

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

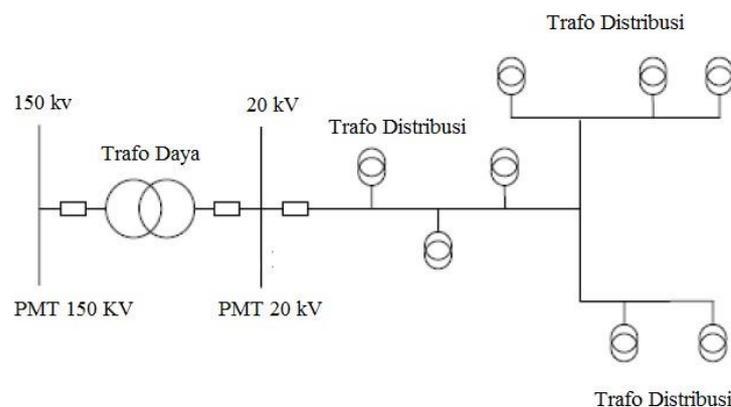
2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik¹¹

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 mempunyaitegangan 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

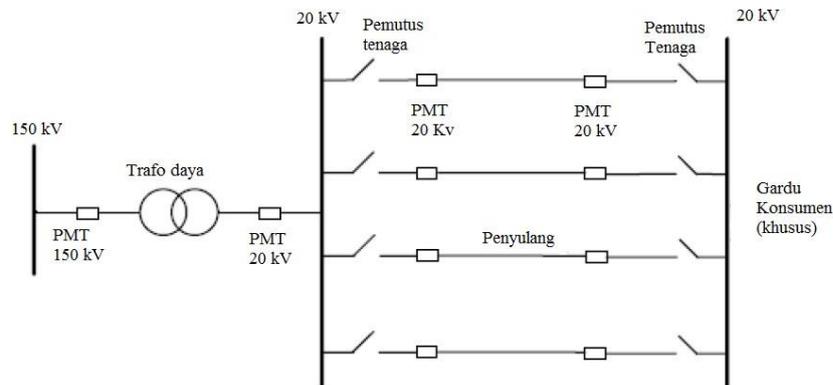
¹¹ Joan Kho, *SISTEM DISTRIBUSI*, [tps://www.simplidots.com/mengenal-sistem-distribusi-yang-cepat-dan-efisien](https://www.simplidots.com/mengenal-sistem-distribusi-yang-cepat-dan-efisien), 30 Maret 2021



Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam. Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada di ujung saluran.

b) Jaringan Hantaran Penghubung (*Tie Line*)

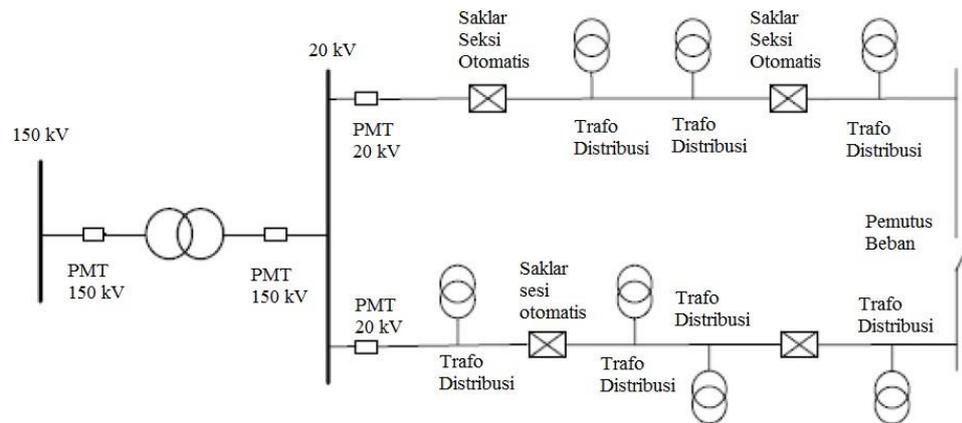
Sistem distribusi Tie Line seperti Gambar 2.2 digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (Bandar Udara, Rumah Sakit, dan lain-lain.)



Gambar 2.2 Skema Saluran Tie Line

c) Sistem Loop

Tipe ini merupakan jaringan distribusi primer, gabungan dari dua tipe jaringan radial dimana ujung kedua jaringan dipasang PMT. Pada keadaan normal tipe ini bekerja secara radial dan pada saat terjadi gangguan PMT dapat dioperasikan sehingga gangguan dapat terlokalisir. Tipe ini lebih handal dalam penyaluran tenaga listrik dibandingkan tipe radial namun biaya investasi lebih mahal.

