

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

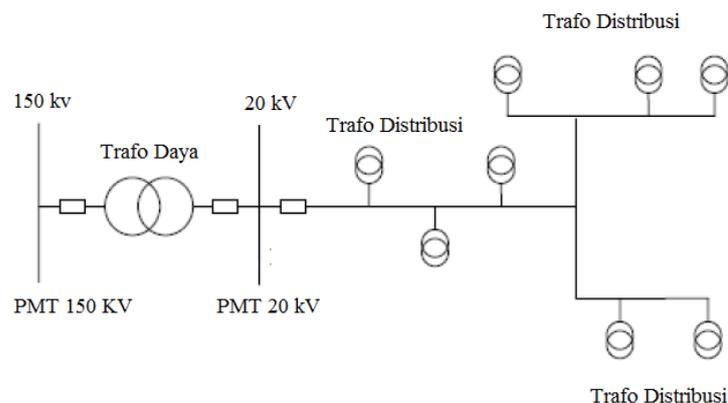
#### 2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Secara umum sistem tenaga Listrik terdiri atas sistem pembangkit, transmisi dan distribusi. Sistem distribusi adalah sistem yang berfungsi mendistribusikan tenaga listrik kepada konsumen. Sistem distribusi tegangan menengah mempunyai tegangan kerja di atas 1 KV dan setinggi-tingginya 35 KV. Jaringan distribusi tegangan menengah berawal dari Gardu Induk, pada beberapa tempat berawal dari pembangkit listrik. Bentuk jaringan dapat berbentuk radial atau tertutup (*radial open loop*).

Jaringan Pada Sistem Distribusi tegangan menengah (Primer 20kV) dapat dikelompokkan menjadi lima model, yaitu Jaringan Radial, Jaringan hantaran penghubung (*Tie Line*), Jaringan Lingkaran (Loop), Jaringan Spindel dan Sistem Gugus atau Kluster.

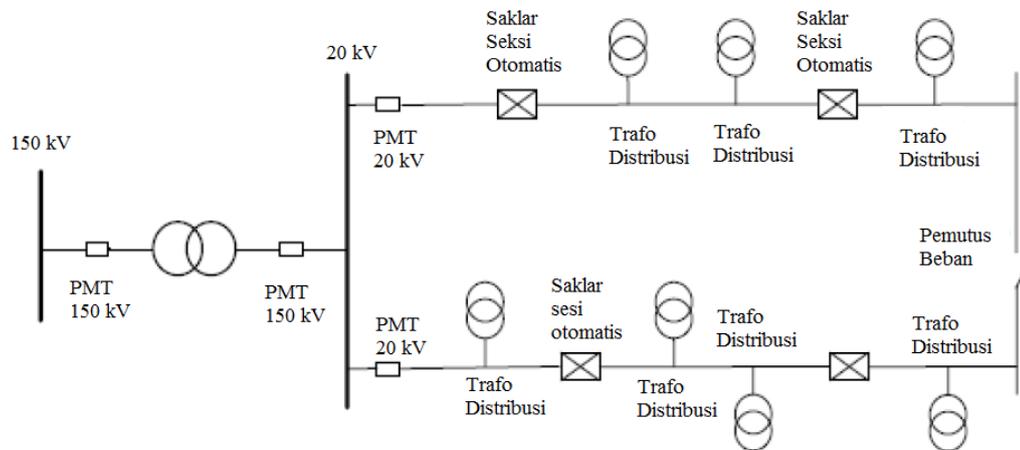
##### a) Sistem Radial

Merupakan jaringan sistem distribusi primer yang sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini jaringan hanya mempunyai satu pasokan tenaga listrik dan terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.



Gambar 2.1 Skema Saluran Sistem Radial



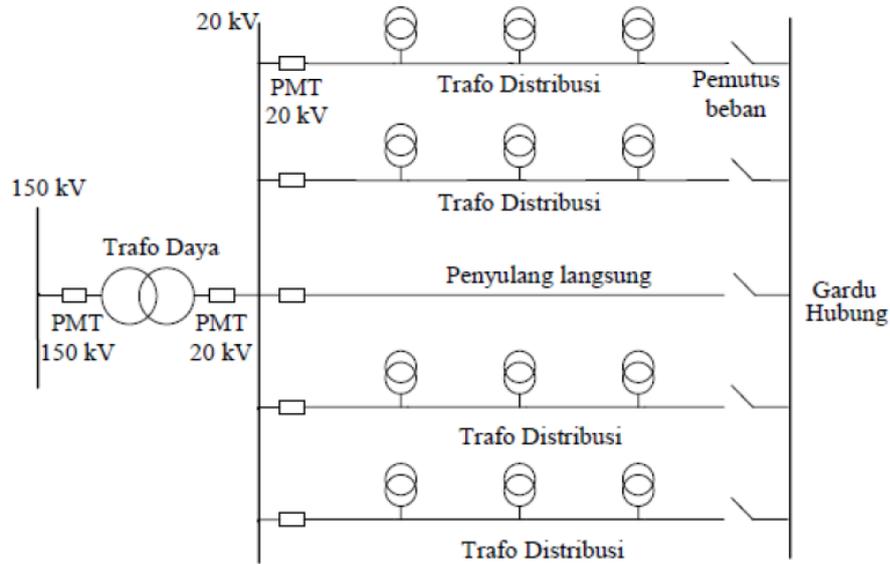


Gambar 2.3 Skema Saluran Sistem Loop

#### d) Sistem Spindel

Sistem spindle menggunakan 2 jenis penyulang yaitu penyulang cadangan (*standby* atau *express feeder*) dan penyulang operasi (*working feeder*). Penyulang cadangan tidak dibebani dan berfungsi sebagai *back-up supply* jika terjadi gangguan pada penyulang operasi, sehingga sistem ini tergolong sistem yang handal. dalam pembangunannya. Sistem ini sudah memperhitungkan perkembangan beban atau penambahan jumlah konsumen sampai beberapa tahun ke depan, sehingga dapat digunakan dalam waktu yang cukup lama, hanya saja investasi pembangunannya juga lebih besar. proteksinya masih sederhana, mirip dengan sistem loop. pada bagian tengah penyulang biasanya dipasang gardu tengah yang berfungsi sebagai titik manufer ketika terjadi gangguan pada jaringan tersebut.

