

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Bangunan Hijau (*Green Building*)

Bangunan hijau menurut *World Green Building Council* (2016) adalah bangunan yang pada desain, konstruksi atau penggunaannya bisa mengurangi atau menghilangkan dampak negatif dari kerusakan lingkungan alam sehingga bisa menciptakan dampak positif bagi iklim dan lingkungan alam.

Pada umumnya, bangunan hijau mengutamakan desain dari hal-hal sebagai berikut (Ruhenda et al., 2016):

1. Penerapan efisiensi energi.
2. Penerapan sistem tata udara alami untuk membuat udara yang bersih dan sehat.
3. Pemakaian bahan bangunan yang meminimalkan pemakaian *Volatile Organic Compounds* (VOCs).
4. Pemakaian material dan sumber daya berkelanjutan sehingga menghasilkan dampak lingkungan yang minimal.
5. Penerapan efisiensi penggunaan air.

Secara umum terdapat tiga elemen utama yang harus dipertimbangkan dalam *green building*, yaitu *Life Cycle Assessment*, Efisiensi Desain Struktur dan Efisiensi Energi. (Ruhenda et al., 2016):

2.2 Sejarah Bangunan Hijau

Pada tanggal 3-14 Juni tahun 1992 di Rio de Janeiro, Brasil diadakan Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Bumi yang membicarakan tentang isu-isu lingkungan, kesulitan air, energi alternatif dan pembangunan sebagai upaya untuk

menyelamatkan bumi dari kerusakan lingkungan berskala global. Konferensi ini dihadiri oleh 178 negara termasuk Indonesia untuk menyetujui pelaksanaan konsep *Environmentally Sound and Sustainable Development* atau Pembangunan Berkelanjutan yang Berwawasan Lingkungan. (Maulana, 2019)

Bangunan hijau berawal dari struktur konvensi kerja PBB tentang perubahan iklim (*climate change*) terinspirasi dari *Kyoto Protocol* dan negara yang tergabung dalam *Annex I (Developed Country)* mempunyai kewajiban untuk memberi batas atau mengurangi emisi gas rumah kaca (Ristonosgreen, 2016).

2.3 Peran Pemerintah dan Non Pemerintah dalam Penerapan Bangunan Hijau

Penerapan konsep bangunan hijau dapat dilakukan dengan baik apabila suatu wilayah memiliki peraturan dan standar mengenai konsep bangunan hijau dimana dalam pembuatan peraturan dan standar tersebut dibutuhkan peran serta dari pemerintah maupun lembaga non pemerintah.

2.3.1 Peran Pemerintah

Pemerintah ikut berkontribusi dalam menerapkan konsep bangunan hijau dengan mengeluarkan kebijakan yang mendukung bergeraknya konsep bangunan hijau. Beberapa kebijakan antara lain (Ruhenda et al., 2016):

1. UU No. 28/2002 Tentang Bangunan
2. UU No. 30/2007 Tentang Energi
3. Pergub DKI Jakarta No. 38/2012 Tentang Bangunan Hijau
4. Peraturan Walikota Bandung No. 1023/2016 Tentang Bangunan Gedung Hijau
5. Peraturan Menteri PUPR Republik Indonesia No. 02/PRT/M/2015 Tentang Bangunan Gedung Hijau

2.3.2 Peran Non Pemerintah

Di Indonesia terdapat lembaga mandiri (*non government*) mengenai bangunan hijau yaitu *Green Building Council Indonesia* (GBCI) yang didirikan pada tahun 2009 dan merupakan anggota dari *World Green Building Council* (WGBC).

Green Building Council Indonesia (GBCI) mempunyai 4 aktifitas primer, yaitu perubahan pasar, pelatihan, sertifikasi bangunan hijau berdasarkan sistem rating Indonesia yaitu *Greenship*, dan program kerjasama dengan *stakeholder* (Green Building Council Indonesia, 2010).

2.4 Sistem Rating Bangunan Hijau

Dirancangnya suatu sistem rating untuk menilai dan mengevaluasi kinerja dari keseluruhan bangunan atau sebagian mulai dari tingkat perencanaan, konstruksi dan proses.