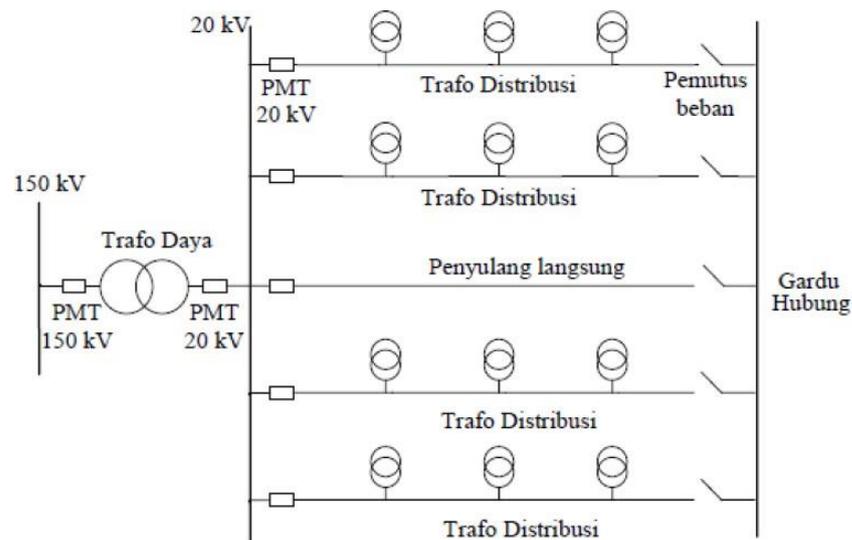


Gambar 2.3 Skema Saluran Sistem Loop

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.

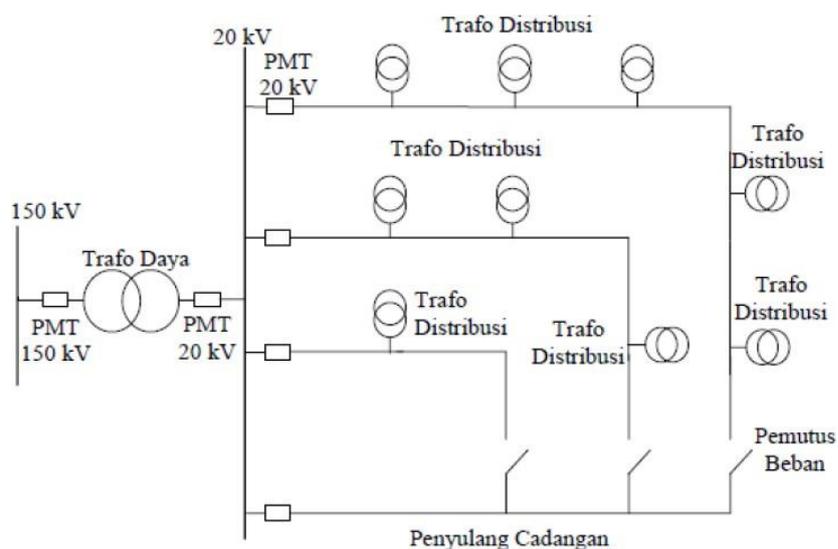
Untuk konfigurasi 2 penyulang, maka faktor pembebanan hanya 50%. Berdasarkan konsep *spindle* jumlah penyulang pada 1 spindel adalah 6 penyulang operasi dan 1 penyulang cadangan sehingga faktor pembebanan konfigurasi spindel penuh adalah 85%. Ujung-ujung penyulang berakhir pada gardu yang disebut Gardu 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 ¹²

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):

- a. Tingkat 1 : Dimungkinkan padam berjam-jam yaitu waktu yang diperlukan untuk mencari dan memperbaiki bagian yang rusak karena adanya gangguan.
- b. 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.
- c. Tingkat 3: Padam beberapa menit, manipulasi oleh petugas yang *stand by* di gardu atau dilakukan deteksi/pengukuran dan pelaksanaan manipulasi jarak jauh.
- d. Tingkat 4 : Padam beberapa detik, pengaman dan manipulasi otomatis.
- e. 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.

¹² Lesnanto Multa, *Keandalan Sistem Tenaga Listrik*,
<http://lesnanto.staff.ugm.ac.id/2013/05/02/keandalan-sistem-tenaga-listrik/>, 17 Maret 2021



2.3 Peralatan Switching Jaringan Tegangan Menengah

Dalam sistem jaringan tegangan menengah terdapat banyak peralatan yang dapat membantu proses penyaluran tenaga listrik. Peralatan switching dapat memisahkan section yang mengalami gangguan dengan section normal dan dapat digunakan pada saat pelimpahan beban yang dibutuhkan. Peralatan switching berupa LBS (Load Break Switch) atau recloser yang telah terintegrasi dengan scada ini sering disebut keypoint. Peralatan switching tersebut antara lain:

2.3.1 Load Break Switch (LBS) ¹⁴

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)

¹⁴ Annisa Wigati, *Load Break Switch*, <http://injitilmu.blogspot.com/2014/06/load-break-switch-lbs.html>, 17 Maret 2021



LBS yang biasa dipakai PT.PLN (Persero) yaitu LBS tipe SF6 yaitu Tegangan Line Maksimum pada Swicthgear Ratings antara 12kV atau 24kV dengan arus kontinyu 630 A RMS. Media Isolasi Gas SF6 dengan tekanan operasional gas SF6 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 3.2 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 swicthgear intelijen, yang dihubungkan ke swicthgear dengan kabel kontrol yang dimasukkan ke Swicth Cable Entry Module (SCEM) yang terletak di dalam kompartemen motor.

