

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Terkait

Pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan studi literatur yang mencari referensi landasan teori yang relevan dengan masalah yang akan diselesaikan. Teori dan referensi didapat dari jurnal, paper, buku dan sumber lainnya yang berkaitan dengan keandalan jaringan distribusi dan kualitas pelayanan yang dapat mendukung penelitian tersebut.

Penelitian Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Menggunakan Metode *Reliability Index Assessment* Pada Penyulang KTN 4 Gardu Induk Kentungan, tujuan penelitian untuk menghitung keandalan dari sistem distribusi Area Yogyakarta Penyulang KTN 04. Analisa dilakukan dalam dua kondisi, yang pertama sistem diasumsikan berada dalam kondisi *perfect switching*, hasilnya nilai SAIFI = 1.37 kali/tahun, MAIFI = 0.02055 kali/tahun, SAIDI = 1.21864 jam/tahun dan CAIDI = 0.88951 jam /tahun dan pada analisa yang kedua sistem diasumsikan berada dalam kondisi *imperfect switching* dimana 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 perhitungan berdasar pemadaman yang terjadi pada penyulang KTN 4 tahun 2015, nilai SAIFI = 0.754315 kali/tahun, SAIDI = 0.974807 jam/tahun, ENS = 53,7 MWh dan AENS = 5,92 kWh/pelanggan. Jika ditinjau dari SPLN 68-2: 1986 penyulang KTN 4 dapat dikategorikan handal. Sedangkan jika dibandingkan dengan standar WCS (*World Customer Service*) dan WCC (*world class company*) saat sistem diasumsikan dalam kondisi *imperfect switching* masih belum memenuhi standar tersebut[7].

Pada penelitian yang berjudul Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20Kv Menggunakan Metode *Section Technique* dan *Ria – Section Technique* Pada Penyulang Adi Sucipto Pekanbaru, dilakukan perbandingan antara metode *Section Technique* dan *Ria – Section Technique*. Terdapat perbedaan hasil dimana nilai SAIFI untuk *feeder* Adi Sucipto adalah sebesar 6.917 kali/tahun, nilai SAIDI adalah sebesar 19.595 jam/tahun dan nilai CAIDI sebesar 2.870 jam/tahun untuk metode *Section Technique*. sedangkan untuk metode *RIA-Section Technique* didapat bahwa nilai SAIFI sebesar 7.366 jam/tahun, nilai SAIDI sebesar 22.090 kali/tahun dan nilai CAIDI sebesar 2.998 jam/tahun. Terdapat peningkatan nilai hasil dari penggunaan metode *RIA - Section Technique*. Terjadi

peningkatan 0,449 kali/tahun untuk nilai SAIFI, nilai SAIDI meningkat 2,505 jam/tahun[4].

Dalam penelitian yang berjudul Studi analisis keandalan sistem tenaga listrik jaringan distribusi 20 kv pada penyulang gardu induk Sukolilo menggunakan metode *RIA* (*reliability index assessment*), penelitian ini membahas tentang studi analisis keandalan distribusi 20 kV pada penyulang Srikana dengan menggunakan metode *RIA* yang akan dibandingkan dengan hasil perhitungan software ETAP. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *reliability index assessment* pada penyulang Srikana pada saat *perfect switching* berupa indeks SAIFI = 0,6554 kali/tahun, MAIFI = 0,20445 kali/tahun, SAIDI = 0,850592207 jam/tahun, CAIDI = 1,297806235 jam/tahun dan nilai *RIA* pada Penyulang Srikana pada saat *imperfect switching* berupa indeks SAIFI = 0,8704 kali/tahun, MAIFI = 0,2044 kali/tahun, SAIDI = 1,503682914 jam/tahun, CAIDI = 1,727576877 jam/tahun. Pada kondisi *imperfect switching*, frekuensi dan durasi jumlahnya lebih besar karena adanya kontribusi dari jumlah peralatan distribusi yang memberikan gangguan pada sistem sehingga nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI pada kondisi *imperfect switching* lebih besar daripada pada kondisi *perfect switching*[8].

Penelitian yang berjudul Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV Di PT.PLN (Persero) Rayon Panam Feeder 12 Kualu Menggunakan Metode *Reliability Index Assessment* (*RIA*), pada penelitian ini perhitungan dilakukan di mana sistem analisis pertama ditinjau dalam kondisi yang sempurna (*perfect switching*), dan kondisi kedua yaitu sistem dianggap dalam kondisi mengalami gangguan (*imperfect switching*). Dari hasil perhitungan nilai keandalan yang dilakukan, didapat hasil pada saat *perfect switching* nilai SAIFI 0,3 kali/tahun, SAIDI 1,19 jam/ahu, CAIDI 6,63 jam/tahun. Sedangkan pada saat *imperfect switching* nilai SAIFI 0,63 kali/tahun, SAIDI 4,19 jam/tahun, CAIDI 6,65 kali/tahun. Dari hasil yang didapat diketahui bahwa jaringa distribusi pada feeder kualu masih handal, karena nilai indeks keandalan yang didapat masih di atas indeks keandalan yang ditetapkan oleh PLN, yaitu untuk SAIFI 3,2 kali/tahun dan saidi 21 jam/tahun[25].

Penelitian terhadap kepuasan pelanggan yang berjudul Pengaruh kualitas pelayanan terhadap kepuasan pelanggan pada PT. PLN (Persero) Area Lubuk Pakam, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis seberapa besar pengaruh kualitas pelayanan. Pengamatan bersifat assosiatif, yaitu observasi yang mencari hubungan antara satu variabel dengan variabel lain. Pengumpulan data primer dilakukan dengan menggunakan kuesioner yang diukur dengan skala likert. Hasil pengamatan ini menunjukkan bahwa variabel bebas

(kualitas layanan) yang meliputi tangible, reliability, responsiveness, assurance, dan empathy secara simultan memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap variabel dependen yaitu kepuasan pelanggan. Hasil analisis data dengan uji signifikan menunjukkan bahwa tangible, reliability, dan responsiveness tidak berpengaruh positif dan signifikan terhadap kepuasan pelanggan. Assurance dan empathy ada pengaruh positif dan signifikan terhadap kepuasan pelanggan[3].

Penelitian yang berjudul Analisis keandalan sistem distribusi di PT. PLN(Persero) APJ Kudus menggunakan *Software Etap (Electrical Transient Analysis Progam)* dan metode *Section Technique*, penelitian ini bertujuan mengetahui nilai keandalan jaringan distribusi 20 KV APJ Kudus, Jawa Tengah. Perhitungan dilakukan dengan membandingkan metode *Section Technique* dan *running software ETAP*. Dari hasil perhitungan menggunakan metode *Section Technique* didapatkan nilai SAIFI = 2.4892 kali/tahun, SAIDI = 7.6766 jam/tahun dan CAIDI = 3,072852 jam/tahun. Sedangkan hasil yang didapat dari perhitungan menggunakan *Running Software ETAP* adalah nilai indeks keandalan penyulang KDS 2 berupa indeks SAIFI = 2.9235 kali/tahun, SAIDI = 7.8902 jam/tahun, dan CAIDI = 2.699 jam/tahun[2].

Penelitian yang berjudul Keandalan jaringan tegangan menengah 20 Kv di wilayah area pelayanan jaringan (APJ) Padang PT.PLN(PERSERO) cabang Padang, perhitungan dilakukannya berdasarkan pada indeks keandalan berbasis sistem yaitu SAIFI dan SAIDI. Dari hasil perhitungan nilai keandalan jaringan distribusi APJ Padang, diketahui bahwa nilai keandalan jaringan distribusi APJ Padang termasuk tingkat keandalan rendah, dengan nilai SAIFI = 27, 378 kali/tahun dan nilai SAIDI = 33,404 jam/tahun. Angka ini masih dibawah nilai yang ditargetkan PT. PLN(PERSERO) cabang Padang yang menargetkan nilai SAIFI = 8,9 - 9,5 kali/tahun dan nilai SAIDI = 4,5 – 5 jam/tahun[10].