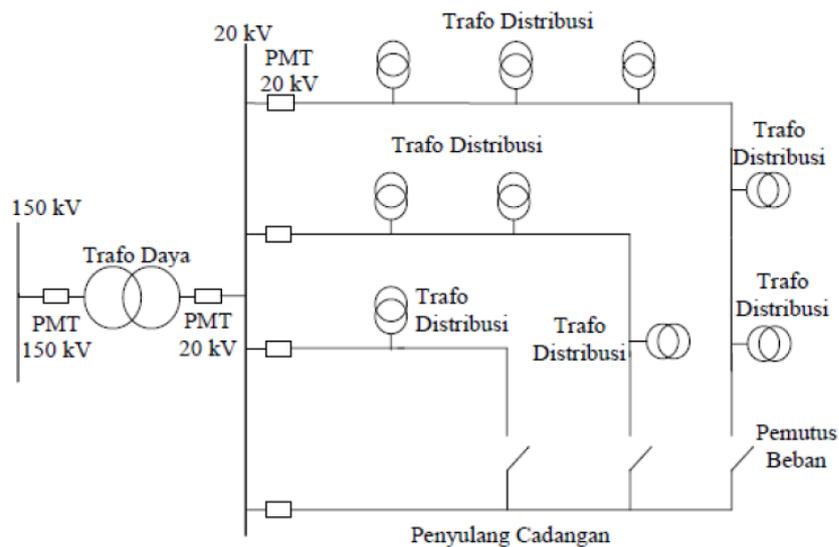
Untuk konfigurasi 2 penyulang, maka faktor pembebanan hanya 50%. Berdasarkan konsep *spindle* jumlah penyulang pada 1 spindel adalah 6 penyulang operasi dan 1 penyulang cadangan sehingga faktor pembebanan konfigurasi spindel penuh adalah 85%. Ujung-ujung penyulang berakhir pada gardu yang disebut Gardu Hubung dengan kondisi penyulang operasi “NO” (*Normally Open*), kecuali penyulang cadangan dengan kondisi “NC” (*Normally Close*).



Gambar 2.4 Skema Saluran Sistem Spindel

e) Sistem Cluster

Sistem ini mirip dengan sistem spindle. bedanya pada sistem cluster tidak digunakan gardu hubung atau gardu switching, sehingga express feeder dari gardu hubung ke tiap jaringan. express feeder ini dapat berguna sebagai titik manufer ketika terjadi gangguan pada salah satu bagian jaringan.



Gambar 2.5 Skema Saluran Sistem Cluster

## 2.2 Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan sistem penyaluran distribusi tenaga listrik tergantung pada model susunan saluran, pengaturan operasi dan pemeliharaan serta koordinasi peralatan pengaman. Tingkat keandalan kontinuitas penyaluran bagi konsumen tenaga listrik adalah beberapa lama padam yang terjadi dan berapa banyak waktu yang diperlukan untuk memulihkan penyaluran kembali tenaga listrik. Tingkat keandalan dalam pelayanan dapat dibedakan menjadi lima hal antara lain (SPLN 52-3, 1983:5):

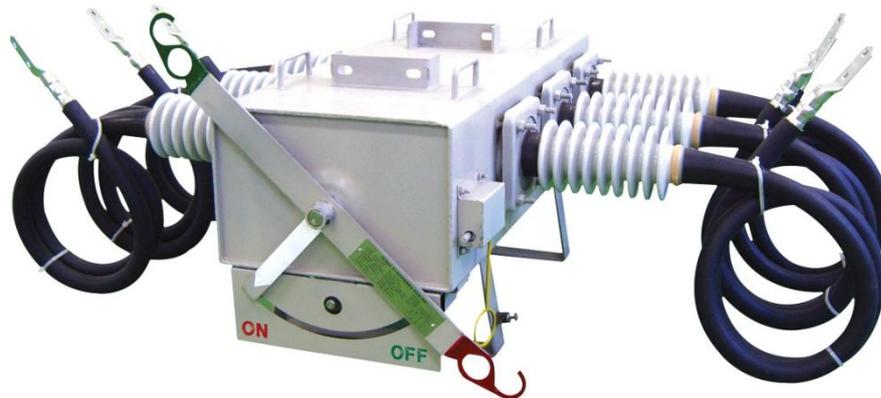
- Tingkat 1 : Dimungkinkan padam berjam-jam yaitu waktu yang diperlukan untuk mencari dan memperbaiki bagian yang rusak karena adanya gangguan.
- Tingkat 2 : Padam beberapa jam yaitu waktu yang diperlukan untuk mengirim petugas ke lapangan, melokalisir gangguan dan melakukan manipulasi untuk dapat menghidupkan sementara dari arah atau saluran yang lain.
- Tingkat 3 : Padam beberapa menit, manipulasi oleh petugas yang *stand by* di gardu atau dilakukan deteksi/pengukuran dan pelaksanaan manipulasi jarak jauh.
- Tingkat 4 : Padam beberapa detik, pengaman dan manipulasi otomatis.
- Tingkat 5 : Tanpa padam, dilengkapi instalasi cadangan terpisah dan otomatis.

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 memperhatikan bentuk konfigurasi jaringan, desain suatu sistem jaringan adalah sisi hulu mempunyai tingkat kontinuitas yang lebih tinggi dari sisi hilir. Lama waktu pemulihan penyaluran dapat dipersingkat dengan mengurangi akibat dari penyebab gangguan, misalnya pemakaian PBO, SSO, penghantar berisolasi atau menambahkan sistem SCADA.

### 2.3 Load Break Switch (LBS)

*Load Break Switch* (LBS) merupakan suatu alat pemutus atau penyambung sirkuit pada sistem distribusi listrik dalam keadaan berbeban. LBS mirip dengan alat pemutus tenaga (PMT) atau *Circuit Breaker* (CB) dan biasanya dipasang dalam saluran distribusi listrik.

LBS digunakan untuk pemutusan lokal apabila terjadi gangguan atau ingin dilakukan perawatan jaringan distribusi pada daerah tertentu sehingga daerah yang tidak mengalami gangguan atau perawatan tidak mengalami pemadaman listrik. Pada saat terjadi bencana atau gangguan listrik, seperti gempa, angin ribut, pohon tumbang, dan lain-lain sering terjadi gangguan pada jaringan distribusi seperti kabel tumbang. Pada kasus seperti itu diperlukan tindakan yang cepat dalam memutuskan saluran listrik untuk menghindari bahaya yang dapat ditimbulkan.



