



BAB II

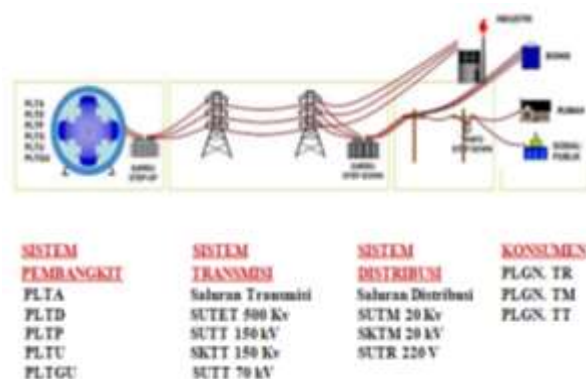
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik¹

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen.

Tenaga listrik adalah sekumpulan pusat-pusat listrik yang di interkoneksi satu dengan lainnya, melalui transmisi atau distribusi untuk memasok ke beban atau dari satu pusat listrik. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah pembagian dan penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan) dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang berlangsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) yang dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Rangkaian sistem tenaga listrik dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.1 Rangkaian Sistem Tenaga Listrik

(Sumber : <https://1.bp.blogspot.com/-LmvAHFixMQI>)

¹ Dasman dan Handayani "Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Meode Saidi dan Saifi di PT. PLN (Persero) Rayon Lubuk Alung Tahun 2015", Jurnal Teknik Elektro, Padang



Energi listrik sendiri dibangkitkan oleh pusat-pusat listrik seperti PLTA, PLTU, PLTG, PLTGU, dan PLTP. Kemudian energi listrik disalurkan melalui transmisi dan di distribusikan ke beban-beban melalui saluran distribusi.

Proses penyaluran tenaga listrik melalui beberapa tahap, yaitu dari pembangkit tenaga listrik penghasil energi listrik, disalurkan ke jaringan transmisi (Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi atau Saluran Udara Tegangan Tinggi) langsung ke gardu induk. Dari gardu induk tenaga listrik disalurkan ke jaringan distribusi primer (Saluran Udara Tegangan Menengah), dan melalui gardu distribusi langsung ke jaringan sekunder (Saluran Udara Tegangan Rendah), tenaga listrik dialirkan ke konsumen.

Dengan demikian sistem distribusi tenaga listrik berfungsi menyalurkan tenaga listrik kepada konsumen melalui jaringan tegangan rendah, sedangkan saluran transmisi berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik bertegangan ekstra tinggi ke pusat-pusat beban dalam daya yang besar (sistem distribusi).

2.2 Sistem Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berada paling dekat dengan sisi beban/konsumen. Distribusi tenaga listrik adalah tahap akhir dalam pengiriman tenaga listrik, yang merupakan proses membawa listrik dari sistem transmisi menuju ke konsumen. Gardu distribusi terhubung ke sistem transmisi dan menurunkan tegangan transmisinya dengan menggunakan trafo .

Jaringan distribusi tenaga listrik adalah semua bagian dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan sumber daya besar dengan rangkaian pelayanan pada konsumen. Sumber daya besar adalah pusat-pusat pembangkit listrik dengan kapasitas daya yang dihasilkan dalam satuan Mega Watt (MW).



Pembangkit listrik dapat digolongkan atas jenis-jenis tenaga yang digunakan, seperti pembangkit yang menggunakan tenaga air, bahan minyak bumi atau batu bara, panas surya, tenaga angin dan lain-lain

Fungsi utama dari sistem distribusi adalah untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya ke pemakai atau konsumen. Baik buruknya suatu sistem distribusi dapat dinilai dari bermacam-macam faktor, diantaranya menyangkut hal-hal sebagai berikut :

1. Kontinuitas pelayanan

Kontinuitas pelayanan yaitu meminimalkan jumlah dan lama padam daerah konsumen yang terjadi akibat adanya gangguan ataupun sedang terjadi pemeliharaan.

2. Regulasi tegangan

Pengaturan tegangan baik dari Gardu Induk, saluran transmisi ataupun pada pembangkit sangat penting agar kontinuitas tenaga listrik tetap terjaga.

3. Harga sistem

Dalam pembangunan jaringan distribusi perlu diperhatikan kualitas komponen-komponen yang digunakan.

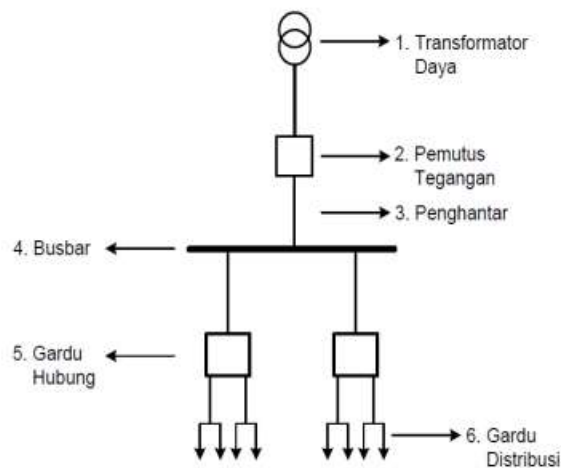
2.2.1 Jaringan Sistem Distribusi Primer ²

Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari Gardu Induk ke pusat – pusat beban atau konsumen. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi pada lingkungan. saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan disuplai tenaga listrik untuk mencapai pusat beban.

² Monatun, Syufrijal Readysal, *Buku Jaringan Distribusi Tenaga Listrik (Online)*



Jaringan sistem distribusi primer juga merupakan jaringan distribusi yang berasal dari jaringan transmisi yang diturunkan tegangannya di GI (Gardu Induk) menjadi TM (Tegangan Menengah) dengan nominal tegangan 20 kV yang biasa disebut JTM (Jaringan Tegangan Menengah) lalu disalurkan ke lokasi-lokasi pelanggan listrik yang kemudian di turunkan tegangannya di trafo pada gardu distribusi untuk disalurkan ke pelanggan.



Gambar 2.2 Diagram Sistem Distribusi Primer

(Sumber : https://1.bp.blogspot.com/-uQicAWMM_gA)

Terdapat beberapa macam bentuk rangkaian jaringan untuk distribusi primer mulai dari radial hingga spindle. Pertimbangan utama yang mempengaruhi jenis jaringan sistem distribusi antara lain adalah biaya dan keandalan.

