

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 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. Endra Heri Sulino UGM (2011) melakukan penelitian tentang *Evaluasi dan Studi Keandalan Jaringan Distribusi 4 KV Lex Plant Santan Terminal di Chevron Indonesia Company*, menjelaskan tentang SAIFI, SAIDI dan CAIDI bahwa ketiga 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.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Saluran Transmisi

Saluran Transmisi merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik dari *Generator Station/* Pembangkit Listrik sampai *distribution station* hingga sampai pada konsumen listrik. Tenaga listrik ditransmisikan oleh suatu bahan konduktor yang mengalirkan tipe Saluran Transmisi Listrik.

1. Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi 200kV–500 kV

Pada umumnya saluran transmisi di Indonesia digunakan pada pembangkit dengan kapasitas 500 kV. Dimana tujuannya adalah agar *drop* tegangan dari penampang kawat dapat direduksi secara maksimal, sehingga diperoleh operasional yang *efektif* dan *efisien*. Akan tetapi terdapat permasalahan mendasar dalam pembangunan saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) ialah konstruksi tiang (*tower*) yang besar dan tinggi, memerlukan tanah yang luas, memerlukan *isolator* yang banyak, sehingga memerlukan biaya besar. Masalah lain yang timbul dalam pembangunan SUTET adalah masalah sosial, yang akhirnya berdampak pada masalah pembiayaan.



Gambar 2.1 Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi

2. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 30 kV - 150 kV

Pada saluran transmisi ini memiliki tegangan operasi antara 30 kV sampai 150 kV. Konfigurasi jaringan pada umumnya *single* atau *double* sirkuit, dimana 1 sirkuit terdiri dari 3 *phasa* dengan 3 atau 4 kawat. Biasanya hanya 3 kawat dan penghantar netralnya diganti oleh tanah sebagai saluran kembali. Apabila kapasitas daya yang disalurkan besar, maka penghantar pada masing - masing *phasa* terdiri dari dua atau empat kawat (*Double* atau *Quadrupole*) dan Berkas konduktor disebut *Bundle Conductor*. Jika transmisi ini beroperasi secara *parsial*, jarak terjauh yang paling efektif adalah 100 km. Jika jarak transmisi lebih dari 100 km maka tegangan jatuh (*drop voltage*) terlalu besar, sehingga tegangan di ujung transmisi menjadi rendah. Untuk mengatasi hal tersebut maka sistem transmisi dihubungkan secara ring sistem atau

interconnection system. Ini sudah diterapkan di Pulau Jawa dan akan dikembangkan di Pulau - pulau besar lainnya di Indonesia.



Gambar 2.2 Saluran Udara Tegangan Tinggi

2.2.2 Sistem Distribusi

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:

1. Faktor ekonomis
2. Faktor Tempat
3. Kelayakan

Pemilihan sistem jaringan harus memenuhi kriteria persyaratan yaitu:

1. Keandalan yang tinggi
2. Kontinuitas pelayanan
3. Biaya investasi yang rendah
4. Fluktuasi frekuensi dan tegangan rendah

2.2.3 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 *phasa*, yang jumlahnya tiga kawat atau empat kawat. Penurunan tegangan sistem ini dari tegangan transmisi, pertama-tama dilakukan pada gardu induk sub transmisi, 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.

Pada 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*).



Gambar 2.3 Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah

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 2.4 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 :

- a. Kondisi setempat yang tidak memungkinkan dibangun SUTM.
- b. Kesulitan mendapatkan ruang bebas, karena berada di tengah kota dan pemukiman padat.
- c. Pertimbangan segi estetika.
- d. Beberapa hal yang perlu diketahui:
- e. 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.
- f. Pada saat pelaksanaan pembangunan transmisi SKTM sering menimbulkan masalah, khususnya terjadinya kemacetan lalu lintas.

