

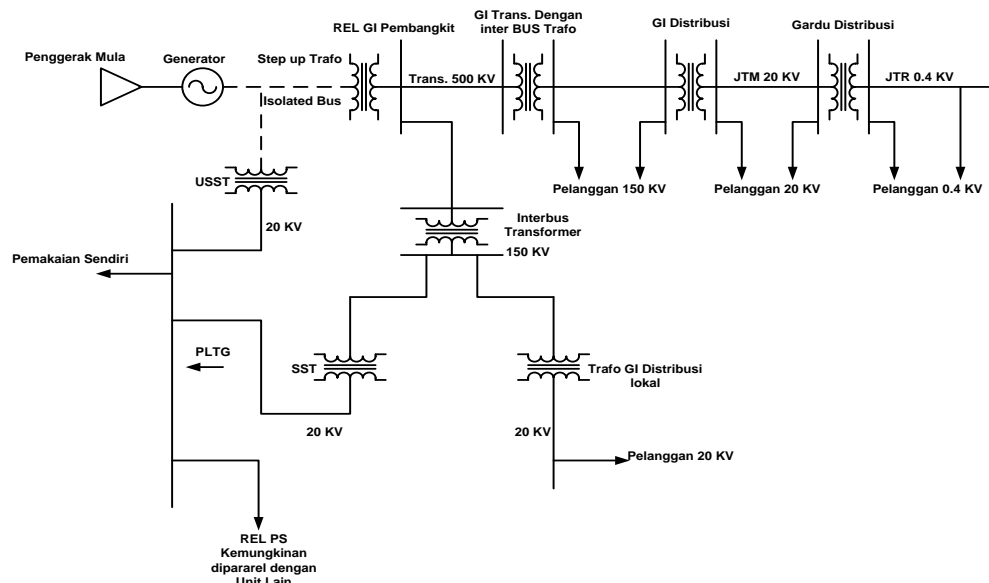
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 150kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi.

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam system tenaga listrik secara keseluruhan. Secara sederhana subsistem distribusi pada sistem tenaga listrik dapat digambarkan sebagai berikut



Gambar 2.1 Sistem Penyaluran Tenaga Listrik

2.2 Sistem Jaringan Distribusi

2.2.1 Sistem Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan biasa disebut Jaringan Distribusi Primer.

Berdasarkan konstruksinya JTM terbagi dalam dua jenis, yaitu saluran udara tegangan menengah (SUTM) dan saluran kabel tegangan menengah (SKTM).

a. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

SUTM merupakan jaringan kawat telanjang (tidak berisolasi) yang terentang diudara. Bagian-bagian utama suatu SUTM adalah :

1. Tiang penyangga
2. *Travers* atau *Cross Arm*
3. Isolator (Porselin atau gelas)
4. Penghantar dari alumunium

Ukuran luas penampang yang sering digunakan adalah 240 mm², 150 mm², 70 mm², dan 50 mm².

b. Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)

Kabel merupakan penghantar yang diberi isolasi, dan dilapisi oleh pelindung kabel, sehingga terhindar dari pengaruh garam – garam tanah dan bahan kimia yang berada dalam tanah. Penggunaan kabel listrik untuk menyalurkan daya listrik dari pembangkit tenaga atau dengan kata lain digunakan untuk distribusi dan transmisi.

Konstruksi kabel terdiri dari:

1. Penghantar (*Conductor*)
2. Isolasi (*Insulation*)
3. Tabir (*screen*)
4. Selubung (*sheath*)
5. Bantalan (*Fedding*)
6. Perisai (*armor*)
7. Bahan pengisi (*filler*)
8. Sarung kabel (*Serving*)

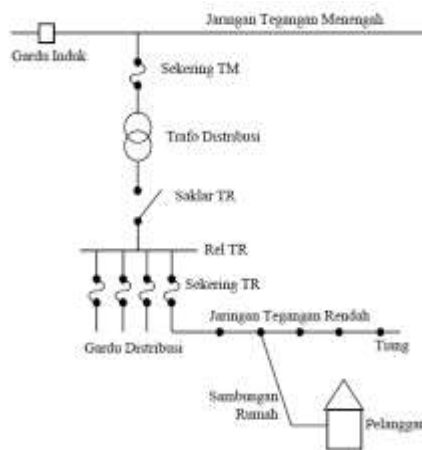
2.2.2 Sistem Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan biasa disebut Jaringan Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi. Sistem ini biasanya disebut system tegangan rendah yang langsung akan dihubungkan kepada konsumen/pemakai tenaga listrik dengan melalui peralatan-peralatan sebagai berikut:

- 1) Papan pembagi pada trafo distribusi
- 2) Hantaran tegangan rendah (saluran distribusi sekunder).
- 3) Saluran Layanan Pelanggan (SLP) (ke konsumen/pemakai)
- 4) Alat Pembatas dan pengukur daya (kWH. meter) serta fuse atau pengaman pada pelanggan.

