



**ANALISA KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI DENGAN
METODE RELIABILITY INDEX ASSESSMENT PADA SISTEM
DISTRIBUSI 20 KV DI PLN APJ JEMBER**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat – syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 (S1) Teknik dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**DEWI NORMALASARI
NIM. 031910201002**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2010**



**ANALISA KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI DENGAN
METODE RELIABILITY INDEX ASSESSMENT PADA SISTEM
DISTRIBUSI 20 KV DI PLN APJ JEMBER**

SKRIPSI

Oleh

**DEWI NORMALASARI
NIM. 031910201002**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2010**

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam sistem tenaga listrik, jaringan distribusi memegang peranan penting dalam menyalurkan tenaga listrik dari gardu listrik kepada konsumen. Seiring dengan pertumbuhan kawasan industri, bisnis dan pemukiman di Indonesia, maka kebutuhan akan tenaga listrik pun semakin meningkat baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Dari segi kuantitas, menuntut tersedianya tenaga listrik dalam jumlah yang memadai, sedangkan dari segi kualitas, menuntut pendistribusian tenaga listrik dengan tingkat keandalan yang tinggi kepada tiap-tiap konsumen.

Tingkat keandalan dari sistem distribusi dapat diukur dari sejauh mana penyaluran tenaga listrik dapat berlangsung secara kontinu kepada para pelanggan tanpa perlu terjadi pemadaman. Bila ditinjau dari sudut pandang pelanggan (konsumen), sebagian besar proses pemadaman yang terjadi dalam sistem tenaga listrik disebabkan oleh permasalahan atau gangguan yang timbul dalam sistem distribusi.

Supaya tingkat keandalan dari suatu sistem distribusi dapat diketahui, maka perlu dilakukan analisa terhadap sistem tersebut. Untuk menganalisa keandalan sistem distribusi ada beberapa jenis metode yang digunakan. Masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan. Pada umumnya metode yang ada menghitung frekuensi gangguan dan durasi dari gangguan, tapi melupakan faktor lainnya seperti gangguan sesaat (*momentary interruptions*). Untuk itulah digunakan metode RIA (*Reliability Index Assessment*) yang ikut memperhitungkan faktor tersebut.

1.2.1

1.2.2 Perumusan Masalah

- Seberapa besar pengaruh dari *momentary interruptions* terhadap indeks keandalan?
- Sejauh manakah tingkat keandalan dari Sistem Distribusi 20 KV di PT. (Persero) PLN APJ Jember penyulang Tegal Boto?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memperjelas dan menghindari meluasnya masalah, maka batasan masalah pada tugas akhir ini meliputi :

- Studi kasus dari tugas akhir ini adalah Sistem Distribusi Jawa Timur di PT. (Persero) PLN APJ Jember penyulang Tegal Boto dengan tegangan distribusi 20 kV.
- Menghitung indeks keandalan SAIFI, MAIFI, SAIDI, CAIDI berdasarkan laju kegagalan dan waktu perbaikan dan waktu rata-rata serta jumlah komponen pada setiap titik beban (*load point*)
- Untuk keakuratan evaluasi data, nantinya hasil analisa data akan disimulasi dengan *software (Microsoft Excel)*

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah untuk mengevaluasi seberapa besar indeks keandalan dari sistem distribusi Jawa Timur di PT. PLN APJ Jember, dengan menggunakan metode *Reliability Index Assessment*.

1.5 Manfaat

Penulisan skripsi ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai informasi tentang tingkat keandalan pada SUTM 20 kV;

2. Sebagai referensi dalam upaya perbaikan keandalan dari sistem distribusi.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Pada umumnya suatu sistem tenaga listrik yang lengkap mengandung empat unsur. Pertama, unsur pembangkit tenaga listrik. Tegangan yang dihasilkan oleh pusat tenaga listrik itu biasanya merupakan tegangan menengah (TM). Kedua, sistem transmisi, lengkap dengan gardu induk. Karena jaraknya yang biasanya jauh, maka diperlukan penggunaan tegangan tinggi (TT), atau tegangan extra tinggi (TET). Ketiga, saluran distribusi, yang biasanya terdiri atas saluran distribusi primer dengan tegangan menengah (TM) dan saluran distribusi sekunder dengan tegangan rendah (TR). Keempat, pemakaian atas utilisasi, yang terdiri atas instalasi pemakaian tenaga listrik. Instalasi rumah tangga biasanya memakai tegangan rendah, sedangkan pemakai besar seperti industri mempergunakan tegangan menengah atau tegangan tinggi. Gambar 2.1 memperlihatkan skema suatu sistem tenaga listrik.



Gambar 2.1 Bagan Sistem Tenaga Listrik

Dari bagan dalam Gambar 2.1 di atas dapat dijelaskan bahwa prinsip kerja dalam sistem tenaga listrik dimulai bagian pembangkitan kemudian disalurkan melalui sistem jaringan transmisi kepada gardu induk dan dari gardu induk ini disalurkan serta dibagi-bagi kepada pelanggan melalui saluran distribusi. Ada pula pelanggan yang mendapat pelayanan langsung dari saluran transmisi biasanya pelanggan ini membutuhkan tegangan yang besar dan daya yang besar pula.

Energi listrik dibangkitkan pada pembangkit tenaga listrik (PTL). PTL biasanya membangkitkan energi listrik pada tegangan menengah (TM), yaitu pada umumnya antara 6 dan 20 KV.

Pada sistem tenaga listrik yang besar, bilamana PTL terletak jauh dari pemakai, maka tenaga listrik perlu diangkut melalui saluran transmisi, dan tegangannya harus dinaikkan dari TM menjadi (TT). Pada jarak yang sangat jauh diperlukan tegangan ekstra tinggi (TET). Menaikkan tegangan itu dilakukan di gardu induk (GI) dengan mempergunakan transformator penaik (*step-up transformer*).

Mendekati pusat pemakaian tenaga listrik, yang dapat merupakan suatu industri atau kota, tegangan tinggi diturunkan menjadi (TM). Hal ini juga dilakukan pada GI dengan mempergunakan transformator penurun (*step down transformer*). Di Indonesia tegangan menengah adalah 20 KV. Saluran 20 KV ini menelusuri jalan-jalan di seluruh kota, dan merupakan sistem distribusi primer.

Di tepi-tepi jalan, biasanya berdekatan dengan persimpangan terdapat gardu-gardu distribusi (GD). Yang mengubah tegangan menengah menjadi tegangan rendah melalui transformator distribusi. Melalui tiang-tiang listrik yang terlihat di tepi jalan, tenaga listrik tegangan rendah disalurkan kepada konsumen. Di Indonesia, tegangan rendah adalah 220/380 volt, dan merupakan sistem distribusi sekunder.

