



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Instalasi listrik adalah suatu sistem / rangkaian yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik (Electric Power) untuk kebutuhan manusia dalam kehidupannya. Instalasi pada garis besarnya dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Instalasi penerangan listrik.
2. Instalasi daya listrik.

Yang termasuk didalam instalasi penerangan listrik adalah seluruh instalasi 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, yaitu :

1. Instalasi di dalam gedung.
2. Instalasi di luar gedung.

Instalasi di dalam gedung adalah instalasi listrik di dalam bangunan gedung (termasuk untuk penerangan, teras dan lain – lain) sedangkan instalasi di luar bangunan gedung (termasuk disini adalah penerangan halaman, taman, jalan penerangan papan nama dan lain – lain).

Tujuan utama dari instalasi penerangan adalah untuk memberikan kenyamanan terhadap keadaan yang memerlukan ketelitian maka diperlukam penerangan yang mempunyai kuat penerangan besar sedangkan untuk pekerjaan – pekerjaan yang memerlukan ketelitian tidak perlu menggunakan penerangan yang mempunyai penerangan besar.

Sedangkan instalasi daya listrik adalah instalasi yang digunakan untuk menjalankan mesin – mesin listrik termasuk disini adalah instalasi untuk melayani motor – motor listrik di pabrik, pompa air, dan lain – lain, pada mesin – mesin listrik ini energi diubah menjadi energi mekanis sesuai dengan kebutuhan manusia.



Dengan demikian maka masalah instalasi perlu diperhatikan dan tidak terlepas dari peraturan – peraturan yang merupakan pedoman untuk penyelenggaraan instalasi listrik. Peraturan – peraturan yang berhubungan masalah ini adalah :

1. Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL).
2. International Electrotechnical Commission (IEC).

Dalam kegiatan yang berhubungan dengan instalasi listrik baik perencanaan, pemasangan maupun pengoperasian maka prinsip – prinsip dasar sangat diperlukan.

## **2.2 Prinsip – Prinsip Dasar Instalasi Listrik**

Beberapa prinsip instalasi harus menjadi pertimbangan pada pemasangan suatu instalasi listrik, tujuannya adalah agar instalasi yang dipasang dapat digunakan secara optimum. Adapun prinsip – prinsip dasar tersebut adalah sebagai berikut :

a) Keamanan

Yang dimaksud adalah keamanan secara elektrik untuk manusia, ternak, dan barang lainnya apabila terjadi keadaan tidak normal dalam suatu instalasi listrik.

b) Keandalan

Yang dimaksud adalah andal secara mekanik maupun secara elektrik (instalasi bekerja pada nilai nominal tanpa timbul kerusakan). Keandalan juga menyangkut ketepatan pengaman untuk menanggapi jika terjadi gangguan.

c) Ketersediaan

Yang dimaksud adalah kesiapan suatu instalasi melayani kebutuhan baik daya, gawai, maupun perluasan instalasi yang mencakup spare dari suatu instalasi, peralatan yang digunakan dan sebagainya.

d) Ketercapaian

Yang dimaksud adalah pemasangan peralatan instalasi yang mudah dijangkau oleh pengguna dan di dalam mengoperasikan peralatan tersebut juga mudah dan dapat dijangkau oleh konsumen.

e) Keindahan



Yang dimaksud dengan keindahan adalah pemasangan instalasi listrik harus sesuai dengan dengan peraturan yang berlaku, yang posisi peralatan-peralatan listrik sesuai pada tempatnya.

f) Ekonomis

Yang dimaksud ekonomis adalah biaya yang dikeluarkan untuk instalasi harus sehemat mungkin karena besarnya biaya saja tidak selalu menjamin mutu suatu instalasi, namun walaupun demikian mutu peralatan tetaplah menjadi perhatian utama.

### 2.3 Penghantar Listrik

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 pokok dari suatu penghantar kabel yaitu :

1. Penghantar merupakan media untuk menghantarkan listrik.
2. Isolasi merupakan bahan elektrik untuk mengisolir antara penghantar satu dengan dengan penghantar 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 yang berbentuk 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 untuk memudahkan dalam instalasi di panel tersebut.



Apabila suatu penghantar semakin luas penampangnya maka hambatannya semakin kecil. Secara matematis, hubungan antara hambatan penghantar, luas penampang, panjang penghantar, dan jenis penghantar, diformulasikan dengan persamaan :

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \dots\dots\dots (2.1)_1$$

Dimana :

- R = Hambatan kawat penghantar ( $\Omega$ )
- $\rho$  = Hambatan jenis bahan, material penghantar ( $\Omega.m$ )
- A = Luas penampang penghantar ( $m^2$ )
- l = Panjang penghantar (m)

### 2.3.1 Bahan Penghantar

Penghantar memiliki peranan untuk menyalurkan aliran listrik dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Beberapa bahan konduktor terbaik adalah sebagai berikut:

