

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Kenyamanan dan keamanan pada konsumen perusahaan maupun rumah tangga sangat ditentukan oleh keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Indeks keandalan merupakan suatu metode pengevaluasian parameter keandalan suatu peralatan distribusi tenaga listrik terhadap keandalan mutu pelayanan kepada pelanggan. Indeks yang dimaksud adalah SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*). Penelitian mengenai indeks keandalan SAIFI dan SAIDI sebelumnya sudah ada yang membahasnya, diantaranya adalah :

1. Siti Saodah IST AKPRIND (2008) melakukan penelitian tentang *Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIDI dan SAIFI*, menjelaskan bahwa kedua hal tersebut merupakan indeks keandalan yang dapat menentukan apakah system tersebut dinyatakan sesuai harapan atau tidak. Dalam penelitiannya dapat disimpulkan bahwa banyaknya gangguan pada system distribusi saluran pada system distribusi saluran udara tegangan menengah (SUTM) 61,36% disebabkan oleh rele bekerja tanpa penyebab jelas sehingga PMT dapat bekerja kembali. Kemudian data ini pun diperoleh dari hasil pengolahan dan perhitungan data gangguan, data pemadaman, data pelanggan berdasarkan indeks SAIDI dan SAIFI
2. Ahmad Fajar Sayidul Yaom UMY (2015) melakukan penelitian tentang *Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik di PT. PLN UPJ Rayon Bumiayu*, menjelaskan bahwa hanya ada dua penyulang yang mempunyai nilai SAIFI dan SAIDI yang handal.

Artinya di setiap Gardu Induk harus dilakukan analisis guna mengetahui seberapa besar nilai keandalannya, karena hal tersebut mempengaruhi kualitas listrik yang diberikan ke pelanggan. Dalam penelitiannya dapat ditarik kesimpulan bahwa beberapa penyulang pada Gardu Induk Tambun masih belum memenuhi standar indeks keandalan. Penyulang Datsun, penyulang Morris, penyulang

3. Mustika Jaya, penyulang Honda, penyulang Kp Utan dan penyulang Lambang Sari dikategorikan kurang handal karena nilai SAIFI lebih besar dari standar IEEE. penyulang Lexus, penyulang Morris, penyulang Mustika Jaya, penyulang Lambang Sari dikategorikan kurang handal karena nilai SAIDI lebih besar dari standar nilai IEEE. Kemudian nilai kinerja rayon juga masih kurang handal disebabkan ada beberapa rayon di Gardu Induk Gejayan yang belum memenuhi standar nilai WCS (*world class service*) dan WCC (*world class company*).

## 2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Pembangkit listrik secara umum memiliki letak yang jauh dari pusat beban, terutama pembangkit listrik berskala besar, sehingga untuk menyalurkan tenaga listrik tersebut sampai ke konsumen atau pusat beban maka tenaga listrik tersebut harus disalurkan.

Sistem Jaringan distribusi dapat dibedakan menjadi 2, yaitu sistem jaringan distribusi primer dan sistem jaringan distribusi sekunder. Perbedaan kedua sistem tersebut berdasarkan tegangan kerjanya. Tegangan kerja pada sistem jaringan distribusi primer adalah 20 kV, sedangkan tegangan kerja pada sistem jaringan distribusi sekunder 380 V atau 220 V.

Diperlukan pemilihan sistem distribusi yang tepat dalam menyalurkan tenaga listrik secara kontinyu dan handal. Terdapat berbagai macam faktor yang mempengaruhi kriteria pemilihan tersebut, antara lain :

- a. Faktor ekonomis
- b. Faktor tempat
- c. Kelayakan

Dalam memilih sistem jaringan harus memenuhi kriteria persyaratan, antar lain :

- a. Keandalan yang tinggi
- b. Kontinuitas pelayanan
- c. Biaya investasi yang rendah
- d. Fluktuasi frekuensi dan tegangan rendah

### **2.2.1 Sistem Jaringan Distribusi Primer**

Sistem jaringan distribusi primer merupakan bagian dari sistem tenaga listrik diantara Gardu Induk (GI) dan Gardu Distribusi. Jaringan ini biasanya terdiri dari jaringan tiga fasa yang penghantarnya berjumlah 3. Penurunan tegangan pada sistem ini pada awalnya dilakukan dari tegangan ekstra tinggi 500 kV menjadi tegangan tinggi 150 kV pada Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi, dan pada Gardu Induk Distribusi akan diturunkan kembali menjadi tegangan 20 kV.