Untuk PLN dalam distribusi primernya menggunakan level tegangan 20 kV dan untuk distribusi sekundernya menggunakan level tegangan 380/220 V.



Standar tegangan menengah di Indonesia adalah 20kV menurut (Abdul Kadir 2006 : 149). Untuk wilayah kota, tegangan diatas 20kV tidak diperkenankan, mengingat pada tegangan 20 kV akan terjadi gejala-gejala korona yang dapat mengganggu frekuensi radio, televisi, telekomunikasi dan telepon.

Sifat pelayanan sistem distribusi sangat luas dan kompleks, karena konsumen yang harus dilayani mempunyai lokasi dan karakteristik yang berbeda. Sistem distribusi harus dapat melayani konsumen yang terkonsentrasi di kota, pinggiran kota dan konsumen di daerah terpencil. Sedangkan dari karakteristiknya, terdapat konsumen perumahan dan konsumen dunia industri. Pemilihan konstruksi tersebut didasarkan pada pertimbangan yaitu alasan teknis berupa persyaratan teknis, alasan ekonomis, alasan estetika dan alasan pelayanan yaitu kontinuitas pelayanan sesuai jenis konsumen.

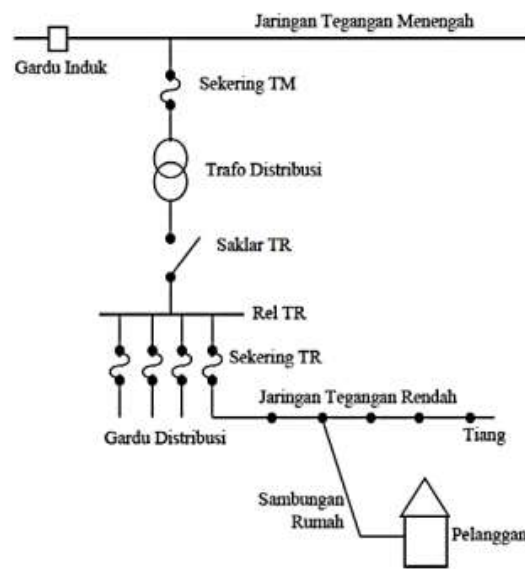
Pada jaringan distribusi primer terdapat (4) empat jenis sistem konfigurasi jaringan yaitu :

1. Sistem radial tidak dapat diandalkan, karena penyaluran tenaga listrik hanya dilakukan dengan menggunakan satu saluran saja.
2. Sistem hantaran penghubung (tie line)
3. Sistem lopp yaitu susunan rangkaian saluran membentuk ring yang memungkinkan titik beban terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik.
4. Sistem spindle merupakan saluran kabel bawah tanah tegangan menengah (SKTM) yang penerapannya cocok digunakan untuk di kota-kota besar.



2.2.2 Jaringan Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi.



Gambar 2.3 Diagram Sistem Distribusi Primer

(Sumber : https://1.bp.blogspot.com/-uQicAWMM_gA)

Sistem ini biasanya disebut sistem tegangan rendah yang langsung akan dihubungkan kepada konsumen atau pemakai tenaga listrik dengan melalui peralatan-peralatan sebagai berikut :

1. Papan pembagi pada trafo distribusi
2. Hantaran tegangan rendah (saluran distribusi sekunder)
3. Saluran Layanan Pelanggan (SLP) (ke konsumen/pemakai)
4. Alat Pembatas dan pengukur daya (kWh meter) serta fuse atau pengaman pada pelanggan



Jaringan distribusi sekunder merupakan jaringan tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen. Oleh karena itu, besarnya tegangan untuk jaringan distribusi sekunder adalah 220 V untuk satu fasa dan 380 V untuk 3 fasa.

Adapun fungsi distribusi tenaga listrik adalah :

1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan).
2. Merupakan sub sistem tenaga listrik yang berlangsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi.

Tujuan menaikkan tegangan adalah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya ialah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir (I^2R). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula.

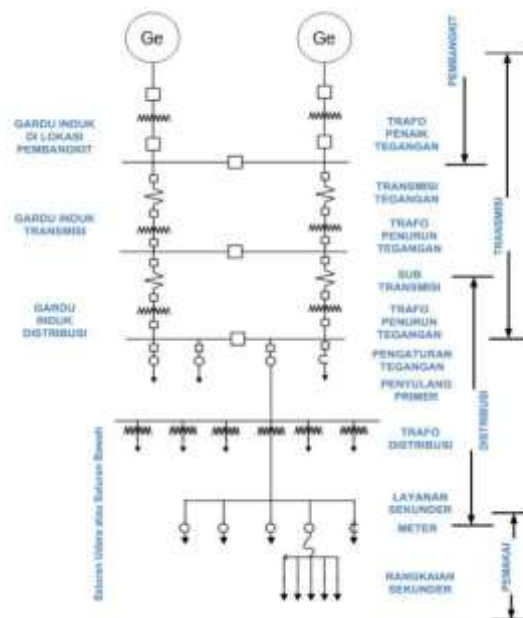
Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer.



Dari saluran distribusi primer gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen.

Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan. Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan trafo-trafo step-up.

Pada daerah-daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan trafo-trafo step-down. Akibatnya, bila ditinjau nilai tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga di titik beban, terdapat bagian-bagian saluran yang memiliki nilai tegangan yang berbeda-beda.



Gambar 2.4 Konfigurasi Sistem Tenaga Listrik

(Sumber : https://i1.wp.com/1.bp.blogspot.com/_jqFxFzKzwEbD8)



- Daerah I : Bagian pembangkitan (generation)
- Daerah II : Bagian penyaluran (transmission), bertegangan tinggi (HV, UHV, EHV)
- Daerah III : Bagian distribusi primer, bertegangan menengah (6 atau 20 kV)
- Daerah IV : (Di dalam bangunan pada beban / konsumen), Instalasi, bertegangan rendah.

Berdasarkan pembatasan-pembatasan tersebut, maka diketahui bahwa porsi materi Sistem Distribusi adalah Daerah III dan IV, yang pada dasarnya dapat di klasifikasikan menurut beberapa cara, bergantung dari segi apa klasifikasi itu dibuat.