2.3. Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder seperti pada Gambar 2.2. merupakan salah satu bagian dalam sistem distribusi, yaitu mulai dari gardu trafo sampai pada pemakai akhir atau konsumen.



Gambar 2.1 Distribusi Sekunder

Sistem distribusi ini merupakan bagian yang langsung berhubungan dengan konsumen, jadi sistem ini selain berfungsi menerima daya listrik dari sumberdaya (trafo distribusi), juga akan mengirimkan serta mendistribusikan daya tersebut ke konsumen.

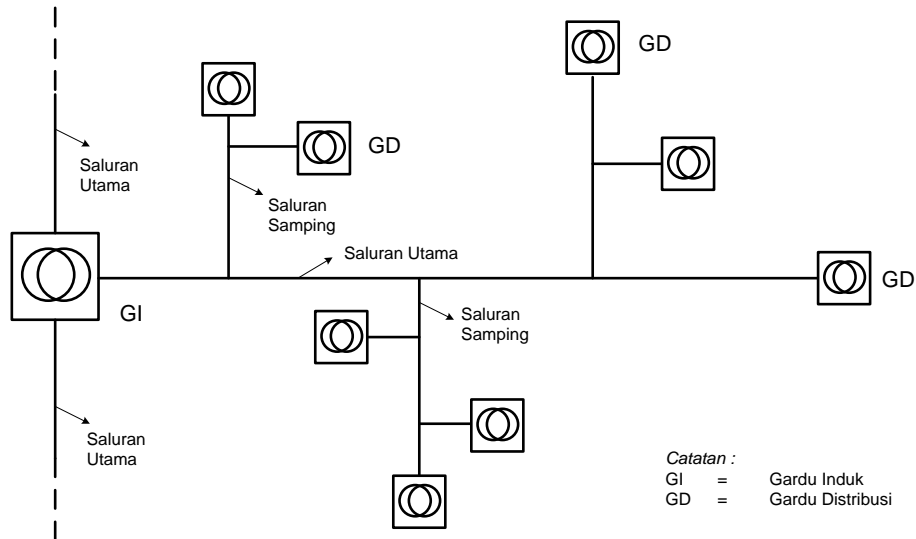
2.4 Jenis – Jenis Konfigurasi Sistem Distribusi

Ada beberapa jenis konfigurasi sistem distribusi dan setiap jenisnya mempunyai tingkat keandalan operasi yang berbeda. Berikut ini dijelaskan mengenai jenis konfigurasi sistem distribusi.

2.4.1 Sistem Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk yang paling sederhana, banyak digunakan dan murah. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dicabangkan ke titik – titik beban yang dilayani. Beban pada sistem radial hanya dapat disuplai dari satu sumber dan satu penyulang, tiap-tiap jaringan menyebar mulai dari Gardu Distribusi dan masing-masing terpisah dari lainnya. Untuk mensuplai beban dibagi melalui

transformator distribusi. Untuk melayani beban yang jauh dari jaringan utama maka harus ditambahkan penghantar bercabang, maka tingkat keandalannya paling rendah jika dibandingkan dengan sistem – sistem yang lain, seperti yang terlihat pada gambar 2.3.



