

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.

1. Endra Heri Suliono UGM (2011) melakukan penelitian tentang Evaluasi dan Studi Keandalan jaringan Distribusi 4kV *Lex Plant* Santan Terminal di *Cheveron 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 Syaidul 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 dan dapat menentukan apakah sistem tersebut dinyatakan sesuai harapan atau tidak.

2.2 Landasan Teori

Keandalan sistem distribusi tenaga listrik sangat berperan penting terhadap kenyamanan dan keamanan bagi konsumen perusahaan maupun rumah tangga. Indeks keandalan yaitu suatu metode untuk pengecekan parameter keandalan suatu peralatan distribusi tenaga listrik terhadap keandalan mutu pelayanan kepada pelanggan. Indeks tersebut diantaranya adalah SAIDI (*system average interruption Duration index*), SAIFI (*system average interruption Frequency Index*), CAIDI (*Costumer Average Interruption Frequency Index*). Penelitian ini bertujuan menghitung indeks keandalan didasarkan pada indeks keandalan berbasis sistem yaitu SAIDI, SAIFI dan CAIDI. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis indeks keandalan berbasis sistem pada jaringan tegangan menengah.

2.2.1 Saluran Transmisi

Saluran transmisi merupakan saluran yang berfungsi untuk penyaluran daya yang besar dari pusat pembangkit ke daerah beban. Untuk penyaluran dua atau lebih sistem disebut juga sebagai saluran interkoneksi atau *tie line* (Syahputra, 2015: 48).

Menurut Nashirulhaq (2016) terdapat 2 jenis saluran transmisi, yaitu:

1. Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 200 kV - 500 kV

Pada saluran udara tegangan tinggi ini umumnya saluran transmisi di Indonesia digunakan pada pembangkit dengan kapasitas 500 kV. Dimana bertujuan untuk drop tegangan dari penampang kawat dapat direduksi secara maksimal, sehingga dapat diperoleh operasional yang efektif dan efisien. Akan tetapi terdapat permasalahan mendasar pada pembangunan ialah konstruksi tiang (tower) yang besar dan tinggi memerlukan tanah yang luas dan memerlukan banyak isolator, sehingga biaya yang dikeluarkan 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

(Sumber : Suswanto, 2009)

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 fasa dengan 3 sampai 4 kawat. Biasanya terdapat 3 kawat dan penghantar saluran netralnya diganti oleh tanah sebagai saluran kembali (*ground*). Apabila pada kapasitas daya yang disalurkan besar, maka pada penghantar masing-masing fasa 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 masalah tersebut pada sistem transmisi dihubungkan secara ring sistem atau *interconnection system*. Transmisi jenis ini banyak terpasang di Pulau Jawa dan akan terus dikembangkan diberbagai pulau-pulau besar lainnya di Indonesia.



Gambar 2.2 Saluran udara tegangan tinggi

(Sumber : Suswanto, 2009)

2.2.2 Saluran Distribusi Tenaga Listrik

Pembangkit listrik pada umumnya memiliki letak yang jauh dari pusat beban, terlebih-lebih pembangkit listrik bersekala 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 20kV, sedangkan tegangan kerja pada sistem jaringan distribusi sekunder 380V atau 220V. Dan untuk menyalurkan ke konsumen diperlukan pemilihan sistem

distribusi yang tepat. Kriteria pemilihan ini berdasarkan pada beberapa faktor yaitu:

1. Faktor ekonomis
2. Faktor tempat
3. Kelayakan

Pada 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 merupakan bagian dari sistem tenaga listrik diantara gardu induk (GI) dan gardu distribusi. Penurunan tegangan sistem ini dari tegangan transmisi, pertama akan dilakukan pada gardu induk subtransmisi, dimana tegangan diturunkan ke tegangan yang lebih rendah mulai sistem tegangan 500kV ke sistem tegangan 150kV atau ke tegangan sistem 70kV, kemudian pada gardu induk distribusi kembali ke 20kV. Jaringan distribusi primer ini pada umumnya terdiri dari jaringan tiga fasa, yang jumlahnya tiga atau empat kawat.

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, mengingat dan menandai jalur-jalur yang dilayani oleh penyulang tersebut. Sistem penyaluran daya listrik pada sistem jaringan distribusi primer dapat dibedakan menjadi 3 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*), ASCR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*), dll.