- a) Aluminium  
Aluminium ialah unsur kimia. Lambang aluminium ialah Al, dan nomor atomnya 13. Aluminium ialah logam paling berlimpah. Titik didih 2792 K (2519 °C, 4566 °F).
- b) Perak  
Perak adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Ag dan nomor atom 47. Lambangnya berasal dari bahasa Latin Argentum. Sebuah logam transisi lunak, putih, mengkilap, perak memiliki konduktivitas listrik dan panas tertinggi di seluruh logam dan terdapat di mineral dan dalam bentuk bebas. Logam ini digunakan dalam koin, perhiasan, peralatan meja, dan fotografi. Perak termasuk logam mulia seperti emas. Titik didih 2435 K (2162 °C, 3924 °F).
- c) Emas

---

<sup>1</sup>Dr. Hantje Ponto, DEA., MAP., Yogyakarta, 2019, Dasar Teknik Listrik, hal. 63



Emas adalah unsur kimia dlm tabel periodik yang memiliki simbol Au (bahasa Latin: 'aurum') dan nomor atom 79. Sebuah logam transisi (trivalen dan univalen) yang lembek, mengkilap, kuning, berat, "malleable", dan "ductile". Emas tidak bereaksi dengan zat kimia lainnya tapi terserang oleh klorin, fluorin dan aqua regia. Logam ini banyak terdapat di nugget emas atau serbuk di bebatuan dan di deposit alluvial dan salah satu logam coinage. Kode ISOnya adalah XAU. Emas melebur dalam bentuk cair pada suhu sekitar 1000 derajat ceU lcius. Titik didih 3129 K (2856 °C, 5173 °F).

d) Seng

Seng (bahasa Belanda: zink) adalah unsur kimia dengan lambang kimia Zn, nomor atom 30, dan massa atom relatif 65,39. Ia merupakan unsur pertama golongan 12 pada tabel periodik. Beberapa aspek kimiawi seng mirip dengan magnesium. Hal ini dikarenakan ion kedua unsur ini berukuran hampir sama. Selain itu, keduanya juga memiliki keadaan oksidasi +2. Seng merupakan unsur paling melimpah ke-24 di kerak Bumi dan memiliki lima isotop stabil. Bijih seng yang paling banyak ditambang adalah sfalerit (seng sulfida). Titik didih 1180 K (907 °C, 1665 °F).

e) Tembaga

Tembaga adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu dan nomor atom 29. Lambangnya berasal dari bahasa Latin Cuprum. Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Selain itu unsur ini memiliki korosi yang cepat sekali. Tembaga murni sifatnya halus dan lunak, dengan permukaan berwarna jingga kemerahan. Tembaga dicampurkan dengan timah untuk membuat perunggu. Logam ini dan aloinya telah digunakan selama empat hari. Di era Roma, tembaga umumnya ditambang di Siprus, yang juga asal dari nama logam ini (cyprium, logam Siprus), nantinya disingkat jadi cuprum). Ikatan dari logam ini biasanya dinamai dengan tembaga (II). Ion Tembaga (II) dapat berlarut ke dalam air, dimana dimana dimana fungsi mereka dalam konsentrasi tinggi adalah sebagai agen anti bakteri, fungsiddol, dan bahan tambahan kayu. Dalam konsentrasi tinggi maka tembaga akan bersifat racun, tapi dalam jumlah sedikit tembaga merupakan



nutrien yang penting bagi kehidupan manusia dan tanaman tingkat rendah. Di dalam tubuh, tembaga biasanya ditemukan di bagian hati, otak, usus, jantung, dan ginjal. Titik didih 2835 K (2562 °C, 4643 °F).

f) Platina

Platina adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Pt dan nomor atom 78. Sebuah logam transisi yang berat, "malleable", "ductile", berharga, berwarna putih-keabuan. Platinum tahan karat dan terdapat dalam beberapa bijih nikel dan copper. Platinum digunakan dalam perhiasan, peralatan laboratorium, gigi, dan peralatan kontrol emisi mobil. Titik didih 4098 K (3825 °C, 6917 °F).

g) Besi

Digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Dalam tabel periodik, besi mempunyai simbol Fe dan nomor atom 26. Besi juga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Besi adalah logam yang berasal dari bijih besi (tambang) yang banyak. Titik didih 3134 K (2861 °C, 5182 °F).

### 2.3.2 Jenis Penghantar

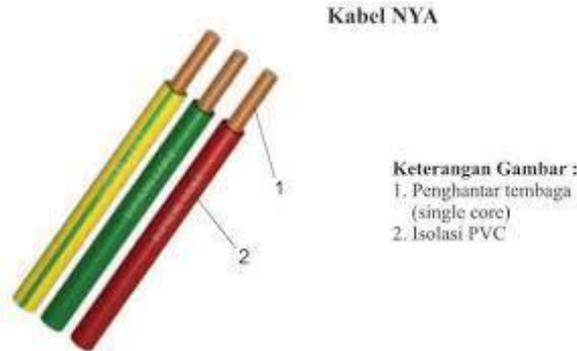
Jenis penghantar atau kabel dinyatakan dengan singkatan – singkatan terdiri dari sejumlah huruf dan kadang – kadang juga angka. Menurut jenisnya kabel dapat dibedakan menjadi :

#### A. Kabel Instalasi

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

- a) Untuk pemasangan tetap dalam jangkauan tangan, kabel NYA harus dilindungi dengan pipa instalasi.
  - b) Diruang lembab, kabel NYA harus dipasang dalam pipa pvc untuk pemasangannya.
  - c) Kabel NYA tidak boleh dipasang langsung menempel pada plasteran atau kayu, tetapi harus dilindungi dengan pipa instalasi.
4. Kabel NYA boleh digunakan di dalam alat listrik, perlengkapan hubung bagi dan sebagainya.
- 5.

