

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian yang Relevan

1. Penelitian yang dilakukan oleh M Fadhlila Luthfi membahas tentang kemampuan sistem Automatic Meter Reading (AMR) dalam mencatat penggunaan energi listrik pelanggan PT PLN (Persero), dibandingkan dengan cara membaca meter kWh secara manual. Penelitian ini dilakukan pada dua pelanggan dengan daya dan tarif yang berbeda, menggunakan data penggunaan energi selama beberapa periode. Hasilnya menunjukkan bahwa perbedaan antara hasil bacaan AMR dan manual sangat kecil dan masih dalam batas yang diterima. Tingkat keakuratan sistem AMR mencapai sekitar 99%, menunjukkan bahwa sistem ini sangat handal dalam mencatat penggunaan energi. Meskipun terdapat ketidakseimbangan beban pada salah satu fasa, kondisi faktor daya secara keseluruhan masih dalam kategori baik. Dari temuan tersebut, sistem AMR terbukti efektif dan efisien dalam mendukung pencatatan energi yang akurat, sehingga mampu meningkatkan kualitas pelayanan dan keandalan dalam sistem penagihan di PT PLN (Persero).

2. Penelitian yang dilakukan oleh Hot Parulian Saragih membahas perbandingan tingkat kesalahan pengukuran energi listrik antara meter kWh analog dan meter kWh digital tiga fasa pada pelanggan PT PLN (Persero). Pengujian dilakukan menggunakan alat baku Calmet TE30 untuk mengecek akurasi pengukuran berdasarkan parameter tegangan, arus, daya, faktor daya, dan energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meter kWh digital tiga fasa memiliki tingkat kesalahan lebih rendah dan berada di bawah batas toleransi $\pm 1\%$, sedangkan meter analog masih memenuhi standar kelas akurasi $\pm 2\%$. Meskipun keduanya bisa digunakan, meter digital lebih teliti dan mudah dalam mencatat data. Oleh karena itu, meter digital lebih direkomendasikan untuk sistem pengukuran modern karena memberikan data yang lebih akurat dan efisien,

meskipun tetap perlu memperhatikan gangguan komunikasi dan kondisi lingkungan operasional.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Meita Dwi Putri Andiningtiyas ini membahas tentang penggunaan sistem Automatic Meter Reading (AMR) untuk mendeteksi ketidaknormalan penggunaan energi listrik pada pelanggan tiga fasa di PT PLN (Persero) UP3 Palangka Raya. AMR dipilih karena mampu memantau meter secara otomatis dan berkelanjutan, sehingga menghasilkan pencatatan energi listrik yang lebih akurat. Analisis dilakukan dengan menggunakan data instan dan load profile dari aplikasi AMICON untuk mengidentifikasi gangguan seperti ketidakseimbangan dan kehilangan tegangan atau arus pada beberapa fasa. Studi kasus diterapkan pada tiga pelanggan dengan jenis gangguan yang berbeda, lalu dilakukan perbaikan teknis sesuai hasil pemeriksaan lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AMR efektif dalam mendeteksi gangguan secara cepat dan akurat, serta membantu menghitung energi yang tidak tercatat karena ketidaknormalan tersebut. Dengan demikian, penerapan AMR dapat meningkatkan keandalan pengukuran energi, mengurangi kerugian energi non-teknis, serta mendukung peningkatan kualitas layanan PT PLN (Persero).

4. Penelitian yang dilakukan oleh Lilis Puspa Ewira ini membahas tentang kegagalan pembacaan data dan kelainan pada meter pelanggan Automatic Meter Reading (AMR) di PT PLN (Persero) UP3 Sumedang, dengan menggunakan aplikasi AMICON sebagai sistem pemantauan terpusat. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis data pembacaan AMR tahun 2021 untuk mengidentifikasi penyebab gangguan dan jenis kelainan yang terjadi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gangguan komunikasi, seperti kerusakan pada modem, antena, kartu SIM, dan kabel, merupakan penyebab utama kegagalan pembacaan data. Selain itu, ditemukan beberapa jenis kelainan meter, seperti perbedaan waktu, kesalahan pengawatan, ketidakseimbangan arus di antara fasa, serta penyimpangan hasil pengukuran akibat kerusakan alat. Berdasarkan temuan tersebut, sistem AMR melalui AMICON terbukti efektif dalam mendeteksi gangguan dan kelainan meter secara cepat dan akurat, serta membantu dalam menghitung energi yang tidak terukur. Sistem ini juga berperan penting dalam meningkatkan keandalan

pencatatan energi, mengurangi kerugian energi non-teknis, serta mendukung peningkatan kualitas layanan PT PLN (Persero).

5. Penelitian yang dilakukan oleh Egeward Natha Guna dan Umar ini membahas penerapan sistem Automatic Meter Reading (AMR) sebagai cara untuk mengawasi dan menganalisis penggunaan energi listrik pelanggan dengan tegangan rendah, khususnya pelanggan bisnis (B2), di PT. PLN (Persero) ULP Klaten Kota. Penelitian ini dilakukan karena adanya kebutuhan untuk sistem pencatatan energi listrik yang benar dan efisien, agar mengurangi kesalahan dalam membaca manual serta mengurangi kerugian energi atau penurunan listrik. Metode yang digunakan mencakup studi literatur, pengambilan data billing, data profil beban, serta data real-time yang diperoleh dari sistem AMR. Analisis dilakukan dengan memperhatikan parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, faktor daya, dan sudut fasa untuk mendeteksi adanya kejadian tidak normal pada instalasi pengukuran energi listrik pelanggan. Sistem AMR memungkinkan pemantauan beban secara berkala dan real-time, sehingga gangguan pada kWh meter dapat teridentifikasi lebih cepat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem AMR berhasil mendeteksi gangguan berupa terbakarnya kabel pada fasa S pada salah satu pelanggan bisnis dengan daya 41.500 VA. Gangguan tersebut menyebabkan energi listrik tidak terukur pada salah satu fasa, yang berdampak pada kerugian finansial bagi PLN. Setelah dilakukan penormalan instalasi, parameter kelistrikan kembali menunjukkan kondisi normal. Dengan menghitung energi listrik yang tidak terukur selama masa gangguan, diperoleh nilai kerugian yang kemudian dijadikan dasar dalam menetapkan tagihan susulan kepada pelanggan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1. Energi Listrik

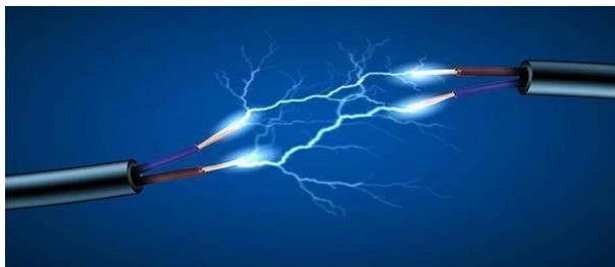
Energi listrik adalah salah satu bentuk energi yang sangat penting dalam kehidupan modern karena bisa digunakan dalam berbagai bentuk energi lainnya.

Energi listrik bisa diubah menjadi energi panas untuk memanaskan sesuatu, energi cahaya untuk menerangi ruangan, dan energi mekanik untuk menggerakkan peralatan 7

dan mesin. Kemampuan untuk berubah bentuk inilah yang membuat energi listrik menjadi sumber utama energi dalam berbagai bidang kehidupan manusia.