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

Jenis penghantar kawat yang digunakan memiliki isolasi seperti MVPTIC (*Medium Voltage Twisted Insulated Cable*) dan AAACS (Kabel *Aluminium Alloy* dengan pembungkus lapisan PVC).



Gambar 2.3 Saluran Kabel Udara Tegangan

(Sumber : Suswanto, 2009)

c. Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) 6-20 kV

Jenis penghantar ini adalah kabel tanam berisolasi PVC (*Poly Vinyl Chloride*)

Terdapat fungsi transmisi SKTM yaitu memiliki fungsi yang hampir sama dengan transmisi SUTM. Perbedaannya yaitu, SKTM beberapa meter didalam tanah. Sebelum terpasangnya SKTM ada beberapa hal yang perlu diketahui :

- 1) Dalam segi pembangunan, SKTM jauh lebih mahal dan jauh lebih rumit. Karna harga kabel lebih mahal dibandingkan dengan penghantar udara. Dalam pemasangan dan pekerjaan harus melibatkan banyak pihak.
- 2) Pada SKTM pembuatan pembangunan transmisi sering menimbulkan masalah, seperti terjadinya kemacetan lalu lintas.
- 3) Jika terjadi gangguan, perbaikan SKTM relatif sulit dan memerlukan waktu yang cukup lama dibanding SUTM.
- 4) Hampir seluruh wilayah distribusi PLN (Persero) DIY sudah terpasang transmisi SKTM.

2.2.4 Sistem Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan ini adalah bagian dari jaringan distribusi primer dimana jaringan ini berhubungan langsung dengan konsumen tenaga listrik. Pada jaringan distribusi sekunder, 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)

Transmisi Saluran Udara Tegangan Rendah merupakan 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.

b. Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR)

Pada fungsi transmisi saluran kabel tegangan rendah mempunyai kesamaan dengan transmisi SUTR. Perbedaan yang mencolok adalah SKTR di timbun pada tanah. Jika menggunakan SUTR sebenarnya sudah aman dari segi jarak atau ruang bebas, karena SUTR menggunakan penghantar berisolasi.

2.2.5 Berdasarkan Sistem Penyaluran

Berdasarkan sistem penyalurannya, jaringan distribusi dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu:

a. Saluran udara (*overhead line*)

b. Saluran bawah tanah (*underground cable*)

Saluran udara adalah sistem penyaluran tenaga listrik melalui kawat penghantar yang ditopang pada tiang listrik. Sedangkan saluran bawah tanah merupakan sistem penyaluran tenaga listrik melalui kabel-kabel yang ditanamkan di dalam tanah.

1. Saluran Udara (*Overhead Lines*)

Keuntungan:

- a) Lebih murah dan higienis
- b) Mudah dalam perawatannya
- c) Lebih praktis pemasangannya.
- d) Bila terdapat gangguan hubung singkat, lebih mudah diatasi dan lebih mudah dalam letak gangguan.

Kerugian:

- a) Mudah terkena cuaca buruk, petir, badai, tertimpa pohon, dll
- b) Untuk wilayah yang penuh dengan bangunan yang tinggi, sukar untuk menempatkan saluran.
- c) Mudah terkena hubung singkat, karena di luar ruangan
- d) Ongkos pemeliharaan lebih mahal, karena perlu jadwal pengecatan dan penggantian material listrik bila terjadi kerusakan.

2. Saluran Bawah Tanah (*Underground Lines*)

Keuntungannya:

- a) Tetap indah dipandang, karena ada didalam tanah
- b) Tidak mengganggu keindahan, bila adanya bangunan yang tinggi.
- c) Pada saluran bawah tanah lebih sempurna dan lebih indah dipandang.
- d) Mempunyai batas umur pakai dua kali lipat dari saluran udara.
- e) Ongkos pemeliharaan lebih murah, karena tidak perlu adanya pengecatan.

- f) Tegangan drop lebih rendah karena masalah induktansi bisa diabaikan.