Penyulang (*Feeder*) merupakan saluran yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik pada masing-masing beban. Pada umumnya setiap penyulang diberi nama sesuai dengan daerah beban yang dilayani. Tujuan dari hal tersebut adalah untuk memudahkan dalam mengingat dan menandai jalur-jalur yang dilayani oleh

penyulang tersebut. Sistem penyaluran daya listrik dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu :

1. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 6 – 20 kV  
Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel telanjang (tanpa isolasi) seperti kawat AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*), ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*).
2. Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) 6 – 20 kV  
Jenis penghantar yang dipakai adalah kawat berisolasi seperti MVTIC (*Medium Voltage Twisted Insulated Cable*) dan kabel aluminium dengan pembungkus PVC



Gambar 2.1 Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah

Sumber : [hudaya.wordpress.com](http://hudaya.wordpress.com)

### 3. Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)

Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel tanam berisolasi PVC



Gambar 2.2 Saluran Kabel Tegangan Mengengah

Sumber : klipngbekasi – Wordpress.com

Ditinjau dari segi fungsinya, transmisi SKTM mempunyai fungsi yang sama dengan transmisi SUTM. Perbedaan yang paling mendasar adalah, SKTM ditanam di dalam tanah. Beberapa pertimbangan pembangunan SKTM ialah :

1. Kondisi disekitar wilayah tersebut tidak memungkinkan dibangun SUTM.
2. Sulitnya mendapatkan ruang bebas, karena berada di pemukiman padat maupun di tengah kota.
3. Pertimbangan dari segi estetika.

Beberapa hal yang perlu diketahui antara lain :

- Pembangunan SKTM lebih mahal dan lebih rumit, karena harga kabel yang jauh lebih mahal disbanding dengan penghantar udara.
- Saat terjadi gangguan pada SKTM, maka perbaikan transmisi relatif lebih lama dibandingkan dengan SUTM.

### 2.2.2 Sistem Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder adalah bagian dari jaringan distribusi primer yang dimana jaringan ini berhubungan secara langsung dengan konsumen tenaga listrik. Pada jaringan ini, terjadi penurunan level tegangan yang sebelumnya berada pada level 20 kV diturunkan menjadi 380 / 220 Volt. System penyaluran daya listrik pada jaringan ini dibedakan menjadi dua, antara lain :

#### 1. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR)

Jenis penghantar yang dipakai adalah kawat berisolasi seperti kabel jenis LVTC (*Low Voltage Twisted Cable*). Jaringan ini merupakan bagian hilir dari system tenaga listrik pada level tegangan distribusi, yang langsung memasok kebutuhan listrik tegangan rendah ke konsumen. Di Indonesia, tegangan operasi transmisi SUTR saat ini adalah 220/380Volt. Radius operasi jaringan distribusi tegangan rendah dibatasi oleh:

- a. Susut tegangan yang disyaratkan
- b. Susut tegangan yang diijinkan adalah +5% dan -10% dengan radius pelayanan berkisar 350 meter
- c. Luas penghantar jaringan
- d. Distribusi ke pelanggan sepanjang jalur jaringan distribusi
- e. Sifat daerah pelayanan ( desa, kota, dan lain-lain )

#### 2. Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR)

Jika dilihat dari segi fungsinya, SKTR memiliki fungsi yang sama dengan SUTR. Perbedaan yang paling mendasar adalah SKTR berada di dalam tanah. Kabel yang digunakan pada SKTR juga merupakan kabel berisolasi khusus sehingga dapat ditanam di dalam tanah.

## 2.3 Konfigurasi Sistem Jaringan Distribusi Primer 20 kV

Jumlah penyulang yang berada di sebuah kawasan pada umumnya berjumlah lebih dari satu. Semakin besar dan kompleks beban yang dilayani di suatu kawasan, maka semakin banyak pula jumlah penyulang yang dibutuhkan. Beberapa penyulang yang menyatu pada suatu titik yang disebut Gardu Hubung (GH). Gardu Hubung adalah peralatan instalasi listrik yang berfungsi sebagai :