Secara dasar, energi listrik adalah kemampuan sistem kelistrikan untuk melakukan kerja melalui pergerakan muatan listrik. Energi ini muncul karena adanya perbedaan potensial listrik antara dua titik di dalam rangkaian, sehingga menyebabkan aliran elektron melalui benda penghantar. Aliran elektron ini disebut arus listrik, yang bersama dengan tegangan membentuk daya listrik yang digunakan oleh peralatan. Jumlah energi listrik yang digunakan suatu peralatan tergantung pada besarnya daya yang dikonsumsi serta lama waktu pemakaian energi tersebut. Dalam sistem tenaga listrik, energi listrik tidak hanya dipandang dari sudut pandang fisika, tetapi juga sebagai besaran kuantitatif yang digunakan untuk menghitung penggunaan energi oleh pelanggan. Energi listrik yang digunakan konsumen diukur dalam satuan kilowatt hour (kWh), yang menunjukkan penggunaan daya satu kilowatt dalam satu jam. Satuan ini menjadi dasar perhitungan biaya pemakaian energi listrik.

Untuk memastikan pengukuran energi listrik yang akurat dan terus-menerus, dibutuhkan alat yang mampu mencatat besarnya pemakaian energi dalam periode tertentu. Alat tersebut disebut kWh meter. kWh meter berfungsi mengukur energi listrik dengan mengakumulasi pemakaian daya dari waktu ke waktu, sehingga data yang dihasilkan bisa digunakan sebagai dasar untuk tagihan dan evaluasi penggunaan energi listrik. Keakuratan alat ukur ini sangat penting karena berkaitan langsung dengan ketepatan perhitungan tagihan serta adilnya hubungan antara penyedia dan pengguna tenaga listrik.



Gambar 2. 1 Energi Listrik

2.2.2 Pengukuran Energi

Energi secara umum adalah kemampuan suatu sistem untuk melakukan pekerjaan atau usaha. Dalam hal kelistrikan, listrik berkaitan dengan adanya muatan listrik yang terdiri dari muatan positif dan negatif. Energi listrik adalah salah satu bentuk energi yang muncul karena adanya muatan listrik, baik dalam kondisi diam yang menghasilkan medan listrik, maupun dalam kondisi bergerak berupa aliran elektron melalui penghantar. Selain itu, energi listrik juga bisa dihasilkan dari gerakan ion bermuatan positif atau negatif dalam medium tertentu, seperti cairan atau gas. Energi memiliki kemampuan untuk berubah dari satu bentuk ke bentuk lain. Prinsip ini juga berlaku pada energi listrik yang biasanya dihasilkan dari konversi energi mekanik menjadi energi listrik. Proses perubahan ini terjadi di berbagai pembangkit tenaga listrik, di mana energi gerak dari turbin yang berputar karena air, uap, atau angin diubah menjadi energi listrik melalui generator. Dengan demikian, energi listrik merupakan hasil dari pemanfaatan energi lain yang tersedia di alam.

Dalam penggunaan sehari-hari, jumlah energi listrik yang digunakan oleh suatu peralatan tergantung pada besar daya listrik yang digunakan dan lamanya waktu penggunaan peralatan tersebut. Daya listrik menunjukkan seberapa cepat energi digunakan oleh suatu alat, sedangkan durasi penggunaan menentukan berapa banyak energi yang dikonsumsi. Karena itu, besar energi listrik yang digunakan bisa dihitung dengan mengalikan daya listrik dengan durasi waktu penggunaan. Konsep ini menjadi dasar dalam pengukuran dan perhitungan konsumsi energi listrik pada berbagai peralatan, baik untuk keperluan rumah tangga, bisnis, maupun industri. Pengujian memerlukan nilai-nilai dari besaran arus, tegangan, daya, faktor daya, serta energi listrik.

$$E = P.t$$

$$E = V.I. \cos \phi.t \text{ (untuk 1 fasa)}$$

$$E = \sqrt{3} . V.I. \cos \phi.t \text{ (untuk 3 fasa)}$$

2.2.3 Karakteristik kWh Meter

APP atau Alat Pengukur dan Pembatas merupakan bagian utama dalam sistem penyediaan listrik yang digunakan untuk mengukur serta membatasi pemakaian energi listrik di sisi pelanggan. Alat ini dirancang agar penggunaan listrik oleh pelanggan sesuai dengan batas daya yang telah ditentukan oleh penyedia listrik. Dalam praktiknya, APP lebih dikenal dengan sebutan kWh meter karena salah satu komponen utamanya adalah alat yang digunakan untuk mencatat jumlah energi listrik dalam satuan kilowatt-jam (kWh). Fungsi utama dari APP adalah sebagai penghubung antara penyedia listrik, seperti PT PLN (Persero), dengan pelanggan. Transaksi energi dilakukan berdasarkan jumlah listrik yang digunakan oleh pelanggan dalam waktu tertentu. kWh meter bekerja dengan cara mencatat pemakaian listrik secara berkumulasi, sehingga bisa diketahui berapa banyak listrik yang digunakan setiap jam, hari, atau bulan. Hasil pencatatan ini digunakan sebagai dasar perhitungan biaya listrik yang harus dibayar oleh pelanggan.

Selain mencatat banyaknya energi listrik yang digunakan, APP juga digunakan untuk memantau penggunaan daya oleh pelanggan. Informasi ini berguna untuk mengetahui apakah pemakaian listrik masih dalam batas daya yang diperbolehkan atau sudah melebihi batasnya. Dengan demikian, APP memiliki peran penting dalam menjaga keandalan sistem listrik serta mencegah terjadinya beban berlebih yang bisa merugikan pelanggan dan penyedia listrik. Secara umum, sistem APP memiliki dua fungsi utama, yaitu fungsi pengukuran dan fungsi pembatasan. Fungsi pengukuran digunakan untuk mencatat berbagai parameter listrik yang berkaitan dengan penggunaan energi, sedangkan fungsi pembatasan digunakan untuk mengurangi penggunaan daya agar tidak melebihi batas yang ditetapkan.

Fungsi pengukuran pada APP dilakukan melalui beberapa alat ukur yang terdapat di dalam sistem, yaitu:

1. Meter kWh, yang digunakan untuk mengukur energi listrik aktif atau daya nyata yang digunakan pelanggan dalam satuan kilowatt-jam.
2. Meter kVARh, yang diperuntukkan untuk mencatat energi reaktif yang terjadi akibat karakteristik beban, baik yang bersifat induktif maupun kapasitif.

3. Meter kVA maksimum, yang digunakan untuk mencatat nilai daya semu tertinggi yang pernah digunakan pelanggan dalam waktu tertentu.
4. Meter arus (amperemeter), yang digunakan untuk mengukur besarnya arus listrik yang mengalir di instalasi pelanggan.
5. Meter tegangan (voltmeter), yang berfungsi untuk mengukur besarnya tegangan listrik yang digunakan dalam sistem listrik pelanggan.