2.2 Sistem Operasi Jaringan Distribusi

Sistem 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 :

- Gardu Induk (GI)
- Saluran Tegangan Menengah (TM)/Distribusi Primer

- Gardu Distribusi (GD)
- Saluran Tegangan Rendah (TR)

Gardu induk akan menerima daya dari saluran transmisi kemudian menyalurkannya melalui saluran distribusi primer menuju gardu distribusi. Sistem jaringan distribusi terdiri dari dua buah bagian yaitu jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder. Jaringan distribusi primer umumnya bertegangan tinggi (20 KV atau 6 KV). Tegangan tersebut kemudian diturunkan oleh transformator distribusi pada gardu distribusi menjadi tegangan rendah (220 atau 380 volt) untuk selanjutnya disalurkan ke konsumen melalui saluran distribusi primer.

2.2.1 Gardu Induk Pada Sistem Distribusi

Gardu Induk adalah suatu instalasi, terdiri dari peralatan listrik yang berfungsi untuk :

1. Transformasi tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ke tegangan tinggi yang lainnya atau ke tegangan menengah.
2. Pengukuran, pengawasan operasi serta pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik.
3. Pengaturan daya ke gardu-gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan gardu-gardu distribusi melalui feeder tegangan menengah. Peralatan dan fasilitas penting yang menunjang untuk kepentingan pengaturan distribusi tenaga listrik yang ada di Gardu Induk adalah :
 - a. Sisi Tegangan Tinggi
 - Transformator Daya
 - Pemutus Tenaga (CB)
 - Saklar Pemisah (DS)
 - Pengubah transformator Berbeban
 - Transformator Arus (CT)
 - Transformator Tegangan (PT)

b. Sisi Tegangan Menengah

- Pemutus Tenaga trafo (incoming circuit Breaker)
- Pemutus Tenaga Kabel (outgoing Circuit Breaker)
- Trafo Arus (CT)
- Trafo Tegangan (PT)

c. Peralatan Kontrol

- Panel Kontrol
- Panel Relay
- Meter-meter pengukuran

2.2.2 Sistem Distribusi Primer

Sistem distribusi primer merupakan bagian dari sistem distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat suplai daya besar (*Bulk Power Source*) atau disebut gardu induk ke pusat-pusat beban. Sistem distribusi primer atau sistem distribusi tegangan menengah tersusun oleh penyulang utama (*main feeder*) dan penyulang percabangan (*lateral*). Jaringan distribusi di Indonesia adalah jaringan distribusi bertegangan 20 KV.

2.2.3 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 220/380 Volt.

Untuk selanjutnya pada pembahasan tugas akhir ini, sistem distribusi yang dimaksud adalah sistem distribusi primer atau sistem distribusi tegangan menengah 20 KV.

2.3 Pemilihan Sistem Jaringan Distribusi

Beragam-macam bentuk konfigurasi jaringan yang berbeda diambil untuk bermacam-macam jaringan-transmisi, subtransmisi, dan distribusi, yang menunjukkan jumlah kebutuhan daya dan keamanan jaringan. Misalnya, jaringan transmisi utama membawa daya yang besar untuk banyak konsumen, ini lebih penting daripada jaringan distribusi tegangan rendah di jalan, karena bila jaringan utama mengalami gangguan konsumen yang menderita lebih banyak. Karenanya, biasanya dipakai jaringan loop untuk rangkaian ini. Jaringan ini memberikan kapasitas siap yang lebih besar dari yang biasanya dipakai untuk distribusi tegangan rendah untuk mencatu rumah tangga. Sebagai tambahan terhadap aspek keandalan, konsumen yang banyak dan tentunya banyak titik catu pada jaringan tegangan rendah ini berarti untuk memenuhi catu tegangan untuk tiap konsumen terakhir terhambat karena mahal. Untuk saluran catu yang panjang di pedesaan, keandalannya sering kali dapat diperbaiki dengan menggunakan titik dalam bentuk rangkaian pemutus arus, yang akan memutus satu bagian dari saluran dan mencegah seluruh saluran catu terputus dari sumber daya.

Sistem distribusi akan lebih efektif bila digunakan bentuk atau tipe sistem distribusi yang berbeda-beda, mengingat disesuaikan dengan keadaan beban maupun dengan hal-hal yang mempengaruhi sistem, dan di dalam pemilihan tipe sistem distribusi tidak terlepas dari persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi sebagai berikut :

- * Kontinuitas pelayanan yang baik, tidak sering terjadi pemutusan.
- * Keandalan yang tinggi, antara lain meliputi
 - Kapasitas daya yang memenuhi.
 - Tegangan yang selalu konstan dan nominal
 - Frekuensi yang selalu konstan.
- * Penyebaran daerah beban yang seimbang.

- * Fleksibel dalam pengembangan dan perluasan, tidak hanya bertitik tolak pada kebutuhan beban sesaat tetapi kemungkinan pengembangan beban yang harus dilayani.
- * Tegangan jatuh yang sekecil mungkin.
- * Pertimbangan ekonomis, menyangkut perhitungan untung rugi baik secara komersial, maupun dalam rangka penghematan anggaran yang tersedia.

keandalan suatu sistem, yaitu:

1. Kemungkinan kehilangan beban (*loss of load probability*).
Jumlah hari selama jangka waktu sehingga beban puncak melampaui kapasitas pembangkitan yang tersedia.
2. Kemungkinan kehilangan energi (*loss of energy probability*).
Jumlah energi yang tidak dapat disediakan akibat gangguan selama periode tertentu.
3. Kemungkinan kehilangan beban yang diperkirakan (*expected loss of load probability*).
Perkiraan besar beban yang tidak dapat dipikul karena suatu gangguan.
4. Frekuensi jumlah gangguan dan lamanya gangguan yang diperkirakan (*Expected Frequency and Expected Duration of Outages*).

Sistem distribusi primer berdasarkan bentuk jaringannya dapat dibedakan menjadi delapan, yaitu:

1. Sistem radial.
2. Sistem radial dengan satu PSO atau PBO di tengah.
3. Sistem *loop* (sebagai variasi dari sistem 1 dan 2).
4. *Tie line* (sebagai variasi dari sistem 1 dan 2).
5. SKTM sistem spindel.
6. Gugus sebagai variasi dari sistem 5.
7. SKTM dengan sistem spindel dengan pusat pengatur jaringan distribusi.
8. Saluran kabel sistem *spot network*.