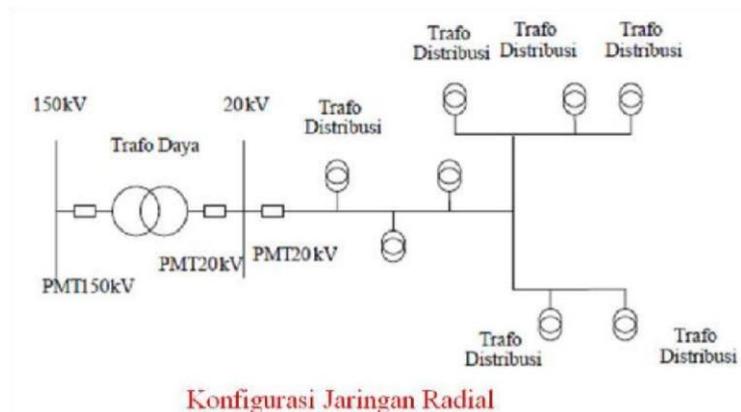
1. Titik pengumpul dari dua atau lebih penyulang
2. Tempat pengalihan beban apabila terjadi gangguan pada salah satu jaringan yang dilayani

Beberapa penyulang yang digabung dapat membentuk beragam tipe system jaringan distribusi primer. Berdasarkan bentuk dan polanya, tipe system jaringan distribusi primer dapat dibagi menjadi empat, antara lain:

1. Sistem radial
2. Sistem lingkaran (*loop/ring*)
3. Sistem *spindle*
4. System gugus (*mesh*)

### 2.3.1 Sistem Radial

Sistem radial merupakan system yang hanya memiliki satu buah sumber dan penyulang. Pada system ini bila terjadi gangguan di salah satu titiknya maka satu system tersebut akan merasakan dampaknya dan semua beban akan padam. Nilai keandalan dari sistem jaringan distribusi ini tergolong rendah. Namun system ini banyak digunakan di daerah pedesaan maupun perkotaan yang tidak membutuhkan tingkat kehandalan yang tinggi. Pada umumnya system ini bentuknya sederhana, mudah dalam pelaksanaannya, dan merupakan system yang paling murah.

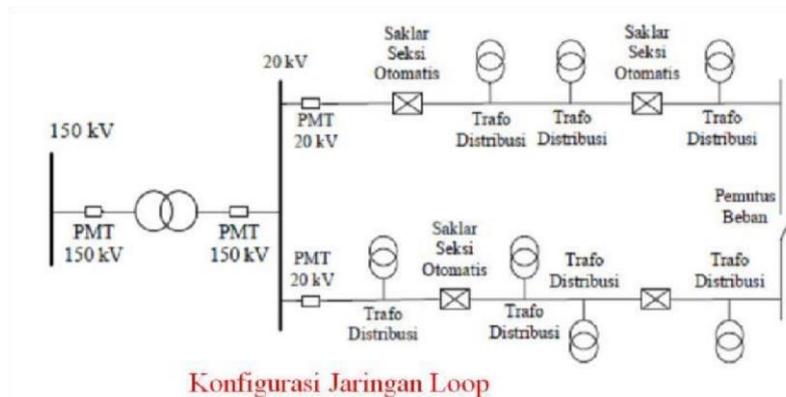


Gambar 2.3 Sistem Jaringan Distribusi Primer Tipe Radial

Sumber : electricdot.wordpress.com

### 2.3.2 Sistem Lingkar (*Loop / Ring*)

Sistem jaringan distribusi primer tipe lingkar (*loop / ring*) merupakan gabungan dari dua buah system radial. Secara umum operasi normal system ini sama dengan system radial. Namun system ini memiliki tingkat keandalan system yang lebih baik dibandingkan dengan system radial. Hal ini disebabkan oleh adanya lebih dari satu buah sumber dan penyulang yang ada pada suatu jaringan.



Gambar 2.4 Sistem Jaringan Distribusi Primer

Tipe *Loop / Ring*

Sumber : electricdot.wordpress.com

Sistem ini banyak dipergunakan untuk menyuplai beban-beban penting seperti rumah sakit, pusat pemerintahan, dan instansi penting lainnya. Pada system ini terdapat lebih dari satu sumber penyuplai daya sehingga salah satu dari sumber tersebut dapat dijadikan cadangan. Hal tersebut membuat tingkat keandalannya cukup tinggi.

Pada sistem ini jika terjadi gangguan atau pekerjaan pada salah satu jaringan, maka penyaluran tidak terputus karena dapat menggunakan sumber pengisian yang lain dari arah yang berbeda.