2.2.3.1 Jenis-Jenis kWh Meter

2.2.3.1.1 kWh Meter Pascabayar

kWh meter pascabayar adalah jenis alat ukur listrik yang paling sering digunakan oleh PT PLN (Persero), terutama pada sistem yang sudah konvensional. Dalam sistem pascabayar, pelanggan terlebih dahulu menggunakan listrik, lalu dicatat penggunaannya untuk menentukan besarnya tagihan yang harus dibayar pada periode berikutnya. Salah satu jenis kWh meter pascabayar yang sering digunakan adalah kWh meter analog. kWh meter analog bekerja dengan prinsip induksi elektromagnetik. Alat ini menggunakan medan magnet yang dihasilkan dari kumparan arus dan kumparan tegangan untuk menggerakkan sebuah piringan aluminium. Saat arus listrik mengalir ke beban, medan magnet yang dihasilkan sebanding dengan besar arus yang mengalir. Medan magnet ini berinteraksi dengan medan magnet yang dihasilkan kumparan tegangan, sehingga menghasilkan gaya elektromagnetik pada piringan aluminium. Interaksi ini menyebabkan piringan aluminium berputar. Semakin besar arus dan daya yang digunakan pelanggan, semakin cepat piringan aluminium berputar. Putaran piringan ini kemudian dihubungkan ke poros yang terkait dengan sistem roda gigi mekanik. Sistem roda gigi ini berfungsi untuk memutar counter digit atau register angka yang menunjukkan total jumlah energi listrik yang digunakan dalam satuan kilowatt-jam (kWh).



Gambar 2. 2 kWh Meter Pascabayar

Pada piringan aluminium pada kWh meter analog terdapat tanda khusus berupa lubang atau garis. Tanda ini berfungsi sebagai indikator visual yang membantu mempermudah pengamatan kecepatan dan jumlah putaran piringan. Dengan indikator ini, petugas bisa melakukan pengecekan atau pengujian untuk mengetahui apakah meter bekerja dengan baik. Di dalam kWh meter analog, terdapat konstanta meter yang menunjukkan hubungan antara jumlah putaran piringan dengan energi listrik yang diukur. Biasanya, satu kilowatt-jam setara dengan sejumlah putaran tertentu, seperti 900 putaran per kWh, meskipun beberapa tipe meter memiliki konstanta yang berbeda, seperti 450 putaran per kWh. Konstanta ini menunjukkan tingkat sensitivitas meter dalam mengukur energi listrik dan digunakan sebagai acuan dalam kalibrasi serta pengujian keakuratan alat ukur. Komponen utama pada kWh meter analog terdiri dari beberapa bagian yang saling terhubung untuk menyajikan pengukuran energi listrik secara akurat. Komponen tersebut meliputi kumparan tegangan, kumparan arus, piringan aluminium, magnet tetap, serta mekanisme roda gigi yang berfungsi mencatat hasil pengukuran energi listrik. Kumparan arus berfungsi untuk mendeteksi besarnya arus listrik yang mengalir ke beban.

Pada kWh meter analog, kumparan arus terhubung secara seri dengan beban, sehingga arus yang mengalir ke peralatan listrik juga melewati kumparan tersebut.

Aliran arus ini menyebabkan terbentuknya medan magnet yang besarnya sebanding dengan besar arus tersebut. Medan magnet ini menjadi salah satu faktor utama dalam proses pengukuran energi listrik. Sementara itu, kumparan tegangan berfungsi untuk menanggapi besarnya tegangan listrik yang digunakan. Kumparan ini dipasang secara paralel dengan beban, sehingga selalu terhubung langsung ke sumber tegangan. Medan magnet dari kumparan tegangan memiliki ciri yang berbeda dengan medan magnet dari kumparan arus, terutama dari sudut fasa. Perbedaan sudut fasa antara kedua medan magnet tersebut sangat berpengaruh dalam pembentukan gaya elektromagnetik pada piringan aluminium.

Piringan aluminium adalah bagian bergerak utama pada kWh meter analog yang berfungsi sebagai elemen pengukuran utama. Piringan ini ditempatkan di antara medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan arus dan kumparan tegangan. Interaksi antara medan magnet dan arus yang terjadi di piringan menyebabkan piringan tersebut berputar. Kecepatan putaran piringan sebanding dengan besarnya daya listrik yang digunakan oleh beban. Untuk menjaga kecepatan putaran piringan agar tetap stabil dan sesuai, digunakan magnet tetap yang berfungsi sebagai sistem pengerem. Magnet ini menghasilkan medan magnet permanen yang memberikan gaya pengereman pada piringan aluminium. Gaya pengereman ini bertujuan untuk menetralkan pengaruh medan magnet yang berlebihan, sehingga piringan tetap berputar sesuai dengan nilai energi listrik yang sebenarnya dan tidak berputar terlalu cepat.

Putaran piringan aluminium selanjutnya diteruskan ke sistem roda gigi mekanik. Sistem ini bertugas mengubah gerakan berputar piringan menjadi gerakan pada penunjuk angka atau counter digit. Setiap kali piringan berputar, itu berarti ada energi listrik tertentu yang digunakan, sehingga jumlah total putaran yang tercatat oleh sistem roda gigi menunjukkan berapa banyak energi listrik yang telah dipakai oleh pelanggan, dalam satuan kilowatt-jam (kWh).

2.2.3.1.2 kWh Meter Prabayar

KWh meter prabayar adalah jenis alat ukur listrik yang saat ini banyak digunakan oleh PT PLN (Persero) pada instalasi listrik rumah tangga. Dalam sistem ini,

pengukuran listrik menggunakan alat ukur digital, yang berbeda dari alat ukur analog dalam cara kerjanya. Sistem Prabayar membutuhkan pelanggan membayar terlebih dahulu sebelum bisa menggunakan listrik, sehingga konsumsi listrik dapat dikendalikan langsung oleh pelanggan.



Gambar 2. 3 kWh Meter Prabayar

Secara umum, cara kerja kWh meter digital didasarkan pada proses pengukuran sinyal listrik secara elektronik. Tegangan dan arus listrik yang mengalir ke instalasi pelanggan diukur dalam bentuk sinyal analog, lalu sinyal tersebut diubah menjadi bentuk sinyal digital atau data diskrit melalui proses pengambilan sampel secara berkala. Proses pengambilan sampel ini dilakukan dalam jangka waktu tertentu yang sudah ditentukan oleh sistem pengukuran, sehingga nilai tegangan dan arus dapat disajikan dalam bentuk data digital. Data hasil pengambilan sampel tegangan dan arus kemudian diproses oleh unit pemroses di dalam kWh meter digital.

Energi listrik yang digunakan dihitung dengan cara mengalikan nilai tegangan dan arus pada setiap interval waktu pengambilan sampel untuk mendapatkan daya listrik sesaat, lalu dijumlahkan secara bertahap sepanjang waktu pemakaian. Dengan metode ini, kWh meter digital mampu mencatat penggunaan energi listrik secara lebih tepat dan bisa merespons perubahan beban secara cepat.

Perbedaan utama antara kWh meter digital prabayar dan kWh meter analog terletak pada cara pembayarannya. Pada kWh meter prabayar, pelanggan tidak lagi

mendapatkan tagihan listrik berdasarkan hasil bacaan energi dalam periode tertentu. Sebaliknya, pelanggan harus memasukkan token listrik atau pulsa energi ke dalam kWh meter sebelum dapat menggunakan listrik. Token tersebut berisi nilai energi dalam satuan kWh, yang akan berkurang secara otomatis ketika listrik digunakan.

