

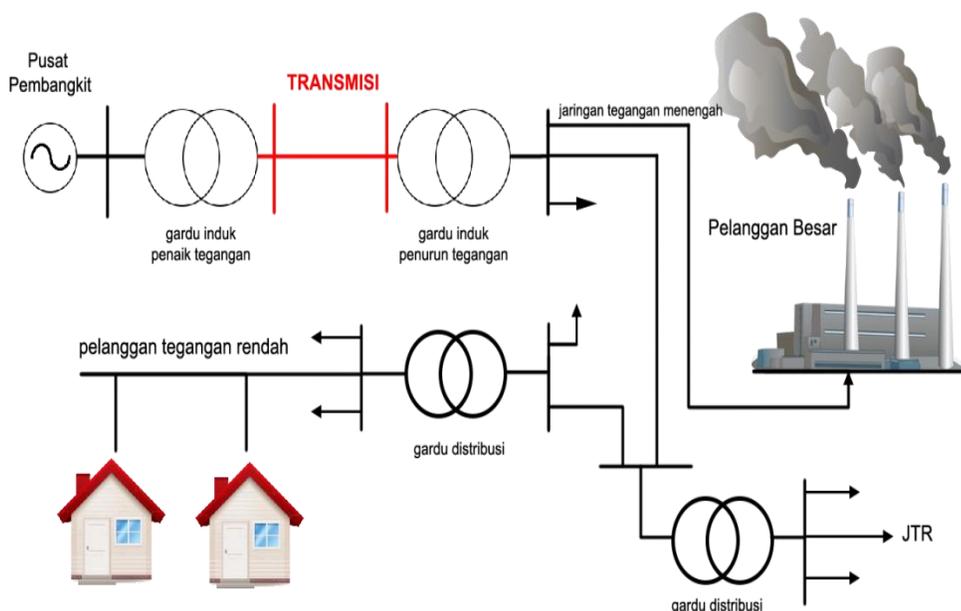
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Suplai Daya

Suplai daya listrik pada sistem distribusi dapat dilakukan baik dengan saluran udara maupun saluran bawah tanah. Pemilihan sistem distribusi ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain: pentingnya kontinuitas pelayanan, arah perkembangan daerah, biaya pemeliharaan tahunan, biaya modal, dan umur manfaat daripada sistem. (A.S. Pabla, 1995, p.177).

Pada gambar 2.1 adalah tipikal jaringan distribusi tenaga listrik untuk mensuplai beban pada pelanggan listrik.



Gambar 2.1 Skema Penyaluran Sistem Tenaga Listrik

2.1.1 Sumber Suplai Daya Listrik

Pada umumnya sistem suplai daya di Industri ataupun Gedung Komersial selain suplai daya listrik dari PT PLN juga dilengkapi dengan *Back up* sistem dari sumber energi dari *Diesel Generator sets* atau Pembangkit listrik dari Pembangkit Listrik tenaga Gas (PLTG) atau Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar dari Batubara, dan yang berfungsi sebagai Penggerak Mula dan dikopel dengan *Generator-Sets*

Generator set (Genset) merupakan kombinasi antara motor diesel dan generator sinkron, dimana motor-motor diesel tersebut dijalankan secara otomatis. Suplai daya dari generator set ada kalanya dapat berperan sebagai suplai daya penuh yang berarti dalam suplai dayanya tidak menggunakan suplai daya yang bersumber dari PLN.

Pembangkitan tenaga listrik sebagian besar dilakukan dengan cara memutar generator sinkron sehingga didapat tenaga listrik dengan tegangan bolak-balik tiga fasa. Energi mekanik yang diperlukan untuk memutar generator sinkron didapat dari mesin penggerak generator atau biasa disebut penggerak mula (*prime mover*). Mesin penggerak generator yang banyak digunakan dalam praktik, yaitu: mesin diesel, turbin uap, turbin air, dan turbin gas. Mesin-mesin penggerak generator ini mendapat energi dari: (Djiteng Marsudi, 1995, p.1)

- Proses pembakaran bahan bakar (mesin-mesin termal)
- Air terjun (turbin air)

Jadi sesungguhnya mesin penggerak generator melakukan konversi energi primer menjadi energi mekanik menimbulkan “produk” sampingan berupa limbah dan kebisingan yang perlu dikendalikan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan.

Dari segi ekonomi teknik, komponen biaya penyediaan tenaga listrik yang terbesar adalah biaya pembangkitan, khususnya biaya bahan bakar. Oleh sebab itu, berbagai teknik untuk menekan biaya bahan bakar terus berkembang, baik dari segi unit pembangkit secara individu maupun dari segi operasi sistem tenaga listrik secara terpadu.

Pusat listrik adalah tempat dimana proses pembangkitan tenaga listrik dilakukan. Mengingat proses pembangkitan tenaga listrik proses pembangkitan tenaga listrik dilakukan. Mengingat proses menjadi energi mekanik penggerak generator, yang selanjutnya energi mekanik ini diubah menjadi energi listrik oleh generator, maka dalam pusat listrik umumnya terdapat: (Ditjeng Marsudi, 1995, p.1)

- a. Instalasi Energi Primer, yaitu instalasi bahan bakar atau instalasi tenaga air.
- b. Instalasi Mesin Penggerak Generator, yaitu instalasi yang berfungsi sebagai pengubah energi primer yang menjadi mekanik penggerak generator. Mesin penggerak generator ini dapat berupa ketel uap beserta turbin uap, mesin diesel, turbin gas, atau turbin air.

