

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam menyalurkan daya listrik dari pusat pembangkit kepada konsumen diperlukan suatu jaringan tenaga listrik. Sistem jaringan ini terdiri dari jaringan transmisi (sistem tegangan extra tinggi dan tegangan tinggi) dan jaringan distribusi (sistem tegangan menengah dan tegangan rendah). Dalam sistem distribusi, pokok permasalahan pada tegangan terjadi karena konsumen memakai peralatan listrik dengan tegangan yang besarnya sudah ditentukan. Jika tegangan sistem terlalu tinggi atau rendah sehingga melewati batas-batas toleransi maka akan mengganggu dan selanjutnya merusak peralatan listrik konsumen. Beban pada sistem bervariasi dan besarnya berubah-ubah sepanjang waktu. Bila beban meningkat maka tegangan diujung penerimaan menurun dan sebaliknya, bila beban berkurang maka tegangan diujung penerimaan akan naik.

Faktor lain yang juga mempengaruhi perubahan tegangan sistem adalah rugi daya yang disebabkan oleh adanya impedansi seri penghantar saluran, rugi daya ini menyebabkan jatuh tegangan. Oleh karena itu konsumen yang letaknya jauh dari titik pelayanan akan cenderung menerima tegangan relatif lebih rendah, bila dibandingkan dengan tegangan yang diterima konsumen yang letaknya dekat dengan pusat pelayanan.

Perkembangan sistem kelistrikan saat ini telah mengarah pada peningkatan efisiensi dalam penyaluran energi listrik. Salah satu cara untuk

meningkatkan efisiensi yaitu dengan mengurangi rugi daya dan meminimalkan drop tegangan pada jaringan. Namun agar mengetahui rugi daya dan drop tegangan yang terjadi pada jaringan distribusi maka dapat dihitung menggunakan persamaan maupun menggunakan bantuan program komputer seperti ETAP. Sehubungan dengan hal tersebut maka pada skripsi ini akan dihitung rugi daya dan drop tegangan Pada Feeder polewali GI Pinrang dengan perhitungan rumus dan kemudian membandingkannya dengan program ETAP 6.0.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas adalah :

1. Apakah Rugi - rugi Daya pada Feeder Polewali GI Pinrang masih dalam batas normal sesuai standar dari PT. PLN dilihat dari perbandingan hasil pengukuran dan perhitungan rugi-rugi daya?
2. Apakah Jatuh Tegangan pada jaringan distribusi feeder Polewali GI Pinrang masih dalam batas standar PT. PLN dilihat dari perbandingan hasil pengukuran dan perhitungan jatuh tegangan?
3. Membandingkan hasil perhitungan drop tegangan dengan program ETAP 6.0

1.3 Batasan Masalah.

Skripsi ini membahas metode perhitungan drop tegangan dan Rugi – rugi daya yang terjadi pada jaringan tegangan menengah . Karena luasnya wilayah PLN Cabang Pinrang, maka penulis hanya membahas satu Feeder saja yaitu pada feeder polewali GI Pinrang.

1.4 Tujuan Penulisan.

Tujuan penulisan Skripsi ini antara lain :

1. Menganalisa dan menentukan rugi – rugi daya jaringan distribusi primer apakah masih memenuhi standar yang sudah ditetapkan oleh PLN yaitu 5 % untuk tegangan nominal dan 5 % juga untuk rugi – rugi daya yang disalurkan pada jaringan distribusi primer.
2. Mengetahui drop tegangan pada jaringan untuk meninjau kembali peralatan yang terpasang dan bagaimana upaya untuk menanggulangnya.
3. Mempelajari dan memahami hasil perhitungan drop tegangan dengan menggunakan Program ETAP Power Station 6.0.

1.5 Metodologi Penulisan

Metodologi yang digunakan dalam skripsi ini antara lain :

1. Studi literatur

Dalam penelitian ini, penulis mencari bahan-bahan yang dianggap sebagai acuan dalam penulisan skripsi ini. Adapun bahan tersebut adalah berupa literatur-literatur, hand book, dan buku-buku acuan yang digunakan untuk menulis skripsi ini.

2. Diskusi

Berdiskusi dengan dosen pembimbing selama menyelesaikan Skripsi ini.

3. Survei

Melakukan survei dan pengambilan data ke PT.PLN (persero) Cab.Pinrang. disamping itu juga dilakukan wawancara dengan narasumber.

4. Penyusunan laporan Skripsi

Penulisan laporan dilakukan sebagai penggambaran kesimpulan dari Skripsi ini. Kesimpulan tersebut merupakan jawaban dari permasalahan yang dianalisis. Hal ini tentunya diharapkan sebagai bahan pertimbangan pada tempat penelitian.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam Skripsi ini terdiri atas lima bab dengan uraian sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang penjelasan mengenai latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah, metodologi pembahasan, dan sistematika penulisan.

BAB II : SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Bab ini membahas tentang teori-teori mengenai jaringan distribusi serta konfigurasi pada jaringan distribusi.

BAB III : RUGI-RUGI DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori jatuh tegangan dan metode perhitungan yang digunakan dalam menghitung rugi-rugi daya pada jaringan distribusi tegangan menengah..

BAB IV : PERHITUNGAN RUGI – RUGI DAYA JARINGAN DISTRIBUSI

PRIMER FEEDER POLEWALI GARDU INDUK PINRANG

Pada bab ini , akan dihitung drop tegangan dan rugi-rugi daya berdasarkan data yang diperoleh dilapangan, kemudian dibandingkan dengan perhitungan dengan menggunakan program ETAP Power Station 6.0

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil pembahasan dari keseluruhan BAB pada skripsi terutama pada BAB III dan BAB IV.

BAB II

SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

2.1. Umum

Sistem tenaga listrik pada umumnya terdiri dari empat unsur utama . *Pertama*, unsur pembangkit tenaga listrik. *Kedua*, sistem transmisi lengkap dengan gardu induk. *Ketiga*, saluran distribusi yang biasanya terdiri atas saluran distribusi primer dengan tegangan menengah (TM) dan saluran distribusi sekunder dengan tegangan rendah (TR). *Keempat*, pemakai tenaga listrik mulai dari instalasi pelanggan besar yang menggunakan tegangan tinggi dan tegangan menengah sampai dengan instalasi pelanggan rumah tangga yang biasanya menggunakan tegangan rendah.