2.4 Gangguan pada Sistem Distribusi

Setiap kesalahan dalam suatu rangkaian yang menyebabkan terganggunya aliran arus yang normal disebut gangguan. Gangguan pada sistem tenaga listrikan sudah menjadi bagian dari pengoperasian sistem tenaga listrik tersebut. Mulai dari sumber alam, pembangkit, transmisi, distribusi hingga pusat-pusat beban tidak pernah lepas dari berbagai macam gangguan. Suatu bagian esensial dalam disain jaringan suplai daya memerlukan pemikiran agar meminimalkan gangguan. Bagian dari sistem tenaga listrik yang sering mengalami gangguan adalah kawat transmisinya. Hal tersebut wajar terjadi karena luas dan panjangnya saluran dari pembangkit hingga distribusi pada umumnya lewat udara (diatas tanah) lebih rentan terhadap gangguan daripada yang ditaruh dalam tanah (*underground*). Terlebih lagi jika salurannya tidak dilindungi isolasi ataupun peralatan proteksi yang tidak memadai, akan sering menimbulkan gangguan pada sistem tenaga listrik tersebut. Semua gangguan biasa disebabkan dari peralatannya atau kesalahan mekanis, thermis dan tegangan lebih atau karena material yang cacat atau rusak, misalnya hubung singkat, gangguan ke tanah atau konduktor yang putus. Busur tanah yang menetap merupakan gangguan yang sangat ditakuti sebab busur tanah yang padam dan menyala merupakan sumber gelombang berjalan yang mempunyai muka curam yang dapat membahayakan isolasi dari alat-alat instalasi walaupun letaknya jauh dari titik gangguan. Gangguan yang sering terjadi adalah gangguan hubung singkat. Besar dari arus hubung singkat itu tergantung dari jenis dan sifat gangguan hubung singkat itu, kapasitas dari sumber daya, konfigurasi dari sistem, metode hubungan netral dari trafo, jarak gangguan dari unit pembangkit, angka pengenal dari peralatan-peralatan utama dan alat-alat pembatas arus, lamanya hubung singkat itu dan kecepatan beraksi dari alat-alat pengaman. Gangguan hubung singkat itu tidak hanya dapat merusak peralatan atau elemen-elemen sirkuit, tetapi juga dapat menyebabkan jatuhnya tegangan dan frekuensi sistem, sehingga kerja paralel dari unit-unit pembangkit menjadi terganggu pula.

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan. Ditinjau dari volume fisiknya, jaringan distribusi pada umumnya lebih panjang dibanding dengan jaringan transmisi dan jumlah gangguannya dalam kali per 100 km per tahun juga paling tinggi dibandingkan jumlah gangguan pada saluran transmisi.

Jaringan distribusi secara garis besar terdiri dari Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR).

JTM mempunyai tegangan antara 3 KV sampai dengan 20 KV. PLN pada saat ini hanya mengembangkan tegangan menengah 20 KV. JTM sebagian besar berupa SUTM dan kabel tanah. Pada saat ini juga mulai dikembangkan kabel udara yang isolasinya tidak penuh dengan tujuan untuk mengurangi jumlah gangguan di JTM. Gangguan pada SUTM termasuk tinggi jumlahnya. Gangguan pada SUTM ada yang mencapai angka 100 kali per 100 km per tahun. Sebagian besar gangguan pada SUTM tidak disebabkan oleh petir melainkan oleh sentuhan pohon. Gangguan karena petir maupun karena sentuhan pohon sebagian besar bersifat temporer, oleh karenanya penggunaan penutup balik (*recloser*) otomatis akan sangat mengurangi waktu pemutus penyediaan daya (*supply interrupting time*).

2.4.1. Akibat-akibat yang Ditimbulkan oleh Gangguan

- a. Menginterupsi kontinuitas pelayanan daya kepada para konsumen apabila gangguan itu sampai menyebabkan terputusnya suatu rangkaian atau menyebabkan keluarnya suatu unit pembangkit.
- b. Penurunan tegangan yang cukup besar menyebabkan rendahnya kualitas tenaga listrik dan merintanginya kerja normal pada peralatan listrik baik PLN maupun konsumen.
- c. Pengurangan stabilitas sistem dan menyebabkan jatuhnya generator.
- d. Merusak peralatan pada daerah terjadinya gangguan

2.4.2. Penyebab Gangguan pada SUTM maupun SKTM

a. Pada SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah)

1. Alam (Petir, Pohon, Angin, Hujan, Panas);
2. Kegagalan atau kerusakan peralatan dan saluran;
3. Manusia;
4. Binatang dan benda-benda asing, dan lain-lain.

b. Pada SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah).

1. Gangguan dari luar (*External Fault*).

Gangguan-gangguan mekanis karena pekerjaan galian saluran air dan lain-lain. Kendaraan yang lewat di atasnya, impuls petir lewat saluran udara, binatang dan deformasi tanah.

2. Gangguan dari dalam (*Internal Fault*)

Tegangan dan arus abnormal, pemasangan yang kurang baik, penuaan dan beban lebih.

2.4.3 Klasifikasi Gangguan.

a. Macam-macam gangguan

1. Gangguan tiga fasa dengan atau tanpa ke tanah;
2. Gangguan fasa ke fasa, tanpa ke tanah;
3. Gangguan satu fasa ke tanah;
4. Gangguan dua fasa ke tanah.

Pada gangguan satu fasa ke tanah arus gangguannya sering lebih besar dari arus gangguan fasa tiga, hal ini terutama dapat terjadi bila titik natral dari generator atau trafo dari sistem tersebut ditanahkan langsung.

Jenis gangguan yang biasanya terdapat dalam praktek ialah gangguan satu fasa ke tanah dan yang terbanyak terjadi. Pada gangguan satu fasa ke tanah biasanya terdapat tahanan hubung singkatnya. Meskipun gangguan satu fasa ke tanah sering terjadi, perhitungan tiga fasa simetris sering digunakan untuk analisa hubung singkat.

b. Sifat-sifat gangguan

1. Gangguan Permanen (*sustained interruption*)

Gangguan ini ditandai dengan bekerjanya kembali PMT untuk memutus daya listrik. Gangguan permanen baru dapat diatasi setelah sebab gangguannya dihilangkan.

2. Gangguan Temporer (*Momentary interruption*)

Gangguan ini ditandai dengan normalnya kerja PMT setelah dimasukkan kembali. Pada gangguan temporer dapat diatasi setelah sebab gangguan hilang dengan sendirinya setelah PMT trip.

2.5 Sistem Pengaman pada Sistem Jaringan Distribusi

Agar suatu sistem distribusi dapat berfungsi dengan secara baik, gangguan-gangguan yang terjadi pada tiap bagian harus dapat dideteksi dan dipisahkan dari sistem lainnya dalam waktu yang secepatnya, bahkan kalau dapat, mungkin pada awal terjadinya gangguan. Keberhasilan berfungsinya proteksi memerlukan adanya suatu koordinasi antara berbagai alat proteksi yang dipakai. Adapun fungsi sistem pengaman adalah :

- Melokalisir gangguan untuk membebaskan peralatan dari gangguan.
- Membebaskan bagian yang tidak bekerja normal, untuk mencegah kerusakan.
- Memberi petunjuk atau indikasi atas lokasi serta macam dari kegagalan
- Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen.
- Untuk mengamankan keselamatan manusia terutama terhadap bahaya yang ditimbulkan listrik.