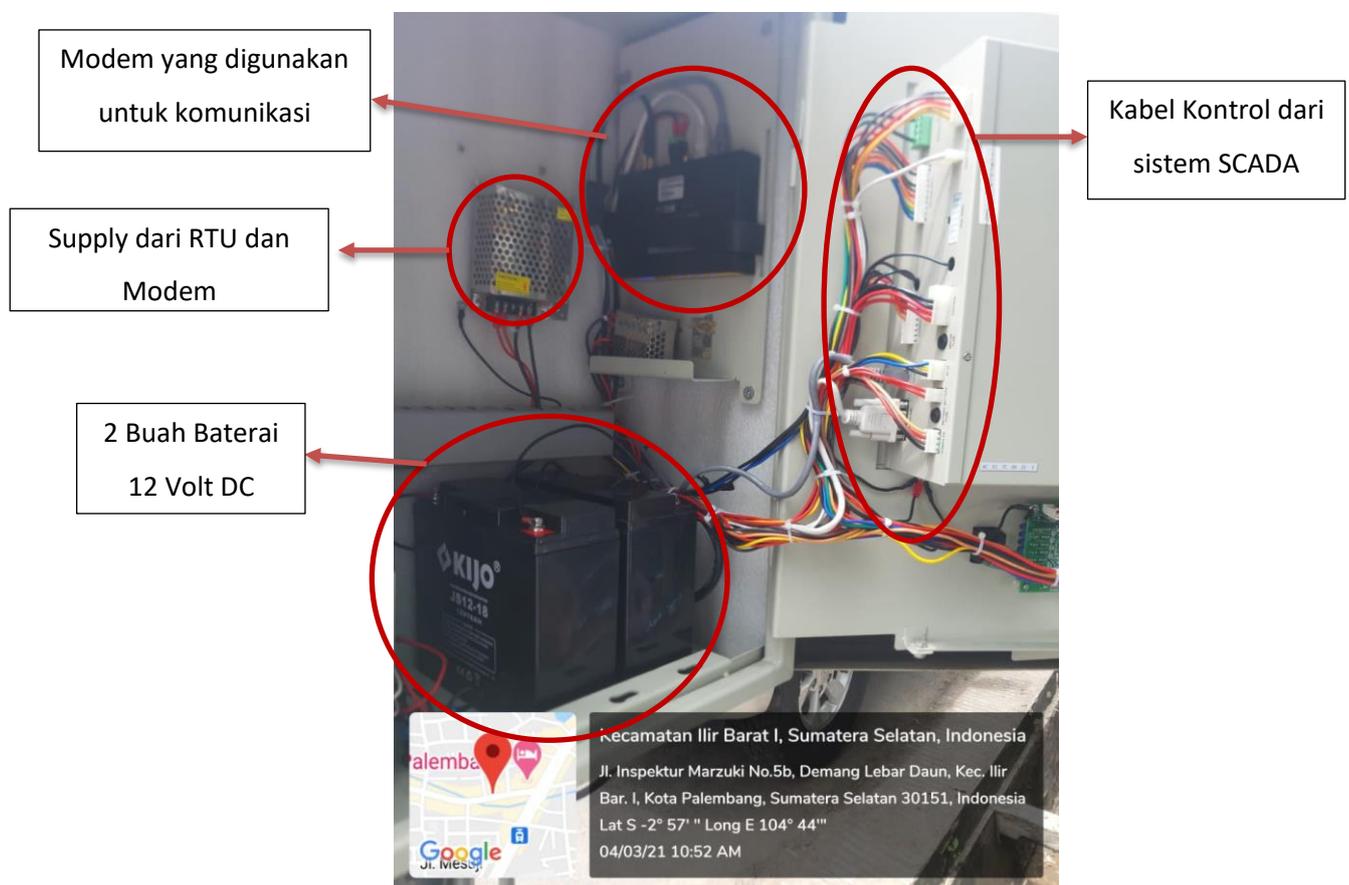
Karena LBS ingin dioperasikan dengan menggunakan sistem SCADA atausecara remote, maka pada LBS ditambahkan sebuah panel kontrol yang dihubungkan dengan RTU (Remote Terminal Unit). Berikut adalah gambar dari box panel rangkaian kontrol RTU Pada LBS (Gambar 2.8)



Gambar 2.8 Kotak Panel RTU pada LBS



Didalam RTU, terdapat bermacam macam perangkat Elektronik penunjang lain nya, diantaranya adalah Modem sebagai komunikasi RTU dengan Master Station, Supply AC sebagai sumber utama dari RTU yang berasal dari Potensial Trafo atau dari SR (Sambungan Rumah), Konverter sebagai alat untuk mengkonversikan tegangan AC menjadi DC, Baterai sebagai Supply cadangan AC Ketika sumber AC padam, dan terminal terminal lain untuk menghubungkan kabel kabel tersebut.



Gambar 2.9 Bagian dalam dari Box RTU pada LBS



2.3.2 Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus tenaga atau PMT merupakan peralatan proteksi, pembatas, dan pemutus utama yang dipasang pada saluran utama di gardu induk yang berfungsi sebagai pengaman utama jaringan yang dilengkapi dengan relai – relai proteksi yang telah disetting sesuai dengan arus gangguan maupun waktu tertentu dan berdasarkan perhitungan koordinasi dengan alat proteksi lain seperti recloser. Alat ini mampu bekerja secara otomatis dalam memutus atau menutup rangkaian pada semua kondisi baik pada kondisi normal maupun waktu kondisi gangguan dan mampu dialiri arus listrik secara terus menerus. PMT mampu memutus arus beban dan mampu memutus arus lebih akibat gangguan yang terjadi. Pada kondisi normal, dapat membuka maupun menutup rangkaian listrik. Pada kondisi gangguan, dengan bantuan relay dapat membuka rangkaian listrik.



