

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENYEBAB GANGGUAN JARINGAN PADA DISTRIBUSI  
LISTRIK MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS*  
DI PT. PLN (PERSERO) RAYON DAYA MAKASSAR**



**Disusun Oleh :**

**ARDIANSAH  
1058295512**

**HENDRA HERMAWAN  
105 82 945 12**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
2017**

**ANALISIS PENYEBAB GANGGUAN JARINGAN PADA DISTRIBUSI  
LISTRIK MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* DI PT. PLN  
(PERSERO) RAYON DAYA MAKASSAR**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat**

**Untuk Memperoleh Gelar Sarjana**

**Program Studi Teknik Elektro**

**Jurusan Teknik Elektro**

**Fakultas Teknik**

**Disusun dan Diajukan Oleh**

**ARDIANSYAH**

**1058295512**

**HENDRA HERMAWAN**

**1058294512**

**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

**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 PENYEBAB GANGGUAN JARINGAN PADA DISTRIBUSI LISTRIK MENGGUNAKAN METODE FAULT TREE ANALISYS DI PT. PLN (PERSERO) RAYON DAYA MAKASSAR.**

Nama : 1. Ardiansyah  
2. Hendra Hermawan

Stambuk : 1. 10582 955 12  
2. 10582 945 12

Makassar, 22 Januari 2018

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Pembimbing II

Rizal Ahdiyati Duyo, S.T., M.T

Mengetahui,

Ketua Jurusan Elektro



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

NBM : 990 410



# 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 Ardiansyah dengan nomor induk Mahasiswa 10582 955 12 dan Hendra Hermawan dengan nomor induk Mahasiswa 10582 945 12 dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0001/SK-Y/20201/091004/2018, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 20 Januari 2018.

Makassar, 13 Jumadil Awwal 1439 H  
30 Januari 2018 M

Panitia Ujian :

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. Hj. Hafsa Nirwana, M.T

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

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

2. Adriani, S.T., M.T

3. Ir. Abd Hafid, M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Pembimbing II

Rizal Ahdiyot Duyo, S.T., M.T

Dekan

  
Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.  
NBM : 855 500

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala atas segala limpahan Rahmat, taufik dan Karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi dengan judul **“ANALISIS PENYEBAB GANGGUAN JARINGAN PADA DISTRIBUSI LISTRIK MENGGUNAKAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* DI PT. PLN (PERSERO) RAYON DAYA MAKASSAR”** dirampungkan dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan akademik guna memperoleh gelar akademik Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

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

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

1. Bapak, Ir. Hamzah Al Imran S.T.,M.T. Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
2. Bapak Umar Katu S.T.,MT. sebagai Ketua Jurusan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
3. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas kebaikannya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Ayahanda dan ibunda tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, do'a dan pengorbanan khususnya dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
5. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik 2012 (MISIEL) yang dengan keakraban dan persaudaraannya banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang banyak di sisi Allah Subhanahu Wata'ala dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, masyarakat serta bangsa dan Negara. Aamiin.

Makassar, November 2017

Penulis

**Ardiansah<sup>1</sup>, Hendra Hermawan<sup>2</sup>**

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

**Email :** [diankardi97@gmail.com](mailto:diankardi97@gmail.com)

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

**Email :** [hendrahermawan418@yahoo.co.id](mailto:hendrahermawan418@yahoo.co.id)

### **ABSTRAK**

Gangguan jaringan distribusi listrik diartikan sebagai adanya energi listrik yang hilang baik secara teknis maupun non teknis. Hal ini dapat dilihat dari adanya selisih yang cukup besar antara energi listrik yang dikirimkan dari gardu induk dengan energi listrik yang didapatkan dari konsumsi pelanggan. Penyebab dari gangguan tersebut adalah: Komponen JTM (I1) sebanyak 55 gangguan (12,5%), peralatan JTM (I2) sebanyak 30 gangguan (6,7%), gangguan Trafo (I3) sebanyak 8 gangguan (1,8%), gangguan alam (I4) sebanyak 1 gangguan (0,2%), gangguan eksternal (E1) sebanyak 15 gangguan (3%), bencana alam (E2) sebanyak 61 gangguan (13,7%), pekerjaan pihak lain/binatang (E3) sebanyak 15 gangguan (0,33%), layang-layang, umbul-umbul atau karena kesalahan instalasi jaringan distribusi listrik (E4) sebanyak 258 gangguan (58,2%). Setelah melakukan penelitian terhadap penyebab gangguan jaringan distribusi listrik di UPJ Rayon Daya Makassar dan dianalisis menggunakan *Fault Tree Analys* (FTA) diketahui bahwa yang menjadi penyebab utama gangguan adalah gangguan manusia, berupa bermain layang-layang, umbul-umbul, dan penggalian saluran PDAM. Hal ini terlihat bahwa selama bulan Mei 2016 sampai Januari 2017 tercatat sebanyak 308 gangguan.

**Kata Kunci :** Gangguan, Jaringan Distribusi, *Fault Tree Analisis*, Gangguan Manusia

**Ardiansah<sup>1</sup>, Hendra Hermawan<sup>2</sup>**

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

**Email :** [diankardi97@gmail.com](mailto:diankardi97@gmail.com)

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

**Email :** [hendrahermawan418@yahoo.co.id](mailto:hendrahermawan418@yahoo.co.id)

### *ABSTRACT*

*Disturbance of electricity distribution network is defined as the missing electrical energy both technical and non technical. This can be seen from the considerable difference between the electrical energy delivered from the substation with electrical energy obtained from customer consumption. The cause of the interference is: JTM component (I1) of 55 disruptions (12.5%), JTM equipment (I2) of 30 disruptions (6.7%), disturbances Transformer (I3) as many as 8 interruptions (1.8%) , natural disturbance (I4) as much as 1 interference (0.2%), external disturbance (E1) as much as 15 disruptions (3%), natural disasters (E2) as much as 61 disruptions (13,7%), work of other party / E3) as many as 15 disruptions (0.33%), kites, banners or due to faulty electrical distribution network installation (E4) as many as 258 interruptions (58.2%). After conducting research on the causes of disruption of power distribution network at UPJ Rayon Daya Makassar and analyzed using Fault Tree Analyzes (FTA) it is known that the main cause of disturbance is human disturbance, in the form of playing kites, banners, and excavation of PDAM channel. It can be seen that during May 2016 until January 2017 there were 308 disruptions.*

**Keywords:** *Disturbance, Distribution Network, Fault Tree Analisis, Human Disorders*



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISTILAH</b> .....	<b>ix</b>
<b>SINGKATAN</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Batasan Masalah .....	4
E. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
A. Proses Penyampaian Jaringan .....	5
B. Penghantar Sistem Distribusi .....	6
C. Gangguan Jaringan .....	8
D. Konsep FTA ( <i>Fault Tree Analysis</i> ) .....	12
E. Konsep FMEA ( <i>Failure Mode And Effect Analysis</i> ) .....	19

F. Kelebihan Dan Kekurangan FTA ( <i>Fault Tree Analysis</i> ) .....	26
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
A. Lokasi.....	29
B. Pengumpulan Data .....	29
C. Pengolahan Data .....	30
D. Prosedur Penelitian ( <i>Flow Chart</i> ) .....	32
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
A. Hasil Penelitian .....	34
B. Pembahasan Hasil Penelitian .....	38
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>55</b>
A. Kesimpulan .....	55
B. Saran .....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal.
4.1 Penyebab dan Akibat Secara Umum dari Gangguan Jaringan	
Distribusi .....	42
4.2 Pohon Kesalahan ( <i>Fault tree</i> ) .....	58

## DAFTAR TABEL

Tabel	Hal.
2.1 Simbol-simbol hubungan dalam FTA .....	16
2.2 Hubungan dua kejadian dengan logika AND .....	17
2.3 Hubungan dua kejadian dengan logika OR .....	17
2.4 Hubungan dua kejadian dengan logika XOR .....	17
2.5 Simbo-simbol kejadian yang digunakan dalam FTA .....	18
4.1 Data Gangguan Jaringan Permanen pada Distribusi Listrik .....	34
4.2 Data gangguan Jaringan Temporer pada Distribusi Listrik .....	36
4.3 Identifikasi letak, penyebab dan akibat kerusakan system Jaringana Distribusi listrik .....	42
4.4 Keterangan angka gambar pohon kesalahan .....	47

## DAFTAR ISTILAH

❖ <i>Switching</i>	= mengunci
❖ <i>Event</i>	= kejadian
❖ <i>Undesired Event</i>	= munculnya kejadian
❖ <i>Cut Set</i>	= akar permasalahan
❖ <i>Basic Event</i>	= kejadian paling dasar
❖ <i>Top Level Event</i>	= kejadian paling atas
❖ <i>Input</i>	= masukan
❖ <i>Output</i>	= keluaran

## DAFTAR SINGKATAN

- Gi = Gardu Induk
- SCAC = *Steel Cored Aluminium Conductor*
- ACSR = *Aluminium Conductor Steel Reinforced*
- JTM = Jaringan Tegangan Menengah
- JTR = Jaringan Tegangan Rendah
- AVR = Auto Voltage Regulator
- FTA = *Fault Tree Analysis*
- MCB = *Mini Circuit Breaker*

## **DAFTAR LAMPIRAN**

1. Dokumentasi Pengambilan Data Di PT. PLN (Persero)	
Rayon Daya .....	49
2. Lampiran Data Mentah .....	56

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. LATAR BELAKANG**

Listrik merupakan salah satu komoditi strategis dalam perekonomian Indonesia, karena selain digunakan secara luas oleh masyarakat terutama untuk keperluan penerangan, listrik juga merupakan salah satu sumber energi utama bagi sektor industri. Di dalam penyediaan tenaga listrik, dapat dibedakan secara jelas tiga proses penyampaian tenaga listrik, yaitu pembangkitan, transmisi, dan distribusi yang dapat dianggap sebagai produksi atau pembuatan, pengangkutan, dan penjualan eceran tenaga listrik. Pembangkitan atau produksi tenaga listrik, dilakukan dalam pusat-pusat tenaga listrik dengan menggunakan generator-generator.

Transmisi atau penghantaran adalah memindahkan tenaga listrik dari pusat-pusat tenaga listrik secara besar-besaran ke tempat-tempat tertentu yang dinamakan gardu-gardu induk. Dari gardu-gardu induk ini, tenaga listrik di distribusikan ke gardu - gardu distribusi, kemudian ke para pemakai atau konsumen. Perusahaan Listrik Negara (PLN) adalah perusahaan yang bergerak pada bidang ketenagalistrikan. PLN membentuk unit-unit cabang pendistribusian sampai ke pelosok-pelosok desa, agar semua lapisan masyarakat dapat menikmati tenaga listrik, yang dinamakan Unit Pelayanan Jaringan (UPJ). Secara manajerial, Unit pelayanan jaringan berada dibawah manajemen Area Pelayanan Jaringan



(APJ), yang mencakup wilayah tertentu. Pendistribusian listrik di UPJ Rayon Daya Makassar sering mengalami masalah gangguan jaringan distribusi energi listrik, gangguan jaringan distribusi disini diartikan sebagai adanya energi yang hilang baik secara teknis maupun non teknis. Hal ini dapat dilihat dari adanya selisih yang cukup besar antara energi listrik yang dikirimkan dari gardu induk dengan energi listrik yang didapatkan dari konsumsi pelanggan. Persentase standar yang ditetapkan oleh pihak UPJ Rayon Daya Makassar tentang besarnya gangguan jaringan distribusi adalah 7% dari total energi listrik yang dikirimkan dari gardu induk.

