

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Energi listrik adalah energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik dan memiliki beberapa besaran seperti arus dengan satuan ampere (*A*), tegangan dengan satuan volt (*V*) dan daya dengan satuan watt (*W*). Energi listrik dapat digunakan untuk menggerakkan motor, untuk penerangan bahkan menggerakkan suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain.

Instalasi listrik adalah suatu sistem atau rangkaian yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik (*electric power*) untuk kebutuhan manusia.¹

Instalasi pada garis besarnya dapat dibagi dalam :

- a. Instalasi penerangan listrik.
- b. Instalasi daya listrik.²

Dengan demikian maka dalam hal penginstalasian listrik perlu memperhatikan peraturan yang berfungsi sebagai pedoman. Adapun peraturan - peraturan yang berhubungan dengan instalasi listrik yaitu :

1. Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000.
2. *International Electrotechnical Commission* (IEC).

2.2 Prinsip Dasar Instalasi Listrik

2.2.1 Keamanan

Instalasi listrik harus dipasang dengan benar berdasarkan standar dan peraturan yang ditetapkan oleh SPLN, PUIL 2000 serta IEC dengan tujuan untuk

¹ Hazairin Samaulah, *Teknik Instalasi Tenaga Listrik*, (Palembang: Penerbit Unsri, 2002), hlm. 1.

² *Ibid.*



keamanan dan keselamatan bagi makhluk hidup, harta benda dan instalasi listrik itu sendiri. Sistem instalasi listrik dinyatakan aman apabila dilengkapi dengan sistem proteksi yang sesuai dan mempunyai keandalan yang tinggi dalam merespon gangguan.

Contoh : Suatu sistem instalasi listrik harus dilengkapi dengan sistem pentanahan agar manusia terhindar dari sentuhan tidak langsung akibat kejutan listrik yang tidak terduga karena adanya kebocoran arus listrik pada *body* peralatan listrik.³

2.2.2 Keandalan

Kondisi yang di perlukan adalah keandalan terhadap :

- a. Unjuk kerja sistem
- b. Pengoperasian sistem
- c. Peralatan yang digunakan

Suatu sistem instalasi listrik dinyatakan andal bila operasi sistem kelistrikan dapat bekerja selama mungkin dan dapat diatasi dengan cepat bila terjadi gangguan.⁴

2.2.3 Kemudahan

Kon disi yang harus dicapai adalah kemudahan terhadap :

- a. Pengoperasian, perawatan & perbaikan sistem
- b. Pemasangan dan penggantian peralatan sistem
- c. Pengembangan dan perluasan sistem

Kemudahan pada sistem instalasi listrik dinyatakan tercapai apabila pengoperasian suatu sistem tidak memerlukan *skill* tinggi, cepat dan tepat dalam

³ *Instalasi Listrik*, (Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya, 2013), hlm 36-37.

⁴ *Ibid.*, hlm. 37.



pemasangan peralatan sistem serta mudah dalam melaksanakan perawatan dan perbaikan sistem.⁵

2.2.4 Ketersediaan

Merupakan hal penting dalam sistem instalasi listrik karena berkaitan dengan pengembangan ataupun perluasan proses kontrol / mesin yang meliputi ketersediaan terhadap :

- a. Alat
- b. Tempat / ruang
- c. Daya

Suatu sistem instalasi listrik dinyatakan mempunyai ketersediaan apabila :

- a. Adanya cadangan peralatan listrik sebagai alat pengganti bila terjadi kerusakan pada peralatan yang dalam kondisi operasi, baik yang telah tersedia dilapangan umum maupun yang dengan mudah didapat dipasaran.
- b. Adanya cadangan tempat atau ruang yang diperlukan untuk menempatkan peralatan tambahan, karena adanya pengembangan ataupun perluasan sistem.
- c. Adanya cadangan daya pada sistem instalasi yang dapat langsung digunakan tanpa harus mengganti ataupun menambah kabel pada sistem instalasi.⁶

2.2.5 Pengaruh Lingkungan

Perencanaan sistem instalasi listrik harus mempertimbangkan dampak yang terjadi pada lingkungan sekitar dimana sistem instalasi dipasang, yang meliputi :

- a. Pengaruh lingkungan terhadap peralatan
- b. Pengaruh peralatan terhadap lingkungan

Contoh :

⁵ *Ibid.*

⁶ *Ibid.*, hlm 38.