### 2.3.3 Sistem *Spindle*

Sistem jaringan distribusi primer tipe *spindle* merupakan pengembangan dari system lingkaran (*loop/ring*) yang terdiri dari beberapa system radial. System ini terdiri dari beberapa penyulang, masing-masing penyulang berpangkal pada suatu gardu induk dan ujung-ujungnya akan terhubung di gardu hubung

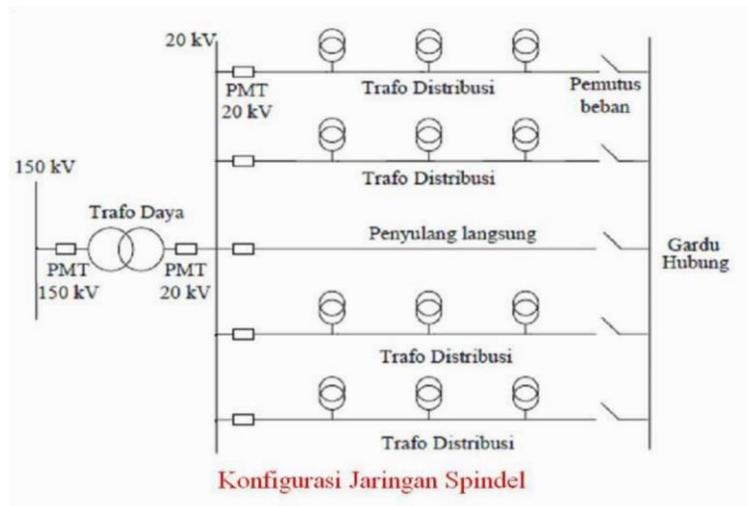
Penyulang tersebut dibagi menjadi dua jenis, antara lain :

1. Penyulang kerja/*working feeder*

Penyulang yang dioperasikan untuk mengalirkan daya listrik dari sumber pembangkit sampai kepada konsumen, sehingga penyulang ini dioperasikan dalam keadaan bertegangan dan sudah dibebani. Operasi normal penyulang ini hampir sama dengan sistem radial.

2. Penyulang cadangan/*express feeder*

Penyulang yang menghubungkan gardu induk langsung ke gardu hubung dan tidak dibebani gardu-gardu distribusi. Pada operasi normal, penyulang ini tidak dialiri arus-arus beban dan hanya berfungsi sebagai penyulang cadangan untuk menyuplai penyulang tertentu yang mengalami gangguan melalui gardu hubung.



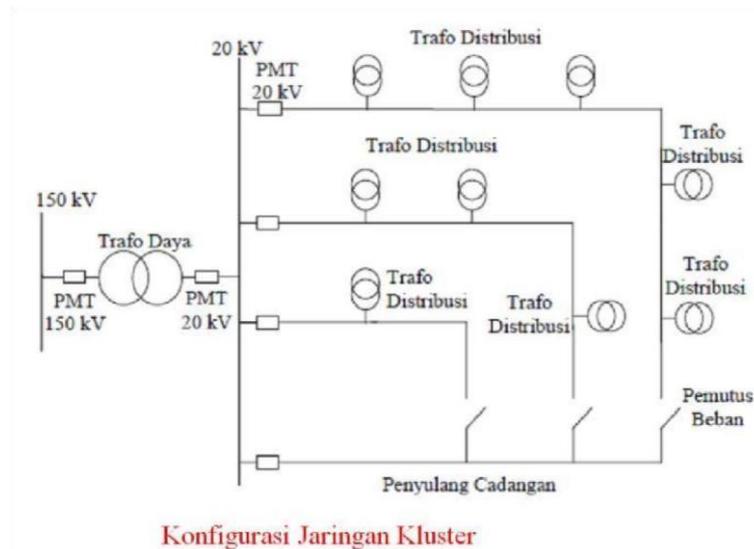
Gambar 2.5 Sistem Jaringan Distribusi Primer Tipe *Spindle*

Sumber : electricdot.wordpress.com

Jaringan ini memenuhi kontinuitas tingkat dua dan jika dilengkapi dengan sarana kontrol jarak jauh dapat disebut memenuhi tingkat tiga. Apabila seluruh pelanggan (Gardu Konsumen) dilengkapi dengan fasilitas kontrol jarak jauh dapat memenuhi kontinuitas tingkat empat. Jaringan ini dipasang dikota yang memiliki tingkat kerapatan bebannya sangat tinggi.