Selanjutnya penelitian yang berjudul Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi kepuasan pelanggan terhadap pelayanan PDAM Kota Denpasar, penelitian dilakukan menggunakan metode analisis linier berganda, yang didahului dengan menghitung rata-rata dan standar deviasi. Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan menunjukkan tingkat kepuasan pelanggan PDAM Kota Denpasar yang diukur berdasarkan kontinuitas air berada dalam kategori tingkat kepuasan rendah, pencatatan meter air berada dalam kategori tingkat kepuasan sedang, lokasi pembayaran berada dalam kategori tingkat kepuasan tinggi, dan kecepatan penanganan keluhan berada dalam kategori tingkat kepuasan rendah. Secara bersama-sama atau simultan seluruh variabel, yaitu faktor keandalan (*reliability*)

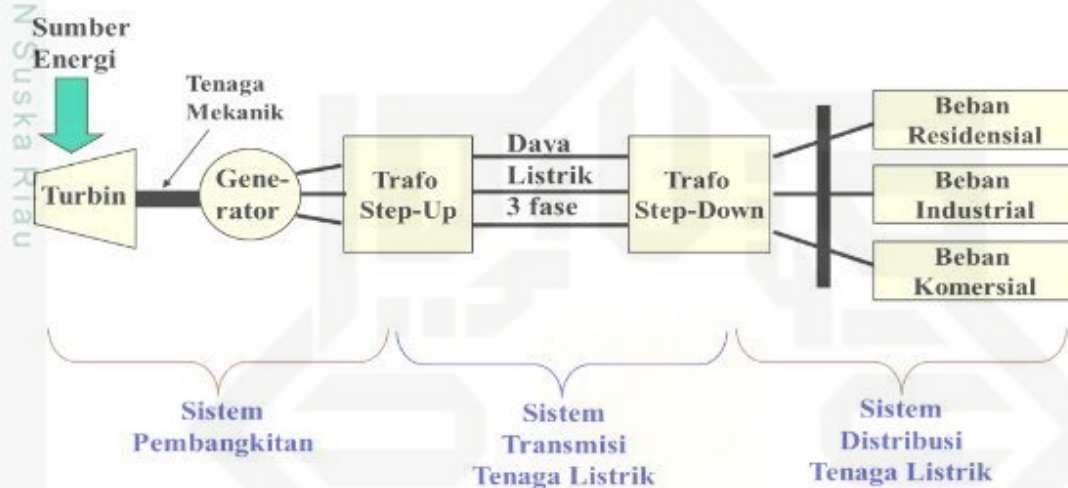
(X1), faktor ketanggapan (*responsiveness*) (X2), faktor keyakinan (*assurance*) (X3), faktor empati (*emphaty*) (X4), dan faktor berwujud (*tangibel*) (X5) berpengaruh signifikan terhadap kepuasan pelanggan PDAM Kota Denpasar. Secara parsial faktor ketanggapan (*responsiveness*) (X2), faktor keyakinan (*assurance*) (X3), faktor empati (*emphaty*) (X4), dan faktor berwujud (*tangibel*) (X5) berpengaruh nyata dan positif terhadap kepuasan pelanggan PDAM Kota Denpasar, sedangkan faktor keandalan (*reliability*) (X1) dalam model ini tidak berpengaruh nyata dan positif terhadap kepuasan pelanggan PDAM Kota Denpasar[11].

Berdasarkan beberapa penelitian di atas, terdapat kekurangan dan kelebihan. Oleh karena itu penulis melakukan penelitian lanjutan dengan menggabungkan beberapa metode dari penelitian yang telah ada. Pada penelitian ini, penulis akan menggabungkan metode *Section Technique* dan *Relibiality Indexs Assessment (RIA)* untuk mengetahui keandalan jaringan distribusi 20Kv Penyulang Kualu Rayon Panam, metode ini akan menggunakan *momentary failure rate* yang digunakan didalam metode RIA dan *Sustained Failure Rate* yang terdapat didalam metode *Section Technique*, sehingga hasil akhir dari metode ini lebih mendekati hasil sebenarnya di lapangan. Yang membedakan penelitian ini dengan penelitian yang sudah ada yaitu melakukan analisa prioritas gangguan menggunakan metode FTA, selain menganalisa keandalan secara teknis, analisa kualitas pelayanan ini juga dilihat dari aspek sosial berdasarkan kepuasan pelanggan, yang ditinjau dari kualitas pelayanan.

## 2.2. Sistem Tenaga Listrik

Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama yaitu pusat pembangkit listrik, saluran transmisi, dan sistem distribusi. Secara umum, baik atau buruknya sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik terutama ditinjau dari kualitas daya yang diterima oleh konsumen. Kualitas daya yang baik antara lain meliputi kapasitas daya yang memenuhi dan tegangan yang selalu konstan pada tegangan nominal. Tegangan harus selalu dijaga konstan terutama rugi tegangan yang terjadi di ujung saluran. Tegangan yang tidak stabil dapat mengakibatkan kerusakan alat-alat yang peka terhadap perubahan tegangan (khususnya alat-alat elektronik). Tegangan yang terlalu rendah akan mengakibatkan alat-alat listrik tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya. Demikian juga tegangan terlalu tinggi dapat berpotensi merusak alat-alat listrik. Perubahan nilai frekuensi akan sangat dirasakan oleh pemakai listrik yang penggunaannya

berkaitan/bergantung pada kestabilan frekuensi. Konsumen kelompok ini biasanya adalah industri-industri yang menggunakan mesin-mesin otomatis dengan menggunakan *setting* waktu/frekuensi seperti peralatan motor. Oleh karena itu, kestabilan frekuensi dan tegangan harus selalu dikontrol untuk menghindari resiko-resiko yang mungkin terjadi sehingga kerusakan hingga kegagalan sistem dapat dihindari [13]. Gambaran umum tentang system tenaga listrik yang terdapat di Indonesia dapat digambarkan pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Tiga Komponen Utama Dalam Sistem Tenaga Listrik [7]

Pada sistem tenaga listrik, terdapat beberapa komponen utama. Komponen tersebut terdiri atas pembangkitan tenaga listrik, transmisi tenaga listrik, serta distribusi tenaga listrik. Tiap komponen tersebut saling bergantung satu sama lain. Penjelasan tiap komponennya adalah sebagai berikut [13]:

1. Pembangkit tenaga listrik (pembangkitan): berfungsi membangkitkan energi listrik dengan cara merubah energi mekanik menjadi energi listrik.
2. Sistem transmisi (penyaluran): proses menyalurkan energi listrik dari satu tempat ke tempat lain (dari pembangkit listrik ke gardu induk atau dari satu gardu induk ke gardu induk lainnya), dengan menggunakan penghantar yang direntangkan antara tiang-tiang (*tower*) melalui isolatorisulator, dengan sistem tegangan tinggi.
3. Sistem distribusi (distribusi): pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke instalasi pemanfaatan (pelanggan).
4. Instalasi milik pelanggan (pemanfaatan): pihak yang memanfaatkan energi listrik.

### 2.3. Sistem Distribusi

Sistem distribusi tenaga listrik adalah bagian dari sistem perlengkapan elektrik antara sumber daya besar (*bulk power source*) dan peralatan hubung pelanggan (*customers service switches*). Fungsi jaringan distribusi adalah menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk distribusi (*distribution substation*) kepada pelanggan listrik dengan mutu pelayanan yang memadai. Sistem jaringan distribusi tenaga listrik dibedakan menjadi 2 sistem distribusi primer (jaringan distribusi tegangan menengah) dan sistem distribusi sekunder (jaringan distribusi tegangan rendah). Kedua sistem tersebut dibedakan berdasarkan tegangan kerjanya. Umumnya tegangan kerja pada sistem distribusi primer adalah 6 kV atau 20 kV, sedangkan tegangan kerja pada sistem distribusi sekunder 380 V atau 220 V [7].