- g. Jika terjadi gangguan, penanganan (perbaikan) transmisi SKTM relatif sulit dan memerlukan waktu yang lebih lama jika dibandingkan SUTM.
- h. Hampir seluruh (sebagian besar) transmisi SKTM telah terpasang di wilayah PT. PLN (Persero) Distribusi DKI Jakarta & Tangerang.

2.2.4 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.

2.2.5 Gardu Induk

Gardu induk di sebut juga gardu unit pusat beban yang merupakan gabungan dari transformer dan rangkaian switchgear yang tergabung dalam satu kesatuan melalui sistem kontrol yang saling mendukung untuk keperluan operasional. Pada dasarnya gardu induk bekerja mengubah tegangan yang dibangkitkan oleh pusat pembangkit tenaga listrik menjadi tenaga listrik menjadi tegangan tinggi atau tegangan transmisi dan sebaliknya mengubah tegangan menengah atau tegangan distribusi.

Gardu Induk juga merupakan sub sistem dari sistem penyaluran (transmisi) tenaga listrik, atau merupakan satu kesatuan dari sistem penyaluran (transmisi). Penyaluran (transmisi) merupakan sub sistem dari sistem tenaga listrik. Gardu induk merupakan sub – sub sistem dari sistem tenaga listrik. Sebagai sub sistem dari sistem penyaluran (transmisi), gardu

induk mempunyai peranan penting, dalam pengoperasiannya tidak dapat dipisahkan dari sistem penyaluran (transmisi) secara keseluruhan. Pengaturan daya ke gardu-gardu induk lainnya melalui tegangan tinggi dan gardu-gardu induk distribusi melalui feeder tegangan menengah.

Gardu Induk (GI) merupakan bagian yang tak terpisahkan dari saluran transmisi distribusi listrik. Dimana suatu system tenaga yang dipusatkan pada suatu tempat berisi saluran transmisi dan distribusi perlengkapan hubung bagi transformator dan peralatan pengaman serta peralatan control. Fungsi utama dari gardu induk:

1. Untuk mengatur aliran daya listrik dari saluran transmisi ke saluran transmisi lainnya yang kemudian didistribusikan ke konsumen.
2. Sebagai tempat control.
3. Sebagai pengaman operasi system.
4. Sebagai tempat untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi.

Dilihat dari segi manfaat dan kegunaan dari gardu induk itu sendiri, maka peralatan dan komponen dari gardu induk harus memiliki keandalan yang tinggi serta kualitas yang tidak diragukan lagi, atau dapat dikatakan harus optimal dalam kinerjanya sehingga masyarakat sebagai konsumen tidak merasa dirugikan oleh kinerjanya. Oleh karena itu, sesuatu yang berhubungan dengan rekonstruksi pembangunan gardu induk harus memiliki syarat-syarat yang berlaku dan pembangunan gardu induk harus

diperhatikan besarnya beban. Maka perencanaan suatu gardu induk harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

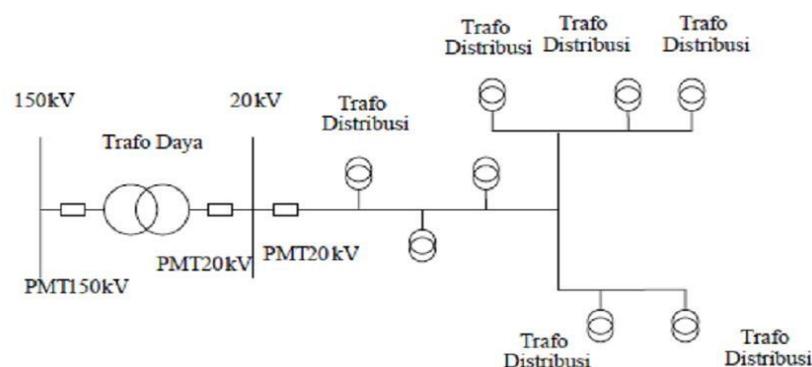
1. Operasi, yaitu dalam segi perawatan dan perbaikan mudah.
2. Fleksibel.
3. Konstruksi sederhana dan Kuat.
4. Memiliki tingkat keandalan dan daya guna yang tinggi.
5. Memiliki tingkat keamanan yang tinggi.