1. Gardu listrik dipasang pada suatu taman yang indah, maka harus dipertimbangkan konstruksi bangunan gardu listrik agar tidak merusak keindahan taman.
2. Kabel instalasi dipasang pada lingkungan yang dipengaruhi oleh bahan kimia tertentu, maka harus dipilih bahan isolasi kabel yang tahan terhadap pengaruh bahan kimia tersebut.
3. Peralatan listrik dipasang pada lingkungan yang lembab, maka harus digunakan peralatan listrik yang mempunyai IP (*Index Protection*) tertentu.⁷

2.2.6 Ekonomis

Perencanaan sistem instalasi listrik perlu mempertimbangkan kondisi operasional jangka panjang agar dapat dihemat biaya - biaya yang dikeluarkan terhadap :

- a. Pemeliharaan dan perluasan sistem
- b. Pemakaian / penggantian peralatan
- c. Pengoperasian sistem

Kondisi ekonomis pada suatu sistem instalasi dikatakan berhasil bila efisien dan efektif terhadap penggunaan daya listrik.⁸

2.2.7 Keindahan

Suatu hal yang penting pada sistem instalasi listrik adalah keindahan dan kerapian, yang meliputi :

- a. Kerapian dalam pemasangan dan pengawatan
- b. Keserasian dalam penggunaan / pemilihan peralatan

Kerapian dalam pemasangan dan pengawatan akan menimbulkan kemudahan dan kejernihan pikiran dalam melaksanakan perawatan dan perbaikan pada sistem

⁷ *Ibid.*, hlm 38-39.

⁸ *Ibid.*, hlm 39-40.



instalasi. Keserasian dalam pemilihan peralatan yang disesuaikan dengan ukuran, bentuk dan warna sehingga menimbulkan pemandangan yang indah.⁹

2.3 Penghantar

Penghantar adalah zat yang dapat menghantarkan arus listrik, baik berupa zat padat, cair atau gas. Karena sifatnya yang konduktif maka disebut konduktor. Konduktor yang baik adalah yang memiliki tahanan jenis yang kecil. Pada umumnya logam bersifat konduktif. Emas, perak, tembaga, aluminium, zink, besi berturut - turut memiliki tahanan jenis semakin besar. Jadi sebagai penghantar emas adalah sangat baik tetapi karena sangat mahal harganya maka secara ekonomis tembaga dan aluminium paling banyak digunakan.

Ada tiga bagian utama pada kabel / penghantar diantaranya :

1. Penghantar (konduktor) : media untuk menghantarkan arus listrik.
2. Isolator : bahan dielektrik untuk mengisolasi dari penghantar yang satu terhadap yang lain dan juga terhadap lingkungan lingkungannya.
3. Pelindung luar : memberikan perlindungan terhadap kerusakan mekanis, pengaruh bahan - bahan kimia elektrolisis, api atau pengaruh - pengaruh luar lainnya yang merugikan.

2.3.1 Jenis - Jenis Penghantar

1. Kabel NYA



Gambar 2.1 Kabel NYA

Kabel jenis ini di gunakan untuk instalasi rumah dan yang sering di gunakan adalah NYA dengan ukuran 1,5 mm² dan 2,5 mm² yang berinti tunggal, berlapis bahan isolasi PVC. Kode warna isolasi ada warna merah, kuning, biru dan hitam. Untuk pemasangan tetap dalam jangkauan tangan, NYA harus

⁹ *ibid.*, hlm 40.



dilindungi dengan pipa. NYA tidak boleh digunakan di ruang basah, di alam terbuka atau di tempat kerja atau gudang dengan bahaya kebakaran atau ledakan.¹⁰

2. Kabel NYM



Gambar 2.2 Kabel NYM

NYM memiliki penghantar tembaga polos berisolasi PVC. Untuk luas penampang 1,5 mm² sampai dengan 10 mm², penghantarnya terdiri dari kawat tunggal.¹¹ NYM boleh dipasang langsung menempel pada plesteran atau kayu atau ditanam langsung dalam plesteran, juga di ruang lembab atau basah, NYM tidak boleh dipasang didalam tanah.¹²

3. Kabel NYY



Gambar 2.3 Kabel NYY

Kabel ini dirancang untuk instalasi tetap di dalam tanah yang dimana harus tetap diberikan perlindungan khusus (misalnya *duct*, pipa PVC atau pipa besi). Instalasi bisa ditempatkan di dalam dan di luar ruangan, dalam kondisi lembab atau kering, memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna hitam), ada yang berinti 2, 3 atau 4 dan memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM. Kabel NYY memiliki isolasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus.¹³

¹⁰ P. Van. Harten dan E. Setiawan, *Instalasi Listrik Arus Kuat 1*, (Bandung: Bina Cipta, 1981), hlm 71.