Tabel 2.1 Sistem Standar Penilaian Bangunan Hijau di Beberapa Negara

Sumber : (Nababan, 2019)

Negara	Standar Penilaian
Afrika Selatan	Green Star SA
Amerika Serikat	LEED/Green Globes
Australia	Green Star
Belanda	BREEAM Netherlands
Brasil	LEED Brasil/AQUA
China	GB ES (GB Evaluation Standard for Green Building)
Filipina	BERDE
Finlandia	PromisE
Hong Kong	HKBEAM
India	IGBC Rating System & LEED India
Indonesia	<i>Greenship</i>
Israel	<i>Greenship</i>
Italia	Protocollo Itaca
Jepang	CASBEE
Jerman	DGNB
Kanada	LEED/Green Globes
Korea Selatan	GBS (Green Building System)
Malaysia	GBI (Green Building Index)
Meksiko	CMES
Perancis	Care & Bio, Chantier Carbone, HQE
Portugal	LiderA
Selandia Baru	Green Start NZ
Singapura	Green Mark
Spanyol	VERDE
Swiss	Minergie
Taiwan	EEWH
Uni Emirat Arab	Pearls Rating System
United Kingdom	BREEAM

2.5 Sistem Rating *Greenship*

Sistem rating bangunan hijau di Indonesia diberi nama *Greenship* yang dirancang oleh *Green Building Council Indonesia* (GBCI) untuk mengetahui suatu bangunan tersebut dapat dikatakan layak bersertifikat “bangunan hijau” atau belum.

Greenship terbagi atas enam aspek yaitu (Green Building Council Indonesia, 2010):

1. Tepat Guna Lahan (ASD)
2. Konservasi dan Efisiensi Energi (EEC)
3. Konservasi Air (WAC)
4. Sumber dan Daur Ulang Material (MRC)
5. Kenyamanan dan Kesehatan dalam Ruangan (IHC)
6. Manajemen Lingkungan Bangunan (BEM)

Jenis *Greenship* yang diterbitkan oleh *Green Building Council Indonesia* (GBCI), yaitu:

1. Bangunan baru (*New Building/NB*)
2. Bangunan terbangun (*Existing Building/EB*)
3. *Interior Space*
4. *Homes*
5. *Neighbourhood*

Setiap jenis *Greenship* memiliki 4 peringkat yaitu *platinum*, *gold*, *silver* dan *bronze*. Pada bangunan terbangun (*existing building*) yang paling di prioritaskan adalah pemakaian sumber energi seperti konsumsi energi listrik dan air.

2.5.1 Greenship untuk Bangunan Terbangun (*Existing Building/EB*)

Pada bangunan terbangun syarat minimal *Greenship* dapat digunakan adalah pada bangunan yang minimal telah beroperasi selama 1 tahun setelah pembangunan gedung selesai dibangun. Pada sistem penilaian bangunan hijau untuk bangunan terbangun terdapat beberapa kriteria yang ditampilkan pada *Greenship Existing Building* (EB) versi 1.1. (Green Building Council Indonesia, 2013)

Tabel 2.2 Kriteria Penilaian Pada *Greenship Existing Building*Sumber: (*Green Building Council Indonesia, 2016*)

Kategori	Poin			Persentase (%)
	Persyarat	Kredit	Bonus	
ASD	2	16	-	13,68
EEC	2	36	8	30,77
WAC	1	20	2	17,09
MRC	3	12	-	17,09
IHC	1	20	-	10,26
BEM	1	13	-	11,11
TOTAL	10	117	10	100

2.6 Efisiensi Energi dan Konservasi (EEC)

Efisiensi energi dan konservasi energi mempunyai definisi yang berbeda. Efisiensi energi berpusat pada peralatan atau mesin yang mengkonsumsi energi. Contohnya menggunakan lampu LED atau lampu CFL, dibandingkan menggunakan lampu pijar atau merkuri, mengganti peralatan lama dengan model baru yang lebih efisien, dan lain-lain. (Azahra, 2018)

Konservasi energi difokuskan pada perilaku manusia dalam penggunaan energi. Perilaku sederhana pada konservasi energi, yaitu mematikan, mencabut dan mengatur penggunaan energi listrik. (Azahra, 2018)

Aspek Konservasi dan Efisiensi Energi (EEC) memiliki peranan penting untuk pengelolaan hemat energi pada bangunan untuk menciptakan bangunan yang ramah lingkungan.