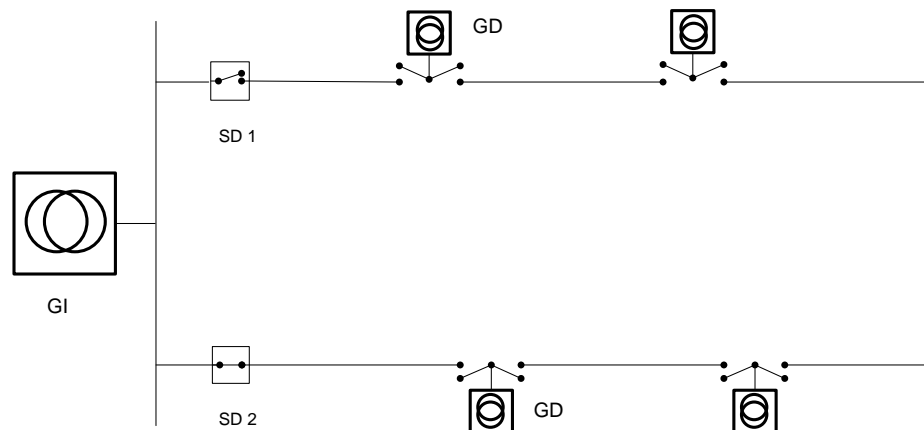
Gambar 2.3 Jaringan Distribusi Radial

2.4.2 Sistem Ring (Loop)

Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan "loop". Bila pada titik beban terdapat dua alternatif saluran berasal lebih dari satu sumber. Susunan rangkaian penyulang membentuk ring, yang memungkinkan titik beban dilayani dari dua arah penyulang, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin, serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, tetapi biaya investasi lebih mahal dan jaringan ini cocok digunakan pada daerah padat penduduk yang memerlukan keandalan tinggi. Bentuk loop ini ada 2 macam, yaitu:

(a). Bentuk *open loop*:

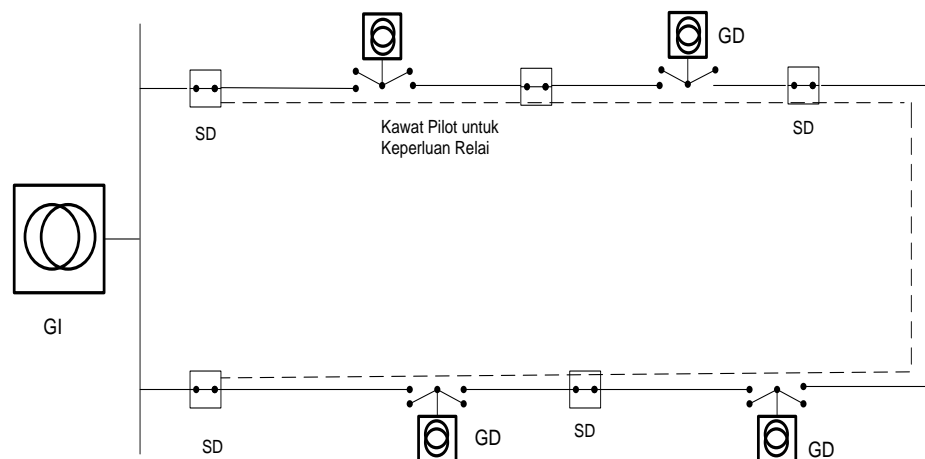
Bila dilengkapi dengan *normally-open switch*, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.



Gambar 2.4 Jaringan Distribusi Open Loop

(b). Bentuk *close loop*:

Bila diperlengkapi dengan *normally-close switch*, yang dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup.

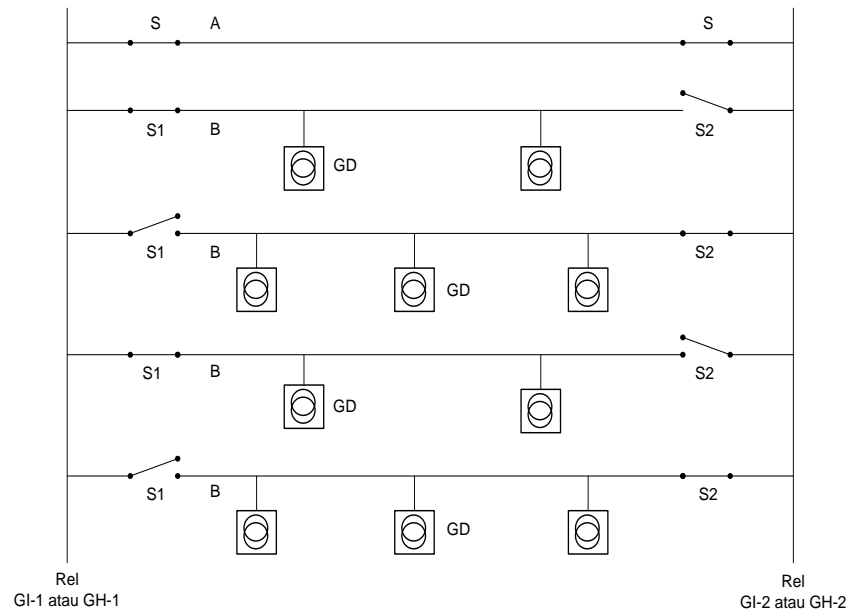


Gambar 2.5 Jaringan Distribusi Close Loop

2.4.3 Sistem Spindel

Jaringan spindel merupakan gabungan dari sistem radial dan loop sehingga memiliki keandalan sistem yang tinggi. Namun, jaringan ini biasanya diterapkan pada jaringan tegangan menengah yang menggunakan saluran kabel tanah tegangan menengah. Pada struktur spindel ini selalu ada penyulang cadangan khusus yang lebih dikenal dengan sebutan penyulang ekspres. Penyulang ekspres ini tidak mencatu gardu-gardu distribusi, tetapi merupakan penyulang penghubung antara Gardu Induk dengan Gardu Hubung dan dimaksud

untuk menjaga kelangsungan pemasokan tenaga listrik pada pelanggan-pelanggan, bila terjadi gangguan pada suatu penyulang yang memasok gardu-gardu distribusi.