Faktor yang diduga sebagai penyebab gangguan jaringan distribusi antara lain disebabkan oleh sentuhan pohon dan untuk daerah di luar kota selain gangguan sentuhan pohon juga sering terjadi gangguan karena petir. Energi listrik yang dikirimkan dari gardu induk tidak akan sampai ke pelanggan karena dalam pendistribusiannya terjadi kerusakan jaringan, sehingga daya listrik tersebut akan berubah menjadi energi panas. Selain hilangnya energi listrik, kerusakan jaringan distribusi juga dapat menyebabkan pemadaman listrik. Jika terjadi pemadaman listrik, maka potensi pendapatan listrik akan berkurang karena konsumsi listrik oleh pelanggan tidak ada.

## **B. PERUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Apakah penyebab utama gangguan jaringan pada distribusi listrik Rayon Daya Makassar ?
- b. Bagaimana menentukan penyebab utama gangguan jaringan pada distribusi listrik menggunakan metode FTA (*Fault Tree Analisis*) sehingga diperoleh suatu usulan perbaikan untuk menekan tingginya gangguan dan meningkatkan mutu pelayanan distribusi listrik?

## **C. TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yaitu:

1. Untuk menentukan penyebab utama gangguan pada jaringan distribusi listrik pada Rayon Daya Makassar.
2. Untuk menentukan penyebab utama gangguan jaringan pada distribusi listrik menggunakan metode FTA (*Fault Tree Analisis*) sehingga diperoleh suatu usulan perbaikan untuk menekan tingginya gangguan dan meningkatkan mutu pelayanan distribusi listrik pada Rayon Daya Makassar.

#### **D. BATASAN MASALAH**

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

Data gangguan jaringan yang dipakai berdasarkan data laporan gangguan jaringan pada distribusi listrik mulai bulan Mei 2016 sampai dengan bulan Januari 2017. Sehingga penulis membatasi batasan masalah pada bulan Januari 2017.

#### **E. MANFAAT PENELITIAN**

Manfaat yang ingin dicapai melalui analisis gangguan jaringan pada distribusi listrik, yaitu:

1. Bagi PLN, dapat mengetahui kejadian atau kombinasi kejadian dari faktor yang paling berpengaruh terhadap gangguan jaringan sehingga dapat menekan tingginya gangguan dan meningkatkan mutu pelayanan distribusi listrik.
2. Bagi masyarakat, dapat menikmati layanan listrik dengan baik.
3. Bagi peneliti, dapat dijadikan bahan perbandingan dan pertimbangan khususnya yang berminat mengembangkan hasil penelitian ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Proses Penyampaian Jaringan**

Tenaga listrik dibangkitkan dalam pusat-pusat listrik seperti pembangkit listrik tenaga air, kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator penaik tegangan yang ada di pusat listrik.

Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi, maka sampailah tenaga listrik di gardu induk (GI) untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan menjadi tegangan menengah atau yang juga disebut tegangan distribusi primer. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi, maka sampailah tenaga listrik di gardu induk (GI) untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan menjadi tegangan menengah atau yang juga disebut tegangan distribusi primer. Tegangan distribusi primer yang digunakan pada saat ini adalah tegangan 20 kV. Jaringan setelah keluar dari GI disebut jaringan distribusi, sedangkan jaringan antara pusat listrik dengan GI disebut jaringan transmisi.

Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer, kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah dengan tegangan 380/220 Volt, kemudian disalurkan melalui jaringan tegangan Rendah untuk selanjutnya disalurkan ke rumah-rumah pelanggan (konsumen) melalui sambungan rumah. Dalam praktek, karena luasnya

jaringan distribusi, maka diperlukan banyak transformator distribusi. Gardu distribusi seringkali disederhanakan menjadi transformator tiang.

## **B. Penghantar Sistem Distribusi**

Pada jaringan distribusi, jaringan tegangan menengah menghubungkan daerah industri berukuran menengah, daerah perumahan kota besar dan daerah pedesaan ke jaringan tegangan tinggi lewat trafo gardu induk, tegangan rendah biasanya dipergunakan untuk mensuplai perumahan dan daerah industri ringan di kota-kota dan pedesaan dari trafo-trafo distribusi.

Di daerah industri, jaringan tegangan rendah mengalirkan energi dari trafo distribusi ke mesin-mesin listrik. Pemilihan tegangan tergantung pada ukuran daerah suplai dan pembebanan (rugi tegangan, penampang penghantar) serta tegangan jaringan yang berdekatan pada jaringan tegangan rendah juga pada kontak yang diizinkan.

Material yang dipakai untuk penghantar umumnya tembaga dan aluminium, baja hanya dipakai untuk tulang kawat aluminium, jadi jenis penghantar yang dipakai adalah tembaga, aluminium atau SCAC (*steel cored aluminium conductor*).

Pemilihan penampang penghantar dipengaruhi oleh pertimbangan-pertimbangan antara lain untuk pembebanan kabel yang diperbolehkan tergantung pada kemampuan isolasi untuk melawan kenaikan temperatur, jadi pada temperatur penghantar dan temperatur udara di sekelilingnya, pembebanan saluran

udara yang diperbolehkan dibatasi oleh pengurangan kekuatan mekanis bila temperatur bertambah.

Penampang penghantar yang besar mengurangi kerugian tetapi menyebabkan harga menjadi lebih mahal, perbandingan optimum antara harga kerugian dan harga kawat memberikan penampang penghantar ekonomis.

Penghantar yang biasanya dipakai untuk penghantar distribusi antara lain:

#### 1. Penghantar Telanjang

Bahan yang dipakai dalam penghantar jenis ini ialah tembaga, aluminium, baja, kombinasi tembaga dan baja atau kombinasi aluminium dengan baja. Tembaga adalah material yang paling banyak dipakai untuk penghantar karena sangat baik menghantarkan arus listrik, selain harganya cukup murah juga mudah disambung. Aluminium banyak dipakai terutama pada jaringan tegangan tinggi, dibandingkan dengan kawat tembaga dengan ukuran fisik yang sama, kawat aluminium mempunyai konduktifitas 60%, kekuatan tarik 45% dan berat 33%. Untuk mendapatkan konduktifitas sama, penampang aluminium harus 1.66 kali lebih besar daripada penampang kawat tembaga.

Kawat aluminium dengan ukuran ini mempunyai kekuatan tarik 75% dan berat 55% dari kawat tembaga. Untuk menambah kekuatannya biasanya kawat aluminium diberi tulangan pada intinya, kawat semacam ini disebut kawat aluminium bertulang baja atau *ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced)*. Kekuatan tarik aluminium dengan kapasitas

mengalirkan arus yang sama dengan kawat tembaga hampir sama dengan kekuatan tarik tembaga tersebut.

## 2. Penghantar Berisolasi (Kabel)

Kabel dapat dipakai untuk saluran udara dan untuk saluran bawah tanah, pemasangan kabel dapat secara langsung atau dimasukkan kedalam pipa.

Kabel yang dipakai untuk sistem saluran bawah tanah harus tahan terhadap kelembaban yang tak terselubung dengan tegangan kerja 600 V banyak dipakai untuk jaringan distribusi sekunder, kabel dapat terdiri dari penghantar dan seterusnya tergantung jumlah penghantar yang berisolasi saling terpisah dalam selubung. Isolasi kabel dapat dibuat dari bermacam-macam bahan, kertas banyak dipakai untuk kabel-kabel bertegangan 600V–35 KV, Polietilene untuk 600 V–138 KV, kain yang dipernis untuk 600 V– 8 KV, Kertas dipakai untuk tegangan yang lebih tinggi karena karakteristik rugi dielektrik rendah dan harganya murah.

### **C. Gangguan Jaringan**

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan/ konsumen. Ditinjau dari volume fisiknya jaringan distribusi pada umumnya lebih panjang dibandingkan dengan jaringan transmisi dan jumlah gangguannya (sekian kali per 100 km pertahun) juga paling tinggi dibandingkan jumlah gangguan pada saluran-saluran transmisi. Jaringan distribusi seperti diketahui terdiri dari jaringan distribusi tegangan menengah (JTM) dan

jaringan distribusi tegangan rendah (JTR). Jaringan distribusi tegangan menengah mempunyai tegangan antara 3 kV sampai 20 kV. Pada saat ini PLN hanya mengembangkan jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV. Jaringan distribusi tegangan menengah sebagian besar berupa saluran udara tegangan menengah dan kabel tanah. Pada saat ini gangguan pada saluran udara tegangan menengah ada yang mencapai angka 100 kali per 100 km per tahun. Sebagian besar gangguan pada saluran udara tegangan menengah tidak disebabkan oleh petir melainkan oleh sentuhan pohon, apalagi saluran udara tegangan menengah banyak berada di dalam kota yang memiliki bangunan-bangunan tinggi dan pohon-pohon yang lebih tinggi dari tiang saluran udara tegangan menengah. Hal ini menyebabkan saluran udara tegangan menengah yang ada di dalam kota banyak terlindung terhadap sambaran petir tetapi banyak diganggu oleh sentuhan pohon. Hanya untuk daerah di luar kota selain gangguan sentuhan pohon juga sering terjadi gangguan karena petir. Gangguan karena petir maupun karena sentuhan pohon ini sifatnya temporer (Sementara), oleh karena itu penggunaan penutup balik otomatis (*Recloser*) akan mengurangi waktu pemutusan penyediaan daya (*Supply Interrupting Time*).

## **1. Jenis-Jenis Gangguan Pada Sistem Distribusi**

jenis-jenis gangguan pada sistem distribusi meliputi :

### **a) Gangguan Hubung Singkat**

- 1) Gangguan hubung singkat dapat terjadi antar fase (3 fase atau 2 fase) atau 1 fase ketanah dan sifatnya bisa temporer atau permanen.



- 2) Gangguan permanen : Hubung singkat pada kabel, belitan trafo, generator, (tembusnya isolasi).
- 3) Gangguan temporer : *Flash Over* karena sambaran petir, *Flash Over* dengan pohon, tertiuip angin.

**b) Gangguan Beban Lebih**

Gangguan beban lebih terjadi karena pembebanan sistem distribusi yang melebihi kapasitas sistem terpasang. Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus-menerus berlangsung dapat merusak peralatan

**c) Gangguan Tegangan Lebih**

Gangguan tegangan lebih termasuk gangguan yang sering terjadi pada saluran distribusi. Berdasarkan penyebabnya maka gangguan tegangan lebih ini dapat dikelompokkan atas dua hal, yaitu :

- 1) Tegangan Lebih Power Frekwensi.

Pada sistem distribusi hal ini biasanya disebabkan oleh kesalahan pada AVR atau pengatur tap pada trafo distribusi.