Sistem pengamanan bertujuan untuk mencegah atau untuk membatasi kerusakan pada jaringan beserta peralatannya, dan keselamatan umum yang disebabkan karena gangguan dan meningkatkan kelangsungan pelayanan pada konsumen.

Cara, macam dan tingkat pengamanan yang diterapkan tergantung pada banyak faktor (antara lain: sistem yang ada termasuk cara pentanahannya, peralatan, kondisi dan peraturan setempat dan macam beban), dan merupakan kompromi praktis yang memungkinkan untuk cukup memenuhi kebutuhan dan yang sebanding dengan biayanya.

Macam dan karakteristik beban sangat mempengaruhi perencanaan pengamanan, macam dan karakteristik beban pulalah yang banyak menentukan perencanaan suatu sistem distribusi.

Untuk daerah padat beban di pusat perkotaan misalnya, jaringan yang dibutuhkan adalah kabel tanah dengan sistem tertutup, dan dengan demikian layak untuk dipergunakan pengamanan yang lebih tinggi tingkatnya dan lebih mahal, sebaliknya untuk daerah luar kota pada umumnya yang kepadatan bebannya rendah, jaringan yang diperlukan cukup saluran udara radial, dengan pengamanan yang lebih sederhana dan murah, sesuai tingkat keandalan yang masih dapat diterima pemakainya. Jadi, perancang suatu sistem pengamanan pada hakekatnya tidak dapat dipisahkan, melainkan harus sudah terpadu (*integrated*) dalam perencanaan sistem distribusinya.

Tujuan utama dari pengamanan sistem distribusi adalah meminimumkan lamanya gangguan dan jumlah pelanggan yang terkena gangguan. Sedangkan tujuan yang lain dari pengamanan sistem distribusi adalah:

1. Mengurangi sedapat mungkin pengaruh bahayanya
2. Membatasi sekecil mungkin segmen sistem yang mengalami pemadaman
3. Melindungi peralatan pelanggan
4. Melindungi sistem terhadap pemadaman yang tidak diperlukan dan kerusakan
5. Memisahkan saluran yang terganggu, misalnya trafo dan alat-alat lainnya

2.6 Keandalan Sistem Distribusi

2.6.1 Definisi Dasar

Keandalan merupakan probabilitas suatu alat (*device*) untuk dapat berfungsi sesuai dengan fungsi yang diinginkan sesuai dengan jangka waktu yang ditetapkan.

- a. fungsi:keandalan suatu komponen perlu dilihat apakah suatu komponen dapat melakukan fungsinya secara baik pada jangka waktu tertentu. Kegagalan fungsi dari komponen dapat disebabkan oleh perawatan yang tak terencana (*unplanned maintenance*). Fungsi atau kinerja dari suatu komponen terhadap suatu sistem mempunyai tingkatan yang berbeda-beda.
- b. lingkungan:keandalan setiap peralatan sangat bergantung pada kondisi operasi lingkungan, secara umum lingkungan tersebut menyangkut pemakaian, transportasi, penyimpanan, instalasi, pemakai, ketersediaan alat-alat perawatan, debu, dan polutan lain.
- c. waktu:keandalan menurun sesuai dengan penambahan waktu. Waktu operasi meningkat sehingga probabilitas gagal lebih tinggi. Waktu operasi ini diukur tidak hanya dalam unit waktu tetapi bisa dalam jarak operasi.
- d. probabilitas:keandalan diukur sebagai probabilitas. Sehingga probabilitas yang berubah terhadap waktu dan masuk dalam bidang statistik dan analisa statistik.

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

Adapun konsep kenandalan meliputi:

- a) Kegagalan

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

- b) Penyebab kegagalan

Keadaan lingkungan selama disain, pembuatan atau yang akan menuntun kepada kegagalan.

c) Mode kegagalan

Akibat yang diamati untuk mengetahui kegagalan, misalnya suatu keadaan rangkaian terbuka atau hubungan singkat.

d) Mekanisme kegagalan

proses fisik, kimia atau proses lain yang menghasilkan kegagalan

Kata kegagalan adalah istilah yang menunjukkan berakhirnya untuk kerja yang diperlukan. Hal ini berlaku untuk bagian-bagian peralatan dalam segala keadaan lingkungan. Gangguan listrik pada jaringan sistem distribusi dinyatakan sebagai kerusakan dari peralatan yang mengakibatkan sebagian atau seluruh pelayanan listrik terganggu. Besaran yang dapat digunakan untuk menentukan nilai keandalan suatu sistem tenaga listrik adalah besarnya laju kegagalan /kecepatan kegagalan (*failures rate*) yang dinyatakan dengan simbol λ .

2.6.2 laju kegagalan

Laju kegagalan adalah nilai rata-rata dari jumlah kesalahan persatuan waktu pada selang waktu pengamatan waktu tertentu (T), dan dinyatakan dalam satuan kegagalan per tahun. Pada suatu pengamatan. Nilai laju kegagalan dinyatakan sebagai berikut:

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

λ =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.

2.7 Analisa Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan (*reliability*) didefinisikan sebagai probabilitas dari peralatan atau sistem untuk dapat menjalankan fungsinya dengan semestinya, dalam kurun waktu tertentu, serta pada kondisi kerja tertentu. Dengan demikian, keandalan sistem distribusi berarti probabilitas sistem distribusi untuk dapat menjalankan fungsinya dengan semestinya. dalam kurun waktu tertentu, serta pada kondisi kerja tertentu. Tingkat keandalan dari sistem distribusi diukur dari sejauh mana penyaluran tenaga listrik dapat berlangsung secara kontinu kepada para pelanggan tanpa perlu terjadi pemadaman.

Dewasa ini, permintaan konsumen akan peningkatan layanan listrik semakin meningkat. Oleh karena itu bukan hanya peningkatan pasokan daya yang perlu diperhatikan. Namun keandalan dari sistem juga perlu. Paling banyak problem mengenai keandalan penyalur sistem kelistrikan berasal dari sistem distribusi. Oleh karena itu perlu adanya perhatian khusus jika diinginkan adanya peningkatan keandalan dari sistem distribusi yang bersangkutan.

Ada 2 cara untuk memperbaiki keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Cara pertama adalah dengan mengurangi frekuensi terjadinya gangguan dan cara kedua adalah dengan mengurangi durasi gangguan. Untuk mengurangi frekuensi terjadinya gangguan. dilakukan tindakan preventif yakni dengan adanya pemeliharaan jaringan secara berkala. Hal ini guna menjamin performa sistem secara menyeluruh. Sedangkan untuk mengurangi durasi gangguan disadari pentingnya otomatisasi sistem distribusi untuk memastikan pemulihan pasokan tenaga listrik secara cepat bagi konsumen. Dan sekaligus memperbaiki tingkat keandalan sistem.