2.2.4 Faktor Daya

Faktor daya yang secara matematis dinyatakan dengan simbol $\cos \phi$ merupakan salah satu parameter penting dalam sistem kelistrikan yang menunjukkan tingkat efisiensi pemanfaatan energi listrik. Faktor daya menggambarkan hubungan antara daya listrik yang benar-benar dimanfaatkan untuk melakukan kerja dengan daya total yang disuplai ke dalam suatu rangkaian. Dengan kata lain, faktor daya dapat diartikan sebagai perbandingan antara daya aktif yang dinyatakan dalam satuan kilowatt (kW) dan daya semu yang dinyatakan dalam satuan kilovolt-ampere (kVA).

Dalam suatu rangkaian listrik arus bolak-balik, tidak seluruh arus yang mengalir berkontribusi secara langsung terhadap kerja yang berguna. Sebagian arus digunakan untuk membentuk medan magnet atau medan listrik pada komponen tertentu, seperti motor induksi dan transformator. Arus yang berkontribusi terhadap kerja nyata inilah yang menghasilkan daya aktif, sedangkan arus total yang mengalir membentuk daya semu. Perbedaan antara keduanya dipengaruhi oleh adanya daya reaktif dalam sistem. Daya reaktif yang besar menyebabkan terjadinya pergeseran sudut fasa antara tegangan dan arus. Semakin besar sudut pergeseran fasa tersebut, maka nilai $\cos \phi$ akan semakin kecil. Akibatnya, faktor daya sistem menjadi rendah, yang menandakan bahwa sebagian besar energi listrik yang disuplai tidak dimanfaatkan secara optimal untuk menghasilkan kerja. Kondisi ini dapat menurunkan efisiensi sistem kelistrikan serta meningkatkan rugi-rugi daya pada jaringan distribusi.

Secara teoritis, nilai faktor daya selalu berada pada rentang antara nol hingga satu. Nilai faktor daya sebesar satu menunjukkan kondisi ideal, di mana seluruh daya listrik yang disuplai digunakan secara efektif untuk melakukan kerja tanpa adanya komponen daya reaktif. Sebaliknya, semakin kecil nilai faktor daya, maka semakin besar pula porsi daya reaktif dalam sistem. Oleh karena itu, peningkatan faktor daya

menjadi hal yang penting dalam pengelolaan sistem kelistrikan guna meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik dan mengurangi beban pada jaringan.

$$\text{Faktor Daya} \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}} = \frac{\text{Watt}}{\text{Volt Ampere}}$$

2.2.5 Segitiga Daya

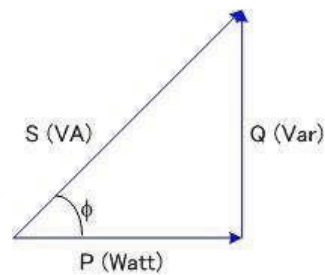
Daya merupakan besaran yang menyatakan laju perubahan atau pemakaian energi dalam suatu sistem kelistrikan. Secara fisika, daya didefinisikan sebagai energi yang dibangkitkan atau dikonsumsi setiap satuan waktu, dengan satuan joule per detik atau watt (W). Besarnya energi listrik yang digunakan oleh suatu sistem sangat dipengaruhi oleh karakteristik impedansi rangkaian, yang terdiri dari komponen resistansi (R), induktansi (L), dan kapasitansi (C). Ketiga komponen ini menentukan bagaimana energi listrik diserap, disimpan, atau dikembalikan ke sistem. Dalam praktiknya, pemakaian energi listrik pada sektor industri dipengaruhi oleh jumlah dan jenis peralatan listrik yang digunakan. Setiap peralatan memiliki karakteristik beban yang berbeda, sehingga memengaruhi besarnya daya yang dikonsumsi. Secara umum, beban listrik dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama, yaitu beban resistif, beban induktif, dan beban kapasitif. Kombinasi ketiga jenis beban inilah yang membentuk karakteristik keseluruhan sistem kelistrikan.

Beban resistif merupakan beban yang menyerap energi listrik dan mengubahnya secara langsung menjadi energi lain, seperti panas atau cahaya. Pada beban ini, daya yang dikonsumsi sepenuhnya merupakan daya aktif. Beban induktif, yang banyak ditemukan pada peralatan industri, seperti transformator, penyearah, motor induksi arus bolak-balik, dan lampu fluoresen, memiliki sifat menyimpan energi dalam bentuk medan magnet. Beban induktif memerlukan daya reaktif yang bersifat positif untuk membentuk medan magnet tersebut.

Sebaliknya, beban kapasitif memiliki kemampuan menyimpan energi dalam bentuk medan listrik dan cenderung menghasilkan daya reaktif yang bersifat negatif. Meskipun daya reaktif tidak dapat dimanfaatkan secara langsung untuk melakukan kerja mekanik, keberadaannya tetap diperlukan dalam sistem tenaga listrik. Daya reaktif

berperan penting dalam menjaga kontinuitas aliran energi listrik serta mendukung proses transmisi dan distribusi energi ke beban. Hubungan antara daya aktif, daya reaktif, dan daya semu dapat dijelaskan melalui konsep segitiga daya. Dalam segitiga daya, daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) direpresentasikan sebagai dua vektor yang saling tegak lurus. Hasil penjumlahan vektor dari kedua daya tersebut membentuk daya semu (S), yang merupakan daya total yang harus disuplai oleh sumber listrik. Daya semu inilah yang umumnya terbaca pada alat ukur kelistrikan dan menjadi dasar perencanaan kapasitas peralatan listrik.

1. Pada umumnya, jenis beban listrik yang digunakan dalam sektor industri didominasi oleh beban induktif dan beban kapasitif. Beban induktif merupakan beban yang bersifat positif karena memerlukan daya reaktif untuk dapat beroperasi dengan baik. Contoh peralatan yang termasuk dalam kategori beban induktif antara lain transformator, penyearah, motor induksi arus bolak-balik (AC), serta lampu fluoresen atau lampu TL. Pada beban ini, daya reaktif dibutuhkan untuk membentuk medan magnet yang memungkinkan terjadinya proses kerja peralatan listrik tersebut.
2. Sebaliknya, beban kapasitif memiliki sifat negatif karena mampu menghasilkan atau menyuplai daya reaktif ke dalam sistem tenaga listrik. Daya reaktif yang dihasilkan oleh beban kapasitif tidak dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai sumber tenaga untuk melakukan kerja mekanis atau listrik. Meskipun demikian, keberadaan daya reaktif tetap sangat diperlukan karena berperan penting dalam mendukung proses penyaluran dan pengaturan energi listrik pada sistem serta menjaga kestabilan tegangan.
3. Secara kelistrikan, daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) tidak dijumlahkan secara aritmetika, melainkan melalui penjumlahan vektor. Hasil dari penjumlahan vektor antara daya aktif dan daya reaktif tersebut dikenal sebagai daya semu (S). Daya semu merupakan besaran daya total dalam sistem listrik dan biasanya merupakan nilai daya yang terbaca atau terukur pada alat ukur, seperti kVA meter, yang mencerminkan kapasitas keseluruhan sistem tenaga listrik.