Tabel 2.3 Perangkat Penilaian *Greenship Existing Building*
 Sumber: (*Green Building Council Indonesia, 2016*)

Kode	Perangkat Penilaian <i>Greenship Existing Building</i>	Penilaian	
		Nilai	Nilai Maks
EEC 1	<i>Optimized Efficiency Building Energy Performance</i>		16
1A	Apabila IKE listrik gedung di atas IKE listrik standar acuan dan lebih kecil sama dengan 120% IKE listrik gedung dalam 6 bulan terakhir, maka setiap 5% penurunan akan mendapat 1 poin tambahan sampai maksimal 8 poin. *	4-8	
1B	Apabila IKE listrik gedung menunjukkan nilai di bawah IKE listrik standar acuan dalam 6 bulan terakhir, maka setiap 3% penurunan akan mendapat 1 poin tambahan sampai maksimal 16 poin. *aktu 6 bulan terakhir mendapat 1 poin dengan maksimal 3 poin. *	9-16	
	Atau		
2	Apabila IKE listrik gedung lebih dari 120% IKE listrik standar acuan, maka setiap penurunan 10% dalam kurun waktu 6 bulan terakhir mendapatkan 1 poin dengan maksimal 3 poin. *	1-3	
EEC 3	<i>System Energy Performance</i>		12
	EEC 3-1 <i>Lighting Control</i>	2	
1	Melakukan penghematan konsumsi energi pada daya pencahayaan ruangan, lebih hemat 20% dari daya pencahayaan yang tercantum dalam SNI 03 6197-2000 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan*.	1	
	Lingkup: Tolok ukur ini hanya bisa diperoleh, bila memenuhi IHC 6 Visual Comfort.		
2A	Menggunakan minimum 50% <i>Ballast</i> frekuensi tinggi (elektronik) dan/atau LED pada ruang kerja umum	1	
	Atau		

Kode	Perangkat Penilaian <i>GreenShip Existing Building</i>	Penilaian																									
		Nilai	Nilai Maks																								
	Menggunakan minimum 80% <i>Ballast</i> frekuensi tinggi (elektronik) dan/atau LED pada ruang kerja umum	2																									
IHC 6	<i>Visual Comfort</i>																										
	Hasil pengukuran menunjukkan tingkat pencahayaan (iluminasi) di setiap ruang kerja sesuai dengan SNI03- 6197-2000 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan*.																										
	EEC 3-2 <i>Mechanical Ventilation Air Conditioning (MVAC)</i>	10																									
	Melakukan efisiensi peralatan yang memakai sistem AC yang dioperasikan menggunakan listrik, maka efisiensi minimumnya menurut GBCI beserta usaha penghematannya adalah sebagai berikut: <table border="1" data-bbox="480 869 1118 1384"> <thead> <tr> <th>Sistem AC</th> <th>Jenis Peralatan</th> <th>Efisiensi Minimum (kW/TR)</th> <th>Setiap usaha Penghematan mendapat 2 poin*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Water coolLED</i></td> <td><i>Recip/screw chiller</i></td> <td>0.881</td> <td>0.03</td> </tr> <tr> <td></td> <td><i>Centrifugal chiller</i></td> <td>0.656</td> <td>0.03</td> </tr> <tr> <td><i>AircoolLED</i></td> <td><i>Recip/screw chiller</i></td> <td>1.270</td> <td>0.05</td> </tr> <tr> <td><i>Unitary</i></td> <td><i>Split</i></td> <td>1.436</td> <td>0.02</td> </tr> <tr> <td></td> <td>VRV</td> <td>1.034</td> <td>0.03</td> </tr> </tbody> </table>	Sistem AC	Jenis Peralatan	Efisiensi Minimum (kW/TR)	Setiap usaha Penghematan mendapat 2 poin*	<i>Water coolLED</i>	<i>Recip/screw chiller</i>	0.881	0.03		<i>Centrifugal chiller</i>	0.656	0.03	<i>AircoolLED</i>	<i>Recip/screw chiller</i>	1.270	0.05	<i>Unitary</i>	<i>Split</i>	1.436	0.02		VRV	1.034	0.03	2-10	
Sistem AC	Jenis Peralatan	Efisiensi Minimum (kW/TR)	Setiap usaha Penghematan mendapat 2 poin*																								
<i>Water coolLED</i>	<i>Recip/screw chiller</i>	0.881	0.03																								
	<i>Centrifugal chiller</i>	0.656	0.03																								
<i>AircoolLED</i>	<i>Recip/screw chiller</i>	1.270	0.05																								
<i>Unitary</i>	<i>Split</i>	1.436	0.02																								
	VRV	1.034	0.03																								
	*Untuk setiap usaha penghematan dengan perbaikan efisiensi sebesar masing-masing angka “usaha penghematan” yang ditentukan, maka akan mendapat 2 poin dengan maksimal sebesar 10 poin.																										
	Catatan: pembuktian dilakukan dengan menggunakan <i>Site Performance Test</i> yang aktual																										

