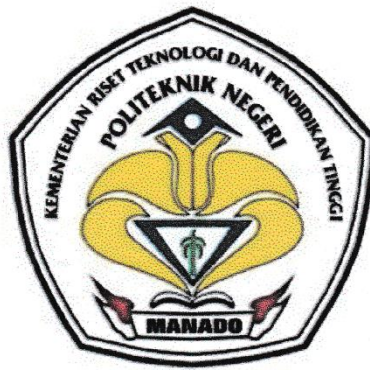


## **LAPORAN AKHIR**

### **“ PENGOPRASIAN SISTEM SCADA PADA JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN MENENGAH DI PT. PLN (PERSERO) AP2B SISTEM MINAHASA ”**



**Disusun Oleh :**

Billy Eliefson Keni

NIM : 12-021-007

Dosen Pembimbing

**Ventjeh E. Tirajoh, ST**

NIP. 1958 1112 198903 1 001

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN**

**PENDIDIKAN TINGGI**

**POLITEKNIK NEGERI MANADO**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**2015**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGOPRASIAN SISTEM SCADA PADA JAINGAN DISTRIBUSI  
TEGANGAN MENENGAH DI PT. PLN (PERSERO) AP2B SISTEM  
MINAHASA**

Oleh :

Billy Eliefson Keni

NIM : 12-021-007

*Laporan Akhir ini telah diterima dan disahkan sebagai persyaratan untuk  
Menyelesaikan pendidikan Diploma III Teknik Elektro  
Program Studi Teknik Listrik  
Politeknik Negeri Manado*

**Manado, 31 juli 2015**

**Menyetujui :**

Pembimbing Akademik

Panitia PKL Teknik Elektro

**Ventjeh E. Tirajoh, ST**  
NIP. 1958 1112 198903 1 001

**Fanny J. Doringin, ST,MT**  
NIP. 1967 0430 199203 1 003

Ketua Jurusan Teknik Elektro

**Ir. Jusuf L. Mappadang, MT**  
NIP. 1961 0601 199003 1 002

## **KATA PENGHANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, pertolongan dan tuntunanNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Praktek Kerja Lapangan ini sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.

Penyusunan Laporan ini berdasarkan hasil praktek kerja lapangan di PT. PLN (Persero) Ap2b Sistem Minahasa. Kegiatan ini dimulai pada tanggal 23 Maret sampai 17 Juli 2015. Di dalam pelaksanaannya, penulis mendapatkan banyak hal baru, bukan saja dari segi keilmuan tetapi juga dari pengalaman di lapangan dalam pengoprasian sistem scada.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bimbingan, kontribusi, bahkan nasihat yang telah diberikan dalam melaksanakan Praktek Kerja Lapangan dan dalam penulisan Laporan Praktek Kerja Lapangan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Jimmy Rangan, selaku Direktur Politeknik Negeri Manado.
2. Bapak Jusuf L. Mappadang, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Marson Budiman, SST.MT selaku Ketua Program Studi & Ketua Panitia Praktek Kerja Lapangan.
4. Bapak Fanny Doringin, MT & Bapak Muchdar Patabo, MT selaku Panitia Penulisan Praktek Kerja Lapangan.
5. Bapak Fanny Doringin, MT selaku Dosen Pembimbing Laporan Praktek Kerja Lapangan.
6. Bapak Frans Lisi, selaku Manager di PT. PLN (Persero) Ap2b Sistem Minahasa.
7. Bapak M X Wahyu Catur P,ST. selaku Assisten Manager Scadatel dan pembimbing lapangan.
8. Bapak Leonnard E Nelwan A. Ma. Te. selaku Supervisor Scadatel.
9. Seluruh Staf karyawan di PT. PLN (Persero) Ap2 Sistem Minahasa yang membantu dalam hal pengumpulan data yang diperlukan.

10. Kedua orang tua tercinta, almarhum Bapak Daniel Keni dan Ibu  
A. Patolenganeng berserta ke 5 orang kakak yang senantiasa memberi motivasi dan doa kepada penulis.
11. Teman-teman sekelas: Konstan, Alvin, Adrianus, Saut, Hambali, Markus, Ardi, Hendry, yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan ini.
12. Taklupa juga untuk kedua teman sejak kecil Rizky dan Adrianus serta teman-teman sekost Cinderella berserta Koh Roby dan Chi Lisa, dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan banyak terima kasih.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini, baik dalam penyusunan atau materi. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan ini. Akhir kata, semoga laporan Praktek Kerja Lapangan ini dapat berguna bagi semua pihak.

Manado, Juli 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGHANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Permasalahan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penulisan .....	2
1.5 Manfaat Penulisan .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Sistem Tenaga Listrik .....	4
2.1.1 Bagan Sistem Tenaga Listrik .....	4
2.1.2 Sistem Distribusi .....	5
2.1.3 Proses Penyampaian Tenaga Listrik Ke Pelanggan .....	11
2.1.4 Perkembangan Sistem Tenaga Listrik .....	19
2.1.5 Persoalan-persoalan Operasi Sistem Tenaga Listrik .....	21
2.1.6 Manajemen Operasi Sistem Tenaga Listrik .....	22
2.1.7 Pengembangan Sistem Tenaga Listrik .....	23
2.1.8 Pemeliharaan Instalasi .....	24
2.1.9 Penggunaan Komputer .....	25
2.2 Sistem Scada .....	27
2.3 Komponen Scada .....	33
2.3.1 Master Station .....	34

2.3.2	Media Telekomunikasi .....	35
2.3.3	Remote Terminal Unit .....	40
2.4	Scada Distribusi .....	41

### **BAB III PEMBAHASAN**

3.1	Menu-Menu Yang Ada Pada Aplikasi Scada DCC .....	43
3.2	Langka-Langka Pengoprasian .....	45
3.2.1	Membuka program SCADA .....	45
3.2.2	Membuka single line diagram gardu induk.....	49
3.2.3	Melihat status peralatan pada feeder .....	50
3.2.4	Perintah Command .....	53
3.2.5	Menutup program SCADA .....	55
3.2.6	Matikan Komputer .....	55
3.3	Gangguan Pada Line Otam .....	56

### **BAB IV PENUTUP**

4.1	Kesimpulan .....	58
4.2	Saran .....	58
	Daftar Pustaka .....	59

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Single Line Diagram Sistem Tenaga Listrik .....	4
<b>Gambar 2.2</b> Single Line Diagram Sistem Distribusi .....	5
<b>Gambar 2.3</b> Jaringan Distribusi Primer dan Jaringan Distribusi Sekunder .....	6
<b>Gambar 2.4</b> pola jaringan radial .....	7
<b>Gambar 2.5</b> pola jaringan distribusi loop .....	8
<b>Gambar 2.6</b> Jaringan distribusi pola Grid .....	9
<b>Gambar 2.7</b> jaringan distribusi tipe spindle .....	10
<b>Gambar 2.8</b> skema pusat listrik .....	13
<b>Gambar 2.9</b> jaringan distribusi dan sambungan rumah ke pelanggan .....	15
<b>Gambar 2.10</b> bagan penyampaian tenaga listrik ke pelanggan .....	16
<b>Gambar 2.11</b> batas instalasi PLN dan instalasi Pelanggan .....	17
<b>Gambar 2.12</b> sebuah sistem tenaga listrik .....	18
<b>Gambar 2.13</b> konfigurasi komunikasi data point to point .....	35
<b>Gambar 2.14</b> Konfigurasi komunikasi data multiple point to point.....	36
<b>Gambar 2.15</b> Konfigurasi komunikasi data multipoint star .....	37
<b>Gambar 2.16</b> Konfigurasi komunikasi data multipoint partyline .....	37
<b>Gambar 2.17</b> Konfigurasi komunikasi data loop .....	38

<b>Gambar 2.18</b> Konfigurasi komunikasi data gabung .....	39
<b>Gambar 2.19</b> Konfigurasi remote terminal unit .....	40
<b>Gambar 2.20</b> peta jaringan sistem Minahasa .....	41
<b>Gambar 2.21</b> Konfigurasi master station .....	42
<b>Gambar 2.22</b> Peta jaringan region .....	42
<b>Gambar 3.1</b> Tampilan menu desktop OASyS .....	43
<b>Gambar 3.2</b> Open View Program WorldView .....	46
<b>Gambar 3.3</b> Kotak Dialog WorldView .....	46
<b>Gambar 3.4</b> Jendela home WorldView .....	47
<b>Gambar 3.5</b> Toolbar Modified01 .....	47
.	
<b>Gambar 3.6</b> Status WorldView .....	48
<b>Gambar 3.7</b> Jendela alarm Modified01 .....	48
<b>Gambar 3.8</b> Screenshot menu wilayah gardu induk.....	49
<b>Gambar 3.9</b> Single line diagram GI .....	49
<b>Gambar 3.10</b> Jendela alarm GI 02 .....	52
<b>Gambar 3.11</b> Kotak dialog status CB .....	54



<b>Gambar 3.12</b> Kotak dialog Open Execute CB .....	54
<b>Gambar 3.13</b> Submenu file-exit .....	55
<b>Gambar 3.14</b> Gangguan Line Otam PMT saat Open .....	56
<b>Gambar 3.15</b> Gangguan Line Otam PMT saat Close .....	56

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. LATAR BELAKANG**

Karena bertepatan PKL di AP2B dan saya ditempatkan pada bagian Pengoprasian Scada, maka saya memilih judul tentang “Pengoprasian system scada pada jaringan distribusi tegangan menenga” agar berkaitan dengan prodi saya yaitua Teknik Listrik D III.

Dan untuk keperluan penyediaan tenaga listrik bagi para pelanggan, diperlukan berbagai peralatan listrik. Berbagai peralatan listrik tersebut dihubungkan satu sama lain yang mempunyai interrelasi dan secara keseluruhan membentuk suatu sistem tenaga listrik. Yang dimaksud dengan Sistem Tenaga Listrik adalah sekumpulan Pusat Listrik dan Gardu Induk (Pusat Beban) yang satu sama lain dihubungkan dengan Jaringan Transmisi sehingga merupakan sebuah kesatuan interkoneksi dan memiliki kontinuitas pelayanan yang baik. Kontinuitas pelayanan merupakan salah satu unsur dari mutu pelayanan yang tergantung pada macam jaringan dan peralatan proteksi. Jaringan distribusi mempunyai tingkat kontinuitas pelayanan yang tergantung pada susunan saluran/jaringan dan cara pengaturan operasinya yang hakekatnya direncanakan dan dipilih untuk memenuhi kebutuhan.

Jaringan distribusi merupakan rangkaian terakhir dari sistem jaringan listrik yang berfungsi mendistribusikan tenaga listrik dari transmisi kepada pelanggan. Area Pengatur Distribusi (APD) merupakan substansi yang bertugas untuk memantau, memonitor dan mengatur aliran beban listrik dari jaringan distribusi ke konsumen dengan menggunakan sistem SCADA. Sistem SCADA membutuhkan media komunikasi yang mempunyai tingkat kehandalan tinggi serta tidak membutuhkan biaya yang terlalu mahal (ekonomis).

## **1.2 PERUMUSAN PERMASALAHAN**

Adapun beberapa rumusan masalah yang ada yaitu:

- a. Belum baiknya aplikasi pelaporan yang ada sebelumnya, yang menunjang kegiatan.
- b. Pembuatan laporan yang ada masih terkesan manual dan belum terstruktur dengan baik.
- c. Diharapkan aplikasi ini dapat diakses langsung oleh pihak yang terkait, karena selama ini hanya bagian operasi saja yang mengakses dan mengolah laporannya.

## **1.3 BATASAN MASALAH**

Dalam penulisan laporan Akhir ini, penulis menjelaskan tentang prosedur Pengoperasian Sistem distribusi dengan SCADA. Tidak membahas secara mendetail mengenai perancangan sistem SCADA itu sendiri.

## **1.4 TUJUAN PENULISAN**

Tujuan dari makalah ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengetahui fungsi sistem SCADA distribusi tenaga listrik
- b. Mengetahui dan memahami komponen-komponen penyusun sistem SCADA
- c. Mengetahui langkah-langkah pengoperasian sistem distribusi dengan SCADA

## **1.5 MANFAAT PENULISAN**

Manfaat dari makala ini adalah sebagai berikut :

- a. Memberikan hasil Laporan Akhir
- b. Memperjelaskan cara memahami komponen-komponem penyusun SCADA
- c. Dan memperjelaskan cara pengoprasiang sistem distribusi dangan SCADA

## **1.6 SISTEMATIKA PENULISAN**

Sistematika penulisan Proyek Akhir ini adalah :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi uraian beberapa landasan teori yaitu sistem tenaga listrik, sistem scada, kompone scada dan scada distribusi.

### **BAB III PEMBAHASAN**

Berisi tentang menu-menu yang ada pada aplikasi scada dcc dan langka-langka pengoprasiannya.

### **BAB IV PENUTUP**

Berisi kesimpulan dan saran-saran

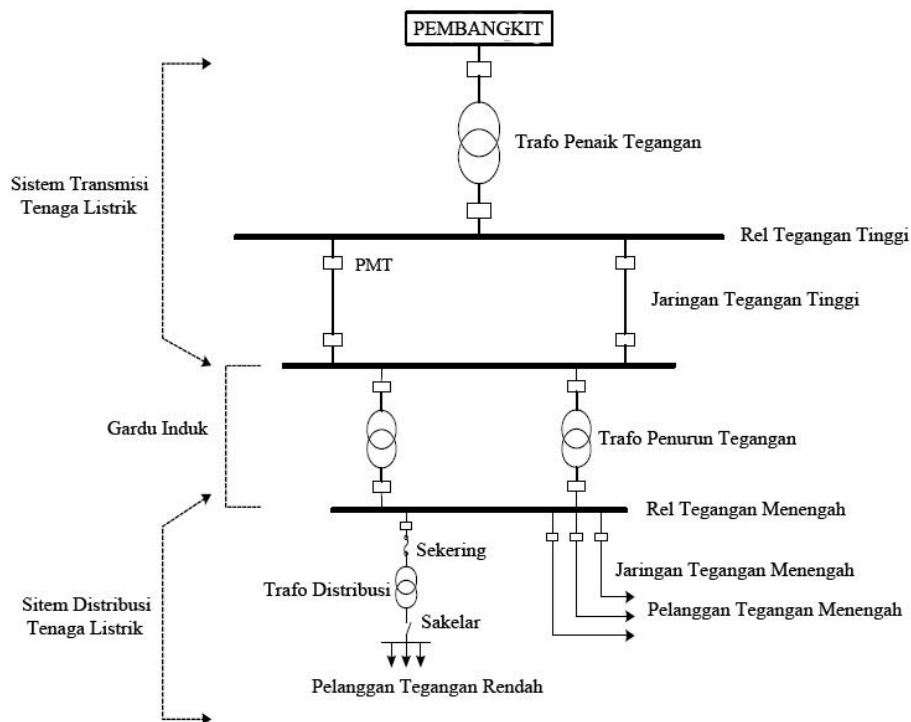
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 SISTEM TENAGA LISTRIK

##### 2.1.1 Bagan Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu sistem pembangkitan, transmisi energi listrik, dan sistem distribusi. Sistem Distribusi ini merupakan bagian akhir dari rangkaian komponen pada sistem tenaga listrik (Gambar 2.1).