Kabel NYA tidak boleh digunakan diruang basah, ruang terbuka, tempat kerja atau gudang dengan bahaya kebakaran atau ledakan.



Gambar 2.1 Kabel NYA

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

- a) Kabel NYM boleh dipasang langsung menempel atau ditanam pada plasteran, diruang lembab atau basah dan ditempat kerja atau gudang dengan bahaya kebakaran atau ledakan.
- b) Kabel NYM boleh langsung dipasang pada bagian – bagian lain dari bangunan, konstruksi, rangka dan sebagainya. Dengan syarat pemasangannya tidak merusak selubung ruang kabel.
- c) Kabel NYM tidak boleh dipasang di dalam tanah.
- d) 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.
  - Sambungan dengan alat pemakai dapat ditutup lebih rapat.



Gambar 2.2 Kabel NYM

## B. Kabel Tanah

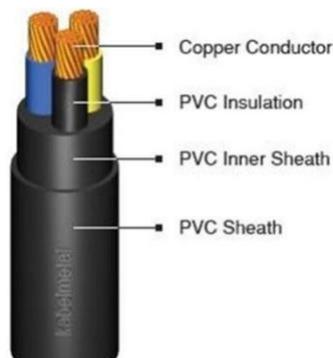
### a) Kabel Tanah Termoplastik Tanda Perisai

Jenis kabel ini ada dua 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 selubung luarnya hitam. Untuk kabel tegangan rendah, tegangan nominalnya 0,6/1 KV. Dimana :

0,6 KV = tegangan nominal terhadap tanah

1 KV = tegangan nominal penghantar

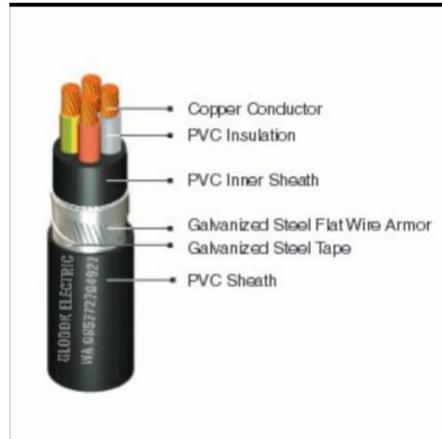
Urutannya dapat mencapai satu sampai lima. Luas penampang penghantarnya dapat mencapai  $240 \text{ mm}^2$  atau lebih. Konstruksi kabel NYY dapat dilihat pada gambar 2.3 kegunaan utama dari kabel NYY adalah kabel tenaga untuk instalasi pada industri, di dalam gedung maupun di alam terbuka dan pada saluran kabel serta lemari hubung bagi. Kabel NYY dapat juga ditanam di dalam tanah asalkan diberi perlindungan secukupnya terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan mekanis.



Gambar 2.3 Kabel NYY

b) Kabel Tanah Termoplastik Berperisai

Jenis kabel ini bervariasi yang banyak digunakan seperti kabel NYFGbY dan NYRGbY. Kabel ini digunakan karena kemungkinan ada gangguan mekanis. Untuk pemasangan kabel ke terminal atau peralatan lainnya, penyambungan harus di solder atau diberi sepatu kabel pada ujung – ujungnya.



Gambar 2.4 Kabel NYFGbY

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 pada bulat

rm = Penghantar bulat kawat banyak

se = Penghantar pada bentuk sektor

sm = Penghantar kawat banyak bentuk sector<sup>2</sup>

<sup>2</sup> P.Van.Harten, Ir.E.Setiawan, Instalasi Arus Kuat 1, (Bandung: Binacipta,1991), hlm. 110



### 2.3.3 Luas Penampang Penghantar

Luas penampang penghantar dapat dipilih sesuai dengan penggunaannya dalam rangkaian dengan berpedoman pada ketentuan yang tercantum dalam standar PUIL 1987 sebagai berikut :

#### 1. Kemampuan Hantar Arus

Kemampuan hantar arus dipengaruhi oleh suhu penghantar yang diizinkan dan kondisi sekitar sejauh panas yang dipindahkan. Dengan demikian hantar arus untuk masing-masing penghantar berbeda ukuran dan spesifikasinya.

Untuk menentukan hantar arus dari suatu penghantar yang mensuplai peralatan listrik, terlebih dahulu harus diketahui besarnya arus nominal dari peralatan tersebut.

Biasanya arus nominal harganya telah tertera pada peralatan itu sendiri. Namun jika besarnya arus nominal pada peralatan tidak diketahui, maka dapat ditentukan dengan rumus :

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi} \text{ atau } I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$I_n$  = Arus nominal peralatan (A)

$P$  = Daya input peralatan (W)

$S$  = Daya semu (VA)

$\cos \phi$  = Faktor daya

Persamaan tersebut digunakan untuk menentukan arus nominal dari peralatan yang menggunakan sistem tiga fasa.