2.7 Daya Listrik

Daya listrik merupakan tingkat konsumsi energi listrik pada sebuah sirkuit listrik. (Mulyadi et al., 2019) Terdapat tiga macam daya listrik dalam sistem tenaga listrik yaitu sebagai berikut:

2.7.1 Daya Aktif

Daya aktif adalah daya nyata yang dihasilkan dari perkalian daya semu dengan faktor daya ($\cos\phi$) (Setiaji et al., 2022). Satuan dari daya aktif adalah Watt (W).

Persamaan dari daya aktif adalah:

$$\text{Untuk sistem 1 fasa: } P = V_{LN} \times I_L \cos \phi \quad (2.1)$$

$$\text{Untuk sistem 3 fasa: } P = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_L \cos \phi \quad (2.2)$$

Dimana:

P = Daya Aktif (Watt)

V_{LN} = Tegangan *Line to Netral* (Volt)

V_{LL} = Tegangan *Line to Line* (Volt)

I_L = Arus *Line* (Ampere)

$\cos \phi$ = Faktor Daya

2.7.2 Daya Semu

Daya yang dihasilkan dari perkalian antara tegangan dan arus pada suatu jaringan disebut Daya Semu dan VA (*volt ampere*) merupakan satuan dari daya semu (Setiaji et al., 2022).

Persamaan dari daya semu adalah:

$$\text{Untuk sistem 1 fasa: } S = V_{LN} \times I_L \quad (2.3)$$

$$\text{Untuk sistem 3 fasa: } S = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_L \quad (2.4)$$

Dimana:

S = Daya Semu (VA)

V_{LN} = Tegangan *Line to Netral* (Volt)

V_{LL} = Tegangan *Line to Line* (Volt)

I_L = Arus *Line* (Ampere)

2.7.3 Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk pembentukan medan magnet. Kemudian akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah lampu pijar, motor, trafo dan lain-lain. (Belly et al., 2010) Satuan dari daya reaktif adalah *volt ampere reactive* (Var).

Persamaan dari daya reaktif adalah:

$$\text{Untuk sistem 1 fasa: } Q = V_{LN} \times I_L \sin \varphi \quad (2.5)$$

$$\text{Untuk sistem 3 fasa: } Q = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_L \sin \varphi \quad (2.6)$$

Dimana:

Q = Daya Reaktif (VAr)

V_{LN} = Tegangan *Line to Netral* (Volt)

V_{LL} = Tegangan *Line to Line* (Volt)

I_L = Arus *Line* (Ampere)

2.7.4 Pemakaian Daya Aktif dan Daya Reaktif Pelanggan

Perusahaan satu-satunya dalam jasa penyedia listrik adalah PT. PLN (Persero) yang menjual berupa KWh dan KVARh. KWh adalah daya aktif (energi nyata) yang dipakai oleh pelanggan. Sedangkan KVARh adalah daya reaktif yang dihitung dalam tagihan listrik bulanan pelanggan tarif industri, bisnis 3, sosial, pemerintahan dan T/TM, karena pelanggan menggunakan *stand* meter listrik 3 fasa yang menghitung WBP (Waktu Beban Puncak) dan LWBP (Luar Waktu Beban Puncak). (Kartikaningtyas & Ariyanto, 2015)