Otomatisasi sistem distribusi dilakukan dengan menggunakan sejumlah peralatan *keypoint*, *keypoint* di sini berupa *sectionalizer* atau Saklar Seksi Otomatis (SSO). *Sectionalizer* membagi jaringan distribusi ke dalam *section-*

section, dan akan bekerja melakukan operasi *switching (switching operation)* bilamana terjadi gangguan pada sistem. Ada 2 macam *switching operation* yang dapat dilakukan, yang pertama *switching operation* yang bertujuan untuk melokalisir/memisahkan *section* yang terganggu agar tidak mempengaruhi *section* lain yang tidak terganggu. Dan yang kedua adalah *switching operation* yang bertujuan untuk memutuskan jaringan dari gangguan, sekaligus menghubungkan jaringan yang terputus dengan alternatif sumber listrik lain apabila ada yang memungkinkan, sehingga tidak perlu terjadi pemadaman.

Ada beberapa istilah yang penting berkaitan dengan keandalan sistem distribusi (gonen 577:sumani 5):

- *outage*: keandalan dimana suatu komponen tidak dapat melakukan fungsinya disebabkan hal-hal yang secara langsung berhubungan dengan komponen tersebut. *Outage* dapat atau tidak dapat mengakibatkan pemadaman bergantung pada konfigurasi sistem.
- *forced outage, outage* yang disebabkan oleh keadaan darurat yang secara langsung berhubungan dengan suatu komponen, di mana perlu agar komponen tersebut dilepaskan dari sistem dengan segera. Atau *outage* yang disebabkan oleh kesalahan dalam pengoperasian peralatan ataupun karena kesalahan manusia.
- *scheduled outage, outage* yang dihasilkan ketika suatu komponen dengan sengaja dilepas dari sistem pada waktu-waktu yang telah ditentukan, biasanya untuk tujuan perbaikan atau pemeliharaan berkala.
- *interruption*, pemutusan kerja (pemadaman) pada satu atau lebih konsumen atau fasilitas sebagai akibat dari *outage* yang terjadi pada satu atau lebih komponen.
- *forced interruption* , pemadaman yang disebabkan oleh *forced outage*.

- *scheduled interruption*, pemadaman yang disebabkan oleh *scheduled outage*.
- *failure rate* (λ), jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi pada sebuah komponen dalam kurun waktu tertentu, umumnya waktu dinyatakan dalam *year* dan *failure rate* dinyatakan dalam *failure/year*.
- *outage time* (r), waktu yang digunakan untuk memperbaiki atau mengganti bagian dari peralatan akibat terjadi kegagalan atau periode dari saat permulaan peralatan mengalami kegagalan sampai saat peralatan dioperasikan kembali sebagaimana mestinya (*outage time* umum dinyatakan dalam *hour/failure*)

2.7.1 Definisi Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 KV

Keandalan merupakan kemungkinan kelangsungan pelayanan beban dengan kualitas pelayanan listrik yang baik untuk suatu periode tertentu dengan kondisi operasi yang sesuai. Dan keandalan merupakan salah satu syarat yang tidak boleh diabaikan dalam sistem tenaga listrik.

Keandalan sistem tenaga listrik sangat tergantung pada keandalan peralatan pendukung sistem, proses alamiah dari peralatan serta kesalahan dalam mengoperasikan peralatan tersebut.

Pemilihan kriteria kegagalan tersebut sangat tergantung pada macam beban pada titik perhatian kita, yaitu sesuai dengan waktu maksimum pemadaman yang tidak mengganggu kerja beban.

Indeks keandalan suatu sistem distribusi digunakan untuk mengukur tingkat keandalan dari tiap-tiap titik beban/load point. Yang merupakan indeks-indeks keandalan dasar antara lain :

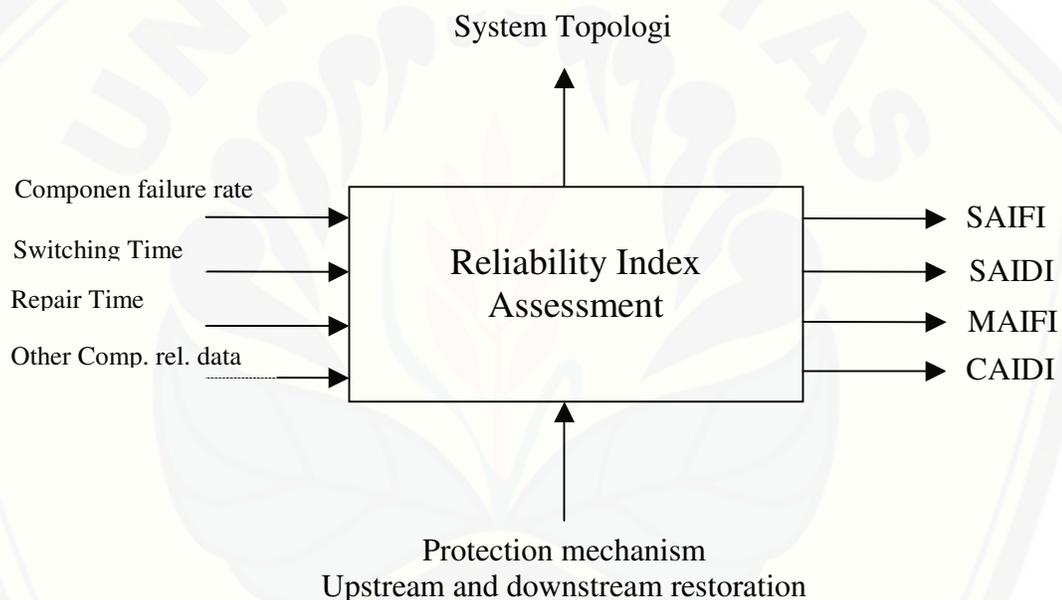
λ = frekuensi kegagalan tahunan rata-rata (fault/year)

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

U = lama/durasi terputusnya pasokan listrik tahunan rata-rata(hours/year).

2.7.2 Metode RIA

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



Gambar. 2.2 Input dan Output dari RIA

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

- λ_M : *Momentary failure rate*; ini adalah frekuensi dari *fault* yang akan hilang dengan sendirinya.

- λ_s : *Sustained failure rate*; ini adalah frekuensi dari *fault* yang membutuhkan kru untuk memperbaikinya.
- MTTR; *Mean Time To Repair*; ini adalah lama waktu yang digunakan oleh kru untuk memperbaiki *component* outage dan mengembalikan sistem ke keadaan operasi normal.
- MTTs; *Mean Time To Switch*; ini adalah lama waktu yang akan dipakai setelah terjadi *failure* untuk *sectionalizing switch*.