### 2.3.1. Sistem Distribusi Langsung

Sistem pendistribusian langsung merupakan sistem penyaluran tenaga listrik yang dilakukan secara langsung dari pusat pembangkit tenaga listrik, dan tidak melalui jaringan transmisi terlebih dahulu. Sistem distribusi langsung ini digunakan jika pusat pembangkit tenaga listrik berada tidak jauh dari pusat-pusat beban, biasanya terletak daerah pelayanan beban atau dipinggiran kota.

### 2.3.2. Sistem Distribusi Tidak Langsung

Sistem pendistribusian tidak langsung merupakan sistem penyaluran tenaga listrik yang dilakukan jika pusat pembangkit tenaga listrik jauh dari pusat-pusat beban, sehingga untuk penyaluran tenaga listrik memerlukan jaringan transmisi sebagai jaringan perantara sebelum dihubungkan dengan jaringan distribusi yang langsung menyalurkan tenaga listrik ke konsumen.

## 2.4. Komponen Jaringan Distribusi

Sistem distribusi merupakan keseluruhan komponen dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan secara langsung antara sumber daya yang besar (seperti gardu transmisi) dengan konsumen tenaga listrik. Secara umum yang termasuk ke dalam sistem distribusi antara lain [14]:

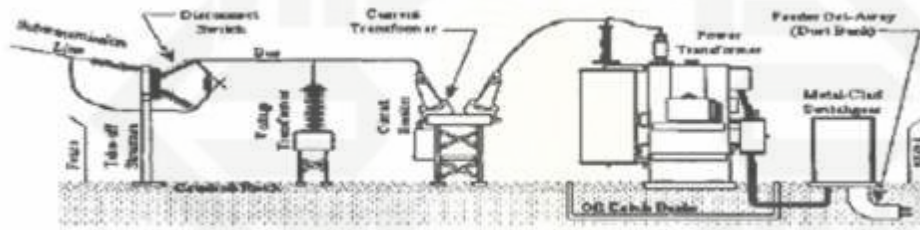
### 2.4.1. Gardu Induk ( GI )

Gardu induk adalah suatu instalasi yang terdiri dari peralatan listrik yang berfungsi untuk mentransfer tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ke tegangan tinggi yang lainnya atau ke tegangan rendah, pengukuran pengawasan operasi, dan sebagai pengaturan

pengaman sistem tenaga listrik serta pengaturan daya pada gardu-gardu lain melalui tegangan tinggi dan gardu-gardu distribusi melalui feeder tegangan menengah.

Pada bagian ini jika sistem pendistribusian tenaga listrik dilakukan secara langsung, maka bagian pertama dari sistem distribusi tenaga listrik adalah pusat pembangkit tenaga listrik. Biasanya pusat pembangkit tenaga listrik terletak di pinggiran kota dan pada umumnya berupa pusat pembangkit tenaga diesel (PLTD). Untuk menyalurkan tenaga listrik ke pusat-pusat beban (konsumen) dilakukan dengan jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder.

Jika sistem pendistribusian tenaga listrik dilakukan secara tidak langsung, maka bagian pertama dari sistem pendistribusian tenaga listrik adalah gardu induk seperti pada Gambar 2.2 yang berfungsi menurunkan tegangan dari tegangan transmisi dan menyalurkan tegangan listrik melalui jaringan distribusi primer.



Gambar 2.2 Gardu Induk [14]

#### 2.4.2. Jaringan Distriusi Primer

Jaringan distribusi primer merupakan awal penyaluran tenaga listrik dari Gardu Induk (GI) ke konsumen untuk sistem pendistribusian langsung. Sedangkan untuk sistem pendistribusian tak langsung merupakan tahap berikutnya dari jaringan transmisi dalam upaya menyalurkan tenaga listrik ke konsumen. Jaringan distribusi primer atau jaringan distribusi tegangan menengah memiliki tegangan sistem sebesar 20 kV. Untuk wilayah kota tegangan diatas 20 kV tidak diperkenankan, mengingat pada tegangan 30 kV akan terjadi gejala-gejala karena yang dapat mengganggu frekuensi radio, TV, 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 karakteristiknya ada konsumen perumahan dan konsumen dunia industri. Sistem kontruksi saluran distribusi terdiri dari saluran udara dan saluran bawah tanah.

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.

Gabungan beberapa penyulang dapat membentuk beberapa tipe sistem jaringan distribusi primer dapat dibagi menjadi empat yaitu [12]:

a. Konfigurasi Radial

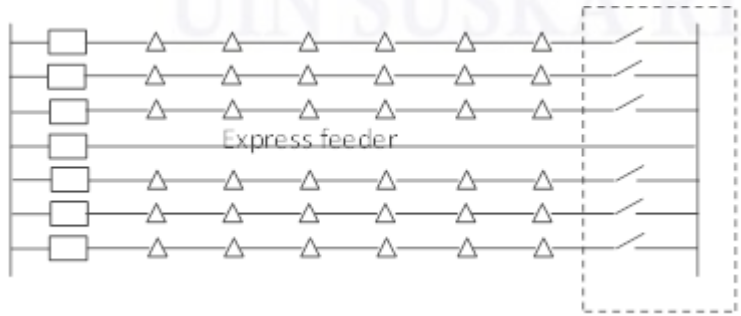
Konfigurasi jaringan ini disebut juga sebagai konfigurasi *fish bone*. Pengurangan luas pemadaman dilakukan dengan mengisolasi bagian yang terkena gangguan dengan menggunakan pemisah *pole top switch* (PTS), *Air Break Switch* (ABS), dengan koordinasi relai. Pemutus balik otomatis (PBO) atau *automatic recloser* dipasang pada saluran utama dan saklar seksi otomatis (SSO) atau *automatic sectionalizer* pada titik percabangan.



Gambar 2.3 Konfigurasi Radial [12]

b. Konfigurasi Spindel

Konfigurasi spindel umumnya digunakan pada saluran kabel bawah tanah. Pada konfigurasi ini dikenal 2 jenis penyulang yaitu penyulang cadangan (*standby* atau *express feeder*) dan penyulang operasi (*working feeder*). Penyulang cadangan tidak dibebani dan berfungsi sebagai *back-up* suplai jika terjadi gangguan pada penyulang operasi. Untuk konfigurasi 2 penyulang, maka faktor pembebanan hanya 50%. Berdasarkan konsep *spindel*, jumlah penyulang pada 1 spindel adalah 6 penyulang operasi dan 1 penyulang cadangan sehingga faktor pembebanan konfigurasi spindel penuh adalah 85%. Ujung-ujung penyulang berakhir pada gardu yang disebut Gardu Hubung dengan kondisi operasi *Normally Open* (NO), kecuali penyulang cadangan dengan kondisi *Normally Close* (NC).



Gambar 2.4 Konfigurasi Spindel [12]



c. Konfigurasi Loop

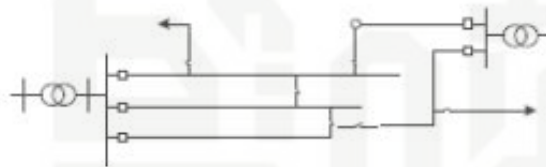
Konfigurasi ini memungkinkan satu Gardu Distribusi dipasok dari 2 penyulang berbeda dengan selang waktu pemadaman sangat singkat. Jika penyulang operasi mengalami gangguan, dapat dipasok dari penyulang cadangan secara efektif dalam waktu sangat singkat dengan menggunakan fasilitas *Automatic Change Over Switch* (ACOS). Pencabangan dapat dilakukan dengan sedapan *Tee-Off* (TO) dari saluran udara atau saluran kabel bawah tanah melalui Gardu Distribusi.



