



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Instalasi listrik adalah suatu sistem/rangkaian yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik (*Electrical Power*) untuk kebutuhan manusia. Instalasi pada garis besarnya dapat dibagi dalam :

- Instalasi penerangan listrik
- Instalasi daya listrik

Yang termasuk didalam instalasi penerangan listrik adalah seluruh instalasi listrik yang digunakan untuk memberikan daya listrik pada lampu. Pada lampu ini daya listrik/tenaga listrik diubah menjadi cahaya yang digunakan untuk menerangi tempat/bagian sesuai dengan kebutuhannya.

Instalasi penerangan listrik ada 2 (dua) macam :

- Instalasi didalam gedung
- Instalasi diluar gedung

Instalasi didalam gedung adalah instalasi didalam bangunan gedung (termasuk untuk penerangan teras, dan lain-lain).

Instalasi diluar gedung adalah instalasi diluar bangunan gedung (termasuk disini adalah penerangan halaman, taman, jalan, penerangan papan nama, dan lain-lain).

Tujuan utama dari instalasi penerangan adalah untuk memberikan kenyamanan pada mata didalam menikmati sesuatu atau melaksanakan tugas sehingga hal tersebut dapat dilakukan tanpa adanya akomodasi data yang berlebihan. Jadi pada pekerjaan-pekerjaan yang memerlukan ketelitian maka diperlukan penerangan yang mempunyai kuat penerangan besar sedangkan untuk pekerjaan-pekerjaan yang tidak memerlukan ketelitian tidak perlu menggunakan penerangan yang mempunyai kuat penerangan besar.

Disamping kekuatan diatas, maka pada hal-hal tertentu, misalnya untuk memenuhi faktor-faktor keindahan/estetika, maka ketentuan-ketentuan diatas



kadang-kadang diabaikan, midalnya untuk penerangan didalam nite club, bar, dan lain-lain.

Jadi faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam merencanakan suatu instalasi penerangan listrik adalah:

- Comfort (kenyamanan),
- Estetika (keindahan),
- Memenuhi syarat-syarat teknis.

Instalasi daya listrik adalah instalasi yang digunakan untuk menjalankan mesin-mesin listrik, termasuk disini adalah instalasi untuk melayani motor-motor listrik dipabrik, pompa air dan lain-lain. Pada mesin-mesin ini energi listrik diubah menjadi energi mekanis sesuai dengan kebutuhan manusia.

Syarat-syarat teknis didalam merencanakan instalasi adalah:

- Aman bagi manusia, hewan atau barang,
- Material yang dipasang harus mempunyai kualitas yang baik,
- Penghantar (kabel) yang digunakan harus mampu dialiri arus (current carrying capacity) yang lewat.
- Kerugian tegangan/drop voltage pada beban tidak boleh melebihi 2% dari tegangan nominal pada penerangan, 5% dari tegangan nominal pada mesin-mesin listrik.<sup>1</sup>

## 2.2 Prinsip Dasar Instalasi Bangunan

Agar instalasi listrik yang dipasang dapat digunakan secara optimum, maka ada beberapa prinsip dasar yang perlu sebagai bahan pertimbangan yaitu paling tidak memenuhi 5K+E (Keamanan, Keandalan, Ketersediaan, Ketercapaian, Keindahan dan Ekonomis). Keamanan Instalasi harus dibuat sedemikian rupa, sehingga tidak menimbulkan kecelakaan. Aman dalam hal ini berarti tidak membahayakan jiwa manusia dan terjaminnya per-alatan listrik dan benda-benda disekitarnya dari suatu kerusakan akibat adanya gangguan-gangguan seperti

---

<sup>1</sup>Hazairin Samaulah, *Teknik Instalasi Tenaga Listrik*, (Palembang: Percetakan Universitas Sriwijaya, 2002), hlm. 1.



hubung singkat, arus lebih, tegangan lebih dan sebagai-nya. Oleh karena itu pemilihan peralatan yang digunakan harus memenuhi standar dan teknik pemasangannya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

### **2.2.1 Keandalan**

Keandalan atau kelangsungan kerja dalam mensuplai arus listrik ke beban/konsu-men harus terjamin dengan baik. Untuk itu pemasangan instalasi listriknya harus dirancang sedemikian rupa, sehingga kemungkinan terputusnya aliran listrik akibat gangguan ataupun karena untuk pemeliharaan dapat dilakukan sekecil mungkin :

- diperbaiki dengan mudah dan cepat
- diisolir pada daerah gangguan saja sehingga konsumen pengguna listrik tidak terganggu.

### **2.2.2 Ketersediaan**

Artinya kesiapan suatu instalasi dalam melayani kebutuhan pemakaian listrik lebih berupa daya, peralatan maupun kemungkinan pengembangan/perluasan instalasi, apabila konsumen melakukan perluasan instalasi, tidak mengganggu sistem insta-lasi yang sudah ada, dan mudah menghubungkannya dengan sistem instalasi yang baru (tidak banyak merubah dan mengganti peralatan yang ada).

### **2.2.3 Ketercapaian**

Penempatan dalam pemasangan peralatan instalasi listrik relatif mudah dijangkau boleh pengguna, mudah mengoprasikannya dan tidak rumit.

### **2.2.4 Keindahan**

Pemasangan komponen atau peralatan instalasi listrik dapat ditata sedemikian rupa, selagi dapat terlihat rapi dan indah dan tidak menyalahi aturan yang berlaku.



### **2.2.5 Ekonomis**

Perencanaan instalasi listrik harus tepat sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan bahan dan peralatan seminim mungkin, mudah pemasangannya maupun pemeliharannya, segi-segi daya listriknya juga harus diperhitungkan sekecil mungkin.

Dengan demikian hanya keseluruhan instalasi listrik tersebut baik untuk biaya pemasangan dan biaya pemeliharannya bisa dibuat semurah mungkin.<sup>2</sup>

## **2.3 Persediaan Tenaga Listrik**

### **2.3.1 Pembangkit Sendiri**

Pada beberapa perusahaan produksi, khususnya untuk perusahaan yang membutuhkan tenaga listrik yang berkesinambungan misalnya pabrik kertas, tenun dan lain-lain akan dapat menderita kerugian yang sangat besar apabila terjadi gangguan pada penyediaan tenaga listriknya. Oleh karena itu untuk perusahaan-perusahaan yang demikian diharapkan memiliki pembangkit tenaga listrik sendiri.

Suatu perusahaan yang dari hasil buangnya dapat menghasilkan bahan bakar untuk sentral listrik sendiri (kogenerasi) akan merupakan perusahaan yang menguntungkan ditinjau dari segi ekonomi.

### **2.3.2 Saluran Udara Tegangan Tinggi**

Saluran udara tegangan tinggi dari PLN atau Swasta berarti gedung tersebut harus menyediakan ruangan yang baik/luas. Didalam ruangan ini, yang terdiri dari “ruangan tegangan tinggi, meliputi switch, circuit breaker, arrester, dan lain-lain” harus terpisah dari pabrik, sehingga aman bagi pekerja/karyawan pabrik. Pada umumnya untuk daya lebih besar 3 MVA menggunakan sistem ini.

---

<sup>2</sup>Prih Sumardjati, dkk, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 1*, (Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008), hlm. 77.



### 2.3.3 Jaringan Tegangan Menengah

Dengan menggunakan jaringan tegangan menengah dari PLN, Swasta atau Pemda berarti gedung harus menyediakan tempat yang baik, meskipun tidak seluas pada sistem saluran udara tegangan tinggi.

Didalam ruang tegangan menengah tersebut ditempatkan satu atau lebih transformator tenaga tanpa mengakibatkan adanya bahaya apapun juga. Pada umumnya sistem ini dipakai apabila pabrik mempunyai daya total  $0,54 \approx 2$  MVA.

### 2.3.4 Jaringan Tegangan Rendah

Jaringan tegangan rendah dapat diberikan oleh perusahaan tenaga listrik apabila dayanya  $\leq 53$  KVA.<sup>3</sup>

## 2.4 Sistem Pembagi

Didalam suatu gedung, tenaga listrik dibagi ke berbagai mesin-mesin listrik dan peralatan lainnya melalui panel-panel listrik.