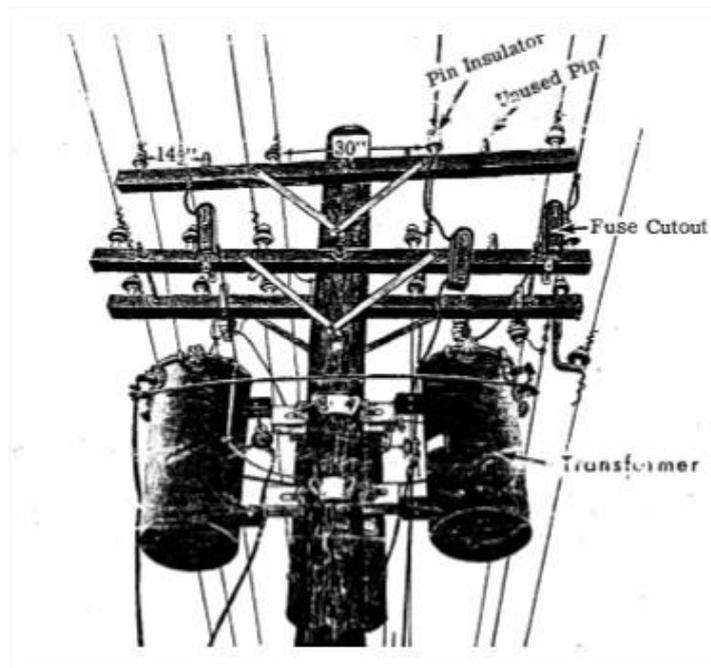
Kerugiannya:

- a) Biaya investasi pembangunan lebih mahal dibandingkan dengan saluran udara.
- b) Saat terjadi gangguan hubung singkat, usaha pencarian titik gangguan tidak mudah.
- c) Hanya tidak dapat menghindari bila terjadi bencana banjir, desakan akar pohon, dan ketidakstabilan tanah.
- d) Perlu pertimbangan-pertimbangan teknis yang lebih mendalam di dalam perencanaan, khususnya untuk kondisi tanah yang dilalui.

2.2.6 Gardu Induk

Gardu induk distribusi sering di sebutkan hanya “gardu induk”. Desain gardu induk distribusi telah distandarisasi oleh industri perlengkapan elektrik berdasarkan pengalaman terdahulu. Akan tetapi proses standarisasi terus berlangsung dari waktu ke waktu, menyesuaikan dengan keadaan terkini.

Menurut Suswanto (2009) gardu jaringan distribusi merupakan salah satu komponen dari suatu sistem distribusi yang berfungsi sebagai penghubung jaringan ke konsumen atau untuk membagikan atau untuk mendistribusikan saluran listrik pada beban atau konsumen baik konsumen tegangan menengah maupun konsumen tegangan rendah.



Gambar 2.4 Konstruksi gardu distribusi

(Sumber : Suswanto, 2009)

Transformator distribusi digunakan untuk menurunkan tegangan listrik dari jaringan distribusi tegangan tinggi (*Step up transformator*) menjadi tegangan yang terpakai pada jaringan distribusi tegangan rendah (*step down transformator*) misalkan tegangan 20 KV menjadi tegangan 380 volt atau 220 volt. Sedangkan pada transformator yang digunakan untuk menaikkan tegangan listrik (*step up transformator*), hanya dapat digunakan untuk pusat pembangkit tenaga listrik agar tegangan yang didistribusikan pada suatu jaringan panjang (*long line*) tidak terjadi penurunan tegangan (*voltage drop*) yang berarti : yaitu tidak melebihi ketentuan *voltage drop* yang diperkenankan 5% dari tegangan semula.

Jenis transformator yang digunakan pada jaringan ini yaitu transformator satu phasa dan transformator tiga phase. sehingga untuk melayani beban tiga

phasa dipakai tiga buah transformator satu phasa dengan hubungan bintang (*star conection*) Y atau hubungan delta (*delta conection*) Δ . Rata-rata pada jaringan distribusi tegangan tinggi (primer) pada sekarang ini dipakai transformator tiga phasa untuk jenis *out door*. Yaitu jenis transformator yang diletakkan diatas tiang dengan ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan jenis *indoor* yang seikit lebih besar , dan diletakkan pada rumah gardu.

fungsi utama dari gardu induk, yaitu:

- a. Dapat mengatur aliran daya listrik dari saluran transmisi ke saluran transmisi lainnya dan didistribusikan ke konsumen.
- b. Untuk tempat kontrol.
- c. Untuk pengaman operasi sistem.
- d. Untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi.

Jika dilihat dari segi manfaat dan kegunaan pada gardu induk itu sendiri, maka pada 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 seharusnya tidak merasa dirugikan oleh kinerjanya. Sebab, sesuatu yang berhubungan dengan rekonstruksi pembangunan gardu induk harus memiliki syarat-syarat yang berlaku dan pembangunan gardu induk harus diperhatikan besarnya beban. (Affandi, 2015).

