



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian terkait

Penelitian tentang analisa keandalan sistem distribusi energi listrik di PT PLN (Persero) Rayon Delanggu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keandalan disistem distribusi energi listrik PT. PLN (Persero) Rayon Delanggu dengan melakukan analisa terhadap nilai SAIDI, SAIFI dan CAIDI. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa PT. PLN Rayon Delanggu dinyatakan dalam kategori handal, karna sekitar 70 % penyulang Rayon Delanggu telah memenuhi standar keandalan sesuai setandar SPLN dan IEE [8].

Penelitian tentang Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Menggunakan Metode Reliability Index Assesment Pada penyulang KTN 4 Gardu Induk Kentungan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung keandalan dari sistem distribusi Area Yogyakarta penyulang KTN 4 dengan menggunakan metode *reliability index assesment* (RIA). Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah pada kondisi perfect switching nilai SAIFI = 1.37 kali/tahun, MAIFI = 0.02055 kali/tahun, SAIDI = 1.21864 jam/tahun dan CAIDI = 0.88951 jam/tahun dan pada kondisi imperfect switching nilai SAIFI = 1.683 kali/tahun, MAIFI = 0.02055 kali/tahun, SAIDI = 2.13345 jam/tahun dan CAIDI = 1.26764 jam/tahun. Sedangkan hasil analisa berdasarkan pemadaman pada penyulang KTN 4 tahun 2015, nilai SAIFI = 0.754315, saidi = 0.974807 jam/tahun. ENS = 53.7 MWh dan AENS = 5.92 kWh perpelanggan . kerugian rupiah yang dialami berdasarkan nilai ENS adalah Rp. 81.128.103.84 [9]

Peneltian yang berjudul “Analisis keandalan sistem jaringan distribusi listrik 20 kV pada penyulang kulim di PT. PLN (Persero) Rayon Kota Timur.” Penelitian ini dilakukan untuk mencari nilai indeks keandalan sistem Jaringan distribusi listrik 20 Kv serta memberikan rekomendasi yaitu usulan prioritas gangguan pada penyulang dengan menggunakan 2 metode yaitu FTA (*fault tree analysis*) Dan FMEA(*failure mode and effect analysis*). Hasil penelitian didapatkan bahwa sistem jaringan distribusi 20 kV penyulang masih dalam kategori andal yaitu untu nilai SAIDI masih dibawah standar PLN sebesar 5,05 gangguan / pelanggan, namun untuk nilai SAIFI dalam kategori tidak andal karena memiliki nilai diatas standar PLN yaitu 2,77 jam /



pelanggan selama setahun. Dan berdasarkan nilai RPN yang didapat, usulan prioritas gangguan adalah kerusakan pada tiang, kabel, *fuse cut out* dan *lightning arrester*. [10]

Penelitian tentang evaluasi sistem distribusi tenaga listrik berdasarkan indeks keandalan SAIDI dan SAIFI pada PT. PLN (Persero) rayon bagan batu tahun 2015 . Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi keandalan sistem distribusi listrik pada PT. PLN rayon bagan batu dengan menggunakan perhitungan terhadap nilai indeks SAIDI, SAIFI. Sebelum dievaluasi nilai SAIDI tertinggi dibulan agustus 88,1295 dan terendah dibulan mei 0,081. Sedangkan untuk nilai SAIFI tertinggi September 1,8549 dan terendah dibulan maret 0,018. Secara keseluruhan jika dibandingkan dengan target PLN bagan batu nilai SAIDI dan SAIFI masih jauh diatas target yang ditentukan. Setelah dievaluasi nilai SAIDI tertinggi pada bulan November sebesar 0,0076 dan terendah dibulan mei 0,00011. Sedangkan nilai SAIFI tertinggi dibulan September sebesar 0,11541 dan terendah dibulan maret sebesar 0,01304. Dan secara keseluruhan jika dibandingkan dengan target PLN untuk tahun 2014 masih dibawah target yang ditentukan. [11]

Penelitian yang berjudul “ Analisis pengendalian kualitas dengan menggunakan diagram pengendali demerit.(studi kasus produksi air minum dalam kemasan 240 ml di PT. TI)”. Latar belakang penelitia ini admalah dalam menghadapi persaingan dibidang industri minuman kemasan perusahaan harus dapat menjaga kualitas pada produknya, salah satunya adalah cacat produk. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui proses produksi air kemasan telah terkendali secara statistik, jenis cacat yang mendominasi kegagalan produksi serta faktor penyebabnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan diagram pengendali demerit, diagram pareto dan diagram sebab-akibat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis cacat produk yang dominan adalah lid miring dan *reject filter* isi. Faktor peneyebabnya adalah komponen mesin aus, pengaturan mesin yang tidak sesuai, komposisi materi tidak benar [12].

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan menjelaskan bahwa keandalan suatu sistem jaringan distribusi listrik 20 kV merupakan hal yang sangat penting untuk diketahui khususnya bagi pihak PLN sebagai badan penyedia listrik. Untuk itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai tingkat keandalan sistem jaringan distribusi 20 kV di PT. PLN



(Pesero) Rayon Pekanbaru Kota Timur berdasarkan indeks SAIFI, SAIDI , CAIDI dan CAIFI disetiap penyulangannya.

Penelitian terkait yang mendekati penelitian ini yaitu penelitian tentang analisa sistem distribusi energi listrik di PT. PLN (Pesero) Rayon Delanggu. Kelebihan dari penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah peneliti menambahkan aspek ekonomi berupa kerugian rupiah disisi PLN berdasarkan jumlah energi yang tidak tersalurkan atau *ENS (energy not supplied energy)* .Penelitan sebelumnya juga telah ada yang membahas hal yang sama namun penelitian sebelumnya dibahas disistem penyulang sedangkan dipenelitian ini disistem Rayon. Dalam kasus ini peneliti akan menghitung nilai ekonomi berupa nilai rupiah yang dihasilkan dari gangguan pemadaman listrik sesuai dengan tarif dasar listrik tahun 2017 selama satu tahun terakhir yaitu bulan agustus 2016 sampai juli 2017. Peneliti juga menambahkan rekomendasi terhadap jenis gangguan yang mendominasi terjadinya gangguan pada sistem distribusi listrik di PLN Rayon Pekanbaru Timur dengan menggunakan diagram pareto. Sehingga diharapkan dengan mengetahui jenis gangguan yang paling berpengaruh terhadap terjadinya gangguan pada sistem dapat meningkatkan tingkat keandalan sistem distribusi listrik dan kualitas pelayanan pihak PLN kepada konsumen.

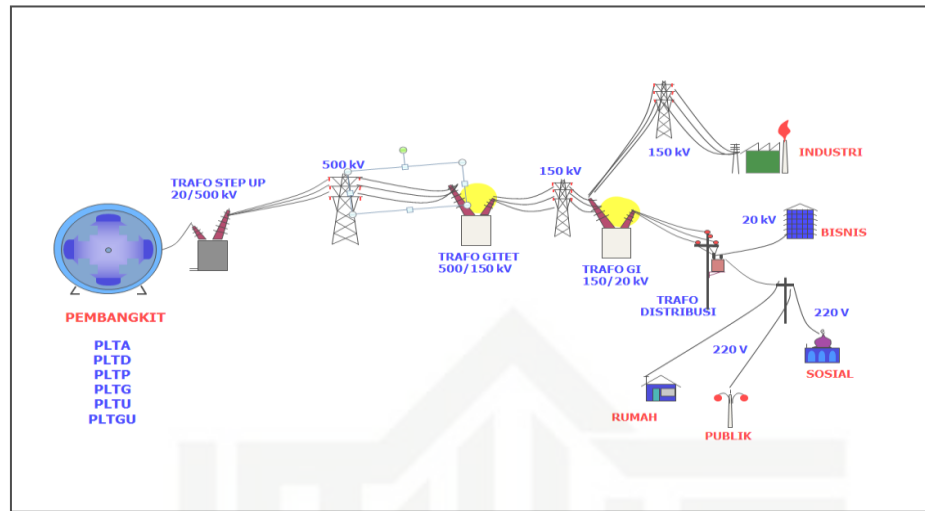
2.2. Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen berupa pembangkitan, transmisi, distribusi dan beban yang saling berhubungan dan berkerja sama untuk melayani kebutuhan tenaga listrik bagi pelanggan sesuai kebutuhan. Secara garis besar Sistem Tenaga Listrik dapat digambarkan dengan skema di bawah ini