Umumnya panel-panel listrik ini adalah:

- Panel utama
- Panel distribusi
- Panel untuk penerangan listrik

Panel-panel listrik ini pada umumnya terbuat dari:

- Besi cor
- Aluminium
- Plat besi

Dimana didalam panel listrik ini berisi:

- Saklar utama
- Rel/Busbar
- Sekring/pengaman arus lebih
- Meter-meter pengukur
- Dan lain-lain<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup>Hazairin Samaulah, op. cit. hlm 114



## 2.5 Penghantar

Untuk mensuplai beban pada suatu instalasi listrik agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya maka diperlukan suatu penghantar atau kabel. Dengan demikian penghantar merupakan suatu komponen yang mutlak ada pada suatu instalasi listrik.

Penghantar yang diperlukan haruslah sesuai dan cocok dengan besarnya beban yang disuplai. Serta memenuhi suatu persyaratan yang telah ditetapkan dan diakui oleh instansi yang berwenang agar terjamin keamanan dan keandalan suatu sistem instalasi listrik.

Ada tiga bagian yang pokok dari suatu penghantar pada kabel, yaitu :

1. Penghantar merupakan media untuk menghantarkan listrik.
2. Isolasi merupakan bahan elektrik untuk mengisolir antara penghantar satu dengan penghantar yang lainnya maupun terhadap lingkungannya.
3. Pelindung luar yang memberikan pelindung dari kerusakan mekanis, pengaruh bahan kimia, api dan pengaruh oleh keadaan luar lainnya.

Menurut konstruksinya untuk inti dari suatu kabel ada bentuk pejal dan serabut. Untuk penghantar yang menghendaki kelenturan dan fleksibilitas yang tinggi maka digunakan inti serabut yakni sejumlah kawat yang dikumpulkan menjadi satu. Untuk inti pejal digunakan dalam ukuran sampai 16 mm.

Kabel-kabel yang mempunyai kelenturan yang tinggi untuk pengawatan panel distribusi adalah kabel yang intinya berserat halus. Hal ini bertujuan agar untuk memudahkan dalam instalasi di panel tersebut.

### 2.5.1 Bahan Penghantar

Sebagai bahan penghantar untuk kabel listrik digunakan tembaga atau aluminium. Tembaga yang digunakan untuk penghantar kabel umumnya tembaga elektrolis, dengan kemurnian sekurang-kurangnya 99,9 %. Tahanan untuk tembaga lunak untuk hantaran listrik telah diberlakukan secara internasional, yaitu

---

<sup>4</sup>Ibid., hlm. 116



tidak boleh melebihi  $:1/58 = 0,017241 \text{ ohm mm}^2/\text{m}$  pada  $20^\circ\text{C}$  atau sama dengannya hantar sekurang-kurangnya: 58 siemens = 100 % IACS (Internasional Annealed Copper Standard).

### 2.5.2 Jenis Penghantar

Jenis penghantar atau kabel dinyatakan dengan singkatan-singkatan terdiri dari sejumlah huruf dan kadang-kadang juga angka. Menurut jenisnya kabel dapat dibedakan menjadi :

#### 2.5.2.1 Kabel Instalasi

Jenis penghantar yang banyak digunakan pada suatu instalasi rumah tinggal ialah kabel NYA dan NYM. Ketentuan yang harus diperhatikan di dalam pemasangan kabel NYA sebagai berikut :

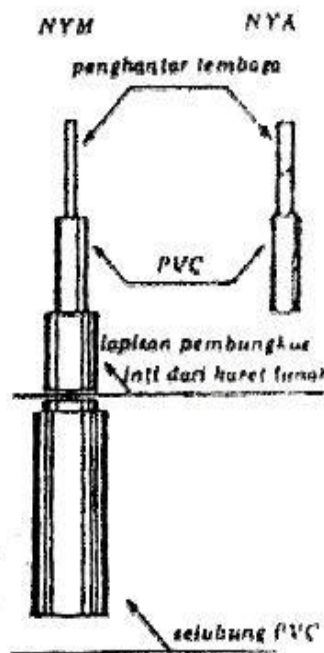
1. Untuk pemasangan tetap dalam jangkauan tangan, kabel NYA harus dilindungi dengan pipa instalasi.
2. Diruang lembab, kabel NYA harus dipasang dalam pipa PVC untuk pemasangannya.
3. Kabel NYA tidak boleh dipasang langsung menempel pada plesteran atau kayu, tetapi harus dilindungi dengan pipa instalasi.
4. Kabel NYA boleh digunakan di dalam alat listrik, perlengkapan hubungan bagi dan sebagainya.
5. Kabel NYA tidak boleh digunakan diruang basah, ruang terbuka, tempat kerja atau gudang dengan bahaya kebakaran atau ledakan.

Sedangkan ketentuan-ketentuan untuk pemasangan kabel NYM adalah sebagai berikut :

1. Kabel NYM boleh dipasang langsung menempel atau ditanam pada plesteran, di ruang lembab atau basah dan ditempat kerja atau gudang dengan bahaya kebakaran atau ledakan.



2. Kabel NYM boleh langsung dipasang langsung pada bagian-bagian lain dari bangunan, konstruksi, rangka dan lain sebagainya. Dengan syarat pemasangannya tidak merusak selubung luar kabel.
3. Kabel NYM tidak boleh dipasang di dalam tanah.
4. Dalam hal penggunaan, kabel instalasi yang terselubung memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan instalasi di dalam pipa, yaitu :
  - Lebih mudah dibengkokkan
  - Lebih tahan terhadap pengaruh asam, uap atau gas
  - Sambungan dengan alat pemakai dapat ditutup lebih rapat.



**Gambar 2.1 Konstruksi Kabel NYA dan NYM**

### 2.5.2.2 Kabel Tanah

1. Kabel Tanah Termoplastik Tanda Perisai

Jenis kabel ini ada 2 macam NYY dan NAYY. Pada prinsipnya susunan kabel NYY sama dengan susunan kabel NYM, hanya tebal isolasi



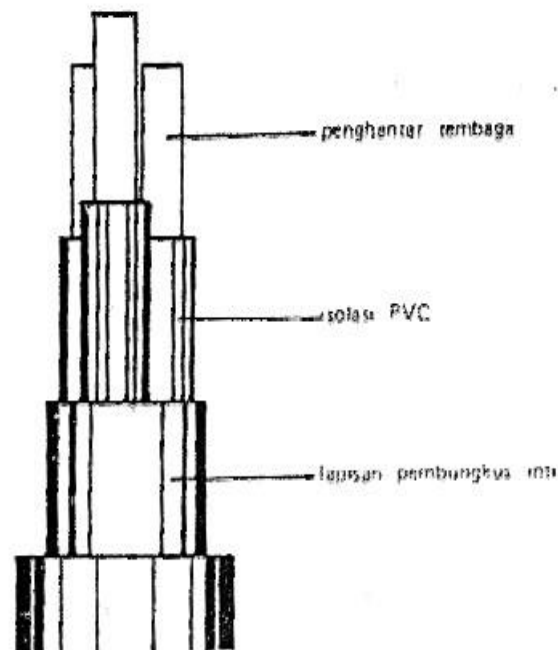
dan selubung luarnya, serta jenis kompon PVC yang digunakan berbeda. Warna selubungluarnya hitam. Untuk kabel tegangan rendah, tegangan nominalnya 0,6/1kV, dimana:

0,6 kV = tegangan nominal terhadap tanah.

1 kV = tegangan nominal penghantar.

Uratnya dapat mencapai satu sampai lima. Luas penampang penghantarnya dapat mencapai 240 mm<sup>2</sup> atau lebih. Konstruksi kabel NYY dapat

dilihat pada gambar 2.2. Kegunaan utama dari kabel NYY adalah kabel tenaga untuk instalasi pada industri, di dalam gedung maupun di alam terbuka dan pada saluran kabel dan lemari hubung bagi. Kabel NYY dapat juga ditanam di dalam tanah asalkan diberi perlindungan secukupnya terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan mekanis.