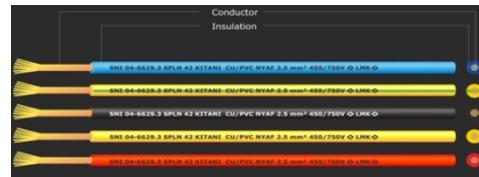
¹¹ *Ibid.*, hlm 116.

¹² *Ibid.*, hlm 72.

¹³ *Op. Cit.*, hlm 133.



4. Kabel NYAF



Gambar 2.4 Kabel NYAF

Kabel ini direkomendasikan untuk instalasi dalam kabel kotak distribusi pipa atau di dalam *duct*. Kabel NYAF merupakan jenis kabel fleksibel dengan penghantar tembaga serabut berisolasi PVC. Digunakan untuk instalasi panel - panel yang memerlukan fleksibilitas yang tinggi. Kabel jenis ini sangat cocok untuk tempat yang mempunyai belokan - belokan tajam. Digunakan pada lingkungan yang kering dan tidak dalam kondisi yang lembab / basah atau terkena pengaruh cuaca secara langsung.¹⁴

5. Kabel NYFGbY



Gambar 2.5 Kabel NYFGbY

Kabel ini dirancang khusus untuk instalasi tetap dalam tanah yang ditanam langsung tanpa memerlukan perlindungan tambahan (kecuali harus menyeberang jalan). Pada kondisi normal ke dalaman pemasangan di bawah tanah adalah 0,8 meter.¹⁵ Konstruksi NYFGbY, untuk perisainya tidak digunakan kawat baja bulat, tetapi kawat baja pipih berlapis seng.¹⁶

6. Kabel NYCY



Gambar 2.6 Kabel NYCY

¹⁴ *Instalasi Listrik*, (Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya, 2013), hlm 134.

¹⁵ *Ibid.*

¹⁶ P. Van. Harten dan E. Setiawan, *Instalasi Listrik Arus Kuat 1*, (Bandung: Bina Cipta, 1981), hlm 120.



Kabel ini dirancang untuk jaringan listrik dengan penghantar konsentris dalam tanah, dalam ruangan, saluran kabel dan alam terbuka. Instalasi ini bisa di tempatkan di luar atau di dalam bangunan, baik pada kondisi lembab maupun kering.

7. BC



Gambar 2.7 BC

Kabel ini dipilin / *stranded*, disatukan. Ukuran / tegangan maks = 6 – 500 mm² / 500 V. Pemakaian = saluran di atas tanah dan penghantar pentanahan.

8. AAAC



Gambar 2.8 AAAC

All Aluminium Alloy Conductor, penghantar aluminium campuran, bentuknya berurat banyak.¹⁷ Kabel ini terbuat dari aluminium – magnesium - silicon campuran logam. Keterhantaran listrik tinggi yang berisi magnesium silicide, untuk memberi sifat yang lebih baik. AAAC mempunyai suatu anti karat dan kekuatan yang baik, sehingga daya hantarnya lebih baik.

9. ACSR



Gambar 2.9 ACSR

¹⁷ M.E.Chaerudin Dalimunte dan Rachmad Adi, *Instalasi Listrik Komersial*, (Bandung: Angkasa, 1996), hlm 3.



Aluminium Conductor Steel Reinforced yaitu kawat penghantar yang aluminium berinti kawat baja.¹⁸ Kabel ini digunakan untuk saluran - saluran transmisi tegangan tinggi, dimana jarak antara menara / tiang berjauhan, mencapai ratusan meter, maka dibutuhkan kuat tarik yang lebih tinggi, untuk itu digunakan kawat penghantar ACSR.

10. ACAR



Gambar 2.10 ACAR

Aluminium Conductor Alloy Reinforced yaitu kawat penghantar aluminium yang diperkuat dengan logam campuran.¹⁹ Sehingga kabel ini lebih kuat daripada kabel ACSR.

11. Kabel NYMHYO



Gambar 2.11 Kabel NYMHYO

Kabel jenis serabut dengan berintikan dua serabut. Kabel ini biasanya digunakan untuk *soundsystem, loudspeaker, virtual video*. Gunakan kabel jenis NYA / NYM untuk jembatan / hantaran listrik yang bersifat permanen. Untuk pemakaian daya yang besar seperti televisi, magicom, kulkas, AC, gunakan jenis kabel ini secara langsung. Jenis kabel ini mampu menghantar hingga 700 VA sehingga aman dan menjadikan pembayaran rekening listrik menjadi murah. Jika

¹⁸ Cekmas Cekdim dan Taufik Barlian, *Transmisi Daya Listrik*, (Yogyakarta : Penerbit ANDI, 2013), hlm. 8.

