

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini memiliki keterkaitan dengan penelitian-penelitian sebelumnya, yaitu sebagai berikut::

1. Penelitian oleh Prasetya (2014) Data menunjukkan bahwa konsumsi listrik di gedung terus meningkat setiap tahun, terutama karena penggunaan AC yang meluas di hampir seluruh ruangan. Dengan waktu operasional rata-rata 12 jam per hari untuk AC dan lampu, pengelolaan energi oleh pengguna menjadi krusial, seperti membiasakan mematikan perangkat setelah digunakan. Penelitian ini merekomendasikan konservasi energi melalui penggunaan lampu LED 18 watt dan 9 watt sesuai standar SNI 03-6575-2001, yang berpotensi menghemat 19,69 kWh per hari atau 590,7 kWh per bulan. Efisiensi juga dapat ditingkatkan dengan mengganti AC konvensional berusia di atas lima tahun dengan AC inverter, yang dapat menghemat sekitar 149,86 kWh per hari atau 4.495,8 kWh per bulan.
2. Penelitian oleh Mukhlis (2013) dengan judul "*Penghematan Energi Melalui Penggantian Lampu Penerangan di Lingkungan Untad*" bertujuan untuk mengkaji dampak penggantian lampu konvensional (fluorescent/TL dan pijar) dengan lampu hemat energi terhadap pengurangan biaya listrik di Universitas Tadulako (Untad), yang sebelumnya mencapai rata-rata Rp 79.676.246 per bulan. Data jumlah dan jenis lampu yang digunakan diperoleh dari bagian peralatan Untad, di mana dari total 708 ruangan

diketahui bahwa penggunaan lampu fluorescent 40 watt paling dominan dibandingkan LED. Analisis penghematan dilakukan dengan menghitung selisih biaya operasional antar jenis lampu selama 12.000 jam pemakaian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan mengganti seluruh lampu TL dan pijar dengan lampu hemat energi, Untad dapat menghemat sekitar Rp 4.396.015 per bulan atau Rp 52.752.180 per tahun. Jika disesuaikan dengan umur lampu, total potensi penghematan bahkan mencapai USD 253.650,065.

3. Penelitian oleh Biantoro (2017) berjudul "*Analisis Perbandingan Efisiensi Energi Pada Gedung P Kabupaten Tangerang dan Gedung Tower UMB Jakarta*" bertujuan untuk menghitung Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dan biaya listrik berdasarkan data historis pemakaian energi, serta membandingkan efisiensi energi pada kedua gedung tersebut. Metode yang digunakan adalah analisis deskriptif kuantitatif dengan pendekatan komparatif. Pengukuran dilakukan menggunakan environment meter, multimeter, dan tang ampere. Hasilnya, Gedung P Kabupaten Tangerang memiliki nilai IKE sebesar 50,17 kWh/m²/tahun, tergolong sangat efisien (di bawah standar 240 kWh/m²/tahun). Efisiensi ini dipengaruhi oleh penggunaan ventilasi alami, minimnya penggunaan AC karena kerusakan atau kapasitas yang kecil, serta pencahayaan yang kurang dari standar. Namun, kondisi AC yang tidak optimal dan suhu ruang yang tinggi (>26°C) memengaruhi kenyamanan kerja. Sementara itu, Gedung Tower UMB Jakarta menunjukkan nilai IKE sebesar 149,83 kWh/m²/tahun, termasuk

dalam kategori efisien. Efisiensi ini didukung oleh pemanfaatan ruang yang belum maksimal, perilaku hemat energi dari pengguna gedung, performa AC yang baik karena masih tergolong baru (<3 tahun), dan suhu ruang kerja yang ideal (22–23°C), sehingga mendukung kenyamanan dan produktivitas kerja.

