

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam besaran probabilitas. Indeks keandalan titik beban yang biasanya digunakan meliputi laju pemutusan beban rata-rata waktu keluar rata-rata dan lama pemutusan beban rata-rata. Indeks keandalan sistem yang digunakan sebagai paramater keandalan terdapat dua paramater yaitu System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) dan System Average Interruption Duration Index (SAIDI), menurut beberapa sumber yaitu

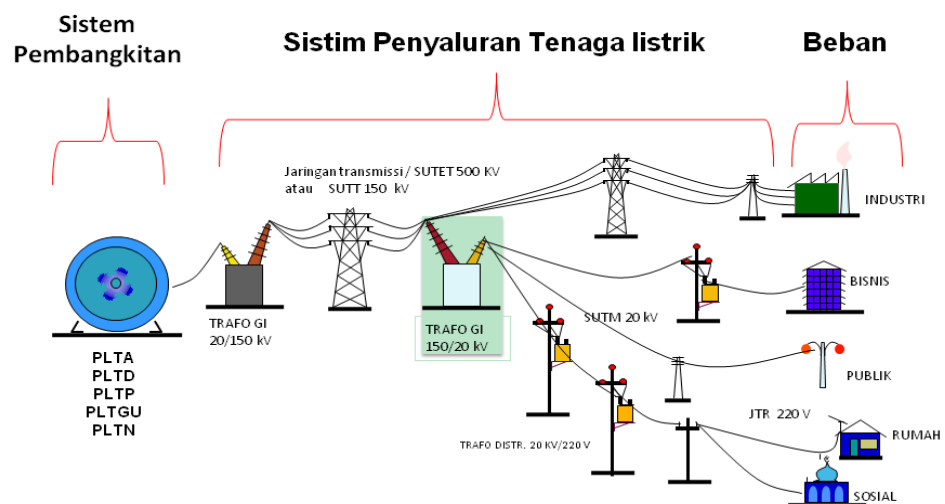
1. PT.PLN (PERSERO). (1985). SPLN 59 mendefinisikan bahwa : Suatu besaran untuk mendabandingkan penampilan sistem distribusi. Dua indeks keandalan yang paling sering digunakan dalam sistem distribusi adalah indeks frekuensi pemadam rata-rata (f) dan indeks lama pemadaman rata-rata (d).
2. Jurnal yang berjudul *Keandalan Jaringan Tegangan Menengah 20 KV di Wilayah Area Pelayanan Jaringan (APJ) Padang PT. PLN (Persero) Cabang Padang*. Penelitian ini bertujuan menghitung indeks keandalan didasarkan pada indeks keandalan berbasis sistem yaitu SAIDI dan SAIFI. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis indeks keandalan berbasis sistem pada jaringan tegangan menengah Area Pelayanan Jaringan (APJ) Padang tahun 2009 termasuk tingkat keandalan rendah. (Anonim,2012).

#### **2.2 Landasan Teori**

Bab ini menjelaskan mengenai sistem distribusi tenaga listrik secara umum Tenaga listrik di bangkitkan pada pusat – pusat listrik seperti PLTU, PLTG, PLTA, dan PLTD yang kemudian disalurkan melalui saluran transmisi yang terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator

penaik tegangan yang terdapat di pusat listrik. Saluran transmisi tegangan tinggi pada PLN mempunyai tegangan 66 kV, 150 kV dan 500 kV. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi maka sampailah tenaga listrik di gardu induk untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan menjadi tegangan menengah atau disebut juga tegangan distribusi primer. Tegangan distribusi primer yang dipakai PLN adalah 20 kV, 12 kV dan 6 kV. Tetapi, saat ini tegangan PLN pada distribusi primer yang berkembang yaitu 20 kV.

Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer, maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam setiap gardu distribusi menjadi tegangan rendah atau tegangan sekunder yaitu 380/220 volt yang kemudian disalurkan melalui jaringan tegangan rendah ke rumah pelanggan melalui sambungan rumah.



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen berupa pembangkitan, transmisi, dan distribusi yang saling berhubungan dan berkerja sama untuk melayani kebutuhan tenaga listrik bagi pelanggan sesuai kebutuhan. Fungsi dari beberapa komponen itu adalah :

1. Pembangkitan merupakan komponen yang berfungsi membangkitkan tenaga listrik, yaitu mengubah energi yang berasal dari sumber energi

lain misalnya: air, batu bara, panas bumi, minyak bumi dll. menjadi energi listrik.

