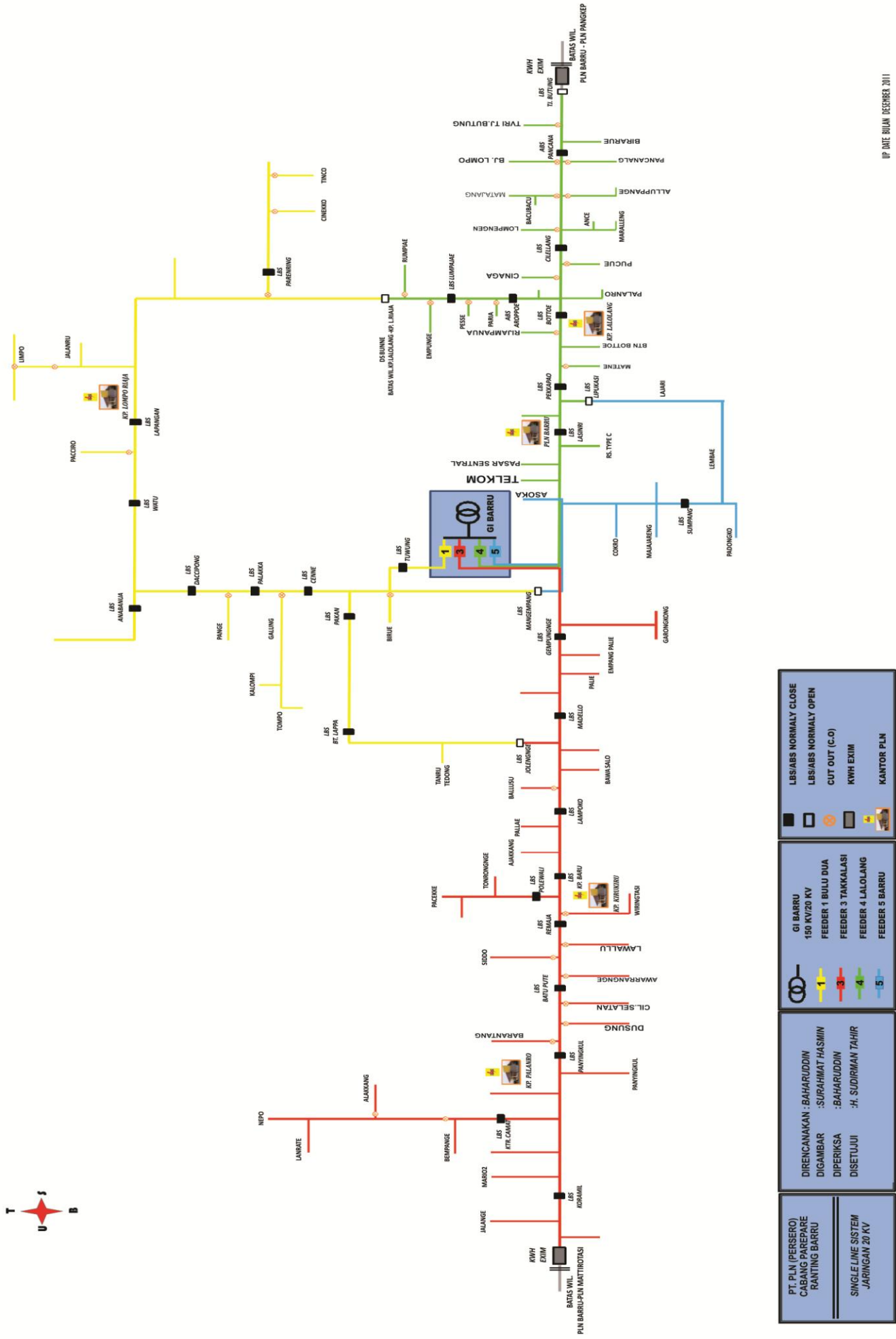
PT. PLN (PERSERO) WIL.SULSELRABAR  
AREA PAREPARE

LAPORAN GANGGUAN PENYULANG JTM (FGTM)  
BULAN JANUARI - DESEMBER 2016

No.	RAYON	NAMA PENYULANG	JUMLAH PENYULANG	PANJANG PENYULANG (kms)	Total Gangguan	Total Jam Padam	Total Pemadaman	Total Konsumen Padam	Total Konsumen	BULAN
1	BARRU	P_BULUDUA	1	107.51	11	50	7	37219	5317	JANUARI
		P_TAKKALASI	1	71.06	7	30	2	26504	13252	
		P_LALOLANG	1	73.33	6	26	2	26440	13220	
		P_BARRU	1	12.93	3	12	3	21060	7020	
TOTAL			4	264.83	27	118	14	111223	38809	
2	BARRU	P_BULUDUA	1	107.51	13	54	5	26740	5348	FERRUARI
		P_TAKKALASI	1	71.06	4	16	3	40035	13345	
		P_LALOLANG	1	73.33	12	54	2	26552	13276	
		P_BARRU	1	12.93	1	6	2	14072	7036	
TOTAL			4	264.83	30	130	12	107399	39005	
3	BARRU	P_BULUDUA	1	107.51	20	80	5	26835	5367	MARET
		P_TAKKALASI	1	71.06	15	68	3	40092	13364	
		P_LALOLANG	1	73.33	3	13	4	53184	13296	
		P_BARRU	1	12.93	4	20	2	14114	7057	
TOTAL			4	264.83	42	181	14	134225	39084	
4	BARRU	P_BULUDUA	1	107.51	10	42	2	10834	5417	APRIL
		P_TAKKALASI	1	71.06	3	12	2	26828	13414	
		P_LALOLANG	1	73.33	2	8	2	26690	13345	
		P_BARRU	1	12.93	0	0	2	14210	7105	
TOTAL			4	264.83	15	62	8	78562	39281	
5	BARRU	P_BULUDUA	1	107.51	12	50	7	38381	5483	MEI
		P_TAKKALASI	1	71.06	6	26	3	40440	13480	
		P_LALOLANG	1	73.33	6	26	4	53644	13411	
		P_BARRU	1	12.93	2	8	3	21513	7171	
TOTAL			4	264.83	26	110	17	153978	39545	
6	BARRU	P_BULUDUA	1	107.51	5	20	6	33096	5516	JUNI
		P_TAKKALASI	1	71.06	3	12	2	27026	13513	
		P_LALOLANG	1	73.33	7	28	3	40335	13445	
		P_BARRU	1	12.93	4	16	2	14408	7204	
TOTAL			4	264.83	19	76	13	114865	39678	
7	BARRU	P_BULUDUA	1	132.09	12	56	2	11088	5544	JULI
		P_TAKKALASI	1	73.68	8	38	2	27080	13540	
		P_LALOLANG	1	65.64	10	42	3	40419	13473	