Gambar 2. 4 Segitiga Daya

Apabila hubungan antar jenis daya listrik digambarkan dalam bentuk segitiga daya, maka daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) direpresentasikan sebagai dua sisi segitiga yang saling tegak lurus. Sementara itu, daya semu (S) digambarkan sebagai sisi miring segitiga yang merupakan resultan dari daya aktif dan daya reaktif. Representasi ini memudahkan pemahaman mengenai hubungan matematis dan fisis antara ketiga jenis daya dalam sistem tenaga listrik. Dari segitiga daya tersebut dapat diamati bahwa besarnya daya reaktif sangat berpengaruh terhadap sudut antara daya aktif dan daya semu, yang dikenal sebagai sudut fasa (ϕ). Semakin besar nilai daya reaktif (Q), maka sudut ϕ akan semakin besar pula, sehingga nilai faktor daya (power factor atau $\cos \phi$) menjadi semakin kecil. Kondisi ini menyebabkan daya semu (S) yang terbaca pada alat ukur menjadi lebih besar dibandingkan daya aktif (P) yang sebenarnya dimanfaatkan oleh beban untuk melakukan kerja.

Berdasarkan analisis segitiga daya tersebut, dapat disimpulkan bahwa daya listrik dalam sistem tenaga terbagi menjadi tiga jenis, yaitu daya aktif yang berfungsi sebagai daya nyata untuk menghasilkan kerja, daya reaktif yang berperan dalam pembentukan medan listrik atau magnet, serta daya semu yang merupakan kombinasi vektor dari keduanya dan mencerminkan kapasitas total sistem listrik.

a. Daya Aktif

Daya aktif, yang sering disebut juga sebagai daya nyata (P) atau real power, merupakan jenis daya listrik yang benar-benar dimanfaatkan oleh beban untuk melakukan kerja. Daya aktif memiliki satuan Watt (W) dan umumnya dikonsumsi oleh beban resistif murni, di mana energi listrik yang disuplai sepenuhnya diubah menjadi bentuk energi lain tanpa adanya komponen daya reaktif yang signifikan. Secara fungsional, daya aktif berperan dalam proses konversi energi listrik menjadi energi yang

berguna, seperti energi panas, cahaya, atau energi mekanik. Contoh penerapan daya aktif dapat ditemukan pada peralatan elektronik sehari-hari, salah satunya adalah setrika listrik. Pada perangkat tersebut, energi listrik diubah secara langsung menjadi energi panas untuk keperluan pemanasan, sehingga hampir seluruh daya yang digunakan merupakan daya aktif.

Untuk menentukan besarnya daya aktif dalam suatu sistem listrik arus bolak-balik, digunakan persamaan yang melibatkan tegangan, arus, dan faktor daya. Persamaan ini menggambarkan bahwa nilai daya aktif dipengaruhi oleh besarnya sudut fasa antara tegangan dan arus, sehingga semakin besar nilai faktor daya, semakin efektif energi listrik dimanfaatkan oleh beban.

Daya Aktif 1 Fasa

$$P = V.I. \cos \theta.$$

Daya Aktif 3 Fasa

$$P = \sqrt{3} . V.I. \cos \theta$$

b. Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan komponen daya listrik yang berfungsi untuk membentuk dan mempertahankan medan magnet atau medan listrik pada peralatan listrik tertentu. Daya ini muncul akibat adanya pergeseran fasa antara arus dan tegangan yang disebabkan oleh keberadaan beban reaktif dalam sistem. Oleh karena itu, daya reaktif sering disebut sebagai daya imajiner, karena tidak secara langsung menghasilkan kerja nyata, namun tetap diperlukan agar peralatan listrik dapat beroperasi dengan normal. Beban yang membutuhkan atau menghasilkan daya reaktif dapat berupa beban induktif maupun beban kapasitif. Beban induktif, seperti motor listrik pada kipas angin, mesin cuci, dan pompa air, memerlukan daya reaktif untuk membentuk medan magnet yang memungkinkan terjadinya proses kerja mekanis. Sementara itu, beban kapasitif berperan dalam menyimpan dan melepaskan energi listrik dalam bentuk medan listrik. Keberadaan kedua jenis beban tersebut menyebabkan terjadinya perbedaan sudut fasa antara arus dan tegangan dalam sistem tenaga listrik.

Secara kuantitatif, daya reaktif dilambangkan dengan Q dan dinyatakan dalam satuan Volt Ampere Reaktif (VAR). Besarnya daya reaktif dapat dihitung menggunakan persamaan yang melibatkan tegangan, arus, serta sudut fasa antara keduanya, yang

menunjukkan seberapa besar pengaruh komponen reaktif terhadap kinerja sistem kelistrikan.

Daya Reaktif 1 Phasa

$$Q = V.I.\sin \theta.$$

Daya Reaktif 3 Phasa

$$Q = \sqrt{3}.V. I \sin \theta.$$

c. Daya Semu

Daya semu merupakan besaran daya listrik yang diperoleh dari hasil perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu sistem jaringan listrik arus bolak-balik. Daya ini juga dapat dipahami sebagai hasil penjumlahan vektor atau trigonometri antara daya aktif dan daya reaktif, sehingga mencerminkan total daya yang harus disediakan oleh sumber listrik untuk melayani beban. Dengan demikian, daya semu menggambarkan kapasitas keseluruhan sistem tenaga listrik, baik yang dimanfaatkan secara nyata maupun yang hanya berperan dalam pembentukan medan listrik atau magnet.

Secara praktis, daya semu adalah daya yang dikeluarkan oleh sumber arus bolak-balik (AC) atau yang diserap oleh beban, tanpa memperhitungkan seberapa besar daya tersebut benar-benar digunakan untuk melakukan kerja. Nilai daya semu inilah yang umumnya terbaca pada alat ukur dan menjadi acuan dalam perencanaan kapasitas peralatan listrik, seperti generator, transformator, dan sistem distribusi daya. Daya semu dilambangkan dengan simbol S dan dinyatakan dalam satuan Volt Ampere (VA). Besarnya daya semu dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$S = V . I$$

Dimana :

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

2.2.6 Beban Listrik

Beban listrik dapat diartikan sebagai seluruh kebutuhan energi listrik yang digunakan oleh konsumen dalam menjalankan berbagai aktivitas, baik pada sektor rumah tangga, bisnis, industri, maupun fasilitas umum. Besarnya beban listrik mencerminkan jumlah daya yang diserap oleh peralatan listrik yang terhubung ke sistem

tenaga listrik. Dalam sistem kelistrikan, beban memiliki peran penting karena berpengaruh langsung terhadap perencanaan, pengoperasian, dan kestabilan sistem tenaga listrik.

Berdasarkan kondisi distribusi dayanya, beban listrik pada sistem tiga fasa dapat dikelompokkan menjadi beban seimbang dan beban tidak seimbang. Beban seimbang merupakan kondisi di mana daya atau impedansi pada setiap fasa memiliki nilai yang sama. Pada sistem tiga fasa yang seimbang, daya total yang disuplai oleh generator atau diserap oleh beban diperoleh dengan menjumlahkan daya dari masing-masing fasa. Karena nilai daya pada setiap fasa sama, maka daya total sistem setara dengan tiga kali daya pada satu fasa. Kondisi ini merupakan keadaan ideal karena arus pada tiap fasa sama besar dan saling berjarak sudut fasa yang seimbang.