Gambar 2.6 Konfigurasi Jaringan Spindel

2.5 Gangguan Sistem Distribusi

Gangguan pada sistem distribusi adalah terganggunya system tenaga listrik yang menyebabkan bekerjanya rele pengaman penyulang bekerja untuk membuka circuit breaker di gardu induk yang menyebabkan terputusnya suplai tenaga listrik. Hal ini untuk mengamankan peralatan yang dilalui arus gangguan tersebut untuk dari kerusakan. Sehingga fungsi dari peralatan pengaman adalah untuk mencegah kerusakan peralatan dan tidak meniadakan gangguan. Gangguan pada jaringan distribusi lebih banyak terjadi pada saluran distribusi yang dibentangkan di udara bebas (SUTM) yang umumnya tidak memakai isolasi dibanding dengan saluran distribusi yang ditanam dalam tanah (SKTM) dengan menggunakan isolasi pembungkus sumber gangguan pada jaringan distribusi dapat berasal dari dalam sistem maupun dari luar sistem distribusi.

1. Gangguan dari dalam sistem antara lain :

- a) Tegangan lebih atau arus lebih
- b) Pemasangan yang kurang tepat

c) Usia pemakaian

2. Gangguan dari luar sistem antara lain :

a) Dahan/ranting pepohonan yang mengenai SUTM

b) Sambaran petir

c) Hujan atau cuaca

d) Kerusakan pada peralatan

e) Binatang ataupun layang-layang

f) Penggalian tanah

g) Gagalnya isolasi karena kenaikan temperature

h) Kerusakan sambungan

Berdasarkan sifatnya gangguan pada sistem distribusi dibagi menjadi yaitu :

a) Gangguan Temporer

Gangguan yang bersifat sementara karena dapat hilang dengan sendirinya dengan cara memutuskan bagian yang terganggu sesaat, kemudian menutup balik kembali, baik secara otomatis (*autorecloser*) maupun secara manual oleh operator. Bila gangguan tidak dapat dihilangkan dengan sendirinya atau dengan bekerjanya alat pengaman (*recloser*) dapat menjadi gangguan tetap dan dapat menyebabkan pemutusan tetap. Bila gangguan sementara terjadi berulang-ulang dapat menyebabkan gangguan permanen, dapat menyebabkan kerusakan peralatan.

b) Gangguan Permanen

Gangguan bersifat tetap, sehingga untuk membebaskan nya perlu tindakan perbaikan atau penghilangan penyebab gangguan. Hal ini ditandai dengan jatuhnya (*trip*) kembali pemutus daya setelah operator memasukkan sistem kembali setelah terjadi gangguan. Untuk mengatasi gangguan-gangguan sebuah peralatan harus dilengkapi dengan sistem

pengaman relay, dimana sistem pengaman ini diharapkan dapat mendeteksi adanya Sgangguan sesuai dengan fungsi dan daerah pengamannya.

2.6 Parameter Untuk Menentukan Keandalan

Dengan melihat kenyataan bahwa tidak ada komponen atau sistem yang dapat memberikan unjuk kerja secara sempurna, dalam memenuhi fungsinya dalam jangka waktu yang telah ditentukan.

Kemungkinan (*probability*) suatu komponen atau sistem melakukan fungsinya pada waktu tertentu dan pada kondisi tertentu didefinisikan sebagai keandalan dari komponen atau sistem tersebut. Keandalan komponen atau sistem dikatakan tinggi bila kemungkinan komponen atau sistem tersebut untuk melakukan fungsinya dengan sukses relatif besar, dan dapat dikatakan rendah bila kemungkinan komponen atau sistem tersebut untuk melakukan fungsinya dengan sukses relative kecil. Masalah keandalan pada umumnya digunakan untuk mengetahui kemampuan sebuah sistem untuk menjalankan fungsi sesuai dengan yang diinginkan. Beberapa parameter yang dipakai untuk mencari nilai indeks keandalan adalah sebagai berikut:

