

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TERMINAL PENYIMPANAN BBM & BIODIESEL

2.1.1 *Company Profile* PT. Petro Storindo Energi

PT. Petro Storindo Energi merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang penyediaan tempat penyimpanan bahan bakar minyak yang berlokasi di Tanjung Bara, Kutai Timur, Kalimantan Timur. PT. Petro Storindo Energi memiliki 3 tangki penyimpanan bahan bakar minyak yang masing-masing berkapasitas 25 juta liter (Gambar 2.1.). Produk bahan bakar yang disimpan di tangki PT. Petro Storindo Energi adalah berjenis *High Speed Diesel* (HSD) atau solar murni. Fasilitas terminal penyimpanan BBM PT. Petro Storindo Energi mulai dibangun tahun 2014 dan mulai beroperasi tahun 2016. Produk HSD yang disimpan di tangki PT. PSE berasal dari impor yang dibawa oleh kapal-kapal tanker kelas *Medium Range* dan *Large Range 1 (LR 1)* yang berbobot mati antara 50.000 ton – 90.000 ton. Tanker bersandar di *fasilitas Fixed Mooring Dolphin* milik PT. PSE yang berada di laut sejauh 3 km dari lokasi tangki penyimpanan di darat dan memompakan minyaknya ke tangki penyimpanan di darat melalui pipa bawah laut berukuran 20 inch.



Gambar 2.1. Fasilitas TBBM PT. Petro Storindo Energi
(Sumber: PT PSE, 2025)

Untuk memindahkan produk HSD didalam tangki ke tangki lainnya maupun ke customer, PT. PSE menggunakan pompa-pompa sentrifugal yang berkapasitas pemompaan antara 175 kL/jam sampai 500 kL/jam. Sedang untuk proses pemindahan produk yang di dasar tangki maupun pengambilan air yang terakumulasi di dasar tangki, menggunakan pompa positif displacement pump berjenis gear pump, dengan kapasitas flowrate antara 60-120 kL/jam. (*Process Design Basis*, 2015)

Desain awal terminal penyimpanan BBM PT. Petro Storindo Energi adalah untuk menyimpan HSD atau solar murni saja, tanpa memiliki fasilitas penyimpanan Biodiesel (FAME) maupun fasilitas untuk blending FAME dengan HSD untuk menghasilkan produk biodiesel B35. Namun, dalam rencana pengembangan PT. PSE ke depan akan melakukan ekspansi dengan menambahkan fasilitas blending maupun tangki-tangki penyimpanan FAME dan produk B35.

2.1.2 Sumber Energi PT. Petro Storindo Energi

Sumber energi utama PT. Petro Storindo Energi adalah listrik. Suplai listrik didapat oleh PT. PSE dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) milik PT. Kaltim Prima Coal (KPC) yang berlokasi bersebelahan dengan lokasi terminal BBM PSE. Sebagai *back up* jika suplai dari PT. KPC mati, maka PT. PSE memiliki genset 500 KVA yang akan menyala otomatis jika suplai listrik dari KPC mati. Selain genset *back up* ini, ada genset 60 KVA di fasilitas *fixed mooring dolphin* yang digunakan sebagai sumber tenaga untuk menghasilkan listrik untuk kebutuhan operasional di laut (*Process Design Basis*, 2015)

2.1.3 HSD, FAME dan Biodiesel

High Speed Diesel (HSD) adalah bahan bakar yang khusus dirancang untuk digunakan pada mesin diesel yang memiliki putaran kerja tinggi (diatas 1000 rpm). Selain digunakan pada mesin kecepatan tinggi, HSD juga dimanfaatkan untuk jenis mesin dengan tungku pembakaran khusus seperti *furnace burner*, mesin pemanas atau pengering (*dryers*), serta jenis mesin pemanas ketel uap atau *boiler*. Jenis solar industri HSD mampu memberikan hasil bakar yang lebih baik dan bersih. HSD

dihasilkan dari minyak mentah atau *crude oil*. Kemudian minyak mentah tersebut akan melewati proses destilasi atau pemanasan kemudian dilakukan penguapan dengan tekanan tinggi atau *atmospheric distillation*. Jenis bahan bakar ini umumnya digunakan untuk mesin diesel dengan sistem injeksi pompa mekanik (*injection pump*) dan *electronic injection*. Di Indonesia, produk yang sejenis ini adalah minyak solar. Walaupun Solar dan HSD berasal dari minyak mentah yang sama, namun melalui proses penyulingan yang berbeda. Solar dihasilkan dari proses penyulingan minyak mentah secara langsung, sedangkan HSD melalui proses penyulingan yang lebih kompleks dengan penambahan aditif khusus. Di Indonesia, ada 2 tipe HSD yang dijual yaitu HSD dengan angka Cetane 48 dengan kandungan sulfur 2500 ppm dan HSD dengan angka Cetane 51 dengan kandungan sulfur 500 ppm maksimal (N.A. Fathurrahman, et al, 2021).

FAME adalah singkatan dari *Fatty Acid Methyl Ester* yaitu produk bahan bakar yang diperoleh dari proses trans-esterifikasi minyak nabati atau hewani dengan katalis metanol. Karena berasal dari minyak nabati atau hewani maka FAME termasuk energi terbarukan. Bahan baku pembuatan FAME bisa berasal dari kelapa sawit, minyak jarak, minyak goreng bekas, minyak bunga matahari, minyak kelapa, minyak jagung, dan algae (jamur) (lihat Gambar 2.2.). Indonesia yang merupakan penghasil minyak kelapa sawit (CPO) terbesar di dunia, maka FAME paling banyak berasal dari minyak kelapa sawit (CPO) atau disebut POME (*Palm Oil Methyl Ester*).



Gambar 2.2. Sumber Hayati untuk bahan baku Biodiesel
(Sumber: (N.A. Fathurrahman, et al, 2021))

Biodiesel adalah sebutan untuk minyak solar (HSD) yang memiliki campuran minyak nabati. Di Indonesia biodiesel disebut juga Biosolar. Penyebutan biodiesel biasa diikuti dengan angka dibelakangnya untuk menunjukkan rasio campuran minyak nabati yang dipakai. Misal B100 berarti kandungannya adalah 100% minyak nabati, sedang B0 berarti tidak ada kandungan minyak nabati alias murni solar/HSD. Saat ini pemerintah melalui Keputusan Menteri ESDM Nomor 205.K/EK.05/DJE/2022 tentang Penetapan Badan Usaha Bahan Bakar Minyak dan Badan Usaha Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel untuk Pencampuran Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar Periode Januari - Desember 2023 mewajibkan pemakaian biodiesel B35 yang berarti bahan bakar tersebut memiliki 35% campuran minyak nabati (FAME) dan 65% campuran minyak solar/HSD. Pencampuran biodiesel dalam minyak solar bisa meningkatkan kualitas bahan bakar dalam parameter berikut :

