

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Keandalan suatu jaringan distribusi adalah salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja kelistrikan pada suatu daerah sehingga penyaluran atau pendistribusian energi listrik dapat dikatakan telah berjalan dengan baik ataupun tidak, terdapat banyak parameter yang dapat digunakan untuk mengukur keandalan dari suatu jaringan distribusi diantaranya adalah pengukuran menggunakan indeks keandalan SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) dan SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*). Terdapat beberapa penelitian yang menggunakan indeks keandalan SAIFI dan SAIDI ini, dimana diantaranya adalah:

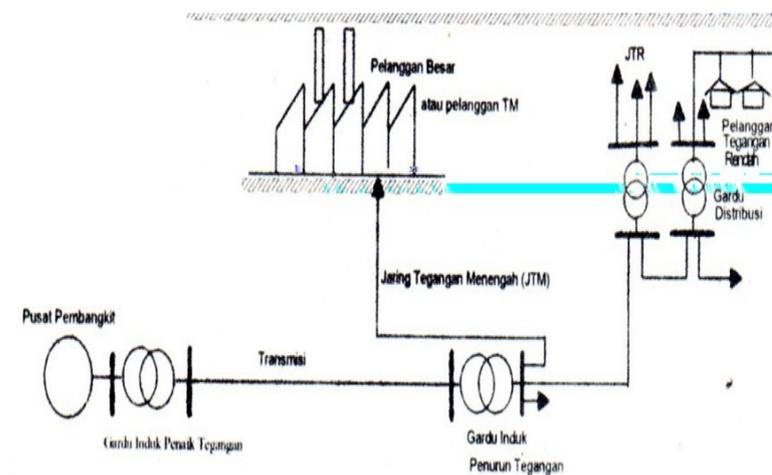
1. Jurnal Dasman Huria Handayani yang melakukan penelitian yang berjudul (evaluasi keandalan sistem distribusi 20KV menggunakan metode SAIDI dan SAIFI di PT.PLN (persero) rayon Lubuk Alung tahun 2015), dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa indeks keandalan sistem distribusi 20KV pada PT.PLN (Persero) Rayon Lubuk Alung dapat dikatakan handal karena nilai realisasi kumulatif yaitu hasil dari perhitungan indeks keandalan SAIFI dan SAIDI pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai target kumulatifnya yaitu target indeks keandalan SAIFI dan SAIDI yang ditetapkan oleh PT.PLN (persero) rayon Lubuk alung itu sendiri.
2. Jurnal Erhaleni yang melakukan penelitian pada tahun (2015) yang berjudul evaluasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik berdasarkan indeks keandalan SAIDI dan SAIFI pada PT.PLN (Persero) Rayon Bangan Batu, dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk indeks Keandalan SAIFI dan SAIDI yang di dapat dari hasil analisis pada PT.PLN (Persero) Rayon Banga Batu pada tahun 2014 dapat dikatakn masih jauh dibawah target/ketetapan dari PT.PLN (persero) rayon Bangan Batu itu sendiri.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Drajad Wahyudi yang berjudul (evaluasi keandalan sistem distribusi tenaga listrik berdasarkan SAIDI dan SAIFI pada PT.PLN (persero) rayon kakap) dimana penelitian ini dilakukan dalam jangka waktu 3 tahun yaitu pada tahun 2014, 2015, dan 2016. Dimana dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa keandalan SAIDI dan SAIFI pada PT.PLN (persero) rayon kakap mengalami peningkatan setiap tahunnya, dan indeks keandalan SAIFI dan SAIDI PT.PLN (Persero) rayon kakap dikategorikan tidak handal karena nilai SAIFI dan SAIDI melebihi batas maksimum yang ditentukan.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Sistem Tenaga Listrik

Suatu kinerja kelistrikan dapat dikatakan telah berjalan dengan baik apabila suatu sistem tenaga listrik telah memiliki kinerja yang baik serta handal, suatu sistem tenaga listrik memiliki berbagai komponen yang memiliki peranan penting baik dalam pembangkitan tenaga listrik maupun penyaluran atau pendistribusian energi listrik. Berikut ini merupakan gambaran suatu sistem tenaga listrik



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sumber: <http://k0uy4.blogspot.com/2014/03/penyaluran-tenaga-listrik.html> diakses

pada 24 Januari 2019

Pada tiap-tiap komponen Sistem Tenaga Listrik mempunyai fungsi serta peranannya masing-masing. Dimana secara garis besar berikut ini merupakan komponen-komponen sistem tenaga listrik serta fungsi dari masing-masing komponennya:

2.2.1.1. Pembangkit Tenaga Listrik

Pembangkit Tenaga Listrik merupakan salah satu komponen Sistem Tenaga Listrik yang berfungsi untuk membangkitkan energi listrik dengan cara mengkonversikan suatu bentuk energi lain baik suatu energi *kinetik* menjadi energi listrik. Terdapat berbagai macam jenis pembangkit tenaga listrik tergantung dengan bentuk energi awal yang digunakan sebelum diubah menjadi energi listrik yaitu diantaranya adalah :

a. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi kinetik yang dihasilkan oleh air untuk memutar turbin, dimana poros turbin terhubung dengan poros generator yang kemudian putaran yang dihasilkan oleh poros generator dari energi kinetik air tersebut akan diubah menjadi energi listrik oleh generator

b. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan uap bertekanan tinggi untuk memutar turbin dimana prinsip kerja dari PLTU adalah dengan cara mengubah suatu bentuk energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas yang kemudian dimanfaatkan untuk memanaskan air sehingga menghasilkan uap bertekanan tinggi, uap yang bertekanan tinggi inilah yang dimanfaatkan untuk memutar turbin pada PLTU kemudian putaran dari turbin ini akan memutar poros dari generator sehingga generator dapat menghasilkan energi listrik.

c. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan gas bertekanan tinggi hasil dari pembakaran di ruangan khusus (PLTG) untuk memutar turbin. Dimana prinsip kerja dari PLTG adalah gas

bertekanan tinggi yang telah dimasukkan kedalam *combustion chamber* (ruang bakar) akan mengalami proses pembakaran yang disebabkan oleh suatu alat yang disebut *ignitor* (busi) kemudian energi *kinetik* yang didapat dari proses pembakaran ini akan dimanfaatkan untuk memutar turbin pada PLTG. putaran yang dihasilkan oleh turbin PLTG akan memutar tuas dari generator sehingga generator PLTG dapat menghasilkan energi listrik.

d. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)

Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan reaksi kimia dari nuklir yang kemudian diubah menjadi energi untuk memutar turbin. Prinsip kerja dari PLTN hampir sama dengan PLTA yang menjadi pembeda adalah PLTA menggunakan bahan bakar seperti minyak dan batubara untuk menghasilkan energi panas sedangkan pada PLTN energi panas didapat dari reaksi kimia yang dialami oleh nuklir, dimana energi panas yang dihasilkan oleh reaksi kimia dari nuklir dimanfaatkan untuk memanaskan air sehingga menghasilkan uap bertekanan tinggi. Uap bertekanan tinggi inilah yang dimanfaatkan untuk memutar turbin pada PLTN. putaran turbin yang terhubung langsung dengan poros generator yang menghasilkan pengkonversian energi dari energi putaran tuas generator menjadi energi listrik pada PLTN.

e. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi dari panas bumi sebagai sumber utamanya. Prinsip kerja dari PLTP yaitu pada kedalaman tertentu di dalam bumi kita ini terdapat kantung air atau sumber mata air yang didapat dari resapan air hujan, dikarenakan sumber mata air ini berdekatan dengan pusat magma pada perut bumi sehingga terjadilah penguapan. Uap bertekanan tinggi yang dihasilkan dari panas bumi inilah yang dimanfaatkan untuk memutar turbin pada PLTP yang menyebabkan tuas generator PLTP berputar. Sehingga generator pada PLTP dapat menghasilkan energi listrik.

f. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) adalah pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak utamanya. Prinsip kerja dari PLTD cukup sederhana yaitu mesin diesel dioperasikan untuk memutar tuas dari generator pada PLTD sehingga generator pada PLTD dapat menghasilkan energi listrik.

g. Pembangkit Listrik Tenaga surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber energi utamanya yang kemudian akan di konversikan menjadi energi listrik. Prinsip kerja dari PLTS yaitu apabila sinar matahari mengenai selsurya maka *electron* pada sel surya akan bergerak dari N ke P sehingga keluaran dari selsurya menjadi energi listrik. Kemudian energi listrik keluaran bisa langsung digunakan pada beban yang menggunakan konsumsi arus yang kecil. Agar energi listrik yang dihasilkan sel surya juga bisa digunakan pada malam hari maka energi listrik keluaran dari sel surya akan disimpan kedalam suatu media penyimpanan energi listrik yang disebut (*storage*) namun sebelum energi listrik keluaran dari sel surya disimpan kedalam (*storage*) energi listrik tersebut harus melalui regulator yang bertujuan untuk meregulasi tegangan energi listrik yang keluar dari selsurya dan mengatur arus yang masuk ke (*storage*) secara otomatis.

h. Pembangkit Listrik Tenaga Angin/Bayu (PLTB)

Pembangkit Listrik Tenaga Angina (PLTB) adalah pembangkit listrik yang menggunakan energi alam berupa angina sebagai sumber energi utamanya. Prinsip kerja dari PLTB yaitu energi *kinetik* yang didapat dari angina akan memutar baling baling dari kincir angina yang terhubung langsung pada generator kincir angin untuk menghasilkan energi listrik.

2.2.1.2. Saluran Transmisi



Gambar 2.2 Saluran Transmisi

Sumber: <https://www.blogteknisi.com/2015/10/klasifikasi-sistem-tenaga-listrik.html>

diakses pada 24 Januari 2019

Saluran transmisi merupakan saluran yang berfungsi untuk mentransmisikan energi listrik dari pembangkit energi listrik hingga ke pusat beban, Saluran transmisi terdiri dari sejumlah kawat konduktor yang membentang dari pembangkit tenaga listrik hingga ke pusat beban atau konsumen. Sehingga konsumen pengguna energi listrik bisa mendapatkan suplay energi listrik yang dikirim dari pembangkit listrik melalui saluran transmisi tersebut.

Terdapat dua jenis saluran transmisi sesuai dengan jenis arus listrik yang di transmisikan pada saluran transmisi tersebut yaitu saluran transmisi AC dan saluran transmisi DC dimana pada saluran transmisi AC ini lebih banyak digunakan karena dinilai lebih efisien. pada saluran transmisi AC untuk menaikkan serta menurunkan tegangannya, energi listrik AC tidak perlu dikonversikan ke bentuk energi listrik lain sehingga pembangunannya lebih murah dibandingkan dengan saluran transmisi DC. Sedangkan pada saluran transmisi DC untuk menaikkan serta menurunkan tegangannya energi listrik DC harus dikonversikan dulu ke AC setelah itu barulah dikonversikan kembali ke DC.

hal ini tentunya membutuhkan peralatan tambahan pada saluran transmisinya sehingga untuk pembangunannya dapat dikatakan lebih mahal.

Saluran transmisi pula terbagi kedalam 3 jenis tergantung pada penempatan saluran transmisi itu sendiri yaitu:

a. Saluran Transmisi Udara

Saluran transmisi udara merupakan saluran transmisi yang banyak digunakan pada umumnya dibandingkan dengan jenis-jenis saluran transmisi yang lain. Pengertian saluran transmisi udara adalah saluran transmisi yang mensuplay energi listrik mealui kawat-kawat konduktor yang digantung pada tiang atau tower dengan ketinggian tertentu tergantung pada besarnya tegangan energi listrik yang di transmisikan.

b. Saluran Transmisi Bawah Tanah

Saluran transmisi bawah tanah adalah saluran transmisi yang peletakan konduktor nya berada di bawah tanah. Konduktor yang digunakan pada saluran transmisi bawah tanah ini harus menggunakan konduktor yang berisolasi, hal ini bertujuan agar apabila ditinjau dari segi keamananya energi listrik yang disuplai melalui saluran transmisi bawah tanah tidak mengganggu lingkungan yang dilalui oleh saluran transmisi bawah tanah tersebut.

c. Saluran Transmisi Bawah Laut

Saluran transmisi bawah laut adalah saluran transmisi yang dimana peletakan konduktor nya berada di dasar laut. Sama dengan saluran transmisi bawah tanah untuk alasan kemanannya penggunaan konduktor pada saluran transmisi bawah laut haruslah menggunakan konduktor yang berisolasi.

Dari ketinga saluran transmisi tersebut masing-masing memiliki kekurang serta kelebihan nya masing-masing, tabel 2.1 berikut ini merupakan kelebihan serta kekurangan dari ketiga jenis saluran transmisi tersebut yaitu:

Tabel 2.1 Kekurangan Serta Kelebihan Saluran Transmisi

Jenis Saluran Transmisi		
Saluran Transmisi Udara	Saluran Transmisi Bawah Tanah	Saluran Transmisi Bawah Laut
Rentan terhadap gangguan cuaca	Lebih aman dari gangguan cuaca	Lebih aman dari gangguan cuaca
Harga pembangunan lebih ekonomis	Harga pembangunannya lebih mahal	Harga pembangunan lebih mahal
Lebih mudah melakukan perbaikan	Lebih sulit melakukan perbaikan	Lebih sulit melakukan perbaikan

Saluran transmisi juga terbagi menjadi beberapa bagian tergantung dari besarnya tegangan yang disalurkan melalui jaringan transmisi tersebut yaitu:

a. Saluran Udara Tegangan Ultra Tinggi (SUTUT)