- c. Instalasi Pendingin, yaitu instalasi yang berfungsi mendinginkan instalasi mesin penggerak yang menggunakan bahan bakar.
- d. Instalasi Listrik, yaitu instalasi yang secara garis besar terdiri dari:
 - Instalasi Tegangan Tinggi, yaitu instalasi yang menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan generator.
 - Instalasi Tegangan Rendah, yaitu instalasi alat-alat bantu dan instalasi penerangan.
 - Instalasi Arus Searah, yaitu instalasi yang terdiri dari baterai aki beserta pengisinya dan jaringan arus searah yang terutama digunakan untuk proteksi, kontrol, dan telekomunikasi. (Djitung Marsudi, 1995, p.2)

2.1.2 Pembangkitan Listrik Tenaga Diesel (PLTD)

Pada Gedung PP-IPTEK penggerak mulanya diambil dari Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dan PLTD adalah penggerak mula yang mayoritas dipakai sebagai *back-up system* di Gedung bertingkat dan Rumah sakit. PLTD pada umumnya menggunakan prinsip dengan proses prinsip kerja Daur-empat langkah. Urutan kejadian yang berulang secara teratur dan dalam urutan yang sama disebut sebuah daur (cycle). Beberapa kejadian berikut, membentuk daur dalam mesin diesel: (V.L. Maleev, 1991, p.623)

1. Mengisi Silinder mesin dengan udara segar.
2. Penekanan isi udara yang menaikkan tekanan dan suhu sehingga kaluabahan bakar diinjeksikan, akan segera menyala dan terbakar secara efisien.
3. Pembakaran bahan bakar dan pengembangan gas panas.
4. Mengosongkan hasil pembakaran dari silinder.

2.1.3. Transformator

Pada suplai daya listrik untuk Tegangan menengah 20kV biasanya dilengkapi dengan Transformator step *Down* dari 20 kV menjadi 220 kv sebagaimana yang terjadi di gedung PP-IPTEK. Sedangkan Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai, dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

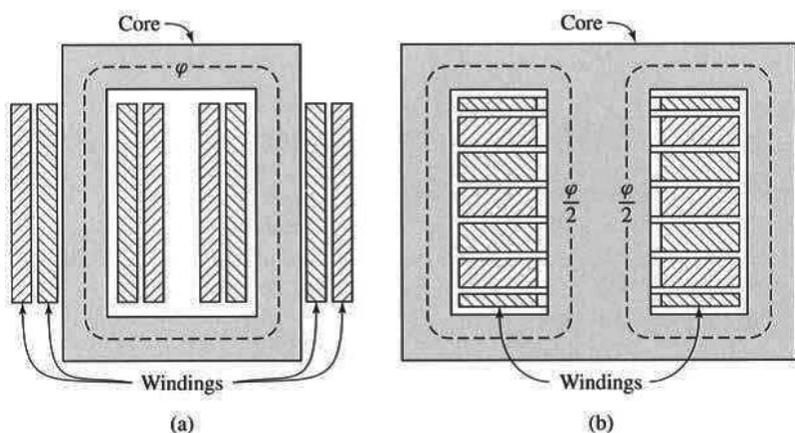
Dalam elektronika, transformator digunakan antara lain sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban; untuk memisahkan satu rangkaian dari rangkaian yang lain; dan untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan atau mengalirkan arus bolak-balik antara rangkaian. Berdasarkan frekuensi, transformator dapat dikelompokkan sebagai berikut: (Zuhal, 1988, p.43)

- (1) Frekuensi daya. 50-60 c/s;
- (2) Frekuensi pendengaran. 50. 50 c/s-20 kc/s;
- (3) Frekuensi radio, di atas 30 kc/s.

Dalam bidang tenaga listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi:

- (1) transformator daya;
- (2) transformator distribusi;
- (3) transformasi pengukuran; yang terdiri atas transformator arus dan transformator tegangan.

Kerja transformator yang berdasarkan induksi-elektromagnet, menghendaki adanya gandengan magnet antara *rangkai primer* dan *sekunder*. Gandengan magnet ini berupa *inti besi* tempat melakukan fluks bersama. (Zuhal, 1988, p.43)



Gambar 2.2 Rangkaian Transformator

Sumber: Fitzgerald, 2003: 58

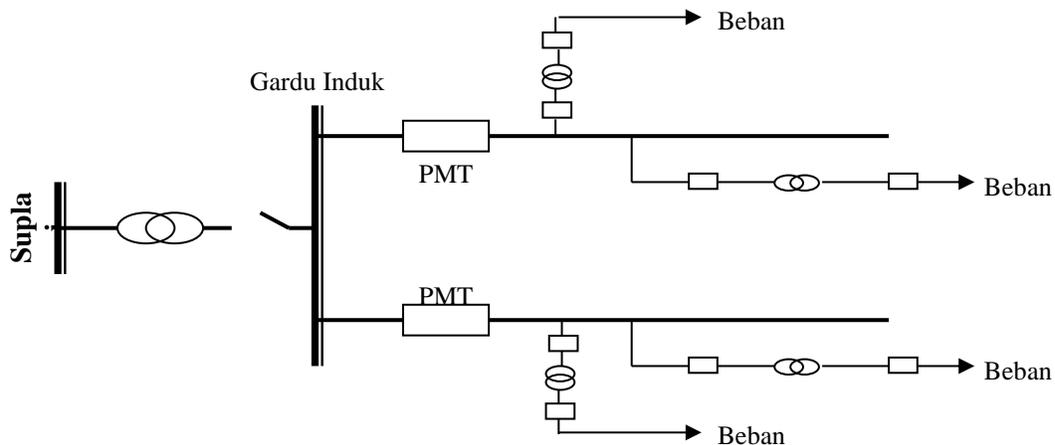
Pada gambar 2.2 tentang rangkaian transformator dapat dijelaskan bahwa sebagian besar dari fluksi terikat pada inti dan menghubungkan kedua belitan. Belitan-belitan ini juga menghasilkan fluksi tambahan yang diketahui sebagai fluksi kebocoran, yang menghubungkan satu belitan tanpa menghubungkan yang lain. Meskipun kebocoran fluksi ini hanya sebagian kecil dari fluksi total, hal ini bermain peran penting dalam menentukan karakteristik daripada transformer. (Fitzgerald, 2003, p.58)