1. Ketidaktersediaan (*unavailability*), adalah kemungkinan suatu keadaan dimana komponen atau sistem sedang berada dalam keadaan perbaikan atau pemeliharaan.
2. Ketersediaan (*availability*), adalah kemungkinan suatu keadaan dimana komponen atau sistem sedang berada dalam keadaan beroperasi secara baik dalam fungsinya.
3. Seringnya sistem mengalami kegagalan (*frequency of system failure*), adalah parameter yang menunjukkan berapa kali sistem mengalami kegagalan per satuan waktu.
4. Lama waktu kegagalan yang diharapkan (*expected failure duration*), adalah parameter yang menunjukan lama waktu yang diharapkan komponen atau sistem mengalami kejadian kegagalan.

Keandalan berhubungan dengan darajat kepercayaan yang nilainya diukur dengan cara *probability*. Ukuran tersebut memberikan skala perilaku

serba tak menentu dari komponen atau sistem dan juga adalah suatu cara untuk mengevaluasi tingkat keandalan.

2.7 Keandalan Komponen

Seluruh kondisi operasi sistem atau hubungan tidak terletak dari sifat komponen yang dipresentasikan kemungkinannya sejak diproduksi di pabrik. Kemampuan suatu peralatan dilihat dari kemampuannya selama periode operasi, yaitu dengan mengukur gangguan yang terjadi. Cara ini lebih lazim digunakan, untuk memperoleh besaran ukur yang dapat menggambarkan *performance* suatu peralatan, jumlah gangguan (kegagalan) yang dialami suatu komponen peralatan selama satu tahun.

Tabel 2.1 Angka keluar komponen sistem distribusi SPLN 59 :1985

Komponen	Angka keluar
Saluran udara	0.2 / km / tahun
Kabel saluran bawah tanah	0.07 / km / tahun
Pemutus tenaga	0.004 / unit / tahun
Saklar beban	0.003 / unit / tahun
Saklar pemisah	0.003 / unit / tahun
Penutup balik	0.005 / unit / tahun
Penyambung kabel	0.001 / unit / tahun
Trafo distribusi	0.005 / unit / tahun
Pelindung jaringan	0.005 / unit / tahun
Rel tegangan menengah	0.06 unit / tahun

2.8 Definisi dasar dalam menganalisa pemadaman dari sistem distribusi

Dalam pembahasan tentang keandalan sistem jaringan distribusi, akan dijelaskan beberapa istilah yang biasa digunakan, antara lain :

1. Pemadaman (*Interruption of supply*)

Terhentinya pelayanan pada satu atau lebih konsumen akibat dari satu atau Lebih komponen yang mendapat gangguan.

2. Keluar (*Outage*)

Keandalan dimana suatu komponen tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya, diakibatkan karena beberapa peristiwa yang berhubungan dengan komponen tersebut.

3. Lama Keluar (*Outage Duration*)

Periode dari saat permulaan komponen mengalami keluar sampai saat komponen dapat dioperasikan kembali sesuai dengan fungsinya.

4. Lama Keluar Paksa Transien (*Transient Forced Outage Duration*)

Waktu singkat, karena alat pemutus mampu bekerja menutup kembali dengan cepat tanpa merusak komponen.

5. Lama Keluar Paksa Permanen (*permanent Forced Outage Duration*)

Waktu yang diperlukan saat permulaan komponen mengalami keluar sampai komponen mengalami perbaikan.

6. Lama Keluar Terencana (*Scheduled Outage Duration*)

Waktu yang diperlukan untuk perawatan dan pemeliharaan yang telah direncanakan.

7. Lama Pemadaman (*Interruption Duration*)

Waktu dari saat permulaan terjadinya pemadaman sampai saat menyala kembali. Adapun yang dianggap pemadaman akibat kegagalan menetap, adalah baik yang darurat maupun yang terencana.

8. Kegagalan Parsial (*Partial failure*)

Kegagalan parsial menggambarkan kondisi sebuah komponen yang bekerjanya tidak bisa sama dengan kemampuan yang semestinya tetapi tidak berarti tidak bekerja sama sekali.

9. Kegagalan Total (*Complete Failure*)

Kegagalan total menggambarkan kondisi sebuah komponen yang sama sekali tidak bisa bekerja.