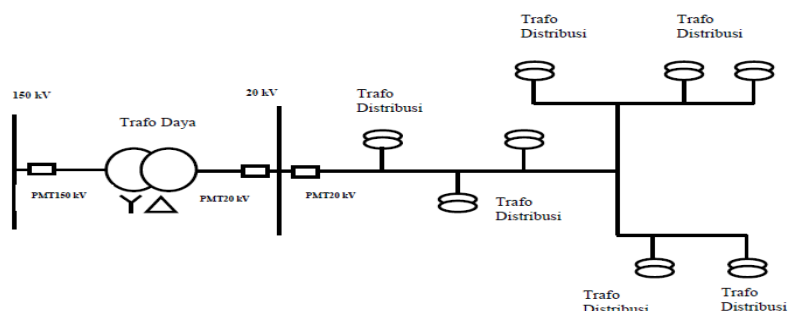
2. Transmisi merupakan komponen yang berfungsi menyalurkan daya atau energi dari pusat pembangkitan ke pusat beban.
3. Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah;
  - a. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan
  - b. merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan Pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

### 2.2.1 Konfigurasi Jaringan Distribusi

Sistem distribusi tegangan menengah dapat dikelompokkan menjadi 4 model, yaitu Jaringan Radial, Jaringan Hantaran Penghubung (*Tie Line*), Jaringan Lingkaran (*Loop*), dan Jaringan Spindel. Beberapa jaringan tersebut akan dijelaskan seperti di bawah ini :

#### 1. Jaringan Radial

Sistem distribusi dengan pola radial seperti gambar adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis.



Gambar 2.2 Konfigurasi Jaringan Radial

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

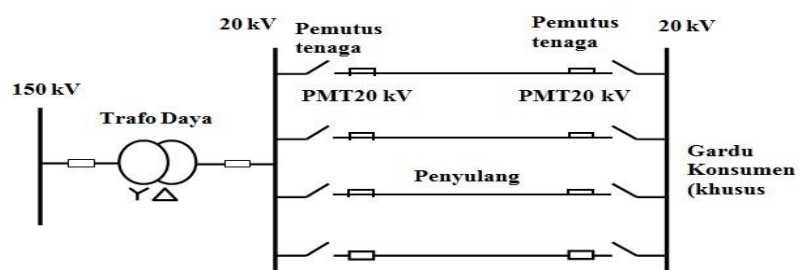
Dalam penyulang tersebut dipasang gardu-gardu distribusi untuk konsumen. Keuntungan dari sistem ini adalah tidak rumit dan lebih murah dibanding dengan sistem lain. Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan sistem lainnya.

Kekurangan keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan padam.

Kerugian lainnya yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada di ujung saluran.

## 2. Jaringan Hantaran Penghubung (*Tie Line*)

Sistem distribusi *Tie Line* seperti gambar digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (Bandar Udara, Rumah Sakit, dll).



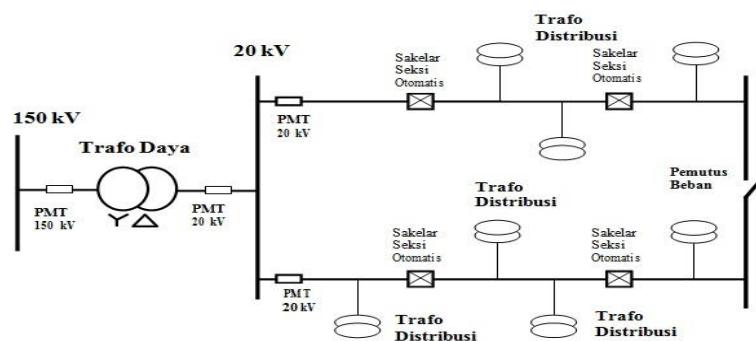
Gambar 2.3 Jaringan Hantaran Penghubung (*Tie Line*)

Sistem ini memiliki minimal dua penyulang sekaligus dengan tambahan sakelar pengubah otomatis (*automatic change over switch / automatic transfer switch*), setiap

penyulang terkoneksi ke gardu pelanggan khusus tersebut sehingga bila salah satu penyulang mengalami gangguan maka pasokan listrik akan pindah ke penyulang lain.

### 3. Jaringan Lingkar (*Loop*)

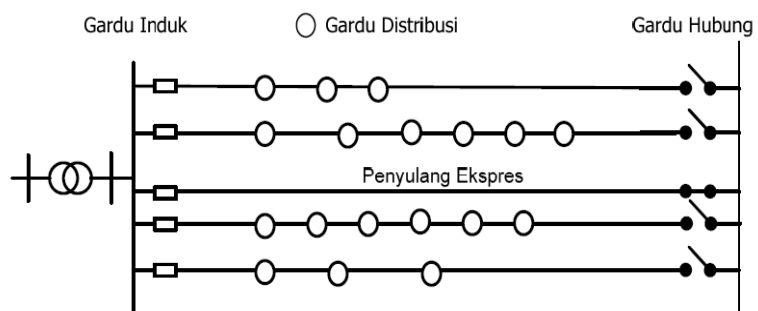
Tipe ini merupakan jaringan distribusi primer, gabungan dari dua tipe jaringan radial dimana ujung kedua jaringan dipasang pemutus beban. Pada keadaan normal tipe ini bekerja secara radial dan pada saat terjadi gangguan PMT dapat dioperasikan sehingga gangguan dapat terlokalisasi.



Gambar 2.4 Jaringan Lingkar (*Loop*)

### 4. Jaringan Spindel

Jaringan spindel merupakan gabungan dari sistem radial dan loop sehingga memiliki keandalan sistem yang tinggi dan ekonomis. Namun, jaringan ini biasanya diterapkan pada jaringan tegangan menengah yang menggunakan saluran kabel tanah tegangan menengah.