Perencanaan suatu gardu induk harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Mudah diperbaiki dan mudah dirawat
2. Fleksibel.
3. Konstruksia pembuatan sederhana dan kuat.
4. Mempunyai tingkat keandalan dan daya guna yang tinggi.
5. Mempunyai tingkat keamanan yang tinggi.

2.2.7 Konfigurasi Jaringan

Jumlah penyulang yang ada di suatu 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 merupakan suatu instalasi peralatan listrik yang berfungsi sebagai:

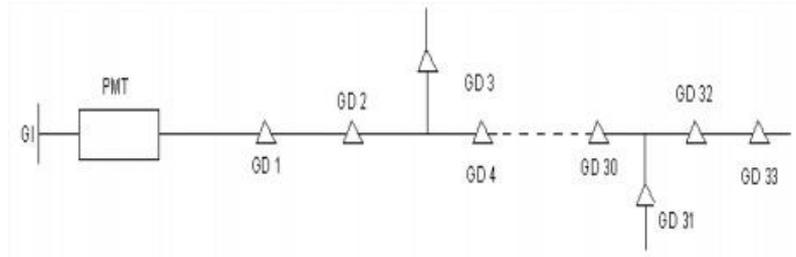
- a. Titik pengumpul dari satu atau lebih sumber dan penyulang
- b. Tempat pengalihan beban apabila terjadi gangguan pada salah satu jaringan yang dilayani.

Beberapa tipe sistem jaringan distribusi primer berdasarkan bentuk dan polanya, tipe sistem jaringan distrbusi primer dapat dibagi menjadi empat, yaitu:

2.2.7.1 Sistem Radial

Sistem distribusi radial merupakan sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Sistem jaringan ini 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.

Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial



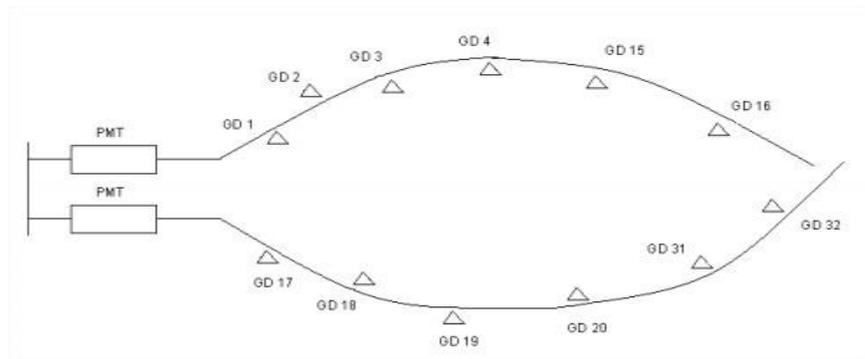
Gambar 2.5 Jaringan distribusi sistem radial

(sumber, Ramadoni Syahputra)

Gardu distribusi merupakan tempat dimana trafo untuk konsumen dipasang. Bisa dalam bangunan beton atau diletakkan diatas tiang. Keuntungan sistem ini tidak rumit dan lebih murah dibanding dengan sistem yang lain.

2.2.7.2 Jaringan Lingkar (Loop)

Sistem jaringan distribusi primer tipe lingkar (loop) adalah gabungan/perpaduan dari dua buah sistem radial. Secara umum operasi normal sistem ini hampir sama dengan sistem radial. Sistem ini sudah mempunyai tingkat keandalan yang lebih baik dibandingkan dengan sistem radial, sehingga pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya lebih baik, karena drop tegangan dan rugi daya pada saluran menjadi kecil. Hal ini karena jumla sumber dan penyulang yang ada pada suatu jaringan adalah lebih dari satu buah.

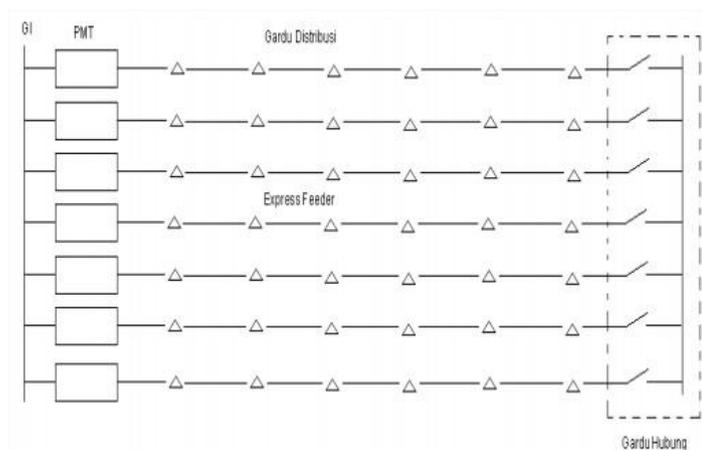


Gambar 2.6Jaringan distribusi sistem loop

(sumber, Ramadoni Syahputra)