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.1 Sistem tenaga listrik [13]

Pada sistem pembangkitan, level tegangan disesuaikan dengan spesifikasi generator pembangkit yang digunakan, biasanya berkisar antara 11 s/d 24 kV. Untuk pembangkit yang berkapasitas lebih besar biasanya menggunakan level tegangan yang lebih tinggi. Hal ini dilakukan agar arus yang mengalir tidak terlalu besar. Karena untuk kapasitas daya tertentu, besar arus yang mengalir berbanding terbalik dengan tegangannya. Level tegangan pada pembangkit biasanya tidak tinggi, karena semakin tinggi level tegangan generator, jumlah lilitan generator harus lebih banyak lagi. Dengan lilitan yang lebih banyak mengakibatkan generator menjadi lebih besar dan lebih berat sehingga dinilai tidak efisien. Pada sistem saluran transmisi biasanya digunakan level tegangan yang lebih tinggi. Hal ini karena fungsi pokok saluran transmisi adalah menyalurkan daya, sehingga yang dipentingkan adalah sistem mampu menyalurkan daya dengan efisiensi yang tinggi atau rugi-rugi daya dan turun tegangannya kecil. Upaya yang dilakukan adalah mempertinggi level tegangan agar arus yang mengalir pada jaringan transmisi lebih kecil. Level tegangan saluran transmisi lebih tinggi dari tegangan yang dihasilkan generator pembangkit.

Tegangan saluran transmisi umumnya berkisar antara 70 s/d 500 kV. Untuk menaikkan tegangan dari level pembangkit ke level tegangan saluran transmisi diperlukan transformator penaik tegangan. Pada jaringan distribusi biasanya menggunakan tegangan yang lebih rendah dari tegangan saluran transmisi. Hal ini karena daya yang didistribusikan oleh masing-masing



jaringan distribusi biasanya relatif kecil dibanding dengan daya yang disalurkan saluran transmisi, dan juga menyesuaikan dengan tegangan pelanggan atau pengguna energi listrik. Level tegangan jaringan distribusi yang sering digunakan ada dua macam, yaitu 20 kV untuk jaringan Sistem tenaga listrik tegangan menengah (JTM) dan 220 V untuk jaringan tegangan rendah (JTR). Dengan demikian diperlukan gardu induk yang berisi trafo penurun tegangan untuk menurunkan tegangan dari saluran transmisi ke tegangan distribusi 20 kV. Diperlukan juga trafo distribusi untuk menurunkan tegangan dari 20 kV ke 220V sesuai tegangan pelanggan [13].

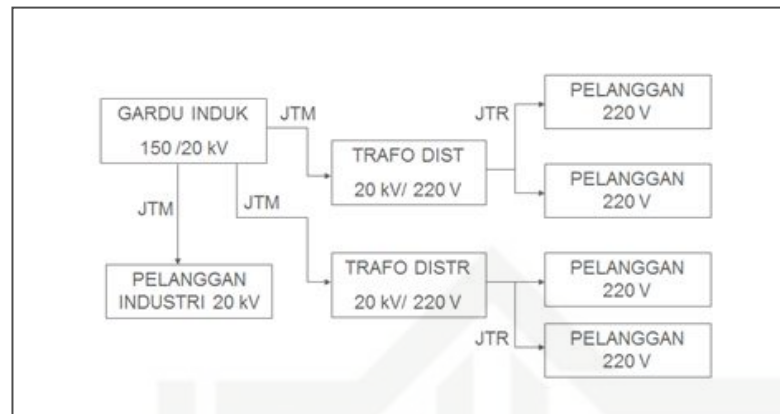
2.3. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan beban. Faktor ini menjadikan sistem distribusi dengan tingkat gangguan paling banyak dibandingkan dengan system lainnya. Jaringan distribusi terdiri dari jaringan penghantar yang menghubungkan antara gardu induk pusat beban dengan pelanggan. Jaringan distribusi berfungsi untuk mendistribusikan listrik ke pelanggan sesuai kebutuhan. Level tegangan pada sistem distribusi tenaga listrik dibagi menjadi 2 bagian yaitu saluran distribusi tegangan menengah 20 kV dan saluran distribusi tegangan rendah 380/220 V [2].

Jaringan distribusi tegangan menengah biasanya menggunakan jaringan 3 fase 4 kawat dengan tegangan antara fasa dengan tanah (netral) 20 kV. Jaringan distribusi merupakan penghubung antar gardu induk tegangan menengah atau yang menghubungkan gardu induk tegangan menengah dengan trafo distribusi tegangan rendah. Jaringan tegangan rendah ada yang menggunakan jaringan 3 fase 4 kawat untuk beban-beban yang relatif besar. Untuk beban yang relatif kecil termasuk beban rumah tangga lebih banyak menggunakan satu fase 2 kawat dengan tegangan 220 volt dari fasa ke netral. Dalam prakteknya, trafo tegangan yang digunakan mempunyai tiga terminal output, yaitu satu netral yang juga dihubungkan ke tanah dan dua terminal fasa yang mempunyai tegangan sama 220 volt [13].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah,
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.2 Sistem distribusi tenaga listrik [13]

2.4. Sistem Penyaluran Jaringan Distribusi Listrik

Berdasarkan sistem penyalurannya, jaringan distribusi dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu dengan [13] :

a. Saluran udara (*overhead line*)

Jaringan distribusi umumnya menggunakan saluran udara dengan kawat telanjang yang dipasang pada tiang dengan isolator, karena dari sisi biaya pembangunannya lebih murah dan perawatannya lebih sederhana. Hanya saja jenis jaringan ini dapat mengganggu pemandangan, karena banyak bentangan kawat yang melintas di sepanjang jaringan. Kelemahan yang lain dari sistem ini adalah kurang aman terhadap gangguan cuaca dan dan teganggu oleh pepohonan yang tumbuh disekitar jaringan.



Gambar 2.3 Saluran udara [13]

b. Saluran bawah tanah (*underground cable*).

Saluran kabel bawah tanah memiliki kelebihan lebih baik dari saluran udara yaitu dari segi gangguan, saluran kabel bawah tanah memiliki gangguan yang lebih sedikit daripada saluran udara. Hanya saja bila terjadi kerusakan, penanganannya lebih rumit. Jaringan bawah tanah harus menggunakan penghantar berisolasi, sehingga biaya pembangunannya lebih mahal. Jaringan bawah tanah biasanya digunakan pada daerah yang menuntut estetika yang tinggi dan jarak yang relatif pendek.

Saluran kabel bawah tanah adalah jaringan distribusi tegangan menengah yang ditanam didalam tanah pada kedalaman tertentu. Jenis kabel yang dipasang bermacam-macam, namun saat ini dari jenis yang berisolasi XLPE berpelindung mekanis, berbalut pita tembaga dan bahan semi konduktif dengan inti penghantar jenis aluminium. Terdapat dua jenis kabel bawah tanah yaitu berinti tunggal (*single-core*) dan berinti banyak (*multi-core*) dengan luas penampang 150 mm² , 240 mm² dan 300 mm² Pada konstruksi Saluran Kabel Bawah Tanah sangat tidak dianjurkan penggunaan jenis kabel Tegangan Menengah tanpa berpelindung mekanis plat/pita/kawat besi atau Aluminium [14].