Gambar 2.10 PMT Pada Kubikel TM

2.3.3 Recloser

Recloser merupakan peralatan proteksi, pembatas, maupun pemutus beban yang sering digunakan pada sistem distribusi tenaga listrik yang ditempatkan di jaringan dan bekerja secara otomatis dalam memutus beban yang dilengkapi dengan relai – relai proteksi secara OCR (Over Current Relay) dan GFR (Ground Fault Relay) yang telah disetting sesuai dengan kondisi di lapangan. Peralatan ini



bekerja berdasarkan arus gangguan yang terjadi. Gambar fisik Recloser ditunjukkan pada gambar 2.11 Recloser berfungsi sebagai:

1. Peralatan untuk memperkecil atau mempersempit daerah padam akibat gangguan.
2. Mendeteksi gangguan pada daerah tertentu berdasarkan arus gangguan.
3. Sebagai pengaman untuk jaringan yang berada sebelum recloser.

Ada pun tujuan dari pemasangan Recloser, yaitu:

1. Mencegah meluasnya kerusakan peralatan.
2. Agar kontinuitas sistem tenaga listrik tetap terjaga.



Gambar 2.11 Recloser Pada Jaringan TM

2.4 Manuver Beban ⁸

Manuver jaringan distribusi adalah kegiatan teknik manipulasi jaringan atau memodifikasi terhadap operasi normal dari jaringan dengan membuka atau menutup peralatan switching pada jaringan untuk membatasi wilayah padam sesuai kebutuhan. Manuver jaringan disebabkan karena adanya gangguan atau pekerjaan dan pemeliharaan jaringan. Salah satu teknik manipulasi jaringan

⁸ Anonim, *MANUVER BEBAN*, <http://eprints.undip.ac.id/77701/8/13>. BAB II. pdf 1, 16 Maret 2021



dengan adanya melimpahkan beban dari suatu penyulang ke penyulang lainnya. Pelimpahan beban dilakukan untuk membagi beban agar sebagian wilayah yang aman, tetapi tidak tersuplai listrik karena adanya gangguan maupun pekerjaan menjadi tidak padam. Manuver jaringan adalah pekerjaan pengalihan atau pelimpahan beban baik sebagian maupun seluruh penyulang ke penyulang lain yang bersifat sementara. Proses manuver jaringan merupakan proses pelimpahan beban dari penyulang utama (main feeder) ke penyulang cadangan (backup feeder) ketika terjadi gangguan atau pemeliharaan, sehingga daerah yang terganggu atau padam dapat tetap dialiri listrik dan menjaga kontinuitas pelayanan listrik ke pelanggan.

Manuver jaringan digunakan untuk menekan angka SAIDI dan SAIFI. Analisis SAIDI dan SAIFI yang ada pada suatu penyulang dengan metode simulasi Section Techniques atau dengan membagi section pada setiap load point pada suatu feeder. Section pada setiap load point dibagi berdasarkan keypoint atau peralatan switching yang dapat dikontrol sehingga daerah padam dapat dipisahkan. Keypoint yang dimaksud merupakan LBS (Load Break Switch) dan Recloser yang telah terintegrasi dengan SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sehingga kontrol dapat dilakukan secara remote. Semakin optimal penggunaan keypoint yang ada dapat berpengaruh pada nilai SAIDI dan SAIFI pada penyulang. Berdasarkan referensi tersebut, penggunaan keypoint dapat berpengaruh pada tingkat keandalan jaringan.

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 bebankritis.
3. Memaksimalkan penyaluran tenaga listrik

Syarat-syarat yang harus dipenuhi saat melakukan manuver jaringan distribusi:

1. Tegangan dan frekuensi antara kedua penyulang yang akan di manuver dalam keadaan sama ataupun maksimal beda tegangan 0,5 KV.
2. Apabila kedua penyulang berasal dari transformator yang berbeda daya nya maka harus dimintakan persamaan tegangan terlebih dahulu ke pihak APD atau Area atas permintaan Rayon.
3. Penyulang yang menerima pelimpahan beban harus mampu menerima beban yang akan dilimpahkan.
4. Urutan ketiga phasa antara kedua penyulang yang akan di manuver harus sama.
5. Penampang konduktor kedua penyulang harus sama ukurannya.
6. Peralatan manuver atau switching harus dalam keadaan baik untuk beroperasi.

Adapun beberapa syarat yang harus dipenuhi agar dua buah penyulang akan melakukan join:

1. Tegangan dan frekuensi antara kedua penyulang sama dan untuk maksimal beda tegangan ialah 0,5 KV.
2. Penyulang yang menerima pelimpahan beban harus mampu menerima beban yang akan dilimpahkan.
3. Urutan ketiga phasa antara kedua penyulang yang akan di manuver harus sama.



Apabila antara dua penyulang tersebut tidak dapat langsung join, maka akan ada pemadaman sesaat untuk proses pelimpahan beban. Namun ketika antar penyulang langsung dapat join, maka tidak ada pemadaman sesaat

2.5 SCADA ¹³

Sistem SCADA adalah sistem yang terdiri dari sejumlah Remote Terminal Unit (RTU) yang berfungsi untuk mengumpulkan data lalu mengirimkannya ke Master Station melalui sebuah sistem komunikasi (PT PLN (PERSERO), 2008). Master Station berfungsi untuk menampilkan data yang diperoleh dan memungkinkan operator melakukan pengendalian dari jarak jauh (Soleh, 2014).

