

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Berdasarkan topik skripsi yang diambil, terdapat beberapa referensi dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya guna menentukan batasan – batasan masalah yang berkaitan erat dengan topik yang sedang diambil. Referensi-referensi ini kemudian akan digunakan untuk mempertimbangkan permasalahan-permasalahan apa saja yang berhubungan dengan topik yang diambil. Adapun beberapa referensinya adalah sebagai berikut:

1. Siti Saodah Institut Sains & Teknologi AKPRIND (2008) melakukan penelitian tentang *Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Berdasarkan SAIDI dan SAIFI*, menjelaskan tentang SAIDI, SAIFI bahwa kedua hal tersebut merupakan indeks keandalan yang dapat menentukan apakah sistem tersebut dinyatakan sesuai harapan atau tidak.
2. Ahmad Fajar Sayidul Yaom UMY (2015) melakukan penelitian tentang *Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik di P.T. PLN UPJ Rayon Bumiayu*, menjelaskan bahwa hanya 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.

B. Landasan Teori

Keandalan sistem distribusi tenaga listrik sangat berperan penting terhadap kenyamanan dan keamanan bagi konsumen perusahaan maupun rumah tangga. Indeks keandalan merupakan suatu metode pengevaluasian parameter keandalan suatu peralatan distribusi tenaga listrik terhadap keandalan mutu pelayanan kepada pelanggan. Indeks ini antara lain adalah SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*). Penelitian ini bertujuan menghitung indeks keandalan didasarkan pada indeks keandalan berbasis sistem yaitu SAIDI dan SAIFI. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis indeks keandalan berbasis sistem pada jaringan tegangan menengah.

1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Pembangkit listrik umumnya memiliki letak yang jauh dari pusat beban, terlebih-lebih 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 sistem jaringan distribusi primer dan sistem jaringan distribusi sekunder. Kedua sistem tersebut dibedakan berdasarkan tegangan kerjanya. Pada umumnya tegangan kerja pada sistem jaringan distribusi primer adalah 20 kV, sedangkan tegangan kerja pada sistem jaringan distribusi sekunder 380 V atau 220 V. Untuk menyalurkan tenaga listrik

secara kontinyu dan handal, diperlukan pemilihan sistem distribusi yang tepat.

Kriteria pemilihan ini berdasarkan pada beberapa faktor, antara lain :

- a) Faktor ekonomis
- b) Faktor Tempat
- c) Kelayakan

Pemilihan sistem jaringan harus memenuhi kriteria persyaratan yaitu :

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

2. Sistem Jaringan Distribusi Primer

Sistem jaringan distribusi primer adalah bagian dari sistem tenaga listrik diantara Gardu Induk (GI) dan Gardu Distribusi. Jaringan distribusi primer ini umumnya terdiri dari jaringan tiga fasa, yang jumlahnya tiga kawat atau empat kawat. Penurunan tegangan sistem ini dari tegangan transmisi, pertama-tama dilakukan pada gardu induk subtransmisi, dimana tegangan diturunkan ke tegangan yang lebih rendah mulai sistem tegangan 500 kV ke system tegangan 150 kV atau ke tegangan sistem 70 kV,

kemudian pada gardu induk distribusi kembali dilakukan 20 kV.

Sistem jaringan distribusi primer saluran yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik pada masing-masing beban disebut penyulang (Feeder). Umumnya setiap penyulang diberi nama sesuai dengan daerah beban yang dilayani. Hal ini bertujuan untuk memudahkan untuk mengingat dan menandai jalur-jalur yang dilayani oleh penyulang tersebut. Sistem penyaluran daya listrik pada sistem jaringan distribusi primer dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu :

a) 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*), dll.

b) Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) 6 – 20 kV

Jenis penghantar yang dipakai adalah kawat berisolasi seperti MVTIC (*Medium Voltage Twisted Insulated Cable*) dan AAACS (Kabel *Aluminium Alloy* dengan pembungkus lapisan *PVC*)



Gambar 2.1 Saluran Kabel Udara Tegangan

c) Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) 6 – 20 kV

Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel tanam berisolasi PVC (*Poly Vinyl Chloride*), XLPE (*Crosslink Polyethelene*).