Dengan demikian, ruang lingkup Jaringan Distribusi adalah :

1. SUTM, terdiri dari : Tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan perlengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.
2. SKTM, terdiri dari : Kabel tanah, indoor dan outdoor termination dan lain-lain.
3. Gardu trafo, terdiri dari : Transformator, tiang, pondasi tiang, rangka tempat trafo, LV panel, pipa-pipa pelindung, Arrester, kabel-kabel, transformer band, peralatan grounding, dan lain-lain.
4. SUTR dan SKTR, terdiri dari : sama dengan perlengkapan atau material pada SUTM dan SKTM. Yang membedakan hanya dimensinya.



2.3 Gardu Induk

Gardu Induk merupakan bagian yang tak terpisahkan dari saluran transmisi distribusi listrik. Dimana suatu sistem tenaga yang dipusatkan pada suatu tempat berisi saluran transmisi dan distribusi, perlengkapan hubung bagi, transformator, dan peralatan pengaman serta peralatan kontrol.

Pada bagian ini jika sistem pendistribusian tenaga listrik dilakukan secara langsung maka bagian pertama dari sistem distribusi tenaga listrik adalah Pusat Pembangkit Tenaga Listrik dan umumnya terletak di pinggiran kota. Untuk menyalurkan tenaga listrik ke pusat-pusat beban (konsumen) dilakukan dengan jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder.

Jika sistem pendistribusian dilakukan secara tak langsung., maka bagian pertama dari sistem pendistribusian tenaga listrik adalah Gardu Induk yang berfungsi menurunkan tegangan dari jaringan transmisi dan menyalurkan tenaga listrik melalui distribusi primer.

Selain itu, gardu induk adalah suatu instalasi yang terdiri dari peralatan-peralatan listrik yang berfungsi untuk :

1. Mengubah tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ke tegangan tinggi yang lainnya atau tegangan menengah.
2. Pengukuran, pengawasan, operasi serta pengaturan pengamanan sistem tenaga listrik.
3. Pengaturan daya ke gardu-gardu Induk lain melalui tegangan tinggi dan gardu-gardu distribusi melalui gawai tegangan menengah.



2.4 Gardu Distribusi

Gardu Induk Distribusi adalah gardu listrik yang mendapatkan daya dari saluran distribusi primer yang menyalurkan tenaga listrik ke pemakai dengan tegangan rendah.

Gardu Induk Distribusi merupakan instalasi sistem penyaluran tenaga listrik dengan tegangan menengah (20.000 Volt) ke pusat - pusat beban. Di dalamnya terdapat kubikel / panel bagi yaitu Incoming, Outgoing, Kopel, Pengukuran dan Trafo Pemakaian Sendiri.

Kubikel Incoming disuplai dari output Trafo Tenaga (sisi Sekunder) yang berfungsi mentransformasikan tegangan tinggi menjadi tegangan menengah. Kubikel Incoming merupakan Induk dari Outgoing. Kubikel Kopel berfungsi untuk memaralel / menghubungkan dua sumber atau trafo yang berbeda.

Kubikel Outgoing yang berfungsi menghubungkan dan memutus sumber ke gardu distribusi / pelanggan. Kubikel pengukuran berfungsi untuk mengukur energi listrik yang berisi peralatan ukur serta suplai trafo tegangan (VT). Kubikel Trafo Pemakaian Sendiri (PS) biasanya menggunakan LBS / Load Breaker Swich yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutus sumber Trafo PS.

2.5 Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Penggunaan penghantar telanjang merupakan ciri umum dari saluran udara tegangan menengah (SUTM), tetapi hal itu juga yang merupakan faktor mengapa saluran udara tegangan menengah harus diperhatikan dengan sangat baik. Ada beberapa jenis kontruksi TM dimana setiap kontruksi saluran udara tegangan menengah (SUTM) ini memiliki fungsi berbeda-beda.



Dari beberapa jenis kontruksi tersebut ada faktor yang harus diperhatikan terkait dengan keselamatan ketenagalistrikan seperti jarak aman yang harus dipenuhi penghantar bertegangan 20 kV tersebut antar fasa atau dengan bangunan, tanaman seperti pohon, hewan, maupun dengan jangkauan manusia. Termasuk dalam kelompok yang diklasifikasikan SUTM adalah juga bila penghantar yang digunakan ialah penghantar yang digunakan berupa penghantar berisolasi setengah, karena penggunaan penghantar ini juga tidak menjamin keamanan terhadap tegangan tempel yang dipersyaratkan akan tetapi untuk mengurangi resiko terjadi gangguan temporer khususnya akibat sentuhan tanaman.

Penyulang merupakan istilah yang biasa digunakan untuk menyebut jaringan distribusi listrik tegangan menengah, yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari gardu induk ke gardu distribusi di satu wilayah tertentu, lalu dari gardu distribusi akan disalurkan kembali ke pelanggan.

Dalam suatu gardu induk memiliki beberapa penyulang yang berbeda-beda jumlahnya, jadi apabila terjadi gangguan yang menyebabkan suatu penyulang itu trip, maka dapat di cover oleh penyulang lain dengan cara manuver jaringan secara manual maupun scada.

2.6 Proteksi Penyulang

Pada jaringan saluran udara tegangan menengah (SUTM) pastilah memiliki proteksi untuk melindungi jaringan tersebut dari adanya arus bocor yang disebabkan oleh berbagai macam gangguan. Proteksi tersebut memiliki fungsi masing masing, berikut merupakan beberapa proteksi yang digunakan pada jaringan saluran udara tegangan menengah (SUTM).



2.6.1 Load Break Switch (LBS)

Load break switch adalah saklar pemutus beban yang telah dirancang untuk arus yang telah ditentukan. Sesuai Namanya, prinsip kerja LBS adalah sebagai pemutus aliran listrik. Load break switch merupakan salah satu alat dalam kelistrikan yang berfungsi untuk mengisolasi daerah gangguan dengan memutus atau menyambung sirkuit pada sistem distribusi dalam keadaan berbeban.



Gambar 2.5 Load Break Switch

(Sumber : <https://1.bp.blogspot.com/-LAXrnIIB5Fg>)

LBS digunakan untuk pemutusan apabila terjadi gangguan atau ingin dilakukan perawatan jaringan distribusi pada daerah tertentu sehingga daerah yang tidak mengalami gangguan atau perawatan tidak mengalami pemadaman listrik. Pada saat terjadi bencana atau gangguan listrik seperti gempa, angin rebut, pohon tumbang, dan lain-lain sering terjadi gangguan pada jaringan distribusi seperti kabel tumbang.