Gambar 2.4 Saluran kabel bawah tanah [13]



2.5. Sistem Distribusi Tenaga Listrik Primer

Sistem jaringan distribusi primer atau sering disebut jaringan distribusi tegangan tinggi (JTM)) ini terletak antara gardu induk dengan gardu pembagi, yang memiliki tegangan sistem lebih tinggi dari tegangan terpakai untuk konsumen. Standar tegangan untuk jaringan distribusi primer ini adalah 6 kV, 10 kV, dan 20 kV (sesuai standar PLN). Sedangkan di Amerika Serikat standar tegangan untuk jaringan distribusi primer ini adalah 2,4 kV, 4,16 kV, dan 13,8 kV [15].

Jaringan distribusi tegangan menengah menggunakan system saluran udara tegangan menengah (SUTM), saluran kabel udara tegangan menengah (SKUTM) dan saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM). Gangguan pada SUTM jumlahnya lebih banyak tetapi bersifat temporer sedangkan kabel tanah jumlahnya lebih sedikit tetapi kebanyakan bersifat permanen. Dalam sistem operasi sistem distribusi masalah utama yang dihadapi adalah bagaimana membangun sistem agar dapat mengatasi gangguan dengan cepat karena gangguan yang terbanyak dalam sistem tenaga listrik terdapat pada sistem distribusi. Oleh karna itu pemutus balik otomatis (*recloser*) banyak digunakan pada jaringan distribusi. Ada berbagai konfigurasi dalam sistem jaringan distribusi primer yaitu [2] :

a. Konfigurasi Radial

Sistem radial pada jaringan distribusi merupakan sistem terbuka, dimana tenaga listrik yang disalurkan secara radial melalui gardu induk ke konsumen-konsumen dilakukan secara terpisah satu sama lainnya. Sistem ini merupakan sistem yang paling sederhana diantara sistem yang lain dan paling murah, sebab sesuai konstruksinya system ini menghendaki sedikit sekali penggunaan material listrik, apalagi jika jarak penyaluran antara gardu induk kekonsumen tidak terlalu jauh.. Sistem radial terbuka ini paling tidak dapat diandalkan, karena penyaluran tenaga listrik hanya dilakukan dengan menggunakan satu saluran saja. Jaringan model ini sewaktu mendapat gangguan akan menghentikan penyaluran tenaga listrik cukup lama sebelum gangguan tersebut diperbaiki kembali. Oleh sebab itu kontinuitas pelayanan pada sistem radial terbuka ini kurang bisa diandalkan. Selain itu makin panjang jarak saluran dari gardu induk ke konsumen, kondisi tegangan makin tidak bisa diandalkan, justru bertambah buruk karena rugi-rugi tegangan akan lebih besar. Berarti kapasitas pelayanan untuk sistem radial terbuka ini sangat terbatas [15].

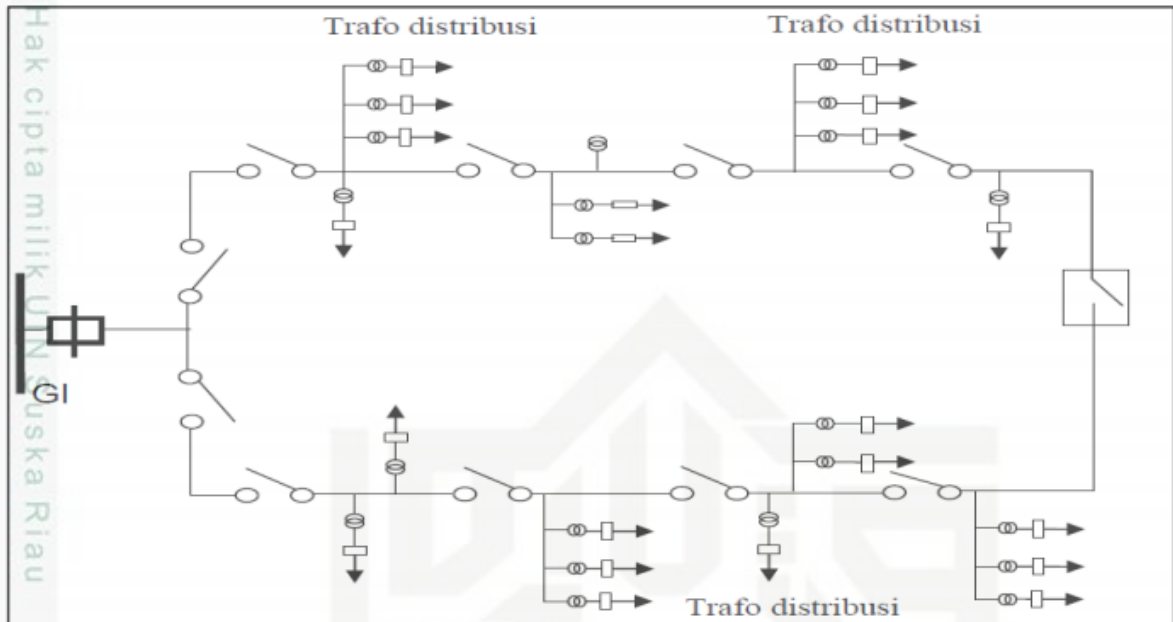
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah,

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.6 Konfigurasi Ring [21]

c. Konfigurasi spindel

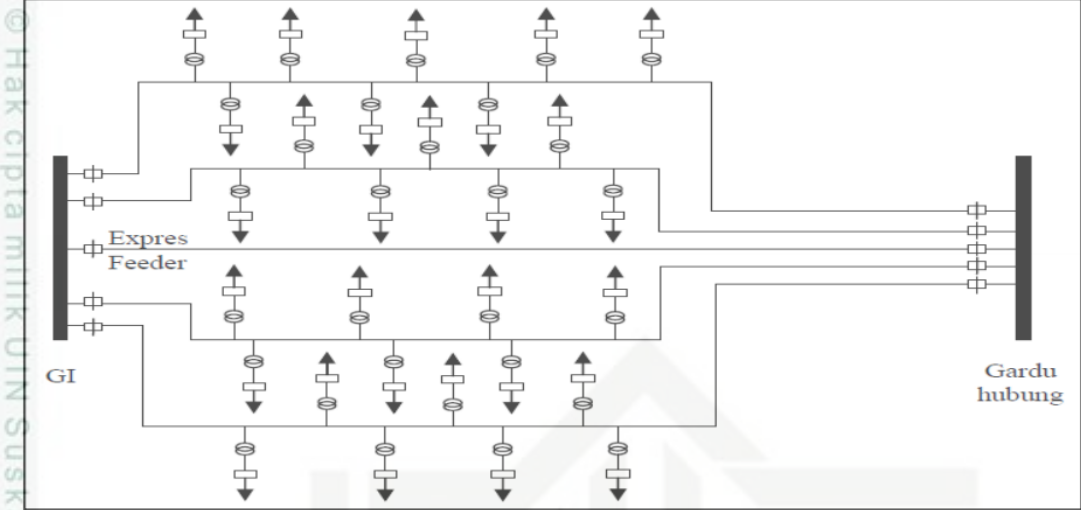
Sistem jaringan distribusi primer tipe *spindel* merupakan modifikasi dari sistem lingkaran (*loop/ring*) yang terdiri dari beberapa penyulang, masing-masing penyulang berpangkal pada satu gardu induk dan ujung-ujungnya akan terhubung di gardu hubung. Penyulang tersebut dibagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Penyulang kerja (*working feeder*)

Adalah penyulang yang dioperasikan untuk mengalirkan daya listrik dari sumber pembangkit sampai kepada konsumen, sehingga penyulang ini dioperasikan dalam keadaan bertegangan dan sudah dibebani. Operasi normal penyulang ini hampir sama seperti sistem *radial*.