- 2) Tegangan Lebih Surja

Gangguan ini biasanya disebabkan oleh surja hubung atau surja petir.

Dari ketiga jenis gangguan tersebut, gangguan yang lebih sering terjadi dan berdampak sangat besar bagi sistem distribusi adalah gangguan hubung singkat. Sehingga istilah gangguan pada sistem distribusi lazim mengacu kepada

gangguan hubung singkat dan peralatan proteksi yang dipasang cenderung mengatasi gangguan hubung singkat ini.

## **2. Penyebab Gangguan**

Penyebab gangguan dapat dikelompokkan menjadi :

### a) Gangguan *Internal* (dari dalam):

yaitu gangguan yang disebabkan oleh sistem itu sendiri. Misalnya gangguan hubung singkat, kerusakan pada alat, *switching* kegagalan isolasi, kerusakan pada pembangkit dan lain - lain.

### b) Gangguan *External* (dari luar)

yaitu gangguan yang disebabkan oleh alam atau diluar sistem. Misalnya terputusnya saluran/kabel karena angin, badai, petir, pepohonan, layang - layang dan sebagainya.

### c) Gangguan Karena Faktor Manusia

yaitu gangguan yang disebabkan oleh kecerobohan atau kelalaian operator, ketidak telitian, tidak mengindahkan peraturan pengamanan diri, dan lain-lain.

## **3. Akibat Gangguan**

Akibat gangguan yang terjadi pada sistem antara lain :

### a) Beban Lebih

Pada saat terjadi gangguan maka sistem akan mengalami keadaan kelebihan beban karena arus gangguan yang masuk ke sistem dan mengakibatkan sistem menjadi tidak normal, jika dibiarkan berlangsung dapat membahayakan peralatan sistem.

b) Hubung Singkat

Pada saat hubung singkat akan menyebabkan gangguan yang bersifat temporer maupun yang bersifat permanen. Gangguan permanen dapat terjadi pada hubung singkat 3 fasa, 2 fasa ketanah, hubung singkat antar fasa maupun hubung singkat 1 fasa ketanah. Sedangkan pada gangguan temporer terjadi karena *flash over* antar penghantar dan tanah, antara penghantar dan tiang, antara penghantar dan kawat tanah dan lain - lain.

c) Tegangan Lebih

Tegangan lebih dengan frekuensi daya, yaitu peristiwa kehilangan atau penurunan beban karena *switching*, gangguan AVR, *over speed* karena kehilangan beban. Selain itu tegangan lebih juga terjadi akibat tegangan lebih *transient* surja petir dan surja hubung / *switching*.

d) Hilangnya Sumber Tenaga

Hilangnya pembangkit biasanya diakibatkan oleh gangguan di unit pembangkit, gangguan hubung singkat jaringan sehingga rele dan CB bekerja dan jaringan terputus dari pembangkit.

**D. Konsep FTA (*Fault Tree Analysis*)**

Salah satu *tools* yang digunakan untuk menelusuri kerusakan adalah *Fault Tree Analysis* (FTA). FTA lebih menekankan pada “*Top – Down Approach*”, karena analisa ini barawal dari sistem *top level* dan meneruskannya ke bawah. Metode-metode analisis sistem Digunakan untuk menganalisis adanya

kesalahan dalam suatu sistem. Analisis sistem dapat dilakukan secara sederhana maupun secara kompleks, akan tetapi secara umum analisis sistem akan melibatkan dua kategori pertanyaan, sebagai berikut:

1) Pertanyaan Yang Berkaitan Dengan Sebab.

Sebab adalah suatu kondisi yang akan mengakibatkan munculnya kejadian lain dalam sistem. Sebab merupakan kejadian awal yang harus di analisis dengan baik untuk mencegah munculnya kejadian-kejadian berikutnya yang tidak diinginkan. Adapun contoh pertanyaan yang berkaitan dengan sebab misalnya apa penyebab kereta api bisa bertabrakan.

2) Pertanyaan Yang Berkaitan Dengan Akibat.

Akibat adalah suatu kondisi yang akan muncul di dalam sistem karena adanya sebab. Analisis kemudian dilakukan untuk mengetahui akibat apa yang muncul jika suatu kondisi awal (sebab) terjadi. Adapun contoh pertanyaan berkaitan dengan sebab misalnya apa yang akan terjadi jika sopir pada saat mengemudi dalam kondisi mabuk.

FTA merupakan metode analisis deduktif untuk mengidentifikasi terjadinya kerusakan pada sistem dengan cara menggambarkan alternatif-alternatif kejadian dalam suatu blok diagram secara terstruktur. Analisis deduktif dapat dilakukan pada semua sistem kompleks.

Titik awal analisa FTA adalah pengidentifikasian mode kegagalan pada *top level* suatu sistem. Sebuah *fault tree* mengilustrasikan keadaan komponen-

komponen sistem (*Basic Event*) dan hubungan antara basic event dan *top event*. menyatakan hubungan tersebut disebut gerbang logika. Dari diagram *Fault Tree* ini dapat disusun cut set dan minimal *cut set*. *Cut set* yaitu serangkaian komponen system, apabila terjadi kegagalan dapat berakibat kegagalan pada sistem.

Sedangkan minimal *Cut Set* yaitu set minimal yang dapat menyebabkan kegagalan pada sistem. FTA menggunakan langkah-langkah terstruktur dalam melakukan analisis pada sistem. Adapun langkah-langkah FTA, yaitu:

- 1). Mengidentifikasi Kejadian/Peristiwa Terpenting Dalam Sistem (*Top Level Event*)

Langkah pertama dalam FTA ini merupakan langkah penting karena akan mempengaruhi hasil analisis sistem. Pada tahap ini, dibutuhkan pemahaman tentang sistem dan pengetahuan tentang jenis-jenis kerusakan (*Undesired Event*) untuk mengidentifikasi akar permasalahan sistem. Pemahaman tentang sistem dilakukan dengan mempelajari semua informasi tentang sistem dan ruang lingkungannya.

- 2). Membuat Pohon Kesalahan.

Setelah permasalahan terpenting teridentifikasi, langkah berikutnya adalah menyusun urutan sebab akibat pohon kesalahan. Pada tahap ini, *Cause And Effect* diagram (Ishikawa) dapat digunakan untuk menganalisis kesalahan dan mengeksplorasi keberadaan kerusakan yang tersembunyi.

Pembuatan pohon kesalahan dilakukan dengan menggunakan simbol-simbol *Boolean*. Standarisasi simbol-simbol tersebut diperlukan untuk komunikasi dan konsistensi pohon kesalahan.

### 3). Menganalisis Pohon Kesalahan.

Analisis pohon kesalahan diperlukan untuk memperoleh informasi yang jelas dari suatu sistem dan perbaikan-perbaikan apa yang harus dilakukan pada sistem.

Tahap-tahap analisis pohon kesalahan dapat dibedakan menjadi 3, yaitu:

#### a) Menyederhanakan Pohon Kesalahan.

Tahap pertama analisis pohon kesalahan adalah menyederhanakan pohonkesalahan dengan menghilangkan cabang cabang yang memiliki kemiripan karakteristik. Tujuan penyederhanaan ini adalah untuk mempermudah dalam melakukan analisis sistem lebih lanjut.

#### b) Menentukan peluang munculnya kejadian atau peristiwa terpenting dalam sistem (*Top Level Event*). Setelah pohon kesalahan disederhanakan. tahap berikutnya adalah menentukan peluang kejadian paling penting dalam sistem. Pada langkah ini, peluang semua input dan logika hubungan digunakan sebagai pertimbangan penentuan peluang.

#### c. Mereview hasil analisis.

*Review* hasil analisis dilakukan untuk mengetahui kemungkinan perbaikan yang dapat dilakukan pada sistem.

*Output* yang diperoleh setelah melakukan FTA adalah peluang munculnya kejadian terpenting dalam sistem dan memperoleh akar permasalahan sebabnya. Akar permasalahan tersebut kemudian digunakan untuk memperoleh prioritas perbaikan permasalahan yang tepat pada sistem.

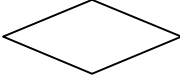
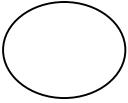
Grafik enumerasi akan menggambarkan bagaimana kerusakan bisa terjadi, penggambaran grafik enumerasi menggunakan simbol-simbol boolean. Grafik enumerasi ini merupakan pohon kesalahan (*Fault Tree*) yang akan dianalisis berdasarkan peluang masing-masing penyebab kesalahan. Grafik enumerasi disebut pohon kesalahan (*Fault Tree*) karena susunannya seperti pohon, yaitu mengerucut pada satu kejadian serta semakin ke bawah dipecah menjadi cabang-cabang kejadian yang lain. Simbol-simbol dalam FTA dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

**1). Simbol-Simbol Gate.**

Simbol *gate* digunakan untuk menunjukkan hubungan antar kejadian dalam sistem. Setiap kejadian dalam sistem dapat secara pribadi atau bersama-sama menyebabkan kejadian lain muncul. Adapun simbol-simbol hubungan yang digunakan dalam FTA dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

**Tabel 2.1 Simbol-Simbol Hubungan dalam FTA**

Simbol	Keterangan
	<i>Top Event</i>
	<i>Logie Event OR</i>
	<i>Logie Event AND</i>
	<i>Transferred Event</i>

	<i>Undeveloped Event</i>
	<i>Basic Event</i>

Sumber: Blanchard, 2004

**Tabel 2.2 Hubungan dua kejadian dengan logika AND**

Kejadian 1	Kejadian 2	Hasil
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Tabel 2.3 Hubungan dua kejadian dengan logika OR**

Kejadian 1	Kejadian 2	Hasil
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Tabel 2.4 Hubungan dua kejadian dengan logika XOR**

Kejadian 1	Kejadian 2	Hasil
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>



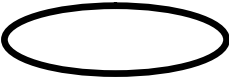

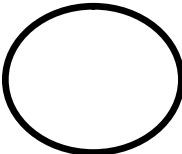
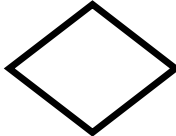
Dengan;

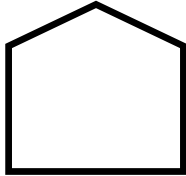
- 1 : Jika suatu kejadian atau kombinasi kejadian muncul dalam sistem
- 0 : Jika suatu kejadian atau kombinasi kejadian tidak muncul dalam sistem.

## 2) Simbol-Simbol Kejadian (*Event*)

Simbol kejadian digunakan untuk menunjukkan sifat dari setiap kejadian dalam sistem. Simbol-simbol kejadian ini akan lebih memudahkan kita dalam mengidentifikasi kejadian yang terjadi. Adapun simbol-simbol kejadian yang digunakan dalam FTA, yaitu:

**Tabel 2.5 Simbol-simbol kejadian yang digunakan dalam FTA**

No	Simbol	Keterangan
1		<i>Ellipse</i> Gambar <i>ellipse</i> menunjukkan pada level paling atas (top level) dalam pohon kesalahan
2		<i>Rectangle</i> Gambar <i>rectangle</i> menunjukkan kejadian pada level menengah ( <i>intermediate fault event</i> ) dalam pohon kesalahan
3		Circle Gambar circle menunjukkan kejadian pada level paling bawah ( <i>lowest level failure event</i> ) atau disebut kejadian paling dasar ( <i>basic event</i> )
4		Diamond Gambar diamond menunjukkan kejadian yang tidak terduga ( <i>undeveloped event</i> ).