2.6.2 Lightning Arrester (LA)

Lightning Arrester adalah suatu alat bagi pelindung suatu sistem tenaga listrik terhadap surja petir. Alat pelindung terhadap surja petir ini berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga listrik dengan cara membatasi tegangan lebih yang datang dan mengalirkan ke tanah.



Gambar 2.6 Lightning Arrester (LA)

(Sumber : <https://img.waimaoniu.net/749/749-201807291518380.jpg>)

Pada keadaan tegangan jaringan normal, tegangan nominal pelindung berperan sebagai isolasi atau idealnya tidak mengalirkan arus dari jaringan tanah. Tetapi jika suatu tegangan lebih impuls tiba pada terminal alat pelindung, maka alat pelindung segera berubah menjadi penghantar dan mengalirkan arus impuls ke tanah sehingga amplitude tegangan lebih yang merambat menuju peralatan yang dilindungi berkurang menjadi dibawah ketahanan tegangan impuls peralatan yang di lindungi.



Lightning arrester ini memiliki beberapa bagian sebagai berikut :

1. Elektroda

Pada *arrester* terpasang 2 elektroda yaitu elektroda atas dan elektroda bawah, dimana elektroda atas dihubungkan ke bagian yang bertegangan sedangkan elektroda bawah dihubungkan ke *ground*.

2. *Spark Gap*

Bertugas untuk memunculkan busur api apabila terjadi tegangan lebih akibat surja ataupun surja hubung.

3. Tahanan Katup

Tahanan yang digunakan dalam arrester ini adalah suatu jenis material yang sifat tahanannya dapat berubah.

2.6.3 Fuse Cut Out (FCO)

Fuse Cut Out (FCO) adalah suatu alat pengaman yang melindungi jaringan terhadap arus beban lebih (overload current) yang mengalir melebihi dari batas maksimum, yang disebabkan karena hubung singkat (short circuit) atau beban lebih (overload).



Gambar 2.7 Fuse Cut Out (FCO)

(Sumber : <https://lh3.googleusercontent.com>)



Fuse cut out ini hanya dapat memutuskan satu saluran kawat jaringan di dalam satu alat. Apabila diperlukan pemutus saluran tiga fasa maka dibutuhkan Fuse cut out sebanyak tiga buah.

Fuse cut out merupakan sebuah alat pemutus rangkaian listrik yang berbeban pada jaringan distribusi yang bekerja dengan cara meleburkan bagian dari komponennya (fuse link) yang telah dirancang khusus dan disesuaikan ukurannya untuk itu. Perlengkapan fuse ini terdiri dari sebuah rumah fuse (fuse support), pemegang fuse (fuse holder) dan fuse link sebagai pisau pemisahannya. Fuse cut out sering ditemukan pada setiap transformator.³

Fuse cut out boleh dikatakan hanya berupa sehelai kawat yang memiliki penampang disesuaikan dengan besarnya arus maksimum yang diperkenankan mengalir di dalam kawat tersebut. Pemilihan kawat yang digunakan pada fuse cut out ini didasarkan pada faktor lumer yang rendah dan harus memiliki daya hantar (conductivity) yang tinggi. Faktor lumer ini ditentukan oleh temperatur bahan tersebut. Biasanya bahan-bahan yang digunakan untuk fuse cut out ini adalah kawat perak, kawat tembaga, kawat seng, kawat timbel atau kawat paduan dari bahan-bahan tersebut.

Pada umumnya diantara kawat diatas, yang sering digunakan adalah kawat logam perak hal ini karena logam perak memiliki Resistansi Spesifik ($\mu\Omega/\text{cm}$) yang paling rendah dan Titik Lebur ($^{\circ}\text{C}$) yang rendah. Kawat ini dipasangkan di dalam tabung porselin yang diisi dengan pasir putih sebagai pemadam busur api, menghubungkan kawat tersebut pada kawat fasa, sehingga arus mengalir melaluinya.

³ DuniaListrik, 2015, Prinsip Kerja Fuse Cut Out. <http://dunialistrikelektron.blogspot.com/2015/04/prinsip-kerja-fuse-cut-out-fco.html>, diakses pada tanggal 28 April 2023



2.7 Gangguan Sistem Distribusi Pada Penyulang ⁴

Pada suatu sistem jaringan saluran udara tegangan menengah tidak akan luput dari gangguan baik yang disebabkan oleh faktor internal maupun faktor eksternal. Gangguan ini dapat mempengaruhi kinerja dari jaringan SUTM itu sendiri terutama mempengaruhi terhadap kaandalan jaringan pada penyulang tersebut.

Gangguan pada sistem distribusi adalah terganggunya sistem tenaga listrik yang menyebabkan bekerjanya rele pengaman penyulang bekerja untuk membuka circuit breaker di gardu induk yang menyebabkan terputusnya suplai tenaga listrik. Hal ini untuk mengamankan peralatan yang dilalui arus gangguan tersebut dari kerusakan, sehingga fungsi dari peralatan pengaman adalah untuk mencegah 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 dibandingkan dengan saluran distribusi yang ditanam dalam tanah (SKTM) dengan menggunakan isolasi pembungkus.

2.7.1 Pengertian Gangguan

Gangguan dapat diartikan sebagai kondisi fisik yang disebabkan kegagalan suatu perangkat, komponen atau suatu elemen untuk bekerja sesuai dengan fungsinya. Gangguan pada penyulang ini hampir selalu ditimbulkan karena terjadinya hubung singkat antar *fasa* atau hubung singkat *fasa* ke tanah. Gangguan ini dapat dibagi menjadi dua yaitu gangguan secara teknis dan gangguan non teknis.

⁴ Hutasoit, Rosade E, Zuraidah Tharo, dan Pristisal Wibowo, 2018, “Analisa Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) Rayon Delitua Berbasis Matlab”, Banyuwangi



Gangguan secara teknis merupakan gangguan yang terjadi akibat adanya komponen kelistrikan yang sudah tidak layak pakai ataupun rusak. Sedangkan gangguan non teknis merupakan gangguan yang disebabkan oleh beberapa hal disekitar penyulang yang dapat menyebabkan terjadinya hubung singkat antar *fasa*.

Sebagian besar gangguan pada saluran udara tegangan menengah disebabkan oleh petir, sentuhan pohon, apalagi saluran tegangan menengah banyak benda di dalam kota yang memiliki bangunan-bangunan tinggi dan pohon-pohon yang lebih tinggi dari tiang saluran udara tegangan menengah. Hal ini menyebabkan saluran udara tegangan menengah yang ada di dalam kota banyak terlindung terhadap sambaran petir tetapi banyak diganggu oleh sentuhan pohon. Namun, untuk daerah di luar kota selain gangguan sentuhan pohon juga sering terjadi gangguan karena petir.