2.2.6 Tipe Jaringan Distribusi Menengah 20 kV

Jaringan Pada Sistem Distribusi tegangan menengah (Primer 20kV) dapat dikelompokkan menjadi lima model, yaitu Jaringan Radial, Jaringan hantaran penghubung (Tie Line), Jaringan Lingkaran (Loop), Jaringan Spindel dan Sistem Gugus atau Kluster.

1. Jaringan Radial

Sistem distribusi jenis Radial adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.

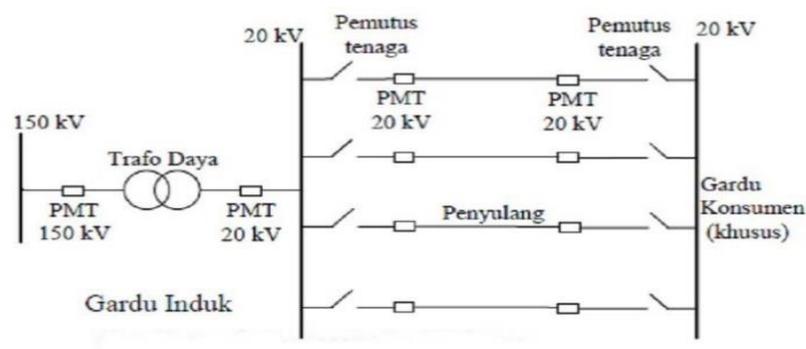


Gambar 2.5 Jaringan Radial

Dalam penyulang tersebut dipasang gardu-gardu distribusi untuk konsumen. Gardu distribusi adalah tempat dimana trafo untuk konsumen dipasang. Bisa dalam bangunan beton atau diletakkan diatas tiang. Keuntungan dari sistem ini adalah sistem ini tidak rumit dan lebih murah dibanding dengan sistem yang lain. Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam.

2. Jaringan Hantaran Penghubung (*Tie Line*)

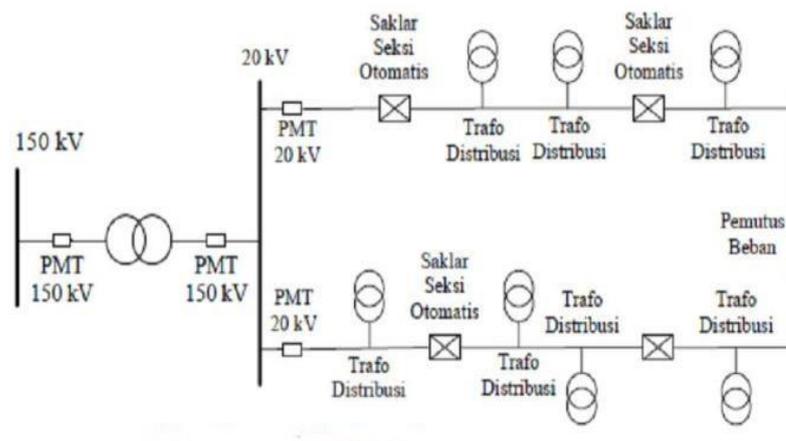
Sistem distribusi Tie Line ini digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (Bandar Udara, Rumah Sakit, dan lain lain). Sistem ini memiliki minimal dua penyulang sekaligus dengan tambahan Automatic Change Over Switch / Automatic Transfer Switch, setiap penyulang terkoneksi ke gardu pelanggan khusus tersebut sehingga bila salah satu penyulang mengalami gangguan maka pasokan listrik akan di pindah ke penyulang lain.