Gambar 2.2 Saluran Kabel Tegangan Menengah

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

- 1) Kondisi setempat yang tidak memungkinkan dibangun SUTM.
- 2) Kesulitan mendapatkan ruang bebas, karena berada di tengah kota dan pemukiman padat.
- 3) Pertimbangan segi estetika.

Beberapa hal yang perlu diketahui :

- 1) Pembangunan transmisi SKTM lebih mahal dan lebih rumit, karena harga kabel yang jauh lebih mahal dibanding penghantar udara dan dalam pelaksanaan pembangunan harus melibatkan serta berkoordinasi dengan banyak pihak.
- 2) Pada saat pelaksanaan pembangunan transmisi SKTM sering menimbulkan masalah, khususnya terjadinya kemacetan lalu lintas.
- 3) Jika terjadi gangguan, penanganan (perbaikan) transmisi SKTM relatif sulit dan memerlukan waktu yang lebih lama jika dibandingkan SUTM.
- 4) Hampir seluruh (sebagian besar) transmisi SKTM telah terpasang di wilayah PT. PLN (Persero) Distribusi DIY.

3. Sistem Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder merupakan bagian dari jaringan distribusi primer dimana jaringan ini berhubungan langsung dengan konsumen tenaga listrik. Pada jaringan distribusi sekunder, sistem tegangan distribusi primer 20 kV diturunkan menjadi sistem tegangan rendah 380/ 220V. Sistem penyaluran daya listrik pada jaringan distribusi sekunder yang dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

a) Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR)

Jenis penghantar yang dipakai adalah kawat berisolasi, seperti kabel berisolasi seperti kabel LVTC (*Low Voltage Twisted Cable*). Transmisi SUTR adalah bagian hilir dari sistem tenaga listrik pada 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:

- 1) Susut tegangan yang disyaratkan.
- 2) Susut tegangan yang diijinkan adalah + 5% dan – 10 %, dengan radius pelayanan berkisar 350 meter.
- 3) Luas penghantar jaringan.
- 4) Distribusi pelanggan sepanjang jalur jaringan distribusi

5) Sifat daerah pelayanan (desa, kota, dan lain-lain).

b) Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR)

Ditinjau dari segi fungsi, transmisi SKTR memiliki fungsi yang sama dengan transmisi SUTR. Perbedaan mendasar adalah SKTR di tanam didalam di dalam tanah. Jika menggunakan SUTR sebenarnya dari segi jarak aman / ruang bebas (ROW) tidak ada masalah, karena SUTR menggunakan penghantar berisolasi.

4. Konfigurasi Sistem Jaringan Distribusi Primer 20 kV

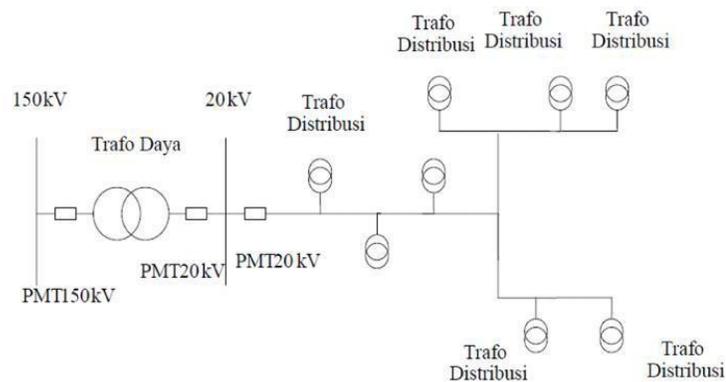
Jumlah penyulang yang ada disuatu kawasan/daerah umumnya lebih dari satu penyulang. Semakin besar dan kompleks beban yang dilayani di suatu kawasan/daerah, maka semakin banyak pula jumlah penyulang yang diperlukan. Beberapa penyulang berkumpul di suatu titik yang disebut Gardu Hubung (GH). Gardu Hubung adalah suatu instalasi peralatan listrik yang berfungsi sebagai :

- a) Titik pengumpul dari satu atau lebih sumber dan penyulang.
- b) Tempat pengalihan (*transfer*) beban apabila terjadi gangguan pada salah satu jaringan yang dilayani.