Gambar 2.5 Konfigurasi Loop [12]

d. Konfigurasi Jala – Jala (Grid, Mesh)

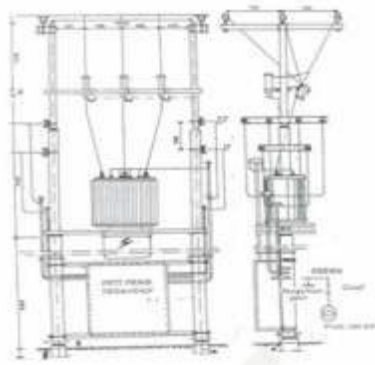
Konfigurasi jala-jala memungkinkan pasokan tenaga listrik dari berbagai arah ke titik beban. Rumit dalam proses pengoperasiannya, namun umumnya digunakan pada daerah padat beban tinggi dan pelanggan-pelanggan khusus.



Gambar 2.6 Konfigurasi Jala – Jala (Grid, Mesh) [12]

**2.4.3. Gardu Distribusi**

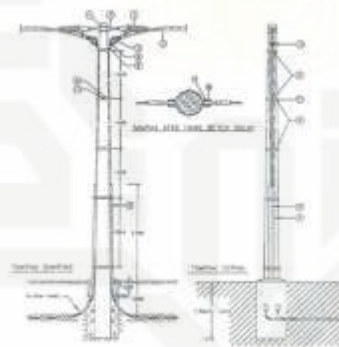
Berfungsi merubah tegangan listrik dari jaringan distribusi primer menjadi tegangan terpakai yang digunakan untuk konsumen dan disebut sebagai jaringan distribusi sekunder. Kapasitas transformator yang digunakan pada gardu distribusi ini tergantung pada jumlah beban yang akan dilayani dan luas daerah pelayanan beban. Bisa berupa transformator satu fasa dan bisa juga berupa transformator tiga fasa.



Gambar 2.7 Gardu Distribusi Jenis Tiang [14]

#### 2.4.4. Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder atau jaringan distribusi tegangan rendah merupakan jaringan tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen. Oleh karena itu besarnya jaringan untuk distribusi sekunder ini 130/230 Volt dan 130/400 Volt untuk sistem lama, atau 230/400 Volt untuk sistem baru. Tegangan 130 Volt dan 230 Volt merupakan tegangan antara fasa dengan netral, sedangkan tegangan 400 Volt merupakan tegangan fasa dengan fasa.



Gambar 2.8 Jaringan Distribusi Sekunder 220volt [14]

#### 2.5. Persyaratan Sistem Distribusi

Dalam usaha peningkatan kualitas, keandalan, dan pelayanan tenaga listrik ke konsumen, maka diperlukan persyaratan sistem distribusi tenaga listrik yang memenuhi alasan-alasan teknis, ekonomis, dan sosial sehingga dapat memenuhi standar kualitas dari sistem pendistribusian tenaga listrik tersebut. Adapun syarat-syarat sistem distribusi tenaga listrik yaitu [14]:

### 2.5.1. Faktor Ketersediaan Sistem

1. Kontinuitas penyaluran tenaga listrik ke konsumen harus terjamin selama 24 jam terus-menerus. Persyaratan ini cukup berat, selain harus tersedianya tenaga listrik pada pusat pembangkit tenaga listrik dengan jumlah yang cukup besar, juga kualitas sistem distribusi tenaga listrik harus dapat diandalkan, karena digunakan secara terus-menerus.
2. Setiap gangguan yang terjadi dengan mudah dilacak dan diisolasi sehingga pemadaman tidak perlu terjadi. Untuk itu diperlukan alat-alat pengaman dan pemutus tegangan (*Air Break Switch*) pada setiap wilayah beban.
3. Sistem proteksi dan pengaman jaringan harus tetap dapat bekerja dengan baik dan tepat.

### 2.5.2. Faktor Kualitas Sistem

1. Kualitas tegangan listrik yang sampai ketitik beban harus memenuhi persyaratan minimal untuk setiap kondisi dan sifat-sifat beban. Oleh karena itu diperlukan stabilitas tegangan (*Voltage Regulator*) yang bekerja secara otomatis untuk menjamin kualitas tegangan sampai kekonsumen stabil.
2. Tegangan jatuh atau tegangan drop dibatasi pada harga 10 % dari tegangan nominal sistem untuk setiap wilayah beban. Untuk itu daerah beban yang terlalu padat diberikan beberapa *voltage regulator* untuk menstabilkan tegangan.
3. Kualitas peralatan listrik yang terpasang pada jaringan dapat menahan tegangan lebih (*Over Voltage*) dalam waktu singkat.

### 2.5.3. Faktor Pemeliharaan Sistem

1. Kontinuitas pemeliharaan sistem perlu dijadwalkan secara berkesinambungan sesuai dengan perencanaan awal yang telah ditetapkan, agar kualitas sistem tetap terjaga dengan baik.
2. Pengadaan peralatan listrik yang dibutuhkan hendaknya sesuai dengan jenis/spesifikasi material yang dipakai, sehingga bisa dihasilkan kualitas sistem yang lebih baik dan murah.
3. Faktor Peencanaan Sistem  
Perencanaan jaringan distribusi harus dirancang semaksimal mungkin, untuk perkembangan dikemudian hari.

#### 2.5.4. Faktor Keselamatan Sistem dan Publik

1. Keselamatan penduduk dengan adanya jaringan tenaga listrik harus diperhatikan dengan baik, untuk daerah padat penduduknya diperlukan rambu-rambu pengaman dan peringatan agar penduduk dapat mengetahui bahaya listrik. Selain itu untuk daerah yang sering mengalami gangguan perlu dipasang alat pengaman untuk dapat meredam gangguan tersebut secara cepat dan terpadu.
2. Keselamatan alat dan perlengkapan jaringan yang dipakai hendaknya memiliki kualitas yang baik dan dapat meredam secara cepat bila terjadi gangguan pada sistem jaringan. Untuk itu diperlukan jadwal pengontrolan alat dan perlengkapan jaringan secara terjadwal dengan baik dan berkesinambungan.

#### 2.6. Keandalan Sistem Tenaga Listrik

Keandalan merupakan suatu istilah abstrak yang memiliki arti ketahanan, ketergantungan, dan kinerja yang baik. Untuk sistem teknik elektro, keandalan merupakan sesuatu yang dapat dihitung, diukur, dievaluasi, direncanakan, dan didesain menjadi bagian dari peralatan atau sebuah sistem. Keandalan berarti kemampuan suatu sistem untuk bekerja sesuai dengan fungsinya dibawah kondisi operasi yang dihadapi selama masa hidupnya. Adapun konsep keandalan meliputi [4] :

1. Kegagalan  
Kegagalan adalah berakhirnya kemampuan suatu peralatan untuk melaksanakan suatu fungsi yang diperlukan.
2. Penyebab Kegagalan  
Keadaan lingkungan selama disain, pembuatan atau yang akan menuntun kepada kegagalan.
3. Mode Kegagalan  
Akibat yang diamati untuk mengetahui kegagalan, misalnya suatu keadaan rangkaian terbuka atau hubung singkat.
4. Mekanisme Kegagalan  
Proses fisik, kimia atau proses lain yang menghasilkan kegagalan.

#### 2.7. Keandalan Sistem Distribusi 20kV

Keandalan sistem distribusi merupakan tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem atau bagian dari sistem untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan dalam kondisi operasi tertentu. Untuk dapat menentukan tingkat keandalan dari suatu

sistem, harus diadakan pemeriksaan melalui perhitungan maupun analisa terhadap tingkat keberhasilan kinerja atau operasi dari sistem yang ditinjau pada periode tertentu [3]. Ada beberapa hal yang perlu diketahui sebelum menghitung indeks keandalan sistem yaitu dengan mengetahui standard Indeks keandalan pada SUTM radial SPLN 68-2 tahun 1986 dimana untuk nilai SAIFI adalah 3,2 kali/tahun dan SAIDI sebesar 21 Jam/tahun [14].