2. Penyulang cadangan (*express feeder*)

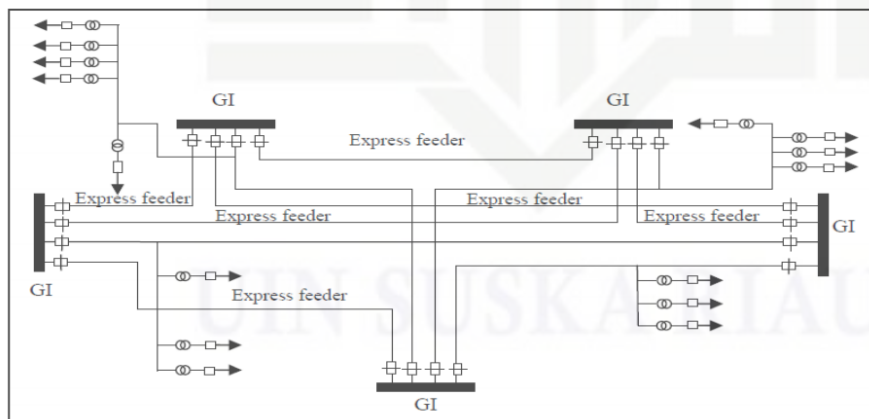
Adalah penyulang yang menghubungkan gardu induk langsung ke gardu hubung dan tidak dibebani gardu-gardu distribusi. Pada operasi normal penyulang ini tidak berbeban dan hanya berfungsi sebagai penyulang cadangan untuk mensuplai penyulang tertentu yang mengalami gangguan melalui gardu hubung.



Gambar 2.7 Konfigurasi spindel [21]

d. Konfigurasi *Network*

Sistem *network/mesh* ini merupakan sistem penyaluran tenaga listrik yang dilakukan secara terus-menerus oleh dua atau lebih feeder pada gardu-gardu induk dari beberapa Pusat Pembangkit Tenaga Listrik yang bekerja secara paralel. Sistem ini merupakan pengembangan dari sistem-sistem yang terdahulu dan merupakan sistem yang paling baik serta dapat diandalkan, mengingat sistem ini dilayani oleh dua atau lebih sumber tenaga listrik. Selain itu jumlah cabang lebih banyak dari jumlah titik feeder.



Gambar 2.8 Konfigurasi *Network* [21]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



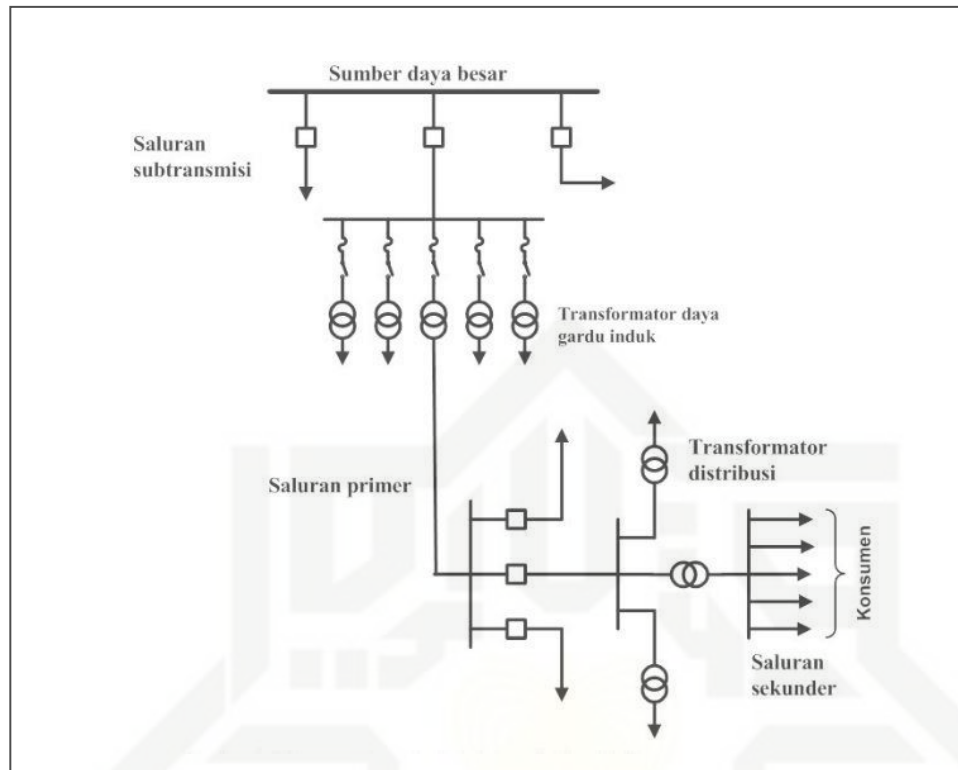
2.6. Sistem Distribusi Tenaga Listrik Sekunder

Sistem jaringan distribusi skunder adalah jaringan yang berfungsi sebagai penyalur tegangan listrik dari gardu-gardu pembagi (gardu distribusi) ke pusat-pusat beban (konsumen tenaga listrik). Jaringan distribusi skunder disebut juga jaringan tegangan rendah (JTR). Besarnya tegangan untuk jaringan distribusi skunder adalah 220 / 380 V untuk rumah tangga, bisnis dan lain-lain sedangkan untuk pelanggan industry sebesar 440 / 550 V [15].

Permasalahan utama dalam operasi jaringan tegangan rendah adalah gangguan yang kebanyakan disebabkan oleh pohon / tanaman, kontak-kontak yang kendor, layang-layang, perbuatan manusia serta aktifitas hewan. Pada umumnya jaringan distribusi tegangan rendah (JTR) menggunakan saluran udara tegangan rendah (SUTR) dan saluran kabel udara tegangan rendah (SKUTR). Untuk saluran kabel tanah pemakaiannya di Indonesia masih jarang karena harganya yang relatif mahal. Saluran kabel udara tegangan rendah lebih banyak digunakan oleh PLN karena gangguannya yang lebih sedikit dibandingkan dengan SUTR yang menggunakan konduktor telanjang [2].

Konfigurasi yang digunakan pada jaringan distribusi tegangan rendah hanya radial dan pengamannya hanya sekring saja. Jaringan tegangan rendah ada yang menggunakan jaringan 3 fase 4 kawat untuk beban-beban yang relatif besar. Untuk beban yang relatif kecil termasuk beban rumah tangga lebih banyak menggunakan satu fase 2 kawat dengan tegangan 220 volt dari fasa ke netral. Dalam prakteknya, tarfo tegangan yang digunakan mempunyai tiga terminal output, yaitu satu netral yang juga dihubungkan ke tanah dan dua terminal fasa yang mempunyai tegangan sama 220 volt [2].

UIN SUSKA RIAU



Gambar 2.9 Sistem distribusi listrik sekunder [21]

2.7. Gangguan Pada Sistem Distribusi Listrik

Gangguan dalam operasi sistem tenaga listrik merupakan suatu kejadian pada sistem yang mengakibatkan bekerjanya relay dan menjatuhkan pemutus tenaga yang melalui (PMT) diluar kehendak dari operator, sehingga menyebabkan terputusnya aliran daya yang melewati PMT tersebut. Hal tersebut tentu akan mengganggu kegiatan konsumen listrik baik masyarakat maupun industri [2].

Pada dasarnya gangguan yang sering terjadi pada sistem distribusi saluran 20 kV dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu gangguan dari dalam sistem dan gangguan dari luar sistem. Gangguan yang berasal dari luar sistem disebabkan oleh sentuhan daun / pohon pada penghantar, sambaran petir, manusia, binatang, cuaca dan lain-lain. Sedangkan gangguan yang datang dari dalam sistem dapat berupa kegagalan dari fungsi peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan pemutus beban dan kesalahan pada alat pendeteksi. [15]



Berikut ini adalah klasifikasi gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi [16] :

a. Dari jenis gangguannya :

1. Gangguan dua fasa atau tiga fasa melalui hubungan tanah
2. Gangguan fasa ke fasa
3. Gangguan dua fasa ke tanah
4. Gangguan satu fasa ke tanah atau gangguan tanah

b. Dari lamanya gangguan :

1. Gangguan yang bersifat temporer

Gangguan yang apabila terjadi gangguan, maka gangguan tersebut tidak akan lama dan dapat normal kembali. Gangguan ini dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutus sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangannya. Kemudian disusul dengan penutupan kembali peralatan hubungannya. Apabila ganggguan temporer sering terjadi dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan dan akhirnya menimbulkan gangguan yang bersifat permanen. Salah satu contoh gangguan yang bersifat temporer adalah gangguan akibat sentuhan pohon yang tumbuh disekitar jaringan, akibat binatang seperti burung kelelawar, ular dan layangan. Gangguan ini dapat hilang dengan sendirinya yang disusul dengan penutupan kembali peralatan hubungannya. Apabila ganggguan temporer sering terjadi maka hal tersebut akan menimbulkan kerusakan pada peralatan dan akhirnya menimbulkan gangguan yang bersifat permanen [15].