Saluran udara tegangan ultra tinggi (SUTUT) adalah saluran transmisi yang mentransmisikan energi listrik dengan kisaran tegangan 750 KV. Pembangunan SUTUT ini dapat dikatakan mahal karena SUTUT memerlukan tiang tower penyangga yang cukup kokoh dan tinggi serta juga membutuhkan lahan yang luas untuk pembangunannya.

b. Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET)

Saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) ini digunakan pada pembangkit energi listrik dengan kapasitas diatas 500KV sampai dengan 750 KV. Pada saluran udara ekstra tinggi SUTET ini untuk biaya pembangunannya dikatakan mahal karena SUTET memerlukan tower yang kuat dan tinggi serta juga memerlukan lahan yang cukup luas. Untuk mentransmisikan energi listrik SUTET cukup efektif digunakan pada jarak 100 km sampai dengan 500 km.

c. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)

Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) ini adalah saluran transmisi yang mentransmisikan energi listrik dengan kisaran 30 KV sampai dengan 150 KV. Pada SUTT ini cukup baik untuk mentransmisikan energi listrik dengan jarak 100 km, apabila jarak untuk mentransmisikan energi listrik pada SUTT lebih dari 100

km maka nilai drop tegangan nya akan menjadi besar sehingga tegangan keluaran pada SUTT menjadi rendah.

d. Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT)

Saluran kabel tegangan tinggi (SKTT) hampir sama dengan SUTT, di Indonesia penerapan SKTT digunakan untuk mentransmisikan tegangan sebesar 150 KV. Saluran kabel tegangan tinggi SKTT ini sendiri digunakan pada saluran transmisi bawah laut dan saluran transmisi bawah tanah karena SKTT menggunakan konduktor atau kabel yang ber isolasi sehingga untuk pembangunan dari SKTT itu sendiri dapat dikatakan mahal.

Pada saluran transmisi terdapat komponen-komponen utama yang membantu untuk mentransmisika energi listrik sehingga energi listrik dapat tersalurkan dengan baik ke pusat beban atau konsumen. Komponen utam dari saluran transmisi yaitu:

a. Menara Transmisi

Menara transmisi merupakan komponen utama pada saluran transmisi, menara transmisi berfungsi untuk menopang saluran transmisi. Menara transmisi terbuat dari baja yang disusun kokoh sehingga mapu menopang peralatan transmisi energi listrik yang lain

b. Kawat Pentanahan

Kawat pentanahan ini berfungsi untuk melindungi konduktor atau kawat fasa dari gangguan petir. ujung dari kawat pentanahan ini ditanam kedalam tanah melalui menara transmisi. kawat pentanahan ini dipasang diatas kawat faasa dan apabila terjadi gangguan petir tegangan berlebih dari petir tersebut akan dialirkan atau dibuang kedalam tanah melalui kawat pentanahan tersebut.

c. Kawat Penghantar (Konduktor)

Kawat penghantar (Konduktor) merupakan salah satu komponen utama pada saluran transmisi. Fungsi dari kawat penghantar (konduktor) ini adalah sebagai jembatan untuk dilalui oleh energi listrik hingga ke pusat beban atau konsumen. Kawat penghantar yang paling sering digunakan pada saluran transmisi pada umumnya adalah:

1. Tembaga dengan konduktivitas 100% (Cu 100%)
2. Tembaga dengan konduktivitas 97,5% (Cu 97,5%)
3. Aluminium dengan konduktivitas 61% (Al 61%)

Pada saluran transmisi sendiri, jenis konduktor yang umum atau paling banyak digunakan adalah jenis konduktor aluminium karena lebih ringan serta harganya juga relatif lebih murah dibandingkan dengan konduktor dengan bahan tembaga. Hanya saja daya *konduktivitas* pada bahan aluminium lebih rendah dibandingkan dengan konduktor berbahan tembaga. Untuk memperbesar kuat tarikan dari konduktor berbahan aluminium jenis konduktor aluminium yang digunakan adalah konduktor dengan bahan aluminium campuran (*aluminium alloy*). Untuk konduktor berbahan aluminium itu sendiri terbagi menjadi beberapa jenis yaitu:

1. AAC (*ALL-Aluminium Conductor*)
AAC adalah konduktor berbahan aluminium murni tanpa campuran
2. AAAC (*ALL-Aluminium-Alloy Conductor*)
AAAC adalah jenis konduktor yang dimana seluruh bahannya terbuat dari campuran aluminium
3. ACSR (*Aluminium Conductor, Steel-Reinforced*)
ACSR adalah jenis konduktor berbahan aluminium dengan inti kawat baja
4. ACAR (*Aluminium Conductor, Alloy-Reinforced*)
ACAR adalah jenis konduktor berbahan aluminium yang diperkuat dengan logam campuran

d. Isolator Saluran Transmisi

Isolator merupakan salahsatu komponen dari saluran transmisi, isolator berfungsi untuk mencegah terjadinya kebocoran arus listrik yang dapat membahayakan lingkungan di sekitar saluran transmisi. Karakteristik isolator pada saluran transmisi haruslah memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Cukup kuat untuk menopang beban kawat penghantar
- b. Mempunyai tahanan isolator yang tinggi
- c. Memiliki konstanta dielektrik yang tinggi

- d. Bahan dari isolator haruslah tahan terhadap perubahan suhu
- e. Permukaan isolator haruslah mulus atau licin agar mudah dilalui air dan tidak terjadi genangan air hujan
- f. Mempunyai kekuatan dielektrik dan kekuatan mekanis yang tinggi
- g. Bahan yang mampu menahan tegangan yang diterimanya

terdapat banyak jenis isolator pada saluran transmisi yaitu:

- a. Isolator Gantung

Isolator gantung adalah jenis isolator yang dimana pada umumnya isolator jenis ini banyak digunakan pada saluran udara tegangan tinggi SUTT.

- b. Isolator Pasak (PIN)

Isolator pasak memiliki pasak baja yang di skrup pada bagian bawahnya. Isolator pasak ini memiliki ukuran yang kecil karena isolator jenis ini memiliki kekuatan mekanis yang rendah.

- c. Isolator Batang Panjang (*LONG-ROAD*)

Isolator batang panjang adalah isolator yang memiliki bentuk memanjang keatas. Isolator ini cukup baik digunakan pada tempat-tempat yang mudah di kotori oleh debu dan garam karena isolator ini memiliki bentuk rusuk yang sederhana sehingga apabila terjadi hujan isolator ini akan bersih dengan sendirinya, akan tetapi juga masih perlu dilakukan perawatan serta pembersihan secara manual guna memastikan kondisi serta keamanan pada saluran transmisi.