¹⁹ *Ibid.*



digunakan pada pemakaian daya yang besar seperti tersebut di atas hanya bersifat *temporary* / sementara karena jenis kabel ini hanya mampu menghantarkan listrik 20VA - 50VA. Untuk jenis kabel NYMHYO biasanya digunakan pada lampu taman.

12. Kabel NYMHY



Gambar 2.12 Kabel NYMHY

Kabel jenis ini khusus direkomendasikan untuk digunakan sebagai penghubung alat - alat rumah tangga yang sering dipindah - pindah dan harus ditempat kering. Kabel ini mempunyai isolasi plastik tahan panas. Bilamana digunakan untuk penghubung alat pemanas, maka pada titik sambungannya antar alat dengan kabel. Temperaturnya tidak boleh lebih dari 85 derajat celcius, karena hal tersebut dapat membahayakan kabel itu sendiri.

2.3.2 Nomenklatur Kabel

Tabel 2.1 Nomenklatur Kabel menurut SPLN²⁰

Kode	Keterangan
N	Kabel standar dengan inti tembaga
NA	Kabel dengan penghantar aluminium sebagai penghantar
Y	Isolasi PVC
G	Isolasi karet
A	Kawat berisolasi
Y	Selubung PVC (Polyvinyl Chloride) untuk kabel luar

²⁰ M.E.Chaerudin Dalimunte dan Rachmad Adi, *Op.Cit.*, hlm 4.



M	Selubung PVC
R	Kawat baja bulat (perisai)
Gb	Kawat pita baja (perisai)
B	Pita baja
I	Untuk isolasi tetap diluar jangkauan tangan
Re	Penghantar padat bulat
Rm	Penghantar bulat berkawat banyak
Se	Penghantar bentuk pejal (padat)
Sm	Penghantar diplilin bentuk sektor
F	Penghantar halus dipintal bulat
Ff	Penghantar sangat fleksibel
Z	Penghantar Z
D	Penghantar 3 jalur yang ditengah sebagai pelindung
H	Kabel untuk alat bergerak
Rd	Inti dipilin bentuk bulat
Fl	Inti pipih
-I	Kabel dengan sistem pengenalan warna urat dengan hijau – kuning
-O	Kabel dengan sistem pengenalan warna urat tanpa hijau – kuning

Contoh:

:

NYFGbY 4x100 mm² 0,6/1 KV, artinya :

- N : Kabel jenis standar dengan penghantar tembaga
- Y : Berisolasi PVC (dalam)
- F : Bervariasi kawat baja
- Gb : Berselubung pita pelat putih
- Y : Berisolasi PVC (luar)
- 4x : Berjalur 4 merah, kuning, biru, hitam.



- 100 mm² : Berpenampang masing-masing 100mm²
- 0,6/1KV : Diizinkan dialiri arus listrik bertegangan 600 volt.
Kekuatan maksimal 1000 volt.²¹

2.4 Gangguan – Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Gangguan dalam sistem tenaga listrik adalah keadaan tidak normal dimana keadaan ini dapat mengakibatkan terganggunya kontinuitas pelayanan tenaga listrik. Secara umum klasifikasi gangguan pada sistem tenaga listrik disebabkan oleh 2 faktor, yaitu:

1. Gangguan yang berasal dari sistem.
2. Gangguan yang berasal dari luar sistem.

Penyebab gangguan yang berasal dari dalam sistem antara lain :

1. Tegangan dan arus abnormal.
2. Pemasangan yang kurang baik.
3. Kesalahan mekanis karena proses penuaan.
4. Beban lebih.
5. Kerusakan material seperti isolator pecah, kawat putus, atau kabel cacat isolasinya.

Sedangkan untuk gangguan yang berasal dari luar sistem antara lain :

1. Gangguan - gangguan mekanis karena pekerjaan galian saluran lain. Gangguan ini terjadi untuk sistem kelistrikan bawah tanah.
2. Pengaruh cuaca seperti hujan, angin, serta surja petir. Pada gangguan surja petir dapat mengakibatkan gangguan tegangan lebih dan dapat menyebabkan gangguan hubung singkat karena tembus isolasi peralatan (*breakdown*).
3. Pengaruh lingkungan seperti pohon, binatang dan benda - benda asing serta akibat kecerobohan manusia.

2.5 Kemampuan Hantar Arus (KHA)

²¹ *Ibid.*, hlm 5.