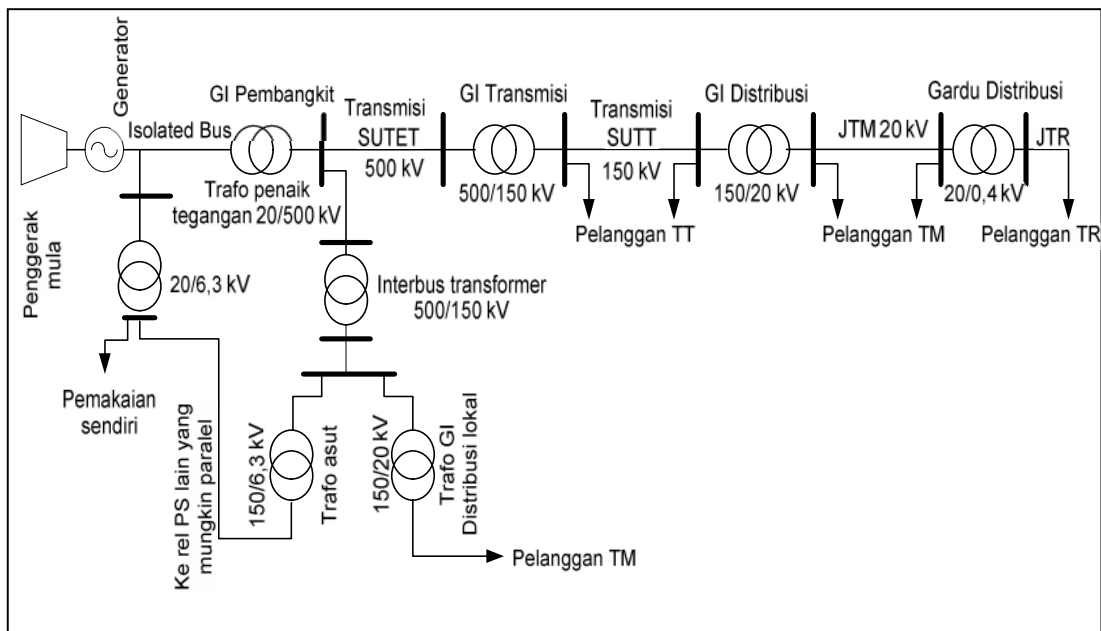
Tenaga listrik ini berawal dari Pusat Tenaga Listrik dan disalurkan melalui saluran transmisi ke Gardu Induk yang selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi ke instalasi pelanggan tenaga listrik tersebut.

Tenaga listrik dibangkitkan pada Pusat Listrik yang dapat merupakan suatu Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA), Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pusat Listrik Tenaga Diesel (PLTD), Pusat Listrik Tenaga Panas bumi (PLTP), ataupun Pusat Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU). Tegangan yang dibangkitkan oleh generator ini biasanya berkisar antara 6 kV sampai 24 kV tergantung dari pabrik pembuat dan kapasitas dari generator tersebut.

Pada sistem tenaga listrik yang besar, atau apabila Pusat Listrik terletak jauh dari pelanggan, maka tenaga listrik tersebut disalurkan melalui saluran transmisi dengan menggunakan tegangan tinggi, atau tegangan ekstra tinggi. Tegangan ini dinaikkan di gardu induk dengan menggunakan transformator penaik tegangan (*step up transformer*). Untuk jarak yang sedang digunakan tegangan transmisi 66 kV. Untuk jarak yang jauh digunakan tegangan transmisi 150 kV sedangkan untuk jarak yang sangat jauh digunakan tegangan transmisi sampai 500 kV.

Mendekati pusat pemakaian tenaga listrik yang dapat berupa suatu industri atau suatu kota, tegangan tinggi (TT) diturunkan menjadi tegangan menengah (TM). Hal ini juga dilakukan pada gardu induk (GI) dengan menggunakan transformator penurun tegangan (*step down transformer*). Mulai dari sisi sekunder trafo penurun tegangan sampai dengan sisi primer trafo distribusi disebut sistem distribusi yang merupakan sistem distribusi primer. Di Indonesia pada sistem distribusi primer tegangan menengah yang digunakan adalah 20 kV, meskipun masih ada sebagian wilayah yang menggunakan tegangan menengah 6 kV dan 12 kV. Jaringan distribusi primer ini menghubungkan gardu induk dengan gardu-gardu distribusi. Di gardu distribusi selanjutnya tegangan diturunkan lagi dengan transformator penurun tegangan oleh trafo distribusi menjadi tegangan rendah yang disebut distribusi sekunder. Tegangan rendah ini kemudian didistribusikan ke pelanggan tegangan rendah.

Secara umum dapat dilihat diagram kutub tunggal dari pembangkit listrik sampai ke pelanggan . seperti digambarkan pada gambar 2.1 di bawah ini :



Gambar 2.1. Diagram kutub tunggal sistem tenaga listrik

2.2. Jaringan distribusi Tegangan Menengah

Untuk mendistribusikan tenaga listrik dari Gardu Induk hingga sampai kepada pemakai listrik dibutuhkan suatu sistem distribusi. Sistem distribusi ini dibagi menjadi dua bagian yaitu Sistem Distribusi Primer dan Sistem Distribusi Sekunder.

2.2.1 Sistem Distribusi Primer

Sistem distribusi primer yang biasa disebut jaringan tegangan menengah merupakan saluran tegangan menengah yang dimulai dari sisi sekunder trafo tenaga penurun tegangan di Gardu Induk sampai pada sisi

primer trafo distribusi. Umumnya tegangan menengah yang digunakan pada sistem tenaga listrik di PT.PLN (Persero) adalah 6 kV, 12 kV, 20 kV, namun saat ini hampir semua wilayah kerja PLN telah menggunakan tegangan 20 kV.

Sistem saluran yang dipergunakan pada jaringan tegangan menengah (JTM) terdiri dari 2 (dua) jenis yaitu:

1. Saluran udara tegangan menengah (SUTM) yakni suatu penghantar yang menggunakan kawat penghantar dan dilewatkan pada udara (*over head*).
2. Saluran kabel tegangan menengah (SKTM) yakni suatu penghantar yang menggunakan kabel dan dilewatkan di bawah tanah (*under ground*).

Saluran udara tegangan menengah (SUTM) umumnya dipasang pada daerah pedesaan dan di pinggir kota dimana populasi gedung bertingkat belum besar serta belum mengganggu estetika tata perkotaan. Sedangkan saluran kabel tegangan menengah (SKTM) umumnya dipasang pada pusat-pusat kota dimana populasi gedung bertingkat sudah sangat tinggi dan pemasangan SUTM sudah mengganggu estetika tata perkotaan. Pada SUTM gardu distribusinya umumnya gardu cantol, gardu portal serta gardu beton. Sedangkan pada SKTM gardu distribusinya umumnya berupa gardu portal, gardu beton dan gardu kios.

Sistem distribusi primer merupakan bagian yang penting dari sistem distribusi tenaga listrik, dan pengoperasiannya membutuhkan peralatan yang khusus dan lebih rumit dibandingkan dengan jaringan distribusi sekunder.

Selain itu gangguan yang terjadi pada Jaringan Distribusi Primer dapat mengganggu kontinuitas pelayanan yang mencakup beberapa daerah pelayanan gardu distribusi dengan jumlah konsumen yang lebih banyak. Karena itu dalam merencanakan suatu sistem distribusi tenaga listrik, tipe jaringan distribusi yang akan digunakan harus betul-betul diperhatikan.