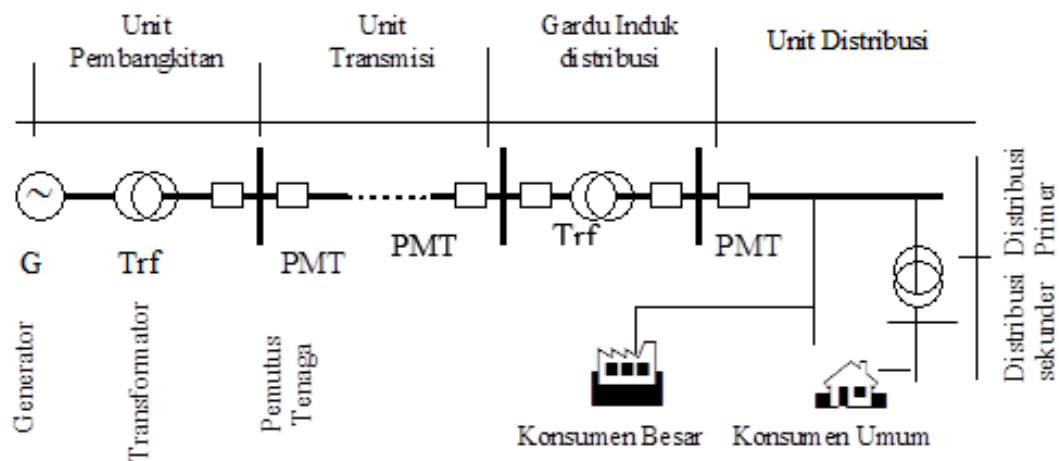
**Gambar 2.1** Single Line Diagram Sistem Tenaga Listrik

### 2.1.2 Sistem Distribusi

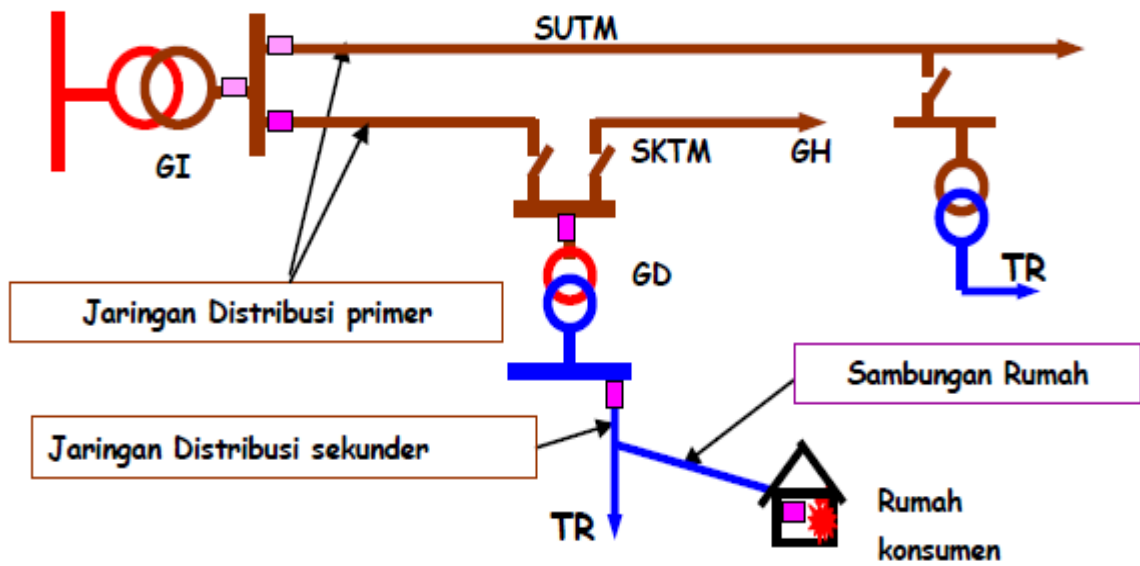
Sistem Distribusi merupakan rangkaian bagian-bagian komponen listrik yang tergabung satu sama lain mulai dari sisi sekunder (Tegangan Menengah) di Gardu Induk hingga sisi tegangan rendah di pelanggan/ konsumen (Gambar 2.2).

Sub Divisi Sistem Distribusi Terdiri dari :

1. Distribusi primer : merupakan saluran distribusi tegangan menengah 20 kV, yaitu menyalurkan energi listrik mulai dari transformator sisi sekunder pada garduinduk tegangan menengah sampai sisi primer transformator gardu distribusi.
2. Distribusi sekunder : saluran distribusi yang menggunakan tegangan rendah 220/380 Volt dan menyalurkan energi listrik dari transformator sisi sekunder pada gardu distribusi sampai ke APP konsumen.



**Gambar 2.2** Single Line Diagram Sistem Distribusi

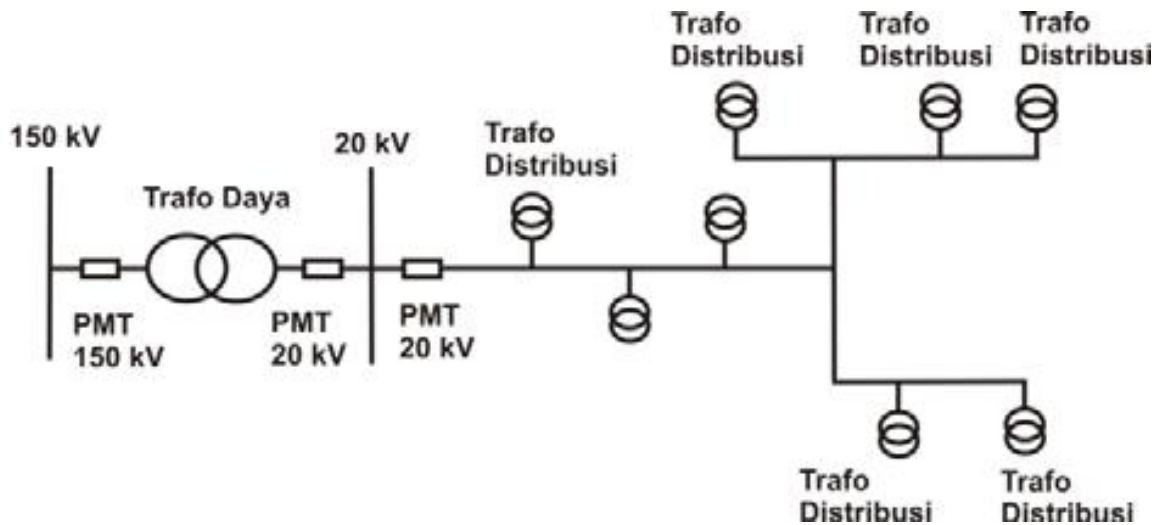


**Gambar 2.3** Jaringan Distribusi Primer dan Jaringan Distribusi Sekunder.

Klasifikasi jaringan distribusi berdasarkan konfigurasi jaringan primer Konfigurasi jaringan distribusi primer pada suatu sistem jaringan distribusi sangat menentukan mutu pelayanan yang akan diperoleh khususnya mengenai kontinuitas pelayanannya. Adapun konfigurasi dari jaringan primer terdiri dari :

a. Jaringan distribusi pola radial

Jaringan distribusi pola radial adalah jaringan yang setiap saluran primernya hanya mampu menyalurkan daya dalam satu arah aliran daya. Jaringan ini biasa dipakai untuk melayani daerah dengan tingkat kerapatan beban yang rendah.Keuntungannya ada pada kesederhanaan dari segiteknis dan biaya investasi yang rendah. Adapun kerugiannya apabila terjadi gangguan dekat dengan sumber, maka semua beban saluran akanikut padam sampai gangguan tersebut dapat diatasi.



**Gambar 2.4** pola jaringan radial

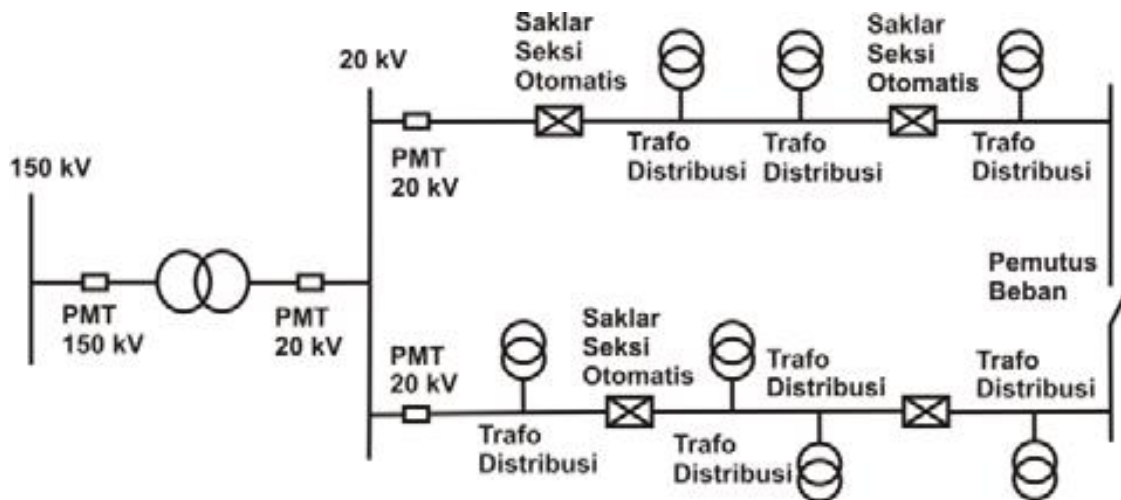
Pengaturan operasi jaringan distribusi pola radialsaat gangguan :

- Pemadaman pada sebagian jaringan tidak dapat dihindarkan
- PTS / saklar tiang, Fuse Cut Out, Jumper dapat digunakan sebagai sarana untuk melokalisir gangguan.
- Penormalan jaringan dilakukan setelah gangguan diperbaiki.

b. Jaringan distribusi pola loop

Jaringan distribusi pola loop adalah jaringan yang dimulai dari suatu titik pada rel daya yang mengelilingi didaerah beban kemudian kembali ke titik rel daya semula. Pola ini ditandai pula dengan adanya dua sumber pengisian yaitu sumber utama dan sumber cadangan. Jika salahsatu sumber pengisian (saluran utama) mengalami gangguan, maka akan dapat digantikan oleh sumber pengisian yang lain (saluran cadangan). Jaringan dengan pola ini biasa dipakai pada sistem distribusi yang melayani beban dengan kebutuhan kontinuitas pelayanan yang baik (lebih baik dari pola radial).





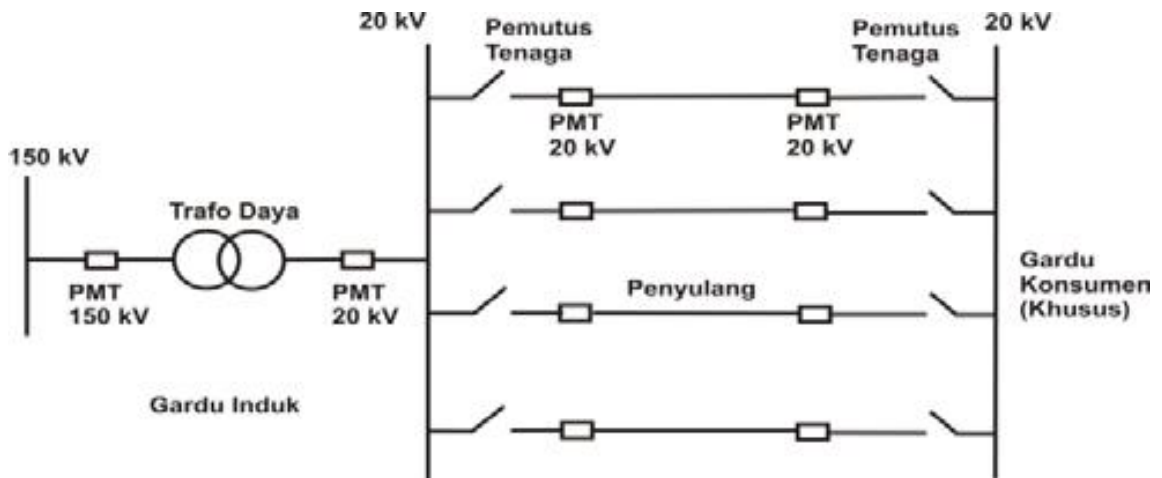
**Gambar 2.5** pola jaringan distribusi loop

Pengaturan operasi jaringan distribusi loop saat gangguan :

1. APD (Area Pengaturan Distribusi) menerima pemberitahuan keadaan gangguan penyulang/feeder
2. Mengadakan pengusutan gangguan
3. Mengadakan manuver jaringan
4. Penormalan jaringan dilakukan setelah gangguan diperbaiki

c. Jaringan distribusi pola grid

Jaringan distribusi pola grid mempunyai beberapa rel daya dan antara rel-rel tersebut dihubungkan oleh saluran penghubung yang disebut tie feeder. Dengan demikian setiap gardu distribusi dapat menerima atau mengirim daya dari atau ke rel lain.