Kemampuan hantar arus dari sakelar utama harus sekurang - kurangnya sama dengan kemampuan hantar arus (KHA) pengaman yang berada di depannya.

Kemampuan hantar arus pengaman dan luas penampang penghantar yang diperlukan, tergantung pada daya beban yang dihubungkan. Untuk menentukan kemampuan hantar arus pengaman dan luas penampang penghantar yang diperlukan pertama - tama harus ditentukan arus yang dipakai, berdasarkan daya beban yang dihubungkan. Untuk arus searah digunakan rumus :

$$I = \frac{P}{V} \dots \dots \dots (2.1)$$

Sedangkan untuk arus bolak – balik satu fasa digunakan rumus :

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} \dots \dots \dots (2.2)$$

dan untuk arus bolak - balik tiga fasa digunakan rumus :

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3}} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

I = Besar arus yang terpakai (Ampere)

P = daya aktif (Watt)

V = tegangan (Volt)

Cos φ = faktor daya

Setelah arus yang dipakai dihitung, ditentukan pengaman yang diperlukan. Kemampuan hantar arus nominal pengaman ini harus lebih besar dari pada kuat arus yang diperhitungkan, tetapi harus sebanyak mungkin mendekati kuat arus ini. Setelah pengaman lebur ini diketahui, ditentukan luas penampang penghantar yang diperlukan.

2.6 Luas Penampang Penghantar

Rumus - rumus yang digunakan untuk menentukan luas penampang penghantar yang diperlukan berdasarkan rugi tegangan adalah sebagai berikut :

Luas penampang kabel untuk arus bolak - balik *line to netral* (1 fasa) :



$$A = \frac{l \cdot I \cdot \cos \varphi}{p \times \eta} \dots\dots\dots(2.4)$$

Luas penampang kabel untuk arus bolak - balik *line to line* (3 fasa) :

$$q = \frac{1,7321 \times l \times I \times \cos \varphi}{p \times \eta} \dots\dots\dots(2.5)^{22}$$

Dimana :

q = Luas penampang penghantar (m²)

I = Kuat arus (Ampere)

p' = Rugi tegangan dalam penghantar (Volt)

l = Jarak hantaran (meter)

η = Daya hantar yang untuk tembaga 56 untuk aluminium 32,7.

2.7 Macam - Macam Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam sirkuit listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (joule / detik).

Daya listrik dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu sebagai berikut :

1. Daya Kompleks / Semu (S)
2. Daya Aktif (P)
3. Daya Reaktif (Q)

Berikut penjelasan singkat dan rumus - rumus tentang daya listrik :

2.7.1 Daya Kompleks (S)

Perkalian tegangan V dengan arus I* dalam kedua besaran ini dalam bentuk bilangan kompleks adalah VI* yang dinamakan daya kompleks dengan simbol S, dalam satuan VA, kVA, MVA. Arus I* adalah arus konjugate dari I. Jadi :

²² Hazairin Samaulah, *Teknik Instalasi Tenaga Listrik*, (Palembang: Penerbit Unsri, 2002), hlm 168.



$$a. \text{ Line to netral / 1 fasa} \quad \Rightarrow \quad S = V \times I^* \dots\dots\dots(2.8)^{23}$$

$$b. \text{ Line to line / 3 fasa} \quad \Rightarrow \quad S = \sqrt{3} \times V \times I^* \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

S = Daya semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)

2.7.2 Daya Aktif (P)

Daya aktif merupakan daya listrik yang digunakan untuk keperluan menggerakkan mesin - mesin listrik atau peralatan lainnya.

$$a. \text{ Line to netral / 1 fasa} \quad \Rightarrow \quad P = V \times I^* \times \text{Cos } \emptyset \dots\dots\dots(2.6)^{24}$$

$$b. \text{ Line to line / 3 fasa} \quad \Rightarrow \quad P = \sqrt{3} \times V \times I^* \times \text{Cos } \emptyset \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

P = Daya aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)

Cos ϕ = Faktor daya

2.7.3 Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif merupakan selisih antara daya semu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar itu sendiri, dimana daya ini terpakai untuk daya mekanik dan panas. Daya reaktif ini adalah hasil kali antara besarnya arus dan tegangan yang dipengaruhi oleh faktor daya.

$$a. \text{ Line to netral / 1 fasa} \quad \Rightarrow \quad Q = V \times I^* \times \text{Sin } \emptyset \dots\dots\dots(2.10)^{25}$$

$$b. \text{ Line to line / 3 fasa} \quad \Rightarrow \quad Q = \sqrt{3} \times V \times I^* \times \text{Sin } \emptyset \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

Q = Daya reaktif (VAR)

²³ Cekmas Cekdin dan Taufik Barlian, *Transmisi Daya Listrik*, (Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2013), hlm 16.

