

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Keandalan sistem distribusi tenaga listrik sangat berperan penting terhadap kenyamanan dan keamanan bagi konsumen perusahaan maupun rumah tangga. Indeks keandalan merupakan suatu metode penevaluasian 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 mengenai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI sudah ada yang membahas diantaranya :

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 di nyatakan sesuai harapan atau tidak. Dalam penelitiannya dapat disimpulkan bahwa banyaknya gangguan pada sistem 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 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 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

2.2.1 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 sistem 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*). Pada 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 :

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*), dll.

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 AAACS (*Kabel Aluminium Alloy dengan pembungkus lapisan PVC*)



Gambar 2.1 Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah
Sumber : hudaya.wordpress.com

3. 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 Mengengah
Sumber : klipingbekasi – Wordpress.com

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:

- 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.
- Pada saat pelaksanaan pembangunan transmisi SKTM sering menimbulkan masalah, khususnya terjadinya kemacetan lalu lintas.
- Jika terjadi gangguan, penanganan (perbaikan) transmisi SKTM relatif sulit dan memerlukan waktu yang lebih lama jika dibandingkan SUTM.
- Hampir seluruh (sebagian besar) transmisi SKTM telah terpasang di wilayah PT. PLN (Persero) Distribusi DKI Jakarta & Tangerang.

2.2.2 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 dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

1. 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:

- 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 pelanggan sepanjang jalur jaringan distribusi.
- e. Sifat daerah pelayanan (desa, kota, dan lain-lain).

2. 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.

2.3 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 :

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

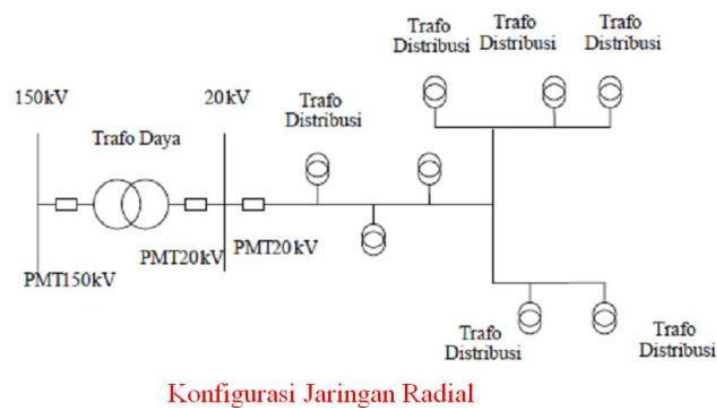
Gabungan beberapa penyulang dapat membentuk beberapa tipe sistem jaringan distribusi primer. Berdasarkan bentuk atau polanya, tipe sistem jaringan distribusi primer dapat dibagi menjadi empat, yaitu :

1. Sistem radial

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

2.3.1 Sistem Radial

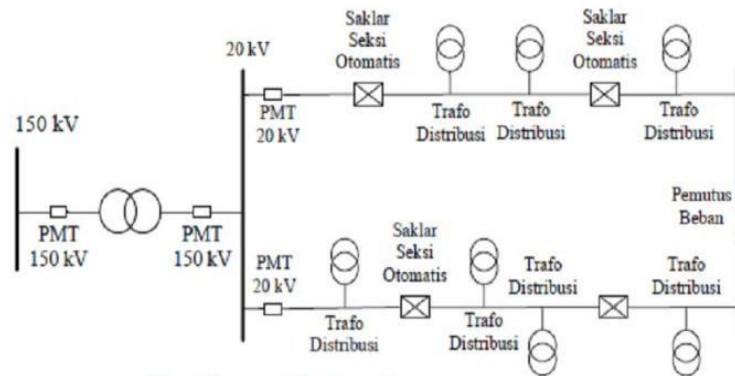
Sistem jaringan distribusi primer tipe radial memiliki jumlah sumber dan penyulang hanya satu buah. Bila terjadi gangguan pada salah satunya (baik sumber maupun penyulangnya), maka semua beban yang dilayani oleh jaringan ini akan padam. Nilai keandalan dari sistem jaringan distribusi tipe radial ini adalah rendah. Sistem ini banyak dipergunakan di daerah 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 Jaringan Distribusi Primer Tipe Radial
Sumber : electricdot.wordpress.com

2.3.2 Sistem Lingkar (*Loop / Ring*)

Sistem jaringan distribusi primer tipe lingkar (*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.