#### 2.3.4 Sistem Gugus (*Mesh*)

Konfigurasi Gugus banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat Saklar Pemutus Beban, dan penyulang cadangan. Dimana penyulang cadangan ini berfungsi bila ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka penyulang cadangan inilah yang menggantikan fungsi suplai ke konsumen.



Gambar 2.6 Sistem Jaringan Distribusi Tipe Gugus

Sumber : electricdot.wordpress.com

## 2.4 Sistem Pengaman Jaringan Distribusi Primer

Sistem pengaman memiliki untuk mencegah, membatasi atau melindungi jaringan dan peralatan terhadap bahaya kerusakan yang disebabkan karena gangguan baik gangguan yang bersifat temporer maupun permanen sehingga kualitas dan keandalan penyaluran daya listrik yang diharapkan oleh konsumen dapat terjamin dengan baik. Sistem pengaman jaringan tegangan menengah 20 kV adalah komponen sangat penting yang dirancang untuk mengamankan jaringan dan peralatan tegangan menengah serta berfungsi untuk mengalirkan arus listrik yang telah dibatasi untuk disuplay oleh transformator distribusi. Pada umumnya peralatan pengaman yang terdapat pada sistem jaringan distribusi tegangan menengah adalah : Pemutus Tenaga (PMT), Pemisah (PMS), Saklar Seksi Otomatis (SSO), Saklar Beban (SB), Pelebur, dan *Arrester*.

#### **2.4.1 Pemutus Tenaga (PMT) / *Circuit Breaker* (CB)**

Pemutus Tenaga (PMT)/Circuit Breaker (CB) merupakan saklar yang bekerja secara otomatis memutuskan hubungan listrik pada jaringan dalam keadaan berbeban pada saat mengalami gangguan yang disebabkan baik dari luar/*external* maupun dari dalam/*internal* pada jaringan listrik. Dalam system pengoperasiannya, komponen ini dilengkapi dengan rele arus lebih/*Over Current Relay* (OCR) yang berfungsi sebagai pengaman arus lebih pada jaringan.

#### **2.4.2 Pemisah (PMS) / *Disconnecting Switch* (DS)**

Pemisah (PMS)/*Disconnecting Switch* (DS) merupakan saklar yang berfungsi untuk memisahkan atau menghubungkan suatu jaringan pada saat tidak berbeban (tidak bertegangan). Pada umumnya komponen ini akan difungsikan pada saat diadakan pemeliharaan rutin yang dilakukan oleh PLN.

#### **2.4.3 Penutup Balik Otomatis (*Recloser*)**

Penutup balik merupakan alat pengaman arus lebih yang waktu untuk memutuskan dan menutup kembali dapat diatur secara otomatis, terutama untuk membebaskan dari gangguan yang bersifat temporer (sementara), sebutan lain dari alat ini adalah *recloser*. *Recloser* dilengkapi dengan pendeteksi indikasi arus lebih, pengatur waktu operasi, serta penutupan kembali yang diatur secara otomatis. Desain dari *recloser* memungkinkan untuk dapat membuka kontak-kontaknya secara tetap dan terkunci/*lock out*, sesuai pemrogramannya setelah melalui beberapa kali operasi buka-tutup. Pada gangguan yang bersifat sementara, *recloser* akan membuka dan

menutup kembali bila gangguan telah hilang. Jika gangguannya bersifat tetap/ *permanent*, maka *recloser* akan membuka kontak-kontaknya secara tetap dan terkunci/*lock out*. Apabila gangguan telah dihilangkan, maka *recloser* dapat ditutup kembali.

#### **2.4.4 Saklar Seksi Otomatis (SSO) / *Sectionalizer***

*Sectionalizer* sebagai alat pemutus rangkaian untuk dapat memisahkan jaringan utama dalam beberapa seksi secara otomatis, sehingga bila terjadi gangguan permanen maka luas daerah (jaringan) yang mengalami pemadaman akibat gangguan permanen dapat dibatasi sekecil mungkin. *Sectionalizer* yang diterapkan pada jaringan distribusi 20 kV adalah tipe AVS (*Automatic Vacuum Switch*). AVS ini membuka pada saat rangkaian tidak bertegangan, tetapi bila dalam keadaan bertegangan harus mampu menutup rangkaian dalam keadaan hubung singkat. Peralatan ini dapat juga digunakan untuk membuka rangkaian dalam keadaan berbeban dan bekerja atas dasar penginderaan tegangan.