Untuk menghitung pemakaian daya aktif (nyata) dan daya reaktif pelanggan dengan menggunakan metode kuintasi tagihan listrik PLN seperti berikut (Fauzyah et al., 2020):

$$P_{\text{tagihan}} = (\text{Stand Akhir} - \text{Stand Awal}) \times \text{Faktor Kali Meter} \quad (2.7)$$

$$Q_{\text{tagihan}} = (\text{Stand Akhir} - \text{Stand Awal}) \times \text{Faktor Kali Meter} \quad (2.8)$$

Dimana:

$$\text{Stand Awal} = \text{LWBP Awal} + \text{WBP Awal} \quad (2.9)$$

$$\text{Stand Akhir} = \text{LWBP Akhir} + \text{WBP Akhir} \quad (2.10)$$

Setelah didapatkan nilai P_{tagihan} dan Q_{tagihan} dilanjutkan ke perhitungan daya aktif (kW) dan daya reaktif (kVAr).

$$P = \frac{P_{\text{Tagihan}}}{\text{Jam Nyala} \times \text{Jumlah Hari}} \quad (2.11)$$

$$Q = \frac{Q_{\text{Tagihan}}}{\text{Jam Nyala} \times \text{Jumlah Hari}} \quad (2.12)$$

Keterangan:

P_{tagihan} : Penggunaan kWh Pelanggan selama Sebulan

Q_{tagihan} : Penggunaan kVArh Pelanggan selama Sebulan

2.8 Audit Energi

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 70/2009 Tentang Konservasi Energi, audit energi merupakan proses penilaian terhadap pemanfaatan energi dan mengidentifikasi peluang penghematan energi dan saran akan peningkatan efisiensi terhadap pengguna energi dalam rangka konservasi energi.

Untuk menghitung besarnya tingkat konsumsi energi pada suatu gedung serta penghematannya adalah dengan audit energi (Untoro et al., 2014).

Berdasarkan SNI No 03-0196 2010 audit energi terbagi tiga jenis, yaitu:

2.8.1 Audit Energi awal atau Audit Energi Singkat

Meliputi pengumpulan data, data dokumentasi gedung, penelitian serta pengukuran singkat dan perhitungan intensitas konsumsi energi.

2.8.2 Audit Energi Terinci

Dilakukan apabila intensitas konsumsi energi melebihi dari standar yang ditentukan, melingkupi data dokumentasi gedung yang tersedia, pengumpulan data historis, penelitian dan pengukuran detail, perhitungan intensitas konsumsi energi dan analisis peluang penghematan energi.

2.9 Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

IKE merupakan besar energi yang dikonsumsi oleh suatu gedung perluas daerah yang dikondisikan satu bulan atau satu tahun. (Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 38 Tahun 2012 Tentang Bangunan Gedung Hijau, 2012) Satuan IKE adalah kWh/m² pertahun.

Dapat ditulis dengan menggunakan persamaan:

$$\text{IKE (kWh/m}^2\text{/tahun)} = \frac{\text{Konsumsi Energi Total (kWh)}}{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}} \quad (2.13)$$

Standar Intensitas Konsumsi Energi untuk berbagai tipe dan fungsi bangunan sebagai berikut:

Tabel 2.4 Standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Sumber: (Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomo 38 Tahun 2012
Tentang Bangunan Gedung Hijau, 2012)

Tipe Bangunan	Rentang IKE (kwh/m ² /tahun)			Waktu Operasi Acuan
	Batas Bawah	Acuan	Batas Atas	
Perkantoran	210	250	285	10 jam/hari, 5 hari/minggu, 52 minggu/th = 2600 jam/th
Hotel	290	350	400	24 jam/hari, 7 hari/minggu, 52 minggu/th = 8736 jam/th
Apartemen	300	350	400	24 jam/hari, 7 hari/minggu, 52 minggu/th = 8736 jam/th
Sekolah	195	235	265	8 jam/hari, 5 hari/minggu, 52 minggu/th = 2080 jam/th
Rumah Sakit	320	400	450	24 jam/hari, 7 hari/minggu, 52 minggu/th = 8736 jam/th
Pertokoan	350	450	500	12 jam/hari, 7 hari/minggu, 52 minggu/th = 4368 jam/th

2.10 Beban Listrik

Beban listrik merupakan peralatan yang menghubungkan ke sistem daya sehingga mengkonsumsi energi listrik (Jumadi & Tambunan, 2015).