2.7.2 Faktor Penyebab Gangguan

Terdapat beberapa faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya gangguan-gangguan pada penyulang SUTM. Berikut merupakan faktor-faktor terjadinya gangguan pada penyulang saluran udara tegangan menengah (SUTM) :

1. Komponen JTM

Gangguan yang disebabkan oleh adanya kerusakan pada bahan – bahan listrik yang digunakan pada jaringan tegangan menengah, seperti kawat penghantar, fuse cut out, arrester, isolator dan sebagainya.



Gambar 2.8 Gangguan Akibat Komponen

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Pada gambar 2.8 merupakan salah satu contoh gangguan akibat komponen JTM yang tidak boleh digunakan lagi karena dapat dilihat bahwa arrester yang terpasang sudah gosong dan tidak layak pakai lagi. Karena apabila terus digunakan dan tidak diganti, memungkinkan apabila terjadi sambaran petir, maka akan menyebabkan trip karena akan ada lonjakan tegangan yang akan menuju peralatan listrik yang tidak dapat dibumikan sehingga dapat menyebabkan kerusakan peralatan listrik.

2. Bencana Alam

Bencana alam merupakan salah satu faktor yang dapat mengakibatkan terjadinya gangguan pada penyulang. Untuk daerah Palembang faktor ini jarang terjadi dikarenakan jarang terjadinya bencana alam yang berpotensi menyebabkan kerusakan pada jaringan SUTM. Tetapi, faktor ini juga merupakan faktor yang sangat sulit untuk diatasi karena tidak dapat memprediksi kapan dan dimana bencana alam itu sendiri akan terjadi.



Gambar 2.9 Gangguan Akibat Bencana Alam

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Gambar 2.9 merupakan salah satu contoh gangguan SUTM yang disebabkan oleh faktor bencana alam yaitu longsor. Faktor ini sangat sulit untuk diatasi karena tidak bisa diprediksi bencana alam itu sendiri.

Tetapi untuk tetap meningkatkan keadilan jaringan kepada pelanggan, maka dapat dilakukan perbaikan secara sigap agar pemadaman tidak berlangsung lama.

3. Hewan (Pihak Ketiga)

Faktor selanjutnya yang dapat menyebabkan gangguan pada penyulang SUTM yaitu adanya pihak ketiga/Hewan yang melakukan interaksi dengan kabel SUTM dalam kondisi hewan tersebut menyentuh dua atau tiga dari fasa R, S dan T sehingga terjadi trip antar fasa dan menyebabkan padamnya listrik ke pelanggan.



Gambar 2.10 Gangguan Akibat Hewan

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Gambar 2.10 merupakan salah satu contoh faktor yang menyebabkan gangguan pada penyulang SUTM oleh hewan sehingga terjadi trip antar fasa.

4. Gangguan Akibat Pohon

Pohon merupakan salah satu faktor yang paling sering terjadi dalam menyebabkan gangguan pada penyulang. Di daerah - daerah yang masih belum termasuk perkotaan besar merupakan tempat paling sering terjadi gangguan yang disebabkan oleh faktor pohon ini.



Gambar 2.11 Gangguan Akibat Pohon

(Sumber : Dokumen Pribadi)



Adapun jarak standar PLN antara pohon ke kabel SUTM yaitu 3 meter dari kanan dan kiri.

5. Layang-layang

Faktor lainnya penyebab gangguan penyulang merupakan adanya layang – layang yang menyentuh 2 hingga 3 fasa sekaligus. Faktor ini sering terjadi di daerah padat penduduk dan sering terjadi saat musim layang – layang tiba.



Gambar 2.12 Gangguan Akibat Layang-layang

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Biasanya penyebab sering terjadinya gangguan akibat layang – layang ini karena anak – anak bahkan orang dewasa yang belum memahami akan akibat dari layang – layang yang menyentuh kabel dari jaringan SUTM.

6. Tidak diketahui

Faktor terakhir yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan ini adalah faktor yang tidak diketahui atau tidak bisa diidentifikasi kenapa bisa terjadi trip selain dari ke 5 faktor di atas.



Hal ini dikarenakan saat melakukan investigasi ke titik padam, tidak adanya barang bukti yang mendukung kenapa hal bisa terjadi gangguan pada penyulang bisa terjadi.

2.7.3 Jenis Gangguan

Gangguan yang sering terjadi pada saluran distribusi 20kV dibagi menjadi dua macam yaitu gangguan yang berasal dari dalam sistem berupa kegagalan yang diakibatkan gagal fungsi dari peralatan listrik pada suatu jaringan dan gangguan yang berasal dari luar sistem seperti gangguan yang disebabkan oleh sentuhan pohon pada saluran distribusi, sambaran petir, manusia, hewan, cuaca dan lain sebagainya.⁵

Gangguan hubung singkat merupakan gangguan yang terjadi karena terdapat kesalahan antara bagian bertegangan dimana gangguan ini juga dapat terjadi ketika terdapat kerusakan isolasi yang menyebabkan tembusnya tegangan.

Gangguan – gangguan tersebut merupakan gangguan hubung singkat yang dapat terjadi pada sistem distribusi. Gangguan hubung singkat merupakan gangguan yang terjadi karena terdapat kesalahan antara bagian bertegangan dimana gangguan ini juga dapat terjadi ketika terdapat kerusakan isolasi yang menyebabkan tembusnya tegangan atau gangguan hubung singkat juga dapat disebut juga sebagai kondisi dimana penghantar pada sistem distribusi terhubung langsung dengan penghantar lainnya ataupun dengan tanah.

⁵ Dairo, Bobo, Tomi D., Wellem F. Galla, Evtaleny R. Mauboy, 2017 “*Analisa Keandalan Pada Jaringan Distribusi Penyulang OESAO, Camplong dan Buraen*”, Universitas Nusa Cendana.