2. Gangguan yang bersifat permanen

Gangguan permanen tidak dapat hilang jika penyebab gangguan tidak diatasi terlebih dahulu. Gangguan ini biasa disebabkan oleh kerusakan peralatan. Terjadinya gangguan ditandai dengan jatuhnya pemutus tenaga. Contoh gangguan ini yaitu adanya kawat yang putus, gangguan hubung singkat, dahan yang menimpa kawat fasa pada saluran udara [15].

2.7.1. Akibat Dari Gangguan Sistem Distribusi

Akibat yang paling serius dari gangguan adalah kebakaran yang tidak hanya akan merusak peralatan dimana gangguan terjadi tetapi bisa berkembang ke sistem dan akan mengakibatkan kegagalan total dari sistem. Berikut ini akibat- akibat yang disebabkan oleh gangguan [15]:



- a. Penurunan tegangan yang cukup besar pada sistem daya sehingga dapat merugikan pelanggan atau mengganggu kerja peralatan listrik.
- b. Bahaya kerusakan pada peralatan yang diakibatkan oleh *arcing* (busur api listrik).
- c. Bahaya kerusakan pada peralatan akibat *overheating* (pemanasan berlebih) dan akibat tekanan mekanis (alat pecah dan sebagainya).
- d. Terganggunanya stabilitas sistem dan ini dapat menimbulkan pemadaman menyeluruh pada sistem tenaga listrik.
- e. Menyebabkan penurunan tegangan sehingga koil tegangan relai gagal bertahan.

2.8. Pengaman Sistem Distribusi Listrik

Sistem distribusi listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan beban, sehingga sistem distribusi listrik menjadi bagian yang paling banyak mengalami gangguan. Gangguan yang terjadi dalam sistem penyaluran tenaga listrik adalah hal yang tidak bisa dihindari, namun hal tersebut dapat dikurangi dan dicegah dengan melakukan sistem pengaman pada sistem penyaluran tenaga listrik [2].

Sistem pengaman berfungsi untuk mencegah, membatasi atau melindungi jaringan dan peralatan terhadap bahaya kerusakan yang disebabkan karena gangguan baik gangguan yang bersifat temporer (sementara) maupun permanen sehingga dapat menjamin kualitas dan keandalan penyaluran tenaga listrik. Sistem pengaman jaringan tegangan menengah 20 kV merupakan satu komponen sangat penting yang dirancang untuk mengamankan jaringan dan peralatan tegangan menengah. Peralatan pengaman yang terdapat pada sistem jaringan distribusi tegangan menengah adalah sebagai berikut [16] :

2.8.1. Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus Tenaga (PMT)/Circuit Breaker (CB) adalah suatu saklar yang bekerja secara otomatis memutuskan hubungan listrik pada jaringan dalam keadaan berbeban pada saat mengalami gangguan yang disebabkan baik dari luar/external maupun dari dalam / internal pada jaringan listrik. Dalam sistem pengoperasiannya, alat ini dilengkapi dengan rele arus lebih / *OverCurrent Relay* (OCR) yang berfungsi sebagai pengaman jaringan dari arus lebih. Pengaruh



pemutus tenaga terhadap keandalan yaitu terdapat pada waktu terjadinya gangguan, apabila terjadi gangguan, menggunakan pemutus tenaga membutuhkan waktu kembali itu cukup lama.

2.8.2. Pengaman Lebur (*Fuse Cut Out, FCO*)

Pengaman lebur (*Fuse Cut Out*) adalah suatu alat pemutus aliran daya listrik pada jaringan bila terjadi gangguan arus lebih. Alat ini dilengkapi dengan *fuse link* yang terdiri dari elemen lebur. Bagian inilah yang akan langsung melebur jika dialiri arus lebih pada jaringan. Besarnya fuse link yang digunakan tergantung dari perhitungan jumlah beban (arus) maksimum yang dapat mengalir pada jaringan yang diamankan

2.8.3. Rele Arus Lebih (*Over Current Relay, OCR*)

Rele arus lebih merupakan pengaman utama sistem distribusi tegangan menengah terhadap gangguan hubung singkat antar fasa. Rele arus lebih adalah suatu rele yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi nilai setting pengaman tertentu dalam waktu tertentu.

2.8.4. Rele Arus Gangguan Tanah (*Ground Fault Relay*)

Rele arus gangguan tanah (*ground fault relay*) merupakan pengaman utama terhadap gangguan hubung singkat fasa ke tanah untuk sistem yang ditanahkan langsung atau melalui tahanan rendah

2.8.5. Rele Arus Gangguan Tanah Berarah (*Directional Ground Fault Relay*)

Relai arus gangguan tanah berarah (*directional ground fault relay*) adalah pengaman utama terhadap hubung singkat fasa ke tanah untuk sistem yang ditanahkan melalui tahanan tinggi.

2.8.6. Rele penutup balik (*Reclosing Relay*)

Relai penutup balik (*reclosing relay*) adalah pengaman pelengkap untuk membebaskan gangguan yang bersifat temporer untuk keandalan sistem.

2.8.7. Pentup Balik Otomatis (PBO)

Pentup balik otomatis (PBO) digunakan sebagai pelengkap untuk pengaman terhadap gangguan temporer dan membatasi luas daerah yang padam akibat gangguan. PBO menurut



media peredam busur apinya dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu dengan media minyak, vacuum, dan SF6. Sedangkan menurut peralatan pengendalinya dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu PBO Hidraulik (kontrol hidraulik) dan PBO terkontrol elektrik urutan operasi PBO, yaitu sebagai berikut:

1. Pada saat terjadi gangguan, arus yang mengalir melalui PBO sangat besar sehingga menyebabkan kontak PBO terbuka (trip) dalam operasi cepat (*fast trip*).
2. Kontak PBO akan menutup kembali setelah melewati waktu reclose sesuai seting. Tujuan memberi selang waktu ini adalah untuk memberikan waktu pada penyebab gangguan agar hilang, terutama gangguan yang bersifat temporer.
3. Jika gangguan bersifat permanen, PBO akan membuka dan menutup balik sesuai dengan setingnya dan akan *lock-out* (terkunci).
4. Setelah gangguan dihilangkan oleh petugas, baru PBO dapat dimasukkan kesistem.

2.8.8. Saklar Seksi Otomatis (SSO, *sectionalizer*)

Saklar seksi otomatis (SSO, *Sectionalizer*) adalah alat pemutus untuk mengurangi luas daerah yang padam karena gangguan. *Sectionalizer* membagi jaringan distribusi kedalam *section-section*, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu section, luas daerah yang padam dapat diperkecil. Ada dua jenis SSO, yaitu dengan pengindera arus yang disebut *Automatic Sectionalizer* dan pengindera tegangan yang disebut *Automatic Vacuum Switch (AVS)*.

Sectionalizer bekerja dengan melakukan deteksi tegangan pada *section* kerjanya. Ketika tidak ada tegangan, *sectinalizer* akan membuka, sebaliknya jika mendeteksi adanya tegangan, maka *sectionalizer* akan menutup. *Sectionalizer* juga dapat dioperasikan secara manual untuk memutus arus beban. Agar SSO berfungsi dengan baik, maka harus dikoordinasikan dengan PBO (*recloser*) yang ada di sisi hulu. Apabila SSO tidak dikoordinasikan dengan PBO, maka SSO hanya akan berfungsi sebagai saklar biasa.