2.2.1.3. Gardu Induk dan Transformator

A. Pengertian Serta Penggolongan Gardu Induk



Gambar 2.3 Gardu Induk

Sumber: <http://teknik-tenaga-listrik.blogspot.com/2015/08/gardu-induk-substation.html>

diakses pada 24 januari 2019

Gardu induk merupakan salah satu komponen dari sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk memutus serta menghubungkan arus serta untuk menaikkan tegangan dan menurunkan tegangan energi listrik yang ditransmisikan dan di distribusikan. Gardu induk terdiri dari peralatan-peralatan yang memiliki fungsi untuk memutus serta menghubungkan arus listrik contohnya seperti (*Switch gear, switch board, dan circuit breaker*) serta pada gardu induk juga terdapat peralatan-peralatan yang berfungsi untuk menaikkan serta menurunkan tegangan dan arus dari energi listrik yaitu (Transformator tegangan dan Transformator arus).

Apabila dilihat dari penggunaan gardu induk pada sistem tenaga listrik itu sendiri, gardu induk dapat dibedakan kedalam 2 jenis yaitu gardu induk pembangkit dan juga gardu induk distribusi. Gardu induk juga dapat digolongkan kedalam beberapa jenis berdasarkan besarnya nilai tegangan yang diterima serta dikeluarkan, penempatannya, dan berdasarkan *isolasi busbar* dari gardu induk itu sendiri.

1. Gardu Induk Berdasarkan Besar Tegangannya

Berikut ini merupakan pembagian gardu induk berdasarkan dengan besarnya tegangannya yaitu:

a. Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi

Gardu induk tegangan ekstra tinggi adalah gardu induk yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari saluran transmisi tegangan ekstra tinggi SUTET 750 KV hingga tegangan keluarannya menjadi 30 KV-150 KV untuk ditransmisikan kembali pada saluran transmisi tegangan tinggi SUTT.

b. Gardu Induk Tegangan Tinggi

Gardu induk tegangan tinggi adalah gardu induk yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari saluran transmisi tegangan tinggi SUTT 30 KV-150 KV hingga tegangan keluaran dari gardu induk menjadi 6 KV-30 KV untuk di distribusikan dengan SUTM.

2. Gardu Induk Berdasarkan Penempatannya

Gardu induk juga diklasifikasikan kedalam beberapa jenis berdasarkan dengan penempatan peralatan-peralatan pada gardu induk itu sendiri yaitu:

a. Gardu Induk Pasang Luar

Sesuai dengan namanya gardu induk pasang luar adalah gardu induk yang peralatan-peralatannya dipasang di lahan terbuka. Pembangunan gardu induk jenis ini biasanya dibangun jauh dari perkotaan serta membutuhkan lahan pembangunan yang luas. Meskipun demikian untuk biaya pembangunan gardu induk jenis ini dapat dikatakan lebih murah daripada jenis-jenis gardu induk yang lain.

b. Gardu Induk Pasang Dalam

Gardu induk pasang dalam adalah gardu induk yang peralatan-peralatannya diletakkan kedalam sebuah bangunan. Pembangunan gardu induk jenis ini biasanya dibangun di daerah perkotaan sedangkan untuk biaya pembangunan ini dapat dikatakan mahal karena membutuhkan lahan yang luas serta pembangunan beberapa bangunan untuk penempatan peralatan dari gardu induk itu sendiri, gardu induk jenis ini memiliki

kelebihan yaitu lebih aman dari gangguan cuaca dan bahaya kebakaran yang dapat membahayakan lingkungan perkotaan disekitar kota tersebut.

c. Gardu Induk Pasang Setengah Pasang Luar

Gardu induk pasang setengah pasang luar adalah gardu induk yang dimana sebagian dari peralatan-peralatn nya diletakkan didalam bangunan dan sebagian lagi diletakkan di luar bangunan dngan pertimbangan mencegah dari kontaminasi garam pada peralatan-peralatan gardu induk

d. Garduinduk Jenis Pasang Bawah Tanah

Gardu induk jenis ini adalah gardu induk yang peletakkan peralatan-peralatannya didalam bangunan bawah tanah. Pembangunan gardu induk ini dikarenakan alasan keterbatasan lahan di daerah perkotaan. Untuk biaya pembangunan gardu induk jenis ini dapat dikatakan cukup mahal.

e. Gardu Induk Jenis Mobil

Gardu induk jenis mobil adalah gardu induk yang peletakannya biasanya diatas rel kereta sehingga apabila salah satu dari gardu utama mengalami kerusakan atau perbaikan untuk sementara dapat digantikan oleh gardu induk jenis ini.

3. Gardu Induk Berdasarkan Isolasi Busbarnya

Berdasarkan isolasi busbarnya gardu induk dapat dibedakan menjadi beberapa golongan yaitu:

a. Gardu Induk Konvensional

Gardu induk konvensional adalah gardu induk yang sebagian besar peralatannya berisolasi udara bebas sekaligus sebagai pendinginnya karena hampir semua peralatan pada gardu induk jenis konvensional ini terletak di luar ruangan.

b. Gardu Induk GIS (*Gas Insulated Switchgear*)

Gardu induk GIS (*Gas Insulated Switchgear*) adalah gardu induk yang sebagian besar peralatannya berada di dalam ruangan dan berisolasi dengan gas SF-6 yang dikemas di dalam bentuk tabung.

B. Pengertian Serta Prinsip Kerja Transformator

Transformator atau yang biasa disingkat dengan trafo adalah salah satu peralatan dari bagian sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk mengubah nilai tegangan energi listrik. Tegangan keluaran dari trafo bisa lebih besar serta bisa lebih kecil dari tegangan energi listrik yang masuk ke trafo tersebut tergantung dengan jenis trafo yang digunakan. Trafo yang berfungsi untuk menaikkan tegangan tenaga listrik disebut dengan trafo *STEP UP* sedangkan trafo yang berfungsi untuk menurunkan tegangan energi listrik yaitu disebut dengan trafo *STEP DOWN*.

Transformator umumnya terdiri dari 2 buah kumparan yaitu kumparan Primer sebagai input dari trafo dan kumparan Sekunder yaitu kumparan yang berfungsi sebagai output dari trafo, serta pada trafo terdapat juga inti besi atau yang disebut dengan (*core*)

Prinsip kerja dari transformator adalah ketika kumparan primer trafo dialiri oleh arus listrik AC maka akan timbul medan magnet atau *fluks magnetic*. Medan magnet yang terjadi pada kumparan primer trafo akan menginduksi GGL (Gaya Gerak Listrik) ke kumparan sekunder trafo melalui inti besi (*core*) dengan demikian akan terjadi perubahan taraf tegangan dari tegangan yang lebih besar ke tegangan yang lebih rendah ataupun sebaliknya tergantung pada jumlah lilitan yang ada kedua kumparan tersebut

2.2.1.4. Jaringan Distribusi



Gambar 2.4 Jaringan Distribusi

Sumber: <http://www.djppr.kemenkeu.go.id/dukungan/newsDetail/1516> diakses pada 24 januari 2019