- a) Meningkatkan kualitas penyalan ditandai dengan peningkatan angka setana, minyak solar murni memiliki angka setana sekitar 48 – 51, penambahan 30% biodiesel meningkatkan angka setana menjadi 50 – 52,5.
- b) Menurunkan emisi CO, CO_x, dan SO_x karena penambahan biodiesel meningkatkan kesempurnaan pembakaran. Selain itu, dalam produksi biodiesel tidak digunakan dan tidak diproduksi senyawa yang mengandung sulfur. Penambahan 30% biodiesel akan menurunkan kandungan sulfur hingga 30% dibandingkan minyak solar. (Solihah, et al, 2020)

2.2 KONSERVASI DAN AUDIT ENERGI

2.2.1 Konservasi Energi

Merujuk pada Peraturan Pemerintah RI No. 33 Tahun 2023, konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu, guna melestarikan sumber daya negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. Konservasi energi dapat dicapai melalui penggunaan energi secara efisien, termasuk dengan menerapkan perilaku hemat energi, penggunaan peralatan hemat energi, maupun kewajiban menerapkan manajemen energi terutama untuk industri yang menggunakan sumber energi dengan jumlah yang melebihi 3000 TOE per tahun atau 6000 TOE bagi

penyedia energi. Manajemen energi dilakukan melalui penunjukan manajer energi, penyusunan program efisiensi energi, pelaksanaan audit energi secara berkala dan pelaksanaan rekomendasi dari audit energi.

Konservasi energi sangat penting dilakukan karena efek pemanasan global dan perubahan iklim semakin nyata. Terlebih, meningkatnya pemanasan global disebabkan oleh tingginya konsumsi energi. Konservasi energi dapat menjadi upaya mengurangi jejak karbon dan meminimalkan efek pemanasan global sebelum menjadi lebih buruk. Semakin sedikit emisi gas rumah kaca di atmosfer, semakin besar peluang mengurangi dampak negative perubahan iklim. (Dutta, 2021)

Pada dasarnya, konservasi energi merupakan upaya untuk mengatasi hal tersebut dengan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar fosil berdampak negatif pada lingkungan, termasuk pemanasan global, polusi udara serta pencemaran tanah dan air. (Dutta, 2021)

2.2.2 ISO 50001:2018 (Sistem Manajemen Energi)

Energi merupakan salah satu aspek penting dalam operasional organisasi. **ISO 50001 Energy Management System** membantu organisasi untuk mengimplementasikan sistem manajemen energi, meningkatkan efisiensi energi, mengurangi biaya, dan mengurangi emisi gas rumah kaca.

ISO 50001 adalah sistem manajemen atau standar yang digunakan untuk mengelola kinerja energi termasuk efisiensi dan konsumsi energi. Pada tahun 2018 ISO merilis versi terbaru ISO 50001:2018, yang menggantikan revisi sebelumnya yaitu versi tahun 2011. Versi baru ini memiliki persyaratan dan definisi yang diperbarui dan klarifikasi yang lebih baik tentang konsep kinerja energi tertentu. ISO 50001 versi 2018 ini selaras dengan persyaratan ISO untuk standar sistem manajemen lain, sehingga lebih mudah untuk mengintegrasikannya ke dalam sistem manajemen organisasi yang ada. (Poveda-Orjuela et al., 2019)

Standar internasional ISO 50001 menetapkan persyaratan bagi perusahaan untuk memperkenalkan, menerapkan, dan meningkatkan sistem manajemen energi. Dengan sistem manajemen energi, perusahaan meningkatkan keseimbangan energi, mengurangi emisi CO₂, dan menurunkan biaya energi dengan menggunakan energi

secara lebih efisien. Dengan mengadopsi standar ini, Perusahaan tidak hanya berkontribusi pada upaya pelestarian lingkungan, tetapi juga meningkatkan keberlanjutan dan profitabilitas bisnis dalam jangka panjang.

Dengan sistem manajemen energi bersertifikat ISO 50001, Perusahaan akan meningkatkan keseimbangan energi dan mengurangi emisi CO₂. Hal ini mengarah pada peningkatan profitabilitas dan peningkatan keunggulan kompetitif melalui biaya energi yang lebih rendah. Dengan mengidentifikasi potensi optimalisasi, keberhasilan Perusahaan akan dimaksimalkan melalui pengenalan teknologi baru yang hemat energi. (Poveda-Orjuela et al., 2019)

Struktur Tingkat Tinggi (HLS) memberikan panduan untuk membantu Perusahaan menyatukan struktur dan persyaratan sistem manajemen energi secara optimal. Struktur superordinat ini memfasilitasi penerapan dan pemeliharaan beberapa sistem manajemen serta mendukung pengembangan sistem manajemen terpadu. (Wu et al., 2015)

Sertifikasi ISO 50001 akan meningkatkan kesadaran dan motivasi karyawan terhadap penggunaan energi yang lebih efisien, mendokumentasikan upaya peningkatan kinerja energi, dan mempromosikan branding positif Perusahaan. Pada tahun 2018, terdapat beberapa perubahan pada klausul ISO 50001 (Pushpo & Uddin, 2023).

1.				Lingkup/Scope
2.	Referensi	Normatif /Normative		References
3.	Istilah dan Definisi /Terms and Definitions			
4.	Konteks Organisasi/Context of the Organization			
4.1		Memahami		Organisasi
4.3	Menentukan	ruang lingkup	sistem manajemen	energi
4.4		Sistem	Manajemen	Energi
4.3	Menentukan Ruang Lingkup Sistem Manajemen Energi			
5.	Kepemimpinan dan Komitmen/Leadership and Commitment			
5.1	Peran,	Tanggung Jawab,	dan	Wewenang Organisasi
5.2	Kebijakan Energi			
6.	Perencanaan/Planning			

6.1	Tindakan untuk mengatasi risiko yang terkait dengan ancaman dan peluang		
6.2	Tujuan, target energi dan perencanaan untuk mencapainya		
6.3	Ulasan	Energi	
6.4	Indikator Kinerja	Energi	
6.5	Dasar	Energi	
6.6	Perencanaan pengumpulan data energi		
7. Dukungan/Support			
7.1	Sumber	Daya	
7.2		Kompetensi	
7.3		Kesadaran	
7.4		Komunikasi	
7.4.1		Umum	
7.4.2	Komunikasi	internal	
7.4.3	komunikasi	eksternal	
7.5	Informasi	Terdokumentasi	
7.5.1		Umum	
7.5.2	Membuat dan	Memperbarui	
7.5.3	Pengendalian Informasi Terdokumentasi		
8. Operasi/Operation			
8.1	Perencanaan dan Pengendalian	Operasi	
8.2		Desain	
8.3	Pengadaan		
9. Evaluasi Kinerja/Performance Evaluation			
9.1	Pemantauan, pengukuran, analisis dan evaluasi kinerja energi dan EnMS		
9.2	Audit EnMS	Internal	
9.3	Tinjauan	Manajemen	
9.4	Evaluasi persyaratan hukum dan lainnya		
10. Tindakan Perbaikan/Improvement			
10.1	Ketidaksesuaian dan Tindakan	Korektif	
10.2	Peningkatan Berkelanjutan		

ISO 50001:2018 telah Menyesuaikan standar mengikuti kerangka kerja ISO dan *High Level Structure* (HLS) atau Struktur Tingkat Tinggi untuk standar sistem manajemen. Dengan mengikuti *High Level Structure* ini, maka akan memudahkan integrasi standar ISO 50001 dengan sertifikasi sistem manajemen lainnya seperti ISO 9001 dan ISO 14001.