10. Keluar Paksa Transien (*Transient Forced Outage*)

Keluar yang penyebabnya bisa hilang dengan sendirinya, sehingga alat atau komponen yang gagal tersebut bisa berfungsi normal kembali. Hilangnya penyebab ini bisa secara otomatis atau setelah sebuah pemutus ditutup lagi, atau pelebur diganti. Contoh keluar darurat ialah sambaran petir yang tidak menyebabkan alat atau komponen mengalami kerusakan.

11. Keluar Paksa Permanen (*Permanent Forced Outage*)

Keluar yang penyebabnya tidak bisa hilang dengan sendirinya, tetapi harus dihilangkan terlebih dahulu atau komponen yang keluar harus diganti, atau komponen tersebut bisa digunakan kembali. Contohnya adalah sambaran petir yang menyebabkan pecahnya isolator sehingga baru dapat berfungsi kembali setelah isolator diganti.

12. Pemadaman Paksa (*Forced Interruption*)

Pemadaman yang disebabkan oleh keluar darurat.

13. Pemadaman Terencana (*Scheduled Interruption*)

Pemadaman yang disebabkan keluar terencana.

14. Pemadaman Sejenak (*Momentary Interruption*)

Pemadaman yang waktunya terbatas yang diperlukan untuk mengembalikan suplai dengan cara otomatis. Caranya yaitu dengan pengaturan jarak jauh atau dengan cara manual yang langsung dikerjakan oleh operator yang sudah siap di tempat. Pemadaman ini biasanya memerlukan tidak lebih dari 5 menit.

15. Pemadaman Temporer (*Temporary Interruption*)

Pemadamanyang waktunya terbatas diperlukan hanya untuk mengembalikan suplai dengan cara manual yang dikerjakan oleh operator yang telah siap ditempat. Pemadaman ini biasanya memerlukan waktu 1 sampai 2 jam.

16. Pemadaman Bertahan (*Sustained Interruption*)

Pemadaman yang bukan pemadaman sejenak dan juga bukan pemadaman temporer.

Dalam menentukan distribusi kegagalan, tidak ada aturan-aturan yang mutlak dalam menentukan hubungan matematis pada sistem tersebut. Seperti halnya juga pada semua persoalan statistik, selalu didasarkan pada konsep yang paling cocok. Akan tetapi pada umumnya terdapat beberapa perbedaan tingkat kegagalan yang di prakirakan dan tingkat kegagalan dari hasil pengamatan, hal ini disebabkan oleh faktor-faktor berikut :

1. Definisi mengenai kegagalan.
2. Lingkungan sebenarnya dibandingkan lingkungan yang diperkirakan.
3. Keterampilan dalam pemeliharaan, peralatan penguji dan petugas khusus.
4. Komposisi komponen dan tingkat kegagalan yang dipakai dalam meralamal.
5. Proses pembuatan komponen termasuk inspeksi dan kendali mutu.
6. Distribusi waktu terhadap kegagalan.
7. Komponen yang bebas dari kegagalan.

2.9 Tingkat Kontinuitas Pelayanan

Tingkat kontinuitas pelayanan dari sarana penyalur disusun berdasarkan upaya memulihkan kembali persuplaian setelah mengalami pemadaman karena gangguan. Tingkatan-tingkatan tersebut adalah :

- Tingkat 1 : Dimungkinkan padam berjam-jam, yaitu waktu yang diperlukan untuk mencari dan memperbaiki bagian yang rusak karena gangguan.
- Tingkat 2 : Padam beberapa jam, yaitu waktu yang diperlukan untuk mengirim petugas ke lapangan untuk melokalisir gangguan dan melakukan manipulasi pencatutan jaringan guna dapat dihidupkan sementara.

- Tingkat 3 : Padam beberapa menit, manipulasi oleh petugas yang siap siaga di gardu atau melakukan deteksi / pengukuran dan pelaksanaan manipulasi jarak jauh (dengan bantuan DCC).
- Tingkat 4 : Padam beberapa detik, pengamanan dan manipulasi secara otomatis.
- Tingkat 5 : Tanpa padam, dilengkapi instalasi cadangan terpisah dan dengan otomatis penuh.

Umumnya jaringan distribusi luar kota (pedesaan) merupakan saluran udara yang beroperasi secara radial yang memenuhi kontinuitas tingkat 1, sedangkan untuk pelayanan dalam kota dengan saluran dibawah tanah (kabel) yang struktur jaringannya dapat berupa gelang atau spindle, yang mempunyai kontinuitas tingkat 2.