2.2.7.3 Jaringan spindle

Sistem jaringan distribusi primer tipe splinde adalah modifikasi dari sistem lingkaran (loop) yang terdiri dari beberapa sistem radial. Spindle terdiri dari beberapa penyulang (feeder) yang tegangannya diberikan dari gardu induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (GH).



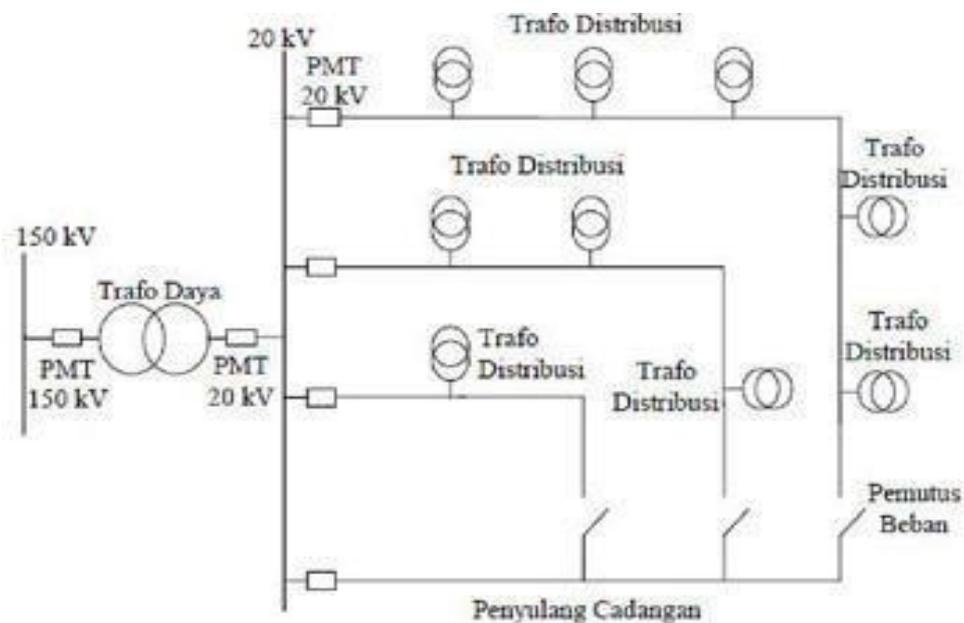
Gambar 2.7 Jaringan distribusi sistem spindel

(sumber, Ramadoni Syahputra)

Pada sebuah spindel biasanya terdiri dari beberapa penyulang aktif dan sebuah penyulang cadangan (express) yang akan dihubungkan melalui gardu hubung. Pada pola spindel biasanya digunakan sebagai jaringan tegangan menengah (JTM) yang menggunakan kabel tanah (SKTM).

2.2.7.4 Jaringan distribusi Mesh

Konfigurasi yang digunakan di kota besar mempunyai kepadatan beban yang cukup tinggi. Dalam sistem ini terdapat saklar untuk pemutus beban, dan penyulang cadangan. Dimana pada penyulang ini berfungsi jika ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka penyulang cadangan inilah yang akan menggantikan fungsi untuk menyalurkan kekonsumen.



Gambar 2.8 Jaringan distribusi sistem Mesh

(sumber, Ramadoni Syahputra)

2.2.8 Gangguan Pada Sistem Distribusi

Pada dasarnya gangguan yang sering terjadi pada sistem distribusi

Saluran 20 kV dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu gangguan dari dalam sistem dan gangguan dari luar sistem. Gangguan yang disebabkan dari luar disebabkan oleh sentuhan pohon/ranting pada penghantar, sambaran petir, manusia, binatang, cuaca dan lain-lain. Sedangkan gangguan yang datang dari dalam sistem yaitu kegagalan dari fungsi peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan pemutus beban dan kesalahan pada alat pendeteksi.