## 2.8. Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Indeks Keandalan

Dalam proses pendistribusian tenaga listrik, yang sangat penting dalam menentukan kinerja sistem adalah tingkat keandalan. Hal ini dapat dilihat dari sejauh mana supply tenaga listrik dilaksanakan secara kontinyu dalam satu tahun ke konsumen. Ada beberapa definisi yang diberikan untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi indeks keandalan dalam suatu sistem distribusi, yaitu [14] :

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

## 2.9. Gangguan Sistem Distribusi

Setiap kesalahan dalam suatu rangkaian yang menyebabkan terganggunya aliran arus normal disebut gangguan. Gangguan pada sistem ketenagalistrikan sudah menjadi bagian dari pengoperasian sistem tenaga listrik tersebut. Mulai dari sumber alam, pembangkit, transmisi, distribusi hingga pusat – pusat beban tidak pernah lepas dari berbagai macam gangguan. Suatu bagian esensi dalam disain jaringan suplai daya

memerlukan pemikiran agar meminimalkan gangguan. bagian dari sistem tenaga listrik yang sering mengalami gangguan adalah kawat transmisinya. Hal tersebut wajar terjadi karena luas dan panjangnya saluran dari pembangkit hingga distribusi pada umumnya lewat udara lebih rentan daripada yang ditaruh di bawah tanah (*underground*). Terlebih lagi jika saluran tidak dilindungi isolasi ataupun peralatan proteksi yang tidak memadai, akan sering menimbulkan gangguan pada sistem tenaga listrik tersebut. Semua gangguan bisa disebabkan dari peralatannya atau kesalahan mekanis, termis dan tegangan lebih atau material yang cacat atau rusak, misalnya hubung singkat, gangguan ketanah atau konduktor putus. Busur tanah yang menetap merupakan gangguan yang sangat ditakuti sebab busur tanah yang padam dan menyala merupakan sumber gelombang berjalan yang mempunyai muka curam yang dapat membahayakan isolasi dari alat - alat instalasi walaupun letaknya jauh dari titik gangguan.

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan. ditinjau dari volume fisiknya, jaringan distribusi pada umumnya lebih panjang dibanding dengan jaringan transmisi dan jumlah gangguannya dalam kali per 100 km per tahun juga paling tinggi dibanding gangguan pada jaringan transmisi.

Jaringan distribusi pada umumnya terdiri dari JTM (Jaringan Tegangan Menengah) dan JTR (Jaringan Tegangan Rendah). JTM mempunyai tegangan 3 kV sampai 20 kV. Namun pada saat ini PLN hanya mengembangkan tegangan menengah 20 kV. JTM sebagian besar berupa SUTM dan kabel bawah tanah. Gangguan pada SUTM memiliki jumlah gangguan yang tinggi, yakni sebanyak 100 kali per 100 km per tahunnya[4].

### 2.9.1. Akibat yang Ditimbulkan Oleh Gangguan

1. Menginterupsi kontinuitas pelayanan daya kepada pelanggan apabila gangguan itu sampai menyebabkan terputusnya suatu rangkaian atau menyebabkan keluarnya suatu unit pembangkit.
2. Penurunan tegangan yang cukup besar menyebabkan rendahnya kualitas tenaga listrik.
3. Pengurangan stabilitas sistem dan menyebabkan jatuhnya generator.
4. Merusak peralatan pada daerah terjadinya gangguan.

### 2.9.2. Penyebab Gangguan pada SUTM maupun SKTM

- a. Pada SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah)
  1. Alam (Petir, pohon, angin, hujan, panas).

2. Kegagalan atau kerusakan peralatan dan saluran.
  3. Manusia.
  4. Binatang atau benda – benda asing.
- b. Pada SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah)
1. Gangguan dari luar (*External Fault*)  
Gangguan – gangguan mekanis akibat ada galian saluran air dan lain – lain, kendaraan yang lewat di atas kabel bawah tanah, impuls petir lewat saluran udara, binatang dan fenomena lain.
  2. Gangguan dari dalam (*Internal Fault*)  
Tegangan dan arus tidak normal, pemasangan yang kurang baik, penuaan dan beban lebih [4].

## 2.10. Klasifikasi Gangguan

Jenis gangguan yang sering terjadi dalam prakteknya adalah gangguan satu fasa ke tanah dan yang terbanyak terjadi. Pada gangguan satu fasa ke tanah biasanya terdapat tahanan hubung singkatnya. Meskipun gangguan satu fasa ke tanah sering terjadi, perhitungan tiga fasa simetris sering digunakan untuk analisa hubung singkat[4]. Adapun sifat – sifat gangguan sebagai berikut :

1. Gangguan Permanen  
Gangguan ini ditandai dengan bekerjanya kembali PMT untuk memutus daya 1 listrik. Gangguan permanen baru dapat diatasi setelah penyebab gangguannya dihilangkan.
2. Gangguan Temporer (*momentary interruption*)  
Gangguan ini ditandai dengan normalnya kerja PMT setelah dimasukkan kembali. Pada gangguan temporer dapat diatasi setelah penyebab gangguan hilang dengan sendirinya setelah PMT trip.

## 2.11. Analisa Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan (*reliability*) didefinisikan sebagai probabilitas dari peralatan atau sistem untuk dapat menjalankan fungsinya dengan semestinya, dalam kurun waktu tertentu, serta pada kondisi kerja tertentu. Tingkat keandalan dari sistem distribusi diukur dari sejauh mana penyaluran tenaga listrik dapat berlangsung secara kontiniu kepada para pelanggan tanpa perlu terjadi pemadaman.

Ada dua cara untuk memperbaiki keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Cara pertama adalah dengan mengurangi frekuensi terjadinya gangguan dan cara kedua dengan mengurangi durasi gangguan. Untuk mengurangi frekuensi terjadinya gangguan, dilakukan tindakan preventif yakni dengan pemeliharaan jaringan secara berkala. Hal ini guna menjamin performa sistem secara menyeluruh. Sedangkan untuk mengurangi durasi gangguan disadari pentingnya otomasi sistem distribusi untuk memastikan pemulihan pasokan tenaga listrik secara cepat bagi konsumen, dan sekaligus memperbaiki tingkat keandalan sistem.

Otomasi sistem distribusi dilakukan dengan menggunakan sejumlah *keypoint*, *keypoint* di sini berupa *sectionalizer* atau Saklar Seksi Otomatis (SSO). *Sectinalizer* membagi bagian jaringan distribusi kedalam *section – section*, dan akan bekerja melakukan operasi *switching (switching operation)* bilamana terjadi gangguan pada sistem. Ada dua *switching operation* yang dapat dilakukan, yang pertama *switching operation* yang bertujuan untuk melokalisir/memisahkan *section* yang terganggu agar tidak mempengaruhi *section* lain yang tidak terganggu. Dan yang kedua adlaah *switching operation* yang bertujuan untuk memutuskan jaringan dari gangguan, sekaligus menghubungkan jaringan yang terputus dengan alternatif sumber listrik lain apabila ada yang memungkinkan, sehingga tidak perlu terjadi pemadaman[4].

### 2.11.1. Indeks Keandalan Sistem Distribusi 20 KV

Indeks keandalan suatu sistem distribusi digunakan untuk mengukur tingkat keandalan dari tiap – tiap titik beban/load point. Yang merupakan indeks – indeks keandalan dasar antara lain [4].

$\lambda$	=	Frekuensi kegagalan tahunan rata – rata ( <i>fault/year</i> )
$r$	=	Lama terputusnya pasokan listrik rata – rata ( <i>hours/fault</i> )
$U$	=	Lama/durasi terputusnya pasokan listrik tahunan rata – rata ( <i>hours/year</i> )

Berdasarkan indeks – indeks dasar ini, didapatkan sejumlah keandalan untuk sistem secara keseluruhan yang dapat dievaluasi dan bisa didapat lengkap mengenai kinerja sistem. Indeks – indeks ini adalah frekuensi atau lama pemadaman rata - rata tahunan.