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, Gardu Hubung, KPL/LBS, Recloser, 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

¹³ Anonim, *OPERASI DAN PEMELIHARAAN SISTEM SCADA*, PT PLN (Persero), Jakarta, 2008



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 :

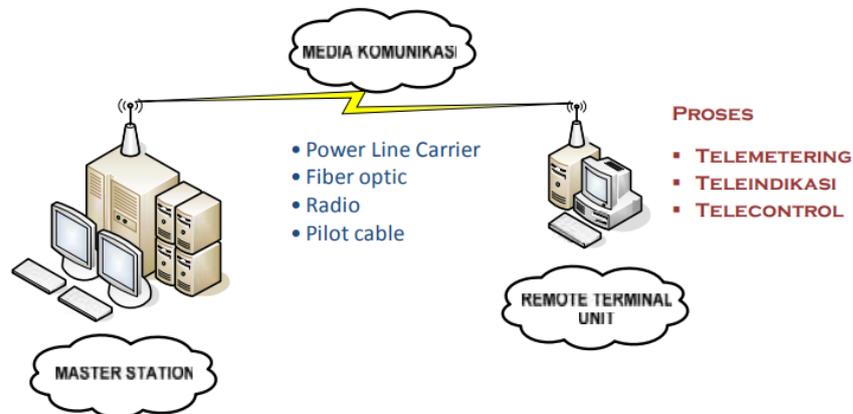
- a. Pengendalian buka / tutup perangkat pemutus daya, pemisah serta *start / stop* dari generator
- b. Pengendalian perangkat-perangkat regulator seperti pengaturan *set point* atau menaikkan dan menurunkan posisi tap changer.
- c. Pemantau dan pengaturan beban.
- d. Pengendalian yang dilakukan secara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

Tujuan digunakannya sistem SCADA adalah :

- a. Mempercepat proses pemulihan suplai tenaga listrik bagi konsumen yang mengalami gangguan
- b. Memperkecil kWh padam akibat gangguan atau pemadaman
- c. Memantau performa jaringan untuk menyusun perbaikan atau pengembangan sistem jaringan 20 kV
- d. Mengusahakan optimasi pembebanan jaringan 20 kV



Konfigurasi sistem SCADA digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.12 Konfigurasi Sistem SCADA

Dari gambar di atas, terlihat bahwa sistem SCADA terdiri dari Master Station, Remote Station (remote terminal unit), peripheral (rangkaian proses dan supply) dan saluran komunikasi data yang menghubungkan sistem secara keseluruhan.

RTU yang berada di lapangan berhubungan dengan komputer server yang berada di control center melalui jalur telekomunikasi. Komunikasi tersebut dapat melalui kabel pilot, fiber optic, PLC atau Radio. Selain itu, sistem SCADA juga memiliki berbagai peralatan pendukung seperti sistem power supply, battery dan UPS (uninterruptable power supply).

Data yang dikirim ke Control Center melalui media komunikasi diterima melalui Front End. Dalam hal ini Front End berfungsi untuk melakukan polling terhadap Remote Terminal Unit (RTU) dan sebagai interface antara komputer subsistem dengan sistem transmisi data RTU. Disamping itu, Front End juga mengambil alih sebagian tugas pada Komputer Subsistem terutama dalam hal pengumpulan data-data dari RTU, mengerjakan fungsi cross reference input data, konversi data pengukuran ke engineering unit dan lain-lain.

Front End terhubung dengan GPS (global positioning system) dan LAN (local area network) di Master Station. Pada sistem ini, GPS digunakan untuk melakukan sinkronisasi waktu, saat data dari RTU diterima melalui Front End. Data-data dari Front End kemudian diterima oleh server sehingga data-data



tersebut dapat ditampilkan ke operator dan engineer workstation. Server terdiri dari dua buah komputer yang fungsinya sebagai master dan back up Data-data yang ada pada back up computer akan meng-update secara otomatis data-data yang ada pada primary computer agar apabila primary computer mengalami gangguan maka back up computer akan segera dapat mengambil alih fungsi primary computer dengan data-data pada kondisi akhirnya. ²

Data-data yang masuk akan disimpan berupa softcopy dalam external storage, sedangkan dalam bentuk hardcopy, data dicetak melalui logger PC. Data dapat langsung tercetak apabila ada alarm atau event yang diterima oleh Master Station atau akan tetapi agar lebih efisien data dicetak jika diperlukan saja. Data ini akan tersimpan dalam harddisk. Agar harddisk tidak penuh maka secara otomatis data dari harddisk akan di backup ke network attached storage (NAS). Jika data telah ter-backup di NAS maka data yang di harddisk akan dihapus secara otomatis sehingga selalu tersedia kapasitas yang cukup pada harddisk agar server dapat beroperasi dengan baik. Back up data ini tergantung dari sistem SCADA yang dipakai.

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,

² Anonim, *TELE INFORMASI DATA UNTUK PEMELIHARAAN INSTALASI SISTEM TL*, PT PLN (Persero), Jakarta, 2008



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 salahsatu tombol perintah buka/tutup yang ada di dispatcher.

2.5.1 Komponen SCADA⁵

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

- a. Pusat kontrol.
- b. Remote Terminal Unit (RTU).
- c. Jalur komunikasi yang menghubungkan pusat kontrol dan RTU.