Gambar 2.6 Jaringan Hantaran Penghubung

3. Jaringan Loop

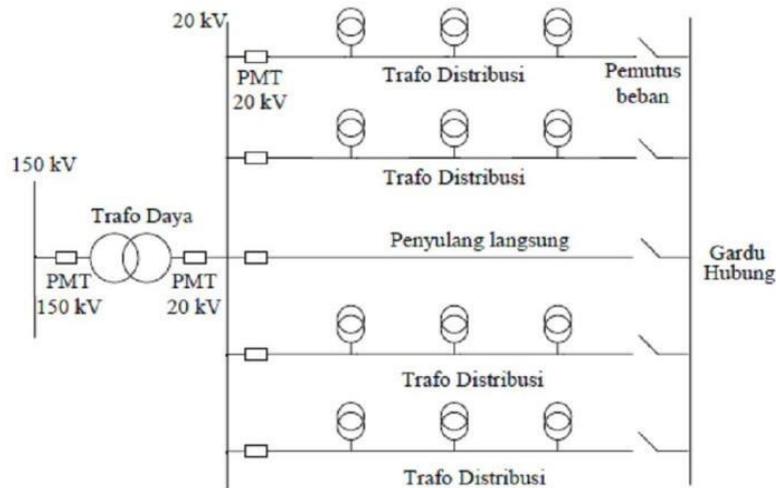
Pada Jaringan Tegangan Menengah Struktur Lingkaran (Loop) ini dimungkinkan pemasokannya dari beberapa gardu induk, sehingga dengan demikian kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena drop tegangan dan rugi daya pada saluran menjadi lebih kecil.



Gambar 2.7 Jaringan Loop

4. Jaringan Spindel

Sistem Spindel seperti pada Gambar di bawah ini adalah suatu pola kombinasi jaringan dari pola Radial dan Ring. Spindel terdiri dari beberapa penyulang (feeder) yang tegangannya diberikan dari Gardu Induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (GH). Pada sebuah spindel biasanya terdiri dari beberapa penyulang aktif dan sebuah penyulang cadangan (express) yang akan dihubungkan melalui gardu hubung. Pola Spindel biasanya digunakan pada jaringan tegangan menengah (JTM) yang menggunakan kabel tanah/saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM).

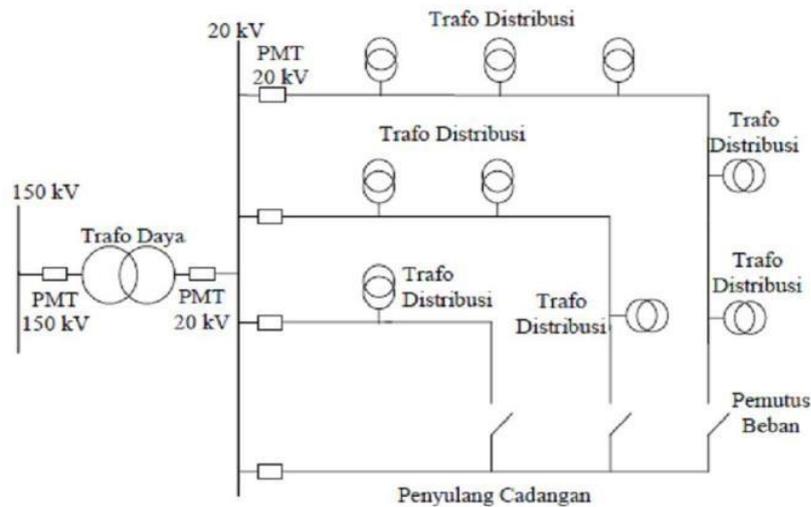


Gambar 2.8 Jaringan Spindel

Namun pada pengoperasiannya, sistem Spindel berfungsi sebagai sistem Radial. Di dalam sebuah penyulang aktif terdiri dari gardu distribusi yang berfungsi untuk mendistribusikan tegangan kepada konsumen baik konsumen tegangan rendah (TR) atau tegangan menengah (TM).

5. Jaringan Gugus

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 2.9 Jaringan Kluster

Dimana penyulang ini berfungsi bila ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka penyulang cadangan inilah yang menggantikan fungsi suplai ke konsumen.