## 2.12. Indeks Keandalan Metode Gabungan (*Section Technique – RIA*)

Proses perhitungan pada metode gabungan sama seperti pada metode *Section technique* yaitu membagi struktur sistem setiap *Sectionalizer*. Namun bedanya adalah pada saat penentuan nilai frekuensi kegagalan ( $\lambda$ ) dan durasi gangguan (U) peralatan. Pada metode *section technique*, nilai  $\lambda$  yang digunakan hanya *sustained failure rate* (gangguan yang memiliki waktu yang lama dalam memperbaiki) yakni sebesar 0,2 untuk *line* atau salurannya. Sedangkan untuk metode gabungan ini akan menambahkan parameter *momentary failure rate* kedalam perhitungannya, dimana parameter ini digunakan pada metode RIA, sesuai SPLN No. 59 tahun 1985, nilai parameter ini adalah sebesar 0,003 untuk SUTM [12].

Berdasarkan penyebab terjadinya kegagalan, laju kegagalan dapat dibagi menjadi 2, yaitu :

1. *Sutained Failure Rate* yang merupakan nilai laju kegagalan yang diakibatkan oleh gangguan yang memiliki interval waktu yang cukup lama didalam periode perbaikannya. Jenis laju kegagalan ini yang umum digunakan untuk perhitungan indeks keandalan suatu sistem distribusi.
2. *Momentary Failure Rate* merupakan laju kegagalan yang disebabkan oleh gangguan sesaat yang dialami oleh suatu komponen.

Berikut ini tabel kegagalan untuk Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) sesuai standar PLN No. 59 Tahun 1985 mengenai “Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV” yang meliputi nilai *failure rate*, *repaire time*, dan *switching time* [21] :

Tabel 2.1 Data Indeks Kegagalan SUTM [21]

Salura Udara	
<i>Sustained Failure Rate</i> ( $\lambda$ /jam/tahun)	0,2
<i>Momentary Failure Rate</i> ( $\lambda$ /jam/tahun)	0,003
<i>Repair Time</i> (r) (jam)	3
<i>Switching Time</i> (rs) (jam)	0,15

Nilai *failure rate*, *repair time*, dan *switching time* komponen yang terdapat didalam sistem distribusi dapat dilihat pada tabel dibawah ini[21].

Tabel 2.2 Data Indeks Kegagalan Peralatan [21]

Komponen	$\lambda$ (Unit/Tahun)	r (Jam)	Repair Time (Jam)
<i>Transformer</i>	0,005	10	0,15
<i>Circuit Breaker</i>	0,005	10	0,15
<i>Sectionalizer</i>	0,005	10	0,15

Parameter – parameter yang umum dihitung untuk mengetahui keandalan suatu sistem, antara lain *failure rate* ( $\lambda$ ) dan *unavailability* (U). Parameter yang dihitung untuk sistem distribusi adalah parameter  $\lambda$  dan U pada setiap titik beban (*load point*) pada jaringan sistem distribusi tersebut. Berikut ini merupakan perhitungan parameter untuk setiap titik beban [12] :

- a. *Failure Rate* titik beban ( $\lambda_{LP}$ ) merupakan hasil penjumlahan tiap peralatan tenaga listrik seperti transformator, CB, maupun *sectionalizer* yang mempengaruhi titik beban yang sedang dihitung, berikut ini adalah persamaannya [12] :

$$\lambda_{sys} = \sum_i \lambda_i \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

$\lambda_i$  = Laju Kegagalan

- b. *Unavailability* titik beban ( $U_{LP}$ ) merupakan total hasil perkalian antara *failure rate* ( $\lambda$ ) dengan *repair time* (r) masing-masing peralatan yang mempengaruhi titik beban yang dihitung, berikut ini adalah persamaannya [12] :

$$U_{sys} = \sum_i \lambda_i \times r_i \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

$\lambda_i$  = *failure rate* untuk peralatan i

$r_i$  = *repair time* untuk peralatan

- c. Perhitungan indeks keandalan berdasarkan jumlah saluran frekuensi gangguan dijumlahkan dengan jumlah pelanggan setiap *section* [12] :

$$\sum \lambda_i \times N_i \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$\lambda_i$  = Laju kegagalan pada komponen i

$N_i$  = Jumlah pelanggan

- d. Perhitungan indeks keandalan berdasarkan jumlah seluruh durasi gangguan dijumlahkan dengan jumlah pelanggan setiap *section* [12] :

$$\sum U_i \times N_i \dots \dots \dots (2.4)$$

$U_i$  = Durasi kegagalan pada komponen  $i$

$N_i$  = Jumlah pelanggan

Berdasarkan indeks-indeks *load point* ini, diperoleh sejumlah indeks keandalan untuk mengetahui indeks keandalan sistem secara keseluruhan yang dapat dievaluasi dan bisa didapatkan dengan lengkap mengenai kinerja sistem. Indeks-indeks ini adalah frekuensi dan lama pemadaman rata-rata tahunan.

Indeks-indeks yang digunakan untuk menghitung keandalan sistem adalah sebagai berikut[4]:

1. SAIFI( *System Average Interruption Frequency Index* )

Yaitu jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi perpelanggan yang dilayani pertahun. Untuk mendapatkan hasil maka menggunakan rumus sebagai berikut[12] :

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i \times N_i}{\sum N} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

- $N_i$  = Jumlah konsumen pada *load point*
- $N$  = Jumlah konsumen pada sistem
- $\lambda_i$  = Frekuensi gangguan peralatan pada *load point*

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

Yaitu nilai rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap pelanggan selama satu tahun, persamaanya adalah [12] :

$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

- $N_i$  = Jumlah konsumen pada *load point*
- $N$  = Jumlah konsumen pada sistem
- $U_i$  = Durasi gangguan peralatan pada *load point*

3. CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*)

Adalah indeks durasi gangguan konsumen rata – rata tiap tahun.

Persamaannya adalah [4] :

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \dots\dots\dots(2.7)$$

**2.13. Metode Analisis Sistem**

Sistem merupakan kumpulan objek yang saling berinteraksi dan bekerjasama untuk mencapai suatu tujuan. Metode-metode analisis sistem digunakan untuk menganalisis adanya kesalahan dalam suatu sistem. Analisis sistem dapat dilakukan secara sederhana maupun secara kompleks, akan tetapi secara umum analisis sistem akan melibatkan dua kategori pertanyaan [17], sebagai berikut:

a. Pertanyaan yang berkaitan dengan sebab

Sebab adalah suatu kondisi yang akan mengakibatkan munculnya kejadian lain dalam sistem. Sebab merupakan kejadian pertama yang harus dianalisis dengan benar supaya dapat mencegah munculnya kejadian-kejadian lainnya yang tidak diinginkan. Adapun contoh sebuah pertanyaan yang berkaitan dengan sebab yaitu misalnya apa penyebab kereta api bisa bertabrakan.

b. Pertanyaan yang berkaitan dengan akibat

Akibat adalah suatu kondisi yang akan muncul di dalam sistem karena adanya sebab. Analisis kemudian dilakukan untuk mengetahui akibat apa yang muncul jika suatu kondisi awal (sebab) terjadi. Adapun contoh pertanyaan berkaitan dengan akibat misalnya apa yang akan terjadi jika sopir pada saat mengemudi dalam kondisi mabuk.

Beberapa metode yang digunakan untuk melakukan analisis sistem [17], sebagai berikut:

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*

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.

*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 skenario 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 akan menggunakan Diagram Pareto untuk penentuan gangguan sistem tertinggi, kemudian metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dalam melakukan analisis gangguan pada sistem jaringan distribusi 20 kV.

### 2.14. *Fault Tree Analysis*

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.