Gabungan beberapa penyulang dapat membentuk beberapa tipe sistem jaringan distribusi primer. Berdasarkan bentuk atau polanya, tipe sistem jaringan distribusi primer dapat dibagi menjadi empat, yaitu:

a) Sistem Radial

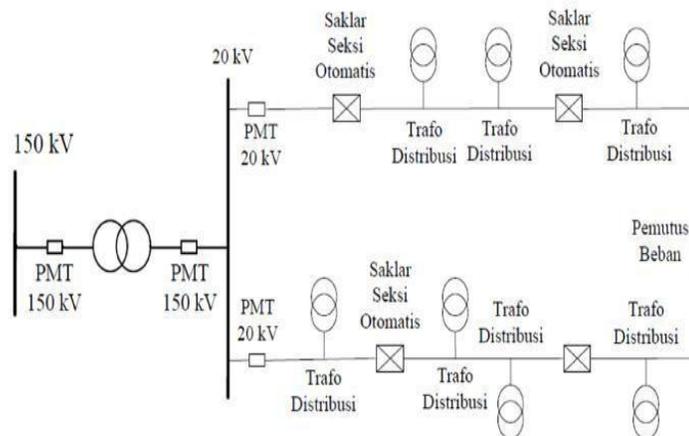
Sistem jaringan distribusi primer tipe radial memiliki jumlah sumber dan penyulang hanya satu buah. Bila terjadi gangguan pada salah satunya (baik sumber maupun penyulangnya), maka semua beban yang dilayani oleh jaringan ini akan padam. Nilai keandalan dari sistem jaringan distribusi tipe radial ini adalah rendah. Sistem ini banyak dipergunakan didaerah pedesaan dan perkotaan yang tidak membutuhkan nilai keandalan yang tinggi. Umumnya sistem ini bentuknya sederhana, mudah pelaksanaannya, dan sistem paling murah. Keandalan sistem memenuhi kontinuitas tingkat 1 dan umumnya merupakan jaringan luar kota.



Gambar 2.3 Sistem Distribusi Primer Tipe Radial

b) Sistem Lingkar (*Loop/Ring*)

Sistem jaringan distribusi primer tipe lingkaran (*loop/ring*) ini merupakan gabungan/perpaduan dari dua buah sistem radial. Secara umum operasi normal sistem ini hampir sama dengan sistem radial. Sistem ini sudah mempunyai tingkat keandalan dan kontinuitas yang lebih baik dibandingkan dengan sistem radial. Hal ini dikarenakan jumlah sumber dan penyulang yang ada pada suatu jaringan adalah lebih dari satu buah.



Gambar 2.4 Sistem Jaringan Distribusi Primer Tipe *Loop/Ring*

Umumnya sistem ini banyak dipergunakan secara khusus untuk menyuplai beban-beban penting misalnya rumah sakit, pusat-pusat pemerintahan dan instansi-instansi penting lainnya. Pada sistem ini

terdapat dua sumber dan arah pengisian yang satu dapat sebagai cadangan, sehingga tingkat keandalannya cukup tinggi. Sistem ini banyak dipergunakan pada jaringan umum dan industri. Jika terjadi gangguan atau pekerjaan pada salah satu jaringan, penyaluran tidak terputus karena mempergunakan sumber pengisian cadangan atau arah yang lain. Keandalan sistem ini memenuhi kontinuitas tingkat dua.