4. Penelitian oleh Bambang Nurdiansyah (2023) menganalisis kebutuhan daya listrik pada Gedung Kantor CV. Karya Sembilan di Kota Medan, yang mencapai 674 kWh per hari, dengan estimasi biaya listrik harian sebesar Rp 751.334,76 dan bulanan mencapai Rp 22.540.042,80. Penelitian ini menekankan pentingnya penerapan strategi efisiensi energi untuk menekan pengeluaran listrik yang cukup besar. Perhitungan kebutuhan pencahayaan dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah dan daya lampu, serta faktor reduksi, yang menghasilkan total iluminasi sebesar 40.432 V dari kombinasi penggunaan Downlight LED, Lampu XL, dan Lampu TL. Pengelolaan pencahayaan yang optimal dinilai mampu menciptakan suasana kerja yang lebih nyaman dan mendukung produktivitas. Selain itu, sirkulasi udara juga diperhitungkan berdasarkan pemakaian AC, dengan volume sirkulasi udara sebesar 16.200 m³/jam di lantai 1 dan 12.420 m³/jam di lantai 2. Pemeliharaan sistem pendingin menjadi aspek penting untuk menjaga kualitas udara dan kenyamanan dalam ruang kerja.
5. Penelitian oleh Muhammad Reza Gatot Saputro (2022) Penelitian terhadap kebutuhan daya listrik di seluruh ruangan Gedung Parkir (GP) Bandara Sultan Hasanuddin menunjukkan total daya sebesar 94.800 Watt.

Rinciannya: lantai 1 sebesar 17.190 Watt, lantai 2 sebesar 16.974 Watt, lantai 3 sebesar 14.958 Watt, dan lantai 4 sebesar 12.906 Watt. Dengan tarif listrik Rp 996,74 per kWh, biaya operasional harian mencapai Rp 2.267.782,84, bulanan Rp 68.033.485,20, dan tahunan Rp 816.401.822,40. Rata-rata konsumsi energi harian adalah 2.275,20 kWh, bulanan 68.256,00 kWh, dan tahunan 819.072,00 kWh.

2.2 Landasan Teori

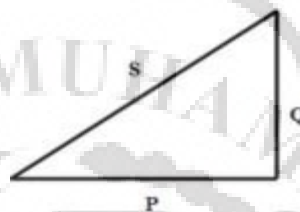
1. Daya Listrik

Daya listrik adalah jumlah energi listrik yang dihantarkan dalam satu rangkaian setiap detiknya. Dalam satuan SI, daya listrik diukur dalam Watt, setara dengan satu joule per detik. Saat arus mengalir melalui hambatan, energi listrik diubah menjadi bentuk energi lain seperti panas, cahaya, gerak, atau suara, tergantung pada jenis perangkat yang digunakan (Abdillah, 2022). Listrik dapat berasal dari pembangkit atau penyimpan energi seperti baterai. Dalam sistem arus bolak-balik (AC), daya semu dihasilkan dari perkalian arus dan tegangan efektif, dan dinyatakan dalam VA atau kVA (1 kVA = 1.000 VA). Namun, tidak semua daya semu digunakan secara nyata. Daya yang benar-benar dimanfaatkan disebut daya nyata (Watt), yang besarnya dihitung dari daya semu dikalikan dengan faktor daya (power factor), yaitu perbandingan antara daya nyata dan daya semu:

$$P = V \times I$$

Dimana:

Daya listrik (P) dinyatakan dalam satuan Watt, yang merupakan hasil perkalian antara tegangan listrik (V) dalam Volt dan arus listrik (I) dalam Ampere. Hubungan antara daya aktif, daya semu, dan daya reaktif dapat digambarkan dalam bentuk segitiga daya, di mana masing-masing komponen saling berkaitan secara vektor dan menggambarkan karakteristik penggunaan energi listrik dalam suatu sistem (Belo, 2016).



Segitiga Daya

Keterangan:

- 1) Daya aktif (P) adalah daya yang digunakan beban untuk melakukan kerja nyata, misalnya menyalakan lampu atau menggerakkan mesin.
- 2) Daya reaktif (Q) adalah daya yang tidak digunakan untuk kerja nyata, tetapi muncul karena efek induksi atau kapasitansi dari peralatan listrik seperti motor atau kapasitor.
- 3) Daya semu (S) adalah keseluruhan daya yang mengalir dalam sistem listrik, termasuk daya yang benar-benar digunakan (aktif) dan daya yang tidak digunakan langsung (reaktif).