2.2.3 Audit Energi (ISO 50002:2014)

Peraturan teknis mengenai pelaksanaan Manajemen Energi diatur melalui Peraturan Menteri ESDM No.14 tahun 2012 tentang Manajemen Energi, sebagai penjabaran dari Peraturan Pemerintah tentang Konservasi Energi. Dalam Manajemen Energi, Audit Energi merupakan elemen wajib yang harus dilakukan. Audit energi sebagai proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna energi dan pengguna sumber energi dalam rangka konservasi energi. Audit energi sendiri dilaksanakan secara berkala sekurang-kurangnya pada peralatan pemanfaatan energi utama paling sedikit 1 kali dalam 3 tahun (pasal 8 ayat 1).

Pada level internasional, ISO telah mengeluarkan standard untuk Sistem Manajemen Energi melalui ISO 50001 yang terakhir diperbaharui tahun 2018. Kemudian juga ISO 50002:2014 khusus tentang Audit Energi. Standard ISO ini lebih komprehensif dan sistematis daripada peraturan teknis yang sudah ada di Indonesia, sehingga bagi Industri lebih aplikatif dan mudah dilaksanakan. (Prasetya et al., n.d.)

Secara singkat, berdasarkan ISO 50002:2014 tahapan melakukan Audit Energi adalah sebagai berikut (Larrahondo & Quispe, n.d.):

1. Pemahaman Konsumsi Energi

Melakukan identifikasi dan mengkategorikan sumber daya energi yang digunakan, termasuk listrik, bahan bakar, dan sumber energi lainnya.

2. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data penggunaan energi historis dan identifikasi trend konsumsi.

3. Pemeriksaan Teknis

Melakukan pemeriksaan langsung terhadap peralatan dan sistem energi untuk mengidentifikasi potensi kebocoran atau kerugian energi.

4. Analisis Data

Mengolah data yang terkumpul untuk menganalisis efisiensi energi dan identifikasi peluang penghematan.

5. Rekomendasi Perbaikan

Berikan rekomendasi spesifik untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi konsumsi energi.

6. Perencanaan Implementasi

Rencanakan langkah-langkah implementasi perbaikan dengan memprioritaskan tindakan yang akan diambil.

2.2.4 *Specific Energy Consumption (SEC)*

Dalam Sistem Manajemen Energi penggunaan *Specific Energy Consumption* (SEC) untuk mengidentifikasi potensi peningkatan efisiensi energi adalah salah satu unsur penting dalam manajemen energi. Dalam literatur maupun standar Internasional, *Specific Energy Consumption* (SEC) digunakan sebagai indikator performa penggunaan energi untuk mengevaluasi atau menghitung performa efisiensi energi (Lawrence, et al, 2019).

Secara umum, *Specific Energy Consumption* dihitung dengan membagi jumlah total konsumsi energi dengan jumlah total produksi (Lawrence et al. 2019);

$$SEC = \frac{\text{Konsumsi Energi}}{\text{Jumlah Produksi}} \quad (2.1)$$

Sehingga akan didapatkan angka dalam satuan GJ/ton untuk energi panas, GWh/ton untuk listrik. Kemudian dari banyaknya data dan penelitian yang sudah dilakukan per bidang industri, maka data-data SEC bisa diperbandingkan untuk memperoleh gambaran performa efisiensi energi per industri spesifik.

2.2.5 *Energy Performance Indicator (EnPI)*

Walaupun *Specific Energy Consumption* (SEC) banyak dipakai sebagai indikator untuk menilai performa penggunaan energi, namun ISO menggunakan

pendekatan lain untuk menilai performa penggunaan energi, yaitu *Energy Baseline* dan *Energy Performance Indicator* (EnPI). Pendekatan yang dilakukan oleh ISO lebih fokus kepada analisa penggunaan energi dari masing-masing subyek pemakai energi dan perbandingan performa antara waktu tertentu, dibandingkan dengan pendekatan SEC yang membandingkan antara pemakai energi dengan pemakai energi lainnya yang bergerak dalam bidang yang sama, bisa dalam satu negara ataupun antar negara. Pendekatan ISO dengan *Energy Baseline* dan *Energy Performance Indicator* (EnPI) lebih akurat dibandingkan dengan membandingkan SEC karena dalam industri yang sama jenis, ukuran, usia dan jumlah peralatan bisa berbeda, sehingga perbandingan SEC menjadi tidak relevan (Lawrence, et al., 2019).

Saat menentukan EnPI, karakteristik yang berbeda dalam penggunaan energi, seperti beban dasar (misalnya penggunaan energi tetap) dan beban variabel, yang dipengaruhi oleh produksi, hunian, cuaca dan faktor lainnya, dipertimbangkan. Kinerja energinya bisa dipengaruhi oleh variabel yang berbeda (kondisi cuaca, parameter produksi, jam operasional dan parameter operasi) dan faktor statis yang terkait dengan perubahan kondisi bisnis seperti pasar permintaan, penjualan, dan profitabilitas. Variabel relevan yang dapat mempengaruhi kinerja energi harus didefinisikan, diukur dan diisolasi dalam hal signifikansi (mulai dari tidak ada pengaruh atau pengaruh kecil hingga signifikan). Pemakai Energi menetapkan referensi kuantitatif, yang berarti *Energy Baseline* untuk masing-masing referensi EnPI, untuk membandingkan nilai EnPI dari waktu ke waktu dan untuk mengukur perubahan kinerja energi (Lawrence, et al., 2019).

Di Indonesia, pemerintah menggunakan parameter Intensitas Konsumsi Energi (IKE) untuk mengetahui tingkat efisiensi pemakaian energi khususnya di gedung. Berbeda dengan EnPI, IKE lebih fokus pada efisiensi penggunaan energi di gedung kantor, seperti untuk sistem pengkondisian udara (SNI 6390:2020), sistem pencahayaan (SNI 6197:2020) dan sistem selubung bangunan (SNI 6389:2020).