Sebaliknya, beban tidak seimbang terjadi apabila nilai daya atau impedansi pada masing-masing fasa berbeda. Ketidakseimbangan beban ini dapat disebabkan oleh distribusi beban yang tidak merata atau perbedaan karakteristik peralatan listrik yang terhubung pada setiap fasa. Kondisi beban tidak seimbang dapat menimbulkan arus netral, peningkatan rugi-rugi daya, serta menurunkan efisiensi dan keandalan sistem tenaga listrik.

Dalam sistem listrik arus searah (DC), pengaruh komponen induktif dan kapasitif terhadap rangkaian relatif tidak signifikan setelah kondisi tunak tercapai. Pada kondisi tersebut, arus listrik hanya dipengaruhi oleh komponen resistif, sehingga beban yang berperan utama dalam rangkaian DC adalah beban resistif murni. Oleh karena itu, analisis beban pada sistem DC umumnya lebih sederhana dibandingkan dengan sistem arus bolak-balik.

Berbeda dengan sistem DC, pada sistem listrik arus bolak-balik (AC), karakteristik beban menjadi lebih kompleks karena melibatkan komponen resistif, induktif, dan kapasitif. Beban resistif merupakan beban yang hanya memiliki tahanan listrik dan mengubah energi listrik menjadi panas atau cahaya, seperti lampu pijar dan elemen pemanas. Beban induktif adalah beban yang memiliki sifat induktansi, sehingga cenderung menyimpan energi dalam bentuk medan magnet, contohnya motor listrik dan transformator. Sementara itu, beban kapasitif memiliki kemampuan menyimpan energi dalam bentuk medan listrik, seperti kapasitor dan peralatan elektronik tertentu.

a. Beban Resistif

Beban resistif merupakan jenis beban listrik yang terbentuk dari rangkaian yang hanya mengandung elemen hambatan murni atau resistor. Pada beban ini, energi listrik yang disuplai oleh sumber sepenuhnya diserap dalam bentuk daya aktif tanpa melibatkan daya reaktif. Hal ini disebabkan karena beban resistif tidak memiliki kemampuan untuk menyimpan energi dalam bentuk medan listrik maupun medan magnet. Karakteristik utama dari beban resistif adalah kondisi di mana arus listrik dan tegangan berada dalam keadaan sefasa, sehingga tidak terjadi pergeseran sudut fasa di antara keduanya. Akibatnya, nilai faktor daya ($\cos \phi$) pada beban resistif bernilai satu, yang menunjukkan bahwa seluruh daya yang disuplai dapat dimanfaatkan secara efektif oleh beban.

Dalam sistem kelistrikan, beban resistif umumnya digunakan pada peralatan yang bekerja dengan prinsip pemanasan atau konversi energi listrik secara langsung. Contoh beban resistif antara lain elemen pemanas, setrika listrik, dan lampu pijar. Besarnya daya yang dikonsumsi oleh beban resistif dapat ditentukan menggunakan persamaan daya listrik yang bergantung pada tegangan dan arus listrik.

$$P = V.I$$

Keterangan :

P = Daya aktif yang diserap beban (watt)

V = Tegangan yang mencatu beban (volt)

I = Arus yang mengalir pada beban (A)

b. Beban Induktif

Beban induktif merupakan jenis beban listrik yang menyerap daya aktif sekaligus daya reaktif, dengan karakteristik faktor daya lagging. Pada kondisi ini, arus listrik tertinggal terhadap tegangan sebesar sudut fasa tertentu (θ), yang menunjukkan adanya pergeseran fasa akibat sifat induktif beban. Pergeseran fasa tersebut terjadi karena energi listrik sebagian digunakan untuk membentuk medan magnet pada komponen induktif. Secara fisik, beban induktif berasal dari rangkaian listrik yang mengandung kumparan kawat yang dililitkan pada inti besi, yang berfungsi sebagai induktor. Komponen ini memiliki kemampuan untuk menyimpan energi dalam bentuk medan magnet. Oleh karena itu, pada saat arus listrik mengalir, sebagian energi tidak

langsung digunakan untuk melakukan kerja, melainkan tersimpan sementara dan dilepaskan kembali ke sistem.

Peralatan listrik yang umum dikategorikan sebagai beban induktif antara lain motor listrik, transformator, serta berbagai mesin listrik lainnya yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik. Dalam analisis rangkaian, beban induktif dimodelkan sebagai rangkaian yang mengandung komponen pasif berupa induktor, baik berdiri sendiri maupun dikombinasikan dengan resistor. Pada beban induktif, bentuk gelombang arus tertinggal terhadap gelombang tegangan, yang dapat ditunjukkan melalui diagram atau grafik gelombang fasa. Besarnya daya aktif yang diserap oleh beban induktif dapat dihitung menggunakan persamaan daya aktif pada sistem arus bolak-balik, yang melibatkan tegangan, arus, serta faktor daya ($\cos \theta$).

$$P = V.I. \cos \phi$$

Keterangan :

P = Daya aktif yang diserap beban (watt)

V = Tegangan yang mencatu beban (volt)

I = Arus yang mengalir pada beban (A)

ϕ = Sudut antara arus dan tegangan

c. Beban Kapasitif

Beban kapasitif merupakan jenis beban listrik yang mengandung komponen pasif berupa kapasitor. Komponen ini memiliki kemampuan untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk medan listrik, sehingga memengaruhi hubungan fasa antara arus dan tegangan dalam sistem arus bolak-balik. Pada beban kapasitif, selain menyerap daya aktif untuk kebutuhan kerja tertentu, beban juga menghasilkan atau menyuplai daya reaktif ke dalam sistem. Karakteristik utama beban kapasitif ditunjukkan oleh kondisi di mana arus listrik mendahului tegangan sebesar sudut fasa tertentu. Pergeseran fasa ini terjadi karena kapasitor melepaskan energi yang tersimpan lebih cepat dibandingkan perubahan tegangan sumber. Bentuk hubungan fasa tersebut dapat digambarkan melalui grafik gelombang arus dan tegangan, di mana puncak arus muncul lebih awal daripada puncak tegangan.

Dalam sistem kelistrikan, beban kapasitif sering dimanfaatkan untuk memperbaiki faktor daya, khususnya pada instalasi yang didominasi oleh beban

induktif. Contoh penerapan beban kapasitif antara lain kapasitor bank dan rangkaian koreksi faktor daya. Besarnya daya aktif yang digunakan pada beban kapasitif dapat dihitung menggunakan persamaan daya aktif pada sistem arus bolak-balik, yang melibatkan tegangan, arus, serta faktor daya ($\cos \theta$).

$$P = V.I \cos \varphi$$

Keterangan :

P = Daya aktif yang diserap beban (watt)

V = Tegangan yang mencatu beban (volt) I = Arus yang mengalir pada beban (A)

φ = Sudut antara arus dan tegangan

2.2.7 Tarif Listrik

Tarif Tenaga Listrik (TTL) merupakan harga yang dikenakan kepada pelanggan oleh badan usaha yang memiliki Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (IUPTL). Penetapan besaran tarif ini tidak dilakukan secara bebas oleh penyedia listrik, melainkan ditentukan oleh pemerintah pusat atau pemerintah daerah sesuai dengan kewenangannya. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan, TTL ditetapkan oleh pemerintah melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) atau oleh pemerintah daerah, dengan persetujuan Dewan Perwakilan Rakyat (DPR) atau Dewan Perwakilan Rakyat Daerah (DPRD).