Berikut penjelasan untuk setiap jenis gangguan hubung singkat :

- Gangguan hubung singkat tiga phase ke tanah
Hubung singkat tiga fasa ke tanah merupakan tipe gangguan ini jarang terjadi, namun tetap harus mendapat perhatian. Gangguan ini dapat disebabkan oleh petir yang menyambar ketiga kawat fasa ataupun pohon yang mengenai ketiga kawat fasa.
- Gangguan hubung singkat antar phase
Gangguan hubung singkat antar phase pada sistem distribusi biasanya diakibatkan oleh adanya kerusakan isolasi antar fasanya, juga gangguan hewan yang melintas pada jaringan distribusi yang menyentuh dua konduktor dari saluran distribusi.
- Gangguan hubung singkat dua phase ke tanah
Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah dapat terjadi ketika terdapat tegangan lebih yang tinggi pada salah satu fasa dan di samping isolator dari phase tersebut flashover, yang juga terjadi flashover ke isolator dari phase yang berada di sebelahnya.
- Gangguan hubung singkat satu phase ke tanah
Gangguan hubung singkat yang terjadi karena salah satu penghantar fasa yang terhubung ke tanah .Gangguan hubung singkat ini merupakan gangguan yang sering terjadi bila dibandingkan dengan jenis gangguan lainnya yang biasa diakibatkan karena pohon yang tumbang mengenai saluran distribusi.



Selain itu, berdasarkan durasi atau lamanya gangguan dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu :

- Gangguan sementara atau temporer merupakan gangguan yang timbulnya gangguan bersifat sementara terjadi dalam waktu yang tidak lama dan tidak memerlukan tindakan dalam arti dapat normal kembali dengan sendirinya dengan penutupan kembali oleh peralatan hubung dan jaringan listrik akan bekerja normal kembali. Jenis gangguan ini dapat merusak peralatan listrik yang ada karena jenis ganggua ini bisa terjadi berulang kali. Jenis gangguan ini ialah : timbulnya flashover antar penghantar dan tanah (tiang, traverse atau kawat tanah) karena sambaran petir, flashover dengan pohon-pohon, dan lain sebagainya.
- Gangguan permanen merupakan gangguan yang terjadi dalam jangka waktu yang lama atau tetap yang dapat disebabkan oleh rusaknya peralatan listrik dimana gangguan ini hanya dapat hilang setelah dilakukannya perbaikan dan gangguan ini akan menyebabkan terjadinya pemadaman tetap pada jaringan listrik. Contoh: menurunnya kemampuan isolasi padat atau minyak trafo.

2.7.4 Pengaruh Gangguan Terhadap Sistem Distribusi

Adapun akibat yang ditimbulkan apabila terjadi gangguan pada jaringan sistem distribusi tenaga listrik antarlain seperti :

1. Gangguan akan menginterupsi kontinuitas pelayanan daya pada konsumen apabila gangguan yang terjadi hingga menyebabkan terputusnya suatu rangkaian atau jalur distribusi.



2. Ketika gangguan menyebabkan terjadinya penurunan tegangan yang cukup besar maka hal tersebut berarti kualitas listrik yang diterima oleh konsumen rendah sehingga akan berpengaruh terhadap kerja dari peralatan–peralatan listrik baik milik PLN maupun konsumen.
3. Kurangnya stabilitas dari sistem dan dapat menyebabkan jatuhnya pembangkit atau generator.
4. Dapat merusak peralatan listrik pada daerah-daerah yang mengalami gangguan.

2.8 Keandalan Sistem Distribusi ⁶

Keandalan atau reliability secara umum merupakan kemampuan sistem dapat berfungsi dengan baik untuk jangka waktu tertentu. Ukuran keandalan dapat dinyatakan dengan seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi. Sistem yang mempunyai keandalan yang tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem yang mempunyai keandalan rendah akan menyebabkan sering terjadinya pemadaman.

Keandalan sistem distribusi sangat dipengaruhi oleh gangguan yang terjadi pada sistem yang menyebabkan terjadinya pemutusan beban atau outage, sehingga berdampak pada kontinuitas ketersediaan pelayanan tenaga listrik ke pelanggan.

⁶ Imran, Muhammad, Andik Bintoro, Ezwarsyah, 2019, “Analisa Keandalan Distribusi Tenaga Listrik Untuk Wilayah Kota Lhokseumawe Di PT. PLN (Persero) Rayon Kota Lhokseumawe”, Jurnal Energi Elektrik Volume 08 Nomor 01.



Tingkat keandalan pada sistem distribusi listrik dapat dilihat dari frekuensi terjadinya pemutusan beban (outage), berapa lama pemutusan terjadi dan waktu yang dibutuhkan untuk pemulihan sistem dari pemutusan yang terjadi (restoration). Tingkat pemutusan yang terjadi ini berbanding terbalik dengan keandalan sistem. Frekuensi pemutusan beban yang tinggi akan mengakibatkan keandalan sistem yang rendah.

Untuk menyalurkan tenaga listrik secara kontinyu dan andal, diperoleh pemilihan sistem distribusi yang tepat. Kriteria pemilihan ini berdasarkan pada beberapa faktor, antara lain :

1. Faktor ekonomis
2. Faktor tempat
3. Kelayakan

Tingkat keandalan suatu jaringan dibedakan menjadi tiga yaitu :

– **Keandalan Sistem Tinggi**

Pada keadaan normal sistem dapat memberikan kapasitas yang cukup untuk kebutuhan beban puncak dengan variasi tegangan yang baik dan dalam keadaan bila terjadi gangguan maka sistem ini memerlukan peralatan dan pengamanan yang cukup banyak agar terhindar dari berbagai macam gangguan.

– **Keandalan Sistem Menengah**

Pada keadaan normal sistem dapat memberikan kapasitas yang cukup untuk kebutuhan beban puncak dengan variasi tegangan yang baik dan dalam keadaan bila terjadi gangguan maka sistem masih dapat memberikan supply kepada sebagian beban dalam keadaan beban puncak. Jadi dalam sistem membutuhkan peralatan yang cukup banyak untuk mengatasi gangguan–gangguan pada sistem.



– **Keandalan Sistem Rendah**

Pada keadaan normal sistem dapat memberikan kapasitas yang cukup untuk kebutuhan beban puncak dengan variasi tegangan yang baik dan dalam keadaan bila terjadi gangguan maka sistem tidak dapat memberikan supply pada semua beban sehingga sistem perlu diperbaiki terlebih dahulu yang mana berarti sistem ini peralatan pengamannya masih kurang dan relatif sedikit jumlahnya.

Gangguan – gangguan yang terjadi hingga menyebabkan pemadaman pada konsumen biasanya terjadi pada bagian saluran distribusi tegangan menengah yang mana banyak terjadi akibat dari gangguan pada saluran udara (Overhead).