2.2.2 Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder yang biasa disebut jaringan tegangan rendah (JTR) dimulai dari sisi sekunder trafo distribusi sampai dengan sambungan rumah (SR) pada pelanggan yang berfungsi untuk mendistribusikan energi listrik dari gardu distribusi ke pelanggan dengan tegangan operasi yakni tegangan rendah (400/231 Volt, 380/220 Volt). Pada JTR, jenis saluran yang digunakan ada dua yakni:

1. Saluran udara tegangan rendah (SUTR) dengan penghantar dari kawat Bare Copper, AAC maupun AAAC serta saluran kabel udara yang dipilin.
2. Saluran kabel tegangan rendah (SKTR) dengan menggunakan penghantar berupa kabel dengan inti penghantar dari tembaga maupun aluminium dengan bahan isolasi dari PVC atau XLPE.

Pada saat ini SUTR yang menggunakan kabel telah banyak digunakan oleh PLN untuk mengurangi gangguan yang disebabkan oleh gangguan pohon dan gangguan lain yang disebabkan oleh manusia.

2.3. Konfigurasi Jaringan Distribusi Primer

Dalam sistem jaringan distribusi primer dikenal tipe sistem jaringan, dimana masing-masing sistem mempunyai karakteristik yang berbeda serta mempunyai keunggulan dan kelemahan. Dasar pemilihan suatu sistem tergantung dari tingkat kepentingan konsumen itu sendiri yang meliputi:

- Kontinuitas pelayanan yang baik
- Kualitas daya yang baik
- Beban yang dilayani seimbang
- Fleksibilitas dalam pengembangan dan perluasan beban
- Situasi lingkungan dan faktor ekonomis.

Dalam penyaluran dan pendistribusian tenaga listrik diharapkan suatu mutu yang memadai, maka dalam hal ini bentuk jaringan sistem distribusi merupakan suatu faktor yang perlu diperhatikan.

Dalam sistem penyaluran tenaga listrik dikenal beberapa bentuk sistem distribusi yang secara umum dapat dibagi atas :

1. Sistem Radial (Pohon)
2. Sistem Ring
3. Sistem Mesh
4. Sistem Spindle

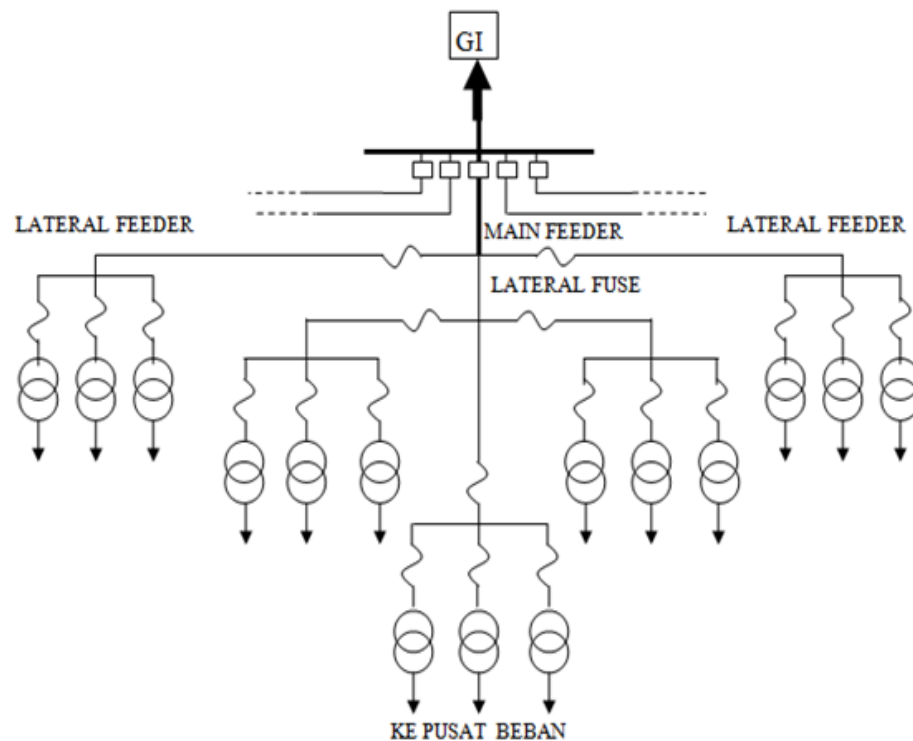
2.3.1 Sistem Distribusi Bentuk Radial (Pohon)

Tipe ini merupakan bentuk yang paling sederhana dan banyak digunakan, tetapi hanya memiliki satu sumber dan tidak ada alternatif sumber lain (*alternate source*). Kondisi demikian menyebabkan terjadinya pemadaman total pada seluruh beban apabila terjadi gangguan pada sumber, karena tidak adanya sumber lain yang berfungsi sebagai back-up. Oleh karena itu, tipe ini cocok diterapkan pada beban – beban kelas rumah tangga dan listrik pedesaan pada umumnya yang tidak menuntut kontinuitas penyaluran daya dengan tingkat keandalan yang tinggi. Secara umum jaringan distribusi primer dengan bentuk radial memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- 1) Bentuknya paling sederhana dibandingkan dengan bentuk lain.
- 2) Biaya investasinya paling murah, karena saluran yang menuju ke tiap beban hanya tersedia satu jalur.
- 3) Kualitas pelayanan (penyaluran daya) paling jelek apabila dibandingkan dengan tipe-tipe lain, dikarenakan drop tegangan dan rugi-rugi daya pada saluran distribusi relatif besar.
- 4) Kontinuitas penyaluran daya tidak terjamin, karena hanya memiliki satu sumber dan tidak ada sumber lain berfungsi sebagai back-up.

Peralatan pendukung terutama pemutus tenaga pada bentuk radial ini biasanya berupa *fuse*, *recloser*, *sectionalizer*, atau alat pemutus tenaga lainnya, yang berfungsi melokalisasi daerah pemadaman pada saat terjadi gangguan.

Bentuk sistem distribusi radial dapat dilihat pada gambar (2.2) dibawah ini.