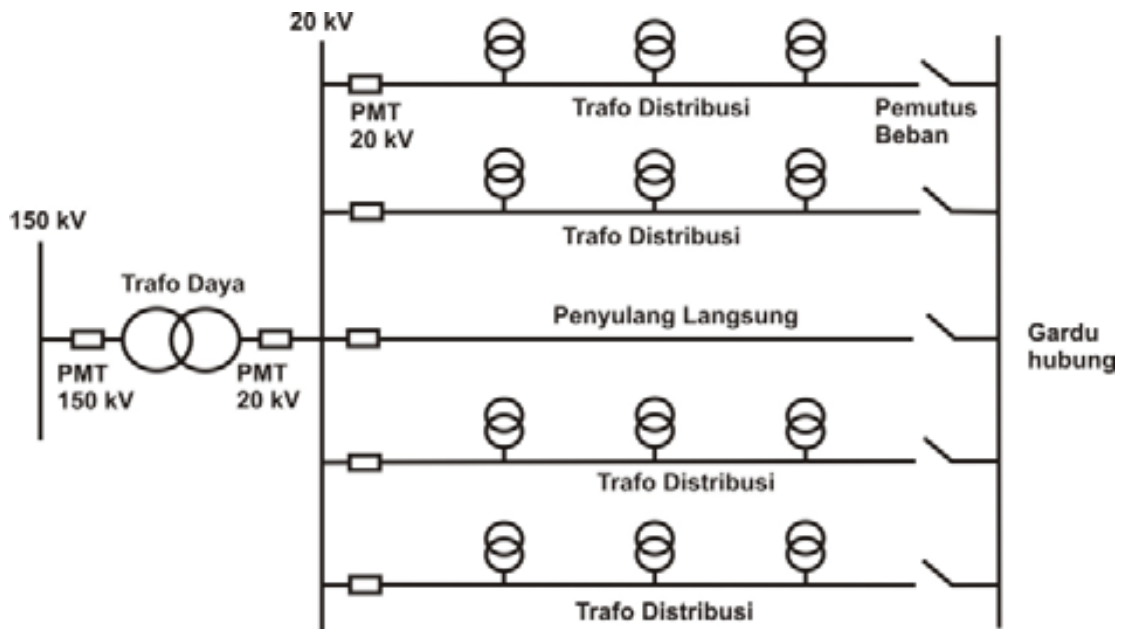
**Gambar 2.6** Jaringan distribusi pola Grid

Pengaturan operasi jaringan distribusi pola spindle saat terjadi gangguan :

- APD (Area Pengaturan Distribusi) menerima pemberitahuan keadaan jaringan dari indikasi PMT dan bekerjanya Rele
- APD (Area Pengaturan Distribusi) menetapkan wilayah gangguan pada penyulang/feeder
- Melokalisir gangguan berdasarkan section yang terganggu
- Mengadakan manuver pada jaringan yang tidak terganggu
- Melakukan perbaikan pada sistem yang terjadi gangguan oleh tim maintenance.
- Penormalan jaringan dilakukan setelah gangguan diperbaiki

d. Jaringan distribusi pola spindle

Jaringan distribusi pola spindle merupakan pengembangan dari pola radial dan loop terpisah. Beberapa saluran yang keluar dari gardu induk diarahkan menuju suatu tempat yang disebut gardu hubung (GH), kemudian antara GI dan GH tersebut dihubungkan dengan satu saluran yang disebut express feeder.



**Gambar 2.7** jaringan distribusi tipe spindel

Sistem gardu distribusi ini terdapat disepanjang saluran kerja dan terhubung secara seri, saluran kerja yang masuk ke gardu dihubungkan oleh sakelar pemisah sedangkan saluran yang keluar dari gardu dihubungkan oleh sebuah sakelar beban. Jadi sistem ini dalam keadaan normal bekerja secara radial dan dalam keadaan darurat bekerja secara loop melalui saluran cadangan dan GH.

Pengaturan operasi jaringan distribusi pola spindle saat terjadi gangguan :

- APD (Area Pengaturan Distribusi) menerima pemberitahuan keadaan jaringan dari indikasi keluarnya PMT dan bekerjanya Rele
- APD (Area Pengaturan Distribusi) menetapkan section gangguan pada penyulang/feeder
- Melokalisir gangguan berdasarkan section yang terganggu
- Mengadakan manuver pada jaringan yang tidak terganggu

- Mengadakan perbaikan gangguan oleh regu pemeliharaan
  - Penormalan jaringan dilakukan setelah gangguan diperbaiki
- Kapanjangan APD dan APB  
 APD (Area Pengaturan Distribusi) Dan APB (Area Pengaturan Beban)

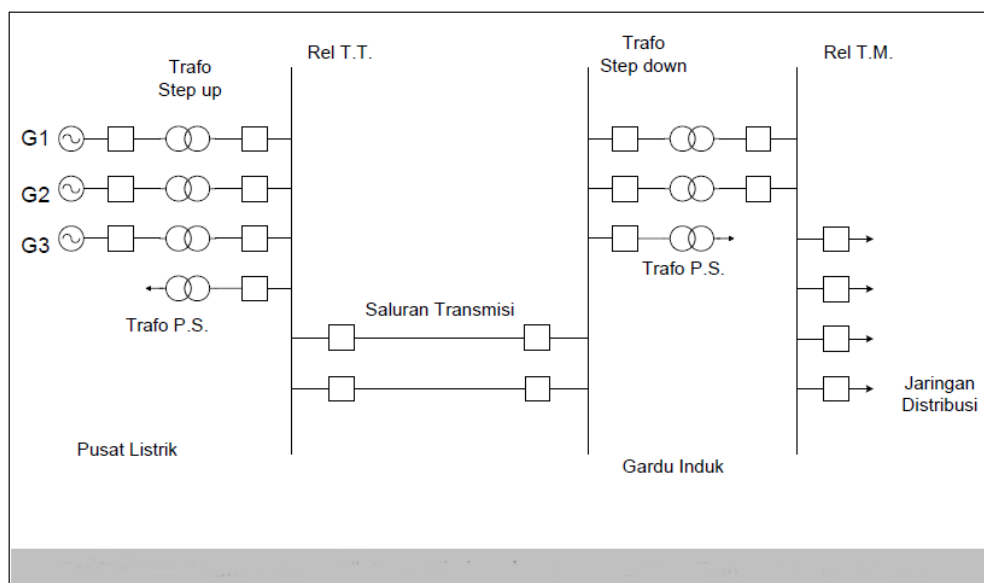
### 2.1.3 PROSES PENYAMPAIAN TENAGA LISTRIK KE PELANGGAN

- Karena berbagai persoalan teknis, tenaga listrik hanya dibangkitkan pada tempattempat
- tertentu. Sedangkan pemakai tenaga listrik atau pelanggan tenaga listrik tersebar
- diberbagai tempat, maka penyampaian tenaga listrik dari tempat dibangkitkan sampai ke
- tempat pelanggan memerlukan berbagai penanganan teknis. Tenaga Listrik
- dibangkitkan dalam Pusat-pusat Listrik seperti PLTA, PLTU, PLTG, PLTP dan PLTD
- kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan
- tegangannya oleh transformator penaik tegangan (*step-up transformer*) yang ada di
- Pusat Listrik. Hal ini digambarkan oleh gambar 1.1. Saluran transmisi tegangan tinggi
- di PLN kebanyakan mempunyai tegangan 66 KV, 150 KV dan 500 KV. Khusus untuk
- tegangan 500 KV dalam praktek saat ini disebut sebagai tegangan ekstra tinggi.
- Masih ada beberapa saluran transmisi dengan tegangan 30 KV namun tidak

- dikembangkan lagi oleh PLN. Saluran transmisi ada yang berupa saluran udara dan ada
- pula yang berupa kabel tanah. Karena saluran udara harganya jauh lebih murah
- dibandingkan dengan kabel tanah maka saluran transmisi PLN kebanyakan berupa
- saluran udara. Kerugian dan saluran udara dibandingkan dengan kabel tanah adalah
- bahwa saluran udara mudah terganggu misalnya karena kena petir, kena pohon dan lainlain.
- Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi maka sampailah tenaga
- listrik di Gardu Induk (GI) untuk diturunkan tegangannya melalui transformator
- penurun tegangan (*step-down transformer*) menjadi tegangan menengah atau yang juga
- disebut sebagai tegangan distribusi primer. Tegangan distribusi primer yang dipakai
- PLN adalah 20 KV, 12 KV dan 6 KV. Kecenderungan saat ini menunjukkan bahwa
- tegangan distribusi primer PLN yang berkembang adalah 20 KV.
- Jaringan setelah keluar dari GI biasa disebut jaringan distribusi, sedangkan
- jaringan antara Pusat Listrik dengan GI biasa disebut jaringan transmisi. Setelah tenaga
- listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik,
- diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah dengan

- tegangan 380/220 Volt atau 220/127 Volt, kemudian disalurkan melalui Jaringan
- Tegangan Rendah untuk selanjutnya disalurkan ke rumah-rumah pelanggan (konsumen)
- PLN melalui Sambungan Rumah. Hal ini digambarkan oleh gambar 1.2. Proses
- penyampaian tenaga listrik ini secara keseluruhan juga ditunjukkan oleh gambar 1.3.

Pelanggan-pelanggan yang mempunyai daya tersambung besar tidak dapat disambung melalui Jaringan Tegangan Rendah melainkan disambung langsung pada Jaringan Tegangan Menengah bahkan ada pula yang disambung pada Jaringan Transmisi Tegangan Tinggi, tergantung besarnya daya tersambung.



**Gambar 2.8** Skema Pusat Listrik Yang Dihubungkan Melalui Saluran Transmisi Ke Gardu Induk.

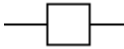
Keterangan :

G = Generator

P.S. = Pemakaian Sendiri

T.T. = Tegangan Tinggi

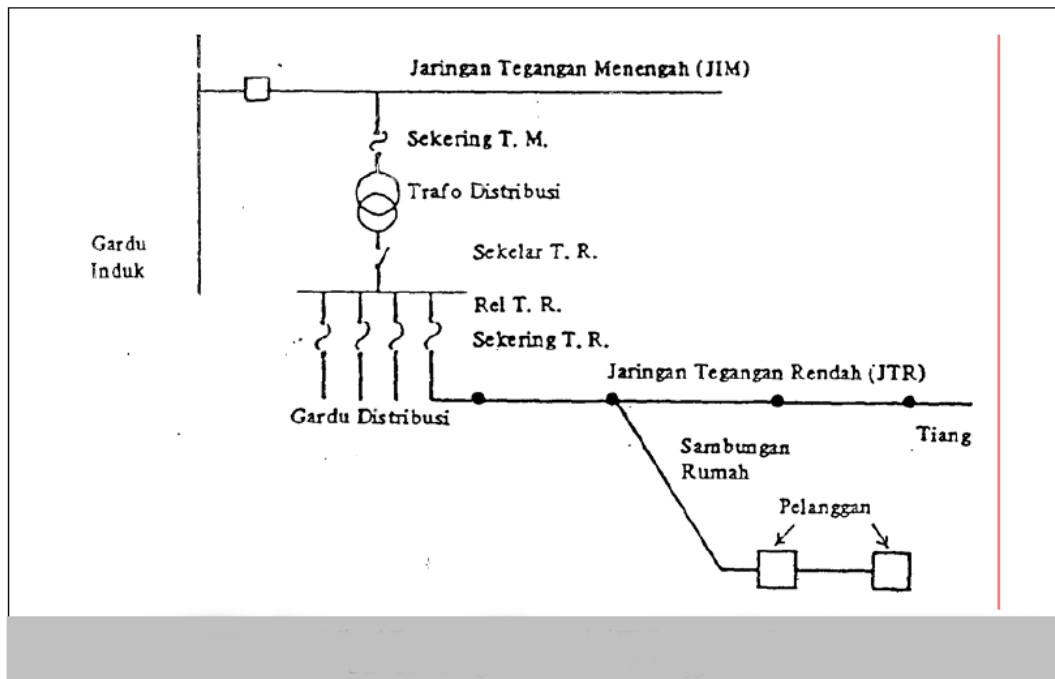
T.M. = Tegangan Menengah

 = Pemutus Tenaga (PMT)

Dari gambar 2.8. terlihat bahwa di Pusat Listrik maupun di GI selalu ada transformator Pemakaian Sendiri guna melayani keperluan tenaga listrik yang diperlukan dalam Pusat Listrik maupun GI misalnya untuk keperluan penerangan, mengisi baterai listrik dan menggerakkan berbagai motor listrik.

Dalam praktek karena luasnya jaringan distribusi sehingga diperlukan banyak sekali transformator distribusi, maka Gardu Distribusi seringkali disederhanakan menjadi transformator tiang yang rangkaian listriknya lebih sederhana daripada yang digambarkan oleh gambar 2.9.

Setelah tenaga listrik melalui Jaringan Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah (SR) maka tenaga listrik selanjutnya melalui alat pembatas daya dan KWH meter.



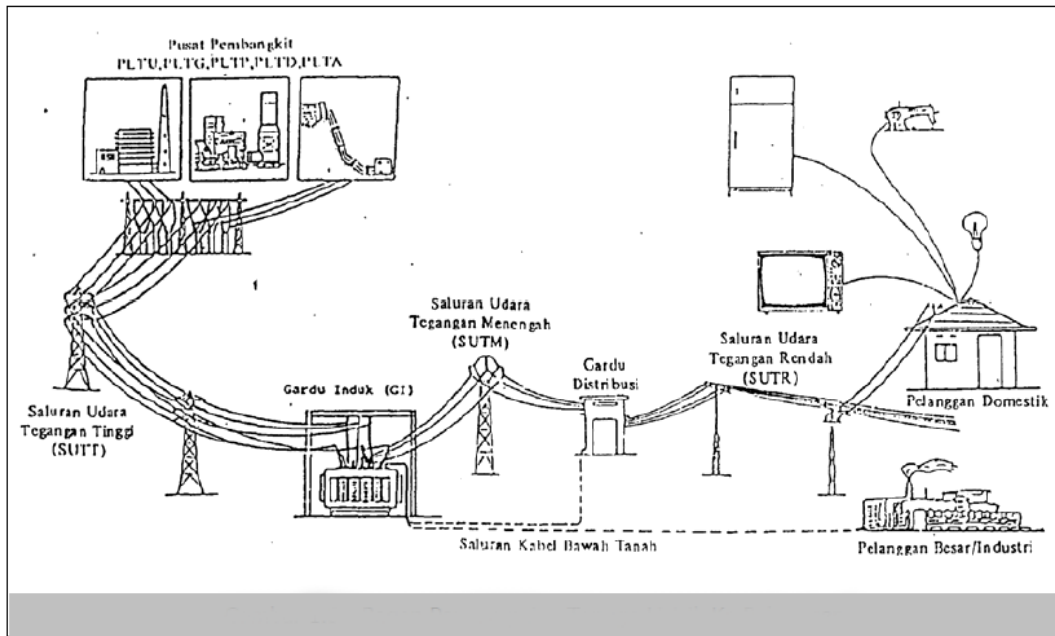
**Gambar 2.9** Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) Dan Sambungan Rumah Ke Pelanggan

Rekening listrik pelanggan tergantung kepada daya tersambung serta pemakaian KWH nya, oleh karenanya PLN memasang pembatas daya dan KWH meter. Setelah melalui KWH meter, seperti terlihat pada gambar 1.4, tenaga listrik kemudian memasuki instalasi rumah yaitu instalasi milik pelanggan. Instalasi PLN pada umumnya hanya sampai dengan KWH meter dan sesudah KWH meter instalasi listrik pada umumnya adalah instalasi milik pelanggan. Dalam instalasi pelanggan tenaga listrik langsung memasuki alat-alat listrik milik pelanggan seperti lampu, setrika, lemari es, pesawat radio, pesawat televisi dan lain-lain.