Titik awal analisa FTA adalah pengidentifikasian Mode kegagalan pada top level suatu sistem. Sebuah fault tree mengilustrasikan keadaan komponen – komponen sistem (basic event) dan hubungan antara basic event dan top event menyatakan hubungan tersebut disebut gerbang logika. Dari diagram fault tree ini dapat disusun cut set dan minimal cut set. Cut set yaitu serangkaian komponen system, apabila terjadi kegagalan dapat berakibat kegagalan pada sistem. Sedangkan minimal cut set yaitu set minimal yang dapat menyebabkan kegagalan pada sistem. FTA menggunakan langkah – langkah terstruktur dalam melakukan analisis pada sistem. Adapun langkah - Iangkah FTA, yaitu[19]:

1. Mengidentifikasi kejadian/peristiwa terpenting dalam sistem (top level event).  
Langkah pertama dalam FTA ini merupakan langkah penting karena akan mempengaruhi hasil analisis sistem. Pada tahap ini, dibutuhkan pemahaman tentang sistem dan pengetahuan tentang jenis - jenis kerusakan (undesired event) untuk mengidentifikasi akar permasalahan sistem.

Pemahaman tentang sistem dilakukan dengan mempelajari semua informasi tentang sistem dan ruang lingkungannya.

2. Membuat pohon kesalahan.

Setelah permasalahan terpenting teridentifikasi, langkah berikutnya adalah menyusun urutan sebab akibat pohon kesalahan. Pada tahap ini, cause and effect diagram (Ishikawa) dapat digunakan untuk menganalisis kesalahan dan mengeksplorasi keberadaan kerusakan - kerusakan yang tersembunyi. Pembuatan pohon kesalahan dilakukan dengan menggunakan simbol - simbol Boolean. Standarisasi simbol - simbol tersebut diperlukan untuk komunikasi dan konsistensi pohon kesalahan.

3. Menganalisis pohon kesalahan.

Analisis pohon kesalahan diperlukan untuk memperoleh informasi yang jelas dari suatu sistem dan perbaikan - perbaikan apa yang harus dilakukan pada sistem. Tahap-tahap analisis pohon kesalahan dapat dibedakan menjadi 3, yaitu:

a. Menyederhanakan pohon kesalahan.

Tahap pertama analisis pohon kesalahan adalah menyederhanakan pohon kesalahan dengan menghilangkan cabang-cabang yang memiliki kemiripan karakteristik. Tujuan penyederhanaan ini adalah untuk mempermudah dalam melakukan analisis sistem lebih lanjut.

b. Menentukan peluang munculnya kejadian atau peristiwa terpenting dalam sistem (*top level event*).

Setelah pohon kesalahan disederhanakan, tahap berikutnya adalah menentukan peluang kejadian paling penting dalam sistem. Pada langkah ini, peluang semua input dan logika hubungan digunakan sebagai pertimbangan penentuan peluang.







c. Mereview hasil analisis.

Review hasil analisis dilakukan untuk mengetahui kemungkinan perbaikan yang dapat dilakukan pada sistem.

*Output* yang diperoleh setelah melakukan FTA adalah peluang munculnya kejadian terpenting dalam sistem dan memperoleh akar permasalahan sebabnya. Akar permasalahan tersebut kemudian digunakan untuk memperoleh prioritas perbaikan permasalahan yang tepat pada sistem.



Tabel 2.3 Simbol – Simbol Hubungan Dalam FTA [17]

No	Nama	Simbol	Deskripsi
1	<i>Top Event</i>		<i>Top Event</i> merupakan kondisi <i>Undesired Event</i> yang selanjutnya dikembangkan menjadi level level yang lebih rendah.
2	<i>Logic Event AND</i>		<i>Logic Event AND</i> . <i>Output event</i> terjadi jika semua <i>input event</i> terjadi secara bersamaan.
3	<i>Logic Event OR</i>		<i>Logic Event OR</i> . <i>Output event</i> terjadi paling tidak satu <i>input event</i> terjadi.
4	<i>Transferred Event</i>		<i>Transferred Event</i> . Menunjukkan logika yang dibangun dilanjutkan pada bagian lain atau menunjukkan logika yang dibangun merupakan kelanjutan dari suatu bagian logika yang lain.
5	<i>Undeveloped Event</i>		<i>Undeveloped event</i> . Merupakan sebuah <i>event</i> yang tidak dapat dikembangkan lebih lanjut dikarenakan ketidakcukupan alasan atau informasi yang tidak dapat diperoleh.
6	<i>Basic Event</i> <i>Basic event</i>		<i>Event</i> ini adalah kondisi batas paling bawah dari <i>fault tree</i> dan tidak bisa dikembangkan lagi menjadi <i>event-event</i> yang lebih rendah.

### 2.15. Kualitas Pelayanan

Kualitas pelayanan adalah upaya pemenuhan kebutuhan dan keinginan pelanggan serta ketepatan penyampaiannya untuk mengimbangi harapan pelanggan [15]. Defenisi lain mengatakan kualitas pelayanan adalah tingkat keunggulan yang diharapkan dan pengendalian atas tingkat keunggulan tersebut untuk memenuhi keinginan pelanggan[16]. Dapat disimpulkan bahwa kualitas pelayanan merupakan hubungan antara harapan dan realita yang diterima oleh konsumen. Jika jasa/pelayanan yang diterima sesuai dengan yang diharapkan oleh konsumen, maka kualitas dari jasa/pelayanan akan dinilai sesuai dengan yang diharapkan. Namun apabila jasa dirasakan dibawah dari apa yang diharapkan oleh konsumen, maka kualitas jasa/pelayanan dianggap buruk. Yang menentukan baik

buruknya suatu kualitas pelayanan/jasa adalah konsumen, konsumen yang berhak menilai dari apa yang diterima atas jasa/pelayanan yang diharapkan. Oleh karena itu, baik buruknya jasa/pelayanan suatu sistem ditentukan dari apa yang diberikan kepada konsumen.

## 2.16. Elemen Kualitas Pelayanan

Elemen kualitas pelayanan terdiri dari [20]:

### 1. Keandalan

Keandalan (*reliability*) merupakan kemampuan memberikan pelayanan yang dijanjikan dengan segera, akurat dan memuaskan. Hal ini berarti perusahaan memberikan jasanya secara tepat semenjak saat pertama (*right the first time*). Selain itu juga berarti bahwa perusahaan yang bersangkutan memenuhi janjinya, misalnya menyampaikan jasanya sesuai dengan jadwal yang disepakati. Dalam unsur ini, pemasar dituntut untuk menyediakan produk/jasa yang handal. Produk/jasa jangan sampai mengalami kerusakan/kegagalan. Dengan kata lain produk/jasa tersebut harus selalu baik. Para anggota perusahaan juga harus jujur dalam menyelesaikan masalah sehingga pelanggan tidak merasa ditipu. Selain itu, pemasar harus tepat janji bila menjanjikan sesuatu kepada pelanggan. Sekali lagi perlu diperhatikan bahwa janji bukan sekedar janji, namun janji harus ditepati. Oleh karena itu, *time schedule* perlu disusun dengan teliti.

### 2. Bukti Fisik

Bukti fisik (*tangible*) merupakan meliputi fasilitas fisik, perlengkapan, pegawai, dan sarana komunikasi. Hal ini bisa berarti penampilan fasilitas fisik, seperti gedung dan ruangan *front office*, tersedianya tempat parkir, keberhasilan, kerapian dan kenyamanan ruangan, kelengkapan peralatan komunikasi, dan penampilan karyawan. Prasarana yang berkaitan dengan layanan pelanggan juga harus diperhatikan oleh manajemen perusahaan. Gedung yang megah dengan fasilitas pendingin (AC), alat telekomunikasi yang canggih atau perabotkantor yang berkualitas, dan lain-lain menjadi pertimbangan pelanggan dalam memilih suatu produk/jasa.

### 3. Daya Tanggap

Daya tanggap (*responsiveness*) merupakan keinginan para staf untuk membantu para konsumen dan memberikan pelayanan dengan tanggap. Daya tanggap dapat

berarti respon atau kesigapan karyawan dalam membantu pelanggan dan memberikan pelayanan yang cepat dan, yang meliputi kesigapan karyawan dalam melayani pelanggan, kecepatan karyawan dalam menangani transaksi, dan penanganan Para anggota perusahaan harus memperhatikan janji spesifik kepada pelanggan. Unsur lain yang juga penting dalam elemen cepat tanggap ini adalah anggota perusahaan selalu siap membantu pelanggan. Apa pun posisi seseorang di perusahaan hendaknya selalu memperhatikan pelanggan yang menghubungi perusahaan.