Gambar 2.2. Sistem distribusi radial

2.3.2 Sistem Distribusi Bentuk Ring

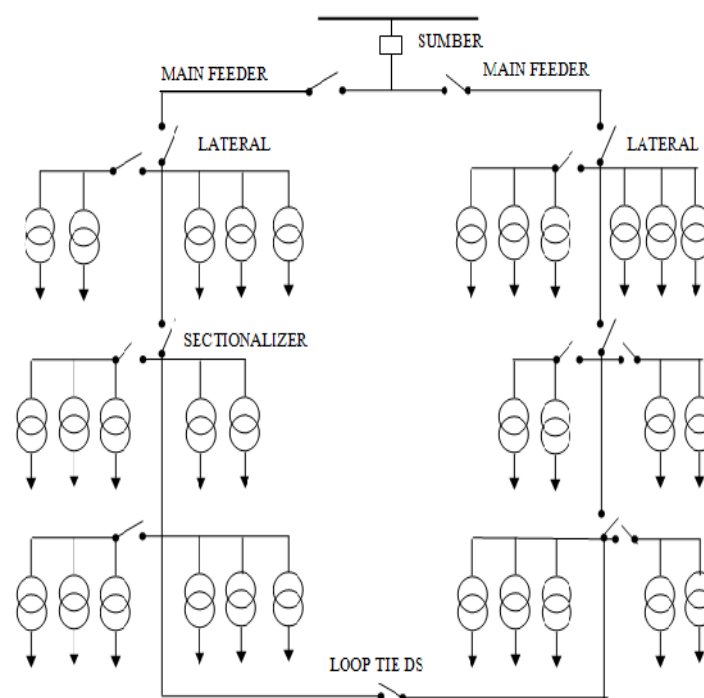
Tipe ini merupakan rangkaian tertutup (*closed loop*) berbentuk ring (cincin), yang memungkinkan titik-titik beban dapat dilayani dari dua jalur saluran, sehingga kontinuitas penyaluran daya lebih baik dari pada tipe radial. Tipe ini cocok diterapkan pada daerah-daerah dengan tingkat kerapatan beban yang cukup besar, seperti kawasan industri dan komersial, yang memerlukan kontinuitas penyaluran daya dengan tingkat keandalan yang tinggi.

Secara umum, jaringan distribusi primer bentuk ring memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- 1) Kontinuitas pelayanan (penyaluran daya) lebih baik apabila dibandingkan dengan bentuk radial.
- 2) Drop tegangan yang terjadi pada saluran distribusi kecil, hal ini mungkin pada kondisi dimana suatu beban di *supply* dari dua jalur saluran.
- 3) Untuk perluasan cukup baik.

Tipe ini umumnya dilengkapi dengan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis (recloser, AVS), yang memungkinkan gangguan dapat dilokalisir dengan cepat agar sistem tidak terganggu, selanjutnya daerah yang terganggu dapat beroperasi kembali dalam waktu yang relatif singkat.

Bentuk dari sistem distribusi Ring dapat dilihat pada gambar (2.3) dibawah



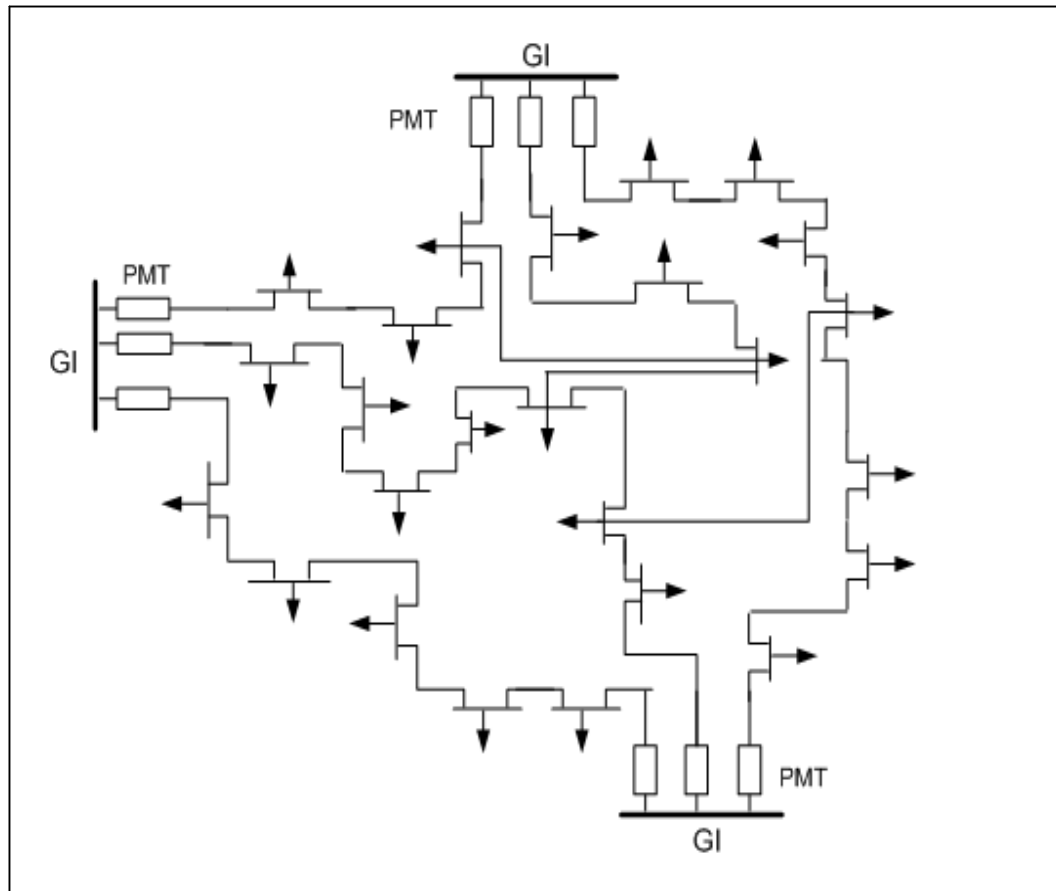
Gambar 2.3. Sistem Distribusi Ring

2.3.3 Sistem Distribusi Bentuk *Mesh*

Tipe ini menyediakan lebih banyak lagi saluran pilihan bila terjadi gangguan pada salah satu saluran. Fasilitas pilihan lebih dari satu tidak hanya pada salurannya saja, tetapi juga pada sumbernya, dimana sumber yang tersedia lebih dari satu. Disinilah perbedaan mendasar antara tipe *ring* dengan tipe *mesh*. Apabila pada tipe *ring* tersedia saluran ganda, namun hanya memiliki satu sumber saja, maka pada tipe *mesh* baik saluran maupun sumber tersedia lebih dari satu. Sistem ini disebut juga sistem interkoneksi, karena disupply oleh beberapa sumber yang saling berhubungan dan membentuk *mesh* (jaring). Tipe ini memiliki tingkat keandalan yang sangat baik, cocok diterapkan pada kelas beban yang memiliki nilai ekonomis tinggi, atau kelas beban yang sifatnya vital (tidak boleh terganggu kontinuitasnya), seperti pusat sarana komunikasi, instalasi militer dan rumah sakit. Secara umum, jaringan distribusi primer dengan bentuk *mesh* memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- 1) Memerlukan biaya investasi yang sangat tinggi.
- 2) Kontinuitas penyaluran daya terjamin.
- 3) Kualitas tegangannya baik, dan rugi-rugi daya saluran sangat kecil.
- 4) Memerlukan perencanaan koordinasi yang rumit, serta tenaga-tenaga terampil dalam pengoperasiannya.