		Kejadian-kejadian tak terduga dapat dilihat pada pohon kesalahan dan dianggap sebagai kejadian paling awal yang menyebabkan kerusakan
5		<i>House</i> Gambar <i>House</i> menunjukkan kejadian input (input event) dan merupakan kegiatan terkendali (signal). Kegiatan ini dapat menyebabkan kerusakan.

#### E. Konsep FMEA (*failure mode and effect analysis*)

FMEA merupakan metode analisis induktif untuk mengidentifikasi kerusakan produk dan atau proses yang paling potensial dengan mendeteksi peluang, penyebabnya, efek, dan prioritas perbaikan berdasarkan tingkat kepentingan kerusakan. Analisis induktif merupakan analisis yang dimulai dari penyebab-penyebab kerusakan dan bagaimana kerusakan bisa terjadi. Metode FMEA akan mendefinisikan segala sesuatu yang rusak dan mengapa kerusakan bisa terjadi (*failure modes*) serta mengetahui efek dari setiap kerusakan pada sistem (*failure effect*). Metode FMEA dapat digunakan untuk mereview desain produk, proses atau sistem dengan mengidentifikasi kelemahan-kelemahan yang ada dan kemudian menghilangkannya. Beberapa bagian penting yang ada dalam metode FMEA sebagai berikut:

1. *Failure mode*

adalah bagian FMEA yang digunakan untuk mengetahui bagaimana suatu sistem dapat mengalami kerusakan.

2. *Failure effect*

adalah bagian FMEA yang digunakan untuk mengetahui pengaruh terjadinya kerusakan pada sistem.

3. *Cause of failure*

adalah bagian FMEA yang digunakan untuk mengetahui penyebab kerusakan pada sistem.

4. *Risk evaluation*

adalah bagian FMEA yang digunakan untuk mengetahui masalah terpenting yang harus diperhatikan dan mendapatkan prioritas penyelesaian.

Tipe-tipe FMEA berdasarkan penggunaannya sebagai berikut:

1. Sistem FMEA.

Tipe FMEA yang digunakan untuk menganalisis sistem yang terdiri dari berbagai level, mulai dari level komponen dasar sampai dengan level sistem. Pada level terendah, FMEA akan mengidentifikasi mengapa suatu komponen bisa mengalami kerusakan dan efek apa yang akan terjadi pada sistem. Penggunaan sistem FMEA secara lengkap lebih difokuskan pada level-level yang penting.

## 2. *Design* FMEA.

Tipe FMEA dilakukan produk atau jasa pada tahap desain sistem. Tujuan design FMEA adalah untuk menganalisis suatu desain sistem dan mencari kemungkinan pengaruh kerusakan pada sistem. *Design* FMEA akan dapat memberikan solusi dengan memperbaiki desain atau mengurangi pengaruh kerusakan karena pengaruh kerusakan sudah diantisipasi pada tahap desain sistem.

## 3. *Process* FMEA.

*Process* FMEA dilakukan pada proses manufakturing dengan menampilkan kemungkinan kerusakan, keterbatasan peralatan, perlunya pelatihan bagi operator dan sumber-sumber penyebab kerusakan. Informasi-informasi tersebut kemudian digunakan sebagai dasar untuk melakukan tindakan korektif jika terjadi kerusakan proses.

## 4. *Functional* FMEA.

*Functional* FMEA dikenal dengan nama black box FMEA dan lebih difokuskan terhadap fungsi atau penggunaan suatu komponen atau subsistem dalam suatu sistem, jadi functional FMEA akan lebih terfokus lagi kedalam sub sitem tertentu sehingga akan lebih spesifik dalam analisisnya. Langkah langkah menjalankan FMEA, yaitu:

- a. Mengidentifikasi terjadinya kerusakan pada system Kerusakan terjadi jika suatu elemen atau komponen sistem tidak dapat menjalankan fungsinya pada sistem karena suatu sebab.
- b. Mencari penyebab terjadinya kerusakan pada sistem. Penyebab kerusakan sistem diidentifikasi engan menggunakan cause and effect diagram (ishikawa) untuk mencari keterkaitan antara kerusakan dan kemungkinan penyebab kerusakan.
- c. Mencari akibat atau efek terjadinya kerusakan pada sistem. Kerusakan elemen atau komponen sistem kemungkinan akan memberikan pengaruh pada sistem dan dapat mengakibatkan fungsi sistem tidak berjalan dengan baik. Akibat atau efek kerusakan sistem harus dipahami dengan baik sehingga solusi permasalahan yang tepat dapat diperoleh.
- d. Mengidentifikasi metode atau cara untuk mengendalikan potensi terjadinya kerusakan pada sistem. Langkah ini dilakukan untuk mengetahui metode atau cara untuk mengendalikan setiap potensi gangguan.
- e. Menentukan severity terjadinya kerusakan pada sistem.

*Severity* kerusakan pada sistem digunakan sebagai pertimbangan dalamiusan efek kerusakan yang terjadi pada sistem. Severity kerusakan pada sistem dibedakan menjadi 10 skala (*Blanchard,2004*), adapun kategori yang digunakan, sebagai berikut:

1. Skala 1 untuk kerusakan dengan efek minor
  2. Skala 2-3 untuk kerusakan dengan efek rendah (*low*)
  3. Skala 4-6 untuk kerusakan dengan efek sedang (*moderate*)
  4. Skala 7-8 untuk kerusakan dengan efek tinggi (*high*)
  5. Skala 9-10 untuk kerusakan dengan efek sangat tinggi (*very high*)
- f. Menentukan frekuensi terjadinya kerusakan pada sistem.

Penghitungan frekuensi kerusakan untuk mengetahui seberapa sering kerusakan terjadi pada sistem. Frekuensi terjadinya kerusakan dapat ditentukan berdasarkan periode waktu dan dapat dibedakan menjadi 10 skala (Blanchard, 2004), kategori skala-skala tersebut, sebagai berikut:

1. Skala 1 untuk kerusakan karena kondisi yang tidak biasa dan jarang sekali terjadi (*unlikely*)
2. Skala 2-3 untuk kerusakan yang frekuensinya rendah (*low*)
3. Skala 4-6 untuk kerusakan yang frekuensinya sedang (*moderate*)
4. Skala 7-8 untuk kerusakan yang frekuensinya tinggi (*high*)
5. Skala 9-10 untuk kerusakan yang frekuensinya sangat tinggi (*very high*).

g. Menentukan Kemungkinan Pengendalian Suatu Kerusakan.

Kemungkinan pengendalian suatu kerusakan dapat ditentukan berdasarkan kemampuan prosedur atau desain tambahan pengendalian proses atau system dalam mendeteksi keberadaan kerusakan. Tujuannya adalah untuk mencegah terjadinya kerusakan lebih lanjut. Kemungkinan pengendalian suatu kerusakan dapat dibedakan menjadi 10 skala (Blanchard, 2004), kategori skala-skala tersebut sebagai berikut:

1. Skala 1-2 untuk kerusakan yang memiliki peluang pengendalian sangat tinggi (*very high*).
2. Skala 3-4 untuk kerusakan yang memiliki peluang pengendalian tinggi (*high*).
3. Skala 5-6 untuk kerusakan yang memiliki peluang pengendalian sedang (*moderate*).
4. Skala 7-8 untuk kerusakan yang memiliki peluang pengendalian rendah (*low*).
5. Skala 9 untuk kerusakan yang memiliki peluang pengendalian sangat rendah (*very low*).
6. Skala 10 untuk kerusakan yang memiliki peluang pengendalian tidak menentu atau bahkan tidak terkendali.

h. Melakukan analisis tingkat kepentingan terjadinya kerusakan pada sistem. Tingkat kepentingan ditentukan berdasarkan severity kerusakan, frekuensi kerusakan, dan peluang kerusakan terdeteksi Analisis tingkat kepentingan ditentukan oleh nilai RPN (*risk priority number*).

Nilai RPN kemudian menjadi pertimbangan dalam menentukan tingkat kepentingan suatu kerusakan. Apabila suatu kerusakan memiliki frekuensi tinggi, efek yang signifikan pada performansi sistem dan sulit terdeteksi pasti akan memiliki nilai RPN yang tinggi.

i. Mengidentifikasi area penting kerusakan dalam sistem dan kemungkinan perbaikan yang dapat dilakukan Pada metode FMEA solusi permasalahan dilakukan berdasarkan analisis tingkat kepentingan suatu kerusakan. Kerusakan yang memiliki nilai RPN tinggi mempunyai prioritas penyelesaian yang lebih tinggi. Solusi permasalahan kemudian dilakukan dengan menganalisis penyebab kerusakan dan melakukan perbaikan. Output yang diperoleh setelah langkah-langkah FMEA dilakukan adalah dapat mengetahui tingkat kepentingan setiap permasalahan yang ada dalam sistem berdasarkan *severity* permasalahan, frekuensi munculnya permasalahan serta kemungkinan terdeteksinya permasalahan. Penyelesaian permasalahan yang diharapkan adalah dapat mencegah terjadinya kerusakan dengan mempertimbangkan tingkat kepentingan kerusakan sistem.



## **F. Kelebihan Dan Kekurangan FTA ( *Fault Tree Analysis* )**

### **) Kelebihan**

Dari implementasi dan analisa pada contoh kasus tadi, kami dapat membuat beberapa kesimpulan dari kelebihan dan kekurangan dari analisa FTA. Berikut adalah beberapa uraian dari kami :

1. Bersifat sistematis, analisis sistem yang kompleks
2. Membutuhkan beberapa jenis keilmuan (multi disiplin)
3. Menentukan interaksi yang sangat kompleks
4. Memberikan pandangan secara kualitatif dengan mudah terhadap plant
5. Memberikan hasil secara kuantitatif yang dapat digunakan sebagai pengambil keputusan
6. Model yang dapat digunakan untuk studi sensitivitas
7. Dapat digunakan untuk mengevaluasi sesuatu yang tidak pasti

## ) KEKURANGAN

1. Tidak ada jaminan semua kejadian awal sudah teridentifikasi
2. Kekurangan dari model konsep dan model matematika
3. Ketidakpastian dari model parameter untuk model yang digunakan
4. Tidak cukupnya data perangkat keras dan performance manusia

## ) Kelebihan dan Kelemahan dari FMEA

Kelebihannya dari FMEA adalah bahwa analisis yang memberikan analisis yang sistematis pandangan yang lebih dari pentingnya suatu kegagalan dalam system dan hal ini memberikan masukan dan evaluasi untuk memperbaiki kemampuan system. Tambahan lain, hal ini merepresentasikan basis yang baik untuk analisis kuantitatif yang *kompeherensive*.

Dilain sisi dalam FMEA, perhatian khusus banyak sekali kasus yang mengalami kegagalan teknis dimana manusia sering menjadi kontribusi utama dalam kegagalan. Hal ini mungkin perlu dikembangkan lagi termasuk fungsi manusia sebagai komponen dalam sistem.