Gambar 2.6 *Load Break Switch* (LBS)

LBS yang biasa dipakai PT.PLN (Persero) yaitu LBS tipe SF<sub>6</sub> yaitu Tegangan Line Maksimum pada Switthgear Ratings antara 12kV atau 24kV dengan arus kontinyu 630 A RMS. Media Isolasi Gas SF<sub>6</sub> dengan tekanan operasional gas SF<sub>6</sub> pada suhu 20 C adalah 200kPa Gauge. Pengoperasian secara manual dapat dilakukan secara independent oleh operator. Tekanan untuk mengoperasikan tuas Max 20 kg. Switch pemutus beban dilengkapi dengan bushing boots elastomeric untuk ruang terbuka. Boots tersebut dapat menampung kabel berisolasi dengan ukuran diameter antara 16 – 32 mm dan akan menghasilkan sistem yang terisolir penuh. Kabel pre-cut yang telah diberi

terminal dapat digunakan langsung untuk bushing switch Pemutus Beban dan telah memenuhi persyaratan yang sesuai dengan peralatan tersebut. Namun demikian, untuk kabel, dapat menggunakan yang telah disediakan oleh peralatan tersebut sepanjang masih memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Kabel standart yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Standar Kabel yang digunakan pada LBS SF6

Lug Size	Stranding	Material	Rating
240	19/4.01	Aluminium	630
185	19/3.5	Aluminium	400
80	7/3.75	Aluminium	250



Gambar 2.7 LBS dengan Gas SF6

Konstruksi dan Operasi Load Break Switch dan Sectionalizer pada gambar 2.7 dapat diuraikan sebagai berikut. Load Break Swicth menggunakan puffer interrupter di dalam sebuah tangki baja anti karat yang dilas penuh yang diisi dengan gas SF6. Interrupter tersebut diletakkan secara berkelompok dan digerakkan oleh mekanisme pegas. Ini dioperasikan baik secara manual maupun dengan sebuah motor DC dalam kompartemen motor di bawah tangki. Listrik motor berasal dari batere-batere 24V dalam ruang kontrol. Transformer-transformer arus dipasang di dalam tangki dan dihubungkan ke elemen-elemen elektronik untuk memberikan indikasi gangguan dan line measurement. Terdapat bushing-bushing epoksi dengan transformer tegangan kapasitif, ini terhubung ke elemen-elemen elektronik untuk memberikan line

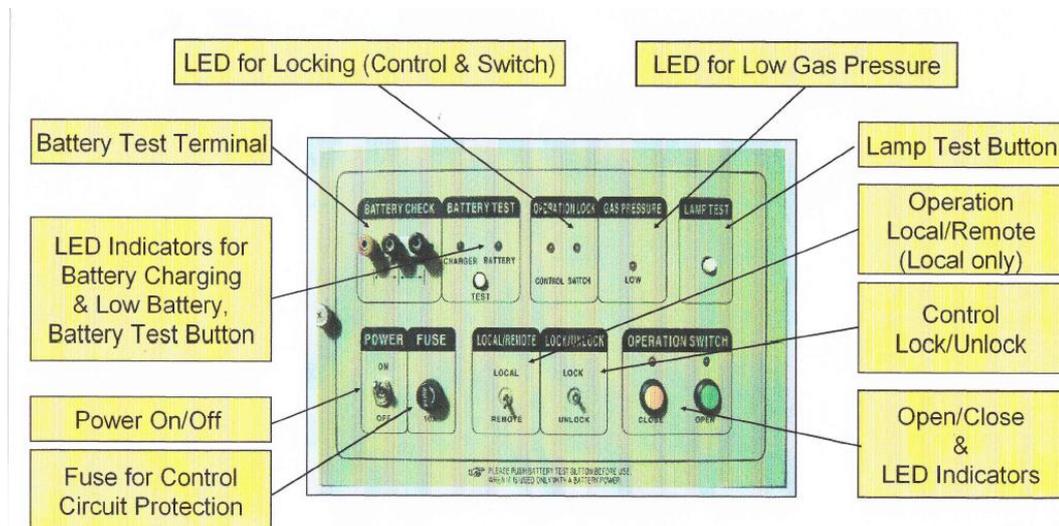
sensing dan pengukuran. Elemen-elemen elektronik kontrol terletak dalam ruang kontrol memiliki standar yang sama yang digunakan untuk mengoperasikan swithgear intelijen, yang dihubungkan ke swithgear dengan kabel kontrol yang dimasukkan ke Swith Cable Entry Module (SCEM) yang terletak di dalam kompartemen motor.

Karena LBS ingin dioperasikan dengan menggunakan sistem SCADA atau secara remote, maka pada LBS ditambahkan sebuah panel kontrol yang dihubungkan dengan RTU (Remote Terminal Unit). Berikut adalah gambar dari box panel rangkaian kontrol RTU dan LBS (Gambar 2.8)



Gambar 2.8 Kotak Panel RTU dan LBS

Berdasarkan gambar 2.8 diatas dapat kita lihat bahwa dengan menggunakan sistem SCADA LBS memiliki panel kontrol yang terhubung dengan RTU.



Gambar 2.9 Panel Kontrol LBS

Berdasarkan gambar 2.9 di atas terdapat beberapa macam tombol dan socket panel kontrol tersebut. Fungsi dari masing – masing bagian panel tersebut adalah sebagai berikut :

1. Battery Test Terminal : digunakan untuk mengecek power (battery) yang digunakan pada LBS untuk menggerakkan motornya.
2. LED for Locking (Control & Switch) : sebuah lampu tanda yang berfungsi untuk menunjukkan bahwa LBS dalam posisi control (remote) atau switch (manual)
3. LED for Low Gas Pressure : lampu tanda yang berfungsi untuk memberitahukan kepada operator (dispatcher) yang ada di UPD bahwa Gas SF6 yang ada pada LBS dalam keadaan low / kurang.
4. Lamp Test Button : lampu yang digunakan untuk mengetes panel apakah sudah dapat beroperasi / sumber sudah masuk kedalam rangkaian panel
5. Operation Local / Remote : saklar yang digunakan untuk memosisikan LBS dioperasikan secara local atau remote (m menggunakan sistem SCADA)
6. Control Lock / Unlock : saklar yang berfungsi untuk mengunci atau membuka kontrol remote.

7. Open / Close & LED Indicator : merupakan tombol tekan dan lampu tanda yang berfungsi untuk mengetes rangkaian kontrol LBS sudah dapat beroperasi dengan normal. Apabila ditekan tombol open maka lampu diatas open akan menyala dan sebaliknya.
8. Fuse for Control Circuit Protection : sebagaimana dengan fungsi fuse pada umumnya, fuse ini digunakan sebagai pengaman rangkaian dari arus lebih atau short circuit pada rangkaian.
9. Power ON / OFF : sebagai saklar utama untuk menghidupkan atau mematikan panel kontrol LBS
10. LED Indicator for Battery charging , Low Battery & battery test button: merupakan lampu tanda dan tombol yang menunjukkan bahwa battere sedang di charge atau batere dalam keadaan lemah (low), serta tombol yang digunakan untuk mengetes batere apakah sudah terpasang pada rangkaian atau tidak.

Agar dapat dioperasikan dengan menggunakan sistem SCADA panel kontrol LBS harus dihubungkan dengan RTU, menghubungkan panel kontrol dengan RTU diperlukan sebuah pengkabelan (wiring) yang benar agar dapat beroperasi dengan benar dan normal.