**Gambar 2.2 Konstruksi Kabel NYY**

## 2. Kabel Tanah Termoplastik Berperisai

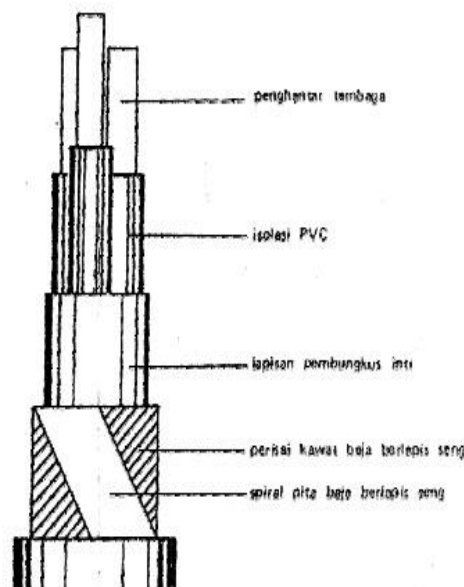
Jenis kabel ini bervariasi yang banyak digunakan seperti kabel NYFGby



dan NYRGby. Bentuk kabel ini dan konstruksinya dapat dilihat pada gambar 2.3. Inti-

intidaripenghantartembagatanpadilapisitimahputihdanbervariasiPVC.

Kabel ini digunakan karena kemungkinan ada gangguan mekanis. Untuk pemasangan kabel ke terminal atau peralatan lainnya, penyambungannya harus di solder atau diberi sepatu kabel pada ujung-ujungnya.



**Gambar 2.3 Konstruksi Kabel Tanah NYFGbY dan NYRGbY**

Arti huruf – huruf kode yang digunakan:

N = Kabel jenis standar dengan penghantar tembaga

NA = Kabel jenis standar dengan penghantar aluminium

Y = Isolasi atau selubung PVC

F = Perisai kawat baja pipih

R = Perisai kawat baja kuat

Gb = Sprai pita baja

re = Penghantar padabulat

rm = Penghantar bulat kawat banyak

se = Penghantar padat bentuk sektor



sm = Penghantar kawat banyak bentuksector

### 2.5.3 Identifikasi Hantara Dengan Warna

Mengenai penggunaan warna untuk identifikasi hantaran berlaku ketentuan-ketentuan di bawah ini:

- Untuk hantaran pentanahan hanya dapat digunakan warna majemuk hijau-kuning. Warni ini tidak boleh digunakan untuk tujuan lain.
- Pada instalasi dengan hantaran netral atau kawat tengah, untuk hantaran netral atau kawat tengahnya harus digunakan warna biru. Hanya pada instalasi tanpa hantaran netral atau kawat tengah, warna biru boleh digunakan untuk maksud lain kecuali untuk menandai hantaran pentanahan.
- Pada instalasi fasa 3, warna yang harus digunakan untuk fasa-fasanya ialah:
  - Fasa 1 (fasa R) : Merah
  - Fasa 2 (fasa S) : Kuning
  - Fasa 3 (fasa T) : Hitam
- Ketentuan-ketentuan diatas berlaku untuk semua instalasi pasangan tetap maupun sementara, termasuk dalam perlengkapan hubung bagi. Untuk pengawatan didalam peralatan listrik dianjurkan supaya digunakan hanya satu warna, khususnya hitam, kecuali untuk hantaran pentanahan dan netral. Bila dipandang perlu, penggunaan warna dan warna majemuk lain didalam peralatan listrik tidak dilarang.
- Kabel berselubung berurat tunggal boleh digunakan untuk hantaran fasa, netral maupun pentanahan, asalkan instalasinya yang terlihat dikedua ujung kabel (yaitu bagian yang dikupas selubungnya), dibalut dengan pita berwarna yang sesuai dengan warna-warna tersebut diatas



Ketentuan-ketentuan diatas berlaku untuk hantaran berisolasi tunggal seperti NYA dan NGA. Maupun untuk kabel berurat banyak, misalnya NYM, NYY dan seterusnya.<sup>5</sup>

#### 2.5.4 Luas Penampang Hantaran

Luas penampang hantaran yang harus digunakan pertama-tama ditentukan oleh kemampuan hantar arus yang diperlukan dan suhu keliling yang harus diperhitungkan. Selain itu harus juga diperhatikan rugi tegangannya. Rugi tegangan antara perlengkapan hubung-bagi utama (yaitu yang berada di dekat kWh-meter PLN) dan setiap titik beban pada keadaan stasioner dengan beban penuh, tidak boleh melebihi 5% dari tegangan perlengkapan hubung-bagi utama. Disamping itu harus juga dipertimbangkan kemungkinan perluasan instalasi dikemudian hari, dan kekuatan mekanis hantarannya.

Untuk instalasi rumah tinggal pasangan tetap, hantarannya harus memiliki luas penampang tembaga sekurang-kurangnya  $1,5 \text{ mm}^2$ . Untuk saluran dua kawat, hantaran netralnya harus memiliki luas penampang sama dengan luas penampang hantaran fasanya.

Untuk saluran fasa-tiga dengan hantaran netral, kemampuan hantar arus hantaran netralnya harus sesuai dengan arus maksimum yang mungkin timbul dalam keadaan beban tak seimbang yang normal. Luas penampangnya harus sekurang-kurangnya sama dengan luas penampang yang tercantum dalam **tabel 2.1.**<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup>P. Van. Harten, Ir. E. Setiawan, *Instalasi Arus Kuat 1*, (Bandung: Binacipta, 1991), hlm. 110

<sup>6</sup>Ibid., hlm. 73



**Tabel 2.1 Luas Penampang Nominal Minimum Hantaran Netral Dari Bahan Sama Seperti Bahan Hantaran Fasa Suatu Saluran Fasa-Tiga dengan Hantaran Netral<sup>7</sup>**

| 1               | 2                                                               | 3                                                                                                       |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HANTARAN FASA   | HANTARAN NETRAL                                                 |                                                                                                         |
|                 | DALAM PIPA INSTALASI<br>KABEL BERURUT BANYAK<br>DAN KABEL TANAH | PADA SALURAN UDARA<br>DAN INSTALASI<br>PASANGAN TERBUKA, DI<br>ALAM TERBUKA<br>MAUPUN DALAM<br>BANGUNAN |
| Mm <sup>2</sup> | Mm <sup>2</sup>                                                 | Mm <sup>2</sup>                                                                                         |
| 1,5             | 1,5                                                             | -                                                                                                       |
| 2,5             | 2,5                                                             | -                                                                                                       |
| 4               | 4                                                               | 4                                                                                                       |
| 6               | 6                                                               | 6                                                                                                       |
| 10              | 10                                                              | 10                                                                                                      |
| 16              | 16                                                              | 16                                                                                                      |
| 25              | 16                                                              | 25                                                                                                      |
| 35              | 16                                                              | 35                                                                                                      |
| 50              | 25                                                              | 50                                                                                                      |
| 70              | 35                                                              | 50                                                                                                      |
| 95              | 50                                                              | 50                                                                                                      |
| 120             | 70                                                              | 70                                                                                                      |
| 150             | 70                                                              | 70                                                                                                      |
| 195             | 95                                                              | 95                                                                                                      |
| 240             | 120                                                             | 120                                                                                                     |
| 300             | 150                                                             | 150                                                                                                     |
| 400             | 185                                                             | 185                                                                                                     |

<sup>7</sup> Ibid, hlm 77



## 2.6 Klasifikasi Beban

Berdasarkan jenis konsumen energi listrik, secara garis besar, ragam beban dapat diklasifikasikan ke dalam :

### 1. Beban rumah tangga

Pada umumnya beban rumah tangga berupa lampu untuk penerangan, alat rumah tangga, seperti kipas angin, pemanas air, lemari es, penyejuk udara, mixer, oven, motor pompa air dan sebagainya. Beban rumah tangga biasanya memuncak pada malam hari.