Pada metode RIA ada indeks keandalan yang dihitung, yaitu sebagai berikut :

- SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)
 - SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)
 - MAIFI (*Momentary Average Interruption Frequency Index*)
 - CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*)
- ❖ SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) menginformasikan tentang frekuensi pemadaman rata-rata untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi yang disebabkan oleh *sustained interruption*, cara menghitung yaitu total frekuensi pemadaman dari konsumen dalam setahun dibagi dengan jumlah total konsumen yang dilayani.

Secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$SAIFI = \sum_{i=1}^m \frac{\lambda_i \cdot S_i}{n} \quad (1)$$

dimana: λ_i = *sustained failure rate* dari komponen *i* (*failure/year*)

S_i = jumlah konsumen yang mengalami *sustained interruption* karena kegagalan komponen i ;

n = jumlah total konsumen

m = jumlah dari komponen

- ❖ SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) menginformasikan tentang durasi pemadaman rata-rata untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi, cara menghitung yaitu total durasi pemadaman dari konsumen dalam setahun dibagi dengan jumlah total konsumen yang dilayani.

Secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$SAIDI = \sum_{i=1}^m \frac{S_i \cdot D_i}{n} \quad (2)$$

dimana: D_i = durasi *sustained interruption* yang dialami konsumen karena kegagalan komponen ;

S_i = jumlah konsumen yang terganggu

n = jumlah total konsumen

m = jumlah dari komponen

- ❖ MAIFI (*Momentary Average Interruption Frequency Index*) menginformasikan tentang frekuensi pemadaman rata-rata untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi yang disebabkan oleh *momentary interruption*, cara menghitung yaitu total frekuensi pemadaman dari konsumen karena *momentary interruption* dalam setahun dibagi dengan jumlah total konsumen yang dilayani.

Secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$MAIFI = \sum_{i=1}^m \frac{\lambda_i \cdot T_i}{n} \quad (3)$$

dimana: λ_i = *momentary failure rate* dari komponen (*failure/year*);

T_i = jumlah konsumen yang mengalami *momentary interruption* karena kegagalan komponen i ;

n = jumlah total konsumen

m = jumlah dari komponen

SAIFI merupakan indeks keandalan yang digunakan untuk mengkarakteristikan frekuensi pemadaman rata-rata untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi. Indeks ini, bagaimanapun tidak memasukkan *momentary interruptions*. Sejak pertumbuhan yang sangat besar dari beban sensitif elektronika, dampak dari *momentary interruptions* yang dialami oleh konsumen meningkat pula. Maka didefinisikanlah sebuah indeks baru untuk mengkarakteristikan *momentary interruptions*. Indeks ini yaitu MAIFI (*Momentary Average Interruption Frequency Index*).

Momentary Interruption dapat disebabkan oleh dua hal yaitu:

- 1) *Self Clearing Fault*
- 2) *Permanent Fault*

1) *Momentary Interruption* karena *Self Clearing Fault*

Lebih dari 70% dari *fault* pada saluran udara dari sistem distribusi bersifat temporer. Untuk alasan ini, *recloser* digunakan untuk *de-energise* sistem untuk periode waktu yang singkat untuk membiarkan setiap *fault* hilang dengan sendirinya. Susunan kejadian ketika *Self Clearing Fault* terjadi pada sebuah sistem distribusi adalah sebagai berikut:

1. *Fault* terjadi pada sistem.

2. *Recloser* terbuka. Ini mengganggu semua konsumen pada sisi *downstream* dari *recloser*. (Selanjutnya konsumen pada sisi *downstream* akan dianggap sebagai C_1)
3. Setelah beberapa waktu, *recloser* akan tertutup. Jika *fault* telah hilang, maka *recloser* akan tertutup. Jika tidak, *recloser* mungkin akan beroperasi sekali atau beberapa kali lagi sampai *fault* hilang dengan sendirinya.

Pada situasi ini, setiap konsumen pada C_1 akan mengalami *momentary interruption*. Ini adalah kejadian nyata jika lebih dari satu operasi *reclosing* (membuka dan menutup) dibutuhkan untuk menghilangkan *fault*. Contoh, asumsikan bahwa sebuah saluran udara mempunyai *momentary failure rate* sebesar 0,3 *failure per year*. Jika *recloser* terdekat (sisi *upstream* dari saluran udara) mempunyai 100% kesempatan untuk beroperasi selama satu dari *failures* ini, maka semua konsumen (sisi *downstream* dari *recloser*) akan mengalami 0,3 *momentary interruptions* per tahun karena *self clearing fault* pada saluran udara.

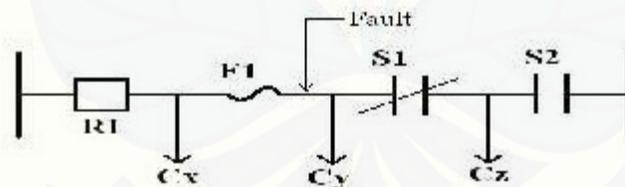
2) *Momentary interruptions* karena *Permanent Fault*

Ketika *Permanent Fault* (dalam artian bukan *self clearing fault*) terjadi pada sistem distribusi, tentu konsumen tertentu akan mengalami *sustained interruption*. Tambahan pula, konsumen yang lain akan mengalami *momentary interruption*. Untuk menentukan *momentary interruption* yang dialami konsumen karena *permanent fault*, perhatikan urutan kejadian berikut ini:

1. *Fault* terjadi pada sistem
2. *Recloser* terbuka. Ini mengganggu semua konsumen pada sisi *downstream* dari *recloser*. (Selanjutnya konsumen pada sisi *downstream* akan dianggap sebagai C_1)

3. *Recloser* akan beroperasi beberapa kali. Setelah jumlah maksimum dari operasi tercapai, *recloser* tetap tertutup untuk membiarkan peralatan *time-overcurrent* untuk beroperasi.
4. Peralatan *time-overcurrent* (seperti *fuse* atau *circuit breaker*) beroperasi. Ini mengganggu konsumen pada sisi *downstream* dari peralatan. (Selanjutnya konsumen pada sisi *downstream* akan dianggap sebagai C_2)
5. Otomatisasi *switching*, jika tersedia, dengan cepat memulihkan daya kepada konsumen tertentu. (Selanjutnya konsumen ini akan disebut sebagai C_3)

Untuk setiap permanent fault, sebuah momentary interruptions ditunjukkan ke setiap konsumen dalam bentuk C_1 -(C_2 - C_3). Untuk ilustrasi, perhatikan system distribusi sederhana pada gambar dibawah ini. Sistem ini terdiri dari sebuah *recloser* (R1), sebuah *fuse*, dua buah *automated switches* (S1, S2), dan tiga konsumen (C_x , C_y , C_z)



Gambar 2.3 Simple Distribution System

Jika *permanent fault* terjadi pada lokasi yang ditunjukkan, R1 akan terbuka dan *recloser* beberapakali dalam berusaha menghilangkan fault. Ini akan menyebabkan konsumen (C_x , C_y , dan C_z) kehilangan pasokan daya. Sesudah usaha untuk *reclosing* gagal, R1 akan tetap tertutup, membiarkan F1 menghilangkan *fault*. Ini menyebabkan konsumen C_y , dan C_z kehilangan pasikan

daya. Perlu diperhatikan bahwa pasokan daya telah kembali untuk konsumen C_x . Terakhir automated switching dengan cepat membuka S1 dan kemudian menutup S2. ini mengembalikan daya untuk konsumen C_z . Dalam situasi seperti ini konsumen mengalami *momentary interruption*.