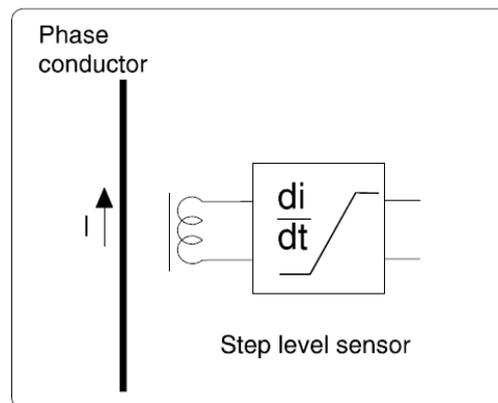
#### **2.4 Fault Indicator / Pengindikasian Gangguan**

Pengindikasi Gangguan dalam hal ini menggunakan Line Troll 110E $\mu$ r. Line Troll dipasang pada saluran distribusi dengan range 6 – 69 kV. Pengaplikasian dari LINETROLL 110E $\mu$ r biasanya memerlukan survei saluran sebelumnya sehingga dapat diperoleh penggunaan terbaik dari indikator. Fault indicator digunakan untuk menentukan titik atau KPL mana yang terdapat gangguan dalam hal ini juga mensupport pengoperasian LBS dalam operasi open / close. Agar terhubung dengan sistem SCADA Fault Indicator juga memiliki kotak kontrol yang terhubung dengan RTU pada KPL, kotak kontrol tersebut dinamakan dengan Quick Link. Ketika arus gangguan dideteksi oleh fault indicator maka fault indicator akan mengirimkan sinyal gangguan tersebut ke kotak kontrol atau

Quick Link, kemudian sinyal tersebut diteruskan ke RTU yang akan mengirimkan sinyal tersebut ke Master Station yang ada pada UPD PT PLN (Persero) kemudian dari master station sinyal tersebut diterjemahkan kedalam bahasa program yang ditampilkan pada monitor operator (dispatcher) sebagai sinyal gangguan.

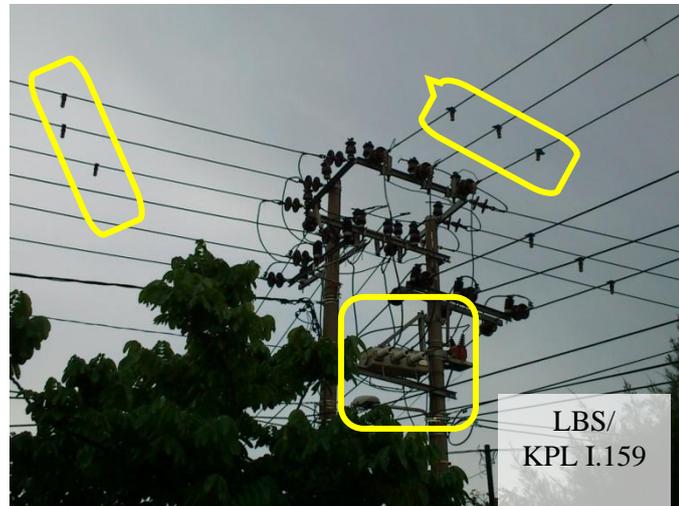
➤ **Prinsip kerja linetroll**

LINETROLL 110E $\mu$ r menggunakan sensor medan magnet. Prinsip kerja sensor pada linetroll dapat dilihat pada gambar 2.10. Medan magnet yang dihasilkan oleh arus saluran menginduksi sinyal dalam pickup koil indikator. Sinyal diinduksi diterapkan pada sensor  $di/dt$  untuk membedakan antara arus gangguan dan arus beban. Sensor  $di/dt$  mendeteksi arus instan di-lipatan seperti halnya ketika gangguan terjadi. Tingkatan Trip dari  $di/dt$  dapat diatur untuk 6,12, 25, 60, atau 120 A dengan menggunakan bank saklar di dalam unitnya.



Gambar 2.10 Prinsip Sensor Medan Magnet

Contoh penggunaan fault indicator di KPL I. 159 terlihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Linetroll 110Eµr yang Telah terpasang

➤ **Perhitungan arus kapasitif**

Untuk menghitung arus kapasitif yang disebabkan oleh kapasitansi dari SUTM dan SKTM rumus sederhana berikut dapat digunakan untuk memperkirakan arus kapasitif yang dapat ditimbulkan dari saluran :

$$I_c = \frac{U * L_a}{300} + \frac{U * L_c}{K} \dots\dots\dots(2.1)^1$$

Keterangan :

$I_c$  = A r u s kapasitif dalam Ampere

$U$  = T e g a n g a n Nominal dalam kV

$L_a$  = Panjang saluran Udara dalam km

$L_c$  = P a n j a n g kabel dalam km

$K$  = 10; Untuk Kabel terimpregnasi Minyak

5; Untuk Kabel PEX

3; Untuk Kabel PVC

<sup>1</sup> AS, Nortroll. 2010. *User Guide Linetroll 110Eµr*. Norway

Untuk menghindari bahwa LINETROLL- 110E $\mu$ r diaktifkan oleh arus kapasitif yang dihasilkan oleh kapasitansi saluran itu sendiri, kriteria berikut harus dipenuhi.

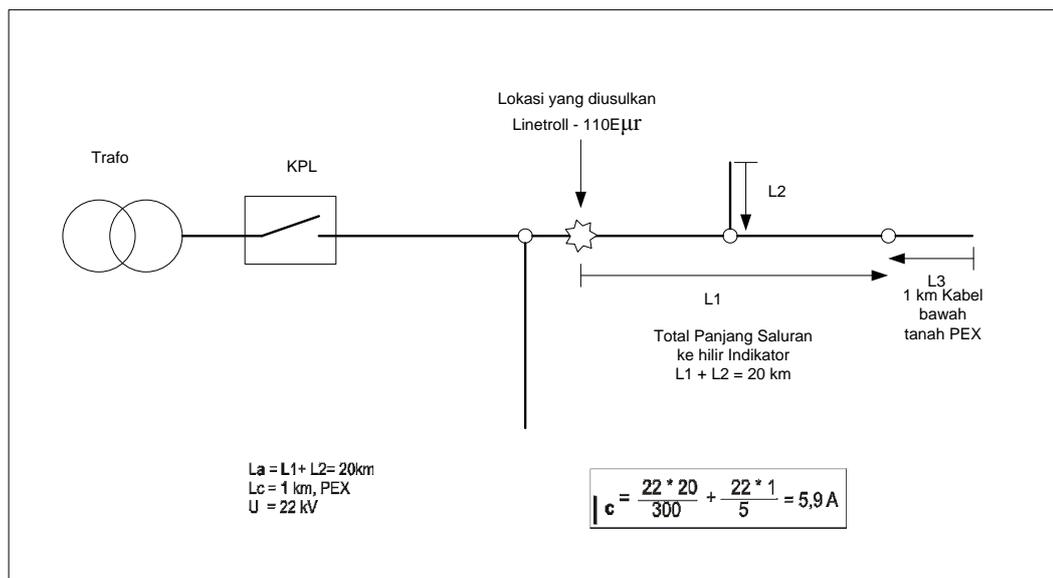
$$I_c < I_t \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