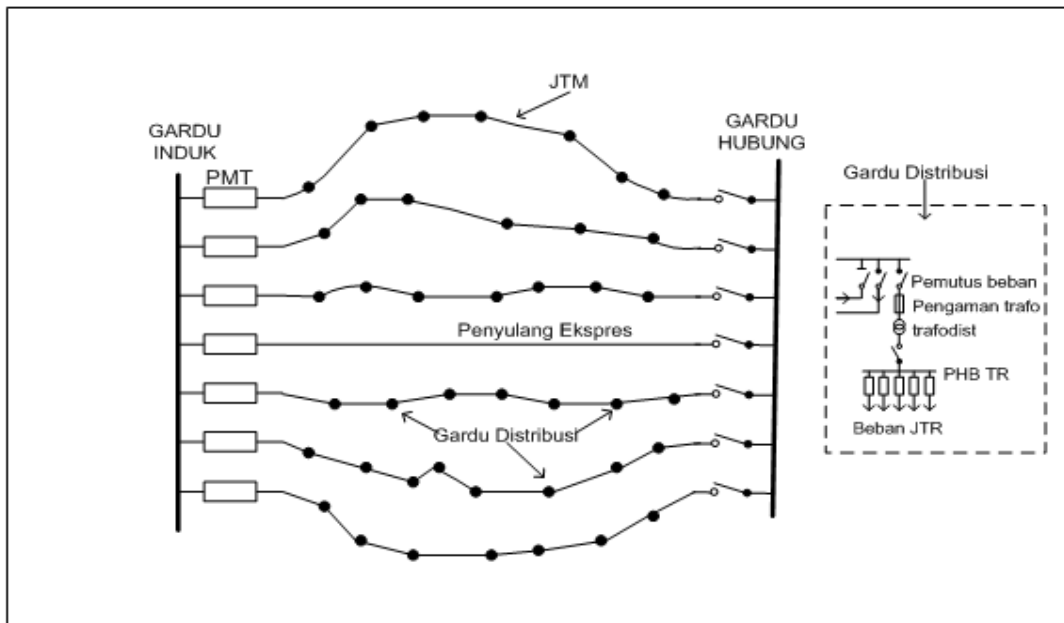
Bentuk dari sistem distribusi *Mesh* dapat dilihat pada gambar (2.4) dibawah ini.



Gambar 2.4. Sistem Distribusi *Mesh*

2.3.4 Sistem Distribusi Bentuk Spindle

Tipe ini memanfaatkan dua komponen pendukung utama, yaitu gardu induk dan gardu hubung, merupakan pola khusus yang ditandai dengan ciri adanya sejumlah kabel keluar dari suatu gardu induk yang disebut dengan *outgoing* menuju suatu arah suatu titik temu yang disebut gardu hubung. Pada tipe spindle tidak terdapat percabangan, sehingga semua saluran dipasang sedemikian rupa agar dapat mencapai gardu hubung secara langsung. Selain saluran utama, juga terdapat sebuah saluran cadangan yang biasa disebut saluran *express*, yang berfungsi sebagai cadangan apabila terjadi gangguan pada saluran utama.



Gambar 2.5. Sistem Distribusi *Spindle*

Jaringan Tegangan Menengah dengan konfigurasi spindle dapat dilihat pada gambar di atas. Dalam keadaan normal semua PMT dan PMS dari setiap penyulang yang keluar dari GI dalam keadaan masuk kecuali PMT dan PMS penyulang yang ada di Gardu Hubung (GH).

Sistem ini biasanya menggunakan kabel tanah dan mempunyai kontinuitas pelayanan yang baik, karena gangguan yang terjadi dapat dilokalisasi dan beban dari yang terganggu dapat dipindahkan ke *express feeder* yang selalu dalam keadaan *stand by*. Di samping itu mutu tegangan cukup baik, karena panjang kabel dan jumlah gardu sudah ditentukan sehingga jatuh tegangan tidak akan melampaui batas-batas yang bisa diterima oleh pelanggan. Jaringan Distribusi Sistem Spindel ini banyak dipakai di kota-kota besar yang kerapatan bebannya mencapai beberapa MW/km².

2.4. Operasi Sistem Distribusi

Operasi Sistem Distribusi adalah segala kegiatan yang mencakup pengaturan, pembagian, pemindahan, dan penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkit kepada konsumen dengan efektif serta menjamin kelangsungan penyalurannya / pelayanannya.

Sebagai tolak ukur atas keberhasilan pada pegoperasian maka yang harus dipertahankan / dipenuhi adalah mutu dan keandalan.

2.4.1 Mutu Listrik

Ada 2 (dua) hal yang menjadi ukuran mutu listrik yaitu tegangan dan frekuensi.

1. Tegangan

Mutu listrik ditentukan oleh nilai tegangan pada batas toleransi, harmonisa tegangan, kedip tegangan, serta kelip tegangan (flecker) sekecil mungkin.

a) Nilai tegangan

Batas toleransi tegangan pelayanan yaitu pada konsumen TM adalah $\pm 5\%$ dari tegangan nominalnya 20 kV, dan pada konsumen TR adalah maksimum 5 % dan minimum 10 % dari tegangan nominalnya 220/380 volt.

b) Harmonisa tegangan

Harmonisa tegangan adalah komponen dari suatu bentuk gelombang tegangan dengan frekuensi yang

merupakan kelipatan dari frekuensi dasar dari bentuk gelombang tersebut. Sebagai contoh untuk jaringan listrik dengan frekuensi 50 Hz, maka frekuensi harmoniknya 100 Hz, 150 Hz, dst. Artinya semakin besar amplitudo gelombang frekuensi harmoniknya, maka bentuk gelombang aslinya akan semakin cacat. Bila pada sistem tenaga listrik didapatkan tingkat harmonik tegangannya cukup tinggi, maka bentuk gelombangnya tidak murni sinusoidal. Hal ini bisa mengakibatkan adanya pemanasan yang berlebihan sehingga akan mengakibatkan meningkatnya rugi-rugi pada mesin listrik, kegagalan isolasi, dll.

c) Kedip tegangan

Kedip tegangan merupakan penurunan tegangan sesaat yaitu sebesar 10% - 90% dari tegangan nominalnya dengan interval waktu antara 0,5 second sampai dengan 1 (satu) menit.

d) Kelip tegangan (flicker)

Kelip tegangan adalah suatu fenomena fluktuasi tegangan terhadap harga nominalnya dengan laju perubahan yang cepat ± 10 Hz.

2. Frekuensi

Untuk mempertahankan mutu listrik maka Batas toleransi frekuensi adalah ± 1 % dari frekuensi standar 50 Hz.

2.4.2 Keandalan

Keandalan dalam sistem distribusi adalah suatu ukuran ketersediaan atau tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke pemakai. Ukuran keandalan dapat dinyatakan sebagai seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi (*restoration*) yang diakibatkan oleh gangguan pada sistem. Sistem yang mempunyai keandalan tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan, sedangkan sistem mempunyai keandalan rendah bila tingkat ketersediaan tenaganya rendah maka sering padam.

Adapun macam – macam tingkatan keandalan dalam pelayanan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) hal antara lain :

1. Keandalan sistem yang tinggi (*High Reliability System*).

Pada kondisi normal, sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik. Dan dalam keadaan darurat bila terjadi gangguan pada jaringan, maka sistem ini tentu saja diperlukan beberapa peralatan dan pengamanan yang cukup banyak untuk menghindarkan adanya berbagai macam gangguan pada sistem.