2.10 Definisi Indeks Keandalan Sistem Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 KV

Keandalan merupakan tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem atau bagian dari sistem untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan dalam kondisi operasi tertentu. Untuk dapat menentukan tingkat keandalan dari suatu sistem, harus diadakan pemeriksaan melalui perhitungan maupun analisa terhadap tingkat keberhasilan kinerja atau operasi dari sistem yang ditinjau pada periode tertentu kemudian membandingkannya dengan standar yang ditetapkan sebelumnya. Ada beberapa faktor yang harus diketahui dan dihitung sebelum melakukan perhitungan analisa keandalan antara lain: MTTF, MTTR, laju kegagalan dan laju perbaikan.

2.10.1 Mean Time To Failure (MTTF)

Mean Time To Failure (MTTF) adalah waktu rata-rata kegagalan yang terjadi selama beroperasinya suatu system dapat dirumuskan:

$$MTTF = \frac{T_1+T_2+T_3+\dots+T_n}{n} \quad (2.1)$$

Dimana:

T = waktu operasi (*up time*)

n = jumlah kegagalan

2.10.2 Mean Time To Repair (MTTR)

Mean Time To Repair adalah waktu rata-rata yang diperlukan untuk melakukan perbaikan terhadap terjadinya kegagalan suatu sistem yang dapat dirumuskan:

$$MTTR = \frac{L1+L2+L3+\dots+Ln}{n} \quad (2.2)$$

Dimana:

L= waktu perbaikan (*down time*)

n = jumlah perbaikan

2.10.3 Laju Kegagalan

Laju kegagalan atau hazard rate adalah frekuensi suatu sistem/komponen gagal bekerja, biasanya dilambangkan dengan λ (lambda), laju kegagalan dari suatu sistem biasanya tergantung dari waktu tertentu selama sistem tersebut bekerja.

Rumus laju kegagalan:

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} \quad (2.3)$$

2.10.4 Laju Perbaikan

Laju perbaikan atau *downtime rate* adalah frekuensi lamanya suatu sistem/komponen dalam masa perbaikan (kondisi OFF). Rumus laju perbaikan:

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (2.4)$$

2.11 Indeks Keandalan

Untuk mengetahui keandalan (banyaknya gangguan per tahun) dari suatu sistem distribusi dapat dicari dengan menghitung nilai Indeks Keandalan. Jadi, dengan indeks keandalan adalah suatu besaran untuk membandingkan penampilan sistem distribusi. Dua indeks yang paling sering digunakan dalam sistem distribusi adalah Indeks Frekuensi Pemadaman rata-rata (SAIFI) dan Indeks Lama Pemadaman rata-rata (SAIDI). Indeks keandalan merupakan suatu metode pengevaluasian terhadap parameter keandalan suatu peralatan distribusi tenaga listrik terhadap keandalan mutu pelayanan kepada pelanggan.

2.11.1 *System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)*

SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) adalah jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi per pelanggan yang dilayani per satuan waktu (umumnya tahun). Indeks ini ditentukan dengan membagi jumlah semua kegagalan dalam satu tahun dengan jumlah pelanggan yang dilayani oleh sistem tersebut.

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_k M_k}{\sum M} \quad (2.5)$$

dimana:

λ_k = laju kegagalan saluran

M_k = jumlah pelanggan pada saluran k

M = total pelanggan pada sistem

2.11.2 *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)*

SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) adalah nilai rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap pelanggan selama satu tahun. Indeks ini ditentukan dengan pembagian jumlah dan lamanya kegagalan secara terus menerus untuk semua pelanggan selama periode waktu yang telah ditentukan dengan jumlah pelanggan yang dilayani selama tahun itu. Persamaan SAIDI dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$SAIDI = \frac{\sum \mu_K M_K}{\sum M} \quad (2.6)$$

dimana: μ_K = laju perbaikan saluran

M_K = jumlah pelanggan pada saluran k

M = total pelanggan pada sistem

2.12 **Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)**

FMEA adalah suatu metode terstruktur untuk menganalisa suatu sistem. Metode ini untuk mengevaluasi keandalan sistem didasarkan pada bagaimana suatu kegagalan dari suatu peralatan mempengaruhi operasi sistem. Efek atau konsekuensi dari gangguan individual peralatan secara sistematis diidentifikasi dengan penganalisaan apa yang terjadi ketika terjadi gangguan, kemudian masing-masing kegagalan peralatan dianalisa dari semua titik beban/*Load Point*.

Filosofi dari metode ini adalah mengevaluasi keandalan jaringan tegangan menengah 20 kV dengan menghitung indeks-indeks keandalan setiap titik bebannya. Jika gangguan dari peralatan dalam suatu sistem diasumsikan menjadi independen, masing-masing keandalan *load point* adalah suatu fungsi minimal cut set yang dihibungkan secara seri. Karenanya, minimal cut set terdiri dari semua peralatan yang mempunyai pengaruh pada ketersediaan / *availability load point* / titik beban.