Jumlah dari *momentary interruption* yang dialami oleh konsumen yaitu MAIFI, dapat dihitung sebagai jumlah *momentary interruption* karena *Self Clearing Fault* ditambah dengan jumlah *momentary interruption* karena *permanent fault*.

- ❖ CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*) menginformasikan tentang durasi pemadaman rata-rata konsumen untuk setiap gangguan yang terjadi, cara menghitung yaitu SAIDI dibagi dengan SAIFI.

Secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$CAIDI = \sum_{i=1}^m \frac{S_i \cdot T_i}{n} \quad (4)$$

dimana: λ_i = *momentary failure rate* dari komponen (*failure/year*);

T_i = jumlah konsumen yang mengalami *momentary interruption* karena kegagalan komponen i ;

n = jumlah total konsumen

m = jumlah dari komponen

2.8 Konsep dan Pendekatan Teknik

2.8.1 Metode RIA (*Reliability Index Assessment*)

Syarat-syarat dari metode RIA :

- Topologi/konfigurasi penyulang (*feeder*) sistem jaringan distribusi 20 kV. Sistem didefinisikan dalam section-section, lateral-lateral, dan titik bebannya (*load point*).
- Data konsumen meliputi :
 - Jumlah pelanggan pada setiap titik beban
- Data gangguan/pemadaman tahunan
- Parameter data keandalan sistem.

2.8.2 Asumsi metode RIA :

- Kegagalan peralatan tidak saling berhubungan, peralatan masing-masing dapat dianalisa secara terpisah. Jika kegagalan peralatan saling dihubungkan, maka perhitungan keandalan sistem menjadi lebih kompleks. Maka untuk menyederhanakan perhitungan tersebut dengan mengasumsikan bahwa setiap kegagalan tidak saling berhubungan.
- Jika gangguan dari peralatan dalam suatu sistem diasumsikan menjadi independen, masing-masing keandalan *load point* adalah suatu fungsi minimal cut set yang dihubungkan secara seri.

Filosofi dari metode ini adalah mengevaluasi keandalan jaringan distribusi 20 kV dengan menghitung indeks-indeks keandalan setiap titik bebannya. Jika gangguan dari peralatan dalam suatu system diasumsikan menjadi independen, masing-masing keandalan load point adalah suatu fungsi minimal cut set yang dihubungkan secara seri. Karenanya, minimal cut set terdiri dari semua peralatan yang mempunyai pengaruh pada ketersediaan titik beban (*avaibility load point*) Dari indeks-indeks keandalan tersebut dapat diketahui titik beban-titik beban mana yang perlu diperbaiki keandalannya. Indeks keandalan yang dihitung adalah indeks-indeks titik beban (*load point*) dan indeks-indeks sistem secara keseluruhan. Indeks load point antara lain :

- Frekuensi kegagalan (*Failure rate*) untuk setiap load point λ_{LP} , merupakan penjumlahan laju kegagalan semua peralatan yang berpengaruh terhadap Load Point, dengan persamaan :

$$\lambda_{LP} = \sum_{i=K} \lambda_i \quad (5)$$

Dimana :

λ_i = laju kegagalan untuk peralatan K

K = Minimal cut set

- Lama / durasi gangguan tahunan rata-rata untuk load point U_{LP} dengan persamaan :

$$U_{LP} = \sum_{j=1} U_j = \sum_{j=1} \lambda_j \times r_j \quad (6)$$

Dimana :

r_j = waktu perbaikan/ switching time/ reclosing time

Berdasarkan indeks-indeks load point ini, didapat sejumlah indeks keandalan untuk sistem secara keseluruhan yang dapat dievaluasi dan bisa didapatkan lengkap mengenai kinerja sistem. Indeks-indeks ini adalah frekwensi atau lama pemadaman rata-rata tahunan. Indeks-indeks keandalan sistem secara keseluruhan yang sering dipakai pada sistem distribusi antara lain :

- SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)

Persamaannya adalah :

$$SAIFI = \frac{\sum N_{LP} \times \lambda_{LP}}{\sum N}$$

Dimana:

N_{LP} = Jumlah konsumen pada titik beban (*load point*)

N = Jumlah konsumen pada penyulang

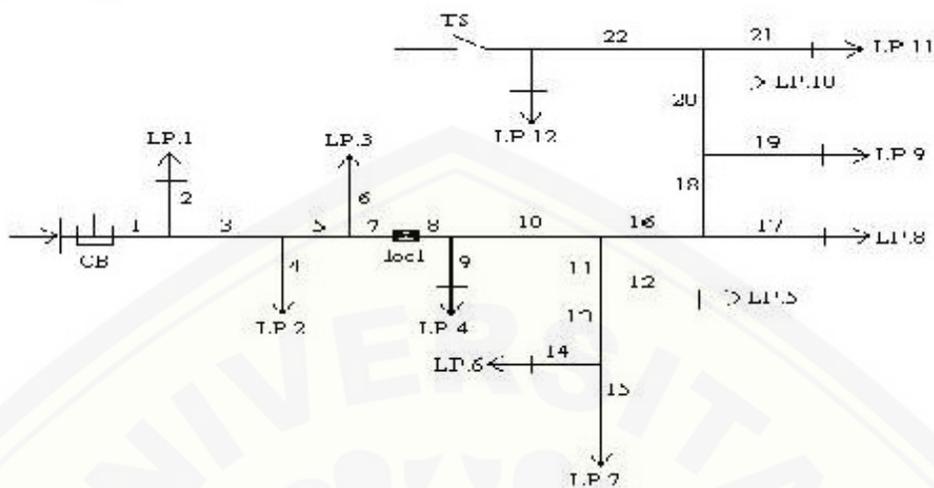
- SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)

Persamaannya adalah :

$$SAIDI = \frac{\sum N_{LP} \times U_{LP}}{\sum N}$$

Contoh Perhitungan Untuk Sistem Yang Sederhana

Untuk sistem di bawah ini, sistem diasumsikan berada dalam kondisi *perfect switching*.