2.3 SISTEM KELISTRIKAN

Melakukan konservasi energi listrik di Perusahaan jelas merupakan kegiatan yang sangat penting. Bagi Perusahaan sebagai pemakai energi listrik dengan porsi terbesar, tingginya biaya energi listrik, adanya kemungkinan kenaikan harga listrik, dan pengaruh terhadap biaya yang diakibatkan oleh *load shedding*, membuat alasan yang kuat untuk menurunkan pemakaian energi listrik. Pengelolaan yang efisien dan konservasi energi listrik memberikan prospek yang menguntungkan bagi Perusahaan yang bersangkutan (HU & GAN, n.d.).

Mentransmisikan daya pada tegangan tinggi mempunyai keuntungan dapat mengurangi kehilangan selama transmisi dan dapat digunakan jalur transmisi yang lebih kecil dan lebih ekonomis. Kemudian, pada sub-stasiun dipasang trafo penurun, yang akan menurunkan tegangan untuk didistribusikan ke pengguna listrik melalui jalur distribusi (Lindahl et al., 2004).

Dalam sistem kelistrikan, kualitas daya listrik merupakan bagian penting dalam instalasi jaringan listrik. Kualitas daya listrik yang baik akan memberikan efek kestabilan kinerja mesin/ peralatan listrik untuk dapat beroperasi secara optimal guna meningkatkan produktivitas, faktor *safety* dan efisiensi, sementara kualitas daya listrik yang buruk akan menimbulkan masalah pada kinerja peralatan listrik dan kerugian finansial seperti terhentinya proses produksi, tingginya biaya tagihan listrik dan bahkan pada kasus yang ekstrim dapat menyebabkan kerusakan fisik, seperti kerusakan peralatan listrik, kebakaran dan lain sebagainya (Johnson & Hassan, 2016).

Kualitas kelistrikan suatu sistem distribusi daya listrik dapat dikatakan baik jika nilai-nilai parameter kelistrikan pada jaringan tidak melebihi ambang batas yang telah ditentukan, antara lain:

- 1) *Over* dan *under voltage* suplai tidak melebihi +5% dan -10% tegangan nominal (SPLN_1995 dan IEC-60038).
- 2) *Unbalance voltage* tidak melebihi 1% (NEMA MG-1.2011).
- 3) *Unbalance current* yang rendah.
- 4) Faktor daya di atas 0,85 (Standar PLN).

- 5) *Total Harmonik Distortion* untuk tegangan dan arus tidak melebihi 5% dan 20% (standar IEEE Std 519.1994).

2.3.1 *Unbalance Voltage*

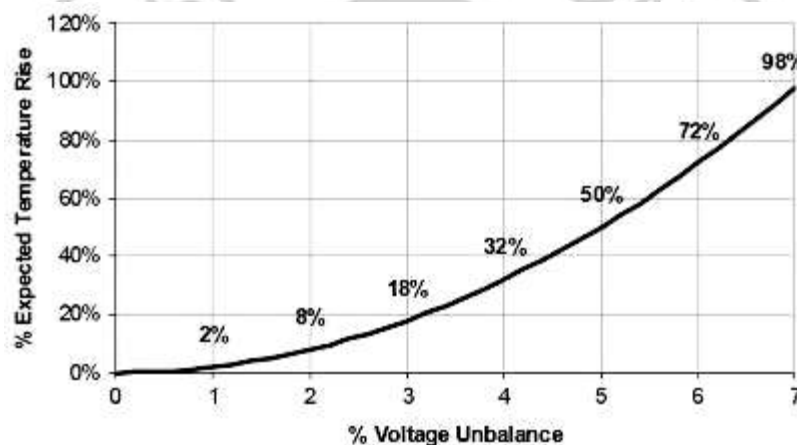
Unbalance voltage merupakan besarnya ketidakseimbangan tegangan antar fasa, dimana tiap fasa mempunyai besar dan sudut tegangan yang tidak standar sehingga tegangan antar fasa menjadi tidak sama. *Unbalance voltage* sangat mempengaruhi operasi beban tiga fasa, dimana menyebabkan timbulnya peningkatan temperatur, konsumsi kWh dan penurunan kemampuan operasi (Oluseyi et al., 2022) (Cuong et al., 2022). Kondisi *unbalance* disebabkan antara lain oleh kondisi beban secara keseluruhan sistem, dimana beban satu phase tidak sama dengan phase yang lain, sehingga impedansi dari beban-beban tersebut tidak sama phase satu sama lain. Atau juga impedansi sebuah motor tidak sama phase satu dengan yang lain. Selain itu ada beberapa hal yang menyebabkan *unbalance voltage*, yaitu:

- a) *Unbalance* dari *power supply*
- b) Taping di trafo tidak sama
- c) Ada trafo *single phase* dalam sistem
- d) Ada *open phase* di primer trafo distribusi
- e) Ada *fault* atau *ground* di trafo power
- f) Ada *open delta* di trafo-bank
- g) Ada *fuse-blown* di 3 phase di *capasitor bank* (kapasitor untuk perbaikan *power factor*)
- h) Impedansi dari konduktor *power supply* tidak sama
- i) *Unbalance* distribusi/*single phase load (lighting)*
- j) *Heavy reactive single phase load*

(Jouanne & Banerjee, 2001)

Ketidakseimbangan tegangan (*unbalance voltage*) merupakan prosentase perbedaan tegangan antar fasa. *Unbalance voltage* terjadi apabila tegangan tiap fasa mempunyai besar dan sudut tegangan yang tidak standard, sehingga nilai tegangan antara fasa tidak sama.

Unbalance Voltage akan sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin atau motor-motor 3 phase yang ada. Efek utama dari *Unbalance voltage* yang melebihi batas standard adalah kerusakan motor akibat panas yang berlebihan. Hubungan antara *Unbalance voltage* dengan kenaikan suhu bisa dilihat pada Gambar 2.3. *Unbalance voltage* bisa menimbulkan *unbalance* arus 6-10 kali lipat dari nilai *Unbalance voltage*. Pada gilirannya, *unbalance* arus menghasilkan panas pada gulungan motor yang mendegradasi insulasi motor hingga menyebabkan kerusakan kumulatif dan permanen pada motor. Skenario ini akan berakibat pada *downtime* fasilitas yang mahal karena kegagalan operasi pada motor.



Gambar 2.3. Hubungan antara tegangan unbalance dan kenaikan suhu
(Sumber: Electrical Power Systems Quality. New York: McGraw-Hill, 1996)

2.3.2 *Unbalance Current*

Unbalance current merupakan besarnya ketidakseimbangan arus yang mengalir antara tiap fasa, besar ketidakseimbangan ini menunjukkan ketidakseimbangan beban tiap fasa menyebabkan mengalirnya arus pada titik netral. Dimana arus netral ini mengakibatkan terjadinya beda tegangan antara titik netral dengan ground (ground efektif memiliki nilai nol), selain itu dengan mengalirnya arus pada titik netral maka reference tegangan pada titik netral tidak terpenuhi sehingga menyebabkan tegangan fasa ke netral turun.