2.1.4 Susunan Jaringan Daya Listrik

Secara umum dapat dikatakan bahwa ada tiga macam susunan jaringan yaitu: Radial, Lingkaran (*loop*), dan Anyaman (*mesh* atau *grid*): (Hasan Basri, 1997, pp.51-56)

1. Jaringan Distribusi Radial

Jaringan radial adalah bentuk jaringan yang paling sederhana yang menghubungkan beban-beban ketitik sumber dengan biaya yang relatif murah. Pada struktur jaringan radial, tidak ada alternatif pasokan, sehingga tingkat andalannya relatif rendah. Tetapi untuk pengaturan tegangan dapat dijalankan dengan baik. Sedangkan untuk mempertinggi tingkat keandalan dari jaringan radial dapat upayakan, bahwa pasokan dayanya tidak hanya satu arah, walaupun dalam pengoperasiannya dijalankan secara radial. Bentuk sederhana jaringan radial dapat dilihat pada gambar 2.1.



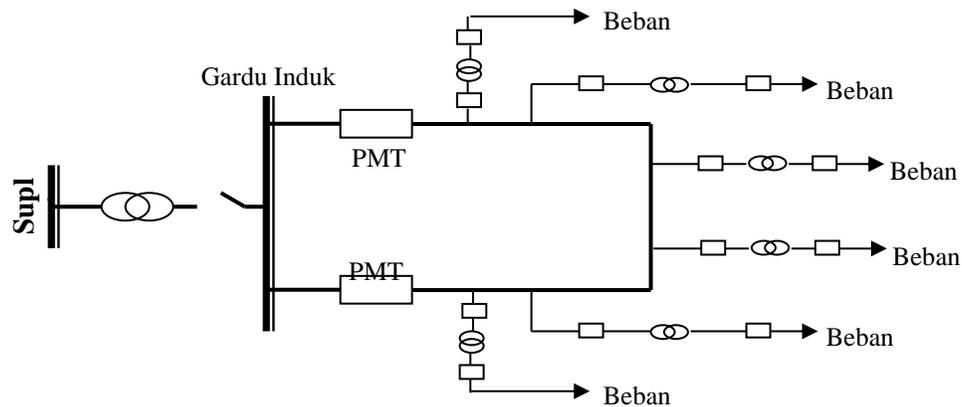
Gambar 2.3 Bentuk Jaringan Distribusi Radial

Sumber: Hasan Basri, 1997: 52

Jaringan distribusi radial mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: kontinuitas pelayanan kurang baik, reliabilitas kurang baik, murah atau ekonomis, dan untuk perluasan jaringan kurang begitu baik. (Hasan Basri, 1997, pp.51-56)

2. Jaringan Distribusi Lingkaran (*Loop*)

Jaringan lingkaran adalah sistem distribusi dimana gardu-gardu dihubungkan antara satu dengan lainnya sehingga semuanya membentuk rangkaian jaringan yang tertutup. Jaringan ini secara ekonomis menguntungkan dan rasional, karena gangguan terjadi hanya pada saluran yang terganggu saja. Sehingga apabila ada gangguan yang mengalami pemadaman hanya pada saluran yang terkena gangguan saja, sedangkan saluran yang lain masih mendapatkan aliran daya dari sumber jaringan lain yang tidak terganggu, sehingga pada jaringan tertutup tingkat keandalannya relatif lebih baik.



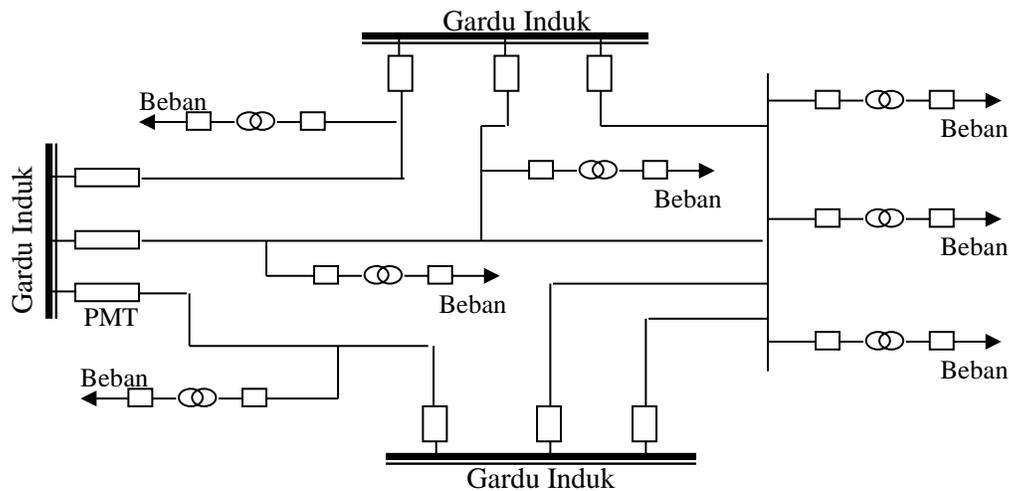
Gambar 2.4 Bentuk Jaringan Distribusi Rangkaian Tertutup

Sumber: Hasan Basri, 1997: 56

Jaringan distribusi rangkaian tertutup (loop) mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: kontinuitas pelayanan lebih baik, drop tegangan lebih baik, untuk perluasan jaringan cukup baik, dapat melayani beban dengan kerapatan beban yang cukup tinggi, dan biaya investasi cukup mahal. (Hasan Basri, 1997, pp.51-56)