Gambar 2.4. Simple Distribution Sistem

1. Perhitungan SAIFI dan MAIFI

Untuk perhitungan SAIFI, pada waktu terjadi gangguan pada sistem, maka jumlah konsumen yang mengalami gangguan sama dengan jumlah total konsumen, secara matematis dituliskan :

$$SAIFI = \sum_{i=1}^m \frac{\lambda_i \cdot S_i}{n}, \text{ dimana } S_i = n \text{ sehingga}$$

$$SAIFI = \sum_{i=1}^m \lambda_i$$

Rumus ini juga berlaku untuk perhitungan MAIFI :

$$MAIFI = \sum_{i=1}^m \frac{\lambda_i \cdot T_i}{n}, \text{ dimana } T_i = n \text{ sehingga}$$

$$MAIFI = \sum_{i=1}^m \lambda_i$$

Tabel 2.1 Contoh perhitungan SAIFI dan MAIFI

Komponen	L (km)	Sustained λ (fault/year/km)	Momentary λ (fault/year/km)	L x Sustained λ (fault/year)	L x Momentary λ (fault/year)
----------	--------	--	--	---	---

Line 1	1,3	0,1	0,03	0,13	0,039
Line 2	1,0	0,1	0,03	0,10	0,03
Line 3	0,9	0,1	0,03	0,09	0,027
Line 4	0,7	0,1	0,03	0,07	0,021
Line 5	0,4	0,1	0,03	0,04	0,012
Line 6	1,0	0,1	0,03	0,10	0,03
Line 7	0,2	0,1	0,03	0,02	0,006
Line 8	0,1	0,1	0,03	0,01	0,003
Line 9	1,1	0,1	0,03	0,11	0,033
Line 10	1,2	0,1	0,03	0,12	0,036
Line 11	1,6	0,1	0,03	0,16	0,048
Line 12	3,0	0,1	0,03	0,30	0,09
Line 13	1,2	0,1	0,03	0,12	0,036
Line 14	0,5	0,1	0,03	0,05	0,015
Line 15	4,0	0,1	0,03	0,40	0,12
Line 16	0,5	0,1	0,03	0,05	0,015
Line 17	0,3	0,1	0,03	0,03	0,009
Line 18	1,2	0,1	0,03	0,12	0,036
Line 19	1,6	0,1	0,03	0,16	0,048
Line 20	3,0	0,1	0,03	0,30	0,09
Line 21	1,2	0,1	0,03	0,12	0,036
Line 22	0,5	0,1	0,03	0,05	0,015
				SAIFI =	MAIFI =
				2,65	0,795

2. Perhitungan SAIDI dan CAIDI

Tabel 2.2 Perhitungan r Sistem dan U Sistem

Komponen	Load point 1 - 11			Load point 12- 24		
	Sustained λ	r	U	Sustained λ	r	U
	(fault/year)			(fault/year)		
Line 1	0,13	4,5	0,585	0,13	0,03	0,0039
Line 2	0,1	4,5	0,45	0,1	0,03	0,003
Line 3	0,09	4,5	0,405	0,09	0,03	0,0027
Line 4	0,07	4,5	0,315	0,07	0,03	0,0021
Line 5	0,04	4,5	0,18	0,04	0,03	0,0012
Line 6	0,1	4,5	0,45	0,1	0,03	0,003
Line 7	0,02	4,5	0,09	0,02	0,03	0,0006
Line 8	0,01	0,0	0,0003	0,01	4,5	0,045
Line 9	0,11	0,03	0,0033	0,11	4,5	0,495
Line 10	0,12	0,03	0,0036	0,12	4,5	0,54
Line 11	0,16	0,03	0,0048	0,16	4,5	0,72
Line 12	0,30	0,03	0,009	0,30	4,5	1,35
Line 13	0,12	0,03	0,0036	0,12	4,5	0,54
Line 14	0,05	0,03	0,0015	0,05	4,5	0,225
Line 15	0,4	0,03	0,012	0,4	4,5	1,8
Line 16	0,05	0,03	0,0015	0,05	4,5	0,225
Line 17	0,03	0,03	0,0009	0,03	4,5	0,135
Line 18	0,12	0,03	0,0036	0,12	4,5	0,54
Line 19	0,16	0,03	0,0048	0,16	4,5	0,72
Line 20	0,3	0,03	0,009	0,3	4,5	1,35
Line 21	0,12	0,03	0,0036	0,12	4,5	0,54
Line 22	0,05	0,03	0,0015	0,05	4,5	0,225
			$\Sigma U =$			$\Sigma U =$
			2,538			9,4665
		r sistem =			r sistem =	
		$\Sigma U / SAIFI =$			$\Sigma U / SAIFI =$	
		0,95774			3,57226	

Tabel 2.3 Perhitungan SAIDI dan CAIDI

Load Point	N_LP	U_LP	N_LP*U_LP	Load Point	N_LP	r_LP	N_LP*r_LP
------------	------	------	-----------	------------	------	------	-----------

1	20	2.538	50.76	1	20	0.95774	19.15480
2	4	2.538	10.152	2	4	0.95774	3.83096
3	9	2.538	22.842	3	9	0.95774	8.61966
4	9	9.4665	85.1985	4	9	3.57226	32.15034
5	15	9.4665	141.9975	5	15	3.57226	53.58390
6	11	9.4665	104.1315	6	11	3.57226	39.29486
7	25	9.4665	236.6625	7	25	3.57226	89.30650
8	43	9.4665	407.0595	8	43	3.57226	153.60718
9	33	9.4665	312.3945	9	33	3.57226	117.88458
10	11	9.4665	104.1315	10	11	3.57226	39.29486
11	7	9.4665	66.2655	11	7	3.57226	25.00582
12	6	9.4665	56.799	12	6	3.57226	21.43356
Total	193		1598.394	Total	193		603.16702
SAIDI = $\sum(N_j * U) / \sum N_j =$				CAIDI = $\sum(N_j.r) / \sum N_j =$			
8.281834				3.125218			

BAB 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian di sini adalah merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk memulai penelitian, diagram alir dari penelitian sampai dengan analisa data yang berisikan data yang digunakan.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat

Penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Area Pelayanan dan Jaringan Jember Jl. Gajah Mada 198, Jember.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan mulai bulan April 2010 sampai Juni 2010.

3.2 Tahap Penelitian

Secara garis besar perincian kegiatan yang akan dilakukan meliputi kegiatan sebagai berikut:

3.2.1 Pengambilan Data

Adapun data-data yang akan diambil nantinya, adalah data single line penyulang Tegal Boto, data panjang tiap saluran pada Penyulang Tegal Boto dan Indeks kegagalan peralatan sistem distribusi.

Metode selanjutnya adalah mengolah data yang telah diperoleh dengan menggunakan metode RIA (Reliability Index Assessment), diantaranya dengan menentukan indeks keandalan dengan menghitung nilai SAIFI-MAIFI-SAIDI dan CAIDI kemudian menganalisis hasil yang diperoleh dan menarik kesimpulan.