#### 4. Jaminan

Jaminan (*assurance*) merupakan mencakup pengetahuan, kemampuan, kesopanan, dan sifat dapat dipercaya yang dimiliki para staf, bebas dari bahaya, risiko atau keragu-raguan. Pada saat persaingan sangat kompetitif, anggota perusahaan harus tampil lebih kompeten, artinya memiliki pengetahuan dan keahlian di bidang masing - masing. Faktor *security*, yaitu memberikan rasa aman dan terjamin kepada pelanggan merupakan hal yang penting pula.

#### 5. Empati

Empati (*empathy*) merupakan kemudahan dalam melakukan hubungan, komunikasi yang baik, perhatian pribadi, dan memahami kebutuhan para konsumen. Setiap anggota perusahaan hendaknya dapat mengelola waktu agar mudah dihubungi, baik melalui telepon ataupun bertemu langsung. Dering telepon usahakan maksimal tiga kali, lalu segera dijawab. Ingat, waktu yang dimiliki pelanggan sangat terbatas sehingga tidak mungkin menunggu terlalu lama. Usahakan pula untuk melakukan komunikasi individu agar hubungan dengan pelanggan lebih akrab. Anggota perusahaan juga harus memahami pelanggan, artinya pelanggan terkadang seperti anak kecil yang menginginkan segala sesuatu atau pelanggan terkadang seperti orang tua yang cerewet. Dengan memahami pelanggan, bukan berarti anggota perusahaan merasa “kalah” dan harus “mengiyakan” pendapat pelanggan, tetapi paling tidak mencoba untuk melakukan kompromi bukan melakukan perlawanan.

### 2.17. Kepuasan Pelanggan

Kepuasan pelanggan adalah perasaan senang atau kecewa seseorang yang muncul setelah membandingkan antara kinerja (hasil) produk yang dipikirkan terhadap kinerja yang diharapkan [20]. Pada dasarnya tujuan dari suatu bisnis adalah untuk menciptakan

para konsumen yang merasa puas. Terciptanya kepuasan konsumen dapat memberikan beberapa manfaat, diantaranya hubungan antara perusahaan dan konsumen menjadi harmonis, memberikan dasar yang baik bagi pembelian ulang dan terciptanya loyalitas konsumen, dan membentuk suatu rekomendasi dari mulut kemulut yang menguntungkan perusahaan.

Konsumen akan memiliki harapan mengenai bagaimana produk tersebut seharusnya berfungsi (*performance expectation*), harapan tersebut adalah standar kualitas yang akan dibandingkan dengan fungsi atau kualitas produk yang sesungguhnya dirasakan konsumen. Fungsi produk yang sesungguhnya dirasakan nasabah sebenarnya adalah persepsi nasabah terhadap kualitas produk tersebut. Di dalam mengevaluasi kualitas suatu produk atau jasa, konsumen akan menilai berbagai atribut (dimensi kualitas pelayanan dan dimensi kualitas produk). Kaitan antara kepuasan konsumen dan kesetiaan konsumen tidak bersifat proporsional. Andaikan kepuasan konsumen diberi peringkat dengan skala satu sampai lima. Pada level kepuasan konsumen yang sangat rendah (level satu), para konsumen cenderung menjauhi perusahaan dengan menyebarkan cerita jelek tentang perusahaan tersebut. Pada level dua sampai empat, konsumen agak puas tetapi masih merasa mudah untuk beralih ketika tawaran yang lebih baik muncul. Pada level kelima, konsumen sangat cenderung membeli ulang dan bahkan menyampaikan cerita pujian tentang perusahaan. Kepuasan atau rasa senang yang tinggi menciptakan ikatan emosional dengan merek atau perusahaan tersebut, tidak sekedar suka yang berlebihan. Persepsi konsumen mengenai mutu suatu jasa dan kepuasan menyeluruh, mereka memiliki beberapa indikator/petunjuk yang bisa dilihat [20].

Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan tentang sikap dan persepsi konsumen mengenai barang/jasa dengan meneliti manifestasi yang terkait dengan produk/jasa yang dilihat. Manifestasi yang terlihat adalah jawaban - jawaban yang diberikan para pelanggan melalui pengisian kuesioner kepuasan konsumen. Kalau para konsumen menunjukkan hal-hal yang bagus tentang produk/jasa pada kuesioner, kepuasan pelanggan dan mendemonstrasikan indikasi perilaku positif lainnya, maka dapat disimpulkan ada kepuasan yang dirasakan. Ketika membentuk suatu kuesioner atau skala yang menilai sikap dan persepsi konsumen dalam upaya membentuk kebutuhan konsumen, perlu mempertimbangkan isu ukuran untuk menjamin bahwa skor yang diperoleh dari instrumen berupa kuesioner yang mencerminkan informasi yang akurat tentang permasalahan yang mendasarinya.

## 2.18. Pengukuran Kepuasan Pelanggan

Ada beberapa metode yang dapat dipergunakan untuk mengukur dan memantau kepuasan konsumen. Terdapat empat metode untuk mengukur kepuasan konsumen yaitu [15]:

### 1. Sistem keluhan dan saran

Setiap perusahaan yang berorientasi pada konsumen (*customer-oriented*) perlu memberikan kesempatan seluas-luasnya bagi para konsumennya untuk menyampaikan saran, pendapat, dan keluhan mereka. Media yang bisa digunakan meliputi kotak saran yang diletakkan ditempat-tempat strategis (yang mudah dijangkau atau sering dilewati konsumen), menyediakan kartu komentar, menyediakan saluran telepon khusus (*customer hot lines*), dan lainlain.

### 2. Survei kepuasan konsumen

Melalui survei, perusahaan akan memperoleh tanggapan dan umpan balik secara langsung dari konsumen dan sekaligus juga memberikan tanda (*signal*) positif bahwa perusahaan menaruh perhatian terhadap konsumen. Pengukuran kepuasan dapat dilakukan dengan berbagai cara [15]:

#### a. *Directly reported satisfaction*

Pengukuran dilakukan secara langsung, melalui pertanyaan dengan skala berikut : sangat tidak puas, tidak puas, netral, puas, sangat puas.

#### b. *Derived dissatisfaction*

Pertanyaan yang diajukan menyangkut dua hal utama, yakni besarnya harapan pelanggan terhadap atribut tertentu dan besarnya yang mereka rasakan.

#### c. *Problem analysis*

Pelanggan yang dijadikan responden diminta untuk mengungkapkan dua hal pokok. Pertama, masalah – masalah yang mereka hadapai berkaitan dengan penawaran dari perusahaan. Kedua, saran – saran untuk melakukan perbaikan.

#### d. *Importance – performance analysis*

Dalam teknik ini, responden diminta untuk merangking berbagai elemen (atribut) dari penawaran berdasarkan derajat pentingnya setiap elemen tersebut. Selain itu responden juga diminta merangking seberapa baik kinerja perusahaan dalam masing – masing elemen/atribut tersebut.

3. *Ghost shopping*

Metode ini dilakukan dengan cara mempekerjakan beberapa orang (*ghost shopper*) untuk berperan atau bersikap sebagai pelanggan /pembeli potensial produk perusahaan dan pesaing. Lalu *ghost shopper* tersebut menyampaikan temuantemuannya mengenai kekuatan dan kelemahan produk perusahaan dan pesaing berdasarkan pengalaman mereka dalam pembelian produk-produk tersebut.

4. *Lost customer analysis*

Perusahaan berusaha menghubungi pelanggannya yang telah berhenti membeli atau yang telah beralih pemasok. Yang diharapkan adalah akan diperolehnya informasi penyebab terjadinya hal tersebut. Informasi ini sangat bermanfaat bagi perusahaan untuk mengambil kebijakan selanjutnya dalam rangka meningkatkan kepuasan dan loyalitas pelanggan.

Hak Cipta Ditindungi 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.