#### **2.4.5 Saklar Beban / *Load Break Switch (LBS)***

Saklar Beban (SB)/*Load Break Switch (LBS)* merupakan suatu saklar yang pada umumnya diletakkan di atas tiang jaringan namun tuas penggeraknya berada di bawah dan berfungsi sebagai pembatas/pengisolir lokasi gangguan. Secara umum alat ini dipasang dekat dengan pusat-pusat beban. Selain itu, alat ini juga berfungsi sebagai saklar hubung antara satu penyulang dengan penyulang lainnya dalam keadaan darurat pada sistem operasi jaringan distribusi primer tipe lingkaran (*Loop/ring*).

#### 2.4.6 Pelebur (*Fuse Cut Off*)

Pelebur (*Fuse Cut Out*) merupakan suatu alat pemutus aliran daya listrik pada jaringan bila terjadi gangguan arus lebih. Alat ini dilengkapi dengan *fuse link* yang terdiri dari elemen lebur. Bagian inilah yang akan langsung melebur jika terdapat arus lebih pada jaringan. Besarnya *fuse link* yang digunakan tergantung dari perhitungan jumlah beban (arus) maksimum yang dapat mengalir pada jaringan yang diamankan.

#### 2.4.7 *Arrester*

*Arrester* merupakan suatu alat pengaman bagi peralatan listrik terhadap gangguan tegangan lebih yang diakibatkan oleh petir. Alat ini berfungsi untuk meneruskan arus petir ke sistem pentanahan sehingga tidak mengakibatkan tegangan lebih yang dapat merusak aliran daya sistem frekuensi 50 Hz. Agar aliran sistem tidak terganggu, maka pada saat terjadi gangguan *arrester* berfungsi sebagai konduktor yang mempunyai tahanan rendah. Sehingga *arrester* dapat meneruskan arus yang tinggi ke tanah untuk dinetralisir dan setelah gangguan hilang, *arrester* kembali berfungsi normal sebagai isolator. Secara umum *arrester* dipasang pada jaringan, transformator distribusi, dan Gardu Induk.

### 2.5 Gangguan Sistem Distribusi

Gangguan sistem distribusi adalah terganggunya sistem tenaga listrik yang mengakibatkan bekerjanya rele pengaman penyulang bekerja untuk membuka *circuit breaker* di gardu induk yang menyebabkan terputusnya suplai tenaga listrik. Hal ini bertujuan 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 pada 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 tersebut.

1. Gangguan dari dalam sistem antara lain :

- Tegangan lebih atau arus lebih
- Pemasangan yang kurang tepat
- Usia peralatan atau komponen

2. Gangguan dari luar sistem antara lain :

- Dahan/ranting pohon yang mengenai SUTM
- Sambaran petir
- Hujan atau cuaca
- Kerusakan pada peralatan
- Gangguan binatang

Berdasarkan sifatnya gangguan sistem distribusi dibagi menjadi dua, antara lain :

## 1. Gangguan Temporer

Gangguan temporer merupakan 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 yang terjadi tidak dapat dihilangkan dengan sendirinya atau dengan bekerjanya alat pengaman (*recloser*) dapat menjadi gangguan tetap dan dapat menyebabkan pemutusan tetap bila gangguan sementara terjadi terjadi berulang-ulang.

## 2. Gangguan permanen

Gangguan permanen merupakan gangguan yang bersifat tetap, sehingga untuk membebaskannya perlu tindakan perbaikan atau penghilangan penyebab gangguan. Hal tersebut ditandai dengan jatuhnya (*trip*) kembali pemutus daya setelah operator memasukkan sistem kembali setelah terjadi gangguan. Untuk mengatasi gangguan- gangguan tersebut sebuah peralatan harus dilengkapi dengan sistem pengaman *relay*, dimana sistem pengaman ini diharapkan dapat mendeteksi adanya gangguan sesuai dengan fungsi dan daerah pengamannya.

### **2.6 Keandalan Sistem Distribusi**

Keandalan sistem distribusi merupakan suatu ukuran ketersediaan/tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke pemakai/pelanggan. Ukuran keandalan dapat dinyatakan sebagai seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan seberapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi (*restoration*).