### 2. Beban komersial

Beban ini terdiri dari penerangan untuk reklame, kipas angin, penyejuk udara dan alat – alat listrik lainnya yang diperlukan untuk restoran. Beban hotel juga diklasifikasikan sebagai beban komersial (bisnis) begitu juga perkantoran. Beban ini secara drastis naik di siang hari untuk beban perkantoran dan pertokoan dan menurun di waktu sore.

### 3. Beban industri

Dibedakan dalam skala kecil dan skala besar. Untuk skala kecil banyak beroperasi di siang hari sedangkan industri besar sekarang ini banyak yang beroperasi sampai 24 jam.

### 4. Beban Fasilitas Umum

Pengklasifikasian ini sangat penting artinya bila kita melakukan analisa karakteristik beban untuk suatu sistem yang sangat besar. Perbedaan yang paling prinsip dari empat jenis beban diatas, selain dari daya yang digunakan dan juga waktu pembebanannya. Pemakaian daya pada beban rumah tangga akan lebih dominan pada pagi dan malam hari, sedangkan pada beban komersial lebih dominan pada siang dan sore hari. Pemakaian daya pada industri akan lebih merata, karena banyak industri yang bekerja siang-malam. Maka dilihat dari sini, jelas pemakaian daya pada industri akan lebih menguntungkan karena kurva bebannya akan lebih merata. Sedangkan pada beban fasilitas umum lebih dominan pada siang dan malam hari. Beberapa daerah operasi



tenaga listrik memberikan ciri tersendiri, misalnya daerah wisata, pelanggan bisnis mempengaruhi penjualan kWh walaupun jumlah pelanggan bisnis jauh lebih kecil dibanding dengan pelanggan rumah tang

## **2.7 Beban Daya**

### **2.7.1 Kebutuhan Beban (Load Demand)**

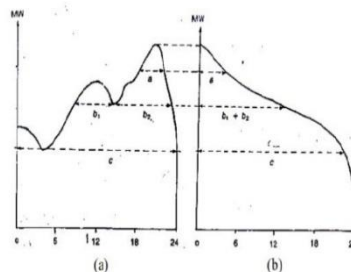
Kebutuhan beban dari suatu daerah tergantung dari daerah, penduduk dan standar kehidupannya, rencana pengembangannya sekarang dan masa datang, harga daya dan sebagainya. Di India Komite Penyelidikan Daya Tahunan (*Annual Power Survey Committees*) yang berada dibawah perlindungan Penguasa Pusat Listrik (*Central Electricity Authority*) dipercaya untuk melaksanakan tugas penyiapan perkiraan kebutuhan daya nasional. Komisi perencanaan dan Dewan Listrik Negara (*Planning Commission and State Electricity Boards*) juga melakukan beberapa percobaan. Teknik – teknik yang dipakai oleh biro – biro ini dibatasi sampai pada kecenderungan, akhir penggunaan dan rumus – rumus belaka. Akan tetapi terdapat juga suatu kebutuhan untuk memperbaiki metodologinya untuk memperkirakan kebutuhan daya secara lebih teliti. Tugas ini telah dipercayakan pada Komite Penyelidikan Daya Tahunan kesebelas (*Eleventh Annual Power Supply Committee*).

### **2.8 Karakteristik Beban (Load Characteristics)**

Karakteristik perubahan besarnya daya yang diterima oleh beban sistem tenaga setiap saat dalam suatu interval hari tertentu dikenal sebagai kurva beban harian. Penggambaran kurva ini dilakukan dengan mencatat besarnya beban setiap jam melalui pencatatan Mega Watt-meter yang terdapat di gardu induk. Sumbu vertikal menyatakan skala beban dalam satuan MW. Sedangkan sumbu horizontal menyatakan skala pencatatan waktu dalam 24 jam. Dengan demikian luas daerah dibawah kurva merupakan besarnya energi listrik yang diserap oleh beban dalam



waktu 1 hari ( $MW \times \text{jam} = MWh$ ). Contoh beban harian pada hari kerja biasanya terlihat pada gambar 2.4a.



**Gambar 2.4 Contoh beban harian<sup>8</sup>**

Adapun perlu mengetahui sifat umum dari beban yang karakteristiknya ditentukan oleh faktor kebutuhan (*demand factor*), faktor beban (*load factor*), atau faktor diversitas (*diversity factor*).

### 2.8.1 Faktor kebutuhan (*demand factor*)

Kapasitas sebuah peralatan listrik pada dasarnya tergantung pada suhu kerja terakhirnya; jadi sebuah transformer dengan kapasitas jauh kurang dari 1000 kVA dapat menangani puncak sebesar ini yang dibebankan selama periode beberapa detik atau bahkan beberapa menit. Kapasitas stasiun daya bagaimanapun juga tergantung pada batas mesin penggeraknya dan karenanya mempunyai kapasitas beban lebih yang terbatas.

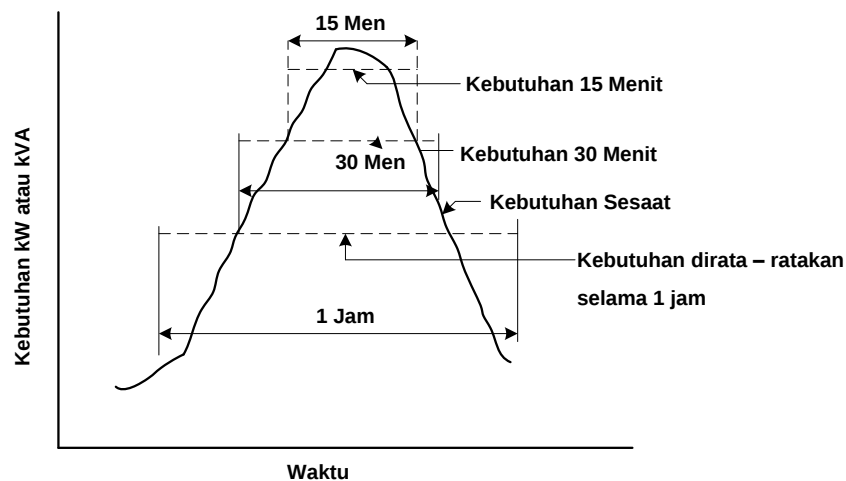
Dalam praktek, listrik diperjualbelikan berdasar kebutuhan yang dalam kenyataan kebutuhan rata – rata yang tercatat pada suatu periode tertentu biasanya 15, 30 atau dalam hal – hal tertentu 60 menit. Gambar 2.13 menggambarkan bahwa besarnya kebutuhan maksimum berubah untuk periode waktu selama diukur. Puncak sesaat selalu yang paling tinggi, pada saat interval waktu bertambah, besarnya kebutuhan turun. Periode 30 menit sering disarankan karena alasan – alasan berikut :

<sup>8</sup> A S Pabla, Ir. Abdul Hadi, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, (Jakarta: Erlangga, 1986), hlm. 6



- Tidak ada denda yang besar untuk kelalaian puncak untuk waktu yang pendek.
- Adanya bermacam – macam konstanta waktu pemanasan peralatan listrik seperti misalnya motor listrik.
- Kebanyakan meter peralatan menyediakan pencatatan kebutuhan 30 menit.

Kebutuhan puncak atau maksimum suatu instalasi atau sistem biasanya dinyatakan sebagai harga terbesar tingkat kebutuhan 30 menit pada periode tertentu, seperti misalnya satu bulan atau satu tahun.