3. Jaringan Distribusi Anyaman (*Mesh/Grid*)

Jaringan distribusi anyaman (mesh/grid) adalah merupakan jaringan yang strukturnya kompleks, dimana kelangsungan penyaluran dan kualitas pelayanan sangat diutamakan. Struktur jaringan anyaman biasanya dipakai pada jaringan tegangan rendah yang kepadatan bebannya cukup tinggi, tetapi pada jaringan tegangan menengah untuk jaringan anyaman relatif tidak digunakan karena perlengkapan peralatan hubungannya mahal. (Hasan Basri, 1997, pp.51-56)



Gambar 2.5 Bentuk Jaringan Distribusi Anyaman

Sumber: Hasan Basri, 1997: 56

Jaringan distribusi anyaman mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: kontinuitas pelayanan paling baik, memiliki fleksibilitas yang baik pada pertumbuhan beban dan jaringan, drop tegangan tinggi. (Hasan Basri, 1997, pp.51-56)

2.2 Kapasitor Bank

Kapasitor adalah suatu alat yang terdiri dari dua buah pelat metal yang terpisah satu dan lainnya dengan isolasi atau dielektrik, dengan sistem penghantar umumnya terbuat dari lapisan aluminium murni atau semprotan logam. Kapasitor merupakan alat yang dapat menyimpan energi listrik dan dapat melepaskan kembali pada waktu dan keadaan tertentu.

Kapasitor bank adalah sejumlah kapasitor yang dipasang secara seri atau paralel dalam sistem distribusi tenaga listrik. Kapasitor bank berfungsi untuk memperbaiki faktor daya listrik atau $\cos \phi$. Melalui kapasitor bank diharapkan akan mampu mensuplai arus reaktif yang disebabkan oleh beban-beban induktif, dengan jumlah beban (kW) tetap. Pemasangan kapasitor bank pada sistem tenaga listrik juga akan dapat memperbaiki/meningkatkan faktor daya ($\cos \phi$), dengan meningkatnya $\cos \phi$ maka daya semu pada sistem tenaga listrik akan berkurang sehingga diperoleh keuntungan, baik keuntungan teknis maupun ekonomis, antara lain: dapat mengurangi rugi-rugi daya dalam saluran, mengurangi jatuh tegangan (tegangan dalam sistem tetap stabil), menambah kemampuan feeder dan peralatan lainnya, memungkinkan menaikkan daya aktif tanpa menaikkan daya semu atau sebaliknya, melayani pemakaian beban dengan kualitas sistem

tenaga listrik yang baik, mengurangi biaya pengeluaran untuk perbaikan maupun perluasan sistem, dan meningkatnya pendapatan akibat perbaikan tegangan. (Hasan Basri, 1997, pp. 89-110).

2.2.1 Prinsip Kerja Kapasitor

Kapasitor yang dipakai untuk memperbaiki faktor daya umumnya dipasang paralel (*shunt*) dengan rangkaian beban. Apabila rangkaian tersebut diberi beban maka elektron akan mengalir ke dalam kapasitor. Pada saat kapasitor telah penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah, dan elektron kemudian keluar dari kapasitor dan mengalir ke dalam rangkaian yang memerlukannya pada saat itu kapasitor membangkitkan daya reaktif. Apabila tegangan yang berubah itu kembali normal (tetap) maka kapasitor akan menyimpan kembali elektron. Pada saat kapasitor mengeluarkan elektron (I_c) maka kapasitor telah menyuplai daya reaktif ke beban. Mengingat beban bersifat induktif (positif), sedang kapasitor bersifat kapasitif (negatif), maka daya reaktif yang terjadi menjadi kecil. (A.S. Pabla, 1994, p.282)

2.2.2 Pemasangan Kapasitor

Pemasangan kapasitor bank pada sistem tenaga listrik dimaksudkan untuk meningkatkan daya reaktif yang digunakan untuk memperbaiki faktor daya dan tegangan, sehingga pada akhirnya mampu mengurangi kerugian. Secara teknis pemasangan kapasitor dapat dilakukan secara seri dan paralel pada sistem daya. (A.S. Pabla, 1994, p. 282).

1. Kapasitor seri: adalah kapasitor yang dihubungkan seri dengan saluran dan hanya dibatasi pada saluran distribusi, karena diperlukan peralatan pengamanan yang cukup rumit. Sehingga biaya yang dibutuhkan untuk pemasangan kapasitor seri lebih mahal dan kapasitor seri hanya didesain untuk daya yang lebih besar. Apabila menggunakan kapasitor seri dengan kompensasi lebih, hendaknya dibatasi untuk beban normal, karena hasil kompensasi lebih pada tegangan ujung penerima hasilnya tidak selalu menguntungkan, sebab pada waktu pengasut motor besar, arus asut yang mengikuti dapat menghasilkan kenaikan tegangan abnormal. Sehingga dapat menimbulkan kedip-tegangan, yang pengaruhnya sangat dirasakan pada lampu-lampu menjadi cepat putus.

2. Kapasitor paralel: adalah kapasitor yang dihubungkan paralel dengan saluran yang secara terus menerus digunakan pada sistem distribusi. Pemakaian kapasitor paralel sangat efektif untuk perencanaan daya reaktif pada sistem daya.

(A.S Pabla, 1994, p.282)

Pemakaian kapasitor bank dimaksudkan agar daya penggunaan saluran transmisi dapat dilakukan secara optimal dan mampu mengurangi kehilangan energi. Karena saluran transmisi akan lebih ekonomis apabila hanya menyalurkan daya aktif saja, sedang kebutuhan daya reaktif dipenuhi dari sistem distribusi di pelanggan melalui kapasitor bank. (A.S Pabla, 1994, p.282)

2.3 Faktor Daya

Daya listrik yang berasal dari pembangkit tenaga listrik terdiri dari: daya aktif, daya reaktif, dan daya semu. (BL. Theraja, 1976, p.1082)

1. Daya aktif: adalah daya listrik yang terpakai langsung oleh pemakai/konsumen yang membutuhkan atau dengan kata lain daya listrik yang benar-benar digunakan sesuai dengan kebutuhan tenaga listrik. Satuan daripada daya aktif adalah: Watt (W), dan Killowatt (KW).
2. Daya reaktif: adalah daya listrik yang diperlukan oleh rangkaian magnetisasi suatu peralatan listrik, sehingga daya listrik tidak langsung dipakai akan tetapi hanya digunakan untuk tujuan magnetisasi. Satuan daripada daya reaktif adalah: Volt-Ampere-reaktif (VAr), dan Kilo Volt-Ampere-reaktif (KVAR).