Semakin besar daya reaktif (Q), maka sudut antara daya aktif dan daya semu juga membesar, sehingga faktor daya ($\cos \phi$) menurun dan daya semu

(S) yang terbaca menjadi lebih besar dari daya aktif (P) yang sebenarnya digunakan.

Dimana:

$S = V \times I \rightarrow \text{Daya Semu}$ (dalam satuan Volt Ampere / VA)

$P = V \times I \times \cos \phi \rightarrow \text{Daya Aktif atau Daya Nyata}$ (dalam satuan Watt / W)

$Q = V \times I \times \sin \phi \rightarrow \text{Daya Reaktif}$ (dalam satuan Volt Ampere Reaktif / VAR)

Keterangan:

V = Tegangan (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

ϕ = Sudut antara arus dan tegangan

Faktor daya merupakan ukuran efisiensi pemanfaatan daya listrik dalam suatu sistem. Nilainya berada pada rentang 0 hingga 1. Semakin mendekati angka 1, semakin besar proporsi daya semu yang dapat dimanfaatkan menjadi daya aktif. Sebaliknya, faktor daya yang rendah menunjukkan bahwa hanya sedikit dari daya semu yang benar-benar digunakan oleh beban (James and Danielle, 2017).

2. Klasifikasi Beban Listrik

Secara umum, beban dalam sistem distribusi listrik dapat dibagi ke dalam beberapa kategori, seperti sektor rumah tangga, industri, komersial, dan usaha. Setiap sektor memiliki pola konsumsi energi yang khas. Misalnya, sektor rumah tangga biasanya menunjukkan variasi beban yang cukup besar, terutama karena penggunaan listrik meningkat pada malam hari. Sebaliknya,

sektor industri cenderung memiliki pola konsumsi energi yang lebih stabil sepanjang hari, sehingga perbandingan antara beban puncak dan beban rata-ratanya mendekati satu (Aihunan, 2021). Beban listrik pada sektor komersial dan sektor usaha umumnya memiliki pola yang hampir sama. Namun, sektor komersial biasanya menunjukkan lonjakan beban yang lebih signifikan pada malam hari dibandingkan dengan sektor usaha.

Secara umum, berdasarkan pola konsumsi energi listrik, beban listrik dapat dibedakan menjadi beberapa kategori utama:

a. Beban Rumah Tangga

Beban listrik di rumah biasanya berasal dari lampu penerangan serta peralatan rumah tangga seperti kipas angin, pemanas air, lemari es, dan lainnya..

b. Beban Komersial

Pada sektor komersial atau bisnis, konsumsi listrik umumnya berasal dari penggunaan peralatan seperti lampu reklame, kipas angin, AC, dan perangkat elektronik lainnya yang digunakan di restoran, hotel, maupun perkantoran. Penggunaan energi di sektor ini biasanya meningkat tajam pada siang hari akibat tingginya aktivitas perkantoran dan pertokoan, lalu mulai menurun saat memasuki sore hari.

c. Beban Industri

Beban listrik pada sektor industri terbagi menjadi dua jenis, yakni industri berskala kecil dan industri berskala besar. Industri kecil biasanya beroperasi di waktu siang, sementara industri besar umumnya beroperasi

nonstop selama 24 jam, sehingga penggunaan energinya relatif merata sepanjang hari.

d. Beban Fasilitas Umum

Pengklasifikasian beban listrik memiliki peran yang sangat penting, terutama ketika dilakukan analisis karakteristik beban dalam sistem kelistrikan berskala besar. Perbedaan mendasar dari keempat jenis beban—rumah tangga, komersial, industri, dan fasilitas umum—tidak hanya terletak pada besarnya daya yang digunakan, tetapi juga pada waktu dominan penggunaan dayanya. Beban listrik rumah tangga umumnya meningkat pada pagi dan malam hari, sedangkan sektor komersial memiliki pola konsumsi tinggi saat siang hingga sore. Di sisi lain, sektor industri menunjukkan konsumsi energi yang stabil sepanjang hari karena umumnya beroperasi 24 jam, sehingga dinilai lebih menguntungkan bagi sistem kelistrikan. Sementara itu, fasilitas umum menunjukkan lonjakan beban pada siang dan malam, seiring dengan intensitas aktivitas masyarakat. Pola beban industri yang cenderung rata menjadikannya lebih ideal dibanding sektor lainnya yang memiliki fluktuasi lebih besar (Matius, 2015).