2.10.1 Beban Sistem Penerangan

Terdapat tiga aspek dari sistem penerangan yaitu kualitas, kuantitas, dan efisiensi konsumsi energi listrik. (Irianto, 2006)

Terdapat dua sistem pencahayaan yaitu sistem pencahayaan alami dan sistem pencahayaan buatan. Sistem pencahayaan alami bersumber dari cahaya matahari sedangkan sistem pencahayaan buatan berasal dari cahaya lampu. Cahaya yang berlebihan membuat penglihatan menjadi tidak lebih baik. (Wisnu & Indarwanto, 2017)

Tabel 2.5 Standar Tingkat Pencahayaan

Sumber: (SNI 03-6197-2000. Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan, 2000)

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok Renderasi Warna
Rumah Tinggal:		
Teras	60	1 atau 2
Ruang Tamu	120 - 150	1 atau 2
Ruang Makan	120 - 250	1 atau 2
Ruang Kerja	120 - 250	1
Kamar Tidur	120 - 250	1 atau 2
Kamar Mandi	250	1 atau 2
Dapur	250	1 atau 2
Garasi	60	3 atau 4
Perkantoran:		
Ruang Direktur	350	1 atau 2
Ruang Kerja	350	1 atau 2
Ruang Komputer	350	1 atau 2
Ruang Rapat	300	1
Ruang Gambar	750	1 atau 2
Gudang Arsip	150	1 atau 2
Ruang Arsip Aktif	300	1 atau 2
Lembaga Pendidikan:		
Ruang Kelas	250	1 atau 2
Perpustakaan	300	1 atau 2
Laboratorium	500	1
Ruang Gambar	750	1
Kantin	200	1
Hotel dan Restoran:		
Lobi, Koridor	100	1
Ruang Serba Guna	200	1
Ruang Makan	250	1
Kafetaria	200	1

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok Renderasi Warna
Kamar Tidur	150	1 atau 2
Dapur	300	1
Rumah Sakit/Balai Pengobatan:		
Ruang Rawat Inap	250	1 atau 2
Ruang Operasi, Ruang Bersalin	300	1
Laboratorium	500	1 atau 2
Ruang Rekreasi dan Rehabilitasi	250	1
Pertokoan/Ruang Pamer:		
Ruang Pamer dengan Objek Berukuran Besar (misalnya mobil)	500	1
Toko Kue dan Makanan	250	1
Toko Bunga	250	1
Toko Buku dan Alat Tulis/ Gambar	300	1
Toko Perhiasan, Arloji	500	1
Toko Barang Kulit dan Sepatu	500	1
Toko Pakaian	500	1
Pasar Swalayan	500	1 atau 2
Toko Mainan	500	1
Toko Alat Listrik (TV, Radio/tape, Mesin Cuci dan lain-lain)	250	1 atau 2
Toko Alat Musik dan Olahraga	250	1
Industri (Umum):		
Gudang	100	3

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok Renderasi Warna
Pekerjaan Kasar	100 - 200	2 atau 3
Pekerjaan Menengah	200-500	1 atau 2
Pekerjaan Halus	500-1000	1
Pekerjaan Amat Halus	1000-2000	1
Pemeriksaan Warna	750	1
Rumah Ibadah:		
Mesjid	200	1 atau 2
Gereja	200	1 atau 2
Vihara	200	1 atau 2

Minimnya pencahayaan dalam suatu ruangan bisa berakibat terganggunya kegiatan dalam ruangan tersebut, seperti apabila cahaya yang dihasilkan terlalu berlebihan dapat mengakibatkan menyilaukan penglihatan. Maka dari itu intensitas pencahayaan perlu dikontrol untuk menghasilkan kebutuhan yang sesuai untuk penglihatan dalam ruang berdasarkan fungsi dari ruangan tersebut. (Fleta, 2021)

Dengan adanya Standar Nasional Indonesia Tentang Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan seperti yang tertera pada tabel 2.5 akan membuat pencahayaan memiliki kualitas dan kuantitas sehingga tidak membuat pencahayaan berlebih atau kurang.