**Gambar 2.5 Perubahan Kebutuhan Maksimum Terhadap Waktu**

### 2.8.2 Faktor beban (*load factor*)

Ini merupakan perbandingan dari daya rata – rata dengan kebutuhan maksimum. Penting untuk dicatat bahwa faktor beban tidak berarti apa – apa kecuali bila interval waktu antara kebutuhan maksimum dan periode waktu yang diambil rata – ratanya ditentukan; sebagai contoh, faktor beban 30 menit, bulanan, tahunan dan sebagainya, jadi

$$\text{Faktorbeban} = \frac{\text{jumlah satuan yang dipakai pada suatu periode yang ditentukan}}{\text{kebutuhan maksimum} \times \text{jumlah jam pada periode yang sama}} \dots (2.1)$$



### 2.8.3 Faktor diversitas (*diversity factor*)

Ini perbandingan antara jumlah daya maksimum yang dibutuhkan konsumen atau sub bagian dari sembarang atau sebagian dari sistem terhadap kebutuhan maksimum keseluruhan atau bagian dari sistem yang dimaksud. Jadi

$$\text{faktor diversitas} = \sum \frac{d}{D} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana  $\sum d$  merupakan jumlah kebutuhan maksimum sub bagian atau konsumen dan  $D$  merupakan kebutuhan maksimum seluruh sistem atau bagian sistem yang dimaksud.

Dalam bentuk ini, faktor diversitas merupakan angka yang lebih besar dari satu. Untuk mudahnya, faktor kesamaan yang merupakan kebalikan dari faktor diversitas dapat dipakai.<sup>9</sup>

## 2.9 Macam – Macam Daya Listrik

Sistem tenaga listrik pada dasarnya terdiri dari tiga elemen yaitu pusat pembangkit, transmisi (penyaluran daya) dan pusat beban (*distribusi/load centre*).

Jarak antar pusat pembangkit dan pusat beban tergantung dari lokasi daerah dan macam pusat pembangkit yang digunakan. Sebagai contoh, pusat listrik tenaga air (PLTA) lokasinya sudah tertentu menurut letak tenaga air (air terjun/bendungan) yang tersedia. Sedangkan pusat listrik tenaga uap (PLTU) lokasinya harus dekat air dan biasanya fleksibel (dekat) jaraknya dibandingkan PLTA.

Karena jaraknya yang berbeda-beda antara pusat listrik dan pusat beban di atas, maka daya listrik yang akan dibangkitkan harus disalurkan melalui kawat-kawat (saluran-saluran) transmisi dengan panjang yang berbeda-beda pula menurut kebutuhan.

Banyaknya persoalan yang timbul dalam transmisi regulasi tegangan, stabilitas sistem, rugi-rugi pada transmisi, perbaikan faktor daya, koordinasi

<sup>9</sup>Ibid, hlm. 130.



isolasi, gangguan petir dan lain-lain. Mendorong para ahli teknik listrik untuk lebih memikirkan cara-cara penyaluran daya dengan kondisi paling optimum.

Seperti yang telah diketahui, bahwa daya listrik dibagi menjadi tiga macam daya, yaitu :

1. Daya aktif
2. Daya semu
3. Daya reaktif

Namun untuk pengertian daya dapat dikatakan adalah hasil perkalian antara tegangan dengan arus serta dipengaruhi oleh faktor kerja ( $\cos \phi$ ).

Untuk lebih jelas mengenai macam-macam daya ini dapat dilihat pada penjelasan berikut ini :

### 2.9.1 Daya Aktif

Daya aktif adalah daya listrik yang digunakan untuk keperluan menggerakkan mesin-mesin listrik atau peralatan lainnya, dimana dalam persamaannya dituliskan seperti di bawah ini :

Untuk satu fasa:

$$P = V_n \times I \times \cos \phi \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk tiga fasa:

$$P = \sqrt{3} \times V_L \times I \times \cos \phi \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

|             |                        |
|-------------|------------------------|
| $\cos \phi$ | = Faktor kerja         |
| $V_L$       | = Tegangan fasa        |
| $V_n$       | = Tegangan fasa netral |
| $I$         | = Arus                 |
| $P$         | = Daya aktif           |

Untuk satuan daya aktif ini adalah Watt, KW atau MW. Dan untuk daya kuda sama dengan satuan daya mekanik MP.



### 2.9.2 Daya Semu

Daya semu adalah daya listrik yang melalui suatu penghantar transmisi atau distribusi, dimana daya ini merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus yang melalui penghantar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di bawah ini :

Untuk satu phasa:

$$S = V_n \times I \dots\dots\dots (2.5)$$

Untuk tiga phasa:

$$S = \sqrt{3} \times V_L \times I \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

$V_n$  = Tegangan phasa netral

$V_L$  = Tegangan phasa

$I$  = Arus yang mengalir pada penghantar

$S$  = Daya semu

Untuk satuan besarnya adalah VA, KVA atau MVA

### 2.9.3 Daya Reaktif

Daya reaktif adalah selisih antara daya semu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar itu sendiri, yang mana daya ini terpakai untuk daya mekanik dan panas. Daya reaktif ini adalah hasil kali besarnya arus dikalikan tegangan yang dipengaruhi oleh faktor-faktor kerja sin ( $\sin \phi$ ).

Daya reaktif ini dapat dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

Untuk satu phasa:

$$Q = V_n \times I \times \sin \phi \dots\dots\dots (2.7)$$

Untuk tiga phasa:

$$Q = \sqrt{3} V_L I \sin \phi \dots\dots\dots (2.8)$$



Dimana :

$Q$  = Daya reaktif

$V_n$  = Tegangan phasa netral

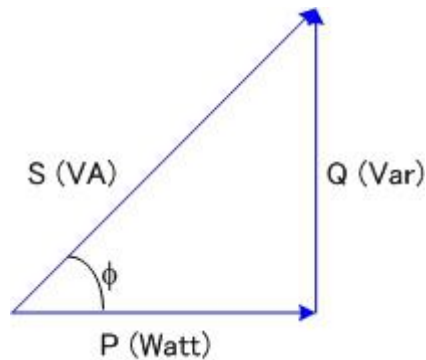
$V_L$  = Tegangan phasa

$I$  = Arus

$\sin \phi$  = Faktor kerja

Untuk satuan daya reaktif ini adalah VAR, KVAR, MVAR maka dari ketiga macam daya tersebut di atas, lebih dikenal dengan segitiga daya.

Segitiga daya adalah suatu hubungan antara daya semu, daya reaktif dan aktif, sehingga dapat digambarkan dalam bentuk segitiga daya sebagai berikut :



**Gambar 2.6 Segitiga daya<sup>10</sup>**

## 2.10 Tegangan Jatuh Dan Rugi-Rugi Tegangan/Daya

Untuk saluran daya digunakan bahan yang memiliki sifat konduktifterhadap arus listrik, yaitu bahan yang resistansinya rendah, dan sifat ini di milikibahan-bahan logam pada umumnya. Dalam praktek, meskipun resistansi suatu bahan(logam)

dipilihrendahbagaimanapun tetapresistipdantetapmenimbulkanrugi-rugipada saluran itu. Besarnya rugi yang terjadi selalu tergantung pada besarnya tahananbahan

saluran, jugaditentukanolehbesararusyanglewatsaluran. Sedangkanresistansi totalsaluranitusendiriselaintergantungpadajenisbahansaluran, tergantungjuga pada

<sup>10</sup>Cekmas Cekdin, Taufik Barlian, *Transmisi Daya Listrik*, (Palembang: ANDI, 2013), hlm. 17.  
Zuhal, *Dasar Teknik Tenaga Listrik*, Jakarta, 1989, hlm. 30



jarak saluran dan ukuran (luas penampang) saluran. Keterkaitan antarabesarnya rugi-rugi pada saluran dengan saluran itu sendiri dinyatakan dalam persamaan berikut ini:

$$\text{Tahanan saluran}(R) = \rho \times \left(\frac{l}{A}\right)(\text{ohm}) \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

$l$  = panjangsaluran

$\rho$  = tahanan jenis bahansaluran

$A$  = luas penampangsaluran

Karena adanya sifat resistip ini maka bila saluran dialiri arus akan terjadi rugi, yaitu:

Rugi - rugi tegangan:

$$V_{loss} = I \times R = I \times \rho \left(\frac{l}{A}\right)(\text{Volt}) \dots\dots\dots(2.10)$$