1. Gangguan dari dalam sistem yaitu:

- a. Kegagalan dari fungsi peralatan
- b. Pemasangan jaringan yang kurang tepat
- c. Umur peralatan atau komponen

2. Gangguan dari luar sistem yaitu:

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

Berikut sifat gangguan sistem distribusi dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Gangguan yang bersifat temporer

Gangguan temporer merupakan gangguan yang bersifat sementara karena gangguan ini dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutus sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangan. Kemudian disusul dengan penutupan kembali peralatan hubungannya. Apabila gangguan temporer sering terjadi dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan dan akhirnya terjadi gangguan permanen

2. Gangguan yang bersifat permanen

Gangguan yang bersifat permanen tidak dapat hilang sebelum penyebab gangguan dihilangkan terlebih dahulu. Gangguan permanen dapat disebabkan oleh kerusakan peralatan, sehingga gangguan ini baru hilang setelah kerusakan ini diperbaiki atau karena ada sesuatu yang mengganggu secara permanen. Untuk memperbaikinya perlu tindakan perbaikan pada gangguan tersebut.

2.2.9 Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan adalah penampilan unjuk kerja suatu peralatan atau sistem sesuai dengan fungsinya dalam periode waktu dan kondisi tertentu. Tingkat keandalan merupakan faktor yang penting dalam suatu sistem distribusi tenaga listrik. Pada sistem distribusi keandalan merupakan suatu ukuran ketersediaan atau tingkatan pelayanan penyediaan tenaga listrik dari suatu sistem ke pemakai atau pelanggan. Ukuran pada keandalan dapat dinyatakan dengan berapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan seberapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang

terjadi. Dan untuk menentukan seberapa tingkatan keandalan dari suatu sistem, harus dilaksanakan pemeriksaan dengan melalui cara perhitungan maupun dengan cara analisis terhadap tingkat keberhasilan kerja atau operasi dari suatu sistem yang ditinjau pada periode tertentu kemudian dapat membandingkan dengan standar yang ditetapkan sebelumnya. Keandalan sistem jaringan distribusi erat kaitannya dengan masalah pemutusan beban (pemadaman) 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 mengetahui keandalan dari suatu distribusi dapat dilakukan dengan menghitung rata-rata durasi frekuensi gangguan (interruptions) yang sering terjadi pada beban (customer) atau yang disebut SAIDI-SAIFI.

2.2.10 Nilai Indeks Keandalan

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

a. SAIFI

SAIFI atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan padam rata-rata yang merupakan jumlah dari perkalian frekuensi padam dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan. Satuannya adalah pemadaman per pelanggan, dinyatakan melalui persamaan berikut:

$$\text{SAIFI} = \frac{\text{jumlah dari perkalian frekuensi angka kegagalan dan pelanggan padam}}{\text{jumlah pelanggan}}$$

$$\text{SAIFI} = \frac{\lambda_i \cdot N_i}{N_t} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

λ_i = Angka kegagalan rata-rata / frekuensi padam.

N_i = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban.

N_t = Jumlah keseluruhan konsumen yang dilayani.

b. SAIDI

SAIDI adalah indeks keandalan yang merupakan perkalian dari lamanya suatu sistem padam dalam hitungan jam dengan banyaknya pelanggan yang mengalami pemadaman dibagi dengan jumlah pelanggan keseluruhan. 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:

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{Jumlah dari perkalian jam pemadaman dan pelanggan padam}}{\text{Jumlah pelanggan}}$$

$$\text{SAIDI} = \frac{U_i.N_i}{Nt} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

U_i = Durasi gangguan.

N_i = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban.

Nt = Jumlah keseluruhan 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.

c. CAIDI

Caidi merupakan salah satu indeks keandalan yang berisi tentang waktu (durasi) setiap terjadi pemadaman. Lamanya durasi bias dalam hitungan hari, hitungan bulan maupun hitungan tahun. Indeks ini dirumuskan dengan:

$$\text{CAIDI} = \frac{\text{jumlah durasi gangguan pelanggan}}{\text{jumlah interupsi pelanggan}} = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i \lambda_i}$$

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

$$\mathbf{CAIDI} = \frac{\mathbf{SAIDI}}{\mathbf{SAIFI}} \dots\dots\dots(3)$$

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.

2.2.11 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, 7 standar bidang SCADA, 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.

2.2.12 Standar Nilai Indeks Keandalan

- a. 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

- b. 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	2.30	jam/pelanggan/tahun
CAIDI	1.47	Jam/gangguan