2. Keandalan sistem yang menengah (*Medium Reliability System*).

Pada kondisi normal sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik. Dan dalam keadaan darurat bila terjadi gangguan pada jaringan, maka sistem tersebut masih bisa melayani sebagian dari beban meskipun dalam kondisi beban puncak. Jadi dalam sistem ini diperlukan peralatan yang cukup banyak untuk mengatasi serta menanggulangi gangguan – gangguan tersebut.

3. Keandalan sistem yang rendah (*Low Reliability System*).

Pada kondisi normal, sistem akan memberikan kapasitas yang cukup untuk menyediakan daya pada beban puncak dengan variasi tegangan yang baik. Tetapi bila terjadi suatu gangguan pada jaringan, sistem sama sekali tidak bisa melayani beban tersebut. Jadi perlu diperbaiki terlebih dahulu. Tentu saja pada sistem ini peralatan-peralatan pengamannya relatif sangat sedikit jumlahnya. Kontinuitas pelayanan, penyaluran jaringan distribusi tergantung pada jenis dan macam sarana penyalur dan peralatan pengaman, dimana sarana penyalur (jaringan distribusi) mempunyai tingkat kontinuitas yang tergantung pada susunan saluran dan cara pengaturan sistem operasinya, yang pada hakekatnya direncanakan dan dipilih untuk memenuhi kebutuhan dan sifat beban. Tingkat kontinuitas pelayanan dari

sarana penyalur disusun berdasarkan lamanya upaya menghidupkan kembali suplai setelah pemutusan karena gangguan. (SPLN 52, 1983).

Sebagai indikator keandalan penyaluran adalah angka lama pemadaman / gangguan atau yang disebut Sistem Average Interruption Duration Index (SAIDI) dan angka seringnya pemadaman / gangguan atau yang disebut Sistem Average Interruption Frequency Index (SAIFI).

Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai SAIDI dan SAIFI dari sisi distribusi adalah :

- a. Konfigurasi jaringan yang berkaitan dengan manuver
- b. Kondisi jaringan yang rentan terhadap gangguan dari dalam sistem maupun dari luar sistem
- c. Cara pengoperasian yang tidak memperhatikan kemampuan peralatan maupun kemampuan pasokan daya.

2.5. Karakteristik Beban

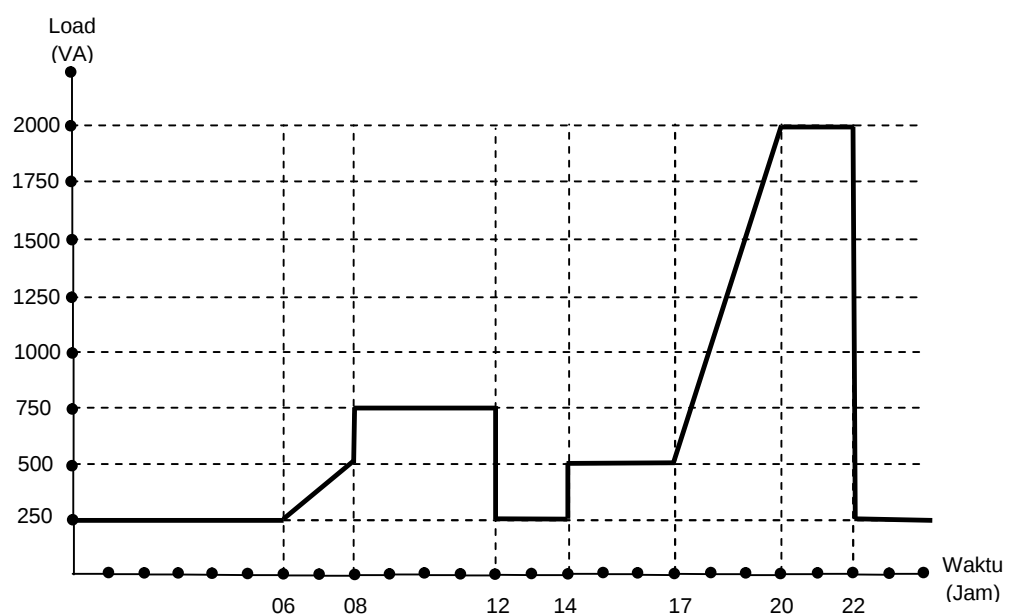
Karakteristik beban merupakan kondisi beban yang sebenarnya yang dikonsumsi oleh pemakai tenaga listrik, karena karakteristik beban ini menjadi suatu acuan dalam menjaga agar kondisi jaringan selalu dalam keadaan baik.

Dengan melihat karakteristik beban maka dapat ditentukan karakteristik perubahan besarnya daya yang diterima oleh beban dalam suatu interval hari tertentu yang dikenal dengan kurva beban harian.

Pada sistem distribusi primer, besar tegangan yang disuplai oleh GI ke pusat-pusat beban akan semakin berkurang sampai pada titik pusat beban tertentu dan tidak lagi sesuai dengan batas yang diperbolehkan karena adanya rugi-rugi. Kondisi semacam ini dapat diatasi dengan melihat karakteristik beban pada GI kemudian bisa menentukan besarnya tegangan pada saat beban rendah, beban menengah dan beban puncak.

2.5.1 Bentuk Beban Listrik Konsumen Rumah Tangga

Daya tersedia sebagaimana tersambung pada jaringan umum dapat berkisar sekitar 2.000 VA. Sebagaimana konsumen rumah tangga, beban puncak akan terjadi pada malam hari. Pagi dan siang hari juga ada pemakaian listrik yang dapat berasal dari setrika, televisi, radio, pendingin ruangan dan lemari es. Berikut adalah kurva beban dari konsumen rumah tangga



Gambar 2.6 Kurva Beban Rumah Tangga

Created with



PDF

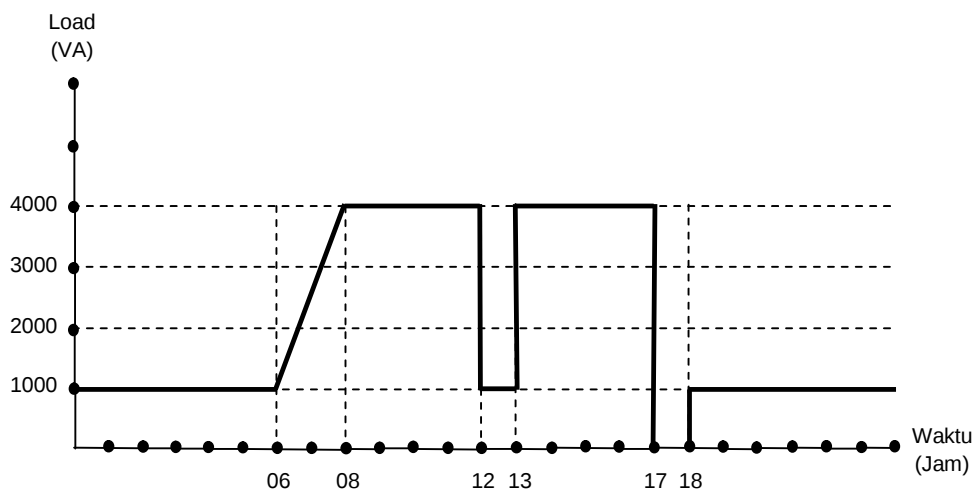
professional

download the free trial online at nitropdf.com/professional

2.5.2 Bentuk Beban Listrik Konsumen Komersial

Dengan konsumen komersial dimaksudkan pelanggan berupa toko, kantor dan rumah makan. Berikut akan di jelaskan beberapa contoh.