3. Suplai Daya Listrik

Kapasitas suplai daya bergantung pada total kebutuhan beban, terutama saat beban puncak. Di sektor industri, kebutuhan listrik harus disesuaikan dengan tingkat produktivitas, dengan fokus pada kontinuitas dan keandalan pasokan. Umumnya, suplai daya berasal dari jaringan PLN dan

didukung oleh generator sebagai cadangan (Saputro, 2022). Catu daya (power supply) adalah perangkat yang menyuplai energi listrik ke beban. Dalam sistem elektronika, catu daya menjadi sumber utama energi, seperti baterai atau aki. Umumnya, catu daya terdiri dari trafo, dioda penyearah, dan kondensator filter. Istilah ini biasanya merujuk pada alat yang mengubah satu bentuk energi listrik ke bentuk lain, namun juga bisa mencakup konversi dari energi non-listrik (seperti mekanik, kimia, atau surya) menjadi listrik (Syadidan, 2023).

4. Sistem Instalasi Listrik

Apabila instalasi listrik dipasang berdekatan dengan instalasi non-listrik, maka perencanaannya harus dilakukan dengan cermat agar setiap aktivitas atau operasi yang terjadi pada salah satu instalasi tidak menimbulkan gangguan atau kerusakan pada instalasi lainnya. Dengan demikian, integritas dan keselamatan kedua sistem tetap terjaga.

Jika instalasi listrik terletak sangat dekat dengan instalasi nonlistrik, kedua kondisi berikut harus dipenuhi:

- a) Sistem kabel harus cukup terlindungi dari bahaya yang bisa muncul akibat instalasi lain saat digunakan secara normal; dan
- b) Proteksi terhadap sentuhan tak langsung harus mengikuti aturan Pasal 411.3 Bagian 4-41, di mana instalasi logam nonlistrik dianggap sebagai bagian konduktif eksternal (BKE).

Sistem instalasi listrik yang dipasang di dalam ruangan berpendingin harus dirancang sedemikian rupa agar tidak memiliki area atau saluran yang

dapat menyebabkan penumpukan embun atau uap air. Selain itu, sistem tersebut juga harus mencegah masuknya uap air ke dalam komponen instalasi listrik. Adapun jenis sistem instalasi listrik yang digunakan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a) Menggunakan sirkit yang terpisah; fitting lampu darurat dapat terpisah atau disatukan dengan armatur dari lampu utama.
- b) Sistem menggunakan rangkaian konvensional yang disuplai oleh dua sumber terpisah, yaitu sumber utama dan sumber cadangan, dengan mekanisme pengalihan otomatis. Sumber utama dapat menyuplai daya secara langsung atau melalui transformator, sementara sumber cadangan dapat berupa genset, baterai, atau kombinasi baterai dengan inverter.
- c) Menggunakan sistem lampu atau baterai otomatis yang terkoneksi langsung dengan sumber utama dan secara otomatis memperoleh pengisian daya dari sumber tersebut.

Rangkaian instalasi listrik yang diterapkan wajib mengikuti persyaratan sebagai berikut::

- a) Fitting lampu untuk penerangan darurat wajib berwarna merah atau dilengkapi dengan penanda yang mudah dikenali.
- b) Untuk bangunan bertingkat, setiap lantai harus menggunakan satu rangkaian akhir tersendiri.
- c) Setiap rangkaian akhir wajib dilengkapi dengan alat pelindung tersendiri, seperti sekering atau pemutus arus.