Rugi - rugidaya:

$$P_{loss} = I^2 \times R = I^2 \times \rho \left(\frac{l}{A}\right)(\text{Watt}) \dots\dots\dots(2.11)$$

Akibat adanya rugi-rugi ini maka terjadi selisih antara tegangan di titik sumber dengan di titik beban :

$$V_k - V_t = I \times \rho \left(\frac{l}{A}\right)(\text{Volt}) \dots\dots\dots (2.12)$$

Dan selisih daya yang dikirimkan dari sumber dengan daya yang diterima oleh beban sebesar:

$$P_k - P_t = I^2 \times \rho \left(\frac{l}{A}\right)(\text{Watt}) \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana:

$V_k$  = Tegangan di sisi kirim(sumber)



$V_t$  = Tegangan di sisi terima(beban)

$P_k$  = Daya di sisi kirim(sumber)

$P_t$  = Daya di sisi terima(beban)

Rugi - rugi daya pada saluran ini akan didisipasikan dalam bentuk panas yang terbuang sia-sia di sepanjang saluran, sedangkan rugi tegangan (*drop voltage*) akan menyebabkan harga tegangan di titik beban menjadi tidak nominal. Dengan memperhitungkan besarnya rugi-rugi pada saluran, maka salah satu cara untuk mempertahankan agar harga tegangan sisi terima tetap (mendekati) nominal adalah dengan menaikkan tegangan di sisi kirim. Cara demikian ternyata tidak selalu dapat diterapkan, sebab tidak selalu satu titik sumber hanya melayani satu titik beban, dan tidak selalu semua titik beban mengalami rugi tegangan yang sama besarnya, apalagi bila saluran distribusi terdiri atas banyak cabang-cabangnya.

Dari persamaan tentang rugi-rugi telah diketahui bahwa faktor penentunya adalah besarnya arus yang lewat dan besarnya resistansi saluran, yang bila diuraikan lebih lanjut juga berarti tergantung pada jarak saluran, jenis bahan konduktor saluran, dan ukuran penampang konduktor.

Dalam praktek, parameter-parameter konduktor adalah merupakan faktor design dengan harga konstan (artinya harga  $R$  juga konstan), Dengan demikian, dalam perencanaan suatu jaringan distribusi harus sudah ditentukan terlebih dahulu jenis bahan dan ukuran konduktor serta panjang salurannya yang variabel mengikuti situasi beban berupa besar arus beban.

## 2.11 Faktor Daya

Asumsi yang digunakan adalah sistem listrik menggunakan sumber tegangan berbentuk sinusoidal murni dan beban linier. Beban linier adalah beban yang menghasilkan bentuk arus sama dengan bentuk tegangan. Pada kasus sumber



tegangan berbentuk sinusoidal murni, beban linier mengakibatkan arus yang mengalir pada jaringan juga berbentuk sinusoidal murni.

Beban linier dapat diklasifikasikan menjadi 4 macam, yaitu:

1. Beban resistif; dicirikan dengan arus yang sefasa dengan tegangan. Merupakan suatu resistor murni yang terdiri dari komponen tahanan ohm saja (*resistance*). Contohnya: lampu pijar dan pemanas. Beban ini hanya menyerap daya aktif dan tidak menyerap daya reaktif sama sekali. Secara matematis dinyatakan:

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (2.14)^{11}$$

Dimana:

R = Hambatan (ohm)

V = Tegangan (volt)

I = Kuat Arus (ampere)

2. Beban induktif; dicirikan dengan arus yang tertinggal terhadap tegangan sebesar  $90^\circ$ . Beban induktif adalah beban yang mengandung kumparan kawat yang dililitkan pada sebuah inti biasanya inti besi, contoh : motor – motor listrik, induktor dan transformator. Beban ini mempunyai faktor daya antara 0 – 1 “lagging”. Beban ini menyerap daya aktif (kW) dan daya reaktif (kVAR). Tegangan mendahului arus sebesar  $\phi^\circ$ . Secara matematis dinyatakan :

$$X_L = 2\pi f.L \dots\dots\dots (2.15)^{12}$$

Dimana:

$X_L$  = Reaktansi induktif (ohm)

f = Frekuensi (Hz)

L = Induktansi (H)

<sup>11</sup> Eugene C. Lister, Mesin dan Rangkaian Listrik, Hanapi Gunawan terj., (Jakarta: Erlangga, 1993), hlm.134.

<sup>12</sup>Ibid, hlm 135.



3. Beban kapasitif; dicirikan dengan arus yang mendahului terhadap tegangan sebesar  $90^\circ$ . Beban kapasitif adalah beban yang mengandung suatu rangkaian kapasitor. Beban ini mempunyai faktor daya antara 0 – 1 “leading”. Beban ini menyerap daya aktif (kW) dan mengeluarkan daya reaktif (kVAR). Arus mendahului tegangan sebesar  $\phi^\circ$ . Secara matematis dinyatakan :

$$X_C = 1 / 2\pi fC \dots\dots\dots (2.16)^{13}$$

Dimana:

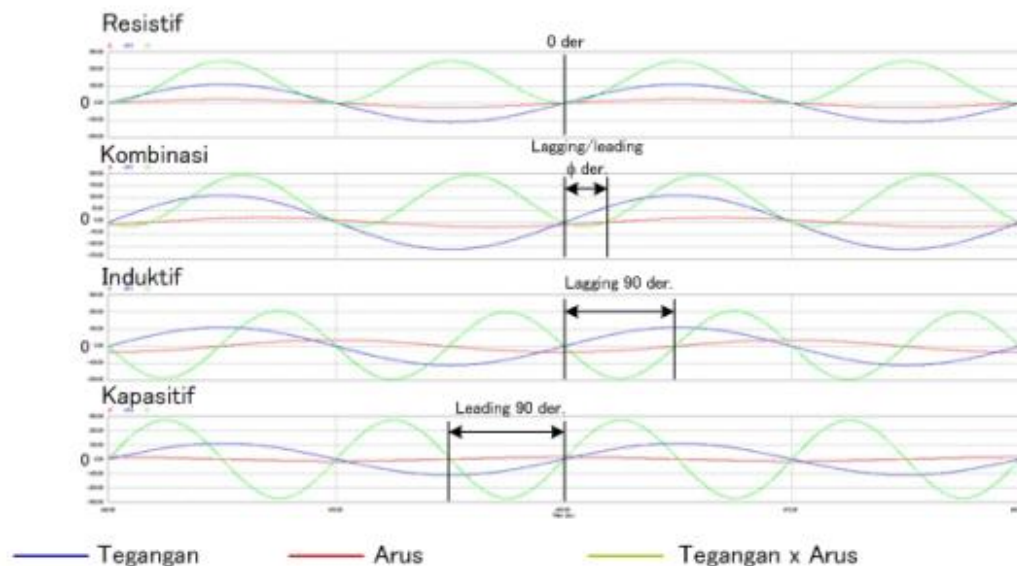
$X_C$  = Reaktansi Kapasitif (ohm)

$f$  = Frekuensi (Hz)

$C$  = Kapasitas Kapasitor (farad)

4. Beban yang merupakan kombinasidari tiga jenis tersebut; dicirikan dengan arus yang tertinggal atau mendahului tegangan sebesar sudut, katakan,  $\phi$ .

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian 2.11, gambar 2.7 menunjukkan tegangan dan arus pada berbagai beban linier.



<sup>13</sup>Ibid, hlm. 139.