²⁴ *Ibid.*, hlm 17.

²⁵ *Ibid.*

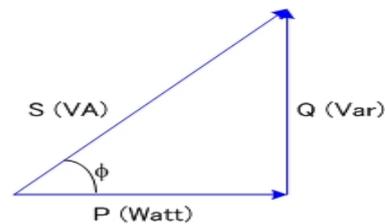


V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Sin ϕ = Faktor Daya

Dari penjelasan ketiga macam daya diatas tersebut, dikenal juga dengan segitiga daya. Dimana pengertian umum dari segitiga daya adalah suatu hubungan antara daya aktif, daya semu, dan daya reaktif yang dapat dilihat hubungannya pada gambar bentuk segitiga dibawah ini :



Gambar 2.13 Segitiga Daya

Dimana:

$$P = S \times \cos \phi \quad (\text{Watt}) \dots \dots \dots (2.12)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (\text{VA}) \dots \dots \dots (2.13)$$

$$Q = S \times \sin \phi \quad (\text{VAR}) \dots \dots \dots (2.14)$$

2.8 Faktor Daya

Faktor daya merupakan rasio antara daya (dalam satuan watt) terhadap produk tegangan dan arus (dalam satuan VA) yang berbeda fasa, disebabkan reaktansi rangkaian, termasuk alat yang merupakan beban.²⁶

$$\cos \phi = \frac{P}{S} \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan :

P = Daya Aktif (Watt)

S = Daya Semu (VA)

Daya aktif ini merupakan daya tidak berguna sehingga tidak dapat dirubah menjadi tenaga akan tetapi diperlukan untuk proses transmisi energi listrik pada

²⁶ Abdul Kadir, *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik*, (Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia, 2000), hlm 137.



beban. Jadi yang menyebabkan pemborosan energi listrik adalah banyaknya peralatan yang bersifat induktif. Berarti dalam penggunaan energi listrik pelanggan tidak hanya dibebani oleh daya aktif (kW) saja tetapi juga daya reaktif (kVAR).

Penjumlahan kedua daya itu akan menghasilkan daya nyata atau semu yang merupakan daya yang disuplai oleh PLN. Jika nilai daya ini diperbesar yang biasanya dilakukan oleh pelanggan industri maka rugi - rugi daya menjadi besar sedangkan daya aktif (kW) dan tegangan yang sampai ke konsumen berkurang. Dengan demikian produksi pada industri itu akan menurun hal ini tentunya tidak boleh terjadi untuk itu suplai daya dari PLN harus ditambah berarti penambahan biaya. Karena daya itu $P = V \cdot I$, maka dengan bertambah besarnya daya berarti terjadi penurunan harga V naiknya harga I.

Faktor daya mempunyai nilai antara 0 – 1. Faktor daya yang sangat ideal jika nilainya mendekati 1. Faktor daya yang rendah merugikan dan mengakibatkan arus tinggi sehingga tagihan listrik membengkak.

Dalam kelistrikan dikenal 3 jenis faktor daya yaitu :

- Faktor Daya Sephasa (*Unity*).
- Faktor Daya Terbelakang (*Lagging*).
- Faktor Daya Mendahului (*Leading*).

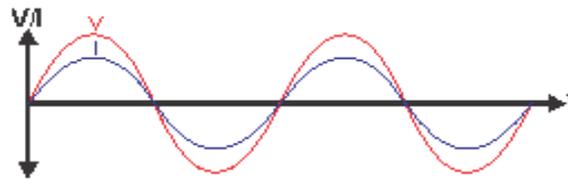
A. Faktor Daya Sephasa (*Unity*)

Faktor daya sefasa adalah keadaan saat nilai $\text{Cos } \emptyset = 1$ dan tegangan sefasa dengan arus. Fakto daya sefasa akan terjadi jika jenis beban adalah resistif murni.



Gambar 2.14 Arus Sefasa Dengan Tegangan.

Pada gambar diatas terlihat nilai $\text{Cos } \emptyset = 1$, yang menyebabkan jumlah daya nyata yang dikonsumsi beban sama dengan daya semu.