$I_c$  = Arus kapasitif (Ampere)

$I_t$  = Setting sensitivitas (6 - 120A)

Untuk memperkirakan pembuangan arus kapasitif pada setiap titik saluran, harus diperhitungkan kontribusi dari semua saluran udara dan panjangnya kabel bawah tanah yang hanya melampaui titik itu. Untuk lebih jelasnya contoh perhitungan arus kapasitif ( $I_c$ ) dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Contoh Perhitungan Pelepasan Arus Kapasitif

## 2.5 Aliran Daya

Dalam menentukan operasi terbaik pada sistem-sistem tenaga listrik dan dalam merencanakan perluasan sistem-sistem tenaga listrik, analisa mengenai studi aliran beban memegang peranan penting. Studi aliran daya dalam

menunjang keberhasilan operasi yang optimal amat penting, karena disamping dapat digunakan dalam perumusan dan solusi masalah yang akan dibahas juga bertujuan untuk menentukan besarnya arus, daya dan faktor daya serta daya reaktif di berbagai titik pada sistem daya yang dalam keadaan berlangsung atau diharapkan untuk operasi normal.

Oleh sebab itu studi aliran daya sangat diperlukan dalam perencanaan serta pengembangan sistem di masa-masa yang akan datang karena operasi yang memuaskan pada sistem tenaga adalah bergantung kepada pengenalan serta pengetahuan dari akibat adanya beban-beban, unit-unit pembangkit serta saluran transmisi baru, sebelum semuanya dapat direalisasikan.

Untuk itu dalam menganalisa studi aliran daya fokus utama tertuju pada busnya dan bukan pada generatornya. Dalam studi aliran daya dikenal berbagai bus antara lain :

1. Bus Referensi

Adalah bus yang mempunyai besaran  $|V|$  tegangan dengan harga skalarnya dan sudut fasa tegangan ( $\delta v$ ) dengan titik nol sebagai referensinya.

2. Generator Bus (Bus Pembangkitan)

Adalah bus yang diketahui daya nyata ( $P$ ) dan tegangan  $|V|$  pada harga skalarnya.

3. Bus Pembebanan

Adalah bus yang diketahui daya aktif beban ( $P_L$ ) dan daya reaktif beban ( $Q_L$ ).

### Satuan Per Unit (p.u)

Dalam analisa sistem tenaga dikenal istilah per-unit yang merupakan standar dalam perhitungan yang digunakan. Satuannya dikenal dengan istilah pu. Biasanya dasar perhitungan untuk mendapatkan satuan per unit yang ditetapkan terlebih dahulu adalah  $MVA_{\text{dasar}}$  dan  $kV_{\text{dasar}}$ , dan selanjutnya dihitung  $arus_{\text{maks}}$ . Ketetapan dasar ini dipergunakan sebagai penyebut dimana parameter daya,



tegangan arus dan impedansi pada sistem tenaga listrik sebagai pembilangnya untuk memperoleh satuan p.u

Dasar perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- MVA dasar = dipilih (MVA)
- KV dasar = dipilih (kV),

dari dua dasar ini dapat dibentuk dasar selanjutnya, yaitu :

$$\text{Arus maksimum} = \frac{\text{MVA dasar}}{\sqrt{3} \times \text{kV dasar}} \text{ Ampere} \dots\dots\dots(2.3)^2$$

## 2.6 Manuver Beban

Manuver atau memanipulasi jaringan distribusi adalah serangkaian kegiatan membuat modifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat dari 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. Memisahkan bagian-bagian jaringan yang semula terhubung dalam keadaan bertegangan ataupun tidak bertegangan dalam kondisi normalnya.
2. Menghubungkan bagian-bagian jaringan yang semula terpisah dalam keadaan bertegangan ataupun tidak bertegangan dalam kondisi normalnya.

Tujuan dan manfaat dari manuver pasokan daya listrik adalah untuk:

1. Mengurangi daerah pemadaman listrik pada saat terjadi gangguan atau pekerjaan jaringan.
2. Menghindari pemadaman listrik untuk pelanggan dengan kategori beban kritis.
3. Memaksimalkan penyaluran tenaga listrik.

<sup>2</sup> Pusdiklat PT.PLN. 2014. *Konsep Dasar Analisis Aliran Daya*.

➤ **Jenis-Jenis Manuver Beban Antar Penyulang**

1. Manuver secara Manual

Bertujuan untuk merubah aliran distribusi listrik antara penyulang utama dan penyulang cadangan dilakukan secara manual dimana petugas/operator langsung menuju gardu hubung atau tempat yang akan dilakukannya manuver.

2. Manuver Beban Secara Otomatis

Bertujuan untuk merubah aliran distribusi listrik antara penyulang (prioritas 1) dan penyulang (prioritas 2) yang dilakukan secara otomatis menggunakan ATS (Automatic Transfer Switch), apabila terjadi gangguan pada penyulang (prioritas 1) maka ATS akan langsung bekerja memindahkan aliran listrik pada penyulang (prioritas 2).

## 2.7 SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*)

SCADA (*supervisory control and data acquisition*) merupakan teknologi yang menggabungkan fungsi pengawasan, pengendalian dan pengambilan data jarak jauh (*remote area*) yang terpusat pada suatu tempat yang disebut *control center*. Secara umum SCADA berfungsi mulai dari pengambilan data pada Gardu Induk atau Gardu Distribusi, pengolahan informasi yang diterima, sampai reaksi yang ditimbulkan dari hasil pengolahan informasi.

Sistem pengendalian berbasis SCADA banyak diterapkan karena memiliki fungsi pengukuran (*Tele Metering*), fungsi pengawasan (*Tele Control*) dan fungsi permintaan pengiriman data (*Tele Status*) dalam pengoperasiannya dan juga berfungsi sebagai pengendali berbagai sistem misalnya pada sistem tenaga listrik, sistem distribusi minyak dan gas, sistem pengendalian lalu lintas kereta api, sistem pengendalian suplai air minum, sistem irigasi dan lain-lain. Sistem SCADA distribusi adalah suatu sistem yang terdiri atas seperangkat *hardware* dan *software* yang memungkinkan dispatcher yang berada di pusat kontrol mampu mengendalikan Jaringan Tegangan Menengah (JTM).