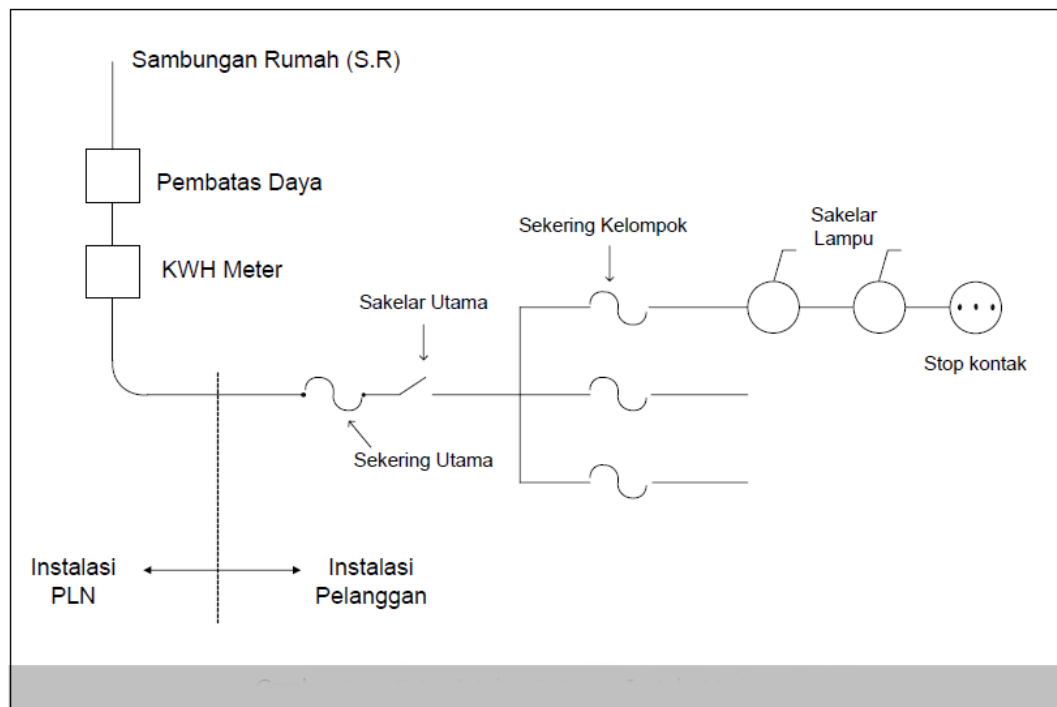
Dari uraian diatas kiranya dapat dimengerti bahwa besar kecilnya konsumsi tenaga listrik ditentukan sepenuhnya oleh para pelanggan, yaitu tergantung bagaimana para pelanggan akan menggunakan alat-alat listriknya kemudian PLN harus mengikuti kebutuhan tenaga listrik para pelanggan ini dalam arti menyesuaikan daya listrik yang dibangkitkannya dari waktu ke waktu.



Apabila jumlah pelanggan yang harus dilayani adalah jutaan maka daya yang harus dibangkitkan jumlahnya juga mencapai ribuan megawatt dan untuk itu diperlukan beberapa Pusat Listrik dan juga beberapa GI untuk dapat melayani kebutuhan listrik para pelanggan.



**Gambar 2.10** Bagan Penyampaian Tenaga Listrik Ke Pelanggan



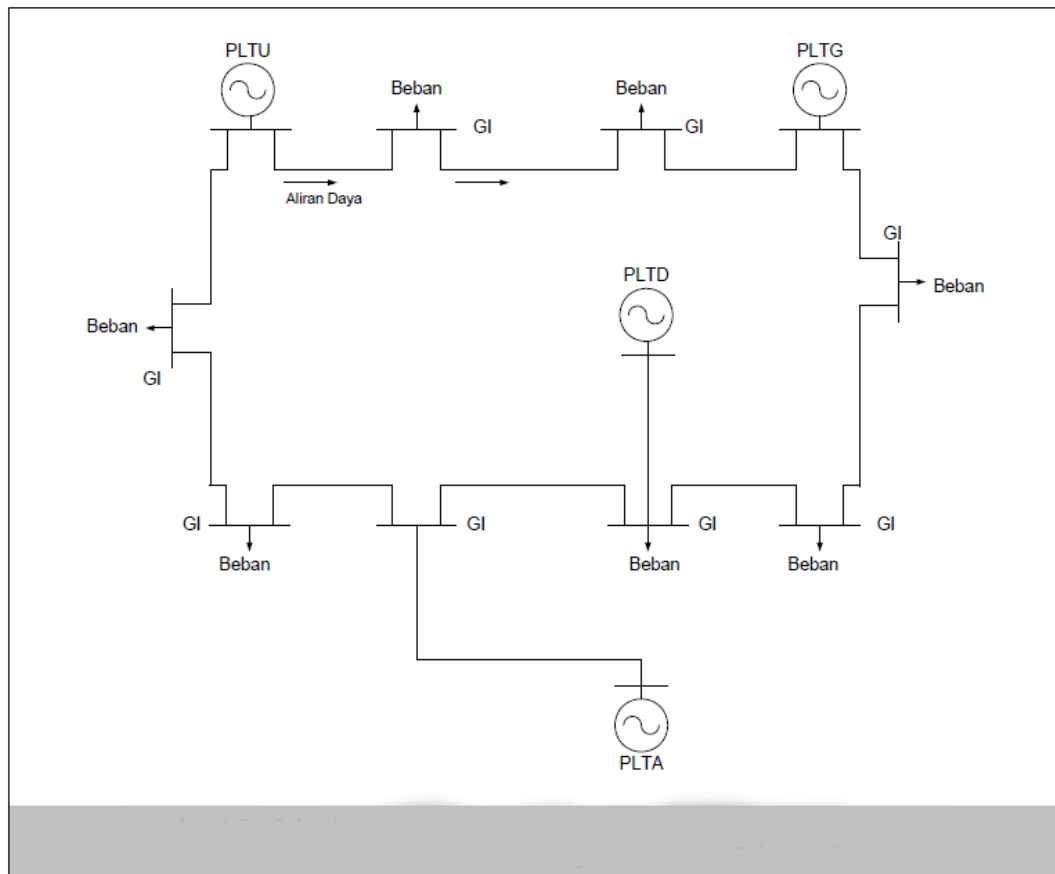
**Gambar 2.11** Batas Instalasi PLN Dan Instalasi Pelanggan

Pusat-pusat Listrik dan GI satu sama lain dihubungkan oleh saluran transmisi seperti yang digambarkan oleh gambar 2.12 agar tenaga listrik dapat mengalir sesuai dengan kebutuhan dan terbentuklah suatu Sistem Tenaga Listrik. Gambar 2.12 menggambarkan sebuah Sistem Tenaga Listrik yang terdiri dari sebuah PLTU, sebuah PLTA, sebuah PLTG dan 8 buah GI. Setiap GI sesungguhnya merupakan Pusat Beban untuk suatu daerah pelanggan tertentu, bebannya berubah-ubah sepanjang waktu sehingga juga daya yang dibangkitkan dalam Pusat-pusat Listrik harus selalu berubah seperti telah diuraikan diatas.

Perubahan beban dan perubahan pembangkitan daya ini selanjutnya juga menyebabkan aliran daya dalam saluran-saluran transmisi berubah-ubah sepanjang waktu. Apabila daya nyata yang dibangkitkan oleh Pusat-pusat Listrik lebih kecil daripada daya yang dibutuhkan oleh para pelanggan, maka frekuensi akan turun, sebaliknya apabila lebih besar, frekuensi akan naik. PLN

berkewajiban menyediakan tenaga listrik yang frekuensinya tidak jauh menyimpang dan 50 Hertz.

Mengenal penyediaan daya reaktif bagi para pelanggan yang erat kaitannya dengan tegangan masalahnya lebih sulit daripada masalah penyediaan daya nyata. PLN berkewajiban menyediakan tenaga listrik dengan tegangan yang ada dalam batas-batas tertentu.



**Gambar 2.12** Sebuah Sistem Tenaga Listrik Dengan Sebuah PLTU, Sebuah PLTG, Sebuah PLTD, Sebuah PLTA Dan Tujuh Buah Pusat Beban (GI).

Masalah Penyediaan tenaga listrik seperti diuraikan diatas dengan biaya yang serendah mungkin dan tetap memperhatikan mutu serta keandalan akan dibahas secara lebih terperinci dalam bab-bab selanjutnya yang ada dalam buku

ini. Dalam proses penyediaan tenaga listrik bagi para pelanggan seperti diuraikan diatas tidak dapat dihindarkan timbulnya rugi-rugi dalam jaringan disamping adanya tenaga listrik yang harus disisihkan untuk pemakaian sendiri. Proses pembangkitan tenaga listrik dalam Pusat-pusat Listrik Termis memerlukan biaya bahan bakar yang tidak sedikit. Biaya bahan bakar serta rugi-rugi dalam jaringan merupakan faktor- faktor yang harus ditekan agar menjadi sekecil mungkin dengan tetap memperhatikan mutu dan keandalan.

Mutu dan keandalan diukur dengan frekuensi, tegangan dan jumlah gangguan. Masalah mutu tenaga listrik tidak semata-mata merupakan masalah operasi Sistem Tenaga Listrik tetapi erat kaitannya dengan pemeliharaan instalasi tenaga listrik dan juga erat kaitannya dengan masaiah pengembangan Sistem tenaga Listrik mengingat bahwa konsumsi tenaga listrik oleh para pelanggan selalu bertambah dari waktu ke waktu. Oleh karenanya hasil-hasil Operasi Sistem Tenaga Listrik perlu dianalisa dan dievaluasi untuk menjadi masukan bagi pemeliharaan instalasi serta pengembangan sistem tenaga listrik.

Mutu tenaga Listrik yang baik merupakan kendala (*constraint*) terhadap biaya pengadaan tenaga listrik yang serendah mungkin, maka kompromi antara kedua hal ini merupakan masalah optimisasi yang akan banyak dibahas dalam buku ini.

#### 2.1.4 PERKEMBANGAN SISTEM TENAGA LISTRIK

Seirama dengan perkembangan pemakaian tenaga listrik oleh para pelanggan, sistem tenaga listrik sebagai yang diuraikan dalam pasal 1.2, berkembang pula mengikuti irama perkembangan pemakaian tenaga listrik yang dilayaninya.

Dalam perkembangannya suatu Perusahaan Listrik pada umumnya mulai usahanya dengan membangun sistem kecil yang terisolir, misalnya dengan sebuah PLTD atau PLTA kecil yang langsung dihubungkan dengan jaringan distribusi.

Hal semacam ini masih banyak terdapat pada masa kini di tanah air kita yaitu perlistrikan desa dengan menggunakan PLTD atau PLTA mikro. Selanjutnya apabila beban bertambah maka jumlah unit pembangkit dalam PLTD ditambah tetapi pada PLTA hal ini sering tidak bisa dilakukan karena potensi hidranya terbatas. Begitu pula pada PLTD penambahan unit pembangkit ada batasnya walaupun umumnya lebih leluasa dibandingkan dengan PLTA. Apabila Pusat Listrik yang ada sudah tidak mungkin diperluas lagi maka perlu dibangun Pusat Listrik lain untuk melayani perkembangan beban. Demikianlah dalam perkembangannya akan terbentuk sistem tenaga listrik dengan beberapa Pusat Listrik yang mengisi suatu jaringan tertentu. Sistem tenaga listrik yang terakhir ini menjadi sebuah sub sistem apabila diinterkoneksi dengan sub sistem lain yang serupa sehingga terbentuk suatu sistem interkoneksi. Dalam sistem yang terisolir yang terdiri dari sebuah Pusat Listrik saja pembagian beban antar unit pembangkit dapat dilakukan oleh seorang operator dalam Pusat Listrik. Pembagian beban ini dilakukan dalam rangka mengikuti kebutuhan beban dan para pemakai listrik (konsumen) yang selalu berubah sepanjang waktu.

Tetapi sejak sistem tenaga listrik sudah harus dilayani oleh dua buah Pusat Listrik atau lebih maka harus ada seorang operator sistem yang biasa disebut dispatcher sistem atau petugas piket operasi sistem yang harus mengatur pembagian beban diantara Pusatpusat Listrik yang beroperasi dalam sistem. Untuk melakukan tugas ini seorang dispatcher sistem memerlukan sarana telekomunikasi. Jadi sejak sistem tenaga listrik harus dilayani oleh dua Pusat Listrik atau lebih maka diperlukan sarana telekomunikasi untuk mengendalikan sistem tenaga listrik.

Untuk sistem interkoneksi yang besar, yang terdiri dari banyak Pusat Listrik dan banyak Pusat Beban (Gardu Induk), sarana pengendalian operasi

dengan menggunakan peralatan telekomunikasi saja tidak mencukupi tetapi harus ditambah dengan peralatan telemetering dan alat-alat pengolah data elektronik seperti komputer.

Hal ini adalah memadai terutama jika diingat bahwa sistem yang besar juga melibatkan biaya operasi yang besar sehingga pengendalian yang cermat sangat diperlukan.

#### 2.1.5 PERSOALAN-PERSOALAN OPERASI SISTEM TENAGA LISTRIK

Dalam mengoperasikan sistem tenaga listrik ditemui berbagai persoalan. Hal ini antara lain disebabkan karena pemakaian tenaga listrik selalu berubah dan waktu ke waktu, biaya bahan bakar yang relatif tinggi serta kondisi alam dan lingkungan yang sering rnengganggu jalannya operasi.

Berbagai persoalan pokok yang dihadapi dalam pengoperasian sistem tenaga listrik adalah :

##### *a. Pengaturan Frekuensi.*

Sistem Tenaga Listrik harus dapat memenuhi kebutuhan akan tenaga listrik dari para konsumen dari waktu ke waktu. Untuk ini daya yang dibangkitkan dalam sistem tenaga listrik harus selalu sama dengan beban sistem, hal ini diamati melalui frekuensi sistem. Kalau daya yang dibangkitkan dalam sistem lebih kecil daripada beban sistem maka frekuensi turun dan sebaliknya apabila daya yang dibangkitkan lebih besar daripada beban maka frekuensi naik.

##### *b. Pemeliharaan Peralatan.*

Peralatan yang beroperasi dalam sistem tenaga listrik perlu dipelihara secara periodik dan juga perlu segera diperbaiki apabila megalami kerusakan.

*c. Biaya Operasi.*

Biaya operasi khususnya biaya bahan bakar adalah biaya yang terbesar dari suatu perusahaan listrik sehingga perlu dipakai teknik-teknik optimisasi untuk menekan biaya ini.

*d. Perkembangan Sistem.*

Beban selalu berubah sepanjang waktu dan juga selalu berkembang seiring dengan perkembangan kegiatan masyarakat yang tidak dapat dirumuskan secara eksak, sehingga perlu diamati secara terus menerus agar dapat diketahui langkah pengembangan sistem yang harus dilakukan agar sistem selalu dapat mengikuti perkembangan beban sehingga tidak akan terjadi pemadaman tenaga listrik dalam sistem.

*e. Gangguan Dalam Sistem.*

Gangguan dalam sistem tenaga listrik adalah sesuatu yang tidak dapat sepenuhnya dihindarkan. Penyebab gangguan yang paling besar adalah petir, hal ini sesuai dengan *isokeraunic* level yang tinggi di tanah air kita.