Pembagian arus yang tidak seimbang pada tiap fasa akan menyebabkan munculnya arus pada penghantar netral, semakin besar *unbalance current* yang terjadi, maka semakin besar pula arus netral yang dihasilkan. Arus netral ini akan

menyebabkan *overheat* pada transformator dan panas karena *over load* pada penghantar netral yang terkadang daya hantarnya lebih kecil dari penghantar fasa (Setiadji et al., 2008).

2.3.3 Daya Aktif dan Reaktif

Daya aktif, diukur dalam kilowatt (kW), merupakan daya nyata (daya poros, daya yang sebenarnya) yang digunakan oleh beban untuk melakukan tugas tertentu. Terdapat beban tertentu seperti motor, yang memerlukan bentuk lain dari daya yang disebut daya reaktif (kVAR) untuk membuat medan magnet. Walaupun daya reaktif merupakan daya yang tersendiri, daya ini sebenarnya merupakan beban (kebutuhan) pada suatu sistim listrik. Penjumlahan vektor daya aktif dan reaktif merupakan daya total (nyata), diukur dalam kVA (kilo Volts-Amperes). Daya ini merupakan daya yang dikirim oleh perusahaan energi ke pelanggan.

2.3.4 Faktor Daya

Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif (kW) dengan daya total (kVA), atau kosinus sudut antara daya aktif dan total. Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya yang rendah akan berakibat sistem berkerja tidak baik dan tidak ekonomis. Oleh karena itu factor daya yang rendah dari suatu sistem perlu diperbaiki agar menjadi tinggi. Faktor daya yang rendah disebabkan adanya pemakaian daya reaktif (VAR) dari beban. Pemakaian daya reaktif ini disebabkan oleh beban instalasi berupa:

- a) Motor-motor induksi
- b) Transformator
- c) Reaktor
- d) dan sebagainya

Dari macam-macam beban di atas yang paling besar pengaruhnya terhadap turunnya factor daya adalah motor-motor induksi. Oleh karena itu dalam suatu instalasi tenaga yang banyak menggunakan motor-motor induksi masalah perbaikan faktor daya amatlah penting. (*Power Factor Correction*, 2023)

2.3.5 Kapasitor

Faktor daya dapat diperbaiki dengan memasang kapasitor pengkoreksi faktor daya pada sistim distribusi daya di Perusahaan. Kapasitor bertindak sebagai pembangkit daya reaktif dan oleh karenanya akan mengurangi jumlah daya reaktif, juga daya total yang dihasilkan oleh bagian utilitas.

2.3.6 Trafo

Trafo merupakan suatu peralatan listrik statis, yang merubah energi listrik dari tingkat tegangan yang satu ke tingkat tegangan yang lain. Adanya alat ini memungkinkan untuk menghasilkan energi listrik pada tegangan yang relatif rendah dan mentransmisikannya pada tegangan tinggi dan arus yang rendah, sehingga akan mengurangi kehilangan jaringan dan digunakan pada tegangan yang aman. Trafo terdiri dari dua atau lebih kumparan yang listriknya terisolasi namun kemagnetannya tersambungkan. Kumparan primernya dihubungkan ke sumber daya dan kumparan sekundernya dihubungkan ke beban.

Efisiensi Trafo Didalam trafo tidak terdapat bagian yang berputar, sehingga efisiensinya berada pada kisaran 96-99%. Kehilangan-kehilangan terutama disebabkan oleh:

- a) Kehilangan Konstan; hal ini disebut juga kehilangan besi atau kehilangan inti, yang tergantung pada bahan inti dan sirkuit magnetik pada alur flux . Kehilangan arus Hysteresis dan Eddy merupakan dua komponen kehilangan konstan.
- b) Kehilangan Variabel; juga disebut dengan kehilangan beban atau kehilangan tembaga, yang beragam dengan kwadrat arus beban. Efisiensi trafo terbaik terjadi pada beban bilamana kehilangan konstan sama dengan kehilangan variabel.

2.3.7 Jatuh Tegangan

Pada PUIL dinyatakan bahwa: susut tegangan antara PHB utama dan setiap titik beban, tidak boleh lebih dari 5% dari tegangan di PHB utama. Rugi tegangan

biasanya dinyatakan dalam satuan persen (%) dalam tegangan kerjanya dihitung dengan Persamaan (2.2) berikut :

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V \cdot 100\%}{V} \quad (2.2)$$

2.3.8 Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini dapat digunakan untuk memutar impeller pompa, fan atau blower, bahkan menggerakkan kompresor.

Motor listrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk melayani beban tertentu. Efisiensi motor ditentukan oleh kehilangan dasar yang dapat dikurangi hanya oleh perubahan pada rancangan motor dan kondisi operasi. Kehilangan dapat bervariasi dari kurang lebih dua persen hingga 20%. Terdapat hubungan yang jelas antara efisiensi motor dan beban. Pabrik motor membuat rancangan motor untuk beroperasi pada beban 50-100% dan akan paling efisien pada beban 75%. Tetapi, jika beban turun di bawah 50% efisiensi turun dengan cepat. Mengoperasikan motor di bawah laju beban 50% memiliki dampak pada faktor dayanya. Efisiensi motor yang tinggi dan faktor daya yang mendekati 1 sangat diinginkan untuk operasi yang efisien dan untuk menjaga biaya rendah.

Dengan meningkatnya permintaan dari Industri untuk motor dengan efisiensi tinggi, maka kebutuhan akan standar yang mengatur tentang klasifikasi motor berdasarkan tingkat efisiensi semakin dibutuhkan. Oleh sebab itu IEC (*International Electrotechnical Commission*) telah membuat standar IEC 60034-30 yang dirilis Maret 2014 yang mengatur secara global kelas efisiensi motor dan ketentuan-ketentuan yang diperlukan untuk tiap kelas efisiensi motor pada motor 3 phase tegangan rendah sebagaimana dalam Tabel 2.1. berikut ;

Tabel 2.1. Tabel Efisiensi Motor (Sumber: Peraturan Menteri ESDM No. 7 Tahun 2021)

Kode IEC 60034-30	<i>Efficiency Class</i>
IE1	Standard Efficiency

Kode IEC 60034-30	<i>Efficiency Class</i>
IE2	High Efficiency
IE3	Premium Efficiency
IE4	Super Premium Efficiency

2.3.9 Variable Speed Drive (VSD)

VSD (*Variable Speed Drive*) atau VFD (*Variable Frequency Drive*) adalah alat yang mengatur frekuensi tegangan listrik AC ke motor elektrik sehingga akan mempengaruhi kecepatan putar motor. Kebanyakan pompa didesain dengan penggerak motor dengan frekuensi yang konstan, dan didesain dengan basis untuk memenuhi tuntutan kebutuhan maksimal. Sehingga dengan adanya kebutuhan beban kerja yang variatif karena kebutuhan operasi, maka terjadi pemborosan pemakaian energi listrik. Dengan pemasangan VSD/VFD, maka kecepatan pompa bisa dikontrol sesuai dengan kebutuhan operasi. (Atmam, dkk, 2018)

Sistem VSD terdiri atas 5 komponen utama, yaitu :

1) *Input Converter*

Yaitu sebuah alat untuk mengubah input arus AC dengan frekuensi tetap (biasanya 50 Hz atau 60 Hz) menjadi arus DC. Konverter ini terdiri dari beberapa dioda yang disusun paralel satu sama lainnya dan hanya bisa dilewati oleh arus secara satu arah, proses ini disebut rectifikasi.