Konfigurasi Jaringan Loop

Gambar 2.4 Sistem Jaringan Distribusi Primer Tipe
Loop / Ring

Sumber : electricdot.wordpress.com

Pada 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.

2.3.2 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 :

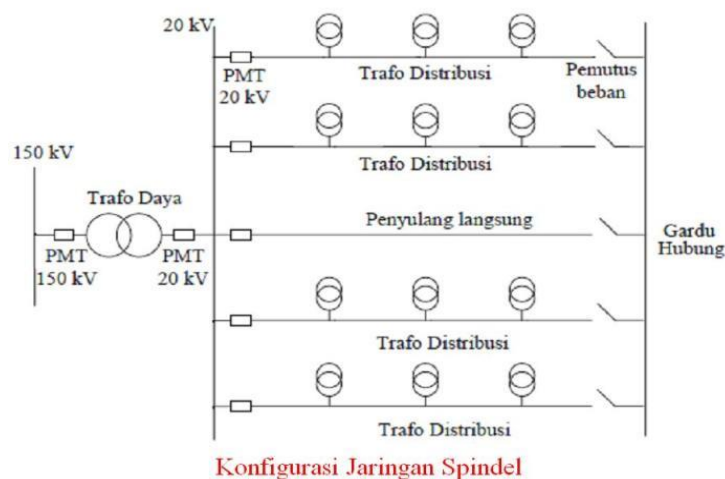
1. Penyulang kerja/*working feeder*

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*
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

telah dibatasi untuk disupply 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*.

2.4.1 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.

2.4.2 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.

2.4.3 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.

2.4.4 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.

2.4.5 Saklar Beban / *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. Pada 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*).

2.4.6 Pelebur (*Fuse Cut Off*)

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.

2.4.7 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.

2.5 Gangguan Sistem Distribusi

Gangguan pada sistem distribusi adalah terganggunya sistem 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.

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, 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.

2.6 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 metematiknya 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 :

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

Pada 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 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.

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

Pada 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 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 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.

2.8 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 :

2.8.1 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)

2.8.2 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 :

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

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

Dimana : λ_i = Angka kegagalan (kali/tahun)

N_i = Jumlah pelanggan pada saluran i

N_t = Jumlah pelanggan yang dilayani keseluruhan

2.8.3 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 :

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

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

Dimana : U_i = Durasi gangguan pada saluran i

N_i = Jumlah pelanggan pada saluran i

N_t = Jumlah pelanggan yang dilayani keseluruhan

2.8.4 CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*)

Nilai indeks ini di tinjau dari sisi pelanggan. Nilai indeks durasi gangguan konsumen rata-rata tiap tahun, menginformasikan tentang waktu rata-rata untuk penormalan kembali gangguan tiap-

tiap pelanggan dalam satu tahun dan ditetapkan ke dalam bentuk persamaan :

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

$$\frac{\sum U_i N_i}{\sum \lambda_i N_i}$$

Indeks ini juga sama dengan perbandingan antara SAIDI dengan SAIFI :

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

Besarnya nilai CAIDI ini dapat digambarkan sebagai besar durasi gangguan sistem distribusi keseluruhan ditinjau dari sisi pelanggan. Perbedaan nilai yang 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 Target kinerja PLN Rayon Kalasan 2015

Tabel 2.1 Target kinerja PLN Rayon Kalasan 2015

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	7,75	Kali/pelanggan/tahun
SAIDI	8,65	Jam/pelanggan/tahun

2.9.2 Target kinerja PLN Rayon Yogya 2015

Tabel 2.2 Target kinerja PLN Rayon Yogya 2015

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	6,98	Kali/pelanggan/tahun
SAIDI	8,1	Jam/pelanggan/tahun