*f. Tegangan Dalam Sistem.*

Tegangan merupakan salah satu unsur kualitas penyediaan tenaga listrik dalam sistem oleh karenanya perlu diperhatikan dalam pengoperasian sistem.

#### 2.1.6 MANAJEMEN OPERASI SISTEM TENAGA LISTRIK

Operasi sistem tenaga listrik menyangkut berbagai aspek luas, khususnya karena menyangkut biaya yang tidak sedikit serta menyangkut penyediaan tenaga listrik bagi masyarakat sehingga menyangkut hajat hidup orang banyak.

Oleh karenanya operasi sistem tenaga listrik memerlukan manajemen yang baik.

Trik dengan baik perlu ada hal-hal sebagai berikut :

*a. Perencanaan Operasi*

Yaitu pemikiran mengenai bagaimana sistem tenaga listrik akan dioperasikan untuk jangka waktu tertentu.

*b. Pelaksanaan dan Pengendalian Operasi*

Yaitu pelaksanaan dari Rencana Operasi serta pengendaliannya apabila terjadi hal-hal yang menyimpang dari Rencana Operasi.

*c. Analisa Operasi*

Yaitu analisa atas hasil-hasil operasi untuk memberikan umpan balik bagi perencanaan Operasi maupun bagi pelaksanaan dan pengendalian operasi. Analisa operasi juga diperlukan untuk memberikan saran-saran bagi pengembangan sistem serta penyempurnaan pemeliharaan instalasi.

Mengatasi gangguan hanyalah merupakan sebagian kecil dari kegiatan manajemen operasi dan sifatnya represif/defensif, tetapi jika langkah-langkah preventif telah banyak dilakukan maka tindakan-tindakan represif/defensif seperti mengatasi gangguan bisa dikurangi.

#### 2.1.7 PENGEMBANGAN SISTEM TENAGA LISTRIK

Kebutuhan akan tenaga listrik dan pelanggan selalu bertambah dari waktu ke waktu. Untuk tetap dapat melayani kebutuhan tenaga listrik dan para pelanggan, maka sistem tenaga listrik haruslah dikembangkan seirama dengan kenaikan kebutuhan akan tenaga listrik dari para pelanggan.



Untuk dapat melakukan hal ini dengan sebaik-baiknya maka hasil-hasil operasi perlu dianalisa dan dievaluasi antara lain untuk menentukan :

- a. Bilamana, berapa besar dan dimana perlu dibangun Pusat Listrik baru, GI baru serta Saluran Transmisi yang baru.
- b. Seperti butir a namun yang bersifat perluasan selama keadaan memungkinkan (menambah unit pembangkit, menambah transformator dan lain-lain).
- c. Bilamana dan dimana saja perlu penggantian PMT dengan yang lebih besar sebagai konsekuensi butir a dan b.

Pengembangan sistem yang terlambat memberikan risiko terjadinya pemadaman/ pemutusan dalam penyediaan tenaga listrik bagi pelanggan sebagai akibat terjadinya beban yang lebih besar daripada kemampuan instalasi. Sebaliknya pengembangan sistem yang terlalu cepat merupakan pemborosan modal.

#### 2.1.8 PEMELIHARAAN INSTALASI

Sebagaimana peralatan pada umumnya, peralatan yang beroperasi dalam instalasi tenaga listrik perlu dipelihara. Pemeliharaan peralatan diperlukan agar unjuk kerja peralatan dapat dipertahankan. Karena peralatan yang beroperasi jumlahnya banyak maka pemeliharaannya memerlukan perencanaan yang baik.

Analisa hasil-hasil operasi diperlukan pula sebagai masukan bagi rencana pemeliharaan instalasi. Dan analisa hasil-hasil operasi dapat dilihat untuk kerja (performance) bagian-bagian instalasi dan selanjutnya dapat direncanakan pemeliharaan atau perbaikan terhadap bagian-bagian instalasi sesuai dengan unjuk

kerjanya. Pemeliharaan instalasi yang sebaik mungkin sangat diperlukan untuk mengurangi gangguan yang berarti menaikkan keandalan operasi sistem.

#### 2.1.9 PENGGUNAAN KOMPUTER

Sebagai juga dibidang lainnya, komputer banyak digunakan untuk keperluan operasi Sistem Tenaga Listrik. Untuk keperluan operasi Sistem Tenaga Listrik ada komputer yang digunakan secara online dan juga ada yang offline. Pada penggunaan komputer secara online, data diambil dari berbagai bagian sistem kemudian dikirim ke komputer melalui saluran transmisi data. Dengan demikian melalui komputer bisa didapat data dan waktu yang sedang berlangsung (real time) mengenai keadaan sistem tenaga listrik yang beroperasi.

Sedangkan penggunaan offline komputer adalah untuk keperluan perencanaan operasi dan juga untuk analisa hasil-hasil operasi. Masalah hardware (piranti keras) pada penggunaan komputer untuk operasi Sistem Tenaga Listrik banyak timbul pada penggunaan komputer secara online, karena data harus dikirim dan berbagai tempat dalam sistem secepat mungkin ke komputer yang ada di Pusat Pengatur Beban atau di Pusat Pengatur Distribusi. Hal ini menyangkut peralatan transmisi data dan memori komputer yang perlu mengikuti perkembangan sistem.

Untuk penggunaan komputer secara offline, masalah hardware kebanyakan menyangkut masalah kapasitas memori saja yang harus mengikuti perkembangan sistem. Masalah software (piranti lunak) untuk penggunaan komputer yang online, menyangkut proses pengambilan data realtime dari sistem dan juga menyangkut masalah pemberian perintah oleh komputer kepada peralatan tertentu dalam sistem.

Untuk komputer yang offline, software yang dipakai menyangkut masalah perencanaan operasi dan analisa operasi. Masalah perencanaan operasi dan analisa operasi perlu diformulasikan secara matematis untuk kemudian dicari metoda penyelesaiannya. Metoda penyelesaiannya harus menggambarkan pula bagaimana algoritma penyelesaiannya sehingga bisa dijadikan dasar membuat program komputer.

Perlu diingat bahwa penggunaan komputer bukanlah tujuan dan operasi sistem tenaga listrik. Tujuan dan operasi sistem tenaga listrik adalah menyediakan tenaga listrik yang seekonomis mungkin dengan memperhatikan mutu dan keandalan. Penggunaan komputer hanya merupakan cara unruk mencapai tujuan operasi sistem tenaga listrik. Apabila tujuan tersebut dapat dicapai tanpa menggunakan komputer, misalnya dapat dilakukan secan manual karena sistemnya kecil, maka tidak perlu digunakan komputer.

## 2.2 SISTEM SCADA

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) merupakan suatu sistem komputerisasi dan sistem komunikasi terintegrasi yang berfungsi melakukan pengawasan, pengendalian, serta akuisasi data dari peralatan proses secara real time dari jarak jauh.

Suatu sistem SCADA terdiri dari sejumlah RTU (Remote Terminal Unit), sebuah Master Station, dan jaringan telekomunikasi data antara RTU dan Master Station. Dalam komunikasi antara Master Station (MS) dengan setiap Remote Terminal Unit (RTU) dilakukan melalui media yang bisa berupa fiber optik, PLC (power line carrier), atau melalui radio.

Sistem ini banyak dipakai di lapangan produksi minyak dan gas (Upstream), Jaringan Listrik Tegangan Tinggi (Power Distribution) dan beberapa aplikasi sejenis dimana sistem dengan konfigurasi seperti ini dipakai untuk memonitor dan mengontrol areal produksi atau area jaringan listrik yang tersebar di area yang cukup luas. Secara umum sistem SCADA di gunakan dalam distribusi tenaga listrik untuk memonitor :

1. Mengetahui posisi saklar LBS ( terbuka/tertutup ).
2. Mengetahui posisi saklar PMT ( terbuka /tertutup).
3. Mengetahui posisi Recloser ( terbuka /tertutup).
4. Perintah untuk membuka atau menutupPMT.
5. Perintah untuk membuka / menutup LBS.
6. Perintah untuk membuka / menutup Recloser.
7. Mengetahui besaran-besaran pengukuran tegangan, arus, frequency, factor daya.
8. Mengetahui lokasi daerah yang mengalami gangguan listrik.
9. Mengetahui kurva beban.

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) adalah system kendali industri berbasis komputer yang dipakai untuk pengontrolan suatu proses, seperti:

- proses industri: manufaktur, pabrik, produksi, generator tenaga listrik.
- proses infrastruktur: penjernihan air minum dan distribusinya, pengolahan limbah, pipa gas dan minyak, distribusi tenaga listrik, sistem komunikasi yang kompleks, sistem peringatan dini dan sirine
- proses fasilitas: gedung, bandara, pelabuhan, stasiun ruang angkasa.

Beberapa contoh lain dari sistem SCADA ini banyak dijumpai di lapangan produksi minyak dan gas (Upstream), Jaringan Listrik Tegangan Tinggi dan Tegangan Menengah (*Power Transmission and Distribution*) dan beberapa aplikasi yang dipakai untuk memonitor dan mengontrol areal produksi yang cukup luas.

Suatu sistem SCADA biasanya terdiri dari:

- antarmuka manusia mesin (Human-Machine Interface)
- unit terminal jarak jauh yang menghubungkan beberapa sensor pengukuran dalam proses-proses di atas
- sistem pengawasan berbasis komputer untuk pengumpul data
- infrastruktur komunikasi yang menghubungkan unit terminal jarak jauh dengan sistem pengawasan, dan

PLC atau Programmable Logic Controller

Pada sistem tenaga listrik, media komunikasi yang dipergunakan adalah Power Line Communication, Radio Data, Serat optik dan kabel pilot. Pemilihan media komunikasi sangat bergantung kepada jarak antar site, media yang telah ada dan penting tidaknya suatu titik ( gardu ).

Pengaturan sistem tenaga listrik yang kompleks, sangat bergantung kepada SCADA. Tanpa adanya sistem SCADA, sistem tenaga listrik dapat diibaratkan seperti seorang pilot membawa kendaraan tanpa adanya alat instrument dihadapannya. Pengaturan sistem tenaga listrik dapat dilakukan secara manual ataupun otomatis. Pada pengaturan secara manual, operator mengatur pembebanan pembangkit dengan melihat status peralatan listrik yang mungkin dioperasikan misalnya Circuit Breaker ( CB ), beban suatu pembangkit, beban trafo, beban suatu transmisi atau kabel dan mengubah pembebanan sesuai dengan frekuensi sistem tenaga listrik. Pengaturan secara otomatis dilakukan dengan aplikasi Automatic Generating Control ( AGC ) atau Load Frequency Control ( LFC ) yang mengatur pembebanan pembangkit berdasar setting yang dihitung terhadap simpangan frekuensi.

Sistem transmisi menyalurkan listrik melalui jaringan tegangan tinggi pada level tegangan 70 kV, 150 kV dan 500 kV. Selain terbentang di udara berupa saluran udara tegangan tinggi, sistem transmisi juga menyalurkan listrik di bawah tanah atau bawah laut. Penurunan tegangan dilakukan di gardu induk, yang bisa di bangun di luar gedung (outdoor) atau di dalam gedung atau di bawah tanah (gas-insulated). Sementara itu, sistem distribusi tenaga listrik meliputi semua jaringan tegangan menengah 20 kV dan jaringan tegangan rendah 220/380 V.

Agar sistem tenaga listrik beroperasi secara efisien, diperlukan sistem pengaturan yang pada tiap subsistem, baik yang bersifat konvensional dengan melibatkan operator maupun otomatis berbasis komputer. Sistem pengaturan ini didukung oleh standard utility communication architecture (UCA) yang disusun EPRI. Komputerisasi gardu distribusi bermanfaat menunjang fungsi optimum capacitor placement, load flow, loss minimisation, circuit tracing, load management. Sistem pengaturan ini dikenal sebagai SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) berupa sistem pengolahan data terintegrasi yang berfungsi mensupervisi, mengendalikan dan mendapatkan data secara real time.

Kriteria umum dalam operasi tenaga listrik meliputi SEQ: security (keamanan), economic (ekonomi) dan quality (kualitas). Operator harus menjaga sistem tenaga dalam kondisi normal. Bila terjadi kondisi kontingensi (darurat), maka operator harus melakukan tindakan pemulihan dengan cepat. Sistem SCADA/EMS mengoptimalkan kinerja sistem tenaga listrik.

Sistem SCADA bertujuan mengoptimalisasi pengoperasian jaringan distribusi tenaga listrik sehingga tercapai unjuk kerja yang optimal, yang mencakup kualitas pelayanan, kuantitas ketersediaan tenaga listrik, kesinambungan penyaluran tenaga listrik, optimalisasi kapasitas jaringan, fungsi pelaporan, kemampuan analisa, dan kearsipan.

### **Fungsi SCADA pada Sistem Tenaga Listrik**

SCADA berfungsi mulai pengambilan data pada peralatan pembangkit atau gardu induk, pengolahan informasi yang diterima, sampai reaksi yang ditimbulkan dari hasil pengolahan informasi.

Secara umum fungsi dari SCADA adalah:

- Penyampaian data
- Proses kegiatan dan monitoring
- Fungsi kontrol
- Penghitungan dan pelaporan

Dengan adanya peralatan SCADA penyampaian dan pemrosesan data dari sistem tenaga listrik akan lebih cepat diketahui oleh operator (*dispatcher*). Informasi pengukuran dan status indikasi dari sistem tenaga listrik dikumpulkan dengan menggunakan peralatan yang ditempatkan di gardu induk dan di pusat pembangkit. Kontrol penyaluran sistem peralatan memungkinkan penyampaian data secara *remote*. Data dapat dilakukan secara manual atau perhitungan. Data

yang baru dapat juga dihitung dan disimpan dalam data base melalui pengumpulan nilai secara otomatis. Penyampaian data dan pemrosesan data dilakukan secara *real-time*. Parameter sistem tenaga listrik dalam *real time operation* seperti frekuensi, tegangan, daya aktif dan daya reaktif, serta *tap changer position* dapat dikirimkan ke *control centre* atau pusat pengatur beban melalui sarana teleinformasi yang disebut telemetering.

#### **a. Telemetering**

Telemetering adalah proses pengambilan besaran ukur tenaga listrik yang ada di gardu induk atau pusat pembangkit yang dapat dimonitor di *control center*.

#### **b. Telesignalling**

Status dari peralatan tenaga listrik, sinyal alarm dan sinyal lainnya yang ditampilkan disebut status indikasi. Status indikasi terhubung ke modul digital input. Status indikasi terdiri dari indikasi tunggal (*single*) dan indikasi ganda (*double*).

Indikasi ganda terpasang pada peralatan yang mempunyai dua keadaan, dimana satu keadaan menunjukkan kontak terbuka (*open*) dan satu lain kontak tertutup (*close*), seperti pada PMT dan PMS. Indikasi tunggal dipergunakan untuk menyampaikan data alarm dari peralatan tenaga listrik. Status indikasi dikirim ke pusat pengatur beban bila terjadi perubahan status dari peralatan.