**Gambar 2.7 Tegangan, arus, daya, pada berbagai jenis beban linier<sup>14</sup>**

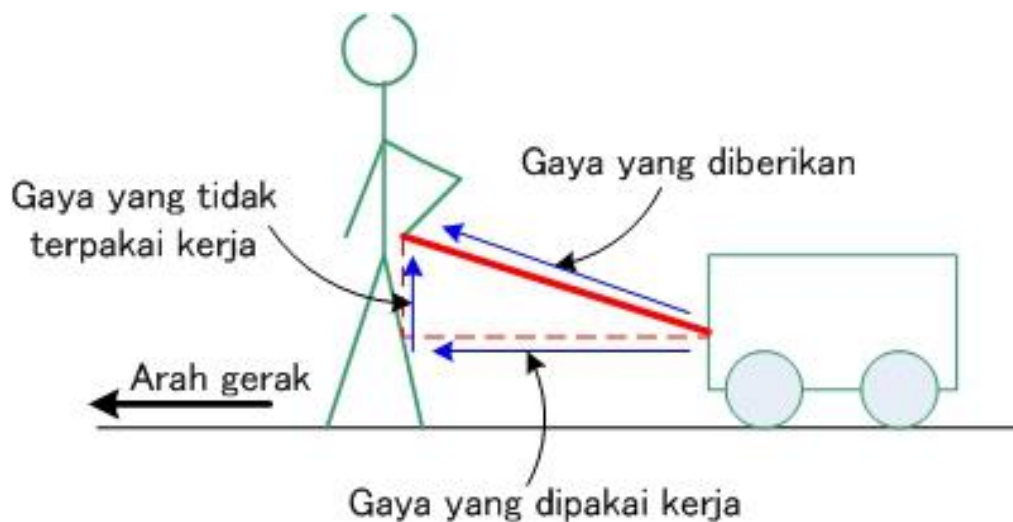
Seperti kita tahu, pada listrik, daya bisa diperoleh dari perkalian antara tegangan dan arus yang mengalir. Pada kasus sistem AC dimana tegangan dan arus berbentuk sinusoidal, perkalian antara keduanya akan menghasilkan daya tampak (*apparent power*), satuan *volt-ampere* (VA) yang memiliki dua buah bagian. Bagian pertama adalah *daya yang termanfaatkan* oleh konsumen, bisa menjadi gerakan pada motor, bisa menjadi panas pada elemen pemanas, dan sebagainya; *daya yang termanfaatkan* ini sering disebut sebagai daya aktif (*real power*) memiliki satuan watt (W) yang mengalir dari sisi sumber ke sisi beban bernilai rata-rata tidak nol. Bagian kedua adalah *daya yang tidak termanfaatkan* oleh konsumen, namun hanya ada di jaringan, daya ini sering disebut dengan daya reaktif (*reactive power*) memiliki satuan *volt-ampere-reactive* (VAR) bernilai rata-rata nol. Untuk pembahasan ini, arah aliran daya reaktif tidak didiskusikan saat ini. Beban bersifat resistif hanya mengonsumsi daya aktif; beban bersifat induktif hanya mengonsumsi daya reaktif; dan beban bersifat kapasitif hanya memberikan daya reaktif.

Untuk memahami istilah “daya termanfaatkan” dan “daya tidak termanfaatkan”, analogi ditunjukkan pada Gambar 2.8. Pada analogi tersebut, orang menarik kereta ke arah kiri dengan memberikan gaya yang memiliki sudut terhadap bidang datar, dengan asumsi kereta hanya bisa bergerak ke arah kiri saja tetapi tidak bisa ke arah selainnya. Gaya yang diberikan dapat dipecah menjadi dua bagian gaya yang saling tegak lurus, karena kereta berjalan ke kiri maka gaya yang “bermanfaat” pada kasus ini hanyalah bagian gaya yang mendatar sedangkan bagian gaya yang tegak lurus “tidak bermanfaat”. Dengan kata lain, tidak semua gaya yang diberikan oleh si orang terpakai untuk menggerakkan kereta ke arah kiri, ada sebagian gaya yang diberikannya namun tidak bermanfaat (untuk menggerakkan ke arah kiri). Apabila dia menurunkan tangannya hingga tali

<sup>14</sup>Konversi ITB, *Memahami Faktor Daya*, <http://konversi.wordpress.com/2010/05/05/memahami-faktor-daya/>, diakses 02 Mei 2015 pukul 19.00 WIB.



mendatar maka semua gaya yang dia berikan akan termanfaatkan untuk menggerakkan kereta ke arah kiri.



**Gambar 2.8 Analogi: Usaha untuk menggerakkan kereta ke arah kiri<sup>15</sup>**

Sama halnya dengan listrik, bergantung pada kondisi jaringan, daya tampak yang diberikan oleh sumber tidak semuanya bisa dimanfaatkan oleh konsumen sebagai daya aktif, dengan kata lain terdapat porsi daya reaktif yang merupakan bagian yang tidak memberikan manfaat langsung bagi konsumen. Rasio besarnya daya aktif yang bisa kita manfaatkan terhadap daya tampak yang dihasilkan sumber inilah yang disebut sebagai faktor daya. Ilustrasi segitiga daya pada Gambar 2.6 memberikan gambaran yang lebih jelas.

Daya tampak ( $S$ ) terdiri dari daya aktif ( $P$ ) dan daya reaktif ( $Q$ ). Antara  $S$  dan  $P$  dipisahkan oleh sudut  $\phi$ , yang merupakan sudut yang sama dengan sudut  $\phi$  antara tegangan dan arus yang telah disebutkan di awal. Rasio antara  $P$  dengan  $S$  tidak lain adalah nilai cosinus dari sudut  $\phi$ . Apabila kita berusaha untuk membuat sudut  $\phi$  semakin kecil maka  $S$  akan semakin mendekat ke  $P$  artinya besarnya  $P$  akan mendekati besarnya  $S$ . Pada kasus ekstrim dimana  $\phi = 0^\circ$ ,  $\cos \phi = 1$ ,  $S = P$  artinya semua daya tampak yang diberikan sumber dapat kita manfaatkan sebagai

<sup>15</sup> Penghemat Listrik, *Memahami Faktor Daya*, [http://capasitorbank.blogspot.com/2010/11/memahami-faktor-daya\\_5649.html](http://capasitorbank.blogspot.com/2010/11/memahami-faktor-daya_5649.html), diakses 02 Mei 2015 pukul 19.00 WIB.



daya aktif, sebaliknya  $\phi = 90^\circ$ ,  $\cos \phi = 0$ ,  $S = Q$  artinya semua daya tampak yang diberikan sumber tidak dapat kita manfaatkan dan menjadi daya reaktif di jaringan saja.

$$\text{Faktor daya} = \cos \phi = \frac{P (W)}{S (VA)} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana:

P = Daya aktif (Watt)

S = Daya tampak (VA)

Faktor daya bisa dikatakan sebagai besaran yang menunjukkan seberapa efisien jaringan yang kita miliki dalam menyalurkan daya yang bisa kita manfaatkan. Faktor daya dibatasi dari 0 hingga 1, semakin tinggi faktor daya (mendekati 1) artinya semakin banyak daya tampak yang diberikan sumber bisa kita manfaatkan, sebaliknya semakin rendah faktor daya (mendekati 0) maka semakin sedikit daya yang bisa kita manfaatkan dari sejumlah daya tampak yang sama. Di sisi lain, faktor daya juga menunjukkan “besar pemanfaatan” dari peralatan listrik di jaringan terhadap investasi yang dibayarkan. Seperti kita tahu, semua peralatan listrik memiliki kapasitas maksimum penyaluran arus, apabila faktor daya rendah artinya walaupun arus yang mengalir di jaringan sudah maksimum namun kenyataan hanya porsi kecil saja yang menjadi sesuatu yang bermanfaat bagi pemilik jaringan.

Baik penyedia layanan maupun konsumen berupaya untuk membuat jaringannya memiliki faktor daya yang bagus (mendekati 1). Bagi penyedia layanan, jaringan dengan faktor daya yang jelek mengakibatkan dia harus menghasilkan daya yang lebih besar untuk memenuhi daya aktif yang diminta oleh para konsumen. Apabila konsumen didominasi oleh konsumen jenis residensial maka mereka hanya membayar sejumlah daya aktif yang terpakai saja, artinya penyedia layanan harus menanggung sendiri biaya yang hanya menjadi daya reaktif tanpa mendapatkan kompensasi uang dari konsumen. Sebaliknya bagi konsumen skala besar atau industri, faktor daya yang baik menjadi keharusan



karena beberapa penyedia layanan kadang membebankan pemakaian daya aktif dan daya reaktif (atau memberikan denda faktor daya) tentu saja konsumen tidak akan mau membayar mahal untuk daya yang “tidak termanfaatkan” bagi mereka.