Gambar 2.5 Konfigurasi Jaringan Spindel

Pada struktur spindel ini selalu ada penyulang cadangan khusus yang lebih dikenal dengan sebutan penyulang ekspres. Penyulang ekspres ini tidak mencatu gardu-gardu distribusi, tetapi merupakan penyulang penghubung antara Gardu Induk dengan Gardu Hubung dan dimaksud untuk menjaga kelangsungan pemasokan tenaga listrik pada pelanggan-pelanggan, bila terjadi gangguan pada suatu penyulang yang memasok gardu-gardu distribusi.

### **2.2.2 Sistem Distribusi Jaringan Spindel Tegangan Menengah 20 kV**

Jaringan distribusi spindel (seperti gambar 2.3) merupakan saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM) yang penerapannya sangat cocok di kota – kota besar.

Adapun operasi sistem jaringan sebagai berikut :

1. Dalam keadaan normal semua saluran di gardu hubung (GH) terbuka sehingga semua SKTM beroperasi radial.
2. Dalam keadaan normal saluran express tidak dibebani dan dihubungkan dengan rel di gardu hubung dan digunakan sebagai pemasok cadangan dari gardu hubung.
3. Bila salah satu seksi dari SKTM mengalami gangguan, maka saklar beban di kedua ujung seksi yang terganggu di buka. Kemudian seksi – seksi sisi gardu induk (GI) mendapat suplai dari GI, dan seksi – seksi gardu hubung mendapat suplai dari gardu hubung melalui saluran express.

Sistem jaringan spindel cocok untuk memenuhi kebutuhan antara lain :

- a. Peningkatan keandalan atau kontinuitas pelayanan sistem.
- b. Menekan rugi – rugi akibat gangguan.
- c. Sangat baik untuk mensuplai daerah beban yang memiliki kerapatan beban yang cukup tinggi.

- d. Perluasan jaringan mudah dilakukan dari tegangan yang berbeda, pengukuran dan pengamanan tenaga listrik serta pengaturan daya.

### 2.2.3 Jenis - jenis Penyulang dalam Sistem Distribusi

Penyulang merupakan satu saluran tiga fasa (saluran udara atau saluran kabel) yang berawal dari rel dan berakhir pada gardu hubung. Masing – masing penyulang diberi nama agar memudahkan membedakan antara penyulang yang satu dengan penyulang lain. Istilah penyulang dapat disebut juga dengan kata *feeder* ada dua jenis penyulang yang terdapat pada sistem jaringan distribusi yaitu :

#### 1. Penyulang Biasa

Penyulang biasa merupakan penyulang yang berbeban atau penyulang yang dipakai untuk menyalurkan tegangan menengah. Pada penyulang biasa disepanjang saluran terdapat:

##### a. Gardu distribusi

Gardu yang dilengkapi dengan *MV Cell*. Pada *MV Cell* terdapat tiga bagian saluran 20 kV yang salah satunya berhubungan dengan trafo distribusi. Trafo distribusi ini akan menurunkan tegangan dari 20 kV ke 220/380 V. Klasifikasi gardu distribusi dari sistem pengatur kontrolnya terbagi atas :

##### b. Gardu distribusi biasa

Gardu yang tidak dilengkapi dengan *remote control*. Pengoperasiannya dilakukan secara manual.

##### c. Gardu distribusi *middle point*

Gardu yang dilengkapi dengan peralatan *remote control*. Pemilihan gardu untuk menjadi gardu *middle point* berdasarkan letak gardu ditengah – tengah *feeder*.

d. Gardu Hubung

Gardu ujung dari sistem spindel. Pada gardu hubung tidak memiliki trafo distribusi, jadi tegangan yang masuk sama dengan tegangan yang keluar.

Jenis perlengkapan hubung bagi tegangan menengah pada gardu distribusi berbeda sesuai dengan jenis konstruksi. Berdasarkan konstruksinya, gardu distribusi terdiri atas 3 bagian :

1) Gardu Beton

Gardu yang transformator dan peralatan switching/proteksi, terangkai didalam bangunan sipil yang dirancang, dibangun

dan difungsikan dengan konstruksi pasangan batu dan beton. Gardu distribusi jenis beton untuk konsumen umum dapat dilengkapi dengan fasilitas :

- a) Sebuah kubikel tipe pemisah (*Disconnection Switch/DS*). Kubikel ini digunakan untuk melayani kabel masuk dari arah gardu induk (GI).
- b) Sebuah kubikel tipe pemutus beban (*Load Break Switch/LBS*) atau pemutus tengah (PMT). Kubikel ini digunakan untuk melayani kabel keluar.
- c) Sebuah kubikel pengaman transformator. Kubikel ini terdiri dari atas beberapa pemutus arus yang dilengkapi dengan pengaman lebur.
- d) Dua buah transformator atau lebih dengan kapasitas maksimum 2x630 kVA.
- e) Rel tegangan rendah dengan fasilitas *feeder* 4 atau 8 *feeder* TR.