2.5.2 Subsistem Pusat Kontrol (*Master Station*)

Pusat kontrol terdiri dari beberapa komponen utama yaitu : Komputerutama (PC SCADA), *Human Machine Interface* (HMI), WS Programing danperipheral 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 :

- a. Mengatur komunikasi antara dirinya sendiri dengan RTU.
- b. Mengirim dan menerima data dari RTU kemudian menterjemahkannya

⁵ Anonim, *HANDBOOK SCADA*, PT PLN (Persero), Jakarta, 2015



dalam bentuk informasi yang dapat dimengerti oleh user.

- c. Mendistribusikan informasi tersebut ke MMI, *Mimic Board* dan Printer Logger dan mendokumentasikan informasi tersebut.

2.5.3 Subsistem RTU (*Remote Terminal Unit*)

Remote terminal unit adalah salah satu komponen / perangkat sistem SCADA yang terletak pada gardu induk, gardu hubung, KPL/LBS, Recloser yang bertugas mengeksekusi semua perintah dari *master station*. Agar semua kejadian yang terjadi di Jaringan PLN dapat di pantau dan di kontrol dari pusat kontrol, maka di setiap peralatan 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 2.13 dibawah ini:



Gambar 2.13 RTU pada salah satu KPL/LBS

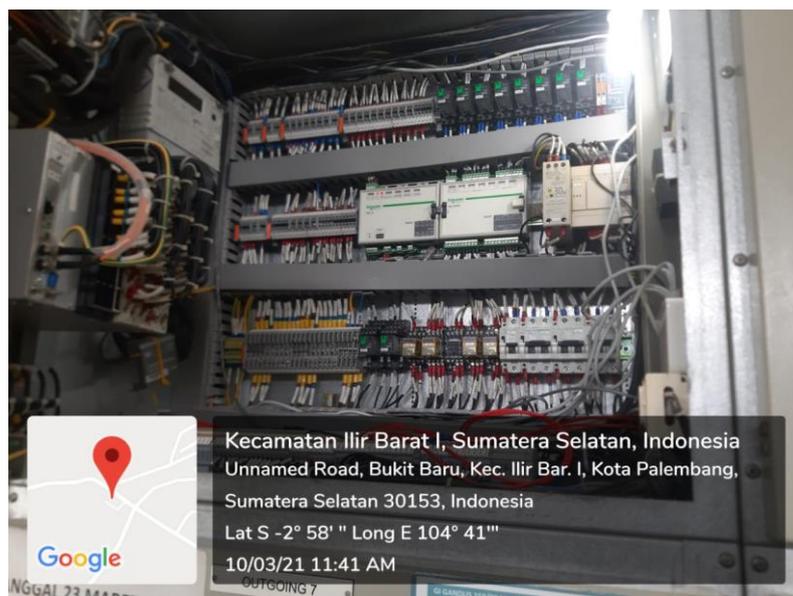


Untuk pada Gardu Induk, RTU yang digunakan sedikit berbeda. Untuk contoh dari RTU yang ada di GI sebagai berikut:



Gambar 2.14 RTU pada salah satu Gardu Induk

Namun, pada bagian Gardu Induk, sebelum RTU terdapat bagian Remote I/O untuk indikasi atau untuk Digital Input/Digital Output. RTU dan Remote I/O terpisah dan berbedahal dengan RTU pada KPL dan Recloser. Nanti dari masing-masing Remote I/O akan dihubungkan menggunakan LAN menuju ke RTU. Dihubungkan melalui Switch Ethernet sebagai tempat banyak LAN. Berikut ini adalah gambar Wiring dari Remote I/O pada salah satu Gardu Induk:



Gambar 2.15 Remote I/O pada Gardu Induk



Fungsi utama dari suatu RTU adalah:

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

2.5.4 Keuntungan Sistem SCADA

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

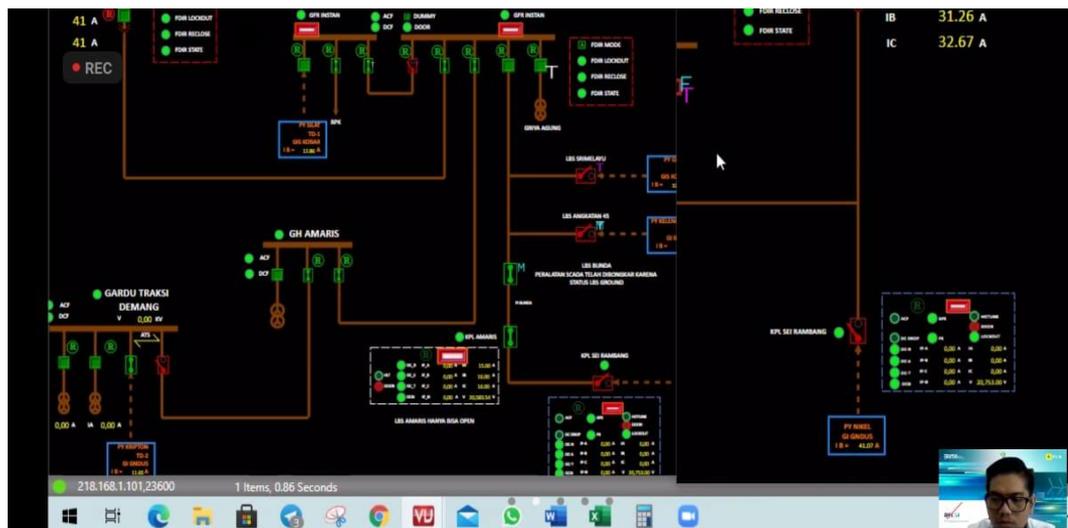
- a. Sistem pengoperasian dengan organisasi yang ramping dan sederhana.
- b. Lebih ekonomis, karena tidak perlu menggunakan jasa operator.
- c. Data – data yang didapat lebih akurat dan tepat.
- d. Peningkatan keandalan sistem jaringan tenaga listrik.
- e. Berkurangnya rugi – rugi jaringan distribusi tenaga listrik.
- f. Waktu pemulihan jaringan distribusi tenaga listrik yang cepat.
- g. Tingkat keamanan yang lebih baik.
- h. Sebagai simulasi atas rencana pengembangan jaringan distribusi tenaga listrik yang akan dilaksanakan sehingga mutu, keandalan dan keamanan operasi lebih terjamin.
- i. Menganalisa dan mengevaluasi hasil – hasil pengoperasian jaringan tenaga listrik.
- j. Hasil aplikasi memberi pertimbangan kepada *dispatcher* untuk langkah terbaik pemulihan beban setelah gangguan secara cepat, tepat, dan optimal.
- k. Meningkatkan power factor dan menurunkan losses dengan pengaturan tegangan dan daya reaktif.
- l. Mengevaluasi dampak dari setting dan rating perlengkapan proteksi dalam konfigurasi penyulang.
- m. Sebagai bahan analisa teknis yang tepat dalam rangka rekonfigurasi serta