Untuk rangkaian searah, daya yang dihasilkan sama dengan perkalian antara besar tegangan dan arus :

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.18)$$

## 2.12 Komponen Pengaman Instalasi Listrik<sup>16</sup>

Salah satu faktor teknis yang perlu diperhatikan dalam penyediaan dan penyaluran daya listrik adalah kualitas daya itu sendiri. Faktor kualitas dayainimeliputi stabilitas tegangan, kontinuitas pelayanan, keandalan pengaman,kapasitasdaya yang memenuhi (sesuai) kebutuhan dansebagainya.

Dalamhalkeandalanpengamantidakberartibahwapenyediaandayayangbaik adalah penyediaan daya yang tidak pernah mengalami gangguan.Sebaliknya pengaman yang baik adalah bila setiap terjadi gangguan akan meresponalat-alat pengaman untuk segera memutuskan hubungan (trip) sehingga bahaya terbakaratau bahaya yang lainnya dapat dihindarkan.

Jenisgangguanyangseringkaliterjadipadasuatusistemyangbekerjanormal adalah gangguan beban lebih dimana arus yang lewat pada peralatanpembatas arusnya melebihihargabatas(Rating).Sedangkanjenisgangguanlainyangsering terjadiadalahgangguanhubungsingkat.Secaraumumarusgangguanyangterjadi pada gangguan ini jauh lebh besar dibanding ratingnominalnya.

Fungsi dari pemutus daya:

- Isolasi, memisahkan isolasi dari catu daya listrik untukpengaman
- Proteksi,pengamanterhadapkabel,peralatanlistrikmanusiadarigangguan yang terjadi.
- Kontrol, membuka dan menutup rangkaian untuk mengontrol danperawatan.

<sup>16</sup>Hazairin Samaulah,op. cit. hlm 119



### 2.12.1 Pengaman Lebur (*Fuse*)

Pengaman lebur berfungsi untuk mengamankan sistem instalasi dari kemungkinan terjadinya hubung singkat atau beban lebih. Bekerja berdasarkan besaran arus yang melewati titik, jadi ketika besarnya arus yang lewat melebihi nilai yang tertera pada badan pengaman lebur, maka bagian dalam pengaman lebur yang menghubungkan kedua terminal langsung lebur atau meleleh. Untuk pengaman tersebut terdapat beberapa jenis, diantaranya adalah pengaman lebur dengan LBS (*Load Breaker Switch*) dan NFB (*No Fuse Breaker*).

Untuk membedakannya dari circuit breaker, pengaman lebur memiliki ciri spesifik sebagai berikut:

- Bekerja langsung apabila batasan arus dalam rangkaian terlewati.
- Tidak mampu menghubungkan kembali rangkaian secara otomatis setelah terjadi gangguan
- Kapasitas pemutusan arus hubung singkat sampai dengan 120 kA dalam waktu dibawah 1 detik.
- Bekerja pada fasa tunggal, tidak bisa untuk 3 fasa

Rating pengaman lebur yang beredar di pasaran adalah 6A, 8A, 10A, 12A, 16A, 20A, 25A, 32A, 40A, 50A, 63A, 80A, 100A.

### 2.12.2 *Circuit Breaker* (CB)

Fungsi dari komponen ini adalah untuk memutuskan atau menghubungkan rangkaian pada saat terbeban atau tidak terbeban serta akan membuka dalam keadaan terjadi gangguan arus lebih atau arus hubung singkat. Dengan demikian berbeda dengan saklar biasa, *circuit breaker* dapat berfungsi sebagai saklar dalam kondisi normal maupun tidak, serta dapat memutuskan arus lebih dan arus hubung singkat.

*circuit breaker* dapat dipasang untuk dua tujuan dasar, yaitu:

- Berfungsi selama kondisi pengoperasian normal, untuk menghubungkan



atau memutuskan rangkaian dalam keadaan berbeban dengan tujuan untuk pengoperasian dan perawatan dari rangkaian maupun bebannya.

- Bekerja selama kondisi operasional yang tidak normal, misalnya jika terjadi hubung singkat atau arus lebih

Arus lebih maupun arus hubungan singkat dapat merusak peralatan dan instalasi apabila dibiarkan mengalir dalam rangkaian dalam kondisi yang cukup lama.

Komponen lain yang hampir sama dengan *circuit breaker* (CB) adalah *disconnecting switch* (DS) yang dipasang untuk mewujudkan suatu pemisah dari tegangan hidup. Sesungguhnya kegunaan Disconnecting Switch muncul saat dilakukan maintenance pada CB. Jadi DS tidak untuk memutuskan arus nominal dan arus short circuit.

Jenis *circuit breaker* yang banyak digunakan untuk perlengkapan instalasi listrik, yaitu:

#### 1. *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

*Miniature Circuit Breaker* (MCB) adalah pengaman yang digunakan sebagai pemutus arus rangkaian, baik arus nominal maupun arus gangguan. MCB merupakan kombinasi fungsi fuse dan fungsi pemutus arus. MCB dapat digunakan sebagai pengganti fuse yang dapat juga untuk mendeteksi arus lebih.

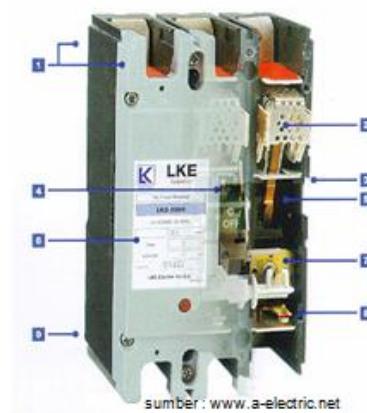


**Gambar 2.9** *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

#### 2. *Moulded Case Circuit Breaker* (MCCB)



Moulded Case Circuit Breaker (MCCB) adalah pengaman yang digunakan sebagai pemutus rangkaian, baik arus nominal maupun arus gangguan. MCCB mempunyai unit trip dimana dengan adanya unit triptersebut kita dapat mengeset  $I_r$  (merupakan pengaman terhadap arus lebih) dan  $I_m$  (merupakan pengaman terhadap arus short circuit).



Keterangan :

1. Bahan BMC untuk bodi dan tutup
2. Peredam busur api
3. Blok sambungan untuk pemasangan ST dan UVT
4. Penggerak lepas-sambung
5. Kontak bergerak
6. Data kelistrikan dan pabrik pembuat
7. Unit magnetik trip

**Gambar 2.10 Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)**

### 3. Air Circuit Breaker (ACB)

Air Circuit Breaker (ACB) adalah pengaman yang digunakan sebagai pemutus arus rangkaian, baik arus nominal maupun arus gangguan hampir sama dengan MCCB tetapi medianya menggunakan udara.



sumber : [www.global-b2b-network.com](http://www.global-b2b-network.com)

**x LV-ACB:**

$U_e = 250V$  dan  $660V$

$I_e = 800A-6300A$

$I_{cn} = 45kA-170kA$

**x LV-ACB:**

$U_e = 7,2kV$  dan  $24kV$

$I_e = 800A-7000A$

$I_{cn} = 12,5kA-72kA$

**Gambar 2.11 Air Circuit Breaker (ACB)**



Untuk mengetahui rating dan pengaman yang dipakai dapat diketahui dari arus nominal yang melalui saluran tersebut kemudian disesuaikan dengan rating dari katalog. Dan perlu diketahui pula arus shortcircuitnya.

$$I_{sc} = \frac{IL}{\%Z} \dots \dots \dots (2.19)^{17}$$

Dimana:

$I_{sc}$  = Arus hubung singkat prospektif pada titik instalasi (kA).

$IL$  = Arus beban.

$\%Z$  = Per unit transformer impedansi.

---

<sup>17</sup>Ibid, hlm. 254.