2) *DC Link/Bus*

Arus DC hasil konversi kemudian disimpan dalam DC bus. DC bus ini terdiri dari filter induktor dan kapasitor. Berfungsi sebagai penampung yang menyimpan arus DC supaya stabil sebelum dikirim ke inverter.

3) *Inverter*

Fungsi dari inverter ini adalah untuk mengkonversi output DC link/bus yang berupa arus DC terfilter menjadi arus AC kembali dengan frekuensi dan voltase yang sudah berubah. Bagian ini biasanya terhubung dengan Logic Controller yang memungkinkan operator untuk berinteraksi dan memberikan input yang diinginkan.

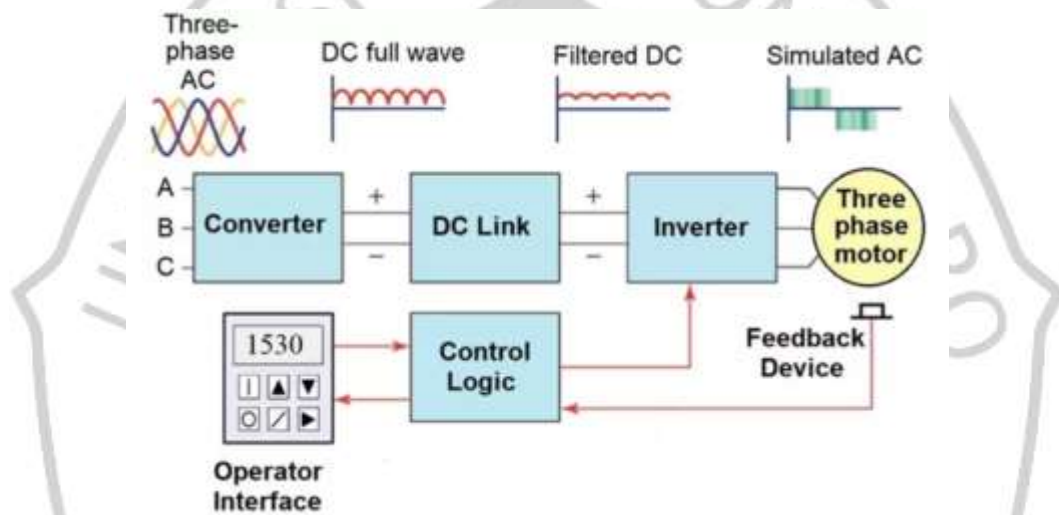
4) *User Interface*

Untuk memperoleh penggunaan energi yang optimal, user interface diperlukan untuk mengatur konfigurasi VSD, sehingga memungkinkan operator untuk melakukan input.

5) *Control Logic*

Nilai setting yang dimasukkan oleh operator kemudian diterjemahkan oleh control logic. Ini berupa software yang diperlukan VSD untuk berkomunikasi dengan User Interface dan alat pengirim feedback dari motor.

Gambar komponen sistem VSD bisa dilihat dalam Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4. Sistem *Variable Speed Drive*

(Sumber: Peraturan Menteri ESDM No. 7 Tahun 2021)

2.4 SISTEM POMPA

Sistem pompa dalam operasional terminal penyimpanan BBM merupakan alat utama yang digunakan untuk pemindahan produk dari satu tangki ke tangki lainnya, maupun untuk mengirimkan produk ke customer. Sehingga peran system pompa di dalam terminal penyimpanan BBM sangat penting bahkan menjadi alat utama operasional. Sistem pompa dalam setiap terminal penyimpanan BBM secara umum sebagai berikut :

a) **Pompa Transfer Produk**

Pompa yang digunakan untuk mentransfer produk dari tangki penyimpanan ke konsumen. Jenis pompanya akan tergantung dari *flowrate* yang diinginkan dan *head* yang dibutuhkan. Umumnya adalah pompa sentrifugal, dengan sebagian kecil adalah *gear pump*.

b) Pompa Intertank Transfer

Pompa untuk transfer antar-tangki di dalam fasilitas terminal. Proses intertank ini membutuhkan pompa dengan *flowrate* besar dan *head* yang kecil, sehingga biasanya dipilih pompa sentrifugal.

c) Pompa Stripping

Adalah pompa yang digunakan untuk memindahkan produk yang tersisa (*dead stock*) yang tidak bisa dipompa menggunakan pompa transfer maupun intertank. Sehingga dibutuhkan pompa dengan NPSH yang kecil, *flowrate* kecil, dan punya toleransi terhadap kavitasi maupun adanya kontaminan berupa lumpur maupun padatan kecil. Sehingga yang biasa digunakan adalah pompa *positive displacement pump* dengan tipe *gear pump* atau *progressive cavity pump*.

d) Pompa Water Draw Off (WDO)

Untuk mengeluarkan *impurities* berupa air yang akan selalu ada di setiap produk minyak yang disimpan di tangki, maka dibutuhkan Pompa *Water draw off* (WDO). Air akan selalu berada didasar tangki, karena berat jenis air lebih berat dari minyak, dan air tidak bercampur dengan minyak. Air bisa masuk ke tangki karena kondensasi udara, kebocoran atap tangka saat hujan, maupun karena dibawa oleh produk minyak itu sendiri sebagai air terlarut. Karena jumlah air kontaminan ini biasanya sedikit, maka pompa WDO biasanya berkapasitas kecil antara 5 – 20 kL/jam, dan berjenis *gear pump* atau *progressive cavity pump*. (*Process Design Basis*, 2015)

Selain pompa-pompa diatas, di terminal penyimpanan BBM ada juga pompa-pompa utilitas, *waste water treatment* dan pompa untuk air pemadam kebakaran. Pompa utilitas biasanya digunakan untuk pemompaan air baku ke titik titik yang diperlukan di Lokasi terminal seperti untuk *eye wash* dan *shower* atau untuk memompa air ke kantor untuk keperluan sanitasi dan MCK. Sedang pompa untuk

waste water treatment digunakan untuk memindahkan limbah cair terkontaminasi minyak untuk diproses pemisahannya untuk mendapatkan limbah cair yang memenuhi baku mutu sebelum dibuang ke titik akhir pembuangan. Pompa-pompa utilitas dan *waste water treatment* ini biasanya adalah pompa sentrifugal karena fluida kerjanya adalah air. Sedang pompa *fire water* (air pemadam kebakaran) biasanya bukan menggunakan listrik dari suplai operasional tetapi menggunakan tenaga diesel karena dalam kondisi darurat kebakaran biasanya listrik harus dimatikan.