Hampir sama dengan saluran transmisi dimana jaringan distribusi terdiri dari beberapa konduktor penghantar energi listrik, jika pada saluran transmisi menghubungkan pembangkit dengan gardu induk serta tegangan energi listrik yang dihantarkan juga termasuk tegangan listrik yang tinggi. Sedangkan pada jaringan distribusi berfungsi untuk menghubungkan suatu gardu induk dengan gardu induk lainnya jaringan distribusi juga bisa menghubungkan gardu induk dengan trafo tegangan rendah (TR), antar trafo regangan ke pelanggan. level tegangan energi listrik yang dihantarkan oleh jaringan distribusi yaitu tegangan menengah 20 KV hingga ke tegangan rendah 220 V

A. Komponen-Komponen Jaringan Distribusi

Pada suatu jaringan distribusi terdiri dari beberapa komponen yang memiliki fungsi masing-masing baik dalam mendistribusikan energi listrik atau mendukung pendistribusian energi listrik sehingga distribusi energi listrik dapat berjalan dengan baik. Berikut ini merupakan komponen-komponen pada jaringan distribusi:

1. Tiang Listrik

Tiang listrik merupakan salahsatu dari komponen pada jaringan distribusi energi listrik, tiang listrik berfungsi untuk menopang konduktor atau pengantar energi listrik dari gardu induk sampai ke beban.

2. Isolator

Isolator pada jaringan distribusi berfungsi untuk mencegah atau mengisolasi kebocoran arusli strik dari kawat penghantar (konduktor) ke tiang listrik, mengatur jarak sudut antar konduktor, serta menahan perubahan pada kawat penghantar akibat temperatur dan angin.

3. Kawat Penghantar (*Conductor*)

Kawat penghantar (*conductor*) pada jaringan distribusi berfungsi untuk menghantarkan energi listrik dari garduinduk sampai kepada beban atau konsumen.

4. Transformator (*Trafo*)

Transformator (*Trafo*) merupakan salah satu komponen dari jaringan distribusi yang berfungsi untuk menurunkan serta menaikkan tegangan energi listrik sesuai dengan kebutuhan energi listrik yang akan di distribusikan kepada beban atau konsumen.

5. Peralatan Hubung

Terdapat berbagai macam peralatan penghubung pada jaringan distribusi diantaranya yaitu:

a. Pemutus Tenaga (PMT)

Circuit breaker (CB) atau yang disebut PMT adalah salah satu peralatan pemutus dan penghubung pada sistem tenaga listrik yang mampu untuk memtus rangkaian listrik pada semua kondisi dengan cepat termasuk ketika terjadi gangguan atau terjadi arus hubung singkat, juga pada kondisi tegangan yang normal atau tidak normal, serta dalam kondisi berbeban atau tidak berbeban.

Syarat-syarat yang harus dimiliki oleh *circuit breaker* (CB) atau pemutus tenaga PMT adalah :

1. Harus mampu untuk menutup dan dialiri oleh arus beban penuh dalam jangkawaktu yang lama
2. Dapat membuka otomatis untuk memutuskan beban atau beban lebih
3. Harus dapat memutus dengan cepat bila terjadi hubung singkat
4. Celah (*Gap*) harus tahan dengan tegangan rangkaian, bila kontak membuka
5. Mampu dialiri arus hubung singkat dengan waktu tertentu
6. Mampu memutuskan arus magnetisasi trafo atau jaringan serta arus pemuatan (*Charging Current*)
7. Mampu menahan efek dari *arching* kontakannya, gaya elektromagnetik atau kondisi terminal yang tinggi akibat hubung singkat

Pengaruh penggunaan PMT dengan keandalan pada jaringan distribusi yaitu mampu mengurangi serta mencegah resiko terjadinya kerusakan komponen utama jaringan distribusi karena PMT mampu untuk memutus arus gangguan yang besar.

b. Pemisah tenaga (PMS)

Pemisah tenaga (PMS) adalah salahsatu alat penghubung pada sistem tenaga listrik yang bisa menghubungkan serta memisahkan suatu rangkaian sistem tenaga listrik dalam keadaan tidak berbeban. Artinya pengoprasian PMS dapat dilakukan setelah PMT dibuka terlebih dahulu. Pada dasarnya PMS berfungsi untuk membebaskan PMT dari tegangan yang mengalir pada PMT tersebut.

c. *Air Break Switch* (ABS_w)

Air break switch (ABS_w) merupakan salah satu alat penghubung pada sistem tenagalistrik yang berfungsi untuk membagi beban dari dua penyulang. Dalam kondisi normal masing-masing penyulang dipisahkan oleh ABS_w pada posisi *normaly open* (NO). kondisi (NO) tidak selalu pada ABS_w tertentu saja, namun bisa dipindahkan ke ABS_w lain yang sebelumnya berada pada kondisi *normaly clos* (NC) di batas pembagaian/ seksi atau *zone*, pemindahan titik ABS_w menjadi (NO) ini dilakukan dengan

mempertimbangkan regulasi beban diantara kedua penyulang yang disesuaikan dengan kemampuan atau kapasitas dari tiap-tiap penyulang.

d. *Load Break Switch* (LBS)

Load break switch (LBS) adalah salah satu peralatan penghubung pada sistem tenaga listrik. LBS merupakan saklar pemutus tiga fase dan untuk penempatan LBS itu sendiri diluar ruas pada tiang pancang, yang diletakkan secara elektronis. *Switch* dengan penempatan diatas tiang pancang ini dioptimalkan dengan control jarak jauh dan skema otomatisasi. *Switch* pemutus beban juga merupakan sebuah sistem peng intrupsi hampa yang terisolasi oleh gas SF₆ dalam sebuah tengki baja anti karat dan disegel. Sistem pengendalian elektroniknya ditempatkan pada sebuah kotak pengendali yang terbuat dari baja anti karat sehingga dapat digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan.

e. *Recloser* (Penutup Balik Otomatis/ PBO)

Recloser (Penutup Balik Otomatis/ PBO) pada dasarnya adalah pemutus tenaga (*circuit breaker*) yang dilengkapi dengan peralatan control (*control device*). Peralatan ini dapat mendeteksi arus gangguan dan melakukan perintah buka tutup kepada pemutus tenaga (*circuit breaker*). *Recloser* berisi sarana yang yang diperlukan untuk mendeteksi arus lebih, mengatur waktu, dan memtus arus lebih serta untuk menutup balik secara otomatis dan memberikan tegangan kembali pada saluran.

PBO ini umumnya dipasang pada saluran utama di GI sebagai pengaman utama jaringan. Pada jaringan dengan jarak lebih dari 20 km PBO tidak begitu peka untuk menagkap atau mendeteksi gangguan yang berada diujung jaringan, sehingga untuk pengamanan gangguan temporer maupun melokasir gangguan daerah sekecil mungkin perlu dipasang PBO ke 2 dan PBO ke 3 pada jarak tertentu.

f. *Sectionalizer*/Saklar Seksi Otomatis (SSO)

Sectionalizer adalah saklar yang dilengkapi dengan kontrol elektronik/mekanik yang digunakan sebagai pengaman seksi jaringan

tegangan menengah dimana SSO ini akan bekerja secara otomatis apabila terjadi gangguan. SSO sebagai alat pemutus rangkaian/ beban untuk memisah-misah saluran utama dalam beberapa seksi, agar pada keadaan gangguan permanen, luas luas daerah yang harus dibebaskan di sekitar lokasi gangguan dapat di minimalisir. Bila tidak ada PBO disisi sumber maka SSO tidak berfungsi otomatis.