Dengan memiliki indeks keandalan suatu sistem distribusi dapat dilihat tingkat keandalan sistem tersebut. Dari angka perbandingan yang dimiliki dapat digunakan untuk tolak ukur perencanaan perbaikan atau pengembangan sistem yang akan datang. Selain itu, indeks keandalan juga bermanfaat sebagai pembanding antar sistem yang akan memacu meningkatkan keandalan sistem yang lemah. Intinya FMEA adalah pendekatan yang mempertimbangkan satu mode kegagalan pada suatu waktu. Pada metode *FMEA*, ada 2 indeks keandalan yang dihitung yaitu: SAIFI dan SAIDI.

1. *System Average Interruption Frequency Index(SAIFI)*

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_{LP} N_{LP}}{\sum N} \quad (2.7)$$

Dimana:

N_{LP} = jumlah konsumen pada *load point*

N = jumlah konsumen pada *penyulang*

λ_{LP} = frekuensi gangguan peralatan pada *load point*

2. *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)*

$$SAIDI = \frac{\sum \mu_{LP} N_{LP}}{\sum N} \quad (2.8)$$

N_{LP} = jumlah konsumen pada *load point*

N = jumlah konsumen pada *penyulang*

μ_{LP} = durasi gangguan peralatan pada *load point*

Faktor yang mempengaruhi Indeks Lama Pemadaman rata-rata (SAIDI) :

1. Konfigurasi Jaringan : *Radial, Ring, Spindel*.
2. Perlengkapan yang secara otomatis bekerja memulihkan gangguan sehingga kembali normal seperti : *Recloser, Automatic Sectionalizer, Circuit Breaker*.

Untuk mengurangi tingkat pemadaman maka harus ditingkatkan keandalan. Terutama pelanggan industri sangat memerlukan keandalan yang tinggi dan tidak dapat mentolerir terjadinya hilang tegangan sekejap. Tidak demikian halnya dengan pelanggan rumah tangga. Pelanggan rumah tangga dapat mentolerir adanya pemadaman.

Apabila semua pelanggan harus disuplai dengan keandalan yang sama tingginya dengan pelanggan industri, biaya untuk sarana akan menjadi sangat terlalu mahal bagi perusahaan yang mensuplai listrik, dan mengakibatkan tarif listrik menjadi mahal. Pada umumnya

perusahaan listrik akan mengambil jalan tengah yakni memberikan keandalan yang berbeda kepada masing-masing kelompok pelanggan sesuai dengan diperlukan.

2.13 *Section Technique*

Metode *Section Technique* adalah suatu metode terstruktur untuk menganalisis suatu sistem. Metode ini dalam mengevaluasi keandalan sistem distribusi didasarkan pada bagaimana suatu kegagalan dari suatu peralatan mempengaruhi operasi sistem. Efek atau konsekuensi dari gangguan individual peralatan secara sistematis diidentifikasi dengan penganalisaan apa yang terjadi jika gangguan terjadi. Kemudian masing-masing kegagalan peralatan dianalisis dari setiap titik beban (*load point*). Pendekatan yang dilakukan dari bawah ke atas dimana yang dipertimbangkan satu mode kegagalan pada suatu waktu. Metode ini merupakan pengembangan dari konsep FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Meskipun metode yang digunakan hampir mirip dengan konsep FMEA, namun terdapat beberapa perbedaan pembagian suatu topologi jaringan menjadi beberapa *section*.

Dalam metode *Section Technique* diasumsikan kegagalan peralatan tidak saling berhubungan, peralatan masing masing dapat dianalisa secara terpisah. Pada metode *Section Technique*, ada 2 indeks keandalan yang dihitung yaitu : SAIFI dan SAIDI.

1. *System Average Interruption Frequency Index(SAIFI)*

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_{LP} N_{LP}}{\sum N} \quad (2.9)$$

Dimana:

N_{LP} = jumlah konsumen pada *load point*

N = jumlah konsumen pada pada penyulang

λ_{LP} = frekuensi gangguan peralatan pada *load point*

2. *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)*

$$SAIDI = \frac{\sum \mu_{LP} N_{LP}}{\sum N} \quad (2.10)$$

NLP = jumlah konsumen pada *load point*

N = jumlah konsumen pada penyulang

ULP = durasi gangguan peralatan pada *load point*