#### **c. Fungsi Kontrol**

Untuk mendukung tujuan di atas, sistem SCADA memiliki beberapa fungsi, diantaranya:

- Akuisisi data: penerimaan data dari peralatan di lapangan. Komunikasi data dilakukan dengan komputer front end di berbagai RTU dengan protokol berbeda. Beberapa jenis aktivitas akuisisi data, diantaranya



permintaan operator, permintaan periodis, scan periodis, report by exception, sinkronisasi RTU, statistik peralatan

- Konversi data: pengubahan data telemetri ke format standar. Tipe-tipe konversi data: raw telemetered data, urutan kejadian, status telemetering, besaran analog.
- Pemrosesan data: menganalisa dan melaporkan data kepada operator. Beberapa sumber data: telemetri, hasil perhitungan, manual, host external. Kualitas data ditunjukkan oleh flag. Proses status point dan besaran analog.
- Supervisory control: pengendalian peralatan di lapangan, diantaranya buka-tutup pemutus daya atau generator, regulator tap-changer atau set-point, rekonfigurasi
- Tagging: pertukaran informasi tertentu pada peralatan tertentu.
- Pemrosesan alarm dan event: informasi bila ada perubahan dalam sistem
- Post mortem review: menentukan akibat pada sistem paska gangguan besar

Sistem SCADA harus memberikan kemudahan kepada operator dalam melakukan monitoring dan kontrol jaringan tenaga listrik. Dengan adanya Sistem SCADA, operator dapat dengan mudah, efektif dan efisien melakukan tugas dan kewajibannya dalam melakukan monitoring dan kontrol jaringan tenaga listrik sehingga dapat memberikan pelayanan yang lebih baik kepada pelanggan. Salah satu fungsi Sistem SCADA adalah melakukan pengumpulan data secara real-time dari RTU yang telah diidentifikasi terlebih dahulu.

Sehingga pada beberapa pembangkit, sistem SCADA digunakan untuk mengontrol dan memonitor parameter-parameter penting yang ada pada pembangkit, seperti suhu, tekanan, tegangan, daya, putaran turbin, posisi valve, relay, dll

Fungsi kontrol sistem tenaga listrik terbagi menjadi 4 bagian, yaitu:

- Kontrol individu, kontrol perintah untuk pengaturan peralatan, pola kontrol otomatis dan pola kontrol berurutan.
- Kontrol individu, merupakan perintah langsung ke peralatan sistem tenaga listrik, seperti perintah tutup/buka PMT atau PMS, perintah *start* atau *stop* unit pembangkit.
- Kontrol perintah untuk menaikkan atau menurunkan daya pembangkitan.

### **Tujuan SCADA**

Dengan adanya SCADA sebagai sistem yang memonitor dan mengontrol sistem distribusi listrik diharapkan dapat mencapai beberapa tujuan yakni :

- Mempercepat proses pemulihan *supply* tenaga listrik bagi konsumen yang tidak mengalami gangguan
- Memperkecil kWh padam akibat gangguan atau pemadaman
- Memantau performa jaringan untuk menyusun perbaikan atau pengembangan sistem jaringan 20 kV
- Mengusahakan optimasi pembebanan jaringan 20 kV

### **2.3 KOMPONEN SCADA**

- Master Station
- Media Telekomunikasi
- Remote Station

### 2.3.1 Master Station

Master station merupakan ruang control utama dimana terdapat peralatan komputer terintegrasi yang berfungsi untuk :

- a. Mengolah data dan informasi dari semua remote station di lapangan kemudian menampilkan informasi kepada operator/dispatcher melalui mimic board/monitor. Data dan informasi tersebut merupakan status open/close perangkat remote (PMT, LBS, Recloser) serta parameter terukur berupa arus, tegangan, daya, dan power factor dari tiap penyulang di semua gardu induk.
- b. Memberikan perintah ke RTU/LBS Motorize/Recloser untuk diteruskan ke peralatan mekanik maupun elektrik untuk memutus atau menyambung PMT pada jaringan 20 kV
- c. Menyimpan event logger dari semua gangguan yang terjadi pada jaringan 20kV.

Proses pada operasi jaringan tenaga listrik yang menyebabkan terjadinya event sebagai berikut :

- a. Perubahan status telesignal single dan telesignal double
- b. Kegagalan tindakan remote control
- c. Gangguan sistem pengolahan data dipusat kontrol yakni pada sub sistem komunikasi data, server, dan work station.
- d. Gangguan remote station
- e. Gangguan link telekomunikasi
- f. Gangguan peripheral
- g. Fail over master station
- h. Alarm catu daya di master station
- i. Alarm sinkronisasi waktu

### 2.3.2 Media Telekomunikasi

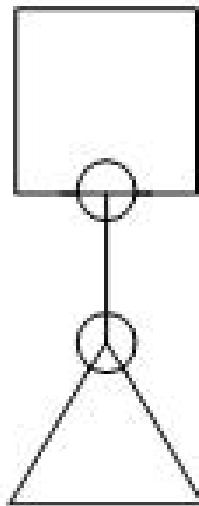
Media dikatakan baik apabila memenuhi syarat sebagai berikut :

- a. Ketersediaan yang sangat tinggi
- b. Integritas data yang sangat tinggi
- c. Mendukung operasi real time
- d. Efisiensi transfer informasi yang tinggi
- e. Operasi yang bebas interferensi elektromagnetik yang tinggi.

Konfigurasi komunikasi data

- a. Point to point

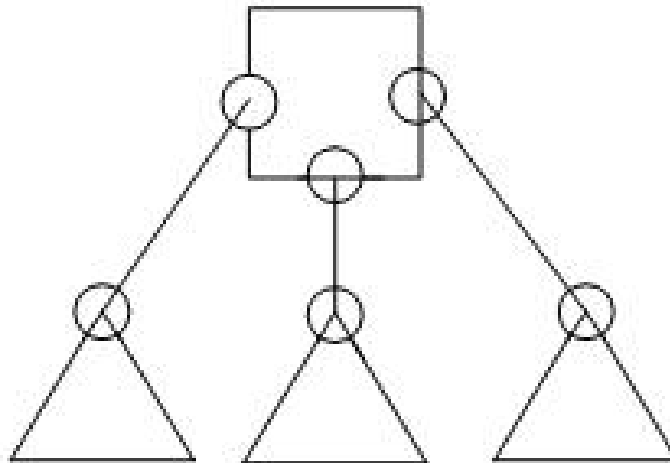
Konfigurasi point to point dapat di lihat pada gambar 2.8 .konfigurasi ini merupakan tipe paling sederhana yang menghubungkan master station dengan remote station.



**Gambar 2.13** konfigurasi komunikasi data point to point

b. Multiple point to point

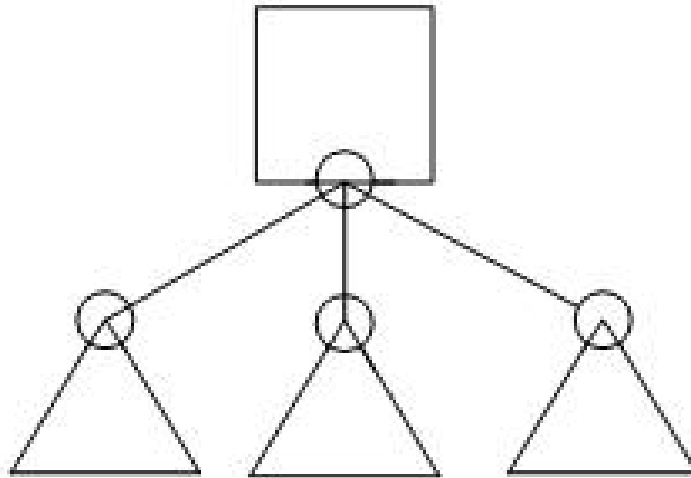
Konfigurasi multiple point to point dapat dilihat pada gambar 2.9 .Master station di hubungkan ke banyak remote station masing-masing melalui satu kanal komunikasi. Setiap remote station dapat mengirimkan data ke master station dan sebaliknya secara bersamaan.



**Gambar 2.14** Konfigurasi komunikasi data multiple point to point

c. Multipoint star

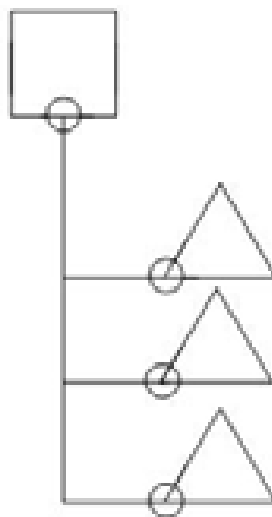
Konfigurasi multiple star dapat dilihat pada gambar 2.10. Master station dihubungkan ke lebih dari satu remote station dengan satu kanal komunikasi yang sama. Pada setiap saat, hanya satu remote station yang diijinkan mengirimkan data ke master station. Peralatan master station dapat mengirimkan data ke satu atau lebih remote station yang dipilih atau secara bersamaan.



**Gambar 2.15** Konfigurasi komunikasi data multipoint star

d. Multipoint partyline

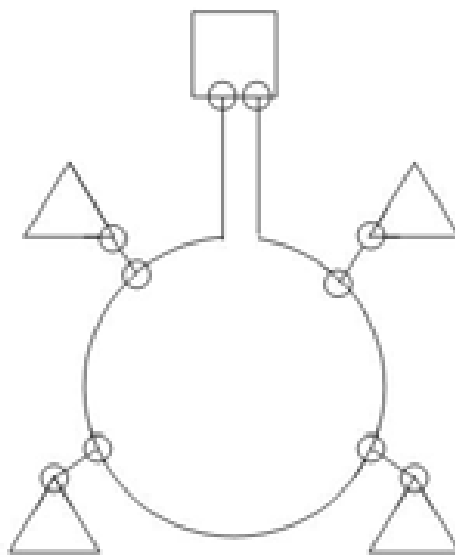
Konfigurasi multipoint partyline dapat dilihat pada gambar 2.11. Master station dihubungkan ke lebih dari satu remote station oleh kanal komunikasi yang sama. Batasan-batasan yang terjadi pada saat pertukaran data antara master station dan remote station sama dengan konfigurasi multipoint star



**Gambar 2.16** Konfigurasi komunikasi data multipoint partyline

e. Loop

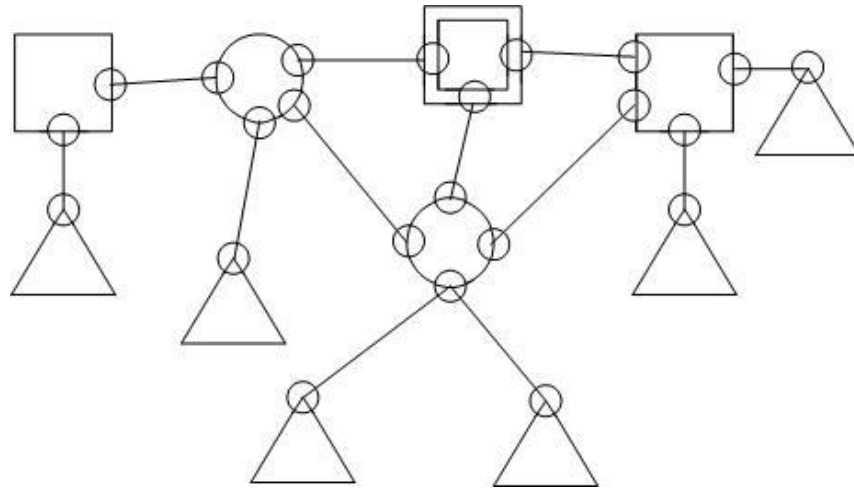
Konfigurasi loop dapat dilihat pada gambar 2.12. Jalur komunikasi antara semua remote station membentuk suatu loop. Metode ini bertujuan untuk memperbaiki keandalan dari jalur komunikasi. Jika jalur terpotong pada beberapa lokasi, komunikasi yang utuh masih dapat dipertahankan, karena setiap remote station dapat dijangkau dari dua sisi loop.



**Gambar 2.17** Konfigurasi komunikasi data loop

f. Gabungan

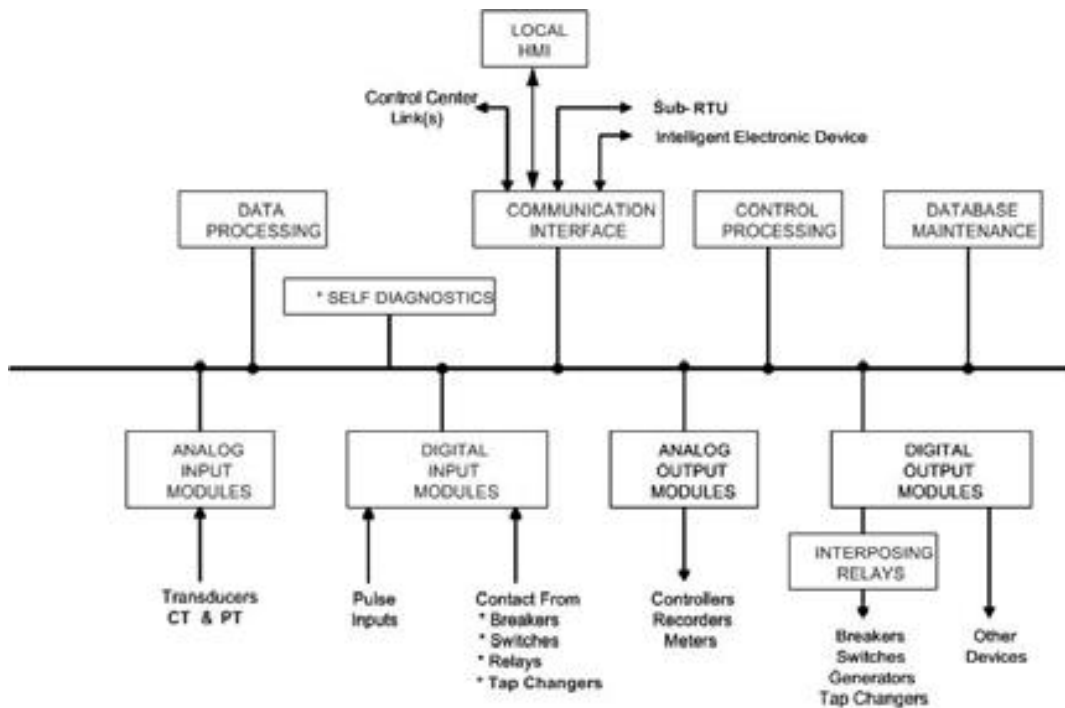
Konfigurasi gabungan dapat dilihat pada gambar 2.13. Konfigurasi-konfigurasi yang disebutkan di atas dapat dikombinasikan menjadi konfigurasi gabungan. Variasi yang paling penting adalah konfigurasi jaringan jala (mesh) dimana diperlukan komunikasi antara beberapa pasangan master station dan remote station