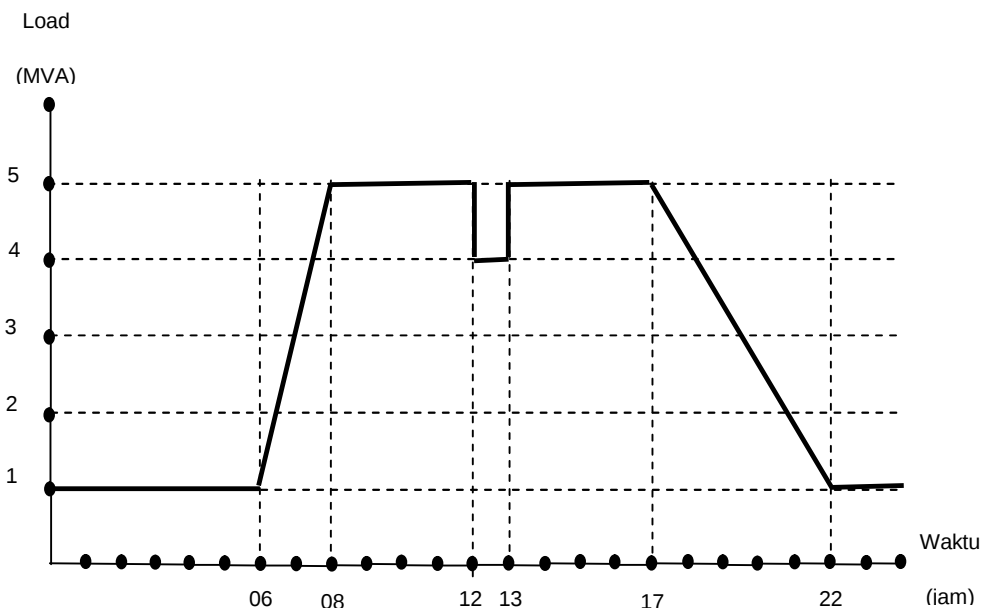
Suatu kantor kecil selain mempergunakan lampu untuk penerangan juga memanfaatkan mesin-mesin kantor berupa mesin tik, komputer dan alat foto kopi.



Gambar 2.7 Kurva Beban Kantor Kecil

Karena sifatnya sebagai kantor, pada umumnya akan bekerja di siang hari. Karena itu beban akan terjadi pada siang hari. Pada sekitar pukul 12.00 siang beban akan menurun karena adanya waktu istirahat untuk makan siang. Lampu-lampu luar akan dipasang pada malam hari. Tergantung dari besar kantor, daya yang tersambung pada jaringan listrik umumnya 4.000 sampai 5.000 VA, atau lebih.

Di kota-kota besar terlihat bangunan besar bertingkat yang merupakan suatu kompleks perkantoran. Gedung-gedung besar ini dilengkapi dengan lift, alat pendingin terpusat, ventilasi, pompa air dan lampu-lampu.



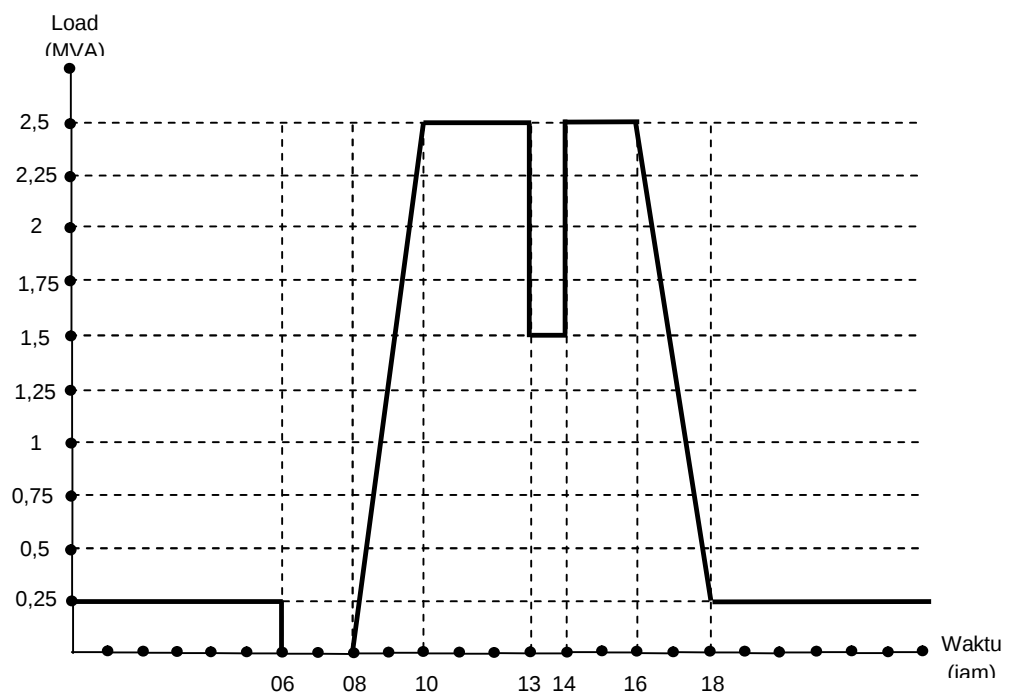
Gambar 2.8 Kurva Beban Gedung Kompleks Perkantoran

Selain itu juga menggunakan komputer, foto kopi dan mesin kantor lainnya. Beban listrik terutama akan terjadi pada siang hari, namun harus dicatat bahwa banyak kantor yang baru tutup sekitar pukul 20.00 - 21.00. Daya tersambung cukup besar, yaitu mencapai 5 - 6 MVA, bahkan lebih.