perencanaan perluasan jaringan.

2.6 Sistem Fault, Detection, Insulation, and Restoration (FDIR)

Fault, Detection, Insulation, and Restoration (FDIR) adalah sistem otomasi jaringan distribusi yang secara otomatis akan melakukan fungsi buka tutup Circuit Breaker (CB) ataupun Load Break Switch (LBS) saat terjadi gangguan dengan mendeteksi secara cepat adanya gangguan sehingga dapat mengisolasi dan mempercepat pemulihan titik aman dari gangguan. FDIR merupakan salah satu metode pengontrolan alat switching pada jaringan distribusi untuk meningkatkan keandalan penyaluran. Dengan inovasi FDIR ini, penanganan gangguan ketenagalistrikan dapat ditangani lebih cepat.



Gambar 2.16 Contoh SLD KPL untuk FDIR

2.7 Baterai

Batere atau akumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah didalam batere dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi



tenaga kimia (pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda- elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewatkan arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan didalam sel.

Jenis sel batere ini disebut juga “ Storage Battery “ , adalah suatu batere yang mana dapat digunakan berulangkali pada keadaan sumber listrik arus bolak balik (AC) terganggu.

Tiap sel batere ini terdiri dari dua macam elektroda yang berlainan, yaitu elektroda positif dan elektroda negatif yang dicelupkan dalam suatu larutan kimia. Menurut pemakaian batere dapat dibagi menjadi:

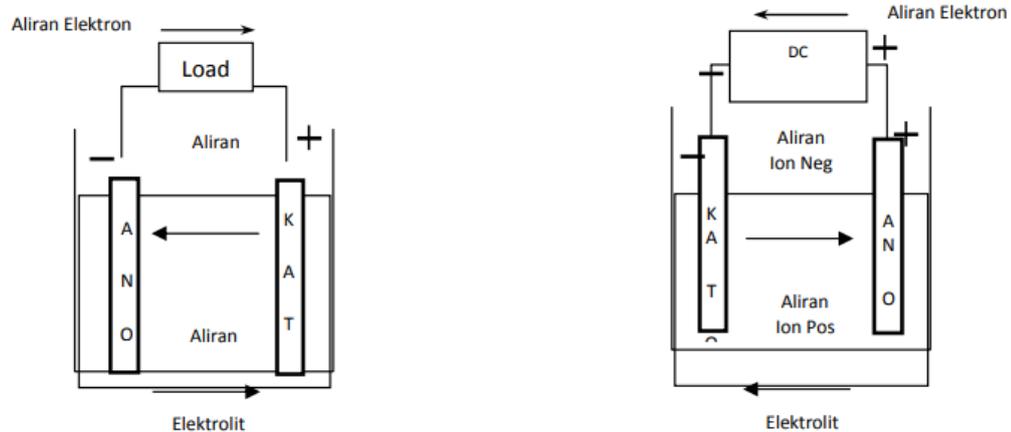
- a. Stationary (tetap)
- b. Portable (dapat dipindah-pindah)

Prinsip kerja pada batere antara lain:

Proses discharge pada sel berlangsung menurut skema Gambar 2.17 kiri. Bila sel dihubungkan dengan beban maka, elektron mengalir dari anoda melalui beban ke katoda, kemudian ion-ion negatif mengalir ke anoda dan ion-ion positif mengalir ke katoda.

Pada proses pengisian menurut skema Gambar 2.17 kanan. Bila sel dihubungkan dengan power supply maka, Elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda dan proses kimia yang terjadi adalah sbb :

- a. Aliran elektron menjadi terbalik, mengalir dari anoda melalui power supply ke katoda.
- b. Ion-ion negatif mengalir dari katoda ke anoda.
- c. Ion-ion positif mengalir dari anoda ke katoda. Jadi reaksi kimia pada saat pengisian (charge) berlangsung sebaliknya.