**Gambar 2.18** Konfigurasi komunikasi data gabungan



### 2.3.3 Remote Terminal Unit



**Gambar 2.19** Konfigurasi remote terminal unit

RTU merupakan perangkat yang berfungsi sebagai konsentrator pada remote station (gardu induk atau gardu hubung) untuk menerima data dari master station dan melakukan kontrol peralatan tenaga listrik serta mengirimkan data akuisisi ke master station. Dengan kata lain RTU merupakan perangkat pada lapangan yang menjalankan fungsi telemetering, telesignal, dan telekontrol. RTU ditempatkan pada suatu back plane dalam rak/kubikel yang terdiri dari beberapa modul, yaitu :

- a. Modul power supply
- b. Modul CPU
- c. Modul communication
- d. Modul digital input (DI)

e. Modul digital output (DO)

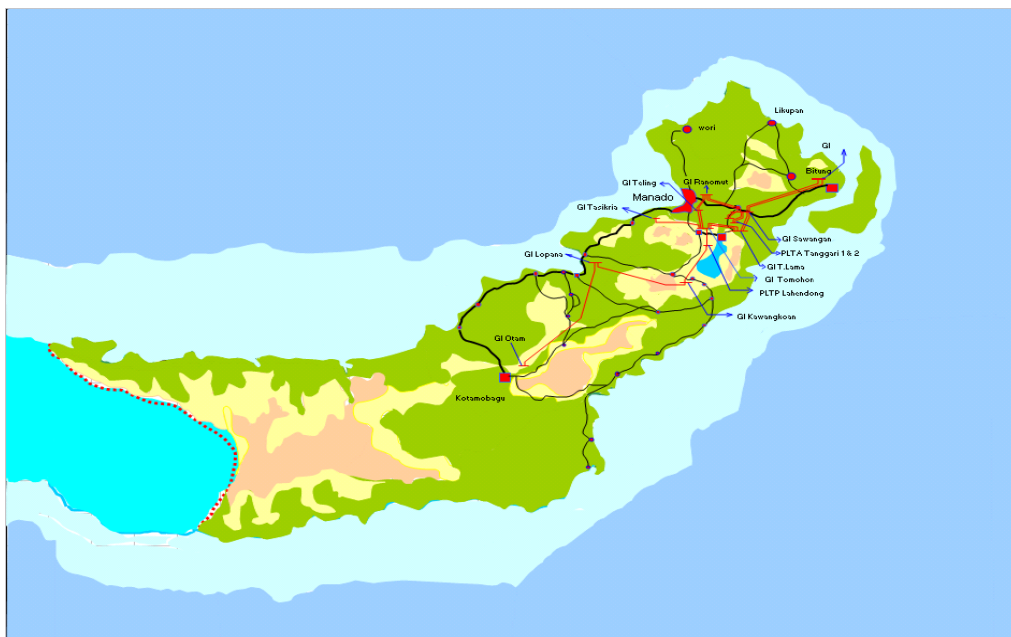
f. Modul analog input (AI)

Fungsi RTU :

1. Mengakuisisi data-data analog maupun sinyal-sinyal indikasi
2. Melakukan kontrol buka/tutup kontak PMT, LBS, Recloser, atau fungsi fungsiset point lainnya.
3. Mengirimkan data-data hasil pengukuran (daya aktif, daya reaktif, frekuensi, arus, tegangan) ke pusat pengendalian.
4. Melakukan komunikasi dengan pusat pengendalian (control centre)

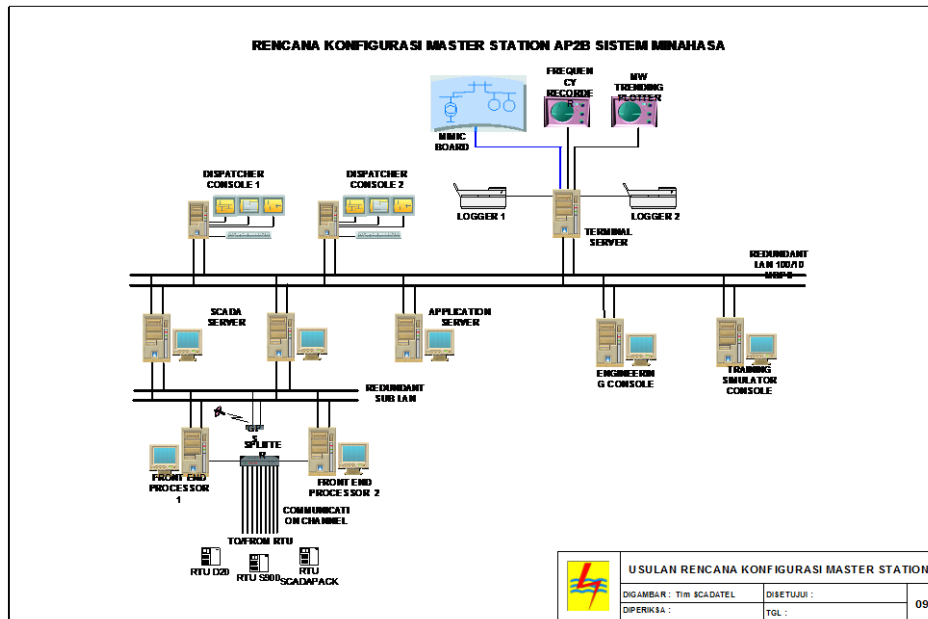
## 2.4 SCADA DISTRIBUSI

- Peta Jaringan Minahasa



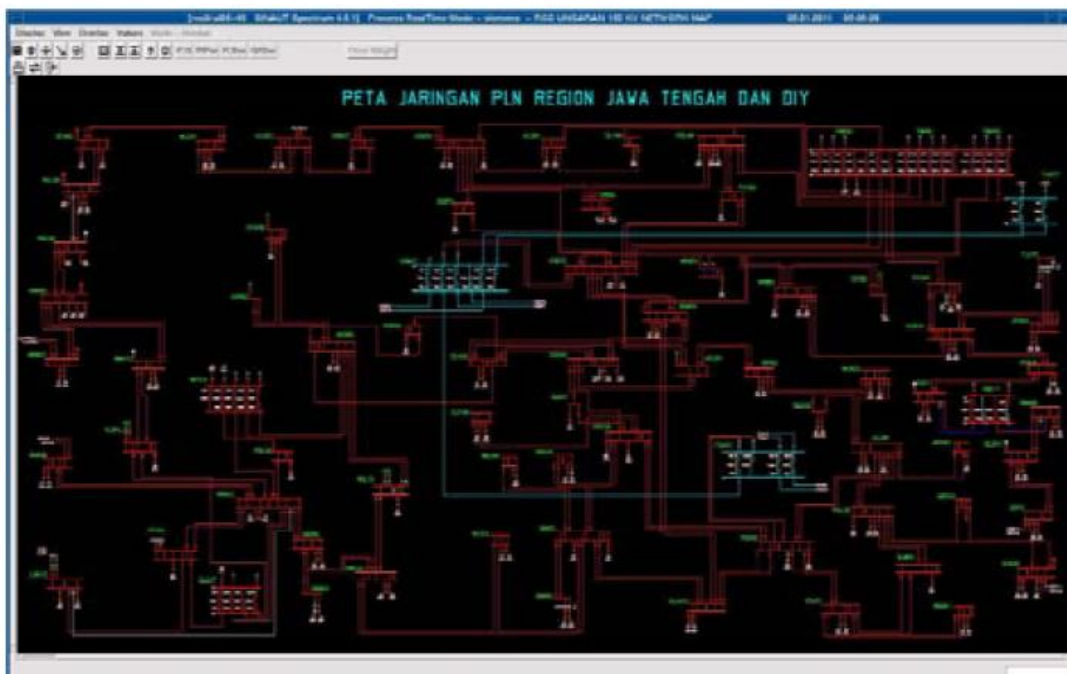
**Gambar 2.20** Peta Region Minahasa

- Konfigurasi Master Studio



**Gambar 2.21** Konfigurasi Master Station

- Peta jaringan region



**Gambar 2.22** Peta jaringan region

## BAB III

### PEMBAHASAN

#### 3.1 MENU-MENU YANG ADA PADA APLIKASI SCADA DCC

Pada desktop OASyS terdapat menu-menu tampilan yang tampak seperti pada gambar berikut.



Gambar 3.1 Tampilan menu desktop OASyS

#### A. Icon Network Graphic

Icon Network Graphic ini digunakan untuk menampilkan peta topologi wilayah. Untuk melihat peta topologi secara detail dan jelas, cara yang digunakan adalah menggunakan menu zoom.

#### B. Icon List Substation

Pada Icon List Substation, didalamnya terdapat sub menu yang merupakan bagian-bagian dari sistem jaringan listrik. Sub menu inilah yang akan menampilkan single line diagram dari bagian-bagian sistem jaringan yang diinginkan.

#### C. Icon Connection From RTU

Icon Connection from RTU digunakan untuk melihat/menampilkan jaringan yang telah diremote oleh suatu APD. Pada display ini juga ditampilkan nama-nama RTU yang saling terhubung dengan RTU lain yang berada pada link yang sama. Pada gambar ini juga ditampilkan status dari RTU yaitu RTU pada kondisi On Service (normal) atau Out Service (Inac = tidak dapat di akses).

#### D. Icon Alarm Summary

Alarm Summary merupakan list alaram yang muncul di master station karena adanya gangguan device di field. Format Alarm Summary ini sama seperti prioritas yang terbaru.

#### E. Icon Event Summary

Event Summary merupakan history dari alarm summary dan event yang ada di master station dan operator. Event summary ini berguna untuk melihat alarm yang pernah muncul. Event summary menampilkan sebanyak 500 event terakhir.

#### F. Icon Database Management Tool

Icon ini akan mengizinkan user untuk menambah, menghapus, dan memodifikasi record di CMX realtime database. Untuk informasi bagaimana menggunakan DMT lihat ke database reference.

#### G. Icon Autocad Editor

Icon Autocad Editor ini untuk mengaktifkan editor AutoCAD. Ini dapat dilakukan oleh personil yang mempunyai otorisasi yang sesuai dan hanya jika XOS Station dikonfigurasi untuk run AutoCAD.

#### H. Icon Pan/Zoom

Kedua icon ini digunakan untuk panning dan zooming. Icon sebelah kiri digunakan untuk memulai panning/zooming. Icon sebelah kanan untuk memulai penambahan panning dan zooming. Icon ini aktif hanya untuk grafik yang sedang dipilih.

### 3.2 LANGKA-LANGKA PENGOPRASIAN

#### 3.2.1 Membuka program SCADA



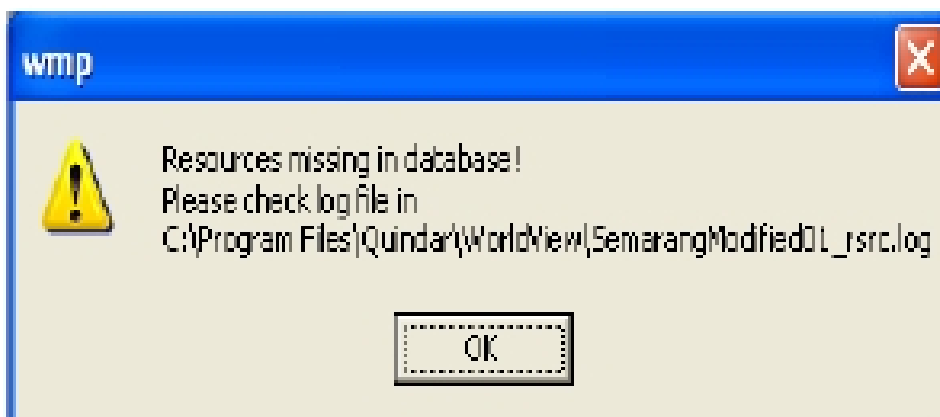
- Klik 2x icon worldview pada desktop
- Atau klik start allprograms world view
- Akan muncul tampilan seperti berikut :

- Gambar tampilan yang dibawah menunjukkan tampilan saat kita mengklik star all program word view saat akan membuka program Scada.



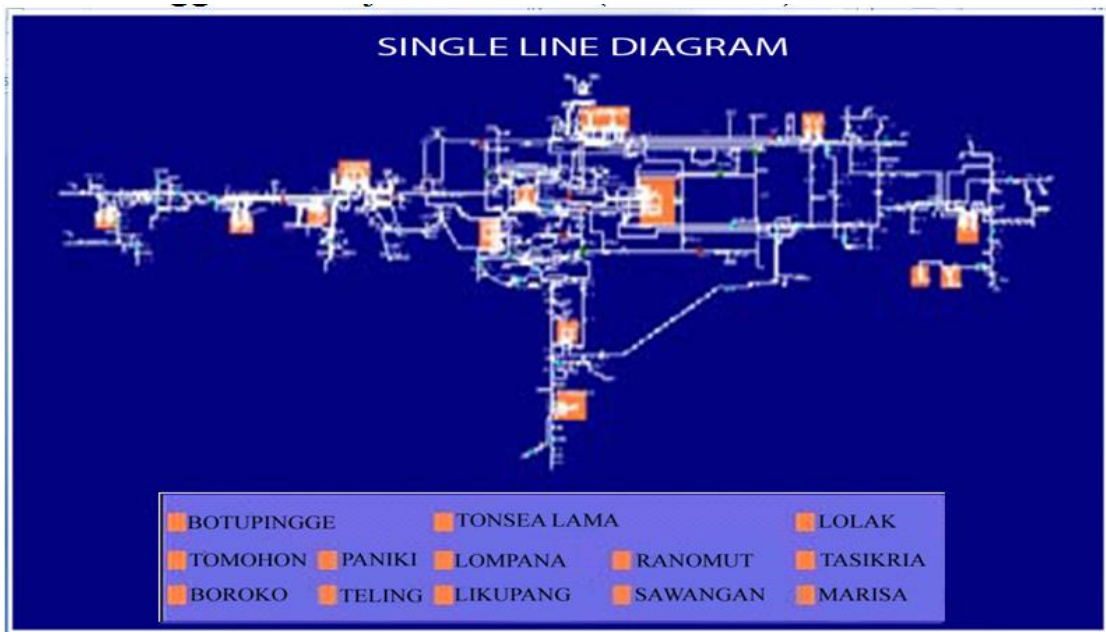
**Gambar 3.2** Open View Program WorldView

- Diikuti tampilan berikut :
- Gambar dibawah adalah Kotak dialog Worldview yang akan menunjukkan tampilan yang akan muncul setelah tampilan Open view Program WorldView, saat kita akan masuk pada jendela Home.



**Gambar 3.3** Kotak Dialog WorldView

- Klik OK, hingga muncul jendela home (worldview)
- Gambar dibawah adalah tampilan jendela home Worldview yang akan muncul setelah tampilan Kotak dialog Worldview.