### 2.4 Macam-Macam Daya Listrik

Daya listrik menjadi pembeda antara beban dengan pembangkit listrik, dimana beban listrik bersifat menyerap daya sedangkan pembangkit listrik bersifat mengeluarkan daya. Berdasarkan kesepakatan universal, daya listrik yang mengalir dari rangkaian masuk ke komponen listrik bernilai positif. Sedangkan daya listrik yang masuk ke rangkaian listrik dan berasal dari komponen listrik, maka daya tersebut bernilai negatif.



### 2.4.1 Daya Nyata / Daya Aktif<sup>3</sup>

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

$$\text{Untuk 1 fasa : } P = V_n \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\text{Untuk 1 fasa : } P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

$\cos \varphi$  = Faktor daya

$V_L$  = Tegangan fasa (V)

$I$  = Arus (A)

$P$  = Daya aktif (W/KW)

$V_n$  = Tegangan fasa netral (V)

### 2.4.2 Daya Semu<sup>4</sup>

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 :

$$\text{Untuk 1 fasa : } S = V_n \cdot I \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\text{Untuk 3 fasa : } S = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

$V_n$  = Tegangan fasa netral (V)

$V_L$  = Tegangan fasa (V)

$I$  = Arus yang mengalir pada penghantar (A)

### 2.4.3 Daya Reaktif<sup>5</sup>

Daya Reaktif adalah selisih antara daya semu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar itu sendiri, yang mana daya ini terpakai untuk

<sup>3</sup> Zuhail, Dasar Teknik Tenaga Listrik, Jakarta, 1989, Hal 30 dan 35

<sup>4</sup> Zuhail, Dasar Teknik Tenaga Listrik, Jakarta, 1989, Hal 33 dan 37

<sup>5</sup> Zuhail, Dasar Teknik Tenaga Listrik, Jakarta, 1989, Hal 32

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 1 fasa :  $Q = V_n \cdot I \cdot \sin \phi$  ..... (2.7)

Untuk 3 fasa :  $Q = \sqrt{3} \cdot V_n \cdot I \cdot \sin \phi$  ..... (2.8)

Dimana :

Q = Daya reaktif (VAR)

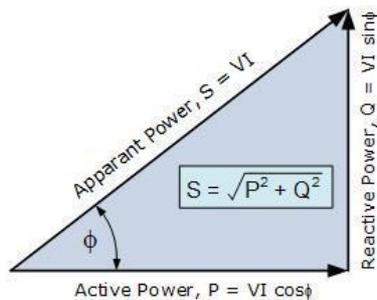
$V_n$  = Tegangan fasa netral (V)

$V_L$  = Tegangan fasa (V)

I = Arus (A)

$\sin \phi$  = Faktor reaktif

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 daya aktif, sehingga dapat digambarkan dalam bentuk segitiga daya sebagai berikut :



Gambar 2.5 Segitiga Daya

Dimana :

$S^2 = P^2 + Q^2$  (VA) ..... (2.9)

$P = S \times \cos \phi$  (Watt) ..... (2.10)

$Q = S \times \sin \phi$  (VAR) ..... (2.11)

Keterangan :

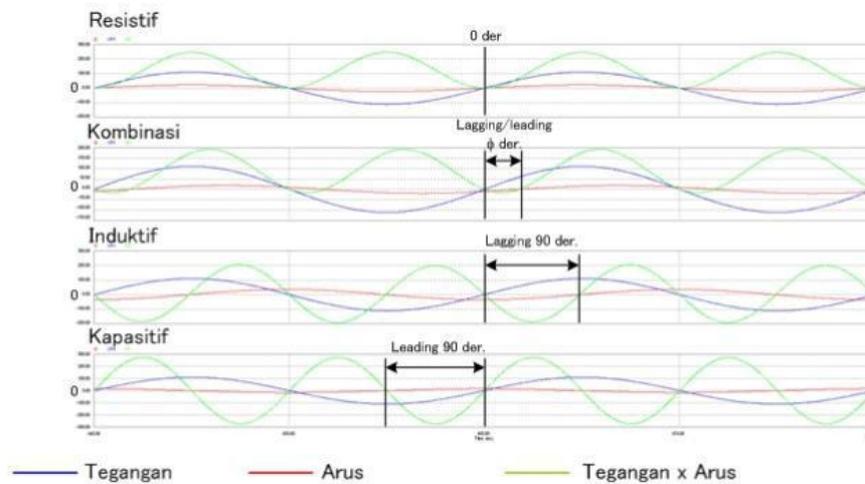
S = Daya Semu (VA)

P = Daya nyata (W)

Q = Daya reaktif (VAR)

## 2.5 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, beban resistif, dicirikan dengan arus yang sefasa dengan tegangan; beban induktif, dicirikan dengan arus yang tertinggal terhadap tegangan sebesar  $90^\circ$ ; beban kapasitif, dicirikan dengan arus yang mendahului terhadap tegangan sebesar  $90^\circ$ , dan beban yang merupakan kombinasi dari tiga jenis tersebut, dicirikan dengan arus yang tertinggal/mendahului tegangan sebesar sudut, katakan,  $\phi$ . Gambar 2.9 menunjukkan tegangan dan arus pada berbagai beban linier.