Pengaruh penggunaan SSO pada keandalan jaringan distribusi yaitu untuk membatasi daerah terjadinya gangguan permanen yang menyebabkan padam listrik sehingga daerah yang mengalami pemadaman dapat di lokalisir seminimal mungkin.

g. *Fuse Cut Out (FCO)*

Fuse Cut Out (FCO) merupakan salah satu dari peralatan penghubung pada jaringan distribusi, FCO merupakan peralatan proteksi yang akan bekerja bila terjadi gangguan arus lebih. Untuk cara kerja dari FCO ini adalah dengan cara meleburkan bagian dari komponennya (*Fuse Link*) yang dimana komponen leburnya akan meleleh pada titik lebur tertentu sehingga memisahkan rangkaian sebelum masuk ke FCO dan rangkaian setelah keluar dari FCO.

Pengaruh penggunaan FCO pada keandalan jaringan distribusi yaitu apabila terjadi gangguan arus berlebih pada jaringan distribusi maka FCO akan memutus jaringan listrik agar gangguan yang terjadi tidak mengakibatkan terjadinya kerusakan peralatan utama pada jaringan distribusi. Setelah gangguan yang terjadi pada FCO maka FCO yang lama harus diganti dengan FCO yang baru.

B. Macam Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi terbagi menjadi beberapa jenis berdasarkan dengan penempatan konduktornya yaitu:

1. Jaringan Distribusi Dengan Saluran Udara

Jaringan distribusi yang menggunakan saluran udara adalah jaringan distribusi yang banyak digunakan pada umumnya karena memiliki kelebihan dimana untuk biaya pembangunannya dinilai lebih murah serta bila terjadi kerusakan dinilai lebih mudah untuk diperbaiki. Sedangkan untuk kekurangannya jaringan distribusi jenis ini rawan terhadap gangguan cuaca dan juga dinilai kurang *estetis* karena jaringan distribusi dengan saluran udara ini menggunakan konduktor yang digantung pada tiang dengan isolator sehingga bisa dilihat secara langsung.

Apabila ditinjau dari segi keandalannya jaringan distribusi dengan saluran udara ini dapat dikatakan kurang handal karena jaringan distribusi dengan saluran udara ini mudah terkena gangguan dari luar seperti gangguan angin, petir, pohon tumbang, dan juga hewan yang dapat menyebabkan terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan pada jaringan distribusi tersebut sehingga perlu dilakukannya pemadaman. Gangguan-gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi udara ini dapat menghambat kontinuitas pelayanan energi listrik kepada pelanggan oleh sebab itulah jaringan distribusi dengan saluran udara ini dikatakan kurang handal apabila dibandingkan dengan jaringan distribusi jenis lain.

2. Jaringan Distribusi Dengan Saluran Bawah Tanah

Jaringan distribusi saluran bawah tanah adalah jaringan distribusi yang konduktornya ditanam di dalam tanah sehingga kelebihan dari jaringan distribusi jenis ini yaitu dapat dinilai lebih rapi dan lebih aman dari gangguan cuaca. Sedangkan untuk kekurangannya yaitu jaringan distribusi jenis ini memiliki biaya pembangunan yang dinilai cukup mahal serta sulit untuk dilakukan perbaikan jika terjadi kerusakan pada jaringan distribusi tersebut.

Dari segi keandalannya jaringan distribusi bawah tanah ini dapat dikatakan lebih handal dibandingkan dengan dengan jaringan distribusi saluran udara karena penempatan jaringan distribusi ini diletakkan dibawah tanah sehingga resiko gangguan yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan jaringan distribusi udara. Sehingga kontinuitas pelayanan akan energi listrik kepada pelanggan pada

jaringan distribusi bawahanah lebih tinggi jika dibandingkan dengan jaringan distribusi saluran udara.

C. Macam Jaringan Distribusi Berdasarkan Tegangannya

Berikut ini merupakan pembagian dari saluran transmisi berdasarkan dengan besarnya tegangan energi listrik yang di distribusikan:

1. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) ini dalah salah satu dari jaringan distribusi yang mendistribusikan energi listrik dengan sekala tinggi tegangannya berkisar dari 6 KV sampai dengan 20 KV. Jaringan distribusi SUTM ini mendistribusikankan energi listrik mulai dari garduinduk hingga ke Saluran Udra Tegangan Rendah SUTR dan pelanggan bisnis. Untuk penggunaan SUTM ini cocok digunakan pada derah porkotaan dengan mayoritas pemukiman penduduk yang tidak terlalu padat sehingga masih terdapat lahan luas untuk dilalui oteh kabel distribusi dari SUTM itu sendiri.

2. Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)

Pada Saluran Kabel Tengan Menengah (SKTM) ini besarnya tegangan energi listrik yang di distribusikan sama dengan SUTM yaitu mulai dari 6 KV sampai dengan 20 KV dan SKTM ini juga mendistribusikan energi listrik mulai dari gardui nduk hingga ke SUTR dan pelanggan bisnis. Yang membedakan SKTM dengan SUTM dalah penempatan saluran transmisinya dimana pada SKTM ini saluran distribusinya ditanam didalam tanah, pembangunan SKTM ini sangat cocok pada daerah perkotaan dengan pemukiman penduduk yang padat serta memiliki bangunan-bangunan tinggi.

3. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR)

Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) dalah salah satu dari jaringan distribusi yang mendistribusikan energi listrik dibawah 1 KV yaitu berkisaran 220/380 Volt. SUTR ini mendistribusikan energi listrik mulai dari SUTM hingga ke pelanggan. Untuk pemasangan dari SUTR itu sendri sama dengan SUTM yaitu cocok pada daerah perkotaan atau pedesaan dengan pemukiman penduduk yang tidak terlalu padat.

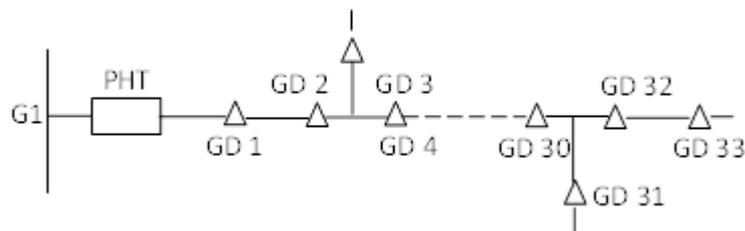
4. Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR)

Pada Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR) ini besarnya tegangan energi listrik yang di distribusikan sama dengan SUTR yaitu tegangan distribusi dibawah 1 KV dengan kisaran tegangan 220/380 Volt dan SKTR juga mendistribusikan energi listrik dari SUTM/SKTM hingga ke pelanggan. Yang membedakan antar SKTR dan SUTR adalah penempatan saluran distribusinya dimana pada SKTR saluran distribusinya diletakkan dibawah tanah sehingga cocok dibangun di daerah perkotaan dengan pemukiman penduduk yang padat.