Prinsip dasar sistem SCADA adalah untuk memantau dan mengontrol semua peralatan yang terdapat pada suatu sistem dari jarak jauh. SCADA bekerja

mengumpulkan informasi, kemudian mentransfernya ke sentral dengan membawa data - data hasil analisa khusus dan sinyal kontrol (status) yang kemudian diperagakan pada sejumlah layar operator. SCADA bertujuan untuk membantu mendapatkan sistem pengoperasian optimum sesuai dengan berbagai kenyataan kekurangan-kekurangan maupun segala kelebihan yang terdapat pada suatu sistem.

SCADA diimplementasikan dengan perangkat-perangkat lunak, baik untuk sistem pembangkitan, transmisi maupun distribusi. Pada umumnya proses pengendalian pada sistem tenaga listrik jarak jauh terdiri atas 4 macam, yaitu :

1. Pengendalian buka / tutup perangkat pemutus daya, pemisah serta *start / stop* dari generator
2. Pengendalian perangkat-perangkat regulator seperti pengaturan *set point* atau menaikkan dan menurunkan posisi tap changer.
3. Pemantau dan pengaturan beban.
4. Pengendalian yang dilakukan secara otomatis untuk keseragaman dan pengendalian perintah berurutan, misalnya merubah konfigurasi jaringan.

Adapun Fungsi dasar Scada terbagi menjadi 3 yaitu:

a. Telemetering (TM)

Mengirimkan informasi berupa pengukuran dari besaran-besaran listrik pada suatu saat tertentu, seperti : tegangan, arus, frekuensi. Pemantauan yang dilakukan oleh dispatcher diantaranya menampilkan daya nyata dalam MW, tegangan dalam KV, dan arus dalam A. Dengan demikian dispatcher dapat memantau keseluruhan informasi yang dibutuhkan secara terpusat.

b. Telesinyal (TS)

Mengirimkan sinyal yang menyatakan status suatu peralatan atau perangkat. Informasi yang dikirimkan berupa status pemutus tegangan, pemisah, ada tidaknya alarm, dan sinyal-sinyal lainnya. Telesinyal dapat berupa kondisi suatu peralatan tunggal, dapat pula berupa pengelompokan dari sejumlah kondisi. Telesinyal dapat dinyatakan secara tunggal (*single indication*) atau ganda (*double*

*indication*). Status peralatan dinyatakan dengan cara indikasi ganda. Indikasi tunggal untuk menyatakan alarm.

c. Telekontrol (TC)

Perintah untuk membuka atau menutup peralatan sistem tenaga listrik dapat dilakukan oleh *dispatcher* secara *remote*, yaitu hanya dengan menekan salah satu tombol perintah buka/tutup yang ada di dispatcher.

### 2.7.1 SCADA DMS (*Distribution Management System*)

SCADA DMS adalah aplikasi yang digunakan untuk menyelesaikan persoalan teknis yang menyangkut pengoperasian jaringan dan *engineering* distribusi seperti analisa beban dan tegangan, perencanaan operasi serta sebagai pendukung perencanaan perluasan jaringan distribusi.

SCADA DMS harus menggunakan data pengukuran yang terintegrasi dengan SCADA serta parameter jaringan yang tersimpan dalam database jaringan ataupun dari aplikasi data induk jaringan. Aplikasi SCADA DMS menampilkan gambaran skema, gambaran *geographical*, penyajian dari informasi yang diinginkan, perubahan dan keterangan data pasca perhitungan serta hal-hal yang berkaitan dengan perintah kontrol.

Karena aplikasi SCADA DMS menggunakan data pengukuran yang terintegrasi dengan SCADA serta parameter jaringan dari aplikasi data induk jaringan, maka ketersediaan data tersebut merupakan persyaratan mutlak agar aplikasi SCADA DMS menghasilkan perhitungan dan analisa yang valid. Data dan parameter jaringan harus selalu dalam kondisi update untuk menjamin output aplikasi mendekati kondisi real di jaringan. Bilamana karena kondisi tertentu, belum semua data dan parameter keseluruhan sistem dapat terjamin kebenarannya, minimal harus tersedia data sebesar 50 % untuk bisa mengaplikasikan SCADA DMS secara benar. Setelah itu data dan parameter keseluruhan sistem harus segera dilengkapi agar SCADA DMS dapat digunakan keseluruhan sistem.

Dengan persyaratan yang terpenuhi tersebut, maka SCADA DMS minimum berfungsi secara tepat dalam hal :

- a. Sebagai simulasi atas rencana operasi yang akan dilaksanakan sehingga mutu, keandalan dan keamanan operasi lebih terjamin.
- b. Mengevaluasi alternatif manuver beban dispatcher dapat menampilkan perkiraan keamanan manuver beban dari satu penyulang ke penyulang yang lain
- c. Hasil aplikasi memberi pertimbangan kepada dispatcher untuk langkah terbaik pemulihan beban setelah gangguan secara cepat, tepat, dan optimal.
- d. Memberikan pengamanan terhadap ancaman sistem yang dikarenakan beban lebih atau tegangan di bawah standar sehubungan dengan kapasitas jaringan maupun trafo.
- e. Meningkatkan power factor dan menurunkan losses dengan pengaturan tegangan dan daya reaktif.
- f. Mengevaluasi dampak dari setting dan rating perlengkapan proteksi dalam konfigurasi penyulang.
- g. Sebagai bahan analisa teknis yang tepat dalam rangka rekonfigurasi serta perencanaan perluasan jaringan.

Hasil perhitungan DMS harus dapat diperbandingkan dan dikalibrasi dengan hasil perhitungan yang menggunakan metode berbeda yang sudah diakui ketepatannya, atau dengan pengukuran langsung.

#### - **Mode Pengoperasian**

Berdasarkan time frame, maka DMS harus dapat dioperasikan dalam kerangka waktu pengoperasian, yaitu :

- a. Mode *real time*, menggunakan data sistem yang berasal langsung dari parameter dan telemetering akuisisi dari sistem SCADA.
- b. Mode studi (*study mode*), menggunakan data yang dibangun secara terpisah dan tidak bergantung kepada sistem *real time* atau kombinasi dengan beberapa data yang dibuat secara terpisah / diinput oleh pengguna.



Sedangkan menurut mode pelaksanaan, aplikasi DMS dapat dijalankan dengan fungsi online dan fungsi offline.

- a. Fungsi *online*, dioperasikan secara langsung di konsol dalam lingkup jaringan LAN *control center* yang sedang beroperasi, baik dalam kerangka waktu real-time ataupun *study mode*
- b. Fungsi *offline*, dioperasikan pada konsol yang berbeda, dan tidak terhubung / tidak akan terpengaruh dengan sistem *online*.