## 2) Gardu Kios

Gardu yang transformator dan peralatan switching/proteksi, terangkai didalam bangunan yang terbuat dari besi. Terdapat beberapa jenis konstruksi, yaitu kios kompak, kios modular dan kios bertingkat. Gardu ini dibangun pada tempat-tempat yang tidak diperbolehkan membangun gardu beton. Karena sifat mobilitasnya, maka kapasitas transformator distribusi yang terpasang terbatas. Kapasitas maksimum adalah 400 kVA, dengan 4 jurusan tegangan rendah. Khusus untuk kios kompak, seluruh instalasi komponen utama gardu sudah dirangkai selengkapnyanya di pabrik, sehingga dapat langsung di angkut kelokasi dan disambungkan pada sistem distribusi yang sudah ada untuk difungsikan sesuai tujuannya.

## 3) Gardu Portal

Gardu yang transformator dan keseluruhan instalasinya dipasang pada 2 buah tiang atau lebih. Gardu ini berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik ke pengguna atau pelanggan. Pada gardu portal kapasitas trafo maksimal 400 kVA. Ada dua jenis gardu portal yaitu gardu portal konvensional dan gardu portal *compact*. Gardu portal konvensional memiliki fungsi yang sama dengan gardu portal *compact* hanya saja pada gardu portal *compact* memiliki kubikel dan tidak memiliki *fuse cut out*.

Berdasarkan beban yang dilayani, gardu distribusi dapat dikelompokkan atas 3 bagian :

### a) Gardu konsumen umum

Gardu yang berfungsi untuk melayani konsumen umum atau konsumen dengan sambungan daya yang kecil.

b) Gardu konsumen khusus

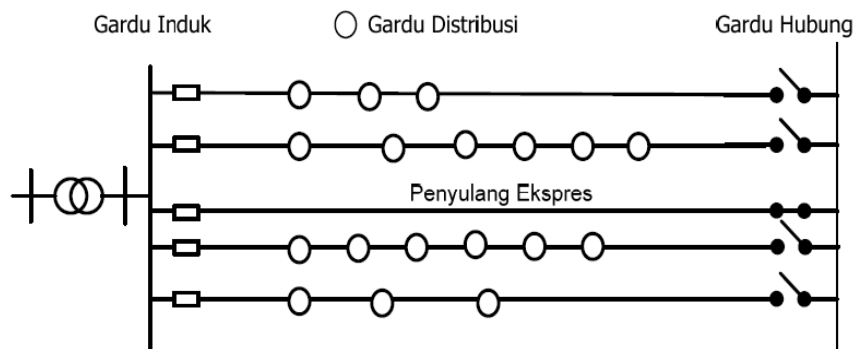
Gardu yang berfungsi untuk melayani konsumen dengan daya tersambung yang besar yaitu mulai 200 kVA ke atas.

c) Gardu konsumen umum dan khusus

Gardu ini berfungsi untuk melayani konsumen umum (daya kecil) dan konsumen khusus.

2. Penyulang Cadangan (*Express Feeder*)

Penyulang cadangan merupakan penyulang yang disediakan khusus untuk cadangan penyaluran beban pada saat terjadi gangguan. Pemakaian penyulang cadangan merupakan penyulang yang berhubungan langsung dengan GI, GH dan GD.

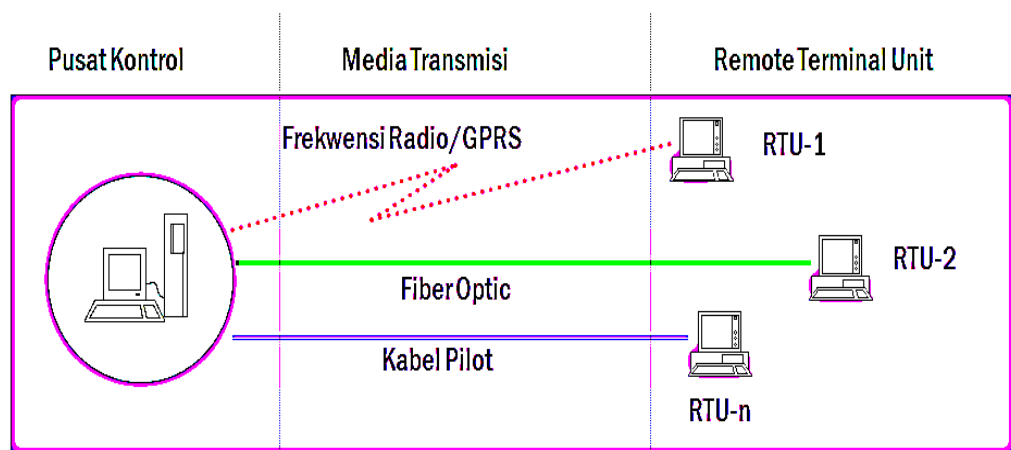


Gambar 2.6 Penyulang cadangan

Sistem struktur jaringan tegangan menengah 20 kV yang sering digunakan saat ini adalah sistem spindel. Sistem spindel adalah suatu pola konfigurasi jaringan dari pola *radial* dan ring. Spindel terdiri dari beberapa *feeder*, yang tegangannya diberikan dari gardu induk dan tegangan tersebut berakhir pada gardu hubung (GH). Pada sebuah spindel biasanya terdiri dari beberapa *feeder* aktif dan sebuah *feeder* cadangan (*express*) yang akan dihubungkan melalui gardu hubung.