**Gambar 3.4** Jendela home WorldView

- Pastikan file yang telah terbuka adalah Modified01
- Gambar dibawah adalah gambar tampilan saat kita akan memastikan bahwa file yang terbuka adalah Modified01.



**Gambar 3.5** Toolbar Modified01

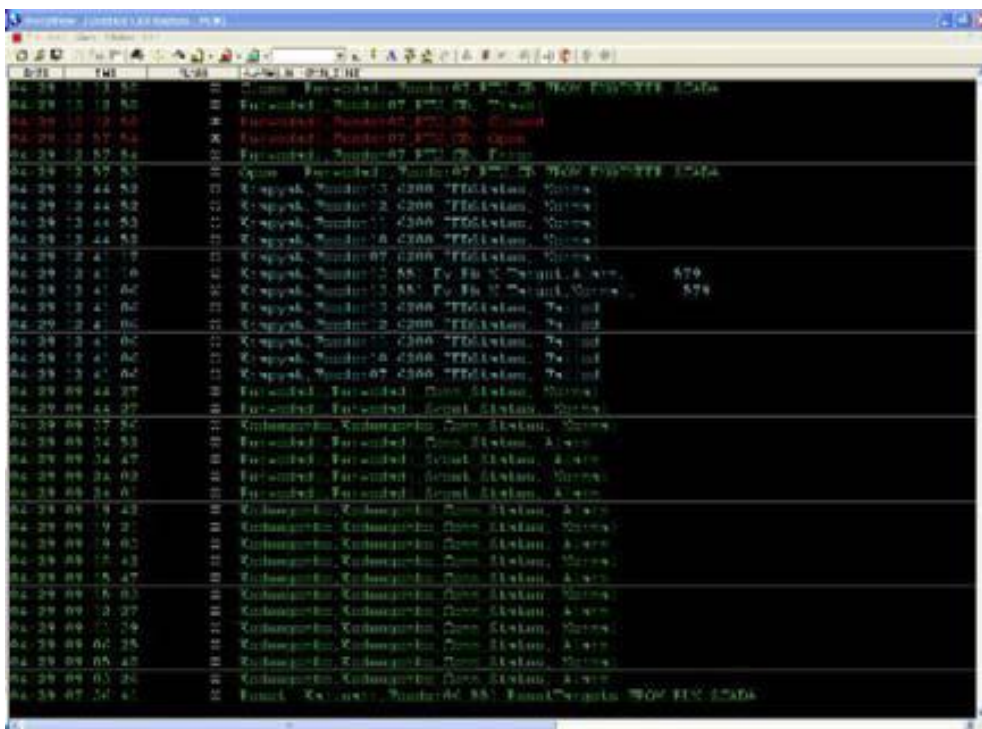


- Dan status WorldView menunjukkan SCADA Norm All Zones (pojok kanan bawah).
- Gambar dibawah adalah gambar tampilan saat kita akan melihat Status WorldView Menunjukkan Scada Norm All Zones.



**Gambar 3.6** Status WorldView

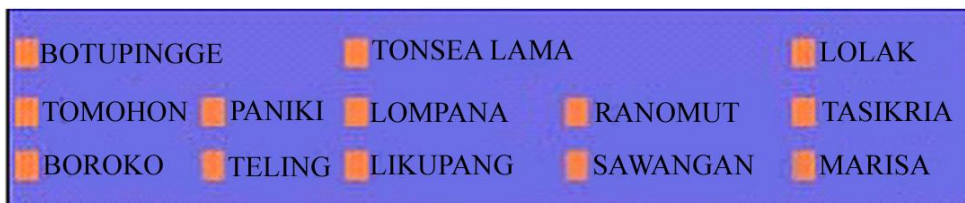
- Menampilkan jendela Alarm klik file New Alarm View. Kemudian muncul jendela alarm, dengan status terkoneksi ke server berikut ini
- Gambar tampilan dibawa adalah gambar yang menunjukkan Jendela Alarm Modified01



**Gambar 3.7** Jendela alarm Modified01

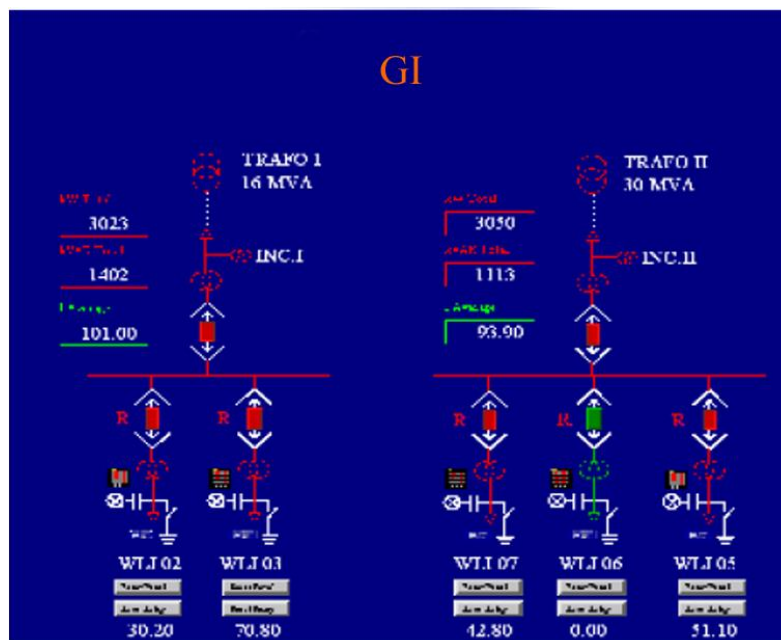
### 3.2.2 Membuka single line diagram gardu induk.

- Klik kotak berwarna orange disebelah kiri GI yang diinginkan
- Gambar dibawah ada gmabar tampilan Screenshot menu wilayah gardu induk saat kita akang Mengoprasikan Gardu induk.



**Gambar 3.8** Screenshot menu wilayah gardu induk

- Klik GI yang akan dioperasikan.
- Gambar dibawah adalah gambar tampilan single line diagram gardu induk yang akan tampil saat kita membuka gardu induk yang akan dioperasikan.



**Gambar 3.9** Single line diagram GI

### 3.2.3 Melihat status peralatan pada feeder

#### a. Melihat status CB

- Menuju jendela GI
- Melihat warna simbol CB



- CB dalam posisi tertutup (close), bertegangan



- CB dalam posisi terbuka (open), tidak bertegangan



- CB dalam posisi test

#### b. Melihat status rele

- Menuju jendela GI
- Melihat warna indikator pada CB



- Rele mendeteksi adanya gangguan di fasa B, C, dan N dengan waktu instan



- Rele dalam keadaan normal

### c. Melihat status remote/local

- Menuju jendela GI
- Melihat warna indikator pada CB



- CB dalam keadaan Remote (posisi siap comand)



- CB dalam keadaan Local (tidak dapat dilakukan comand pada posisi local)

### d. Melihat status komunikasi dan RTU Scout

- Menuju jendela GI
- Melihat warna indikator pada CB



- Huruf 'F' menunjukkan master dan RTU tidak berkomunikasi



· 04/13 04:42:40 4 GI02, ○

Feeder02\_RTU\_CB, Open

Menjelaskan bahwa pada waktu yang ditunjukkan, CB penyulang pada GI 02

dalam keadaan OPENED (tidak bertegangan)


### 3.2.4 Perintah Command

Perintah ini bertujuan untuk mengoperasikan CB baik untuk membuka atau menutup CB. Berikut cara pengoperasiannya :

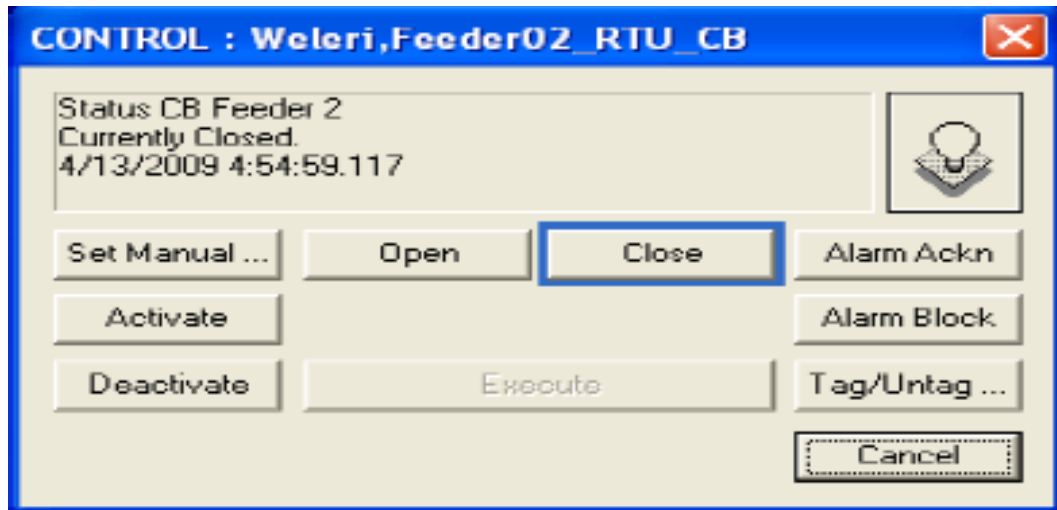
- Menuju ke jendela GI

- Memastikan status CB closed  dan CB dalam keadaan remote



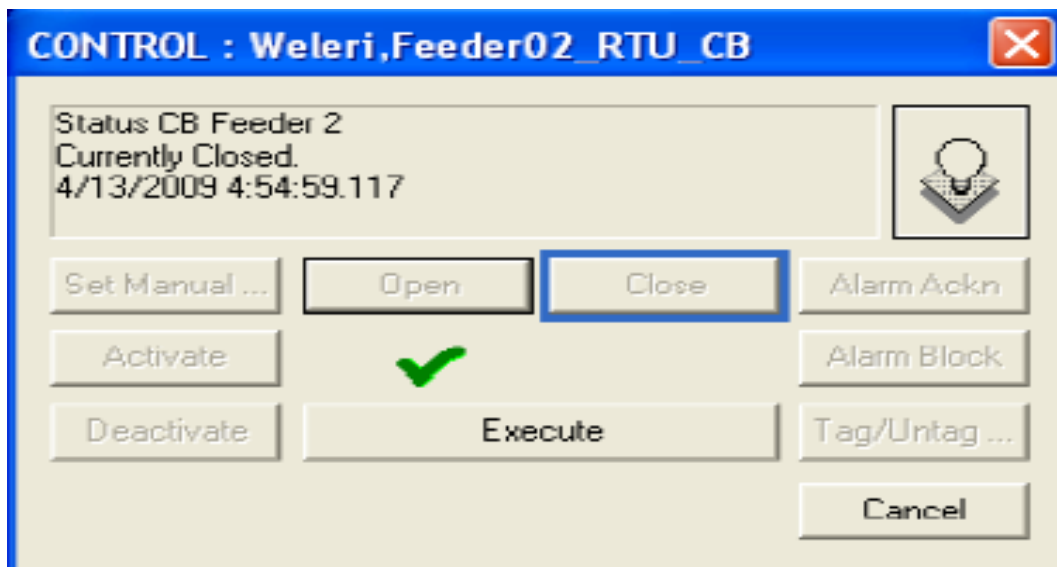
- Klik gambar  yang diinginkan, di open hingga tampil kotak dialog berikut:

- Gambar dibawah adalah gambar tampilan Kotak dialog status CB yang akan tampil saat kita akan megoprasikan CB.



**Gambar 3.11** Kotak dialog status CB

- Klik Open > Execute
- Gambar dibawah adalah gambar tampilan kotak dialog open execute CB yang akan tampil setelah kita mengklik Open pada kotak dialog status CB.



**Gambar 3.12** Kotak dialog Open Execute CB

- Setelah CB berhasil diopen, alarm akan berbunyi, simbol penyulang




akan berkedip dan berubah warna dari Merah menjadi Hijau



- Memastikan pada jendela alarm terdapat alarm open

- Matikan bunyi alarm dengan mengklik tombol  dilanjutkan

klik tombol  pada toolbar

### 3.2.5 Menutup program SCADA

Cara menutup program SCADA

- Pilih File > Exit
- Gambar dibawah adalah gambar tampilan file yang akan tampil ketika kita akan menutup program Scada.



**Gambar 3.13** Submenu file-exit

### 3.2.6 Matikan Komputer



### 3.3 GANGGUAN PADA LINE OTAM



Gambar 3.14 Gangguan Line Otam PMT saat Open



Gambar 3.15 Gangguan Line Otam PMT saat Close

Keterangan :

- Pada gambar 3.14 menampilkan pada waktu jam 02:32:50 PM, PMT terbuka saat terjadi Gangguan pada Line Otam.
- Dan pada gambar 3.15 menampilkan pada waktu jam 03:23:20 PM, PMT tertutup kembali saat terjadi Gangguan pada Line Otam.

## **BAB IV**

### **PENUTUP**

#### **4.1 KESIMPULAN**

1. Sistem SCADA pada pengoperasian distribusi mencakup pengawasan, pengontrolan, dan pengumpulan data real secara cepat dan tepat sesuai data yang ada di lapangan.
2. Komponen utama SCADA adalah Remote Station, Master Station, dan Media Telekomunikasi.
3. Konfigurasi SCADA yang diterapkan pada Region Minahasa adalah konfigurasi gabungan (mix star dan partyline)
4. Jaringan komunikasi yang digunakan pada SCADA adalah : sistem radio, jaringan telepon, dan jaringan fiber optic.
5. Untuk mengoperasikan sistem SCADA diperlukan koordinasi antara APD dan APB, sehingga diperoleh data yang menyeluruh dan dapat menentukan langkah pengoperasian secara tepat.

#### **4.2 SARAN**

Saran-saran yang dapat penulis sampaikan adalah sebagai berikut :

1. Sebaiknya sistem komunikasi radio lebih diperhatikan, khususnya di wilayah Minahasa yang terkadang mengalami gangguan komunikasi.
2. Meningkatkan sistem informasi SCADA dengan suatu terobosan baru, sehingga diharapkan penyebab gangguan dapat teridentifikasi. Karena dalam hal ini masih sering terjadi gangguan yang tidak terdeteksi penyebabnya oleh sistem SCADA. da sistem SCADA tenaga listrik sebaiknya terdapat pekerja yang khusus memantau jaringan SCADA di lapangan, sehingga jika terjadi gangguan sistem SCADA dapat segera diperbaiki.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marsudi, Djiteng, 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- [2] SPLN No.59. 1985. *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*, Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta
- [3] SPLN S6.001. 2008. *Perencanaan dan Pembangunan Sistem SCADA*, Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta.
- [4] Widyanto, Agus, 1999. *Teknologi Sistem Pengendalian Tenaga Listrik Berbasis SCADA*. Jakarta : Prenhalindo