2.8.9. Saklar Beban (SB) / *Load Break Switch (LBS)*

Saklar Seksi Otomatis (SSO) *Secsitionalizer* adalah suatu saklar yang bekerja secara otomatis berdasarkan waktu dan perhitungan arus gangguan yang mengalir pada jaringan. Alat ini berfungsi sebagai pemisah (pembagi) jaringan distribusi. Dalam sistem pengoperasiannya alat ini



dilengkapi dengan pendeteksi arus gangguan. Jika jumlah hitungan arus gangguan yang mengalir telah sesuai dengan yang telah ditentukan, maka alat ini akan membuka secara otomatis. Alat ini dapat dioperasikan pada saat jaringan dalam keadaan berbeban.

2.8.10. Arrester

Arrester adalah suatu alat pengaman bagi peralatan listrik terhadap gangguan tegangan lebih yang disebabkan oleh petir. Alat ini berfungsi untuk meneruskan arus petir ke sistem pentanahan sehingga tidak menimbulkan tegangan lebih yang merusak aliran daya sistem frekuensi 50 Hz. Agar tidak mengganggu aliran sistem, maka pada saat terjadi gangguan arrester berfungsi sebagai konduktor yang mempunyai tahanan rendah. Akibatnya *arrester* dapat meneruskan arus yang tinggi ke tanah untuk dinetralkan dan setelah gangguan hilang, arrester kembali berfungsi normal sebagai isolator. Pada umumnya *arrester* dipasang pada jaringan, transformator distribusi, *cubicle* dan gardu Induk

2.9. Keandalan Sistem Distribusi Listrik

Keandalan merupakan suatu tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem atau bagian dari sistem tenaga listrik, untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan dalam kondisi operasi tertentu. Dalam menentukan berapa tingkat keandalan dari suatu sistem, dapat dilakukan dengan mengadakan pemeriksaan yaitu melalui perhitungan, ataupun analisa terhadap tingkat keberhasilan kinerja atau operasi dari sistem yang diteliti, pada periode tertentu kemudian hasil analisa tersebut dibandingkan dengan standar yang telah ditetapkan sebelumnya. Keandalan berarti menjaga kontinuitas penyaluran tenaga listrik kepada pelanggan [4].

Adapun macam – macam tingkatan keandalan dalam pelayanan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) hal antara lain [17] :

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

Pada kondisi normal, sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik. Dan dalam keadaan darurat bila terjadi gangguan pada jaringan, maka sistem ini tentu saja diperlukan beberapa peralatan dan



pengaman yang cukup banyak untuk menghindarkan adanya berbagai macam gangguan pada sistem.

2. Keandalan sistem yang menengah (*Medium Reliability System*).

Pada kondisi normal system akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik. Dan dalam keadaan darurat bila terjadi gangguan pada jaringan, maka sistem tersebut masih bisa melayani sebagian dari beban meskipun dalam kondisi beban puncak. Jadi dalam sistem ini diperlukan peralatan yang cukup banyak untuk mengatasi serta menanggulangi gangguan – gangguan tersebut.

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

Pada kondisi normal, sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik. Tetapi bila terjadi suatu gangguan pada jaringan, sistem sama sekali tidak bisa melayani beban tersebut. Jadi perlu diperbaiki terlebih dahulu. Tentu saja pada sistem ini peralatan-peralatan pengamannya relatif sangat sedikit jumlahnya.

Kontinuitas terhadap penyaluran tenaga listrik menjadi hal yang sangat penting untuk selalu dijaga tingkat keandalannya. Karena hal tersebut akan berpengaruh terhadap kelancaran aktifitas bagi pelanggan listrik baik pelanggan besar maupun kecil. Tingkat Keandalan kontinuitas penyaluran bagi pemanfaat tenaga listrik adalah berapa lama padam yang terjadi dan berapa banyak waktu yang diperlukan untuk memulihkan penyaluran kembali tenaga listrik. Secara ideal tingkat keandalan kontinuitas penyaluran dibagi atas 5 tingkat [14] :

Tingkat - 1 : Pemadaman dalam orde beberapa jam. Umumnya terjadi pada sistem saluran udara dengan konfigurasi radial.

Tingkat - 2 : Pemadaman dalam orde kurang dari 1 jam. Mengisolasi penyebab gangguan dan pemulihan penyaluran kurang dari 1 jam. Umumnya pada sistem dengan pasokan penyulang cadangan atau sistem *loop*.

Tingkat - 3 : Pemadaman dalam orde beberapa menit. Umumnya pada sistem yang mempunyai sistem SCADA.



Tingkat - 4 : Pemadaman dalam orde detik. Umumnya pada sistem dengan fasilitas *automatic switching* pada sistem *fork*.

Tingkat - 5 : Sistem tanpa pemadaman. Keadaan dimana selalu ada pasokan tenaga listrik, misalnya pada sistem *spotload*, transformator yang bekerja paralel.

Keputusan untuk mendesain sistem jaringan berdasarkan tingkat keandalan penyaluran tersebut adalah faktor utama yang mendasari memilih suatu bentuk konfigurasi sistem jaringan distribusi dengan memperhatikan aspek pelayanan teknis, jenis pelanggan dan biaya. Pada prinsipnya dengan tidak memperhatikan bentuk konfigurasi jaringan, desain suatu sistem jaringan adalah sisi hulu mempunyai tingkat kontinuitas yang lebih tinggi dari sisi hilir [14].

2.10. Indeks Keandalan

Indeks keandalan merupakan suatu metode pengevaluasian parameter keandalan suatu sistem distribusi tenaga listrik terhadap keandalan mutu pelayanan pada sistem.

2.10.1. SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

SAIFI adalah indeks keandalan yang merupakan jumlah dari perkalian frekuensi pada dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Dengan indeks ini gambaran mengenai frekuensi kegagalan rata-rata yang terjadi pada bagian-bagian dari sistem bisa dievaluasi sehingga dapat dikelompokkan sesuai dengan tingkat keandalannya. Satuannya adalah pemadaman per pelanggan. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut [18] :

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

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i \cdot N_i}{N_t} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan:

- λ = Angka kegagalan rata-rata / frekuensi padam.
- N_i = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban.
- N_t = Jumlah konsumen yang dilayani.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah,
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



2.10.2. SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

SAIDI adalah indeks keandalan yang merupakan jumlah dari perkalian lama padam dan pelanggan padam dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Dengan indeks ini, gambaran mengenai lama pemadaman rata-rata yang diakibatkan oleh gangguan pada bagian-bagian dari sistem dapat dievaluasi. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SAIDI = \frac{JUMLAH PERKALIAN DARI JAM PEMADAMAN DAN JUMLAH PELANGGAN}{jumlah pelanggan dalam sistem}$$

$$SAIDI = \frac{\sum U_i . N_i}{Nt} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

- U_i = Durasi gangguan.
- N_i = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban.
- Nt = Jumlah konsumen yang dilayani.

2.10.3. CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index)

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

$$CAIDI = \frac{JUMLAH DURASI GANGGUAN PELANGGAN}{JUMLAH FREQUENSIGANGGUAN PELANGGAN} = \frac{\sum U_i.N_i}{\sum N_i.\lambda_i}$$

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

- U_i = Durasi gangguan
- N_i = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban
- λ_i = Angka kegagalan rata-rata / frekuensi padam

2.10.4. CAIFI (Customer Average Interruption Frequency Index)

Indeks ini memberikan informasi berapa kali rata – rata setiap pemadaman terhadap pelanggan. Indeks ini dirumuskan dengan :

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 Hak Cipta Dilindungi Undang-undang



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$CAIFI = \frac{JUMLAH FREKUENSI GANGGUAN PELANGGAN}{JUMLAH DURASI GANGGUAN PELANGGAN} = \frac{\sum \lambda_i \cdot N_i}{\sum N_i \cdot U_i}$$

$$CAIFI = \frac{SAIFI}{SAIDI} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

- U_i = Durasi gangguan
- N_i = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban
- λ_i = Angka kegagalan rata-rata / frekuensi padam

2.10.5. Standar Indeks Keandalan

SPLN adalah standar perusahaan PT PLN (Persero) yang ditetapkan Direksi bersifat wajib. Dapat berupa peraturan, pedoman, instruksi, cara pengujian dan spesifikasi teknik. Sejak tahun 1976 sudah lebih dari 264 buah standar berhasil dirampungkan. 61 standar bidang pembangkitan, 71 standar bidang transmisi, 99 standar bidang distribusi dan 33 standar bidang umum. Standar ini dimaksudkan untuk menjelaskan dan menetapkan tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Tujuannya ialah untuk memberikan pegangan yang terarah dalam menilai penampilan dan menentukan tingkat keandalan dari sistem distribusi dan juga sebagai tolak ukur terhadap kemajuan atau menentukan proyeksi yang akan dicapai PLN. [19]

Standar indeks keandalan berdasarkan SPLN 68 - 2 : 1986 ini digunakan untuk sistem jaringan dengan konfigurasi radial biasa.