#### 2.2.4 Supervisory Control and Data Acquisition

Kendali, Pengawasan dan Perolehan Data (*Supervisory Control and Data Acquisition/SCADA*) adalah suatu sistem komputerisasi dan sistem komunikasi terintegrasi yang berfungsi melakukan pengawasan, pengendalian, serta perolehan/pengambilan data dari peralatan proses secara real time dari jarak jauh. Adanya sistem SCADA memudahkan operator untuk memantau keseluruhan jaringan tanpa harus melihat langsung ke lapangan. Sistem SCADA sangat dirasakan manfaatnya terutama pada saat pemeliharaan dan saat penormalan bila terjadi gangguan. Sistem SCADA tidak dapat berdiri sendiri, namun harus didukung oleh berbagai macam infrastruktur yaitu:



Gambar 2.7 Proses Sub Sistem SCADA

##### 1. Pusat Kontrol

Berupa *main* komputer (*server*). *Main* komputer biasanya berjumlah 2 buah. Hal ini dimaksudkan untuk membentuk *dual* sistem (*master/slave*) sehingga sistem tidak bergantung hanya pada 1 *main* komputer saja. Hal ini dimungkinkan karena jika terjadi gangguan pada komputer *master*, aplikasi komputer *master* secara otomatis akan stop, dan komputer *slave* secara otomatis akan menggantikannya sebagai *master* sehingga availibilitas sistem secara keseluruhan lebih terjamin. Selain dua buah *main* komputer, biasanya pusat kontrol juga dilengkapi dengan peripheral lain yang

bersama-sama dengan *main* komputer terhubung dalam suatu jaringan lokal (*LAN*). Peripheral tersebut adalah :

- a. *Man Machine Interface/MMI*.
- b. *Mimic Board*.
- c. Alat cetak (*Printer*).

## 2. Media Komunikasi

Komunikasi pada sistem *SCADA* mempergunakan protokol khusus. Protokol yang dipergunakan antara lain : IEC Standar meliputi IEC 60870-5-101 yang berbasis serial komunikasi dan IEC 60870-5-104 yang berbasis komunikasi ethernet, DNP 3.0 dan Modbus. Sebagai media untuk komunikasi data antara *main* komputer di pusat kontrol dengan RTU yang dipasang di gardu-gardu PLN, dapat dipergunakan :

### a. Kabel Kontrol

Kabel kontrol merupakan media komunikasi dengan kabel standar Telkom jumlah pair dalam satu kabel 30 pair atau 60 core. Beberapa masalah yang sering terjadi pada media kabel kontrol adalah: sebagian pair rusak (*putus/open*, *short*, *crosstalk*), terbakar karena TR atau pembakaran sampah, putus tertimpa pohon atau tertabrak mobil, adanya pekerjaan pihak ketiga, dicuri, dll.

### b. Frekuensi Radio

Yang dimaksud dengan radio komunikasi adalah hubungan komunikasi yang mempergunakan media udara dan menggunakan gelombang radio sebagai pembawa pembicaraan timbal balik, sedangkan si penerima langsung menangkap sinyal-sinyal radio yang di pancarkan dan diperkuat sehingga merupakan suatu bunyi yang keluar dari *loud speaker*. Hal ini disebut Radio *Transceiver*" (*TRANS mitter-RECiver*)" atau dalam

bahasa Indonesia pemancar dan penerima. Frekuensi yang digunakan yaitu *keypoint* 170 MHz dan Digital UHF 340 MHz.

c. Fiber Optik

Saat ini serat optik merupakan sarana komunikasi mulai dari jaringan komunikasi yang sederhana sampai yang kompleks. Dalam sistem tenaga listrik penggunaan fiber optik sebagai sarana komunikasi juga ikut berkembang. transmisi-transmisi baru dirancang dengan menggunakan fiber optik yang diletakkan di dalam *ground wire*.

3. Unit Terminal Jauh (*Remote Terminal Unit/RTU*)

Unit Terminal Jauh (*Remote Terminal Unit/RTU*) adalah salah satu komponen / perangkat sistem *SCADA* yang terletak pada gardu induk, gardu distribusi dan gardu hubung yang bertugas mengeksekusi semua perintah dari *master station*. Agar semua kejadian yang terjadi di gardu PLN dapat di pantau dan di kontrol dari pusat kontrol, maka di setiap gardu tersebut dipasang alat yang dapat melaksanakan fungsi *Telesignal (TS)*, *Remote Control (RC)*, *Tele Meter (TM)*. Alat tersebut adalah RTU. Fungsi utama dari suatu RTU adalah:

- a. Mendeteksi perubahan posisi saklar (*Open/Close/Invalid*).
- b. Mengetahui besaran tegangan, arus dan frekuensi (di gardu induk).
- c. Menerima perintah *remote control* dari pusat kontrol untuk membuka atau menutup.