Secara prinsip operasinya pompa adalah memberikan perbedaan tekanan antara bagian *suction* (hisap) dan bagian *discharge* (tekan) dengan mentransfer energi mekanis dari suatu sumber energi luar (motor listrik, motor bensin/diesel ataupun turbin dll.) untuk dipindahkan ke fluida kerja yang dilayani. Dengan demikian pompa menaikkan energi cairan yang dilayani sehingga cairan tersebut dapat mengalir dari suatu tempat yang bertekanan rendah ke tempat yang bertekanan tinggi.

2.5 BANGUNAN GEDUNG KANTOR

Selain pompa, pengguna Listrik yang paling dominan pada terminal penyimpanan BBM adalah kantor, yaitu untuk system pendinginan (*Air Conditioning*), lampu, maupun peralatan elektronik lainnya seperti mesin fotokopi, computer, alarm, CCTV, *Uninterruptible Power Supply* (UPS), monitor serta panel-panel control di *control room*.

Dalam konteks penggunaan energi ini maka terdapat sejumlah pembanding (*benchmark*) mulai dari *Best Practices* yang berlaku pada bangunan gedung secara global. Pengetahuan terhadap tingkat konsumsi energi ini tentunya memegang peranan penting dalam mengevaluasi biaya pemakaian energi secara umum terutama dalam kondisi saat ini dimana harga pemakaian listrik semakin meningkat.

Indikator utama penghematan energi di sebuah gedung umumnya menggunakan Intensitas Konsumsi Energi (IKE). IKE menunjukkan besarnya konsumsi energi (kWh) per meter persegi (m²) setiap bulan. Angka IKE

(kWh/m²/bulan) diperoleh dengan membagi jumlah kWh penggunaan listrik selama sebulan dengan luas bangunan yang digunakan.

Tabel 2.2. Standar Intensitas Konsumsi Energi untuk Gedung Kantor

Kriteria	Gedung Kantor Ber-AC (kWh/m ² /bulan)	Gedung Kantor Tanpa AC (kWh/m ² /bulan)
Sangat Efisien	<8,5	<3,4
Efisien	8,5-14	3,4-5,6
Cukup Efisien	14-18,5	5,6-7,4
Boros	>18,5	>7,4

Sumber: PerMen ESDM No. 13 Tahun 2012

Standar IKE yang digunakan sebagai rujukan tingkat penggunaan energi gedung dapat berbeda-beda, dipengaruhi oleh pendekatan analisa dan sampel gedung yang diambil dalam proses perumusan standar tersebut. Nilai IKE Standar di Indonesia yang ditetapkan dalam Permen ESDM no.13 tahun 2012 tercantum dalam Tabel.2.2. Nilai IKE juga bersifat dinamis dan sewaktu-waktu dapat berubah (berdasarkan hasil penelitian terbaru) mengikuti perkembangan teknologi peralatan hemat energi dan mengikuti tingkat kesadaran hemat energi pegawai (pengguna gedung).

Berdasarkan karakteristik termalnya, konstruksi selubung bangunan dapat dikelompokkan dalam dua kategori utama: konstruksi dinding tirai (*curtain wall*) dan konstruksi dinding bata-jendela. Konstruksi dinding tirai, apakah sepenuhnya kaca atau kombinasi kaca dan panel (misalnya panel komposit aluminium) sangat umum diterapkan pada bangunan kantor dan apartemen. Jenis bangunan lainnya, terutama bangunan tingkat rendah, cenderung menggunakan konstruksi dinding bata-jendela.

Beberapa dasar perhitungan yang terkait dengan kegiatan audit energi bangunan gedung adalah:

2.5.1 Sistem Pengkondisian Udara

Sistem pengkondisian udara adalah merupakan salah satu kebutuhan yang tidak dapat dipisahkan dari suatu bangunan. Peralatan AC digunakan di beberapa ruang

kerja berfungsi untuk memberikan tingkat kenyamanan temperatur dan kelembaban ruangan.

Kriteria kenyamanan pada sistem pengkondisian udara menurut SNI 6390-2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Tata Udara untuk nilai kenyamanan thermal pada ruangan secara optimal berkisar pada temperatur efektif **23°C-27°C** dengan nilai intensitas AC sebesar 35 Watt/m². Untuk ruang transit seperti lobi atau koridor nilai kenyamanan thermalnya dapat diizinkan berkisar **27°C-30°C**. Untuk ruang kerja dianjurkan memiliki kelembaban sekitar **55%-65%** tetapi untuk ruangan yang jumlah orangnya padat seperti ruang kerja/pertemuan kelembaban relatif masih diperbolehkan berkisar antara **50%-70%**. Pergerakan udara (kecepatan udara untuk mempertahankan kondisi nyaman, kecepatan udara yang jatuh di atas kepala tidak lebih besar dari 0,25 m/detik dan sebaiknya lebih kecil dari 0,15 m/detik.

Adapun beberapa dasar perhitungan yang terkait dengan sistem refrigerasi adalah Persamaan (2.3) hingga Persamaan (2.11) berikut :

- a) *Coefficient of Performance* (COP) atau koefisiensi prestasi siklus keseluruhan:

$$\begin{aligned} \text{COP} &= \text{efek refrigerasi/daya kompresor} \\ &= (h_1 - h_4) / (h_2 - h_1) \end{aligned} \quad (2.3)$$

- b) Daya refrigerasi siklus:

$$P_{\text{ref}} = 3,516 / \text{COP} \dots\dots\dots (\text{kW/TR}) \quad (2.4)$$

- c) Laju aliran massa refrigerant untuk setiap 1 ton refrigerasi:

$$Q_{\text{desain}} = k \times \sqrt{PD_{\text{desain}}} \quad (2.5)$$

dimana:

Q_{desain} = laju aliran desain (GPM)

PD_{desain} = penurunan tekanan

k = konstanta

Untuk evaporator:

$$k = \frac{Q_{\text{desain}}}{\sqrt{PD_{\text{desain}}}}$$

$$Q_{aktual} = k \times \sqrt{PD_{aktual}} \quad (2.6)$$

Kalor yang dilepas air pada evaporator:

$$GPM = \frac{TR \times 24}{\Delta T}$$

$$TR = \frac{GPM \times \Delta T}{24} \quad (2.7)$$

Untuk kondensor:

$$k = \frac{Q_{desain}}{\sqrt{PD_{desain}}}$$

$$Q_{aktual} = k \times \sqrt{PD_{aktual}} \quad (2.8)$$

Kalor yang dilepas air pada kondensor:

$$GPM = \frac{Q_{cond.} \times 30}{\Delta T}$$

$$Q_{cond.} = \frac{GPM \times \Delta T}{30} \quad (2.9)$$

d) Kerja yang dilakukan kompresor dengan proses kompresi isentropic:

$$W_{comp.} = h_2 - h_1 \quad (2.10)$$

e) Daya yang dibutuhkan kompresor untuk siklus refrigerasi:

$$P_{comp.} = m_r \cdot (h_2 - h_1) \quad (2.11)$$

2.5.2 Sistem Pencahayaan

Kebutuhan penerangan suatu ruangan merupakan suatu kebutuhan kondisi kenyamanan kerja di dalam aktivitas Perusahaan. Sistem penerangan memberikan kontribusi pembebanan listrik yang cukup besar setelah peralatan AC pada suatu Perusahaan. Sistem penerangan pada ruang kerja di suatu bangunan/gedung kantor sebaiknya disesuaikan dengan kebutuhan tingkat kenyamanan dan jenis pekerjaan yang dilakukan di dalam ruang kerja. Oleh karena itu, untuk meningkatkan tingkat

kenyamanan ruang kerja pada sistem penerangan maka diperlukan di desain sistem penerangan yang hemat energi listrik tanpa mengurangi tingkat nyaman kerja.