c) **Sistem *Spindle***

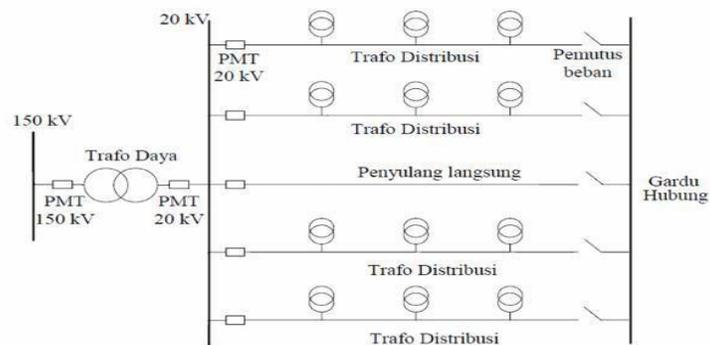
Sistem jaringan distribusi primer tipe *spindle* merupakan modifikasi dari sistem lingkaran (*loop/ring*) yang terdiri dari beberapa sistem radial. Sistem ini terdiri dari beberapa penyulang, masing-masing penyulang berpangkal pada suatu gardu induk dan ujung-ujungnya akan terhubung di gardu hubung. Penyulang tersebut dibagi menjadi dua jenis yaitu :

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.

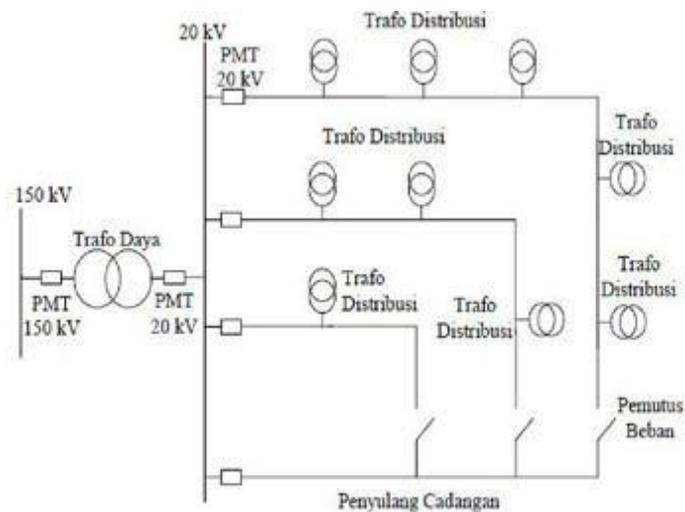


Gambar 2.5 Sistem Jaringan Distribusi Primer Tipe *Spindle*

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.

d. 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

5. Sistem Pengaman Jaringan Distribusi Primer

Sistem pengaman bertujuan 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 merupakan suatu 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. Secara umum 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.

a) Pemutus Tenaga (PMT)/*Circuit Breaker* (CB)

Pemutus Tenaga (PMT)/*Circuit Breaker* (CB) adalah suatu 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 sistem pengoperasiannya, alat ini dilengkapi

dengan rele arus lebih/ *Over Current Relay (OCR)* yang berfungsi sebagai pengaman jaringan dari arus lebih.

b) Pemisah (PMS)/ *Disconnecting Switch (DS)*

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

c) Penutup Balik Otomatis (*Recloser*)

Penutup balik adalah alat pengaman arus lebih yang diatur waktu untuk memutus dan menutup kembali secara otomatis, terutama untuk membebaskan dari gangguan yang bersifat temporer (sementara), sering juga disebut dengan recloser. Recloser dilengkapi dengan sarana indikasi arus lebih, pengatur waktu operasi, serta penutupan kembali 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.

d) Saklar Seksi Otomatis (SSO)/ *Sectionalizer*

Sectionalizer sebagai alat pemutus rangkaian untuk dapat memisah-misahkan 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 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.

e) Saklar Beban (SB)/ *Load Break Switch (LBS)*

Saklar Beban (SB)/ *Load Break Switch (LBS)* adalah suatu saklar yang umumnya diletakkan di atas tiang jaringan namun tuas penggerakannya berada di bawah dan berfungsi sebagai

pembatas/pengisolir lokasi gangguan. Umumnya alat ini dipasang dekat dengan pusat-pusat beban. 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*).

f) Pelebur (Fuse Cut Out)

Pelebur (*Fuse Cut Out*) adalah 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 dialiri arus lebih pada jaringan. Besarnya *fuse link* yang digunakan tergantung dari perhitungan jumlah beban (arus) maksimum yang dapat mengalir pada jaringan yang diamankan.