### 2.2.5 Tahapan dalam Pembangunan Sistem SCADA

Sebelum sistem *SCADA* diterapkan pada sistem tenaga listrik, konfigurasi jaringan harus mengikuti standar yang berlaku. Sebagai contoh pada *SCADA* distribusi, konfigurasi jaringan harus memungkinkan untuk dilakukannya manuver dan tersedianya peralatan

switching yang motorized dan sistem proteksi 20 kV yang optimal, serta kondisi beban feeder yang memungkinkan untuk dilakukan tambahan manuver beban. Dalam pembangunan sistem SCADA, tahapan yang harus dilalui di setiap unit PT PLN (PERSERO) adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data kelistrikan;

Data kelistrikan yang diperlukan yaitu:

- a. Daya terpasang
- b. Daya mampu
- c. Beban puncak
- d. Load forecast
- e. Load factor
- f. Kepadatan beban
- g. Transfer energi
- h. Karakteristik peralatan switching dan proteksi (CT, PT, dll)
- i. Jumlah GITET, gardu induk, trafo, line, busbar, reaktor, kapasitor, generator, inter bus transformer (IBT), penyulang, gardu hubung, gardu distribusi, load break switch (LBS), recloser, sistem proteksi
- j. Single line diagram
- k. Perencanaan sistem dalam jangka waktu 5 – 10 tahun ke depan  
SPLN S6.001: 2008 7
- l. Data gangguan SAIDI, SAIFI (untuk jaringan distribusi)
- m. Data energy not served (untuk jaringan transmisi) – Merk, tipe, dan spesifikasi peralatan.

2. Survei;

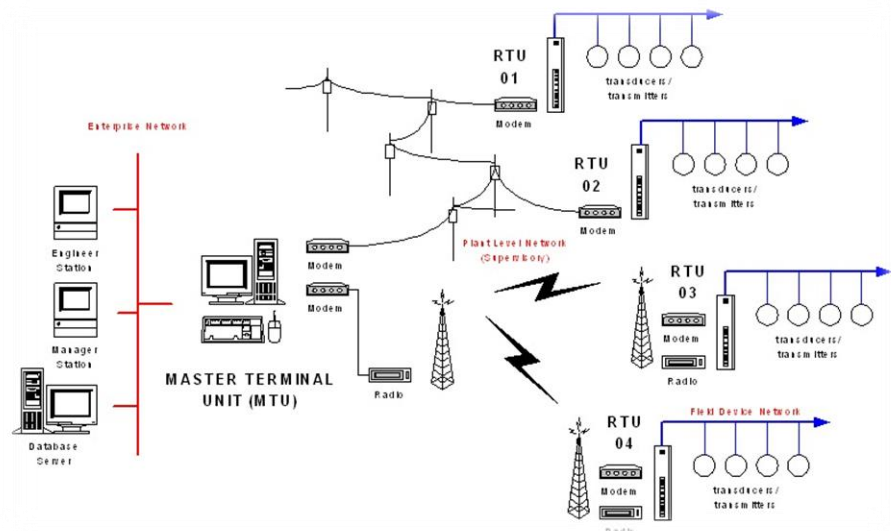
Data yang disurvei yaitu:

- a. Topologi geografis
- b. Konfigurasi dan ketersediaan media telekomunikasi
- c. Ketersediaan alokasi frekuensi radio
- d. Ketersediaan peralatan switching (motorized dan control panel)

- e. Karakteristik peralatan switching dan proteksi (CT, PT, relay bantu, dll)
  - f. Kelengkapan peralatan jaringan
  - g. Lokasi control center
  - h. Lokasi repeater
  - i. Area yang disupervisi.
3. Konsultasi dengan komunitas SCADA PT PLN (PERSERO); Pembangunan sistem SCADA dikonsultasikan dengan komunitas SCADA PT PLN (PERSERO). Untuk pembangunan sistem SCADA yang kompleks, unit PT PLN (PERSERO) dapat menggunakan jasa konsultan.
  4. Desain master station, remote station, dan komunikasi; Desain master station, remote station, dan komunikasi harus berdasarkan beberapa hal berikut:
    - a. Data kelistrikan dan hasil survei
    - b. Cakupan area kelistrikan dan kepadatan titik remote
    - c. Perhitungan kebutuhan teknis
    - d. Biaya investasi Desain master station harus dirancang untuk memenuhi kebutuhan dalam jangka waktu sepuluh tahun setelah operasi.
  5. Studi kelayakan; Hal yang perlu diperhatikan yaitu Kajian Kelayakan Operasi (KKO), Kajian Kelayakan Finansial (KKF), dan analisa manajemen resiko.
  6. Pengajuan anggaran;
  7. Persiapan SDM dan organisasi proyek;
  8. Penyusunan Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS) dan spesifikasi teknik;
  9. Pelaksanaan lelang;
  10. Training.