Kemungkinan dari kelemahan menggunakan metode FMEA adalah bahwa semua komponen adalah dianalisis dan didokumentasikan, juga kegagalan dari beberapa atau tidak konsekuensi. Oleh karena itu FMEA sangatlah banyak permintaannya. Jumlah dokumentasi bisa sangat dalam jumlah besar. Masalah ini

bisa dikurangi oleh definisi kelayakan komponen. Untuk *storage tank system*, kita bisa mendefinisikanya sebagai sistem komponen oleh perbedaan bagian dari klep atau katup yang mana dilambangkan V1, V2, dan V3, dan level pergantian LSH dan LSHH. Hal ini akan, bagaimanapun juga meningkatkan dan menambah pertimbangan analisis. Tanpa perolehan pandangan dalam mengenai kemungkinan peristiwa yang tidak diinginkan alam tingkatan system.

### ) Alasan Menggunakan Metode Ini

Kenapa penulis memilih metode FTA karena *Fault Tree Analysis* merupakan metoda yang efektif dalam menemukan inti permasalahan karena memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak diinginkan atau kerugian yang ditimbulkan tidak berasal pada satu titik kegagalan. *Fault Tree Analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. LOKASI**

Penelitian ini dilakukan di area Unit Pelayanan Jaringan Rayon Daya Makassar pada tanggal 24 Oktober samapi 24 November 2017 untuk mengetahui kondisi dan situasi sistem distribusi jaringan listrik. Unit Pelayanan Jaringan Rayon Daya Makassar

#### **B. PENGUMPULAN DATA**

Jenis data yang dikumpulkan ada dua macam, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara dan observasi langsung dari perusahaan. Data sekunder diambil langsung dari data PT. PLN (Persero) Rayon Daya Makassar. Adapun data-data sekunder tersebut antara lain: Data gangguan jaringan pada distribusi listrik selama bulan Mei 2016 sampai dengan bulan Januari 2017.

Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) **Metode literatur** : Yaitu suatu teknik pengumpulan data dengan jalan membaca dan menelusuri literatur yang berkaitan dengan permasalahan. Seperti buku-buku, beberapa jurnal, karya ilmiah maupun situs-situs internet yang berkaitan dengan masalah yang dibahas.

**b) Metode Observasi** : Yaitu suatu teknik pengumpulan data gangguan jaringan distribusi listrik, dengan melakukan pengamatan langsung terhadap gangguan jaringan pada distribusi listrik.

**c) Metode Diskusi**: Yaitu teknik pengambilan data dengan cara melakukan interview atau wawancara langsung dengan ahli bidang kelistrikan baik kepada pembimbing lapangan tugas akhir maupun narasumber yang ada di lokasi.

### **C. PENGOLAHAN DATA**

Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah FTA (*Fault Tree Analysis*), Tahap FTA digunakan untuk mengetahui kejadian atau kombinasi kejadian dasar penyebab kerusakan jaringan distribusi. Pada tahap ini akan di analisis lebih lanjut mengenai akar penyebab masalah yang paling berpengaruh terhadap gangguan jaringan pada distribusi listrik menggunakan FTA (*Fault Tree Analysis*). FTA menggunakan analisis deduktif untuk mencari hubungan sebab dan akibat dari suatu kejadian dalam sistem kemudian secara sistematis akan melibatkan semua kemungkinan kejadian (*Event*) dan kesalahan yang dapat menyebabkan munculnya kerusakan (*Undesired Event*). Adapun tahap-tahap FTA yaitu:

- 1) Identifikasi *Undesired Event* (kesalahan) dalam sistem.

Identifikasi ini dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi dalam sistem distribusi energi listrik yang kemudian dapat dijadikan sebagai *top level event*. *Input* dari tahap ini adalah kejadian-kejadian yang tidak

diinginkan dalam sistem distribusi listrik, kemudian dari kejadian-kejadian tersebut akan dipilih satu *Undesired Event* untuk dijadikan sebagai *Top Level Event* yang dapat dengan jelas terdefinisi, teramati, dan terukur.

2) Pembuatan *Fault Tree* (Pohon Kesalahan).

Diagram pohon kesalahan disusun dengan menggunakan simbol-simbol boolean yang terdiri atas simbol-simbol kejadian dan simbol-simbol hubungan antar kejadian yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan. Diagram pohon kesalahan akan menunjukkan semua urutan sebab dan akibat suatu kejadian yang menimbulkan gangguan. Langkah-langkah membuat diagram pohon kesalahan yaitu:

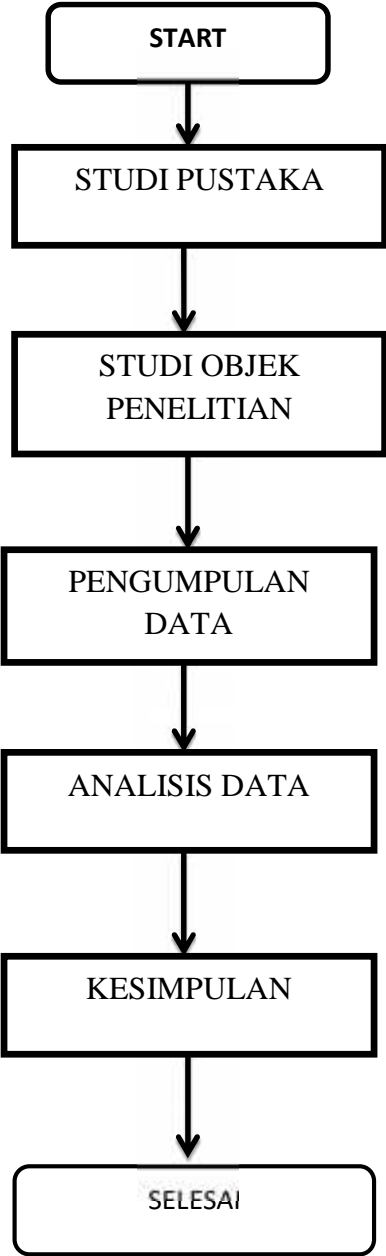
- a) Identifikasi letak gangguan sistem jaringan distribusi listrik.
- b) Menggambar pohon kesalahan berdasarkan identifikasi sistem jaringan distribusi listrik.

3) Penentuan Minimal *Cut Set* (akar permasalahan).

Penentuan minimal *Cut Set* dilakukan setelah menyusun penyebab kerusakan pada level-level kejadian, kemudian dari level-level tersebut dapat ditentukan level paling dasar yang merupakan output dari minimal *Cut Set* yang berupa kejadian atau kombinasi kejadian yang menjadi akar permasalahan dengan menjabarkan seluruh kejadian yang terjadi kemudian melakukan

penyederhanaan perulangan kejadian dasar yang sama menjadi satu kejadian dasar.

**D. PROSEDUR PENELITIAN**



**Gambar 3.1.** Diagram alir penelitian

Prosedur penelitian ini pertama-tama melakukan *study* pustaka dimana dilakukan dengan mengumpulkan data dari beberapa buku sumber, selanjutnya melakukan analisis Penyebab Gangguan Jaringan pada Distribusi listrik sesuai dengan rumusan masalah yang terdapat pada BAB I dimana data yang diolah adalah data hasil percobaan pada menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

Data yang diperoleh kemudian dikumpulkan dan dilampirkan sesuai hasil penelitian pada BAB selanjutnya. Data disajikan sesuai hasil perolehan pada pengamatan yang telah dilakukan pada Gangguan Jaringan pada Distribusi listrik. Dari hasil penelitian yang diperoleh akan dianalisa lalu kemudian ditariklah kesimpulan yang akan disajikan pada BAB akhir dari penelitian ini.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap ini adalah tahap pengumpulan dan pengolahan data. Data yang dikumpulkan berasal dari data laporan PLN tiap bulan, sedangkan pengolahan data yang dilakukan, yaitu dengan tahap FTA. *Software* yang dipakai dalam pengolahan data adalah *Software Microsoft Excell*.

#### A. Pengumpulan Data

Tahap ini adalah tahap pengumpulan dan pengolahan data. Data yang dikumpulkan berasal dari data laporan PLN tiap bulan, sedangkan pengolahan data yang dilakukan, yaitu tahap FTA. *Software* yang dipakai dalam pengolahan data adalah *Software Microsoft Excell*.

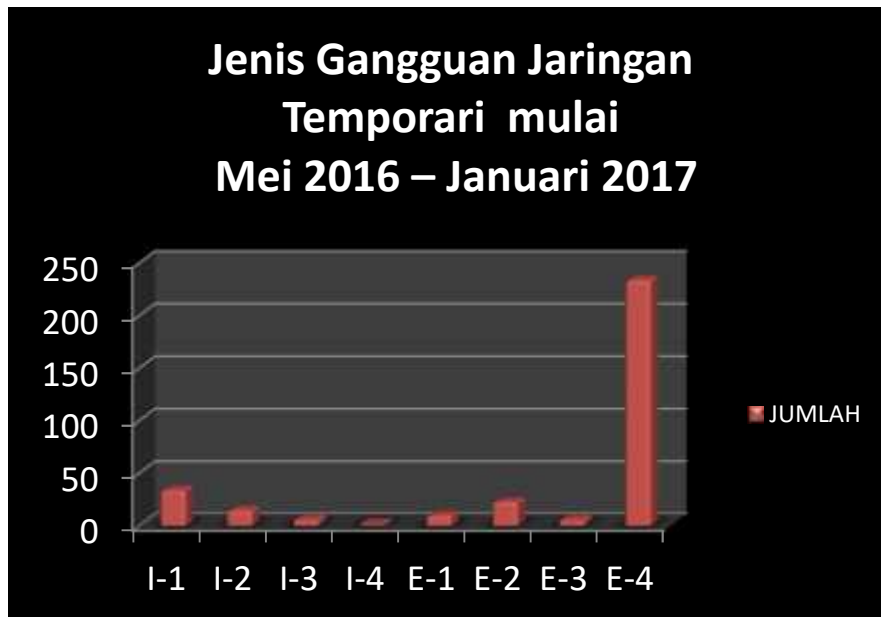
**Tabel 4.1 Data Gangguan Jaringan Permanen pada Distribusi Listrik**

BULAN	GANGGUAN									
	PERMANEN									
	INTERN					EKSTERNAL				
	I-1	I-2	I-3	I-4	JML	E-1	E-2	E-3	E-4	JML
Mei 2016	1	3	-	-	4	-	-	1	3	4
Juni 2016	1	-	1	-	2	-	-	1	3	4
Juli 2016	1	-	-	-	1	-	-	2	-	2
Agustus 2016	6	3	-	-	9	-	1	-	1	2
September 2016	2	-	1	-	3	-	-	-	3	3
Oktober 2016	-	-	-	-	-	-	1	2	4	7

BULAN	GANGGUAN									
	PERMANEN									
	INTERNAL					EKSTERNAL				
	I-1	I-2	I-3	I-4	JML	E-1	E-2	E-3	E-4	JML
November 2016	-	1	-	-	1	2	-	-	2	4
Desember 2016	1	3	-	-	4	1	9	-	4	14
Januari 2017	9	7	-	-	16	2	27	3	8	40
Jumlah	21	17	2	-	40	5	38	9	24	80