Table 2.1 standar indeks keandalan berdasarkan SPLN 68 - 2 : 1986

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	3.2	Kali/pelanggan/tahun
SAIDI	21.9	Jam/pelanggan/tahun



2.10.6. Kegunaan Indeks Keandalan

Kegunaan dari informasi indeks keandalan sistem adalah sangat luas. Ada beberapa kegunaan yang paling umum yaitu [20] :

1. Melengkapi manajemen dengan data capaian mengenai mutu layanan pelanggan pada sistem listrik secara keseluruhan
2. Untuk mengidentifikasi sub sistem dan sirkit dengan capaian dibawah standar untuk memastikan penyebabnya
3. Melengkapi manajemen dengan data capaian mengenai mutu layanan pelanggan mengenai untuk masing-masing area operasi
4. Menyediakan sejarah keandalan dari sirkit individu untuk diskusi dengan pelanggan sekarang atau calon pelanggan
5. Memenuhi syarat pelaporan
6. Menyediakan suatu basis untuk menetapkan ukuran-ukuran kesinambungan layanan
7. Menyediakan data capaian yang penting bagi suatu pendekatan probabilitas untuk studi keandalan sistem distribusi

2.11. Nilai Ekonomi

Nilai ekonomi merupakan salah satu hal yang harus diperhitungkan dalam sebuah sistem distribusi tenaga listrik terutama bagi pihak penyedia tenaga listrik yaitu PLN. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai ekonomis suatu sistem adalah gangguan atau kerusakan. dalam penelitian ini aspek ekonomi yang dibahas adalah nilai kerugian berupa rupiah yang dihasilkan karna terjadinya gangguan dalam sistem distribusi tenaga listrik. Faktor yang mempengaruhi nilai kerugian yang dialami PLN jika terjadi gangguan adalah berupa energi yang tidak dapat dijual ke pelanggan atau energi tak tersalurkan. Hal tersebut menjadi salah satu alasan mengapa pihak PLN harus dapat meminimalisir gangguan dalam sistem distribusi tenaga listrik dengan menjaga keandalan sistem.

Di samping ketiga parameter keandalan yang umum dipakai, ada pula beberapa indeks tambahan yang sering digunakan untuk mengevaluasi keandalan suatu sistem distribusi, yaitu indeks yang berorientasi pada beban serta energi. Beberapa diantaranya adalah [21] :



a. ENS (*Energi Not Supplied*)

ENS merupakan indeks keandalan yang menyatakan jumlah energi yang tidak dapat disalurkan oleh sistem selama terjadi gangguan pemadaman atau banyaknya KWh yang hilang akibat adanya pemadaman. Secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$ENS = \sum [\text{Gangguan (KW)} \times \text{Durasi (h)}] \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

- ENS = Energi tak tersalurkan (Kwh)
- Gangguan = jumlah Daya yang mengalami gangguan (Kw)
- Durasi = Lamanya gangguan terjadi (h)

b. AENS (*Average Energy not supplied*)

AENS merupakan indeks rata-rata energi yang tidak disalurkan akibat terjadinya pemadaman. AENS dinyatakan dengan perbandingan antara jumlah energi yang hilang saat terjadi pemadaman dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Secara matematis dituliskan sebagai berikut :

$$AENS = \frac{\text{Jumlah energi yang tidak tersalurkan oleh sistem}}{\text{pelanggan yang dilayani}}$$

$$AENS = \frac{ENS}{\sum N} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan, N = jumlah pelanggan yang dilayani

2.12. Nilai Rupiah

Tarif dasar listrik atau TDL adalah tarif yang boleh dikenakan oleh pemerintah untuk para pelanggan. Dalam penelitian ini TDL digunakan untuk mendapatkan nilai ekonomi berupa kerugian rupiah yang dialami pihak PLN yang disebabkan oleh gangguan dalam sistem distribusi listrik. Karena dengan adanya energi tak tersalurkan dalam sistem mengakibatkan adanya Kwh yang tidak dapat dijual kepihak pelanggan, sehingga nilai rupiah yang seharusnya bisa dijadikan penjualan menjadi nilai rupiah yang mengakibatkan kerugian bagi pihak PLN. Cara yang digunakan dalam menentukan nilai nominal kerugian rupiah pada penelitian ini hampir sama dengan menghitung tarif pemakaian listrik pada umumnya, namun dalam penelitian ini Kwh yang dihitung adalah Kwh yang tidak dapat dijual yaitu nilai energi tak tersalurkan atau ENS [2].

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:



$$\text{Nilai Rupiah ENS} = \text{ENS} \times \text{TDL} \quad (2.7)$$

Keterangan :

ENS = Energy tak tersalurkan

TDL = Tarif Dasar Listrik

2.13. Identifikasi Jenis Gangguan Tertinggi

Gangguan atau kegagalan merupakan hal yang selalu terjadi dalam sebuah industri. Hal tersebut tentu akan berpengaruh terhadap kualitas produksi suatu perusahaan, jika kualitas dalam produksi buruk maka hal tersebut tentu akan berpengaruh terhadap kepuasan konsumen dan hal tersebut tentu memengaruhi penghasilan suatu industri.

PT. PLN merupakan perusahaan yang bergerak dibidang penyedia energi listrik. Dalam proses penyediaan energi listrik kekonsumen, gangguan dalam sistem menjadi hal yang harus dihadapi karena beberapa faktor. Hal ini menuntut pihak penyedia tenaga listrik untuk meningkatkan kualitas produk dan layanannya, sehingga dapat meminimalisir gangguan untuk menjamin kepuasan pelanggan. PT. PLN (Persero) adalah satu satunya Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dibidang penyediaan sampai penyaluran jasa tenaga listrik. Hal tersebut sesuai dengan UU No. 30 Tahun 2009 tentang ketenagalistrikan pasal 28, tertulis bahwa pemegang izin usaha penyediaan tenaga listrik wajib menyediakan tenaga listrik yang memenuhi standar mutu keandalan yang berlaku dan memberikan pelayanan yang sebaik-baiknya kepada konsumen dan masyarakat [3].

Dalam proses pengendalian mutu, salah satu langkah awal yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya resiko atau gangguan dalam proses produksi. Ada beberapa metode dalam menganalisa faktor-faktor penyebab gangguan. Berikut adalah beberapa metode dalam menganalisa penyebab terjadinya gangguan dalam system [22]:

1. Accident analysis

Accident analysis digunakan untuk mengevaluasi munculnya suatu kejadian yang tidak diinginkan dengan menggunakan skenario-skenario kejadian. Setiap kejadian harus diidentifikasi dan diinvestigasi dengan baik untuk mencari penyebabnya.



2. *Action error analysis*

Action error analysis digunakan untuk menganalisis interaksi antara mesin dan manusia.

Tujuan *action error analysis* adalah untuk mencari akibat yang ditimbulkan jika manusia membuat kesalahan dalam melaksanakan tugas yang berkaitan dengan mesin-mesin otomatis.