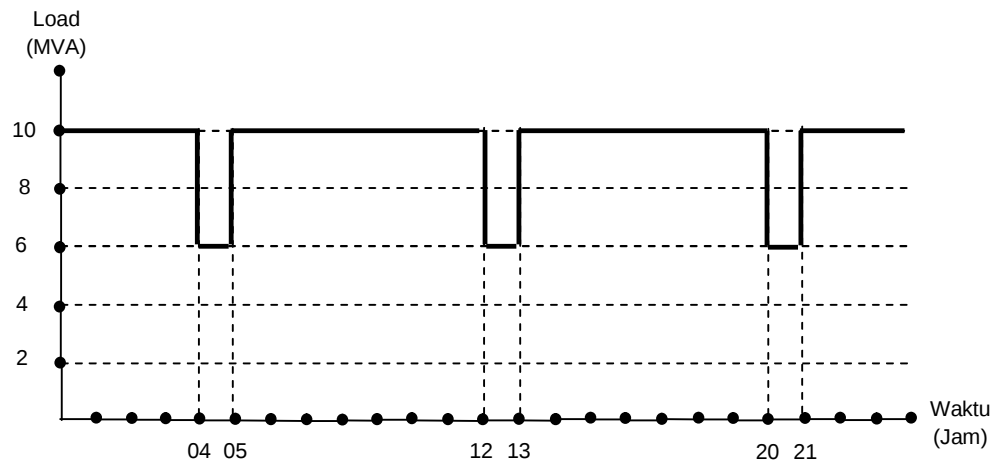
2.5.3. Bentuk Beban Listrik Konsumen Pabrik

Sebagaimana halnya sebuah kantor, konsumen pabrik bekerja pada siang hari. Oleh sebab itu beban puncak akan terjadi pada siang hari, dengan sedikit penurunan pada sekitar pukul 12.00 siang, karena adanya jam istirahat untuk makan siang para pegawai. Tergantung besarnya pabrik, daya yang tersambung pada jaringan listrik umumnya berjumlah hingga puluhan MVA.

Dapat terjadi bahwa suatu pabrik harus bekerja siang maupun malam hari tanpa berhenti. Pabrik yang demikian akan bekerja dengan tiga regu atau shift pegawai. Hal demikian terjadi misalnya pada pabrik semen dan pabrik pupuk. Beban dengan sendirinya akan merata sepanjang hari dan malam hari, kecuali ada sedikit penurunan untuk istirahat. Untuk suatu pabrik seperti peleburan aluminium, bahkan kedepan untuk waktu makan dan istirahat tidak ada.



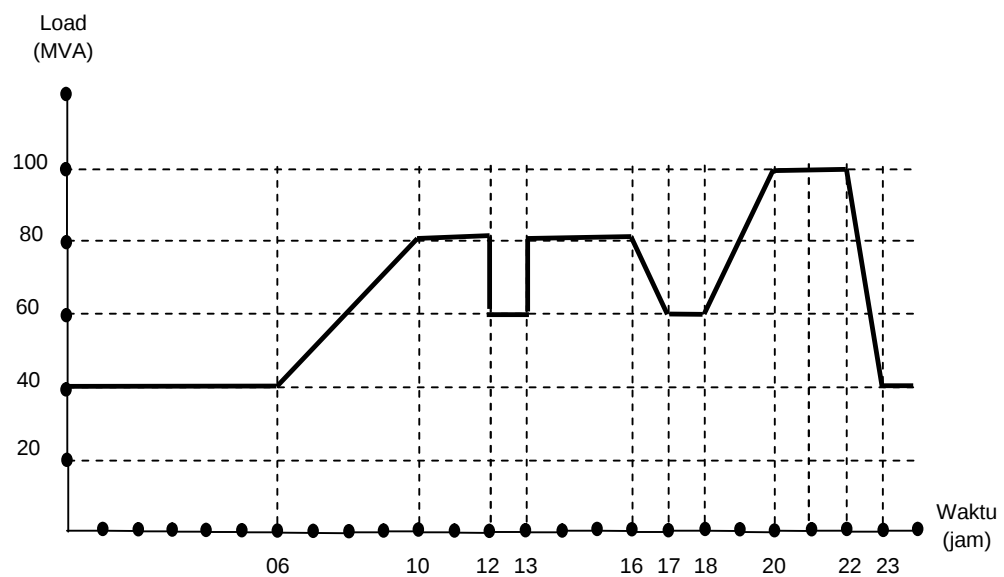
Gambar 2.9 Kurva Beban Pabrik



Gambar 2.10 Kurva Beban Pabrik yang Bekerja dengan Tiga Shift

2.5.4 Lengkung Beban Harian

Untuk jaringan listrik umum, yaitu perusahaan listrik, beban dari berbagai jenis konsumen seperti rumah tangga, toko, restoran, industri dan lain sebagainya akan kumpul jadi satu. Beban demikian yang dipikul oleh jaringan listrik umum itu dinamakan beban harian.



Gambar 2.11 Lengkung Beban Harian

Pelanggan rumah tangga tampaknya dominan, karena puncak beban tertinggi terjadi pada malam hari. Di Negara yang industrinya lebih maju beban puncak tertinggi akan terjadi pada siang hari.

2.6. Daya Listrik

Daya pada sistem tenaga listrik, diketahui ada 3 macam yaitu: daya semu (S) dengan satuan VA, daya aktif (P) dengan satuan watt, serta daya reaktif (Q) dengan satuan VAR.

2.6.1 Daya semu

Daya semu (S) merupakan besaran vektor yang dapat dinyatakan oleh persamaan:

$$\hat{S} = \hat{V} P \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\hat{S} = P + jQ \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

$$|S| \cos \phi = P + jQ \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

$$|S| = |V| |I| \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Untuk sistem satu fasa daya, semu adalah :

$$|S_{1\phi}| = |V_{ln}| |I_l| \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

Sedangkan untuk sistem 3 fasa, daya semu adalah :

$$|S_{3\phi}| = |V_{ll}| |I_l| \sqrt{3} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

V_{In} = tegangan fasa kenetral

V_{II} = tegangan fasa ke fasa

2.6.2 Daya aktif

Daya aktif adalah harga rata-rata dari daya sesaat untuk satu perioda dari arus bolak-balik. Dari persamaan (2.3) untuk sistem satu fasa daya aktif dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$P = |S| \cos \varphi \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

$$P = |V_{10}| |I_l| \cos \varphi \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Sedangkan untuk tiga fasa, daya aktif adalah :

$$|P_{30}| = |V_{ll}| |I_l| \sqrt{3} \cos \varphi \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

Daya aktif ini merupakan komponen daya listrik yang menghasilkan energi atau daya daya yang dapat berguna langsung, seperti daya mekanik, panas, dan lain-lain.

2.6.3 Daya reaktif

Dari persamaan (2.3) untuk sistem satu fasa, daya reaktif dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$Q = |S| \sin \varphi \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

$$Q = |V_{10}| |I_l| \sin \varphi \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Sedangkan untuk sistem tiga fasa, daya reaktif adalah :

$$|Q_{3\phi}| = |V_{ll}| |I_l| \sqrt{3} \sin \varphi \dots\dots\dots (2.13)$$

$$|Q_{3\phi}| = |V_{ln}| |I_l| 3 \sin \varphi \dots\dots\dots (2.14)$$

Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan oleh sistem tenaga listrik untuk keperluan magnetisasi. Daya ini diperlukan untuk membangkitkan fluksi-fluksi magnetik pada peralatan-peralatan listrik dalam rangkaian.