Keandalan pada sistem bergantung pada komponen – komponen yang bekerja dan membentuk sebuah sistem.

Berikut merupakan hal – hal yang ada dalam keandalan antara lain :

1. Fungsi

Keandalan suatu sistem dapat dilihat dari sistem yang dapat melakukan fungsinya secara baik dan sesuai dengan standar dalam keadaan tertentu. Kegagalan fungsi dapat diakibatkan karena tidak berjalannya perawatan pada sistem dengan baik.

2. Lingkungan

Keandalan setiap peralatan sangat berpengaruh dari kondisi lingkungan ketika peralatan sedang bekerja. Gangguan pada saluran udara ini akibat lingkungan banyak dipegaruhi oleh berbagai hal seperti kondisi cuaca seperti hujan, angin, dan petir serta lingkungan sekitar seperti pohon ataupun hewan serta hal lain seperti penyimpanan, instalasi, pemakai, debu, kimia dan polutan lainnya terhadap sistem.



3. Waktu

Keandalan suatu sistem akan berkurang seiring berjalannya waktu, hal ini merupakan pengaruh dari semakin lama umur kerja sebuah peralatan maka kualitas keandalannya akan semakin menurun yang mengakibatkan probabilitas kegagalan lebih tinggi.

4. Probabilitas

Keandalan diukur sebagai probabilitas. Sehingga probabilitas yang selalu berubah - ubah terhadap waktu merupakan bagian dari bidang statistik dan analisa statistic.

2.8.1 Definsi Dasar Dalam Keandalan Sistem Distribusi

Berikut adalah definisi – definisi dasar yang ada dalam keandalan distribusi berdasarkan SPLN59 1985 yaitu sebagai berikut :

- Pemadaman (Interruption of Supply) Terhentinya pelayanan pada satu atau lebih konsumen, akibat dari satu atau lebih komponen mendapat gangguan.
- Keluar (Outage) Keandalan dimana dalam suatu komponen tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya, diakibatkan karena beberapa peristiwa yang berhubungan dengan komponen tersebut. Suatu kelua dapat atau tidak dapat menyebabkan pemadaman, hal ini masih bergantung pada konfigurasi dari sistem.
- Lama Keluar (Outage Duration) Periode dari saat komponen mengalami outage hingga saat komponen dioperasikan kembali sesuai dengan fungsinya.



- Lama Keluar Paksa Transien (Transient Forced Outage Duration) Waktu singkat, karena alat pemutus mampu bekerja menutup kembali dengan cepat, tanpa merusak komponen.
- Lama Keluar Paksa Permanen (Permanent Forced Outage Duration) Waktu yang diperlukan dari saat permulaan komponen mengalami keluar sampai komponen mendapat perbaikan.
- Lama Keluar Terencana (Scheduled Outage Duration) Waktu yang diperlukan untuk perawatan dan pemeliharaan komponen yang telah direncanakan.
- Lama Pemadaman (Interruption Duration) Waktu dari saat permulaan terjadinya pemadaman hingga menyala kembali.
- Kegagalan Parsial (Partial Failure) Kegagalan parsial menggambarkan sebuah komponen yang bekerjanya tidak dapat sama dengan kemampuan yang semestinya tetapi tidak berarti tidak bekerja sama sekali.
- Kegagalan Total (Complete Failure) Kegagalan total, menggambarkan kondisi sebuah komponen yang sama sekali tidak bisa bekerja.
- Keluar Paksa Transien (Transient Forced Outage) Keluar paksa penyebabnya bisa hilang dengan sendirinya, sehingga alat atau komponen yang gagal tersebut bisa berfungsi normal kembali secara otomatis atau setelah sebuah pemutus ditutup kembali atau pelebur diganti. Contoh : Sambaran petir yang tidak menyebabkan alat atau komponen mengalami kerusakan.
- Pemadaman Paksa (Forced Interruption) Pemadaman yang disebabkan oleh keluar darurat.



- Pemadaman Terencana (Scheduled Interruption) Pemadaman yang disebabkan oleh keluar terencana.
- Pemadaman Sejenak (Momentary Interruption) Pemadaman yang waktunya terbatas diperlukan hanya untuk mengembalikan suplai dengan cara otomatis, dengan cara pengaturan jarak jauh atau dengan cara manual yang langsung dikerjakan oleh operator yang sudah siap di tempat. Pemadaman ini biasanya tidak lebih dari 5 menit.
- Pemadaman Temporer (Temporary Interruption) Pemadaman yang waktunya terbatas diperlukan hanya untuk mengembalikan suplai dengan cara manual yang dikerjakan oleh operator yang tidak siap ditempat.

2.8.2 Keandalan Dalam Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Tingkat keandalan dari sistem distribusi diukur dari sejauh mana penyaluran tenaga listrik dapat berlangsung secara kontinu kepada para pelanggan tanpa perlu terjadi pemadaman seiring dengan kemajuan zaman. Terjadi pertumbuhan beban ditandai munculnya Kawasan industri, bisnis, serta pemukiman yang baru, dan hal ini tentunya menuntut tingkat keandalan yang semakin tinggi.

2.8.3 Istilah Dalam Keandalan Distribusi

Ada beberapa istilah-istilah yang penting berkaitan dengan keandalan sistem distribusi, yaitu :

- *Outage*. Keandalan di mana suatu komponen tidak dapat melakukan fungsinya disebabkan hal-hal yang secara langsung berhubungan dengan komponen tersebut.



- *Force outage.* outage yang disebabkan oleh keadaan darurat yang secara langsung berhubungan dengan komponen tersebut dilepaskan dari sistem dengan segera, atau outage yang disebabkan oleh kesalahan dalam pengoperasian peralatan ataupun karena kesalahan manusia.

2.8.4 Faktor Yang Mempengaruhi Indeks Keandalan Dalam Suatu Sistem Distribusi Sesuai Standar IEEE P1366⁷

Faktor-faktor yang mempengaruhi indeks keandalan dalam suatu sistem distribusi sesuai standar IEEE P1366 antara lain :

1. Pemadaman/ Interruption of Supply. Terhentinya pelayanan pada satu atau lebih konsumen, akibat dari salah satu atau lebih komponen mendapat gangguan.
2. Keluar/Outage. Keadaan dimana suatu komponen tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya, diakibatkan karena beberapa peristiwa yang berhubungan dengan komponen tersebut.
3. Lama keluar/Outage Duration. Periode dari saat permulaan komponen mengalami outage sampai saat dapat dioperasikan kembali sesuai dengan fungsinya.
4. Lama pemadaman / interruption Duration. Waktu dari saat permulaan terjadinya pemadaman sampai saat menyala kembali.
5. Jumlah total konsumen terlayani / Total Number of Costumer Served. Jumlah total konsumen yang terlayani sesuai dengan periode laporan terakhir.
6. Periode laporan. Periode laporan diasumsikan sebagai satu tahun.