2.2.7 Gangguan Pada 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 peralatan atau komponen

2. Gangguan dari luar sistem antara lain :

- a. Dahan/ranting pohon yang mengenai SUTM
- b. Sambaran petir
- c. Hujan atau cuaca
- d. Kerusakan pada peralatan
- e. 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.

2.2.8 Keandalan Sistem Distribusi

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 dengan cara melalui perhitungan maupun analisis terhadap tingkat keberhasilan kinerja atau operasi dari sistem yang ditinjau, pada periode tertentu kemudian membandingkannya dengan standar yang ditetapkan sebelumnya. Keandalan sistem distribusi erat kaitannya dengan masalah pemutusan beban yang merupakan akibat adanya gangguan pada sistem. Keandalan sistem distribusi berbanding terbalik dengan tingkat pemutusan beban

sistem. Semakin tinggi frekuensi pemutusan beban pada sistem, maka keandalan sistem semakin berkurang, begitu juga sebaliknya. Untuk dapat mengetahui dari mutu pelayanan tersebut, maka kita perlu mengetahui keandalan dari sistem tersebut dalam menanggapi atau melayani konsumen. Pengertian keandalan itu sendiri menurut sudut pandang kelistrikan adalah kemungkinan dari suatu atau kumpulan benda akan memuaskan kerja pada keadaan tertentu dan periode waktu yang telah ditentukan.

Untuk mengetahui keandalan dari suatu distribusi diantaranya dapat dilakukan dengan menghitung rata-rata durasi frekuensi gangguan (*interruptions*) yang sering terjadi pada beban (*customer*) atau sering kita sebut dengan perhitungan SAIDI – SAIFI. Tentu saja sistem dengan tingkat keandalan yang rendah bisa merugikan pihak konsumen dan pihak produsen juga, apalagi pelanggan dengan konsumsi daya yang tinggi untuk produksi, padamnya sistem bisa berpengaruh pada proses produksi.

2.2.9 Laju Kegagalan (λ)

Laju kegagalan adalah banyaknya kegagalan operasi yang terjadi pada suatu alat dalam suatu periode tertentu. Bila dimisalkan (f) adalah jumlah kegagalan selama selang waktu percobaan dan total waktu percobaannya adalah (T), maka laju kegagalannya adalah:

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

Dimana:

λ = Angka kegagalan.

F = Jumlah kegagalan selama selang waktu percobaan.

T = Jumlah lamanya selang waktu.

2.2.10 SAIFI (System Average Interruption Index)

SAIFI adalah indeks keandalan yang merupakan jumlah dari perkalian frekuensi padam dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Dengan indeks ini gambaran mengenai frekuensi kegagalan rata-rata yang terjadi pada bagian-bagian dari sistem bisa dievaluasi sehingga dapat dikelompokkan sesuai dengan tingkat keandalannya. Satuannya adalah pemadaman per pelanggan. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

$$\text{SAIFI} = \frac{\lambda i \cdot Ni}{Nt}$$

Dimana:

λ = Angka kegagalan rata-rata / frekuensi padam.

Ni = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban.

Nt = Jumlah konsumen yang dilayani.

2.2.11 SAIDI (System Average Duration Index)

SAIDI adalah indeks keandalan yang merupakan jumlah dari perkalian lama padam dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani.

Dengan indeks ini, gambaran mengenai lama pemadaman rata-rata yang diakibatkan oleh gangguan pada bagian-bagian dari sistem dapat dievaluasi. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{Jumlah dari Perkalian Jam Pemadaman dan Pelanggan Padam}}{\text{Jumlah Pelanggan}}$$

$$\text{SAIDI} = \frac{U_i \cdot N_i}{Nt}$$

Dimana:

U = Durasi gangguan.

N_i = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban.

Nt = Jumlah konsumen yang dilayani.

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. Sejumlah indeks telah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan jaringan sistem distribusi.