## 2.2.6 Arsitektur SCADA

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) adalah sistem kendali industri berbasis komputer yang dipakai untuk pengontrolan suatu proses. Konsep dasar dari SCADA yang menyatukan semua perintah dan hasil dari field yang diatur oleh system control ke dalam satu kesatuan data yang terintegrasi. Suatu inputan yang berasal dari sumber sensor analog atau digital kemudian dimasukkan pada unit pemroses data yang akan ditampilkan lewat monitor control. Kemampuan untuk berkomunikasi antara controller dan pengumpulan data yang adanya kesamaan bahasa komunikasi antara controller dan pengumpul data, sehingga komunikasi bisa berjalan walaupun dalam peralatan yang berbeda. Suatu sistem SCADA terdiri dari: Antarmuka manusia mesin (*Human-Machine Interface*), Unit terminal jarak jauh yang menghubungkan beberapa sensor pengukuran dalam proses. Sistem pengawasan berbasis komputer untuk pengumpulan data dalam pengontrolan SCADA. Infrastruktur komunikasi yang menghubungkan unit terminal jarak jauh dengan sistem pengawasan dan PLC atau Programmable Logic Controller yang memungkinkan arsitektur dalam komunikasi SCADA bisa berjalan.



Gambar 2.8 Arsitektur SCADA

### **2.2.7 Gangguan – gangguan dalam Sistem Tenaga Listrik**

Gangguan – gangguan dalam sistem tenaga listrik merupakan kondisi yang tidak normal dimana kondisi ini mengakibatkan terganggunya kontinuitas pelayanan tenaga listrik. Secara umum klasifikasi gangguan pada sistem tenaga listrik disebabkan oleh 2 faktor yaitu:

1. Gangguan yang berasal dari sistem :
  - a. Tegangan dan arus abnormal.
  - b. Pemasangan yang kurang baik.
  - c. Kesalahan mekanis karena proses penuaan (*life time*).
  - d. Beban lebih.
  - e. Kerusakan material seperti isolator pecah, kawat putus, atau kabel cacat isolasinya.
2. Gangguan yang berasal dari luar sistem :
  - a. Gangguan-gangguan mekanis karena pekerjaan galian salurn lain. Gangguan ini terjadi untuk sistem kelistrikan bawah tanah(SKTM).
  - b. Pengaruh cuaca seperti hujan, angin, serta surja petir. Pada gangguan surja petir dapat mengakibatkan gangguan tegangan lebih dan dapat menyebabkan gangguan hubung singkat karena tembus isolasi peralatan (*breakdown*).
  - c. Pengaruh lingkungan seperti pohon, binatang dan benda-benda asing serta akibat kecerobohan manusia.

### **2.2.8 Manuver Jaringan Distribusi**

Manuver/manipulasi jaringan distribusi adalah serangkaian kegiatan membuat atau memodifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat adanya gangguan atau pekerjaan jaringan yang membutuhkan pemadaman tenaga listrik, sehingga dapat mengurangi daerah pemadaman dan agar tetap tercapai kondisi penyaluran tenaga listrik yang semaksimal mungkin.

Kegiatan yang dilakukan dalam manuver jaringan antara lain :

1. Apabila gangguan terjadi dibawah gardu tengah ( Middle Point ), Maka HFD ( Homopolair Fault Detector) akan mengirimkan adanya sinyal gangguan hubung tanah pada RTU ( Remote Termial Unit), CB ( Circuit Breaker ) pada gardu induk akan terbuka selanjutnya LBS ( Load Break Switch ) pada gardu tengah dibuka dan CB pada gardu induk akan dibangkitkan kembali sehingga diatas gardu tengah akan menyala dan dibawah gardu tengah akan padam.
2. Apabila gangguan terjadi di atas Gardu Tengah ( Middle Point ), Maka OPT ( Outgoing Protection Tripping ) akan mengirimkan sinyal gangguan, CB ( Circuit Breaker ) pada Gardu Induk akan terbuka maka LBS pada Gardu Tengah dibuka dan switch pada gardu hubung akan dibuka sehinga dibawah gardu tengah akan dibangkitkan dengan bantuan penyulang ekspres.

#### **2.2.9 Bagian - bagian Gardu Hubung pada Jaringan Spindel**

Gardu hubung sering disingkat GH atau *Switching Substation* adalah gardu yang memiliki fungsi sebagai sarana manuver pengendali beban listrik apabila terjadi gangguan aliran listrik, program pelaksanaan pemeliharaan atau untuk maksud mempertahankan kontinuitas pelayanan.