Daya reaktif terbagi dalam dua bagian, yaitu: daya reaktif kapasitif (*leading*) dan daya reaktif induktif (*lagging*).

- Daya reaktif kapasitif (*leading*) adalah daya listrik yang timbul akibat dari mengalirnya arus listrik pada sebuah atau beberapa kapasitor dan atau kawat transmisi tegangan tinggi.
 - Daya reaktif induktif (*lagging*) adalah daya listrik yang dihasilkan akibat mengalirnya arus listrik melalui kumparan-kumparan kawat listrik dari peralatan listrik seperti pada motor induksi, transformator, ballas pada lampu neon dan sebagainya.
3. Daya semu: hasil penjumlahan secara vektor daya aktif dengan daya reaktif.

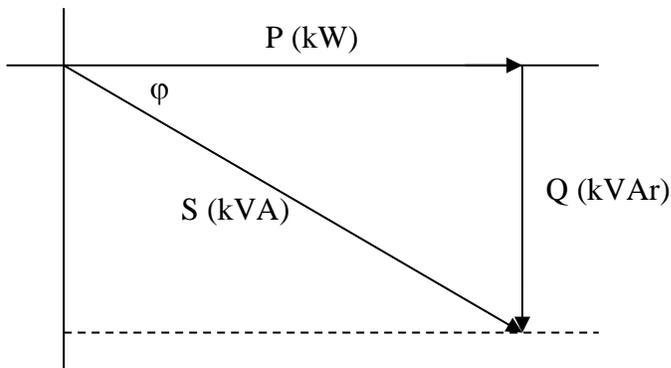
Berdasarkan penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa, daya listrik terdiri atas daya aktif dan daya reaktif. Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif dengan daya semu, yang dapat dirumuskan sebagai berikut: (Hasan Basri, 1997, p.90)

$$\begin{aligned} \text{Faktor Daya (Cos } \varphi) &= \frac{P (\text{Daya Aktif})}{S (\text{Daya Semu})} \dots\dots\dots (2.1) \\ &= \frac{\sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \varphi}{\sqrt{3} \times V \times I} \end{aligned}$$

- dimana: Cos φ = Faktor Daya
- P = Daya Aktif dalam Kilowatt (kW)
- S = Daya Semu dalam Kilovolt Ampere (kVA)
- V = Tegangan (Volt)
- I = Arus (Ampere)

(Hasan Basri, 1997, p.90)

Hubungan antara daya aktif, daya semu, dan daya reaktif dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.6 Hubungan antara daya aktif, daya semu, dan daya reaktif
 Sumber: Hasan Basri, 1997: 90

Berdasarkan gambar 2.4 terlihat bahwa hubungan antara daya aktif (kW), daya semu (kVA), dan daya reaktif (kVAr) dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

(BL. Theraja, 1976, p.1082)

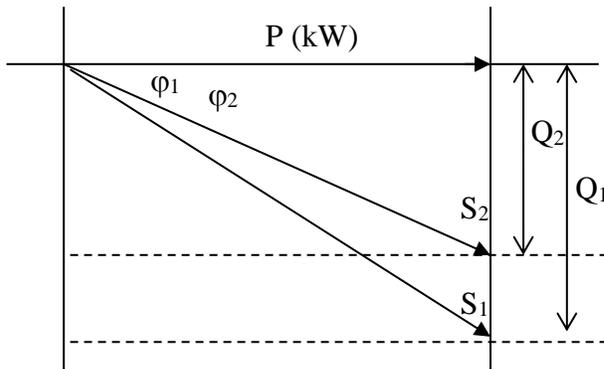
$$\begin{aligned}
 P &= S \times \cos \varphi && \text{(kW)} \\
 S &= \sqrt{3} \times V \times I && \text{(kVA)} \\
 Q &= P \times \tan \varphi && \text{(kVAr) \dots\dots\dots (2.2)}
 \end{aligned}$$

Faktor daya juga dapat dilihat dari hubungan antara arus nyata (arus yang mengalir pada beban), arus magnetisasi (arus yang timbul pada beban yang dapat menimbulkan medan magnet), dan arus total (arus yang mengalir pada jaringan dan merupakan vektor dari arus nyata dengan arus magnetisasi). Arus yang terbaca pada ampere meter adalah harga efektif dari arus total. (BL. Theraja, 1976, p.1082)

2.4 Perbaikan Faktor Daya

Untuk mendukung optimalisasi penyaluran daya listrik, baik pada perumahan, fasilitas umum, gedung-gedung perkantoran, dan industri perlu dilakukan perbaikan faktor daya. Perbaikan faktor daya ini dapat dilakukan melalui pemasangan kapasitor bank secara paralel pada sumber-sumber penyuplai beban, baik dari suplai daya dari PLN maupun dari generator set. Hal ini disebabkan pada daya listrik yang rendah, peralatan listrik akan banyak menarik daya reaktif induktif sehingga perlu adanya daya reaktif kapasitif agar faktor daya listrik dari peralatan dimaksud menjadi lebih besar, dan diharapkan faktor daya dapat mendekati 1.