Keandalan sistem jaringan distribusi erat kaitannya dengan masalah pemutusan beban (pemadaman) akibat adanya gangguan yang terjadi pada

sistem. Keandalan sistem distribusi berbanding terbalik dengan tingkat pemutusan beban (pemadaman) pada sistem. Semakin tinggi tingkat pemutusan beban yang terjadi, maka keandalan akan semakin berkurang, dan begitu pula sebaliknya. Sistem yang memiliki keandalan tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem yang memiliki keandalan rendah bila tingkat ketersediaan tenaganya rendah yaitu ditandai dengan sering terjadinya pemadaman pada sistem.

Aplikasi dari konsep keandalan sistem distribusi berbeda dengan aplikasi sistem pembangkitan dan sistem transmisi, dimana sistem distribusi lebih berorientasi pada titik beban pelanggan daripada orientasi pada wujud sistem, dan sistem distribusi lokal lebih dipertimbangkan daripada sistem terintegrasi yang secara luas yang mencakup fasilitas pembangkitan dan transmisi. Keandalan sistem pembangkitan dan transmisi lebih mempertimbangkan probabilitas hilangnya beban (*loss of load*), dengan sedikit memperhatikan komponen sistem, sedangkan keandalan distribusi melihat ke semua aspek dari teknik, seperti desain, perencanaan, pengoperasian. Karena sistem distribusi kurang kompleks dibandingkan sistem pembangkitan dan transmisi yang terintegrasi, perhitungan probabilitas matematikanya lebih sederhana dibandingkan yang dibutuhkan untuk penaksiran keandalan pembangkitan dan transmisi.

Keandalan merupakan penampilan unjuk kerja suatu peralatan atau sistem sesuai dengan fungsinya dalam periode waktu dan kondisi operasi tertentu. Macam-macam tingkatan keandalan dalam pelayanan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) hal, yaitu :

#### 1. Keandalan sistem yang tinggi (*High Reliability System*)

Pada saat kondisi normal, sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik dan dalam keadaan darurat bila terjadi gangguan pada jaringan, maka sistem ini tentu saja diperlukan beberapa peralatan dan pengamanan

yang cukup banyak untuk menghindarkan adanya berbagai macam gangguan pada sistem.

## 2. Keandalan sistem yang menengah (*Medium Reliability System*)

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

## 3. Keandalan sistem yang rendah (*Low Reliability System*)

Pada saat kondisi normal sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik, tetapi bila terjadi suatu gangguan pada jaringan sistem sama sekali tidak bisa melayani beban tersebut. Jadi perlu diperbaiki terlebih dahulu. Tentu saja pada sistem ini peralatan-peralatan pengamannya relatif sangat sedikit jumlahnya sehingga tidak mampu menanggulangi gangguan yang terjadi.

Kontinuitas pelayanan dan penyaluran jaringan distribusi tergantung pada jenis sarana penyalur dan peralatan pengaman, dimana sarana penyalur (jaringan distribusi) mempunyai tingkat kontinuitas yang tergantung pada susunan saluran dan cara pengaturan sistem operasinya yang pada khususnya direncanakan dan dipilih untuk memenuhi kebutuhan dan sifat beban.

Tingkat kontinuitas pelayanan dari sarana penyalur disusun berdasarkan lamanya upaya menghidupkan kembali suplai setelah

pemutusan karena gangguan. (SPLN 52, 1983). Tingkat-tingkat 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 yang diperlukan untuk mengirim petugas ke lapangan, melokalisir kerusakan dan melakukan manipulasi untuk menghidupkan sementara kembali dari arah atau saluran yang lain.
- Tingkat 3 : Padam beberapa menit, yaitu manipulasi oleh petugas yang *stand by* di gardu atau dilakukan deteksi/pengukuran dan pelaksanaan manipulasi jarak jauh dengan bantuan DCC (*Distribution Control Center*).
- Tingkat 4 : Padam beberapa detik, yaitu pengamanan dan manipulasi secara otomatis dari DCC.
- Tingkat 5: Tanpa padam yaitu jaringan dilengkapi instalasi cadangan terpisah dan otomatis secara penuh dari DCC.