D. Macam-Macam Sistem Jaringan Distribusi Energi listrik

Pada jaringan distribusi terdapat beberapa sistem untuk mendistribusikan energi listrik, yaitu :

1. Sistem *Radial*



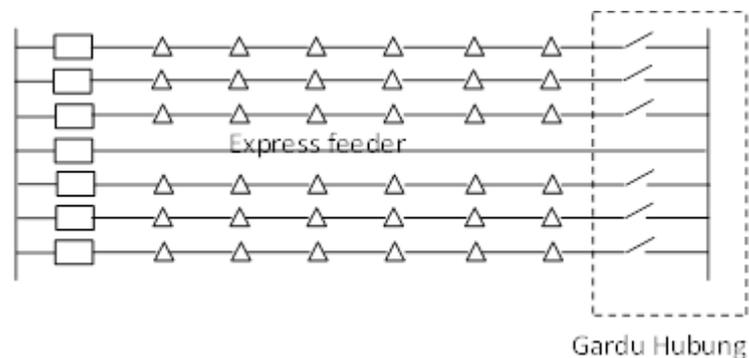
Gambar 2.5 Jaringan Distribusi Sistem Radial

Sumber: <https://saranabelajar.wordpress.com/category/teknik-elektro/distribusi-sistem-tenaga-listrik/> diakses pada 24 januari 2019

Sistem *radial* adalah sebuah sistem pada jaringan distribusi yang dinilai biaya pembangunannya lebih murah serta untuk perawatannya lebih mudah dibandingkan dengan sistem pada jaringan distribusi lainnya. Sistem ini menggunakan satu titik sumber sebagai catu daya yang kemudian dicabang-cabangkan ke beban pada tiap-tiap trafo distribusi. Namun pada sistem ini arus yang mengalir pada titik sumber semaikin keujung semakin kecil karena pencabangan-pencabangan tersebut serta kelemahan lain pada sistem ini yaitu apabila terjadi kerusakan pada suatu jaringan atau gardu induk akan

Dari segi keandalannya sistem *loop* ini dapat dikatakan handal karena apa bila suatu jaringan pada salah satu load point sistem *loop* mengalami kerusakan maka pemutus tenaga PMT yang awalnya dalam kondisi (NC) akan berubah menjadi kondisi (NO) dan posisi ABSw yang semula (NO) menjadi (NC) sehingga sisi lain dari load point pada sistem *loop* bisa mem *back up* daerah padam yang diakibatkan gangguan yang terjadi tersebut. Oleh sebab itulah mengapa sistem *loop* dapat dikatakan lebih handal dibandingkan dengan sistem *radial*.

3. Jaringan distribusi spindel



Gambar 2.7 Jaringan Distribusi Sistem Spindle

Sumber: <https://saranabelajar.wordpress.com/category/teknik-elektro/distribusi-sistem-tenaga-listrik/> diakses pada 24 januari 2019

Jaringan distribusi dengan sistem spindel hampir sama dengan jaringan distribusi menggunakan sistem *loop* hanya saja pada sistem *loop* menggunakan dua titik sumber atau load point sedangkan pada sistem spindel menggunakan lebih dari dua titik sumber atau *load point*. Dan pada jaringan distribusi dengan sistem spindel juga dilengkapi dengan pemutus tenaga PMT dan pemisah tenaga PMS seperti pada sistem *loop* Sehingga jika terjadi kerusakan pada jaringan di salah satu *load point* maka dapat di *back up* oleh jaringan dengan *load point* lainnya.

Jaringan distribusi dengan sistem spindel tergolong handal karena seperti pada penjelasan diatas bahwa jaringan distribusi dengan sistem spindel terdiri dari

banyak titik sumber atau titik *load point* sehingga cocok untuk di daerah perkotaan dengan beban yang besar, dan apabila salah satu *load point* mengalami gangguan maka akan terjadi pemadaman sementara kemudian akan di *back up* oleh *load point* yang lainnya.

2.2.1.5. Keandalan Sistem Tenaga Listrik

Keandalan suatu sistem tenaga listrik sangat berpengaruh terhadap suatu kinerja kelistrikan. dimana apabila suatu sistem tenaga listrik telah handal dalam mentransmisikan serta mendistribusikan energi listrik maka kinerja kelistrikan pada sistem tenaga listrik tersebut dapat dikatakan telah berjalan dengan baik pula.

Keandalan sistem tenaga listrik adalah suatu tolak ukur tingkat pelayanan terhadap ketersediaan energi listrik yang didistribusikan dari pembangkit sampai kepada beban atau pelanggan. Ukuran keandalan sistem tenaga listrik dapat diukur dengan menganalisis data yang didapat dari gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi dalam suatu sistem tenaga listrik seperti lamanya waktu gangguan yang terjadi, jumlah banyaknya gangguan yang terjadi, serta waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kembali sistem tenaga listrik yang mengalami gangguan.

Nilai keandalan suatu sistem tenaga listrik berbanding terbalik dengan tingkat pemadaman energi listrik yang diakibatkan oleh berbagai macam gangguan yang terjadi. Dimana apabila semakin sering terjadi pemadaman ataupun gangguan pada suatu sistem tenaga listrik maka nilai keandalan pada sistem tenaga listrik tersebut akan semakin kecil.

2.2.1.6. Keandalan Sistem Distribusi

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan untuk mewujudkan suatu keandalan pada jaringan distribusi yaitu:

1. Konfigurasi sistem distribusi
2. Keandalan masing-masing komponen sistem distribusi listrik
3. Pengaturan operasi saluran distribusi

Keandalan suatu jaringan distribusi ditentukan oleh sistem yang diterapkan pada jaringan distribusi tersebut dimana akan membutuhkan biaya yang cukup mahal untuk melakukan pembangunan suatu jaringan distribusi dengan sistem

yang baik. Seperti halnya yang dijelaskan sebelumnya bahwa jaringan distribusi dengan sistem spindel lebih handal dibandingkan dengan jaringan distribusi yang menggunakan sistem *radial* akan tetapi pembangunan sistem spindel memakan biaya yang lebih mahal dibandingkan dengan sistem radial.