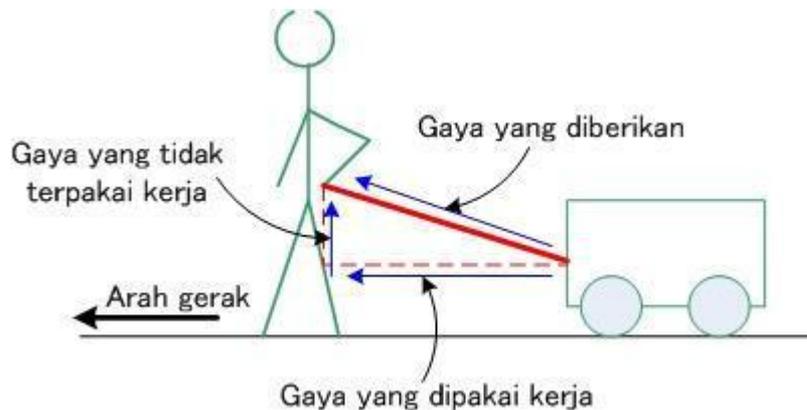


Gambar 2.6 Tegangan, arus, daya, pada berbagai jenis beban linier.

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, dsb; 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 2.10 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 mendatar maka semua gaya yang dia berikan akan termanfaatkan untuk menggerakkan kereta ke arah kiri.

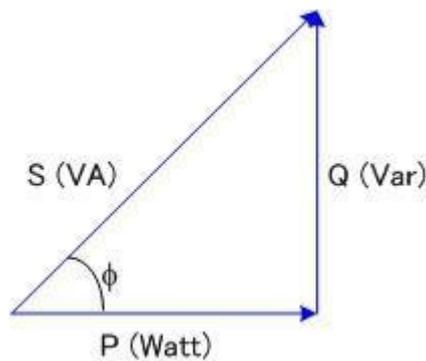


Gambar 2.7 Analogi: Usaha untuk menggerakkan kereta ke arah kiri.

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 2.11 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 mendekati 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 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.

$$\text{Faktor Daya} = \cos \phi = \frac{P}{S} \dots\dots\dots(2.12)$$



Gambar 2.8 Segitiga daya

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.<sup>6</sup>

Didalam suatu perusahaan membutuhkan instalasi penerangan dan supply kelistrikan untuk alat-alat elektronik. Dalam hal ini PT. Kereta Api Indonesia LRT Sumsel yang memiliki 13 stasiun dimana setiap stasiun membutuhkan sistem kelistrikan untuk penerangan dan alat-alat elektronik seperti, speaker, kipas angin gantung, AC, dan lain-lain.



Setiap penerangan dan peralatan elektronik memiliki kapasitas daya masing-masing yang berbeda, maka dari itu penyuplaian kelistrikan harus disalurkan dengan baik dan sesuai dengan kapasitas masing-masing agar penerangan dan elektroniknya beroperasi dengan baik.

Untuk mengetahui berapa besarnya kebutuhan daya disetiap stasiun dengan jumlah penerangan dan peralatan yang banyak, maka peneliti melakukan penelitian perhitungan kebutuhan daya di stasiun LRT khususnya berada di stasiun Cinde.

Pada sistem listrik stasiun Cinde terdiri dari 2 bagian, yaitu :

1. Lantai 2 (*Peron*).
2. Lantai 1.

## **2.6 Pengaman Beban**

### **2.6.1 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)**

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) adalah alat yang berfungsi untuk memutus hubungan listrik yang bekerja secara otomatis apabila ada arus atau beban lebih yang melebihi kapasitas nominal dari MCB tersebut, misalnya jika terjadi *short circuit* atau hubung singkat atau konslet (karena pada saat terjadi *short circuit*, arus listrik akan melonjak naik), maka MCB akan jatuh/trip atau mati dengan sendirinya atau secara otomatis. Sebagai pembatas beban, MCB dipasang bersama



KWH meter dan disegel oleh PLN biasanya bertuas warna biru. Sedang untuk pengamaninstalasi listrik didalam alat ini bertugas menggantikan sekering biasanya warna hitam pada tuasnya. Untuk pengoperasiannya sangat sederhana yakni menggunakan tuas naik (*on*) dan turun (*off*). Ukuran MCB sama seperti sekering ada 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A, 25A, 32A, 40A, 50A, dan 63A. MCB terdapat berbagai jenis untuk berbagai macam kebutuhan pemutusan arus listrik. Menurut.

### **2.6.2 CB (*Circuit Breaker*)**

*Circuit Breaker* atau Sakelar Pemutus Tenaga (PMT) adalah suatu peralatan pemutus rangkaian listrik pada suatu sistem tenaga listrik, yang mampu untuk membuka dan menutup rangkaian listrik pada semua kondisi termasuk arus hubung singkat sesuai dengan ratingnya juga pada kondisi tegangan yang normal ataupun tidak normal. Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu PMT agar dapat melakukan hal-hal diatas adalah sebagai berikut :

- e) Mampu menyalurkan arus maksimum sistem secara terus menerus.
- f) Mampu memutuskan dan menutup jaringan dalam keadaan berbeban maupun terhubung singkat tanpa menimbulkan kerusakan pada pemutus tenaga itu sendiri.
- g) Dapat memutuskan arus hubung singkat dengan kecepatan tinggi agar arus hubung singkat tidak sampai merusak peralatan sistem, membuat sistem kehilangan kestabilan, dan merusak pemutus tenaga itu sendiri. Setiap PMT dirancang sesuai dengan tugas yang akan dipikulnya, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam rancangan suatu PMT.