2.2.12 CAIDI (Customer Average Duration Index)

Indeks ini memberikan informasi lama waktu (durasi) rata – rata setiap pemadaman. Indeks ini dirumuskan dengan:

$$\text{CAIDI} = \frac{\text{Jumlah Dusari Gangguan Pelanggan}}{\text{Jumlah Interupsi Pelanggan}} = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i \lambda_i}$$

Indeks ini juga sama dengan perbandingan antara SAIDI dengan SAIFI, yaitu:

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

Dimana:

U_i = Durasi gangguan

N_i = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban i

λ_i = Angka kegagalan rata-rata / frekuensi padam

Besarnya nilai CAIDI ini dapat digambarkan sebagai besar durasi pemadaman (r) sistem distribusi keseluruhan ditinjau dari sisi pelanggan. Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas. Sejumlah indeks telah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan jaringan sistem distribusi.

2.2.13 ASAI (Average System Availability Index)

ASAI merupakan suatu indeks yang menyatakan kemampuan suatu sistem untuk menyediakan/menyuplai suatu sistem dalam jangka waktu 1 tahun.

$$ASAI = \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i N_i}{\sum N_i \times 8760}$$

ASAI dapat juga dihitung dengan persamaan:

$$ASAI = \frac{8760 - SAIDI}{8760}$$

Pada umumnya ASAI dinyatakan dalam persentase.

2.2.14 ASUI (Average System Unavailability Index)

ASUI merupakan indeks yang menyatakan ketidakmampuan suatu sistem untuk menyediakan/menyuplai suatu sistem. Persamaan ASUI:

$$ASUI = 1 - ASAI$$

2.2.15 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 264 buah standar berhasil dirampungkan. 61 standar bidang pembangkitan, 71 standar bidang transmisi, 99 standar bidang distribusi dan 33 standar bidang umum.

Standar ini dimaksudkan untuk menjelaskan dan menetapkan tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Tujuannya ialah untuk memberikan pegangan yang terarah dalam menilai penampilan dan menentukan tingkat keandalan dari sistem distribusi dan juga sebagai tolak ukur terhadap kemajuan atau menentukan proyeksi yang akan dicapai PLN

2.2.16 Standar Nilai Indeks Keandalan SAIFI dan SAIDI

Target kerja PLN Rayon Batang 2015

Tabel 2.1 Target kinerja Rayon Batang 2015

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	13.88	kali/pelanggan/tahun
SAIDI	16.33	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
CAIDI	1.47	Jam/Gangguan
ASAI	99.92	Persen

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

Tabel 2.4 Standar Indeks Keandalan WCS (World Class Service)

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3	kali/pelanggan/tahun
SAIDI	1.666	jam/pelanggan/tahun

2.2.17 Daftar Penyulang di Gardu Induk Batang

Tabel 2.5 Daftar Penyulang di GI Batang

No	Nama Penyulang
1	BTG01
2	BTG02
3	BTG03
4	BTG04
5	BTG06
6	BTG07
7	BTG08
8	BTG09
9	BTG10

2.2.18 Aset Penyulang di Gardu Induk Batang

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 di GI Batang

No	AREA	JARINGAN TEGANGAN MENEGAH			JUMLAH GARDU DISTRIBUSI (buah)	JUMLAH DAN DAYA TRAFO DISTRIBUSI	
		SUTM (kms)	SKTM (kms)	JUMLAH (kms)		UNIT (buah)	DAYA (kVA)
1	BTG01	92	-	92	352	352	17.325
2	BTG02	322	-	322	599	599	21.630
3	BTG03	15	-	15	43	43	1.875
4	BTG04	5	-	5	-	-	-
5	BTG06	113	-	113	294	294	11.275
6	BTG07	294	-	294	409	409	15.450
7	BTG08	19	-	19	182	182	8.115
8	BTG09	11	-	11	35	35	2.080
9	BTG010	19	-	19	307	307	12.155
Jumlah		890	-	890	2.221	2.221	89.905