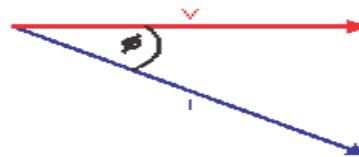


Gambar 2.15 Gelombang Faktor Daya Sefasa

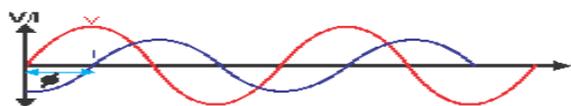
B. Faktor Daya Terbelakang (*Lagging*)

Faktor daya terbelakang (*lagging*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi - kondisi seperti berikut :

1. Beban atau peralatan memerlukan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat induktif.
2. Arus terbelakang dari tegangan, V mendahului I dengan sudut ϕ .

Gambar 2.16 Arus Tertinggal dari Tegangan Sebesar Sudut ϕ .

Dari gambar diatas terlihat arus tertinggal dari tegangan maka daya reaktif mendahului daya nyata, artinya beban membutuhkan atau menerima daya reaktif dari sistem.



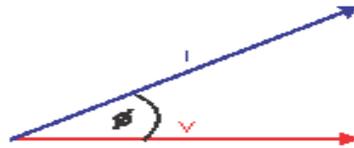
Gambar 2.17 Gelombang Faktor Daya Terbelakang

C. Faktor Daya Mendahului (*Leading*)

Faktor daya mendahului (*leading*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi - kondisi seperti berikut :

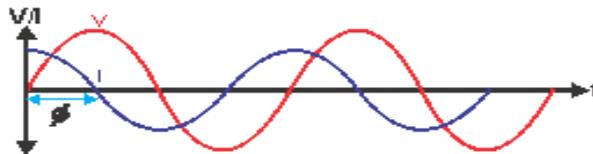


1. Beban atau peralatan memerlukan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat kapasitif.
2. Arus mendahului tegangan, V terbelakang dari I dengan sudut ϕ .



Gambar 2.18 Arus Mendahului Tegangan Sebesar Sudut ϕ .

Dari gambar terlihat bahwa arus mendahului tegangan maka daya reaktif tertinggal dari daya nyata, artinya sistem menerima daya reaktif dari beban.



Gambar 2.19 Gelombang Faktor Daya Mendahului.

2.9 Karakteristik Beban

Secara umum beban yang dilayani oleh sistem distribusi elektrik ini dibagi dalam beberapa sektor yaitu sektor perumahan, sektor industri, sektor komersial dan sektor usaha.

Masing - masing sektor beban tersebut mempunyai karakteristik - karakteristik yang berbeda, sebab hal ini berkaitan dengan pola konsumsi energi pada masing - masing konsumen di sektor tersebut. Karakteristik beban yang banyak disebut dengan pola pembebanan pada sektor perumahan ditunjukkan oleh adanya fluktuasi konsumsi energi elektrik yang cukup besar. Hal ini disebabkan konsumsi energi elektrik tersebut dominan pada malam hari. Sedang pada sektor industri fluktuasi konsumsi energi sepanjang hari akan hampir sama, sehingga perbandingan beban puncak terhadap beban rata - rata hampir mendekati



satu. Beban pada sektor komersial dan usaha mempunyai karakteristik yang hampir sama, hanya pada sektor komersial akan mempunyai beban puncak yang lebih tinggi pada malam hari.

2.9.1 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, 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.
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 tangga.

2.9.2 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 thermis dari pembebanan dapat dianalisis dengan baik. Analisis tersebut termasuk dalam menentukan keadaan awal yang akan di proyeksikan dalam perencanaan selanjutnya.

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.

1. Faktor Penilaian Beban



Faktor - faktor penilaian beban adalah faktor yang dapat memberikan gambaran mengenai karakteristik beban, baik dari segi kuantitas pembebanannya maupun dari segi kualitasnya.

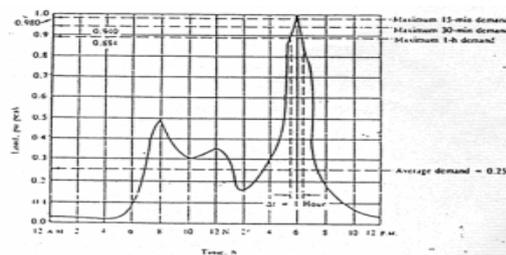
Faktor - faktor ini sangat berguna dalam meramalkan karakteristik beban masa datang atau dalam menentukan efek pembebanan terhadap kapasitas sistem secara menyeluruh.

2. Beban Terpasang (*Connected Load*)

Beban terpasang dari suatu sistem adalah jumlah total daya dari seluruh peralatan sesuai dengan kW atau kVA yang tertulis pada papan nama (*name plate*) peralatan yang akan dilayani oleh sistem tersebut.