**Keterangan:**

- I-1 : Komponen JTM
- I-2 : Peralatan JTM
- I-3 : Trafo Dan Lainnya
- I-4 : Tiang
- E-1 : Pohon
- E-2 : Bencana Alam
- E-3 : Pekerjaan Pihak lain/Binatang
- E-4 : Layang-2 / Umbul-2, Dll



Grafik 4.1. Diagram Jenis Gangguan Jaringan Temporari  
Mei 2016 – Januari 2017

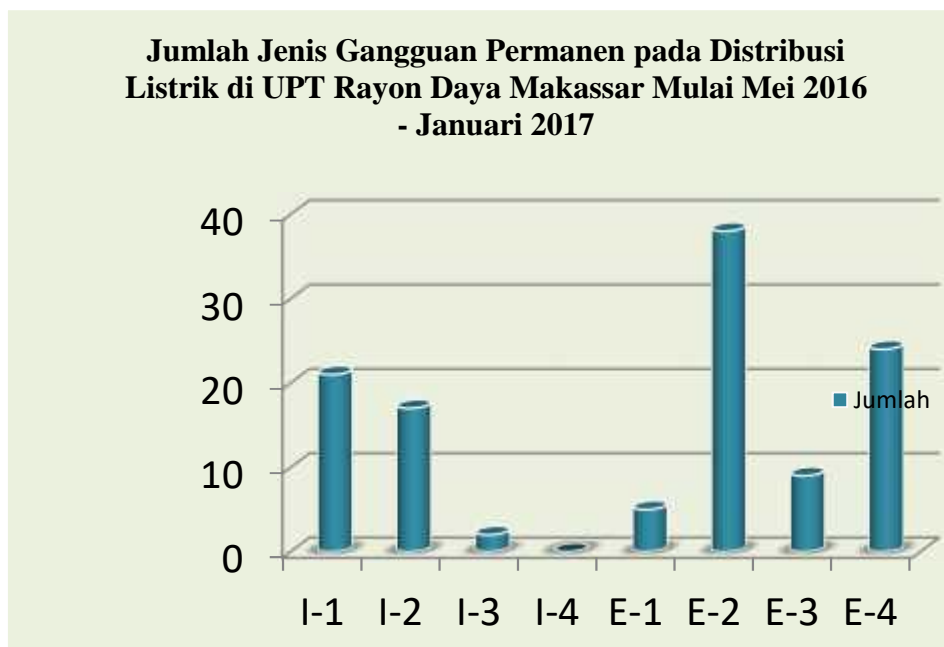
**Tabel 4.2 Data Gangguan Jaringan Permanen pada Distribusi Listrik**

BULAN	GANGGUAN TEMPORER									
	INTERNAL					EKSTERNAL				
	I1	I2	I3	I4	JML	E1	E2	E3	E4	JML
Mei 2016	2	-	4	-	6	-	-	1	44	45
Juni 2016	4	-	-	-	4	-	-	-	35	35
Juli 2016	1	-	-	-	1	-	-	2	26	28
Agustus 2016	5	3	-	-	8	-	-	-	23	23
September 2016	7	3	-	-	10	1	-	-	23	24
Oktober 2016	2	1	-	1	4	4	6	1	33	44
November 2016	5	4	1	-	10	2	2	1	30	35

Desember 2016	5	2	1	-	8	2	8	1	35	46
Januari 2017	3	2	-	-	5	1	7	-	20	28
Jumlah	34	15	6	1	56	10	23	6	234	308

**Keterangan:**

- I-1 : Komponen JTM
- I-2 : Peralatan JTM
- I-3 : Trafo Dan Lainnya
- I-4 : Tiang
- E-1 : Pohon
- E-2 : Bencana Alam
- E-3 : Pekerjaan Pihak Iii/Binatang
- E-4 : Layang-2 / Umbul-2, Dll



Grafik 4.2. Diagram Jenis Gangguan Permanen Mei 2016 - Januari 2017

Pada tabel 4.1 dapat diketahui bahwa rata-rata gangguan jaringan yang terjadi secara permanen dalam internal Unit Pelayanan Rayon Daya Makassar disebabkan oleh komponen JTM yakni sebanyak 21 gangguan sejak Mei 2016 sampai Januari 2017. Sedangkan rata-rata gangguan jaringan yang terjadi secara permanen dari eksternal Unit Pelayanan Rayon Daya Makassar disebabkan oleh bencana alam yakni sebanyak 38 gangguan.

Dari tabel 4.2 menunjukkan bahwa gangguan jaringan temporer dari segi interennya rata-rata disebabkan oleh komponen JTM yakni sebanyak 34 gangguan yang terjadi sejak bulan Mei 2016 sampai Januari 2017. Terlihat pula bahwa gangguan yang terjadi secara temporer dilihat dari segi eksternal paling banyak disebabkan oleh layang-layang, umbul-umbul dan lain-lain yakni terjadi sebanyak 234 gangguan.

Berdasarkan tabel 4.1 dan 4.2, maka diperoleh data bahwa gangguan jaringan yang paling banyak terjadi sejak bulan Mei 2016 sampai Januari 2017 yaitu pada gangguan temporer khususnya dari segi eksternal sebanyak 308 gangguan.

## **B. Pengolahan Data**

Pengolahan data yang dilakukan menggunakan metode FTA (*Fault Tree Analysis*). Metode FTA digunakan untuk mengetahui kejadian dasar atau kombinasi kejadian dasar yang menyebabkan gangguan jaringan distribusi listrik.

Berikut langkah-langkah yang digunakan dalam FTA, seperti dijelaskan dibawah ini:

## 1. Identifikasi *Undisired Event* (kesalahan) Dalam Sistem.

Tahap identifikasi kesalahan dalam sistem dimulai dengan mengetahui kondisi awal sistem jaringan distribusi listrik. Sistem jaringan distribusi listrik dimulai dari gardu induk yang merupakan pusat beban untuk suatu daerah pelanggan tertentu, dimana bebannya berubah-ubah sepanjang waktu. Setelah dari gardu induk, kemudian arus listrik masuk ke jaringan tegangan menengah dengan terlebih dahulu diturunkan tegangannya menggunakan transformator distribusi, kemudian masuk ke jaringan tegangan rendah dan akhirnya sampai ke pelanggan.

Setelah mengidentifikasi sistem, kemudian akan diidentifikasi *Undisired Event*. *Undisired Event* merupakan suatu kondisi yang tidak diinginkan dalam sistem jaringan distribusi listrik yang berupa kesalahan ataupun gangguan-gangguan yang terjadi dalam sistem. *Undisired Event* yang terjadi berupa kejadian-kejadian yang dapat menyebabkan gangguan pendistribusian listrik sehingga energi listrik tidak akan sampai ke pelanggan. Gangguan-gangguan itu dapat berupa karena adanya gangguan pada sistem pembangkit listrik berupa kekurangan bahan bakar untuk membangkitkan tenaga listrik, dan gangguan generator pembangkit. Gangguan pada sistem transmisi berupa gangguan step-up transformator, dan gangguan pada kabel transmisi. Gangguan pada sistem distribusi berupa gangguan pada gardu induk, jaringan tegangan menengah transformator distribusi, jaringan tegangan rendah, dan jaringan pelanggan.

Dari *Undesird Event* tersebut, kemudian akan ditentukan satu *Undesired Event* yang akan dijadikan sebagai *Top Level Event* yang akan diletakkan pada puncak pohon kesalahan. *Top level Event* berupa kejadian yang benar-benar

penting dalam sistem jaringan distribusi listrik dan memerlukan solusi permasalahan. Dalam hal ini yang dijadikan sebagai *Top Level Event* adalah gangguan jaringan tegangan menengah distribusi listrik. Syarat *Top Level Event* adalah bahwa *Top Level Event* harus jelas terdefinisi, teramati dan terukur. Syarat *Top Level Event* dapat jelas terdefinisi maksudnya bahwa gangguan sistem jaringan distribusi listrik dapat diketahui baik diketahui oleh pihak PLN sendiri maupun dari laporan pelanggan bahwa ada gangguan pada sistem jaringan listrik. Syarat *Top Level Event* dapat teramati maksudnya bahwa gangguan dalam sistem jaringan distribusi tersebut dapat dicari letak kesalahannya, sedangkan syarat *Top Level Event* dapat terukur maksudnya bahwa gangguan pada sistem jaringan distribusi tersebut dapat diukur ataupun dihitung frekuensinya. Setelah *Top Level Event* ditentukan, selanjutnya akan diturunkan menjadi level-level yang lebih rendah sampai ditemukan kejadian paling dasar (*Basic Event*) yang selanjutnya dapat dibuat diagram pohon kesalahannya.

## **2. Pembuatan *Fault Tree* (pohon kesalahan)**

Diagram kesalahan disusun berdasarkan letak gangguan dalam sistem jaringan distribusi dengan menggambarkan komponen-komponen yang ada dalam sistem jaringan distribusi yang berupa: gardu induk, jaringan tegangan menengah, transformator distribusi, dan jaringan tegangan rendah. Metode analisis sistem yang digunakan adalah *Tool* FTA dengan pendekatan *Top Down* yang dimulai dari *Top Level Event* yang telah didefinisikan, kemudian mencari kejadian penyebab dan atau kombinasinya sampai pada kejadian yang paling dasar,

sehingga diperoleh kejadian paling dasar dari penyebab kerusakan jaringan distribusi listrik.

Langkah-langkah penyusunan diagram kesalahan sebagai berikut:

- a) Identifikasi letak gangguan sistem jaringan distribusi listrik.

Langkah awal dalam penyusunan diagram kesalahan adalah identifikasi letak gangguan pada sistem jaringan distribusi dengan melibatkan semua komponen dalam sistem distribusi listrik, dimulai dari gardu induk sampai ke jaringan tegangan rendah untuk mencari kemungkinan penyebab permasalahan. Secara umum, penyebab kerusakan jaringan distribusi listrik disebabkan karena kerusakan peralatan yang dipakai dalam menyalurkan distribusi listrik, sedangkan kerusakan peralatan distribusi dapat disebabkan karena gangguan alam, gangguan binatang, gangguan manusia, gangguan material yang dipakai, atau kesalahan instalasi jaringan distribusi. Hubungan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini.





Gambar 4.3 Penyebab dan akibat secara umum dari gangguan jaringan distribusi listrik

Pada gambar 4.3 dapat diketahui bahwa gangguan jaringan merupakan faktor yang menyebabkan kerusakan jaringan distribusi listrik. Gangguan jaringan tersebut dapat terjadi karena gangguan Trafo, peralatan JTM, Komponen JTM, Bencana Alam, Tiang, Pohon, Pekerjaan pihak lain/binatang, layang- layang/umbul- umbul atau karena kesalahan instalasi jaringan distribusi listrik. Sedangkan akibat dari kerusakan jaringan distribusi secara umum adalah adanya pemadaman listrik walaupun hanya sementara sampai kerusakan tersebut dapat

diperbaiki. Untuk mengetahui karakteristik penyebabnya, maka akan diidentifikasi gangguan-gangguan tersebut berdasarkan letaknya pada sistem jaringan distribusi listrik.