Pada praktiknya, sebagian besar wilayah di Indonesia yang dikelola oleh PT PLN (Persero) menerapkan tarif listrik yang seragam untuk setiap kelompok pelanggan. Namun demikian, terdapat pengecualian di beberapa wilayah tertentu, seperti Pulau Batam dan Tarakan, di mana penetapan tarif listrik menjadi kewenangan pemerintah daerah dan harus memperoleh persetujuan DPRD. Keterlibatan lembaga legislatif dalam proses penetapan tarif dan subsidi menjadikan kebijakan TTL tidak semata-mata didasarkan pada pertimbangan ekonomi, tetapi juga dipengaruhi oleh aspek sosial dan kepentingan politik.

Dalam rangka pemerataan akses listrik, khususnya di wilayah desa tertinggal, terdepan, dan terluar (3T), pemerintah meluncurkan Program Listrik Desa (LisDes). Program ini bertujuan untuk mempercepat penyediaan listrik dengan memanfaatkan potensi sumber energi lokal. Untuk daerah-daerah yang sulit dijangkau oleh jaringan

distribusi PT PLN, pemerintah melalui Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (EBTKE) menyediakan solusi alternatif berupa Lampu Tenaga Surya Hemat Energi (LTSHE) sebagai bagian dari program pra- elektrifikasi. Dalam pelaksanaannya, Program LisDes menerapkan dua mekanisme tarif, yaitu tarif bersubsidi dan tarif non-subsidi.

Tarif bersubsidi diberlakukan pada wilayah usaha tertentu yang ditetapkan oleh Menteri ESDM berdasarkan usulan gubernur, sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri ESDM Nomor 38 Tahun 2016. Sementara itu, wilayah yang tidak termasuk dalam kategori subsidi menggunakan tarif non-subsidi yang ditetapkan oleh gubernur. Apabila gubernur tidak menetapkan tarif tersebut, maka pemerintah pusat akan menentukan tarif dengan mengacu pada TTL yang berlaku di PT PLN. Besaran subsidi yang diberikan kepada badan usaha penyedia listrik ditentukan berdasarkan TTL rumah tangga dengan daya 450 VA, Biaya Pokok Penyediaan (BPP), serta tambahan margin yang telah ditetapkan.

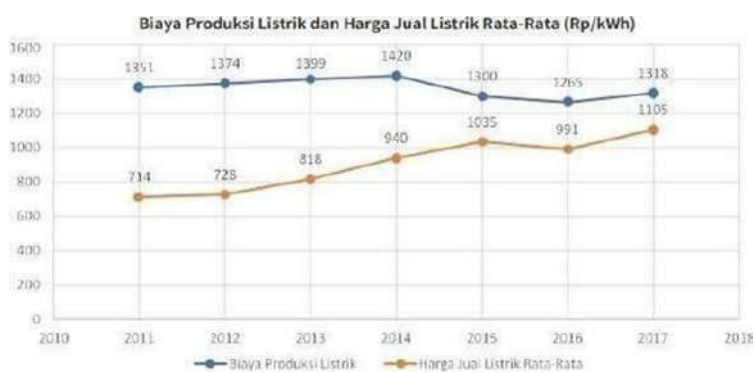
Penyesuaian tarif tenaga listrik PT PLN dilakukan secara berkala dan dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, antara lain Biaya Pokok Penyediaan listrik, nilai tukar Rupiah terhadap Dolar Amerika Serikat, harga minyak mentah Indonesia atau Indonesian Crude Price (ICP), serta tingkat inflasi nasional. Faktor-faktor tersebut mencerminkan kondisi ekonomi makro yang memengaruhi biaya penyediaan tenaga listrik.

Di Indonesia, sistem pembayaran listrik dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sistem pascabayar dan Prabayar. Pada sistem pascabayar, pelanggan membayar biaya listrik setelah melakukan pemakaian selama satu periode tertentu, biasanya pada bulan berikutnya. Sebaliknya, pada sistem Prabayar, pelanggan terlebih dahulu membeli sejumlah kuota listrik sebelum dapat menggunakannya. Listrik dikategorikan sebagai barang yang memiliki kepentingan strategis bagi masyarakat, sehingga pada umumnya tidak dikenakan Pajak Pertambahan Nilai (PPN), kecuali untuk pelanggan rumah tangga dengan kapasitas daya di atas 6.600 VA.

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.12, biaya produksi tenaga listrik secara konsisten berada di atas harga jual listrik rata-rata kepada konsumen. Selisih

antara biaya produksi dan harga jual tersebut tidak dibebankan sepenuhnya kepada pelanggan, melainkan ditanggung oleh pemerintah melalui mekanisme subsidi listrik yang disalurkan kepada PT PLN (Persero). Subsidi ini bertujuan untuk menjaga keterjangkauan tarif listrik bagi masyarakat sekaligus menjamin keberlanjutan penyediaan tenaga listrik secara nasional. Besaran subsidi listrik yang dialokasikan oleh pemerintah setiap tahun dapat diamati pada Gambar 2, yang menunjukkan dinamika kebijakan subsidi dari waktu ke waktu. Sejak tahun 2015, pemerintah mulai melakukan reformasi subsidi dengan mengurangi secara signifikan jumlah subsidi listrik, terutama melalui penghapusan subsidi bagi sebagian besar kelompok pelanggan. Kebijakan tersebut menyisakan subsidi hanya untuk pelanggan rumah tangga dengan daya 450 VA dan 900 VA tertentu yang dikategorikan kurang mampu.

Meskipun demikian, dalam tiga tahun terakhir terlihat kecenderungan peningkatan kembali nilai subsidi listrik, bahkan dalam beberapa kasus melebihi anggaran yang telah direncanakan. Salah satu penurunan subsidi yang cukup signifikan terjadi dari Rp 60,4 triliun pada tahun 2016 menjadi Rp 45,7 triliun pada tahun 2017. Penurunan ini sejalan dengan kebijakan penghapusan subsidi listrik bagi pelanggan rumah tangga dengan daya 900 VA yang dinilai mampu, yang mulai diberlakukan sejak Januari 2017. Kebijakan tersebut secara resmi diatur melalui Peraturan Menteri ESDM Nomor 29 Tahun 2016.



Gambar 2 Biaya produksi listrik dan harga jual listrik rata-rata. Biaya produksi listrik mencakup biaya pembangkitan dan biaya transmisi dan distribusi. Sumber: Statistik PLN.

Gambar 2. 5 Biaya Produksi dan Harga Jual

Meskipun Peraturan Menteri ESDM Nomor 18 Tahun 2017 menegaskan bahwa penyesuaian tarif tenaga listrik seharusnya dilakukan secara berkala setiap tiga bulan, sebagaimana ketentuan yang telah diatur sebelumnya dalam Peraturan Menteri ESDM

Nomor 28 Tahun 2016, pada praktiknya pemerintah tidak melakukan kenaikan tarif listrik PLN sejak Januari 2017. Bahkan, pemerintah secara terbuka menyatakan komitmennya untuk tidak menaikkan Tarif Tenaga Listrik (TTL) hingga tahun 2019.