Untuk memperbaiki faktor daya dilakukan melalui: perbaikan faktor daya dengan daya aktif tetap dan perbaikan faktor daya dengan daya semu tetap. Cara yang sudah umum dan banyak digunakan adalah cara perbaikan faktor daya dengan daya aktif tetap. Dengan cara ini yang akan mengalami perubahan adalah daya semu sedang daya aktifnya tetap. Perbaikan faktor daya melalui daya aktif tetap dapat dilihat pada gambar 2.5. (Hasan Basri, 1997, p.90).



Gambar 2.7 Perbaikan faktor daya dengan daya aktif tetap
 Sumber: Hasan Basri, 1997: 90

Dari gambar 2.5 terlihat, bahwa besarnya faktor daya sebelum memakai kapasitor bank adalah S_1 , $\cos \varphi_1$, sedang $P_1 = P_2$, sehingga besarnya daya reaktif yang disediakan oleh pembangkit tenaga listrik adalah seperti persamaan berikut: (Hasan Basri, 1997, p.90)

$$Q_1 = P_1 \times \tan \varphi_1 \quad (\text{kVAr}) \dots\dots\dots (2.3)$$

Sedangkan setelah memakai kapasitor bank, besarnya daya reaktif yang disediakan oleh pembangkit tenaga listrik adalah seperti persamaan berikut:

(Hasan Basri, 1997, p.90)

$$(\text{kVAr}) \dots\dots\dots (2.4)$$

Besarnya kVAr kapasitor adalah selisih antara daya reaktif induktif sebelum dipasang kapasitor bank (kVAr_1) dengan daya reaktif induktif setelah dipasang kapasitor bank (kVAr_2), sehingga besarnya rating kapasitor bank yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

(Hasan Basri, 1997, p.90)

$$Q_c = P \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (\text{kVAr}) \dots\dots\dots (2.5)$$

- dimana: Q_c = Besarnya kapasitas kapasitor bank dalam kVAr
- P = Daya aktif dalam kW
- φ_1 = Sudut fasa mula-mula
- φ_2 = Sudut fasa yang diinginkan.

Untuk memilih keunggulan dalam pemilihan Kapasitor yang dipasang seri dan Paralel dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Pemilihan Kapasitor Seri dan Paralel

NO	TUJUAN	PILIHAN	
		SERI	PARALEL
1	Memperbaiki faktor daya	Kedua	Pertama
2	Memperbaiki tingkat tegangan pada sistem saluran udara dengan faktor daya normal dan rendah	Pertama	Kedua
3	Memperbaiki tingkat tegangan pada saluran udara dengan faktor daya tinggi	Tidak dipakai	Pertama
4	Memperbaiki tegangan pada sistem SKTM dengan faktor daya normal rendah	Pertama	Tidak dipakai
5	Memperbaiki tegangan pada sistem SKTM dengan faktor daya tinggi	Tidak dipakai	Tidak dipakai
6	Memperbaiki rugi daya dan rugi energi pada saluran	Kedua	Pertama
7	Mengurangi fluktuasi tegangan	Pertama	Tidak dipakai

Sumber : Hasan basri, 1997: 88

2.5 TARIF DASAR LISTRIK

Tenaga Listrik tidak dapat disimpan dalam jumlah yang besar dan harus dibangkitkan dan disampaikan kepada pemakai tepat di tempat pada waktu dan dalam jumlah yang diperlukan. Sifat ini menyebabkan, bahwa pengukurannya, penetapan harganya, maupun penentuan tarifnya adalah lebih sulit daripada untuk bahan-bahan bulk lainnya. (Abdul Kadir, 1995, p.623)

Komponen biaya tetap dapat dianggap mewakili biaya dari kesiapan penyediaan setiap waktu, sedangkan biaya tidak tetap atau biaya variable, mewakili biaya daripada energi listrik yang dikonsumsi sebenarnya. Dengan demikian adalah jelas, bahwa biaya tidak tetap ini berbanding lurus dengan jumlah kWh yang dipakai. Sedangkan komponen biaya tetap kemungkinan besar untuk sebagian yang penting kan tergantung daripada besarnya daya dalam MVA atau MW yang senantiasa harus disediakan oleh perusahaan listrik. (Abdul Kadir, 1995, p.625)

Prinsip pemisahan biaya-biaya dalam dua komponen ini pertama kali dikemukakan dalam tahun 1882 oleh John Hopkinson di Inggris. Menurut Hopkinson, komponen variable

biaya, akan terjadi terutama dari bahan bakar yang dipakai dalam sentral listrik dan sebagian daripada pengeluaran untuk reparasi dan pemeliharaan, dan dinyatakan semuanya dalam kilowatt-jam, sedangkan komponen tetap daripada biaya dinyatakan dalam kilowatt-beban. (Abdul Kadir, 1995, p.625)

Lebih jauh lagi Hopkinson mengemukakan, bahwa dengan demikian juga logis, untuk memperhitungkan kepada para pemakai tenaga listrik biaya-biaya yang juga dilandaskan pada suatu sistem yang terdiri atas dua bagian, yaitu sesuai dengan konsumsi kilowatt jamnya, dan besarnya daya tersedia atau daya tersambung dalam watt atau kilowatt. Hal ini merupakan suatu pendapat akademis yang sangat menarik: yaitu bahwa seorang konsumen membayar bukan hanya banyaknya energi yang dipakainya, akan tetapi turut memikul biaya tetap daripada perusahaan listrik, sesuai daya tersedia yang diperlukannya. Dengan sendirinya tiap tarif harus memperhitungkan biaya-biaya ini secara tak langsung, akan tetapi dengan sistem tarif dua bagian ini hal itu dinyatakan secara eksplisit dan cukup rasional. Pemisahan dalam dua bagian itu memungkinkan pemakai meringankan biaya listriknya dengan penggunaan alat-alat pemakai listrik secara lebih efisien, sehingga memperbaiki faktor beban, yang akan menguntungkan baik konsumen maupun perusahaan listrik. (Abdul Kadir, 1995, p.626)

PT PLN (persero) menyatakan 12 golongan tarif tenaga listrik yang mengikuti mekanisme *tariff adjustment* (TA) mengalami penurunan pada Januari 2017. Menurunnya harga minyak mentah Indonesia (*Indonesian Crude Price/ICP*) menjadi salah satu indikator turunnya tarif listrik disamping biaya pokok produksi (BPP) yang juga menurun, walaupun di sisi lain nilai tukar rupiah mengalami pelemahan.

Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik (TTL) ini sesuai dengan Peraturan Menteri (Permen) Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 28/2016. Pasal 16 ayat 2, Permen ini menyatakan bahwa penyesuaian diberlakukan setiap bulan, menyesuaikan perubahan nilai tukar mata uang rupiah terhadap dolar Amerika, harga minyak dan inflasi bulanan dan pasal 16 dan ayat 2 tersebut menyatakan sebagai berikut: Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik (*tariff adjustment*) sebagaimana dimaksud pada ayat dilaksanakan setiap bulan apabila terjadi perubahan, baik peningkatan maupun penurunan salah satu dana atau beberapa faktor yang dapat mempengaruhi biaya pokok penyediaan tenaga listrik, yaitu:

- a. nilai tukar mata uang Dollar Amerika terhadap mata uang Rupiah (kurs);

- b. *Indonesian Crude Price(ICP)*; dan
- c. inflasi.

Kepala Satuan Komunikasi Korporat PLN I Made Suprateka mengatakan Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik (TTL) ini sesuai dengan Peraturan Menteri (Permen) Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 28/2016. Permen ini menyatakan bahwa penyesuaian diberlakukan setiap bulan, menyesuaikan perubahan nilai tukar mata uang rupiah terhadap dolar Amerika, harga minyak dan inflasi bulanan. Dengan mekanisme TA, tarif listrik setiap bulan memang dimungkinkan untuk turun, tetap atau naik berdasarkan perubahan ketiga indikator tersebut.

Akibat dari perubahan nilai ketiga indikator tersebut, tarif listrik pada Januari di tegangan Rendah (TR) menjadi Rp 1.467,28/kWh, tarif listrik di Tegangan Menengah (TM) menjadi Rp1.114,74/kWh, tarif listrik di Tegangan Tinggi (TT) menjadi Rp 996,74/kWh, dan tarif listrik di Layanan Khusus menjadi Rp 1.644,52/kWh.

Dengan adanya kebijakan pemerintah dalam memberikan subsidi tepat sasaran, maka golongan tarif R-1/900 VA khusus masyarakat mampu akan diberlakukan kenaikan bertahap setiap 2 bulan, yaitu 1 Januari 2017, 1 Maret 2017, 1 Mei 2017 dan pada 1 Juli 2017 akan disesuaikan bersamaan dengan 12 golongan tarif lainnya yang mengalami penyesuaian tarif tiap bulannya.

Sementara itu, 25 golongan tarif lainnya tidak berubah. Pelanggan rumah tangga kecil daya 450 VA dan 900 VA, bisnis dan industri kecil serta pelanggan sosial termasuk dalam 25 golongan tarif tersebut. Pelanggan golongan ini masih diberikan subsidi oleh pemerintah.

2.6 Konversi dan Konservasi Energi

Sebagaimana didefinisikan oleh Undang-Undang No. 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan adalah segala sesuatu yang menyangkut penyediaan dan pemanfaatan tenaga listrik serta usaha penunjang tenaga listrik (Pasal 1, ayat 1). Tenaga listrik adalah suatu bentuk energy sekunder yang dibangkitkan, ditransmisikan, dan didistribusikan untuk segala macam keperluan, tetapi tidak meliputi listrik yang dipakai untuk komunikasi, elektronika, atau isyarat (Pasal 1, ayat 2).

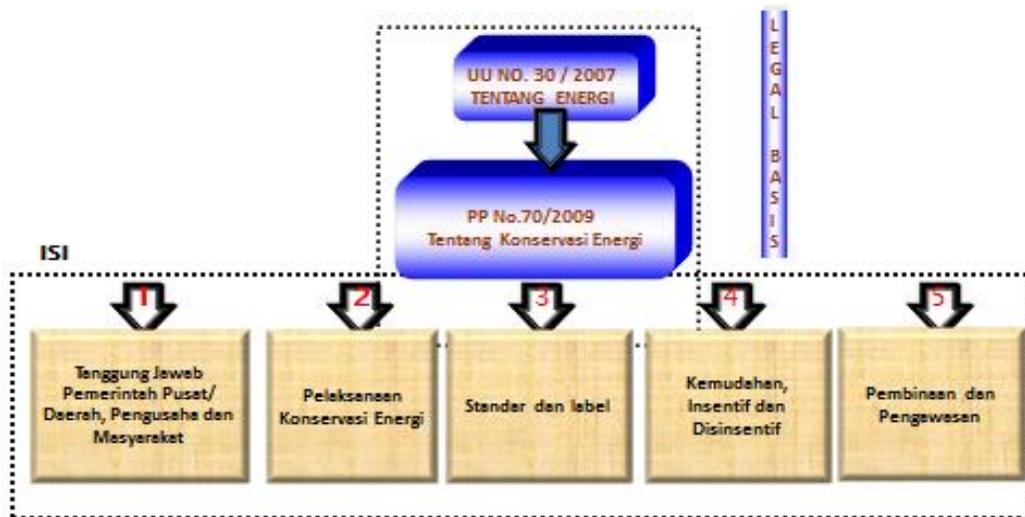
Apa pengertian dan bagaimana pelaksanaan konversi energi, antara lain tertuang dalam Peraturan Pemerintah Nomor 70 Tahun 2009 tentang Konversi Energi. Pasal 1 (ayat 1)

mendefinisikan konversi energi sebagai “upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri, serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya.” Mengenai definisi “energy” diungkapkan dalam pasal yang sama ayat (2) bahwa energy adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika” Sedangkan “seumber energi” didefinisikan sebagai “sesuatu yang dapat menghasilkan energi, baik secara langsung maupun melalui proses konversi atau transformasi (Pasal 1, ayat 3). Sedangkan peralatan hemat energi dalah piranti atau perangkat atau fasilitas yang dalam pengoperasiannya memanfaatkan energi secara hemat sesuai dengan benchmark hemat energi yang ditetapkan (Pasal 1, ayat 12 PP No. 70 Tahun 2009).