#### - Fungsi SCADA DMS

Fungsi SCADA DMS yang tersedia harus bisa melakukan tugas teknik dalam keperluan distribusi secara praktis dalam 4 (empat) mode aplikasi, yakni :

- a. Pengaturan operasi
- b. Perencanaan operasi
- c. Pendukung perencanaan pengembangan
- d. Simulasi, analisa dan training

Seluruh fungsi analisa dikembangkan berbasis algoritma khususnya untuk jaringan distribusi, yang bisa melakukan analisa dan optimasi dari operasi dan pengembangan radial yang sangat luas dan jaringan distribusi mesh. Salah satu fungsi yang dipersyaratkan dalam SCADA-DMS sehingga kebutuhan atas empat point aplikasi di atas bisa terpenuhi adalah *Fault Detection Insulation and Restoration (FDIR)*.

Aplikasi *Fault Detection Insulation dan Restoration (FDIR)* bekerja atas perhitungan berdasarkan besarnya arus gangguan yang mengalir pada impedansi jaringan untuk prediksi titik lokasi gangguan di jaringan. Aplikasi ini harus bisa memberikan semacam panduan kepada operator untuk menangani suatu gangguan yang terjadi. Informasi kepada operator meliputi dimana lokasi gangguan terjadi. Kemudian memberikan informasi yang optimum bagaimana cara melakukan isolasi gangguan tersebut serta melakukan penyelesaian (*re-energize*) penyulang yang mengalami gangguan



tersebut. Hal ini akan membantu dalam mengurangi waktu pemadaman yang diakibatkan gangguan yang terjadi.

Aplikasi FDIR akan digunakan efektif untuk kebutuhan operasi pada konfigurasi jaringan spindle, atau jaringan yang bisa disupply melalui proses manuver lebih dari satu sumber. Sistem aplikasi FDIR harus menyediakan kemampuan untuk membantu operator system distribusi dalam memperkirakan lokasi gangguan dan memberikan saran untuk melakukan *switching* yang akan mengisolasi gangguan dan mengirim tegangan kembali ke segmen jaringan yang telah terbebas dari akibat gangguan sehingga wilayah yang padam akan minimal.

Fungsi penentuan lokasi gangguan harus menggunakan data yang berasal dari telemetri dan relay proteksi, dan mempunyai kemampuan menganalisa informasi adanya petunjuk kelompok pelanggan yang padam. Tahap isolasi dan pemulihan harus menunjukkan LBS mana yang dibuka untuk mengisolasi gangguan dan LBS mana yang dapat dimasukan untuk memasok kembali tegangan ke bagian jaringan yang telah terbebas dari gangguan dengan cara menata kembali topologi hubungan kelistrikan dari jaringan baik dalam penyulang itu sendiri ataupun diantara beberapa penyulang dalam konfigurasi jaringan distribusi spindle secara khusus.

Aplikasi perhitungan titik lokasi gangguan dapat di operasikan dengan menggunakan data real time. Metode yang digunakan bisa berdasarkan arus gangguan, impedansi, dan statistik gangguan.

Fitur yang harus dicakup juga harus meliputi perhitungan besar beban yang hilang akibat terjadinya gangguan dan memperkirakan besarnya beban yang dapat dipulihkan oleh pengaturan kembali jaringan (rekonfigurasi yang direkomendasikan).

Data yang diperlukan :

- a. Panjang jaringan
- b. Impedansi jaringan
- c. Tipe penghantar
- d. Konektivitas ( titik manuver)

- e. Data trafo tenaga di GI
- f. Arus gangguan yang diambil dari IED proteksi di GI
- g. Indikasi fault indikator
- h. Data statistik gangguan (opsional jika menggunakan metode statistic gangguan)  
Output berupa jarak titik gangguan dari pangkal penyulang dalam tabel.

### 2.7.2 Komponen SCADA

SCADA tidak dapat bekerja sendiri, melainkan membutuhkan komponen-komponen pendukung lainnya, Sistem SCADA terdiri dari tiga komponen (subsistem) utama yaitu :

1. Pusat kontrol.
2. Remote Terminal Unit ( RTU ).
3. Jalur komunikasi yang menghubungkan pusat kontrol dan RTU.

#### a. Subsistem Pusat Kontrol (*Master Station*)

Pusat kontrol terdiri dari beberapa komponen utama yaitu : Komputer utama (PC SCADA), *Human Machine Interface* (HMI), WS Programing dan peripheral lainnya yang terdiri dari dua buah yang berfungsi sebagai *redundant master/slave*, sehingga akan tetap beroperasi meskipun komputer master terjadi gangguan. Fungsi utama dari komputer utama adalah :

1. Mengatur komunikasi antara dirinya sendiri dengan RTU.
2. Mengirim dan menerima data dari RTU kemudian menterjemahkannya ke dalam bentuk informasi yang dapat dimengerti oleh user.
3. Mendistribusikan informasi tersebut ke MMI, *Mimic Board* dan Printer Logger dan mendokumentasikan informasi tersebut.

#### b. Subsistem RTU (*Remote Terminal Unit*)

Remote terminal unit 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 *Tele Status (TS)*, *Remote Control (RC)*, *Tele Meter (TM)*. Alat tersebut adalah RTU (*Remote Terminal Unit*). Salah satu contoh dari RTU dapat kita lihat pada gambar 2.6 dibawah ini :



Gambar 2.13 Remote Terminal Unit (RTU)

Fungsi utama dari suatu RTU adalah:

1. Mendeteksi perubahan posisi saklar (*Open/Close/Invalid*).
2. Mengetahui besaran tegangan, arus dan frekwensi (di Gardu Induk).
3. Menerima perintah *remote control* dari pusat kontrol untuk membuka atau menutup.

### c. Subsistem telekomunikasi data

Media telekomunikasi sebagai media untuk menyampaikan pesan/sinyal antara RTU dengan *control center* dan sebaliknya. Media komunikasi bisa berupa kabel, *power line carrier*, serat optic maupun frekuensi radio. Untuk menghubungkan dua perangkat yaitu komputer di pusat kontrol dengan Remote Terminal Unit diperlukan subsistem komunikasi sehingga dua perangkat tersebut dapat saling komunikasi satu dengan yang lain. Apabila dua perangkat sudah terhubung dan dapat berkomunikasi pusat kontrol (master station) maka dapat melakukan perintah kontrol seperti membuka / menutup LBS / PMT melalui

Remote Terminal Unit. *Remote Terminal Unit* dapat melakukan pengiriman status *switch*, alarm dan data pengukuran ke pusat kontrol apabila terdapat subsistem komunikasi yang baik yang terdiri dari komponen utama yaitu, media komunikasi, modem (*Modulator Demodulator*), protokol komunikasi, dll. Media komunikasi merupakan sarana fisik yang menghubungkan RTU dengan master station meliputi, *Pilot Cable* (Kabel Kontrol), modem GPRS (DF 7119) pada frekuensi 900 – 907,5 MHz dan Radio Link, yaitu Radio Racom 1 (378.050 MHz), Radio Racom 2 (379.050 MHz), Radio MDS 1 (371.050 MHz – 376.050 MHz), dan Radio MDS 2 (372.000 – 377.000 MHz).