Keandalan pada jaringan distribusi juga dapat dilihat dari kegagalan atau gangguan-gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi tersebut dimana apabila pada suatu jaringan distribusi sering mengalami gangguan maka nilai keandalan jaringan distribusi tersebut akan semakin kecil. Gangguan pada jaringan distribusi dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

1. Faktor Dalam

Yaitu gangguan yang disebabkan oleh komponen atau alat-alat pada jaringan distribusi itu sendiri seperti sambungan kabel distribusi yang tidak sempurna, umur alat yang sudah tua sehingga terjadi kerusakan pada alat itu sendiri, isolasi konduktor pada jaringan distribusi yang buruk dan masih banyak lagi.

2. Faktor Luar

Yaitu Faktor yang terjadi diluar seperti kelembapan udara, angin kencang, petir dan masih banyak lagi yang belum disebutkan.

Suatu gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi dapat menyebabkan pemutusan pelayanan terhadap pelanggan baik dalam jangka waktu yang singkat ataupun lama sehingga dapat mengurangi nilai keandalan pada jaringan distribusi itu sendiri. Gangguan pada jaringan distribusi dapat dibedakan menjadi tiga bagian yaitu:

1. Gangguan Paksa Transient

Gangguan paksa transient adalah gangguan komponen yang penyebabnya dapat diatasi segera oleh komponen itu sendiri, sehingga komponen yang mengalami gangguan tersebut dapat segera berfungsi kembali. Waktu pemadaman yang dialami pelanggan relative singkat.

2. Gangguan Paksa Menetap

Gangguan paksa menetap adalah gangguan pada komponen jaringan distribusi yang tidak dapat segera diatasi oleh komponen itu sendiri, tetapi harus diperbaiki atau diganti agar dapat beroperasi seperti semula. Waktu yang diakibatkan oleh gangguan ini cukup lama.

3. Gangguan Terjadwal

Gangguan terjadwal adalah gangguan yang disebabkan komponen sistem sengaja dilepaskan dari pelayanan pada periode waktu yang telah ditentukan. Misalnya pada saat perawatan komponen atau alat-alat pada jaringan distribusi.

A. Kontinuitas Pelayanan

Kontinuitas pelayanan energi listrik adalah pelayanan energi listrik secara terus menerus tanpa henti kepada beban atau pelanggan. Sistem tenaga listrik dapat dikatakan handal apabila pelayanan akan energi listrik kepada beban atau pelanggan dapat didistribusikan secara kontinu (terus menerus). Namun nyatanya terdapat beberapa hal atau gangguan-gangguan yang menghambat kontinuitas pelayanan energi listrik khususnya pada jaringan distribusi suatu sistem tenaga listrik baik yang diakibatkan oleh gangguan alam seperti angin kencang, pohon tumbang, dan masih banyak lagi gangguan alam yang menghambat kontinuitas pelayanan energilistrik tersebut, serta juga gangguan yang disebabkan oleh peralatan pada komponen distribusi pada sistem tenaga listrik itu sendiri.

Untuk meningkatkan kontinuitas pelayanan energi listrik maka pada suatu sistem tenaga listrik perlu dilengkapi dengan peralatan pengaman yang baik serta bisa bekerja secara otomatis untuk meminimalisir serta mencegah terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik sehingga kontinuitas pelayanan energi listrik dapat terlaksana dengan baik.

B. Keamanan

Keamanan sistem tenaga listrik merupakan salah satu poin penting yang mempengaruhi keandalan pada suatu sistem tenaga listrik. Suatu sistem tenaga listrik haruslah aman baik bagi peralatan yang digunakan pada sistem tenaga listrik itu sendiri serta juga tidak membahayakan lingkungan atau pun pelanggan yang memanfaatkan energi listrik pada sistem tenaga listrik tersebut. Untuk

mewujutkan hal tersebut maka suatu sistem tenaga listrik haruslah dilengkapi dengan alat-alat pengamanan atau juga sistem proteksi yang baik serta juga dalam pembangunan suatu sistem tenaga listrik haruslah memenuhi standard keamanan yang berlaku.

2.2.1.7. Indeks Keandalan Sistem Tenaga Listrik

Suatu sistem tenaga listrik juga dapat dikatakan handal apabila angka yang dihitung dari suatu indeks keandalan yang didapat dari sistem tenaga listrik tersebut telah mencapai setandard yang telah ditentukan. Pada keandalan suatu sistem tenaga listrik terdapat beberapa indeks keandalan yang menjadi parameter untuk mengukur seberapa besar tingkat keandalan pada suatu sistem tenaga listrik, Nilai suatu indeks keandalan sistem tenaga listrik didapat berdasarkan dengan perhitungan dari jumlah serta durasi lamanya kegagalan yang terjadi pada suatu sistem tenaga listrik. berikut merupakan indeks keandalan pada sistem tenaga listrik yaitu:

1. SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)

SAIDI merupakan suatu indeks keandalan yang menghitung lamanya durasi gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik dikali dengan jumlah pelanggan padam perpelanggan total. Yang dimana artinya indeks keandalan SAIDI adalah indeks keandalan yang menghitung rata-rata lamanya durasi gangguan yang dirasakan pelanggan dalam jangkawaktu tertentu.

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

N_i= Jumlah pelanggan yang mengalami gangguan

U_i= Lamanya gangguan yang terjadi

N= Jumlah pelanggan total

2. SAIFI (*System Average Intruption Duration Index*)

SAIFI merupakan satu indeks keandalan yang menghitung jumlah gangguan yang terjadi pada suatu sistem tenaga listrik dikali jumlah pelanggan yang

mengalami pemadaman perjumlah pelanggan total pada suatu sistem tenaga listrik tersebut. Dimana artinya indeks keandalan SAIFI adalah indeks keandalan yang menghitung rata-rata banyaknya jumlah gangguan yang dirasakan pelanggan dalam jangkawaktu tertentu.

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

λ_i = Banyaknya gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik

N_i = Jumlah pelanggan yang mengalami gangguan

N = Jumlah pelanggan total

2.2.1.8. Standard Nilai Indeks Keandalan

Pada tiap-tiap indeks keandalan jaringan distribusi juga terdapat beberapa standar ketentuan nilai indeks keandalan yang harus dicapai. Standar indeks keandalan adalah suatu tolak ukur untuk menjelaskan tingkat keandalan satu sistem tenaga listrik serta merupakan suatu target atau ketetapan nilai maksimum yang harus diperhatikan oleh PLN. Hal ini bertujuan untuk terlaksananya kemajuan pelayanan akan energi listrik yang baik dan handal. Pada penelitian ini menggunakan dua standard indeks keandalan yang digunakan yaitu:

1. Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) 68-2:1986

Tabel 2.2 Standard Perusahaan Listrik Negara (SPLN) 68-2:1986

Indek Keandalan	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3,2	Kali/Pelanggan/Tahun
SAIDI	21,09	Jam/Pelanggan/Tahun

2. Standard Indeks Keandalan IEEE std 1366-2003

Tabel 2.3 Standard Indeks Keandalan IEEE std 1366-2003

Indek Keandalan	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	1,45	Kali/Pelanggan/Tahun
SAIDI	2,30	Jam/Pelanggan/Tahun