### **2.6.3 Karakteristik Beban**

Agar pengoperasian dapat dilaksanakan maka hal yang harus diketahui benar adalah karakteristik dari beban sangat bervariasi sekali, tetapi apabila diamati maka akan terlihat bahwa beban tersebut mempunyai keadaan yang sama.

Untuk hal tersebut di atas maka karakteristik beban harus diamati dan dicatat, kemudian dianalisa untuk dapat digunakan pada pengoperasian pada Stasiun Cinde LRT Sumsel tersebut dengan sebaik-baiknya.



Beban di Stasiun Cinde LRT Sumsel dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu :

- g) Beban penerangan.
- h) Beban elektronik.
- i) Beban motor.

#### **2.6.4 Beban Penerangan**

Beban penerangan pada Stasiun Cinde LRT Sumsel terdiri dari berbagai macam, seperti :

- 4. Lampu *type downlight*.
- 5. Lampu *fluorescent* (TL).

##### **2.6.4.1 Lampu Type Downlight**

Lampu *type downlight* adalah varian dari komponen dioda, Dioda biasanya digunakan untuk menyearahkan arus bolak-balik (AC: *alternating current*) menjadi arus searah (DC: *direct current*). LED akan menyala apabila ada arus yang mengalir melewatinya, berarti LED juga dapat digunakan dalam tegangan AC, hanya saja juga ikut berkedip dan berhubung mata kita tidak dapat melihatnya maka terlihat menyala terus, karena tegangan AC yang kita pakai adalah 50 Hz (*Hertz*; artinya 50 kali hidup-mati dalam waktu 1 detik).

##### **2.6.4.2 Lampu Fluorescent (TL)**

Dalam pemakaiannya lampu *fluorescent* beroperasi pada faktor daya kurang dari 100%. Untuk mengatasi hal ini diperbaiki dengan menggunakan kapasitor sehingga faktor dayanya dapat beroperasi mendekati 100% atau mendekati unity. Untuk pemasangan kondensator dapat dihubungkan secara seri dan paralel pada lampu *fluorescent*.

#### **2.6.5 Beban Peralatan**



Beban peralatan pada stasiun Cinde LRT Sumsel terdapat beberapa macam peralatan, namun peralatan yang paling sering dijumpai yaitu pendingin ruangan (AC).

Guna mencapai suhu yang tepat, terutama pada ruangan yang tertentu maka diperlukan pendinginan udara (*Air Conditioner*). Pendingin udara yang dimaksud guna mencapai temperatur kerja peralatan utama. Tujuan lain digunakannya peralatan pendingin :

- S Untuk memperlancar sirkulasi udara.
- T Untuk mengatur suhu.
- U Untuk menjaga kebersihan udara.

### **2.6.7 Beban Motor**

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Alat yang berfungsi sebaliknya, mengubah energi mekanik menjadi energi listrik disebut generator atau dinamo. Motor listrik dapat ditemukan pada peralatan rumah tangga seperti kipas angin, mesin cuci, pompa air, dan penyedot debu. Namun, pada Stasiun Cinde LRT Sumsel, motor listrik yang digunakan terdapat di *lift* dan *escalator*.

### **2.7 Kurva Beban**

Dalam hal mengetahui gambaran untuk karakteristik beban dilakukan dengan melihat kurva beban. Kurva beban ini menunjukkan variasi setiap saat biasanya dipakai kurva beban selama 24 jam dalam sehari, yang disebut dengan kurva beban dalam suatu periode waktu tertentu, misalnya dalam mingguan, bulanan atau tahunan. Kurva beban ini merupakan unsur dasar penting, bukan saja untuk operasi sistem tenaga listrik tetapi juga bagi perencanaan, pertimbangan-pertimbangan ekonomis pembangkitan dan lain sebagainya. Kurva beban memperlihatkan variasi beban, dalam satuan kilowatt ataupun megawatt selama periode tertentu. Pada suatu sistem bentuk kurva beban akan berbeda dari hari ke hari sesuai dengan hari kerja atau hari libur.



### 2.7.1 Klasifikasi Beban

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

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.

Beban komersial, pada umumnya terdiri atas 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.

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.

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 tangga.

### **2.7.2 Karakteristik Umum Beban Listrik**

Tujuan utama dari sistem distribusi tenaga listrik ialah mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk atau sumber ke sejumlah pelanggan atau beban. Suatu faktor utama yang paling penting, dalam perencanaan sistem distribusi adalah karakteristik dari berbagai beban.

Karakteristik beban diperlukan agar sistem tegangan dan pengaruh termis dari pembebanan dapat dianalisis dengan baik. Analisis tersebut termasuk dalam menentukan keadaan awal yang akan di proyeksikan dalam perencanaan selanjutnya.