Gambar 2.17 Proses Discharge (kiri) dan Proses Pengisian (Kanan)

Contoh Baterai yang digunakan pada KPL (Key Point Line) di jaringan listrik 20 kV adalah sebagai berikut:



Gambar 2.18 Baterai Pada KPL

Baterai yang digunakan pada masing masing KPL adalah 2 buah baterai 12 Volt dengan kapasitas 18 Ah, yang mana kedua baterai tersebut dipasang secara seri untuk menghasilkan tegangan 24 Volt dan sesuai dengan tegangan kerja RTU dan juga Motorized LBS yang ada di jaringan 20 kV serta Modem sebagai media komunikasi.



2.8 Router

Router adalah perangkat keras dalam jaringan komputer yang dapat digunakan untuk menghubungkan beberapa jaringan yang sama atau berbeda segmen.

Router juga merupakan alat untuk mengirim paket dalam melalui jaringan atau internet untuk dapat menuju tujuannya atau biasa disebut dengan proses Routing.

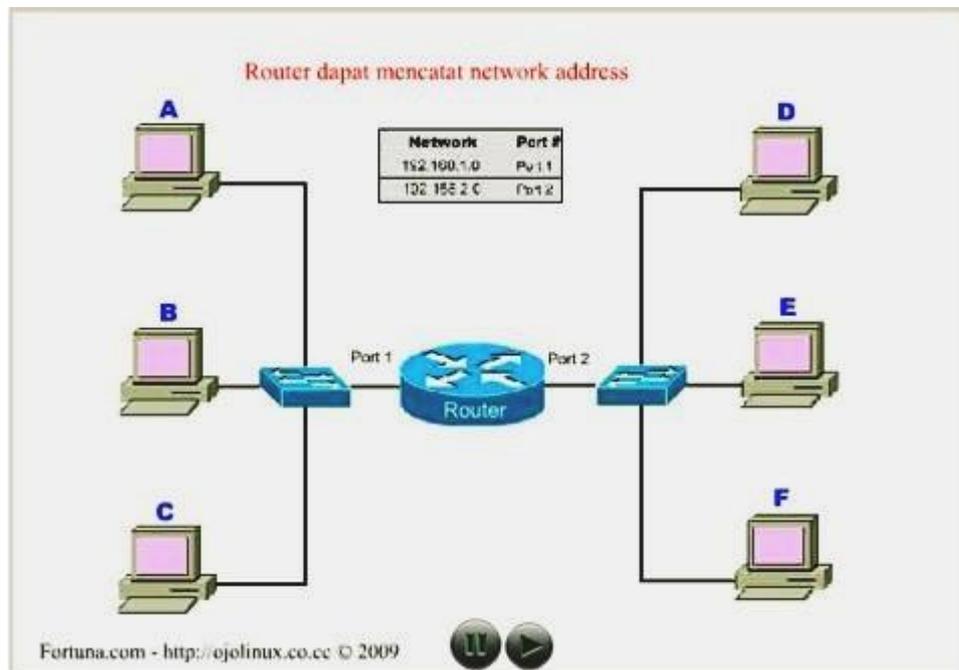
Router mempunyai fungsi utama yaitu untuk membagi atau mendistribusikan IP address baik itu secara static maupun DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) kepada semua komputer yang terhubung ke router tersebut. Dengan adanya IP Address yang unik yang diberikan oleh router tersebut kepada setiap komputer dapat memungkinkan setiap komputer untuk bisa saling terhubung serta melakukan komunikasi baik itu pada LAN ataupun Internet.

Pada saat ini perangkat router sudah sangat canggih dan modern. Untuk mendistribusikan IP address kepada setiap komputer pada suatu jaringan, fungsi router tidak saja hanya dapat untuk menghubungkan dengan sambungan kabel LAN, akan tetapi dapat teknologi wireless. Dengan demikian router pada saat ini sudah dapat disambungkan pada setiap PC, laptop, gadget, smartphone yang berada pada jangkauan router tersebut. Cukup dengan memanfaatkan sebuah gelombang radio yang dipancarkan oleh router tersebut. Itulah fungsi router.

Router Berkerja dengan cara merutekan paket atau data informasi yang disebut routing. Dengan teknik routing tersebut, router dapat mengetahui arah rute perjalanan informasi tersebut yang akan dituju, apakah berada pada satu jaringan yang sama atau berbeda. Jika informasi yang dituju mengarah kepada jaringan yang berbeda, maka router akan meneruskannya kepada jaringan tersebut, atau sebaliknya apabila paket yang akan dituju adalah jaringan yang sama, maka router akan menghalangi paket keluar serta meneruskan paket tersebut dengan routing



di jaringan yang sama sampai benar-benar terkirim ke tujuan.



Gambar 2.19 Ilustrasi Cara kerja Router

Pada gambar diatas terdapat dua buah network yang terhubung dalam sebuah router. Network yang berada pada sebelah kiri yang terhubung ke port 1 router yang mempunyai **alamat IP 192.168.1.0** serta pada network yang berada pada sebelah kanan yang terhubung ke port 2 router mempunyai **alamat IP 192.155.2.0**

- a. Komputer A mengirim sebuah data kepada komputer C, router tidak akan bisa meneruskan data tersebut kepada jaringan lainnya.
- b. Begitu juga apabila ketika komputer F mengirim sebuah paket data kepada komputer E, router juga tidak akan bisa meneruskan paket data tersebut kepada network lainnya.
- c. Barulah ketika komputer F mengirimkan sebuah paket data kepada komputer B, maka router akan bisa meneruskan paket data tersebut ke komputer B.