		P_BARRU	1	12.86	1	4	2	14464	7232	
TOTAL			4	284.27	31	140	9	93051	39789	
8	BARRU	P_BULUDUA	1	132.09	3	12	2	11194	5597	AGUSTUS
		P_TAKKALASI	1	73.68	3	12	2	27182	13591	
		P_LALOLANG	1	65.64	4	22	2	27048	13524	
		P_BARRU	1	12.86	0	0	2	14566	7283	
TOTAL			4	284.27	10	46	8	79990	39995	
9	BARRU	P_BULUDUA	1	132.09	12	48	3	16899	5633	SEPTEMBER
		P_TAKKALASI	1	73.68	8	38	3	40884	13628	
		P_LALOLANG	1	65.64	7	28	5	67805	13561	
		P_BARRU	1	12.86	2	8	2	14638	7319	
TOTAL			4	284.27	29	122	13	140226	40141	
10	BARRU	P_BULUDUA	1	132.09	3	12	8	45528	5691	OKTOBER
		P_TAKKALASI	1	73.68	10	42	5	68440	13688	
		P_LALOLANG	1	65.64	3	12	2	27238	13619	
		P_BARRU	1	12.86	2	8	2	14754	7377	
TOTAL			4	284.27	18	74	17	155960	40375	
11	BARRU	P_BULUDUA	1	132.09	12	52	2	11450	5725	NOVEMBER
		P_TAKKALASI	1	73.68	7	32	4	54880	13720	
		P_LALOLANG	1	65.64	12	50	3	40953	13651	
		P_BARRU	1	12.86	2	8	3	22227	7409	
TOTAL			4	284.27	33	142	12	129510	40505	
12	BARRU	P_BULUDUA	1	132.09	12	56	6	34596	5766	DESEMBER
		P_TAKKALASI	1	73.68	14	68	4	55044	13761	
		P_LALOLANG	1	65.64	14	68	3	41079	13693	
		P_BARRU	1	12.68	2	8	3	22353	7451	
TOTAL			4	284.09	42	200	16	153072	40671	
<b>JUMLAH TOTAL</b>				<b>3294.42</b>	<b>280</b>	<b>1201</b>	<b>153</b>	<b>1452061</b>	<b>40671</b>	

sumber: PT. PLN (Persero) Cabang Parepare Ranting Barru

# SINGLE LINE SISTEM JARINGAN 20 KV PLN BARRU



PT. PLN (PERSERO) CABANG PAREPARE RANTING BARRU	DIREKANAKAN :BAHARUDDIN DIGAMBAR :SURAHMIAH HASMIN DIPERIKSA :BAHARUDDIN DISETUJUI :H. SUDIRMAN TAHIR	GI BARRU 150 KV/20 KV FEEDER 1 BULU DUA FEEDER 3 TAKKALASI FEEDER 4 LALOLANG FEEDER 5 BARRU	LBS/ABS NORMALLY CLOSE LBS/ABS NORMALLY OPEN CUT OUT (C.O) KWH EXIM KANTOR PLN
---	--	--	--