Adapun tanggung jawab pengusaha dalam konversi energi, sebagaimana disebutkan dalam Pasal 7 (ayat 1) PP No. 70 Tahun 2009 adalah: (a) melaksanakan konservasi energy dalam setiap tahap pelaksanaan usaha; dan (b) menggunakan teknologi yang efisien energy; dan/ atau (c) menghasilkan produk dan/ atau jasa yang hemat energi.

Mengenai pelaksanaan konversi energi mencakup seluruh tahap pengelolaan energi, Pasal 9 (ayat 1 dan 2 PP No. 70/2009) menyatakan bahwa pelaksanaan konservasi energi mencakup seluruh tahap pengelolaan energi. Pengelolaan energi meliputi kegiatan: (a) penyediaan energi, (b) pengusahaan energi, (c) pemanfaatan energi, dan (d) konservasi sumber daya energi

Program Konversi dan konservasi energy sesuai dengan PP no.70 tahun 2009 sudah seharusnya menjadi tanggung jawab bersama yakni menjadi **tanggung jawab** pemerintah, pemerintah daerah, pengusaha, dan masyarakat. gambar 2.6 menunjukkan turunan dari UU no 30 tentang Energi dan PP no 9 tahun 2009 Tentang konservasi energi



Gambar 2.8 PP No. 70/2009 Tentang Konservasi Energi
 Sumber : Pasal 13, ayat 3, PP No. 70/2009

Khusus mengenai konservasi energi dalam kegiatan “pemanfaatan energi” oleh pengguna sumber energi dikemukakan bahwa pengguna sumber energi dan pengguna energi yang menggunakan sumber energi lebih besar atau sama dengan 6.000 (enam ribu) setara ton minyak per tahun wajib melakukan konservasi energi melalui manajemen energi. Manajemen energi tersebut dilakukan dengan: (a) menunjuk manajer energi, (b) menyusun program konservasi energi, (c) melaksanakan audit energi secara berkala, (d) melaksanakan rekomendasi hasil audit energi; dan (e) melaporkan pelaksanaan konservasi energi setiap tahun kepada menteri, gubernur, atau bupati/ walikota sesuai dengan kewenangannya masing-masing (Pasal 12 PP No. 70/2009). Program konservasi energi, paling sedikit memuat informasi mengenai: (a) rencana yang akan dilakukan, (b) jenis dan konsumsi energi, (c) penggunaan peralatan hemat energi, (d) langkah-langkah konservasi energi; dan (e) jumlah produk yang dihasilkan atau jasa yang diberikan (Pasal 13, ayat 3, PP No. 70/2009).

2.7 Penghematan dari Perbaikan Faktor Daya

Tarif listrik pada umumnya ditentukan oleh dua komponen yaitu (a) daya tetap dan (b) biaya variabel. Biaya adalah berupa biaya daya yang terpasang atau sebagai beban, yang dihitung dalam rupiah per VA atau Per kVA, Biaya variabel berupa biaya yang dikenakan sesuai jumlah energi (kWh).

Dalam memperbaiki faktor daya $\cos \varphi_1$ menjadi $\cos \varphi_2$ pada daya rata – rata tetap. Pengurangan daya nyata awal S_1 menjadi S_2 terdapat pengurangan sebesar $S = (S_1 - S_2)$ kVA.

Bila dimisalkan biaya beban X rupiah/kVA pertahun, maka dalam setahun dapat menghemat terhadap biaya beban sebesar

$$Rp. S.X = (S_1 - S) X \text{ atau}$$

$$P.X \left(\frac{1}{\cos \varphi_1} - \frac{1}{\cos \varphi_2} \right) Rp.1 \text{ tahun} \dots \dots \dots (2.6)$$

Sumber: (Hasan Basri, 1997, p.92)

Untuk memperbaiki faktor daya $\cos \varphi_1$ menjadi $\cos \varphi_2$ perlu dipasang kapasitor, dengan kapasitas sebesar Q_c (kVAR) dan besar Q_c sesuai dengan persamaan 2.24 bila dimisalkan biaya yang dikeluarkan pertahunnya dari alat ini (kapasitor) adalah Y rupiah per kVAR, maka pengeluaran pertahunnya dari alat ini adalah (Hasan Basri, 1997, p.92) Pengeluaran

$$/ \text{ tahun} = y.Q_c = Y.P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \dots \dots \dots (2.7)$$

Maka penghematan pertahunnya :

$$Z = P.X \left(\frac{1}{\cos \varphi_1} - \frac{1}{\cos \varphi_2} \right) - Y.P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \dots \dots \dots (2.8)$$

Penghematan maksimum didapat bila $\frac{dZ}{d\varphi_2} = 0$, jadi

$$\frac{dZ}{d\varphi_2} = -P \sec \varphi_2 \times \tan \varphi_2 + P.Y \sec 2\varphi_2 = 0$$

$$-X \tan \varphi_2 + Y \sec 2\varphi_2 = 0$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Y}{X}$$

atau

$$\sin \varphi_2 = \frac{\text{Biaya perbaikan faktor daya setahun perkVAR}}{\text{Biaya perbaikan faktor daya setahun perkVAR}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Jadi sudut φ_2 adalah sudut fasa yang paling harmonis.

(Hasan Basri, 1997, p.92)