⁷ Arifani, Nur Indah, Heru Winarno, 2013, “ *Analisa Nilai Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Udara 20 kV Pada Penyulang Pandean Lamper 1,5,8,9,10 Di GI Pandean Lamper*”, Jurnal Teknik Elektro, Diponegoro.



2.8.5 Standar Keandalan Sistem Kelistrikan Jaringan Distribusi 20 kV

Setiap peralatan listrik pada jaringan distribusi memiliki nilai laju kegagalan yang mana bentuk kegagalan dari peralatan listrik atau komponen menyebabkan zona pengaman disekiran komponen yang mengalami kegagalan tersebut. Selain itu, komponen atau peralatan listrik juga memiliki Repair Time atau waktu perbaikan yang merupakan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan komponen dari mulai terjadi gangguan hingga beban terpenuhi kembali.

Dalam keandalan sistem distribusi 20kV, terdapat indeks frekuensi kegagalan (SAIFI) dan juga indeks durasi (SAIDI) kegagalan dengan nilai standar atau target berdasarkan Standar yang telah ada di ULP Rivai, nilai indeks keandalannya adalah sebagai berikut :

SAIFI : 1,82 kali/pelanggan

SAIDI : 2,2 jam/pelanggan

Standar nilai indeks keandalan yaitu ketetapan nilai minimum yang hendaknya dapat dipenuhi oleh suatu sistem distribusi agar keandalan penyaluran energy listrik kepada pelanggan dapat terjamin kualitasnya.

Adapun standar keandalan yang ditetapkan oleh SPLN bertujuan untuk menetapkan serta menjelaskan tingkat keandalan sistem distribusi energi listrik. Selain itu bertujuan untuk memberi tolak ukur terhadap kemajuan dan menentukan target yang akan dicapai oleh perusahaan tersebut.⁸

⁸ Br. Bangun, Alecia Oktarina, 2021, "Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Pada Penyulang Nakula Di PT. PLN (Persero) ULP Sukarami Menggunakan Software ETAP 19.01", Politeknik Negeri Sriwijaya.

**Tabel 2.1 Standar Keandalan SPLN 68-2:1986**

Indek Keandalan	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3,1	Kali/Pelanggan
SAIDI	21,09	Jam/Pelanggan

Namun, untuk di era sekarang SPLN No. 68-2:1986 tidak dapat lagi menjadi pedoman terus-menerus, sebab di era sekarang diketahui bahwa tiap unit memiliki standar yang berbeda-beda, seperti pada ULP Rivai yang telah memiliki Standar PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Rivai terbaru.

Oleh karena itu, pada penelitian ini untuk SPLN 68-2:1986 hanya sebagai informasi, bahwa untuk di era sekarang standar dari keandalan pun harus ada perubahan lebih baik lagi agar keandalan yang di inginkan tercapai, dan untuk penelitian ini menggunakan pedoman standar baru di ULP Rivai.

Berikut adalah standar terbaru di ULP Rivai :

Tabel 2.2 Standar PLN (Unit Layanan Pelanggan Rivai)

Indek Keandalan	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	1,82	Kali/Pelanggan
SAIDI	136,27	Menit/Pelanggan



2.8.6 Peningkatan Keandalan Sistem Distribusi

Terdapat dua hal yang harus diperhatikan untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi ini antara lain :

1. Frekuensi pemadaman

Untuk mengurangi frekuensi pemadaman dapat dilakukan dengan cara preventive maintenance atau perawatan atau pemeliharaan secara berkala pada peralatan – peralatan yang digunakan dalam jaringan distribusi. Dengan hal ini dapat meningkatkan kinerja atau performa peralatan pada sistem secara menyeluruh.

2. Durasi pemadaman

Untuk mengurangi durasi pemadaman dapat dilakukan dengan penggantian metode konvensional menjadi otomatisasi pada peralatan jaringan distribusi yang memulihkan jaringan distribusi yang terkena gangguan sehingga mendapatkan supply tenaga listrik kembali juga dapat memperbaiki tingkat keandalan sistem.

2.9 Indeks Keandalan Berorientasikan Pada Penyulang⁹

Indeks keandalan yang akan dievaluasi biasanya menggunakan konsep klasik yang akan menghitung : laju kegagalan rata-rata, durasi pemadaman rata-rata dan ketersediaan tahunan rata-rata atau waktu pemadaman tahunan rata-rata. Adapun indeks keandalan secara keseluruhan yang biasa digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan ataupun kemampuan suatu jaringan distribusi, antara lain sebagai berikut :

⁹ Pulungan, Ali Basrah, Sukardi, Dahlan Prinando Tambun, 2012, “Keandalan Jaringan Tegangan Menengah 20 KV Di Wilayah Area Pelayanan Jaringan (APJ) Padang PT. PLN (Persero) Cabang Padang, No.1 Vol: 1, Padang



2.9.1 Indeks Frekuensi Gangguan Rata-rata Sistem

System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

SAIFI merupakan suatu indeks yang menyatakan banyaknya gangguan (pemadaman) yang terjadi dalam selang waktu tertentu (satu tahun) pada pelanggan dalam suatu sistem secara keseluruhan.

$$SAIFI = \frac{\sum F_i \times N_i}{\sum N_t}$$

Dimana :

F_i = Jumlah frekuensi padam

N_i = Jumlah pelanggan padam

N_t = Jumlah pelanggan yang dilayani selama 1 periode

2.9.2 Indeks Durai Gangguan Rata-rata Sistem

System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

SAIDI merupakan suatu indeks yang menyatakan lamanya gangguan (pemadaman) yang terjadi dalam selang waktu tertentu. Indeks ini ditentukan dengan pembagian jumlah dari lamanya kegagalan secara terus menerus untuk semua yang dilayani selama tahun itu.

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N_t}$$

Dimana :

U_i = Jumlah lamanya padam

N_i = Jumlah pelanggan padam

N_t = Jumlah pelanggan yang dilayani selama 1 periode