Penentuan karakteristik beban listrik suatu gardu distribusi sangat penting artinya untuk mengevaluasi pembebanan gardu distribusi tersebut, ataupun dalam merencanakan suatu gardu distribusi yang baru.

Karakteristik beban ini sangat memegang peranan penting dalam memilih kapasitas transformator secara tepat dan ekonomis. Di lain pihak sangat penting artinya dalam menentukan rating peralatan pemutus rangkaian, analisa rugi-rugi dan menentukan kapasitas pembebanan dan cadangan tersedia dan suatu gardu.

Karakteristik beban listrik suatu gardu sangat tergantung pada jenis beban yang dilayaninya. Hal ini akan jelas terlihat dan hasil pencatatan kurva beban suatu interval waktu. Berikut ini beberapa faktor yang menentukan karakteristik beban



## 2.8 Hal yang Diperbaiki Dalam Pembebanan

Dalam hal ini, hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pembebanan ditinjau dari keadaannya sebagai berikut :

### 2.8.1 Beban Puncak

Beban puncak dapat didefinisikan sebagai berikut yaitu, kebutuhan daya terbesar yang digunakan oleh konsumen dalam suatu periode waktu tertentu. Beban puncak ditentukan suatu interval waktu biasanya ; ditentukan karakteristik beban harian, karakteristik mingguan, karakteristik beban selama sebulan, dan karakteristik di dalam setahun.

Biasanya besar nilai beban puncak pada kurva beban harian ditentukan atas dasar suatu interval waktu tertentu misalnya 15, 30 atau 60 menit pemakaian daya dalam waktu pengukuran bersangkutan.

Berdasarkan hasil pengukuran, beban puncak terjadi pada hari Rabu tanggal 03 Juni 2020 jam 14.00 WIB dengan besarnya daya terpakai yaitu **57.234,6 Watt**. Berdasarkan hasil pengamatan beban puncak yang terjadi selama pengukuran dipengaruhi karena meningkatnya pemakaian daya listrik di Ruang Persinyalan dan Telekomunikasi.

### 2.8.2 Beban Rata-rata

Adapun beban rata-rata dapat didefinisikan sebagai suatu perbandingan antara banyaknya daya dalam satu periode tertentu dibagi dengan banyaknya waktu periode tersebut. Atau dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P_{rata-rata} = \frac{E_p}{T} \quad (2.12)$$

Dimana :

$P_{rata-rata}$  = Beban rata-rata (Watt)

$E_p$  = Banyaknya daya yang terpakai (Watt)

$T$  = Banyaknya waktu yang terpakai



### 2.8.3 Faktor Beban

Adapun faktor beban dapat didefinisikan perbandingan antara beban rata-rata dalam satu periode dengan puncak pada periode tertentu atau dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Faktor Beban} = \frac{\text{Beban rata-rata}}{\text{Puncak periode}} \quad (2.13)$$

### 2.8.4 Faktor Daya

Adapun faktor daya dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya nyata dengan daya semu suatu beban dari jaringan, atau dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Faktor Daya} &= \text{Daya Aktif (Kw)} / \text{Daya semu (kVA)} \\ &= \text{kW} / \text{kVA} \\ &= \text{V.I Cos } \varphi / \text{V.I} \\ &= \text{Cos } \varphi \end{aligned} \quad (2.14)$$

### 2.8.5 Waktu Kebutuhan

Adapun waktu kebutuhan dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya yang disalurkan oleh jaringan dengan puncaknya pada periode tertentu, atau dapat kita tuliskan sebagai berikut :

$$t_u = \frac{E}{P_p} \quad \text{atau} \quad t_u = \frac{K_{wh}}{P_p}$$

Dimana :

$T_u$  = Waktu kebutuhan

$E$  = Daya yang disalurkan oleh jaringan (watt)

$P_p$  = Beban puncak

## 2.9 Daya Listrik yang Terpakai

Besarnya jumlah listrik yang terpakai pada Stasiun Cinde LRT Sumsel tersebut dipengaruhi oleh jumlah beban yang dioperasikan. Daya listrik yang terpakai pada setiap waktu tidaklah sama. Adapun arus listrik yang terpakai pada Stasiun.



### 2.8.3 Faktor Beban

Adapun faktor beban dapat didefinisikan perbandingan antara beban rata-rata dalam satu periode dengan puncak pada periode tertentu atau dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Faktor Beban} = \frac{\text{Beban rata-rata}}{\text{Puncak periode}} \quad (2.13)$$

### 2.8.4 Faktor Daya

Adapun faktor daya dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya nyata dengan daya semu suatu beban dari jaringan, atau dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Faktor Daya} &= \text{Daya Aktif (Kw)} / \text{Daya semu (kVA)} \\ &= \text{kW} / \text{kVA} \\ &= \text{V.I Cos } \varphi / \text{V.I} \\ &= \text{Cos } \varphi \end{aligned} \quad (2.14)$$

### 2.8.5 Waktu Kebutuhan

Adapun waktu kebutuhan dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya yang disalurkan oleh jaringan dengan puncaknya pada periode tertentu, atau dapat kita tuliskan sebagai berikut :

$$t_u = \frac{E}{P_p} \quad \text{atau} \quad t_u = \frac{Kwh}{P_p}$$

Dimana :

$T_u$  = Waktu kebutuhan

$E$  = Daya yang disalurkan oleh jaringan (watt)

$P_p$  = Beban puncak

## 2.9 Daya Listrik yang Terpakai

Besarnya jumlah listrik yang terpakai pada Stasiun Cinde LRT Sumsel tersebut dipengaruhi oleh jumlah beban yang dioperasikan. Daya listrik yang terpakai pada setiap waktu tidaklah sama. Adapun arus listrik yang terpakai pada Stasiun.