Identifikasi letak gangguan pada sistem jaringan distribusi dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini.

**Tabel 4.3 Identifikasi letak, penyebab, dan akibat kerusakan sistem jaringan distribusi listrik**

Letak kerusakan	Komponen rusak	Akibat kerusakan	Penyebab kerusakan
Gardu induk	Saklar pemutus tenaga (PMT)	Komponen tidak terikat kencang, PMT terbuka	Kesalahan instalasi
	Saklar pemisah (PMS)	Komponen kendur	Kesalahan instalasi
Jaringan tegangan menengah (JTM)	Tiang listrik	Tiang listrik roboh	Gangguan alam
	Kabel listrik	Kabel listrik putus	Gangguan alam
			Gangguan manusia
			Kesalahan instalasi
	Isolator	Isolator rusak	Gangguan material
	Pelebur	Pelebur bocor	Gangguan komponen
Penangkal petir	Penangkal petir rusak	Kesalahan instalasi	
Transformator Distribusi	Transformator	Jumperan trafo rusak	Gangguan alam
		Transformator rusak	Gangguan komponen
Jaringan tegangan rendah (JTR)	Relay	Hubung singkat	Gangguan alam
			Gangguan binatang
	Konektor	Konektor tidak stabil	Gangguan manusia
			Gangguan alam

*Sumber: Data diolah 2017*

Pada tabel 4.3 dapat diketahui letak kerusakan jaringan distribusi untuk semua komponen yang ada dalam sistem jaringan distribusi listrik dapat berupa saklar PMT dan PMS, isolator, konektor, pelebur, penangkal petir, APP, MCB, dan lain-lain. Hasil dari karakterisasi ini, kemudian akan dibuat pohon kesalahan.

Analisis Kesalahan Dalam Sistem Jaringan Distribusi Listrik (*Undisired Event*).

Analisis ini digunakan untuk mengetahui kejadian-kejadian yang dapat mengganggu pendistribusian energi listrik ke pelanggan. Gangguan-gangguan tersebut, yaitu: kekurangan bahan bakar untuk membangkitkan tenaga listrik, adanya pembangunan yang dilakukan oleh pihak PLN ataupun instansi pemerintah sehingga mengganggu sistem distribusi listrik, kegiatan instalasi peralatan listrik baru, kegiatan pemeliharaan yang dilakukan oleh PLN yang mengganggu sistem distribusi listrik, ataupun kerusakan jaringan sistem distribusi listrik letak kesalahan dalam sistem jaringan distribusi listrik. Permasalahan yang diangkat adalah kerusakan jaringan distribusi listrik.

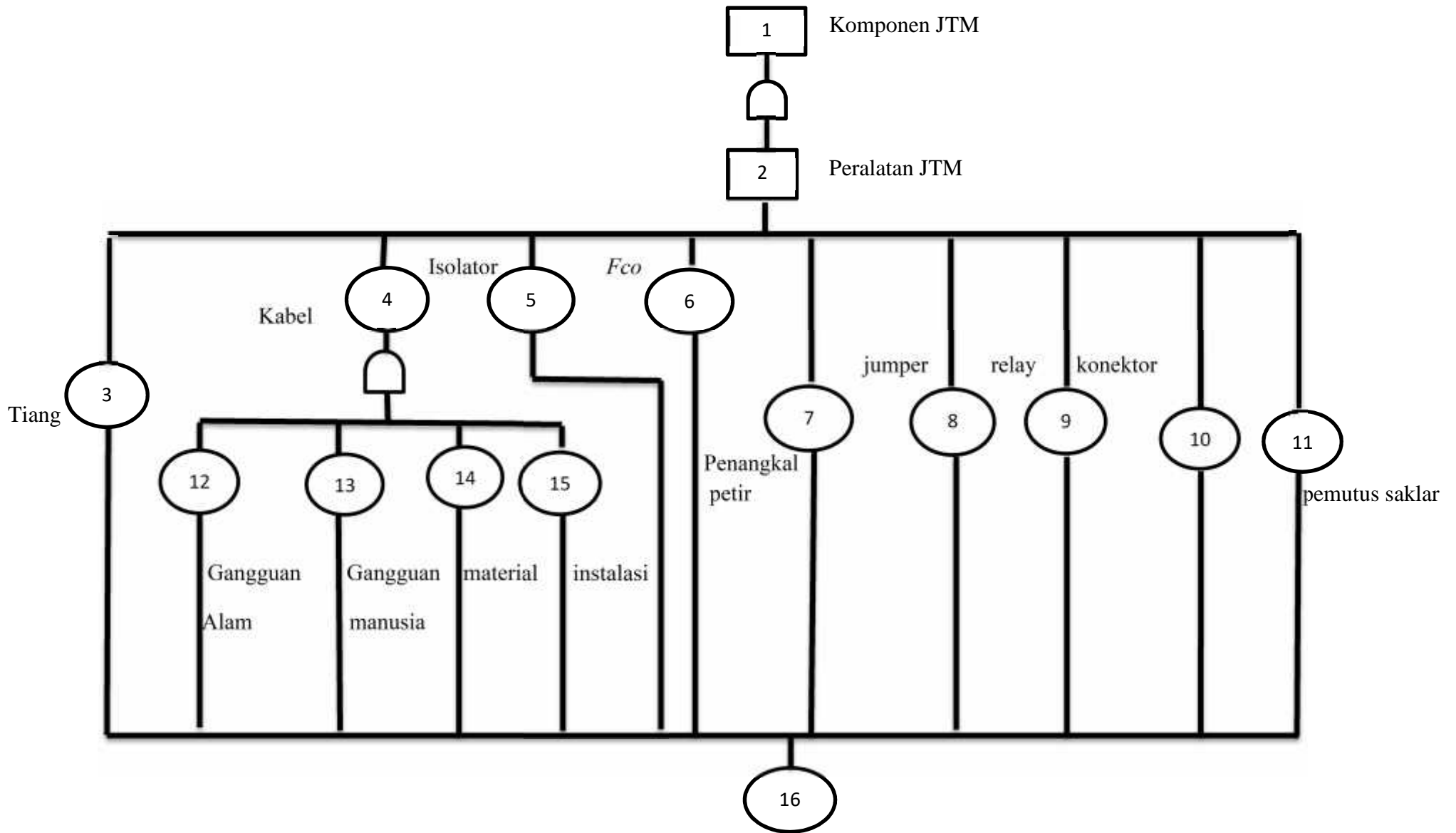
Sistem distribusi listrik terdiri dari lima bagian, yaitu: gardu induk, jaringan tegangan menengah, transformator distribusi, jaringan tegangan rendah, dan jaringan pelanggan. Hampir semua kerusakan disebabkan karena terganggunya alat yang digunakan. Kerusakan alat tersebut dapat disebabkan karena gangguan alam, gangguan manusia, gangguan binatang, gangguan material yang dipakai, atau karena gangguan instalasi pemasangan. Berdasarkan letak kerusakannya, kerusakan jaringan pada gardu induk dapat berupa: kerusakan pada saklar pemutus tenaga, dan saklar pemisah, sedangkan kerusakan pada jaringan

tegangan menengah dapat berupa: kerusakan kabel listrik, isolator, pelebur, dan penangkal petir. Kerusakan pada transformator distribusi dapat berupa kerusakan pada komponen transformator itu sendiri, atau jumper transformatornya.

Kerusakan pada jaringan tegangan rendah dapat berupa: kerusakan pada relay, konektor, isolator, atau jumper tegangan rendahnya, dan kerusakan pada jaringan pada pelanggan berupa kerusakan pada konektor, alat pembatas dan pengukur, atau kerusakan pada MCB (*Mini Circuit Breaker*).

b) Menggambar Pohon Kesalahan Berdasarkan Identifikasi Sistem Jaringan Distribusi.

Gambar pohon kesalahan dibuat setelah mengidentifikasi semua kerusakan yang terjadi pada sistem jaringan distribusi listrik. Pembuatan pohon kesalahan (*fault tree*) dilakukan dengan menggunakan simbol-simbol Boolean. Standarisasi simbol-simbol tersebut diperlukan untuk komunikasi dan konsistensi pohon kesalahan (*Fault Tree*). Logika yang dipakai dalam gambar pohon kesalahan adalah logika “OR”, yang menggambarkan bahwa satu kondisi *Input* dapat menyebabkan kondisi *Output* muncul. Jadi *Output* dapat muncul jika salah satu, beberapa dan atau semua kondisi *Input* terjadi. Berikut gambar pohon kesalahan yang dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3. Pohon Kesalahan (*Fault Tree*)

Keterangan angka dalam gambar pohon kesalahan dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini.

No	KETERANGAN
1	Kerusakan pada komponen jaringan tegangan menengah (JTM)
2	Kerusakan pada peralatan jaringan tegangan menengah (JTM)
3	Kerusakan tiang
4	Kerusakan kabel
5	Kerusakan isolator
6	Kerusakan pada pelebur (fuse cut out)
7	Kerusakan pada penangkal petir
8	Kerusakan jumper
9	Kerusakan relay
10	Kerusakan konektor
11	Kerusakan pemutus saklar (PMS)
12	Gangguan alam
13	Gangguan manusia
14	Gangguan material
15	Kesalahan instalasi
16	Pemadam listrik

Analisis pohon kesalahan digunakan untuk menentukan minimal *Cut Set* yang berupa kumpulan kejadian dasar (*Basic Event*) penyebab kerusakan jaringan distribusi listrik. Dari minimal *Cut Set* didapatkan enam kejadian dasar yang menjadi penyebab kerusakan jaringan distribusi listrik, yaitu: Gangguan alam, Gangguan alam yang menyebabkan kerusakan jaringan distribusi dapat berupa: angin kencang, petir, banjir, dan hujan lebat. Permasalahan yang terjadi akibat

gangguan alam yaitu: kerusakan kabel, dan tiang listrik, kerusakan penangkal petir, dan kerusakan konektor.

Selain gangguan alam, penyebab kerusakan jaringan adalah gangguan manusia, aktivitas manusia seringkali menyebabkan kerusakan jaringan distribusi listrik, aktivitas berupa bermain layang-layang, penggalian saluran PDAM dapat menyebabkan kerusakan jaringan distribusi.

Gangguan binatang, juga sering menyebabkan gangguan jaringan distribusi. Binatang seperti burung, tokek, dan ular sering mengganggu distribusi listrik. Ketiga binatang tersebut melakukan aktivitas diatas kabel listrik yang menyebabkan tersangkut dan mati diatas kabel listrik, sehingga distribusi listrik terganggu.

Gangguan komponen listrik biasanya terjadi karena mutu komponen yang dipakai dalam pendistribusian listrik tidak bagus, sehingga sering terjadi kerusakan jaringan distribusi listrik.

Gangguan material yang dipakai biasanya disebabkan karena material yang dipakai tersebut sudah lama, sehingga mudah keropos, patah, aus, atau patah.