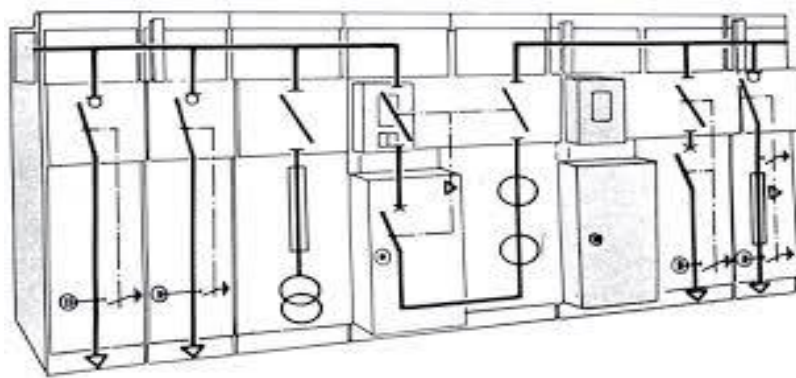
Isi dari gardu hubung adalah rangkaian saklar beban (*Load Break Switch/LBS*), dan atau pemutus tenaga terhubung paralel. Kontruksi gardu hubung sama dengan kontruksi gardu distribui tipe beton. Pada ruang dalam gardu hubung dapat dilengkapi dengan ruang untuk gardu distribusi yang terpisah dan ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh seperti SCADA.

Berdasarkan kebutuhannya gardu hubung terbagi menjadi :

1. Kubikel *Load Break Switch/LBS* 20 kV

Kubikel LBS 20 kV adalah seperangkat peralatan listrik yang dipasang pada gardu distribusi yang berfungsi sebagai pembagi, pemutus, penghubung pengontrol dan proteksi sistem

penyaluran tenaga listrik tegangan 20 kV. Kubikel LBS 20 kV biasa terpasang pada gardu distribusi atau gardu hubung yang berupa beton.



Gambar 2.9 Kubikel *Load Break Switch*

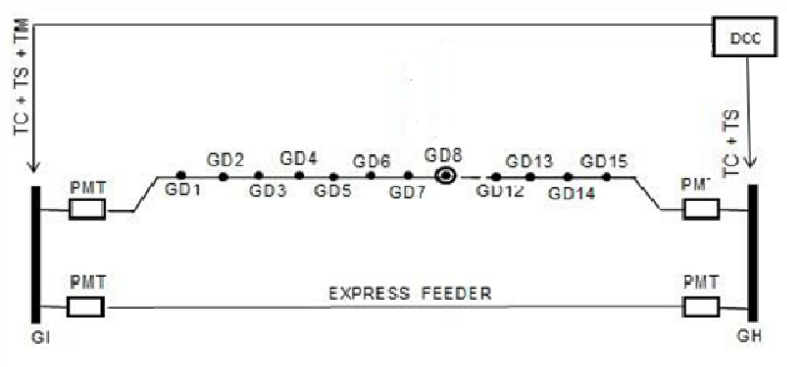
Adapun pengoperasian kubikel LBS 20 kV adalah merubah posisi keluar/masuk kontak hubung (LBS, PMT) di gardu distribusi dan gardu hubung untuk keperluan:

- a. Pengaturan beban, pengoperasian jaringan baru dan pekerjaan pemeliharaan.
- b. Pengusutan gangguan pada jaringan 20 kV.
- c. Persiapan sumber cadangan untuk acara khusus.
- d. Pengaturan jaringan dalam rangka pengamanan bencana alam.
- e. Penganturan jaringan dalam rangka pengamanan huru-hara.

## 2. Sistem Jaringan Spindel dengan SCADA

Sistem spindel dengan SCADA merupakan penyulang-penyulang dari gardu induk ke gardu hubung dengan penyulang cadangan tanpa berbeban yang berfungsi sebagai cadangan penyulang bila terjadi gangguan pada salah satu penyulang berbeban. Sistem ini dilengkapi dengan pengaturan jaringan dari pusat distribusi dan kontrol pada GI dan GH. Pada sistem ini terpasang dua buah RTU yaitu pada GI dan GH. Namun, jika terjadi gangguan maka petugas akan mengecek lampu indikator GFD per gardu distribusi secara

manual untuk mencari titik gangguannya karena belum terpasangnya *remote* pada gardu tengah.



Gambar 2.10 Sistem Jaringan Spindel dengan SCADA

### 3. Gardu Tengah/*Middle Point*

Pada penyulang saluran kabel bawah tanah, *middle point* diposisikan dengan konsep 50% : 50%, sebelum dan sesudah titik/gardu tengah besar yang bebannya seimbang. Pada *middle point* terdapat *HFD* yang berfungsi untuk memberitahukan *dispatcher* arah gardu induk atau arah gardu hubung yang mengalami gangguan. Jika lampu indikator pada *HFD* menyala, maka *dispatcher* akan segera mengecek *single line diagram* pada komputer dan melakukan *remote*. Sehingga saat terjadi gangguan, maka akan cepat mencari lokasi gangguan dan melokalisirnya.

Pada *middle point* atau gardu tengah memberikan fasilitas *telecontrol* dan *telesignal* yang dilengkapi yaitu dengan :

- a. *Remote Terminal Unit/RTU*.
- b. Kubikel *Load Break Switch* dengan kemampuan *motorized* 24V-48V.
- c. *Power supply DC* dan *Uninterruptable Power Supply/UPS*.
- d. *Fault Indicator Lamp*.

*Fault Indicator Lamp* terpasang pada pintu gardu, indikator akan menyala jika dilewati arus gangguan tanah (*homopolar current*). Lampu harus di *reset* untuk penormalan jika lokasi gangguan sudah ditemukan.

## 2.3 Kerangka Pemikiran