3. *Barrier analysis*

Barrier analysis diaplikasikan dengan mengidentifikasi kemungkinan kebocoran aliran energi dan kemudian mengidentifikasi atau memperbaiki penghambat untuk mencegah kerusakan atau kecelakaan karena energi yang berlebihan. *Barrier analysis* akan melakukan analisis kualitatif terhadap sistem, keamanan sistem dan kecelakaan atau kerusakan yang ditimbulkan karena adanya aliran energi yang berlebihan.

4. *Cable failure matrix analysis*

Digunakan untuk mengidentifikasi resiko-resiko yang berkaitan dengan semua bentuk kerusakan kabel dan berkaitan dengan bentuk, pencegahan kerusakan dan pengaman kabel. Apabila kabel rusak, maka sistem menjadi terganggu dan kerusakan sistem dapat terjadi. Ketidakcocokan desain kabel dapat mengakibatkan kerusakan dan kecelakaan pada sistem.

5. *Cause consequence analysis*

Mengkombinasikan teknik analisis *bottom up* dan *top down* dari *even tree analysis* dan *fault tree analysis*. Hasil yang diperoleh adalah didapatkannya scenario penyebab kerusakan yang paling potensial. Merupakan alat untuk mengevaluasi berbagai resiko pada suatu sistem kompleks.

6. *Checklist Analysis*

Checklist Analysis adalah metode perbandingan untuk kriteria atau perangkat yang akan digunakan sebagai memori. Analisis ini menggunakan daftar catatan untuk mengidentifikasi bahaya peralatan, desain atau kekurangan operasional. *Checklist Analysis* dapat digunakan dalam setiap jenis analisis keselamatan, keamanan review, inspeksi, survei, atau pengamatan.

7. *Common cause analysis*



Common cause analysis digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan atau peristiwa yang terjadi saat ini dan selalu berulang pada suatu sistem, operasi atau prosedur. *Common cause* akan muncul pada keseluruhan sistem yang terdiri atas perilaku manusia, aktivitas, desain sistem dan semua komponen yang mengakibatkan kejadian berulang.

8. *Critically analysis*

Tujuan dari *critically analysis* adalah untuk mencari faktor terpenting penyebab kerusakan pada metode failure modes and effect analysis. Teknik ini dapat diaplikasikan pada semua sistem, proses, prosedur, dan semua elemen-elemennya.

9. *Even tree analysis*

Even tree analysis memodelkan urutan kejadian mulai dari kejadian-kejadian awal. Metode ini dapat digunakan untuk menyusun, memisahkan dan mengkualifikasi kejadian yang paling penting mulai dari kejadian-kejadian yang paling awal.

10. *External Event Analysis*

Tujuan dari External Event Analysis adalah untuk memusatkan perhatian pada peristiwa-peristiwa buruk yang berada di luar dari sistem yang diteliti. Hal ini diperlukan untuk lebih berhipotesis dengan jangkauan peristiwa/kejadian yang mungkin memiliki efek pada sistem yang diperiksa.

11. *Failure mode and effect analysis (FMEA)*

FMEA merupakan metode analisis induktif untuk mengidentifikasi kerusakan pada sistem. Analisis dapat dilakukan pada komponen-komponen elektrik, elektronik, dan sistem perangkat keras.

12. *Failure mode, effect and critically analysis (FMECA)*

Hampir sama dengan FMEA akan tetapi ditambahkan dengan nilai kritik.

13. *Fault Hazard*



Sebuah teknik sistem keamanan yang merupakan cabang dari FMEA. Mirip dengan FMEA, namun kegagalan yang dapat membahayakan kemudian dievaluasi. Bahaya dan kegagalan merupakan hal yang berbeda. Kegagalan yang berpotensi bahaya, menandakan kondisi tidak aman. Ketika hasil kegagalan dinyatakan tidak aman kondisi itu dianggap berbahaya. Banyak bahaya yang berkontribusi pada risiko tertentu.

14. *Fault tree analysis* (FTA)

FTA merupakan metode analisis deduktif untuk mengidentifikasi terjadinya kerusakan pada sistem dengan cara menggambarkan alternatif-alternatif kejadian dalam suatu blok diagram secara terstruktur. Analisis deduktif dapat dilakukan pada semua sistem kompleks.

15. *Pareto Chart* (Diagram Pareto)

Diagram Pareto merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan yang terpenting untuk segera diselesaikan (ranking tertinggi) sampai dengan yang tidak harus segera diselesaikan (ranking terendah). Diagram Pareto dibuat berdasarkan data statistik dan prinsip bahwa 20% penyebab bertanggung jawab terhadap 80% masalah yang muncul atau sebaliknya.

Pada penelitian ini, penulis memilih diagram pareto sebagai alat untuk mengidentifikasi jenis gangguan yang paling dominan yang mengakibatkan terjadinya kegagalan dalam sistem distribusi tenaga listrik 20 kV di PT. PLN (Persero) Rayon Pekanbaru Kota Timur. Sehingga dengan mengetahui sumber dominan yang menjadi penyebab gangguan dapat menjadi usulan ke pihak PLN untuk melakukan strategi penangan yang tepat untuk mengantisipasi bila terjadi gangguan.

2.14. **Diagram Pareto**

Diagram pareto dikembangkan oleh seorang ahli ekonomi Italia yang bernama Vilredo pareto pada abad 19. Diagram pareto dibuat untuk membandingkan berbagai kategori kejadian yang disusun menurut ukurannya, dari yang paling besar disebelah kiri ke yang paling kecil disebelah kanan. Diagram pareto merupakan metode standar dalam pengendalian mutu untuk mendapatkan hasil maksimal dengan memilih masalah-masalah utama dan sebagai sebagai suatu pendekatan sederhana yang dapat dipahami oleh pekerja yang tidak terlalu terdidik, serta sebagai



perangkat pemecahan dalam bidang yang cukup kompleks. Diagram Pareto dibuat berdasarkan data statistik dan prinsip bahwa 20% penyebab bertanggung jawab terhadap 80% masalah yang muncul atau sebaliknya. Berikut adalah kegunaan dari diagram pareto [23] :

1. Menunjukkan prioritas sebab-sebab kejadian atau persoalan yang perlu ditangani
2. Membantu memusatkan perhatian pada persoalan utama yang harus ditangani dalam upaya perbaikan
3. Menyusun data menjadi informasi yang berguna, data yang besar dapat menjadi informasi yang signifikan.

Langkah-langkah dalam mengidentifikasi masalah dengan diagram pareto :

1. Mengidentifikasi masalah yang akan diteliti dan menentukan penyebabnya
2. Menentukan periode waktu yang diperlukan untuk analisis
3. Menentukan cara pengukuran. Yaitu frekuensi, kuantitatif, biaya dan waktu
4. Mengumpulkan data
5. Gambarkan frekuensi dalam bentuk grafik batang
6. Gambarkan kumulatif persentase dalam grafik garis
7. Terjemahkan diagram pareto.
8. Pengambilan keputusan

Setelah melakukan urutan proses dalam mengidentifikasi masalah dengan metode diagram pareto, maka akan terlihat hasil yang akan didapatkan yaitu berupa bentuk diagram pareto yang menggambarkan tentang masalah utama yang menjadi priotas dalam menentukan masalah yang sedang diidentifikasi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

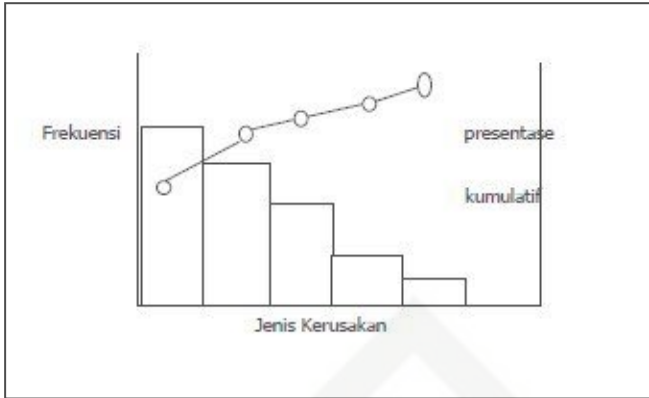
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.10 Diagram pareto