Pada umumnya, sistem tata cahaya pada bangunan gedung menempati urutan kedua dalam mengkonsumsi energi listrik. Pada bangunan gedung kantor, pencahayaan banyak digunakan untuk area ruang kerja, lorong-lorong dan lobby/ruang tamu sehingga pencahayaannya lebih terdistribusi. Perencanaan pencahayaan gedung yang hemat energi akan lebih baik dilakukan sebelum bangunan berdiri karena sifatnya yang terdistribusi sehingga mempengaruhi area yang luas dari tempat lampunya berada.

Perubahan sistem pencahayaan atau *retrofitting* setelah bangunan berdiri akan memberatkan biaya perubahan langit-langit dari ruangan yang diperbaiki. Untuk mendapatkan pencahayaan dalam ruangan yang optimal diperlukan pemilihan jenis lampu yang hemat energi sesuai dengan peruntukkan ruangan serta pemilihan armatur yang efektif dalam merefleksikan cahaya ke bawah.

Penentuan jenis warna dinding serta letak tinggi dari armatur juga sangat menentukan tingkat pencahayaan yang sampai ke bidang yang akan diterangi. Tingkat terang ini akan menentukan berapa banyak jumlah lampu dan daya masing-masing lampu yang diperlukan. Pencahayaan ruangan yang hemat energi ditentukan juga oleh efisiensi lampu yang ditandai dengan parameter lumen per Watt.

Untuk penerangan publik yang menggunakan jenis lampu *fluorescent*, penggunaan ballast elektronik akan lebih mengurangi daya listrik yang dibutuhkan untuk pencahayaan dalam ruangan. Indonesia adalah salah satu negara tropis yang memiliki cahaya matahari yang melimpah sepanjang tahun. Sumber cahaya yang gratis dan murah ini tidak secara optimal dimanfaatkan sebagai sumber cahaya penerangan alami siang hari. Ada kekhawatiran bahwa penggunaan cahaya alami ini akan menambah beban AC gedung. Sebenarnya hal itu tidak beralasan selama cahaya alami yang dimanfaatkan itu adalah cahaya pantulan dan bukan cahaya langsung. Cahaya pantulan memiliki panjang gelombang yang tinggi sementara cahaya langsung masih mengandung spektrum yang memiliki panjang gelombang rendah. Spektrum dengan panjang gelombang rendah ini akan menimbulkan efek

rumah kaca sementara cahaya pantulan tidak menimbulkan efek rumah kaca dan menjadi beban pendinginan AC yang rendah.

Ada beberapa persyaratan dasar yang harus dipenuhi pada suatu desain sistem penerangan yang memiliki efisien pemakaian listriknya yaitu:

- a) Penetapan intensitas cahaya yang disesuaikan dengan jenis pekerjaan yang dilakukan
- b) Pemakaian sumber cahaya paling efisien untuk menghasilkan intensitas pencahayaan tersebut
- c) Pemusatan cahaya hanya pada tempat dimana tugas tertentu sedang dilakukan
- d) Membatasi pemakaian cahaya hanya di daerah dimana tugas tertentu sedang dilakukan.

Dengan persyaratan dasar sistem pencahayaan ini, maka sering kali merasa terpaksa untuk disesuaikan dengan jenis pekerjaan disuatu ruangan tertentu, sedangkan pekerja yang berada di ruangan tersebut pun beraktivitas di sekitar atau dalam ruang tempat kerjanya.

Suatu penerangan kantor harus memenuhi standar penerangan yang tertera pada SNI 6197:2020 tentang konservasi energi pada sistem pencahayaan. Untuk bangunan gedung kantor dijelaskan bahwa standar kenyamanan bangunan gedung adalah sebagaimana dalam Tabel 2.3. berikut ;

Tabel 2.3. Standar Kenyamanan Sistem Penerangan

Ruangan	Intensitas pencahayaan [Watt/m ²]	Tingkat Pencahayaan [Lux]
Ruang resepsionis	7,97	300
Ruang direktur	7,53	350
Ruang kerja	7,53	350
Ruang komputer	7,53	150
Ruang rapat	7,53	300
Gudang arsip	15	150
Ruang arsip aktif	3,88	350
Ruang tangga darurat	5,49	100

Ruang parkir	5,27	100
Ruang tunggu	7,64	200
Dapur	7,53	250

Sumber: SNI 6197:2020 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan

Best practice untuk penerangan pada ruang kerja yang dapat dipergunakan adalah dengan sebesar 9 Watt/m² dengan tingkat pencahayaan 350 Lux serta armatur, jenis lampu dan kondisi ruangan terang dan baik.

Agar masalah penerangan yang muncul dapat ditangani dengan baik, faktor-faktor yang harus diperhitungkan adalah: sumber penerangan, pekerja dalam melakukan pekerjaannya, jenis pekerjaan yang dilakukan dan lingkungan kerja secara keseluruhan.

Lumener sangat membantu dalam pengoptimalan penggunaan cahaya lampu dengan lumener pendistribusian cahaya lebih terarah. Pendistribusian cahaya lumener tergantung pada konstruksi lumener dan sumber cahaya yang digunakan. Penempatan lumener yang sesuai pada ruangan sangat berpengaruh terhadap efisiensi pencahayaan yang dihasilkan.

Intensitas pencahayaan ditentukan di tempat mana kegiatan dilakukan. Umumnya bidang kerja diambil sekitar 80 cm di atas lantai. Bidang kerja dapat berupa meja atau bidang horisontal lainnya. Intensitas pencahayaan (E) dinyatakan dalam satuan lux atau lumen/m². Jadi flux cahaya yang diperlukan untuk bidang kerja bisa dihitung menggunakan Persamaan 2.12. yaitu :

$$F = E.A \text{ (lumen)} \quad (2.12)$$

dimana:

F = Flux Cahaya (lumen)

E = Intensitas Pencahayaan (Lux)

A = Luas Bidang Kerja (m²)