Pemerintah menjelaskan bahwa kebijakan tersebut diambil dengan tujuan menjaga daya beli masyarakat serta mendukung stabilitas perekonomian nasional. Dengan tidak menaikkan tarif listrik, diharapkan beban pengeluaran rumah tangga dan pelaku usaha tetap terkendali sehingga tidak menimbulkan tekanan inflasi yang berlebihan. Namun demikian, sejumlah pengamat dan pakar energi menilai bahwa kebijakan penahanan kenaikan tarif listrik tidak sepenuhnya didasarkan pada pertimbangan ekonomi semata. Mereka berpendapat bahwa keputusan tersebut juga berkaitan erat dengan dinamika tahun politik, di mana kebijakan populis kerap digunakan sebagai strategi untuk mempertahankan atau meningkatkan dukungan publik menjelang pemilihan umum, sebagaimana pernah terjadi pada periode pemerintahan sebelumnya. Di Indonesia, struktur tarif tenaga listrik dikelompokkan ke dalam 37 golongan pelanggan, dengan 13 golongan di antaranya dikenakan mekanisme penyesuaian tarif sesuai ketentuan yang berlaku. Pengelompokan tarif tersebut didasarkan pada jenis pemanfaatan tenaga listrik, yang meliputi sektor sosial, rumah tangga, bisnis, industri, kantor pemerintah, penerangan jalan umum, traksi, layanan curah, serta layanan khusus. Selain itu, klasifikasi tarif juga mempertimbangkan kapasitas daya terpasang, yaitu 450 VA, 900 VA, 1.300 VA, 2.200 VA, 3.500–5.500 VA, dan di atas 6.600 VA.

Ketentuan mengenai penetapan dan penyesuaian tarif tenaga listrik secara resmi diatur dalam Peraturan Menteri ESDM Nomor 28 Tahun 2016 tentang Tarif Tenaga Listrik yang Disediakan oleh PT PLN (Persero). Peraturan tersebut selanjutnya mengalami perubahan melalui Peraturan Menteri ESDM Nomor 18 Tahun 2017 dan Peraturan Menteri ESDM Nomor 41 Tahun 2017, yang memperbarui mekanisme dan ketentuan penyesuaian tarif sesuai dengan perkembangan kebijakan ketenagalistrikan nasional.



**PENETAPAN TARIF TENAGA LISTRIK PT PLN (PERSERO)
PERIODE TRIWULAN II TAHUN 2025**

NO	GOLONGAN TARIF	BATAS DAYA	REGULER (PASCA BAYAR)		PRABAYAR (Rp/kWh)	KETERANGAN
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/Bin)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA KVAh (Rp/kVAh)		
1	R-1/TR	900 VA-RTM	¹⁾	1.352,00	1.352,00	Tarif Tetap
2	R-1/TR	1.300 VA	¹⁾	1.444,70	1.444,70	
3	R-1/TR	2.200 VA	¹⁾	1.444,70	1.444,70	
4	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	¹⁾	1.699,53	1.699,53	
5	R-3/TR, R-3/TM	6.600 VA ke atas	¹⁾	1.699,53	1.699,53	
6	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	¹⁾	1.444,70	1.444,70	
7	B-3/TM, B-3/TT	lebih dari 200 kVA	²⁾	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = $1.035,78$ KVAh = $1.114,74$ ⁴⁾	-	
8	I-3/TM	lebih dari 200 kVA s.d. kurang dari 30.000 kVA	²⁾	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = $1.035,78$ KVAh = $1.114,74$ ⁴⁾	-	
9	I-4/TT	30.000 kVA atau lebih	²⁾	Blok WBP dan Blok LWBP = $996,74$ KVAh = $996,74$ ⁴⁾	-	
10	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	¹⁾	1.699,53	1.699,53	
11	P-2/TM	lebih dari 200 kVA	²⁾	Blok WBP = $K \times 1.415,01$ Blok LWBP = $1.415,01$ KVAh = $1.522,88$ ⁴⁾	-	
12	P-3/TR	-	¹⁾	1.699,53	1.699,53	
13	L/TR, L/TM, L/TT	-	-	1.644,52 ⁵⁾	-	

Catatan:

¹⁾ Diterapkan Rekening Minimum (RM):

RM1 = 40 (Jam Nyala) x Daya Tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian.

²⁾ Diterapkan Rekening Minimum (RM):

RM2 = 40 (Jam Nyala) x Daya Tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian LWBP.

Jam Nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

³⁾ Diterapkan Rekening Minimum (RM):

RM3 = 40 (Jam Nyala) x Daya Tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian WBP dan LWBP.

Jam Nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

⁴⁾ Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVAh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).

⁵⁾ Dalam mengimplementasikan angka tarif ini dikalikan terhadap faktor pengali "N" dengan mengacu ketentuan Peraturan Menteri ESDM Nomor 7 Tahun 2024 tentang Tarif Tenaga Listrik yang Disediakan oleh PT PLN (Persero).

K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem tenaga listrik setempat (1,4 s.d. 2), ditetapkan oleh Direksi PT PLN (Persero).

WBP : Waktu Beban Puncak.

LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.

Gambar 2. 6 Tarif Daya

Gambar ini menunjukkan tabel penetapan tarif listrik dari PT PLN (Persero) untuk periode triwulan II tahun 2025. Tabel ini menjelaskan berbagai jenis tarif, batas daya, biaya beban, dan biaya pemakaian untuk pelanggan pascabayar (reguler) dan prabayar. 29

Berikut penjelasan utama dalam tabel tersebut:

- Golongan Tarif dan Batas Daya: Tabel membagi pelanggan berdasarkan jenis tarif (seperti R-1/TR, B-2/TR, I-3/TM) serta batas daya yang terpasang (dalam VA atau kVA).
- Biaya Beban (Rp/kVA/Bulan): Ini adalah biaya tetap yang dikenakan setiap bulan sesuai dengan daya yang terpasang, dan berlaku untuk beberapa jenis tarif tertentu.
- Biaya Pemakaian (Rp/kWh): Ini adalah biaya yang dibayarkan per kilowatt- hour (kWh) listrik yang digunakan.

Untuk pelanggan reguler/pascabayar, tarifnya berbeda-beda tergantung pada jenis tarif dan daya. Sementara itu, pelanggan prabayar memiliki tarif yang sama dengan biaya pemakaian dari pelanggan reguler. Selain itu, tabel ini juga menjelaskan Waktu Beban Puncak (WBP) dan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) yang berlaku untuk beberapa golongan tarif industri dan bisnis besar. Penggunaan listrik dikelompokkan berdasarkan waktu, sehingga biaya akan berbeda tergantung pada masa penggunaan.

Beberapa hal penting yang perlu diperhatikan:

- Terdapat aturan Rekening Minimum (RM) yang dihitung berdasarkan jam nyala dan daya yang terpasang.
- Dikenakan biaya untuk kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) jika faktor daya rata-rata bulanan kurang dari 0,85.
- Angka tarif yang digunakan dikalikan dengan faktor pengali "K" sesuai dengan Peraturan Menteri ESDM Nomor 7 Tahun 2024.