### 2.8.3 Faktor Beban

Adapun faktor beban dapat didefinisikan perbandingan antara beban rata-rata dalam satu periode dengan puncak pada periode tertentu atau dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Faktor Beban} = \frac{\text{Beban rata-rata}}{\text{Puncak periode}} \quad (2.13)$$

### 2.8.4 Faktor Daya

Adapun faktor daya dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya nyata dengan daya semu suatu beban dari jaringan, atau dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Faktor Daya} &= \text{Daya Aktif (Kw)} / \text{Daya semu (kVA)} \\ &= \text{kW} / \text{kVA} \\ &= \text{V.I Cos } \varphi / \text{V.I} \\ &= \text{Cos } \varphi \end{aligned} \quad (2.14)$$

### 2.8.5 Waktu Kebutuhan

Adapun waktu kebutuhan dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya yang disalurkan oleh jaringan dengan puncaknya pada periode tertentu, atau dapat kita tuliskan sebagai berikut :

$$t_u = \frac{E}{P_p} \quad \text{atau} \quad t_u = \frac{K_{wh}}{P_p}$$

Dimana :

$T_u$  = Waktu kebutuhan

$E$  = Daya yang disalurkan oleh jaringan (watt)

$P_p$  = Beban puncak

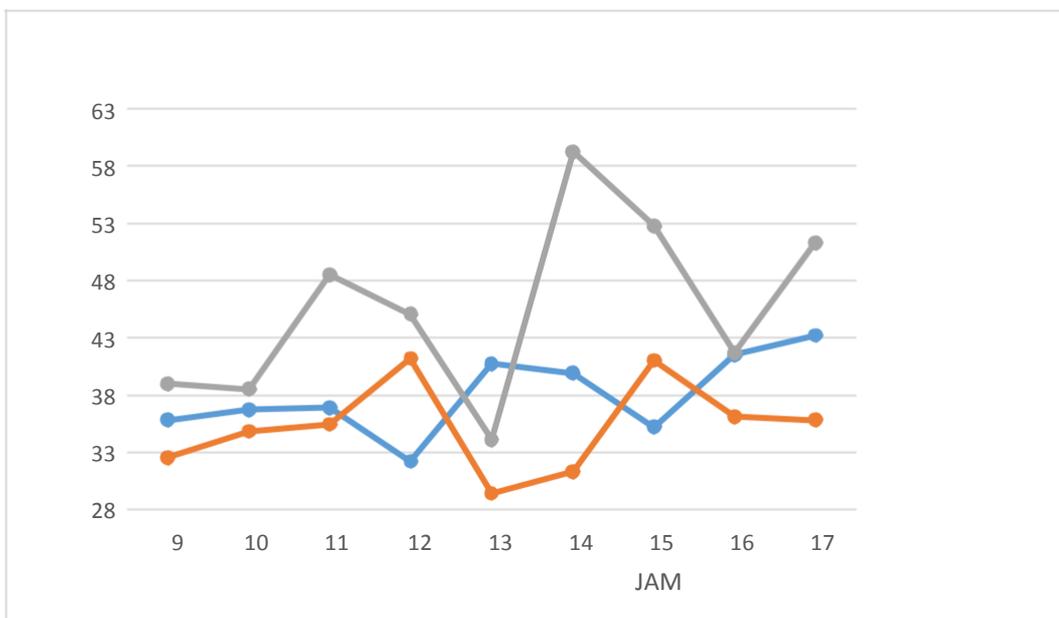
## 2.9 Daya Listrik yang Terpakai

Besarnya jumlah listrik yang terpakai pada Stasiun Cinde LRT Sumsel tersebut dipengaruhi oleh jumlah beban yang dioperasikan. Daya listrik yang terpakai pada setiap waktu tidaklah sama. Adapun arus listrik yang terpakai pada Stasiun.

pelanggan tersebut. Didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah demand dari unit-unit beban terhadap demand maksimum dari keseluruhan beban.

### 2.9.8 Kurva Beban Pada Stasiun Cinde LRT Sumsel <sup>6</sup>

Kurva beban adalah suatu gambaran yang menunjukkan suatu variasi dan permintaan selama periode waktu tertentu. Jika kurva beban digambarkan selama periode waktu satu hari dengan interval waktu 9 jam, maka kurva tersebut dinamakan kurva beban harian.



warna biru = 01-Jun-20

warna orange = 02-Jun-20

warna abu-abu = 03-Jun-20

Gambar 2.9 Kurva Beban Harian Pada Stasiun Cinde LRT Sumsel

<sup>6</sup> EL Donnelly, united kingdom, 1980, electrical installation theory and practice, hal. 65