2.9.3 Standar Nilai Indeks Keandalan SPLN 68-2 : 1986

Tabel 2.3 Standar Indeks Keandalan SPLN 68-2 :1986

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

2.9.4 Standar Nilai Indeks Keandalan IEEE std 1366 – 2003

Tabel 2.4 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/Tahun
ASAI	99,92	Persen

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

Tabel 2.5 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

2.10 Penyulang Pada Gardu Induk Gejayan

Gardu induk gejayan memiliki dua buah trafo penunjang. Masing-masing trafo ini memiliki kapasitas yang sama yaitu 150/20 kV 60 MVA yang melayani kebutuhan listrik untuk wilayah Yogya dan sekitarnya. Gardu Induk Gejayan memiliki empat belas penyulang dimana dibagi berdasarkan nomor urut trafo. Gardu Induk Gejayan mensuplai kebutuhan energi listrik di dua rayon, Rayon-rayon tersebut diantaranya adalah Rayon

Kalasan dan Rayon Yogya. Dan perlu di ketahui bahwa ada beberapa penyulang pada Gardu Induk Gejayan yang bersamaan dalam hal menyalurkan energi listrik, dikarenakan Rayon Yogya Utara dan Selatan telah digabung menjadi satu Rayon yaitu Rayon Yogya sejak tahun 2013.

2.10.1 Daftar Penyulang di Gardu Induk Gejayan

Tabel 2.6 Daftar Penyulang di Gardu Induk Tambun

Trafo 1 150/20 KV 60 MVA		
No	Nama Penyulang	Rayon
1	GJN 20	YOGYA
2	GJN 02	YOGYA & KALASAN
3	GJN 03	YOGYA
4	GJN 04	YOGYA
5	GJN 05	YOGYA
6	GJN 06	YOGYA
7	GJN 19	KALASAN
8	GJN 15	YOGYA
Trafo 2 150/20 KV 60 MVA		
	Nama Penyulang	Rayon
9	GJN 18	YOGYA & KALASAN
10	GJN 16	YOGYA
11	GJN 14	YOGYA
12	GJN 13	YOGYA
13	GJN 12	YOGYA
14	GJN 11	YOGYA

Tabel di atas menunjukkan jumlah trafo serta kapasitas trafo. Di tunjukkan bahwa kapasitas setiap trafo nya yaitu Trafo 1 sebesar 150/20 KV 60 MVA dan Trafo 2 sebesar 150/20 KV 60 MVA. Jumlah penyulang pada Trafo1 sebanyak 8 Penyulang. Jumlah penyulang pada Trafo 2 sebanyak 6 Penyulang. Daftar penyulang di atas hanya berlaku pada tahun 2015.

Karena, di tahun berikutnya bisa terjadi perubahan, penambahan serta pengurangan jumlah penyulang pada Gardu Induk Gejayan.

2.10.2 Data Aset Penyulang di Gardu Induk Gejayan

Data ini meliputi jenis penghantar yang digunakan oleh setiap penyulang dan panjang penghantar setiap penyulang dalam satuan kms (kilometer sirkuit).

Tabel 2.7 Data Aset Penyulang Gardu Induk Gejayan

No	Nama Penyulang	Jenis Penghantar		Total
		SUTM (kms)	SKTM (kms)	
1	GJN 20	5,34	0	5,34
2	GJN 02	102,37	0	102,37
3	GJN 03	21,2	0	21,2
4	GJN 04	9	0	9
5	GJN 05	2,17	0	2,17
6	GJN 06	15,63	0	15,63
7	GJN 19	55,54	0	55,54
8	GJN 15	9,5	0	9,5
9	GJN 18	65,96	0	65,96
10	GJN 16	5,34	0	5,34
11	GJN 14	9,82	0	9,82
12	GJN 13	1,85	0	1,85
13	GJN 12	7,82	0	7,82
14	GJN 11	12,55	0	12,55
Total panjang penyulang di Gardu Induk Gejayan (kms)				324,09

Data aset panjang penyulang ini merupakan data rekapitulasi yang dilakukan Kantor Area Pelayanan dan Jaringan Yogya terhadap panjang pada setiap penyulang yang ada di Gardu Induk Gejayan selama tahun 2015. Sewaktu – waktu dapat berubah sesuai kondisi dari pemakaian kabel sendiri.