g) Arrester

Arrester adalah suatu alat pengaman bagi peralatan listrik terhadap gangguan tegangan lebih yang disebabkan oleh petir. Alat ini berfungsi untuk meneruskan arus petir ke sistem pentanahan sehingga tidak menimbulkan tegangan lebih yang merusak aliran daya sistem frekuensi 50 Hz. Agar tidak mengganggu aliran sistem, maka pada saat terjadi gangguan *arrester* berfungsi sebagai konduktor yang mempunyai tahanan rendah. Akibatnya *arrester* dapat meneruskan arus

yang tinggi ke tanah untuk dinetralisir dan setelah gangguan hilang, *arrester* kembali berfungsi normal sebagai isolator. Pada umumnya *arrester* dipasang pada jaringan, transformator distribusi, *cubicle*, dan Gardu Induk.

6. 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 aluran 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.

a) Gangguan dari dalam sistem antara lain :

- 1) Tegangan lebih atau arus lebih
- 2) Pemasangan yang kurang tepat

- 3) Usia peralatan atau komponen
- b) Gangguan dari luar sistem antara lain :
- 1) Dahan/ ranting pohon yang mengenai SUTM
 - 2) Sambaran petir
 - 3) Hujan atau cuaca
 - 4) Kerusakan pada peralatan Gangguan binatang

Berdasarkan sifatnya gangguan sistem distribusi dibagi menjadi dua, yaitu :

1. 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 terjadi berulang-ulang.

2. Gangguan permanen

Gangguan bersifat tetap, sehingga untuk membebaskannya 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 system pengaman relay, dimana sistem pengaman ini diharapkan dapat mendeteksi adanya gangguan sesuai dengan fungsi dan daerah pengamannya.

7. Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan dalam sistem distribusi adalah 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 pada sistem. Dalam hal ini, keandalan sistem distribusi adalah berbanding terbalik dengan tingkat pemutusan beban (pemadaman) pada sistem. Semakin tinggi tingkat pemutusan beban yang terjadi, maka keandalan akan semakin berkurang. Begitu pula sebaliknya. Sistem yang mempunyai keandalan tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem mempunyai keandalan rendah bila tingkat ketersediaan tenaganya rendah yaitu sering padam.

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 adalah penampilan unjuk kerja suatu peralatan atau sistem sesuai dengan fungsinya dalam periode waktu dan kondisi operasi tertentu. Adapun macam-macam tingkatan keandalan dalam pelayanan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) hal antara lain :

a) Keandalan sistem yang tinggi (*High Reliability System*)

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.

b) Keandalan sistem yang menengah (*Medium Reliability System*)

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

c) Keandalan sistem yang rendah (*Low Reliability System*)

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. Kontinuitas pelayanan, penyaluran jaringan distribusi tergantung pada jenis dan macam sarana penyalur dan peralatan pengamanan, 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 :

- 1) Tingkat 1 : Dimungkinkan padam berjam-jam, yaitu waktu yang diperlukan untuk mencari dan memperbaiki bagian yang rusak karena gangguan
- 2) 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.
- 3) 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*).
- 4) Tingkat 4 : Padam beberapa detik, yaitu pengamanan dan manipulasi secara otomatis dari DCC.

5) Tingkat 5 : Tanpa padam yaitu jaringan dilengkapi instalasi cadangan terpisah dan otomatis secara penuh dari DCC.

8. Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN)

SPLN adalah standar perusahaan PT PLN (Persero) yang ditetapkan Direksi bersifat wajib. Dapat berupa peraturan, pedoman, instruksi, cara pengujian dan spesifikasi teknik. Sejak tahun 1976 sudah lebih dari 262 buah standar berhasil dirampungkan 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 untuk pencapaian indeks keandalan yang tinggi. ketepatan rencananya berpengaruh terhadap tinggi atau rendahnya indeks frekuensi gangguan, sedangkan pemeliharaan/perawatan terutama akan berpengaruh pada indeks lama gangguan.