- d) Kualitas kabel yang dipakai pada instalasi darurat minimal harus setara dengan kabel yang digunakan untuk instalasi listrik standar.
- e) Kabel pada instalasi darurat harus memiliki mutu paling rendah setara dengan kabel yang ditetapkan untuk instalasi standar.
- f) Perangkat dengan konsumsi daya listrik rendah seperti bel, lampu indikator, tanda KELUAR, dan sejenisnya yang umumnya diperlukan saat gedung beroperasi, dapat dihubungkan ke baterai darurat selama memenuhi ketentuan yang berlaku..

Jika diperlukan, pencahayaan darurat—baik sebagian maupun seluruhnya—dapat dioperasikan menggunakan sumber utama, dengan syarat sistem tetap memastikan lampu darurat menyala secara otomatis saat sumber utama mengalami gangguan, terlepas dari posisi sakelar. Pengaturan ini bisa dilakukan dengan sakelar majemuk atau beberapa sakelar tunggal yang mengendalikan kontaktor, khususnya pada instalasi tipe A dan B, atau dengan menyalakan lampu langsung pada sistem tipe C (PUIL, 2011).

5. Metode Perhitungan Penerangan

Berikut metode perhitungan untuk menentukan keperluan penerangan didalam ruangan, yaitu:

a. Metode perhitungan dengan indeks ruang

Metode ini lazim diterapkan di berbagai negara Eropa. Dalam menentukan kebutuhan pencahayaan pada suatu ruangan, perlu dilakukan perhitungan terhadap indeks ruang atau yang juga dikenal sebagai indeks

bentuk (k). Indeks ini merepresentasikan rasio antara dimensi utama dari suatu ruangan yang memiliki bentuk persegi panjang atau bujur sangkar:

$$K = \frac{p.l}{t(p.l)}$$

keterangan:

p : panjang ruangan (m)

l : lebar ruangan (m)

t : tinggi ruang (m)

k : indeks ruangan

Apabila nilai indeks ruang (k) tidak tersedia secara tepat dalam tabel sistem pencahayaan, efisiensi, maupun faktor depresiasi yang telah disediakan, maka efisiensi penerangan (η_p) dapat ditentukan melalui proses interpolasi. Dalam perhitungan pencahayaan suatu ruangan, diperlukan informasi mengenai jenis armatur yang digunakan, nilai efisiensi pencahayaan, serta penurunan intensitas cahaya akibat usia pakai lampu.

b. Metode Perhitungan dengan daerah ruang (zonal cavity)

Metode ini umum diterapkan di Amerika Serikat. Dalam penerapannya, ruangan dibagi ke dalam tiga zona perhitungan, yaitu: zona langit-langit (area antara sumber cahaya dengan langit-langit), zona ruang kerja (area antara bidang kerja dengan sumber cahaya), dan zona lantai (area antara lantai dengan bidang kerja). Metode ini dapat diterapkan pada

ruangan berbentuk bujur sangkar maupun melingkar (Muhaimin, 2001)
Untuk mengukur kuat penerangan, maka digunakan alat yang bernama
Luxmeter, ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Luxmeter
Sumber: (Muhaimin, 2001)

Dalam pengukuran syarat yang harus dilakukan adalah:

- a) Kondisi pintu ruangan telah disesuaikan dengan situasi dan kebutuhan tempat pekerjaan berlangsung.
- b) Pencahayaan ruangan dinyalakan menyesuaikan dengan kondisi pekerjaan yang sedang dilakukan. Adapun langkah-langkah dalam prosedur pengukuran sebagai berikut: Aktifkan luxmeter yang sudah dikalibrasi dengan membuka penutup sensornya. Bawa alat tersebut ke titik pengukuran yang telah ditetapkan, baik untuk mengukur intensitas pencahayaan lokal maupun umum.

- c) Amati hasil pengukuran pada layar monitor setelah menunggu beberapa saat hingga angka yang ditampilkan stabil.
- d) Tulis hasil pengukuran pada formulir pencatatan.
- e) Nonaktifkan luxmeter setelah seluruh proses pengukuran intensitas pencahayaan selesai dilakukan.