## 2.7 Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN)

SPLN merupakan standar perusahaan PT PLN (Persero) yang ditetapkan Direksi bersifat wajib. Standartersebut dapat berupa peraturan, pedoman, instruksi, cara pengujian dan spesifikasi teknik. Sejak tahun 1976 sudah lebih dari 262 buah standar berhasil diselesaikan diantaranya 59 standar bidang pembangkitan, 68 standar bidang transmisi, 99 standar bidang distribusi, 6 standar bidang SCADA dan 30 standar bidang umum.

Ketepatan dalam rancangan pengoperasian, dan pemeliharaan/perawatan sistem distribusi sangat membantu dalam pencapaian indeks keandalan yang tinggi. Ketepatan rencananya berpengaruh terhadap tinggi maupun rendahnya indeks frekuensi gangguan, sedangkan pemeliharaan/perawatan terutama akan berpengaruh pada indeks lama gangguan.

## 2.8 Indeks Nilai Keandalan

Keandalan dari pelayanan konsumen bisa dinyatakan dalam beberapa indeks yang pada umumnya digunakan untuk mengukur keandalan dari suatu sistem. Adapun indeks tersebut, diantaranya :

### 2.8.1 SAIFI ( *System Average Interruption Frequency Index* )

Nilai indeks ini didefinisikan sebagai jumlah rata-rata gangguan sistem yang terjadi per pelanggan yang dilayani oleh sistem per satuan waktu (umumnya pertahun). Indeks ini ditetapkan dengan persamaan :

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah konsumen terganggu pada beban}}{\text{Jumlah keseluruhan konsumen yang dilayani}}$$

$$SAIFI = \frac{\sum Ni}{Nt}$$

Dimana :Ni = Jumlah konsumen terganggu pada beban

Nt = Jumlah keseluruhan konsumen yang dilayani

### 2.8.2 SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)

Indeks ini didefinisikan sebagai nilai rata-rata dari lamanya gangguan yang terjadi pada sistem untuk setiap konsumen selama satu tahun. Indeks ini ditentukan dengan persamaan :

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{Jumlah perkalian dari waktu padam dengan jumlah konsumen yang terganggu}}{\text{Jumlah Pelanggan yang dilayani secara keseluruhan}}$$

$$\text{SAIDI} = \frac{\sum N_i r_i}{N_t}$$

Dimana :  $r_i$  = waktu padam saat terjadi gangguan

$N_i$  = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban

$N_t$  = Jumlah pelanggan yang dilayani secara keseluruhan

### 2.8.3 CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*)

Nilai indeks ini di lihat dari sisi pelanggan. Nilai indeks durasi gangguan konsumen rata-rata tiap tahun, menginformasikan mengenai waktu rata-rata untuk penormalan kembali gangguan tiap-tiap pelanggan dalam satu tahun dan ditetapkan ke dalam bentuk suatu persamaan :

$$\text{CAIDI} = \frac{\text{Jumlah Total Durasi Gangguan Pelanggan}}{\text{Jumlah Total Gangguan Pelanggan}}$$

Indeks ini juga sama dengan perbandingan antara SAIDI dengan SAIFI :

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

Besarnya nilai CAIDI ini bisa digambarkan sebagai besar durasi gangguan sistem distribusi keseluruhan yang ditinjau dari sisi pelanggan. Perbedaan nilai SAIDI dan CAIDI mengindikasikan bahwa bagian yang keluar dari sistem hanya terkonsentrasi pada sisi sistem atau sisi pelanggan.

## 2.9 Standar Nilai Indeks Keandalan

### 2.9.1 Standar Nilai Indeks Keandalan SPLN 68-2 : 1986

**Tabel 2.1 Standar Indeks Keandalan SPLN 68-2 :1986**

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3,2	kali/pelanggan/tahun
SAIDI	21,09	Jam/pelanggan/tahun

### 2.9.2 Standar Nilai Indeks Keandalan IEEE std 1366 – 2003

**Tabel 2.2 Standar Indeks Keandalan IEEE std 1366 – 2003**

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	1,45	kali/pelanggan/tahun
SAIDI	2,3	Jam/pelanggan/tahun
CAIDI	1,47	Jam/gangguan
ASAI	99,92	Persen

**2.9.3 Standar Nilai Indeks Keandalan WCS (*World Class Service*) & WCC (*World Class Company*)**

**Tabel 2.3 Standar Indeks Keandalan WCS (*World Class Service*) & WCC (*World Class Company*)**

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3	Kali/pelanggan/tahun
SAIDI	1,666	Jam/pelanggan/tahun