### 2.7.3 Keuntungan Sistem SCADA

Dengan menggunakan sistem SCADA, maka akan didapat beberapa keuntungan, yaitu :

- Sistem pengoperasian dengan organisasi yang ramping dan sederhana.
- Lebih ekonomis, karena tidak perlu menggunakan jasa operator.
- Data – data yang didapat lebih akurat dan tepat.
- Peningkatan keandalan sistem jaringan tenaga listrik.
- Berkurangnya rugi – rugi jaringan distribusi tenaga listrik.
- Waktu pemulihan jaringan distribusi tenaga listrik yang cepat.
- Tingkat keamanan yang lebih baik.
- Sebagai simulasi atas rencana pengembangan jaringan distribusi tenaga listrik yang akan dilaksanakan sehingga mutu, keandalan dan keamanan operasi lebih terjamin.
- Menganalisa dan mengevaluasi hasil – hasil pengoperasian jaringan tenaga listrik.
- Hasil aplikasi memberi pertimbangan kepada *dispatcher* untuk langkah terbaik pemulihan beban setelah gangguan secara cepat, tepat, dan optimal.
- Meningkatkan power factor dan menurunkan losses dengan pengaturan tegangan dan daya reaktif.
- Mengevaluasi dampak dari setting dan rating perlengkapan proteksi

dalam konfigurasi penyulang.

- Sebagai bahan analisa teknis yang tepat dalam rangka rekonfigurasi serta perencanaan perluasan jaringan.

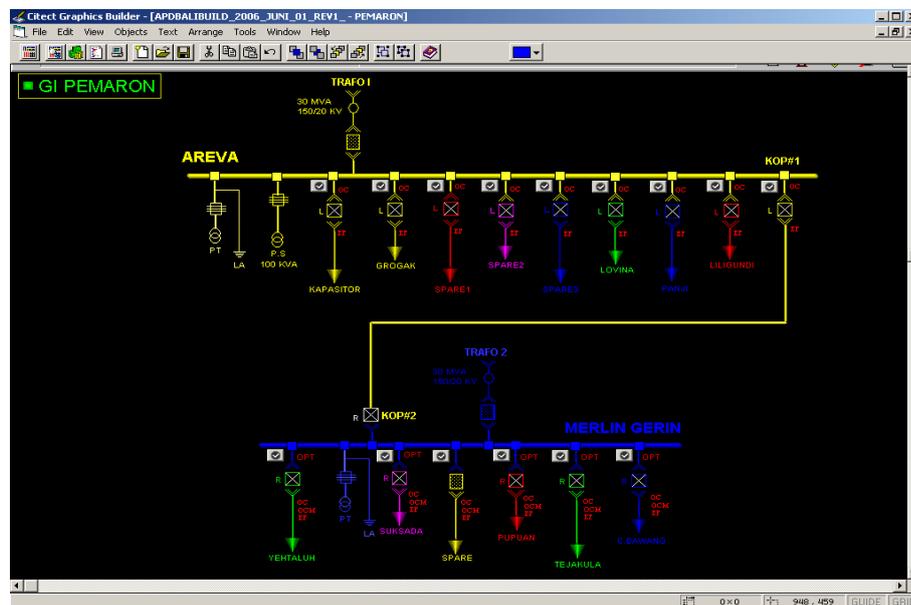
## 2.7.4 Pengoperasian Jaringan Distribusi dengan SCADA (Dispatcher)

### A. Persiapan Pengoperasian

Persiapan pengoperasian workstation oleh dispatcher adalah mempersiapkan menu-menu tampilan workstation yang setiap saat dapat memberikan informasi yang cepat misalnya :

- Tampilan Single Line Diagram dengan gambar statis dan dinamis.
- Tampilan Event List yang menginformasikan kejadian-kejadian yang ada di jaringan.

Menu-menu ini disesuaikan dengan kebutuhan dispatcher dalam hal mengoperasikan jaringan distribusi.



Gambar 2.14 Contoh menu-menu tampilan aplikasi SCADA (SLD diagram)

### B. Prosedur pengoperasian Jaringan Distribusi pada kondisi normal, gangguan, darurat dan recovery

#### – Persiapan Awal

1. Memeriksa jadwal rencana kerja



2. Koordinasi dengan team pemeliharaan, Unit terkait (Piket APJ/UPJ, Piket UPT, Dispatcher Region-2, dll.) dan Operator Gardu Induk.

1. Memeriksa kesiapan manuver sistem SCADA
2. Memeriksa kondisi sistem / jaringan
3. Memeriksa tegangan trafo GI
4. Memeriksa pembebanan (trafo GI dan penyulang)

– **Pelaksanaan Manuver (kondisi normal)**

1. Melaksanakan langkah-langkah manuver sesuai kebutuhan dan SOP yang berlaku.
2. Instruksi merubah posisi Switch Local Remote (SLR) pada posisi lokal
3. Melakukan tagging order di titik remote kontrol (GI, GH, MP)
4. Mencatat langkah-langkah manuver yang dilakukan (jam, uraian manuver, beban dan lain-lain)

**Pelaksanaan Manuver (penormalan tegangan)**

1. Instruksi merubah posisi Switch Local Remote (SLR) pada posisi remote
2. Melakukan remove tagging pada titik remote (di GI, GH, GT).
3. Melaksanakan langkah-langkah manuver sesuai kebutuhan dan SOP yang berlaku
4. Mencatat langkah-langkah manuver yang telah dilakukan (jam, uraian manuver, beban dan lain-lain)

**Pelaksanaan Manuver (Menerima Informasi Gangguan)**

1. Mengkoordinasikan langkah-langka manuver yang akan dilakukan dengan pihak terkait (Piket APJ/UPJ, Piket UPT, Dispatcher Region-2, Operator GI, dll)
2. Melaksanakan langkah-langkah manuver sesuai kebutuhan dan SOP yang berlaku.
3. Mencatat langkah-langkah manuver yang dilakukan
4. Menginformasikan langkah-langkah manuver yang telah dilakukan kepada pihak terkait.



– **Penormalan Tegangan**

1. Melaksanakan langkah-langkah manuver sesuai kebutuhan dan SOP yang berlaku
2. Instruksi merubah posisi SLR pada posisi remote
3. Melakukan remove tagging pada titik remote (di GI, GH, GT).
4. Mencatat langkah-langkah manuver yang telah dilakukan (jam, uraian manuever, beban dan lain-lain)

– **Persiapan Akhir**

1. Menyampaikan Informasi Manuver kepada Pengawas manuver, Pengawas Pekerjaan, dan pihak terkait (UPJ/UPJ, UPT, Region-2, dll.)
2. Mengarsipkan lembar manuver.
3. Membuat laporan atau mengisi formulir LMJ (Laporan Manuver Jaringan/sistem)