9. Indeks Nilai Keandalan

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

a) Laju Kegagalan

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

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

Dimana : λ = Angka kegagalan (kali/tahun)

f = Banyaknya kegagalan dalam selang waktu pengamatan

T = Selang waktu pengamatan (1 tahun)

b) 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 ditentukan dengan persamaan :

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah dari Perkalian Angka Kegagalan dan Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Pelanggan Total}}$$

$$\frac{\sum \lambda_i \cdot N_i}{\sum N_t}$$

Dimana : λ_i = Angka kegagalan (kali/tahun)

N_i = Jumlah pelanggan pada saluran i

N_t = Jumlah pelanggan yang dilayani keseluruhan

c) **SAIDI (System Average Interruption Duration Index)**

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

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah dari Perkalian Durasi Gangguan dan Pelanggan padam}}{\text{Jumlah Pelanggan}}$$

$$\frac{\sum U_i \cdot N_i}{\sum N_t}$$

Dimana : U_i = Durasi gangguan pada saluran i

N_i = Jumlah pelanggan pada saluran i

N_t = Jumlah pelanggan yang dilayani keseluruhan

d) **Standar Nilai Indeks Keandalan**

Target kinerja PLN Rayon Bantul 2015

Tabel 2.1 Target kinerja PLN Rayon Bantul 2015

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	4,69	Kali/pelanggan/tahun
SAIDI	8,86	Jam/pelanggan/tahun

Standar Nilai Indeks Keandalan SPLN 68-2 : 1986

Tabel 2.2 Standar Indeks Keandalan SPLN 68-2 :1986

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

Standar Nilai Indeks Keandalan IEEE std 1366 – 2003

Tabel 2.3 Standar Indeks Keandalan IEEE std 1366 – 2003

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	1,45	Kali/pelanggan/tahun
SAIDI	2,30	Jam/pelanggan/tahun

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

Tabel 2.4 Standar Indeks Keandalan WCS & WCC

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

10. Penyulang Pada Gardu Induk Sewon

Gardu induk sewon memiliki tiga buah trafo penunjang. Masing- masing trafo ini memiliki kapasitas yang sama yaitu 150/20 kV 60 MVA yang melayani kebutuhan listrik untuk wilayah bantul dan sekitarnya. Gardu Induk Sewon memiliki tiga belas penyulang dimana dibagi berdasarkan nomor urut trafo. Gardu Induk Sewon mensupply kebutuhan energi listrik di Rayon.

a) Daftar Penyulang di Gardu Induk Sewon

Tabel 2.5 Daftar Penyulang di Gardu Induk Sewon

Trafo 1 150/20 KV 60 MVA		
No	Nama Penyulang	Rayon
1	BNL 01	Bantul

Tabel 2.5 Daftar Penyulang di Gardu Induk Sewon (Lanjutan)

2	BNL 02	Bantul
3	BNL 03	Bantul
4	BNL 05	Bantul
5	BNL 14	Bantul
Trafo 2 150/20 KV 60 MVA		
6	BNL 13	Bantul
7	BNL 06	Bantul
8	BNL 07	Bantul
9	BNL 08	Bantul
10	BNL 09	Bantul
11	BNL 10	Bantul
Trafo 3 150/20 KV 60 MVA		
12	BNL 11	Bantul
13	BNL 12	Bantul

b) Data Aset Penyulang di Gardu Induk Sewon

Data ini meliputi jenis penghantar yang digunakan oleh setiap penyulang

dan panjang penghantar setiap penyulang dalam satuan kms (kilometer sirkuit).

Tabel 2.6 Data Aset Penyulang Gardu Induk Sewon

No	Nama Penyulang	Jenis Penghantar		Total
		SUTM (kms)	SKTM (kms)	
1	BNL 01	9,73	0	9,73
2	BNL 02	6,64	0	6,64
3	BNL 03	9,16	0	9,16
4	BNL 05	15,16	0	15,16
5	BNL 06	127,94	0	127,94
6	BNL 07	233,05	0	233,05
7	BNL 08	0,60	0	0,60
8	BNL 09	0,13	0	0,13
9	BNL 10	3,18	0	3,18
10	BNL 11	145	0	145
11	BNL 12	104,29	0	104,29
12	BNL 13	11,70	0	11,70
13	BNL 14	43,66	0	43,66
Total panjang penyulang di Gardu Induk Sewon (kms)				710,24