3. Selang Kebutuhan (*Demand Interval*)

Interval Kebutuhan merupakan periode yang dijadikan dasar untk terima secara rata - rata. Pemilihan periode ini dapat terjadi mulai dari selang 15 menit, selang 30 menit, selang 60 menit ataupun lainnya. Pada kondisi - kondisi tertentu kebutuhan pada selang 15 menit sama dengan kebutuhan pada selang 30 menit. Gambar 2.20 menunjukkan kurva harian beban "*Daily Load Curve*" yang menunjukkan beban sebagai fungsi waktu.



Gambar 2.20 Kurva Harian Beban

4. Beban Harian



Faktor beban harian, bervariasi menurut karakteristik dari daerah beban tersebut, apakah daerah pemukiman, daerah industri, perdagangan ataupun gabungan dari bermacam pemakai / pelanggan, juga bagaimana keadaan cuaca atau juga apakah hari libur dan sebagainya.

5. Permintaan Maksimum (*Maximum Demand*)

Beban yang secara aktual terjadi pada seorang pelanggan merupakan suatu permintaan (*demand*) atau keperluan akan energi listrik yang berbeda dan bervariasi dengan waktu, namun akan mencapai suatu nilai tertinggi pada suatu saat tertentu.²⁷

6. Faktor Permintaan (*Demand Factor*)

Rasio antara permintaan maksimum (*maximum demand*) terhadap beban tersambung total (*total connected load*). Misalnya seseorang pelanggan atau konsumen memiliki 10 motor dari masing – masing 10 kW yang terpasang. Pada setiap saat, beberapa akan beroperasi dan yang lain tidak akan berbeban penuh, sehingga keperluan yang aktual pada saat itu hanya 60 kW. Faktor permintaan dengan demikian adalah 60:100 atau 60%.²⁸

7. Faktor Beban (*load factor*)

Faktor beban adalah perbandingan antara beban rata – rata terhadap beban puncak yang diukur dalam suatu periode tertentu. Faktor beban dapat dihitung untuk periode tertentu biasanya dipakai harian, bulanan atau tahunan. Definisi dari faktor beban ini dapat dituliskan dalam persamaan berikut ini:

$$\text{Faktor Beban (Fb)} = \frac{P_{\text{rata-rata}}}{P_p} \dots\dots\dots(2.16)$$

²⁷ *Ibid.*, 135

²⁸ *Ibid.*



dimana :

T = Periode waktu

P rata-rata = Beban rata – rata dalam periode T

P_p = Beban puncak yang terjadi dalam periode T pada selang waktu tertentu (15 menit atau 30 menit).

Bila P rata - rata dan P_p dalam kW dan T dalam jam.

Bila T dalam setahun, maka didapat faktor beban tahunan, bila dalam satu bulan didapat faktor beban bulanan dan bila harian, faktor beban harian.

8. Diversivitas

Diversivitas beban pemakai merupakan deskripsi dari variasi waktu pemanfaatan atau permintaan maksimum dari dua atau lebih beban tersambung. Diversivitas beban merupakan perbedaan antara jumlah permintaan maksimum dari dua atau lebih beban pemakai dan gabungan beban. Misalnya permintaan maksimum salah satu pelanggan terjadi pada pagi hari, sedangkan dari yang lain terjadi pada sore hari dan yang satu lagi pada malam hari. Dengan demikian maka beban puncak tidak terjadi bersamaan dan hal itu merupakan diversivitas beban para pemakai.²⁹

9. Faktor Keragaman (*Diversity Factor*)

Merupakan rasio antara jumlah permintaan maksimum masing – masing pelanggan terhadap beban maksimum atas beban puncak dari seluruh sistem. Misalnya ada tiga pelanggan, masing – masing memiliki permintaan maksimum

²⁹ *Ibid.*, 136.



sebesar 75, 100 dan 125 kW berjumlah total 300 kW. Sedangkan beban puncak dari sistem hanyalah 200 kW. Faktor diversivitas adalah $300:200 = 1,4$.³⁰

10. Faktor Keserempakan (*Coincidence Factor*)

Faktor koinsidensi merupakan rasio antara permintaan koinsidensi maksimum suatu kelompok pemakai terhadap jumlah permintaan maksimum dari tiap pemakai.³¹

11. Faktor Utilisasi

Faktor utilisasi merupakan rasio antara permintaan maksimum suatu sistem terhadap kapasitas atau daya nominal sistem itu. Faktor ini menyatakan tingkat pembebanan sistem selama beban puncak dibandingkan dengan kemampuannya.³²

³⁰ *Ibid.*

³¹ *Ibid.*, 137.

³² *Ibid.*