Kesalahan instalasi disebabkan karena pemasangan jaringan listrik yang dilakukan tidak sesuai dengan prosedur yang ditetapkan, atau pemasangan komponen tidak terikat dengan kencang, sehingga jaringan distribusi listrik mudah mengalami kerusakan.

Setelah menggambar pohon kesalahan, langkah selanjutnya adalah menentukan minimal Cut Set untuk mendapatkan kejadian dasar (Basic Event) penyebab kerusakan jaringan distribusi listrik.

**c) Penentuan Minimal Cut Set.**

Minimal Cut Set merupakan kumpulan dari basic event atau kombinasinya. Jika event terjadi secara bersama-sama maka secara pasti Top Level Event akan terjadi. Penentuan minimal Cut Set didasarkan pada gambar pohon kesalahan.

Berikut penjabaran seluruh kejadian yang terjadi berdasarkan pohon kesalahan, yaitu:

Top level event

$$T = 1$$

$$T = 2$$

$$T = 3 + 4 + (12 + 13 + 14 + 15) + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11$$

setelah semua kejadian dijabarkan, maka didapatkan minimal cut set sebagai

$$\text{berikut: } 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11$$

keterangan:

1. kerusakan tiang (kode 3)
2. kerusakan kabel (kode 4)
3. kerusakan isolator (kode 5)
4. Gangguan pelebur (kode 6)
5. Gangguan penangkal petir (kode 7)



6. Kerusakan jumper (kode 8)
7. kerusakan relay (kode 9)
8. kerusakan konektor (kode 10)
9. kerusakan pemutus saklar (kode 11)

Output dari minimal cut set yang terdiri dari beberapa Basic Event penyebab kerusakan jaringan distribusi listrik.

#### **d) Usulan Perbaikan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik**

Usulan perbaikan dilakukan setelah menganalisis FTA, dari faktor yang paling signifikan menyebabkan gangguan energi listrik, yaitu kerusakan jaringan distribusi. Kerusakan jaringan distribusi selain menyebabkan gangguan listrik, juga menyebabkan kualitas pelayanan pihak PLN kepada pelanggan pelayanan kebutuhan listrik. Untuk memperbaiki kualitas pelayanan dan mengurangi gangguan yang terjadi, maka diberikan usulan perbaikan berdasarkan sistem yang ada pada jaringan distribusi listrik sebagai berikut:

##### 1) Gardu induk

Permasalahan dalam gardu induk lebih banyak dikarenakan instalasi komponen yang dipergunakan. Komponen tersebut tidak terikat dengan kencang, seperti terbukanya saklar pemutus tenaga (PMT) dan saklar pemisah (PMS). Kedua saklar ini berfungsi untuk memutus aliran listrik jika terjadi kerusakan jaringan distribusi. Jika saklar PMT dan PMS rusak, maka distribusi listrik akan terganggu dan pelanggan yang mengalami efek akan semakin besar. Penyelesaian yang ditawarkan untuk perbaikan adalah pemeriksaan yang terjadwal dengan baik terhadap semua komponen di gardu induk termasuk tahanan kontak pada tiap

sambungan, diantaranya pada kabel dan saklar PMT dan PMS. Bila tahanan kontak tinggi, maka tahanan tersebut akan menjadi sumber panas sewaktu dialiri arus listrik, sehingga kerusakan jaringan yang disebut *Thermovision*. *Thermovision* yaitu alat yang dapat digunakan untuk mengamati tahanan kontak dengan *Temperature* yang tinggi pada sambungan. Bila ditemukan *Temperature* tinggi pada sambungan maka sebaiknya dilakukan langkah sebagai berikut:

1. Padamkan jaringan
2. Ukur tahanan kontak
3. Bersihkan permukaan kontak
4. Bila klem penjepit sambungan rusak, ganti dengan yang baik
5. Sambungkan kembali dan ukur tahanan kontak
6. Bila hasil ukur sudah baik maka masukkan kembali jaringan

## 2) Jaringan Tegangan Menengah

Permasalahan pada jaringan tegangan menengah lebih banyak karena rusaknya peralatan jaringan yang dipakai. Saluran yang dipakai untuk jaringan tegangan menengah adalah saluran udara. Kerusakan seperti ting listrik, kabel, isolator, pelebur dan penangkal petir lebih banyak disebabkan karena gangguan alam, selain gangguan peralatan, ada juga gangguan dari sistem yang tahanan kontak yang buruk sehingga ditemukan pemanasan berlebih pada sambungan. Penyelesaian yang ditawarkan untuk perbaikan adalah penggantian saluran kabel dari saluran udara ke kabel tanah, walaupun saluran kabel tanah lebih mahal dibandingkan saluran udara, tetapi resiko kerusakan saluran kabel tanah lebih sedikit dibandingkan saluran udara sehingga kualitas pelayanan distribusi listrik

ke pelanggan akan menjadi lebih baik. Selain penggantian saluran udara ke saluran kabel, UPJ Rayon daya Makassar juga harus mempertimbangkan alat pendeteksi suhu untuk memperbaiki kerusakan jaringan yang disebut *Thermovision*. *Thermovision* yaitu alat yang dapat digunakan untuk mengamati tahanan kontak dengan *Temperature* yang tinggi pada sambungan, bila ditemukan *temperature* tinggi pada sambungan maka sebaiknya dilakukan langkah sebagai berikut:

1. Padamkan jaringan
2. Ukur tahanan kontak
3. Bersihkan permukaan kontak
4. Bila klem penjepit sambungan rusak, ganti dengan yang baik
5. Sambungkan kembali dan ukur tahanan kontak
6. Bila hasil ukur sudah baik maka masukkan kembali jaringan

### 3) Jaringan Tegangan Rendah

Permasalahan pada jaringan tegangan rendah lebih banyak karena gangguan alam yang berupa *Jumper* tegangan rendah putus, isolator pecah ataupun pelebur bocor. Selain karena gangguan alam, gangguan komponen dan instalasi juga sering terjadi. Penyelesaian permasalahan yang ditawarkan untuk perbaikan adalah menggiatkan pembersihan jaringan, dari dahan pohon yang dapat mengganggu aliran listrik.

#### 4) Jaringan Pelanggan

Permasalahan yang sering terjadi pada jaringan pelanggan adalah adanya hubungan singkat arus yang disebabkan karena korsletin sehingga menyebabkan kebakaran. Hubungan arus tersebut disebabkan karena kerusakan MCB, selain kerusakan MCB kerusakan konektor dan alat pembatas dan pengukur sering terjadi pada jaringan pelanggan. Masalah pemborosan energi listrik juga sering terjadi pada jaringan pelanggan. Penyelesaian permasalahan yang ditawarkan untuk perbaikan adalah pemasangan alat hemat listrik. *Capasitor bank* adalah suatu alat yang dapat digunakan untuk meningkatkan *power factor*, dimana akan mempengaruhi besarnya arus. Pemasangan *Capasitor Bank* akan memberikan keuntungan sebagai berikut: peningkatan kemampuan jaringan dalam menyalurkan daya, optimal biaya karena ukuran kabel diperkecil, mengurangi besarnya nilai “*Drop Voltage*”, mengurangi naiknya arus atau suhu pada kabel, sehingga mengurangi rugi daya. Pemakaian *Capasitor Bank* ini menguntungkan kedua belah pihak, dari sisi pelanggan, tagihan bisa berkurang dan dari sisi PLN.

#### J) Usulan Perbaikan Kerusakan Jaringan Distribusi

Usulan perbaikan kerusakan jaringan distribusi berupa pemeriksaan peralatan jaringan distribusi secara terjadwal untuk mengantisipasi kerusakan, penggantian saluran distribusi listrik dari saluran udara ke saluran tanah, program pemeliharaan, program manajemen atau pendataan daya trafo, program perencanaan distribusi sisip, penambahan alat *Thermovision* yang untuk mengamati dan mendeteksi kerusakan jaringan distribusi lebih cepat dan tepat,

pemasangan jaringan harus sesuai dengan prosedur yang ditetapkan, serta pemasangan *Capasitor Bank*, yaitu perlengkapan untuk meningkatkan *Power Factor*, dimana akan mempengaruhi besarnya arus yang dialirkan sehingga mengurangi rugi daya.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- ) Dari data yang telah diperoleh, gangguan jaringan distribusi listrik pada UPT Rayon Daya Makassar tercatat ada 443 gangguan jaringan yang terjadi baik gangguan permanen maupun temporer dari semua gangguan yang ada diperoleh bahwa gangguan JTM (I1) sebanyak 55 gangguan atau 12,5%, gangguan peralatan JTM (I2) sebanyak 30 gangguan atau 6,7%, gangguan trafo dan lainnya (I3) sebanyak 8 gangguan atau 1,8 % dan gangguan (I4) sebanyak 1 gangguan atau 0,2%, gangguan eksternal, pohon (E1) sebanyak 15 gangguan atau 3%, gangguan bencana alam (E2) sebanyak 61 atau 13,7%, gangguan pekerjaan pihak lain/binatang (E3) sebanyak 15 atau 0,33% dan gangguan layang-layang (E4) sebanyak 258 atau 58,2%.
- ) Prioritas perbaikan yang harus dilakukan oleh pihak PLN berdasarkan pertimbangan efek kerusakan, frekuensi kerusakan, dan metode pengendalian kerusakan sebagai berikut: kerusakan yang disebabkan oleh gangguan alam, gangguan manusia, gangguan binatang, gangguan komponen, gangguan material, dan kesalahan instalasi jaringan.

## B. SARAN

Saran yang disampaikan untuk pengembangan dan penelitian lebih lanjut yaitu:

1. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini hanya pada faktor kerusakan jaringan distribusi, untuk selanjutnya dapat dilakukan analisis mengenai penyebab gangguan jaringan distribusi energi
2. Dibutuhkan studi yang lebih lanjut demi kesempurnaan isi penulisan ini, khususnya dalam upaya peningkatan pelayanan tenaga listrik kepada masyarakat dimasa sekarang dan masa yang akan datang.

## DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar,A,(1979), Teknik Tenaga Listrik, Jilid II Cetakan kelima, penerbit PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Marsudi, Djiteng.(2006). Operasi Sistem Tenaga Listrik, ITB : Bandung. Pabla, AS, (1994), Sistem Distribusi Daya Listrik, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Stevenson, William D, (1990), Analisis Sistem Tenaga Listrik, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Pabla, A.S., Abdul hadi. Ir, 1991, Sistem Distribusi Daya Listrik, Jakarta, cetakan kedua, penerbit erlangga.

Weedy, B.M, 1978 Sistem Tenaga Listrik, edisi ketiga, penerbit aksara persada Indonesia

HarSuhardi, bandung t, Teknik Distribusi Tenaga Listrik jilid I, drektorat pembinaan sekolah menengah kejuruan. Depdiknas, 2008

Blanchard. 2004. Simbol gerbang logika dasar

Anonym. 2017. Jaringan Distribusi Listrik.

<http://www.duniapembangkitlistrik.blogspot.com/.Jaringan-distribusi-listrik> Diakses pada tanggal 6 September 2017

Anonym. 2014. Sekilas tentang jaringan distribusi.

<http://bloggs-catar.blogspot.com/2014/09/sekilas-tentang-jaringan-distribusi.htm>