Tabel 2.6 Daya Listrik Maksimum untuk Pencahayaan

Sumber: (SNI 03-6197-2000. Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan, 2000)

Lokasi	Daya Pencahayaan Maksimum (W/m²) (termasuk rugi-rugi balast)
Ruang Kantor	15
Auditorium	25
Pasar Swalayan	20
Hotel:	

Lokasi	Daya Pencahayaan Maksimum (W/m²) (termasuk rugi-rugi balast)
Kamar Tamu	17
Daerah Umum	20
Rumah Sakit:	
Ruang Pasien	15
Gudang	5
Kafeteria	10
Garasi	2
Restauran	25
Lobi	10
Tangga	10
Ruang Parkir	5
Ruang Perkumpulan	20
Industri	20
Pintu masuk dengan kanopi:	
Lalu lintas sibuk seperti hotel, bandara, teater.	30
Lalu lintas sedang seperti rumah sakit, kantor dan sekolah	15
Jalan dan lapangan:	
Tempat penimbunan atau tempat kerja	2,0
Tempat untuk santai seperti taman, tempat rekreasi dan tempat piknik	1,0
Jalan untuk kendaraan dan pejalan kaki	1,5
Tempat parkir	2,0

Selain tingkat pencahayaan, daya pencahayaan maksimum juga perlu di perhatikan supaya tidak terjadi pemborosan daya listrik. Daya listrik pencahayaan tidak boleh melebihi standar daya maksimum pencahayaan sesuai dengan fungsi ruangan tersebut seperti yang tertera pada tabel 2.6.

2.10.1.1 Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami adalah cahaya berasal dari sinar matahari. Pencahayaan alami harus dimanfaatkan sebaik-baiknya. Dengan menggunakan pencahayaan alami bisa mengurangi penggunaan energi listrik. (Fleta, 2021) Radiasi matahari yang masuk langsung harus dibuat seminimal mungkin agar tidak menghasilkan panas dan silau dalam ruangan. Pada malam hari atau pada saat cuaca yang kurang baik pencahayaan buatan sangat diperlukan.

Yang harus diperhatikan dalam pemakaian sinar matahari supaya memperoleh keuntungan yaitu dengan faktor-faktor sebagai berikut (Amin, 2011):

1. Variasi intensitas cahaya matahari.
2. Distribusi dari terangnya cahaya.
3. Efek dari lokasi, pemantulan cahaya.
4. Letak geografis dan kegunaan bangunan gedung

2.10.1.2 Pencahayaan buatan

Pencahayaan buatan dibuat karena kebutuhan manusia dalam melakukan kegiatan dimalam hari sehingga membutuhkan pencahayaan yang mencukupi. (Tanod et al., 2015)

Dalam melakukan penghematan energi pada penggunaan daya listrik untuk sistem pencahayaan buatan antara lain: menentukan nilai lux sesuai fungsi ruangan, menghitung jumlah fluks luminus (lumen) & jumlah lampu yang dibutuhkan, menentukan jenis lampu yang lebih efisien, menghitung jumlah daya pencahayaan terpasang, menentukan armatur, menentukan tata letak armatur, merancang sistem pengelompokkan penyalaan sesuai dengan letak lubang cahaya yang dapat dimasuki cahaya alami, merancang sistem pengendalian penyalaan yang dapat

memanfaatkan pencahayaan alami secara maksimal dalam ruangan. (Tanod et al., 2015)

2.10.1.3 Istilah Dan Definisi Dalam Pencahayaan

1. Luminasi

Pencahayaan (illuminasi) merupakan kerapatan cahaya dari suatu sumber cahaya. Intensitas cahaya adalah flux cahaya yang jatuh pada 1 m² dari bidang kerja atau permukaan lantai, dengan satuan lux (lx) dan dilambangkan dengan huruf E. Sehingga (Iksan et al., 2018):

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen per m}^2$$

Secara matematis dapat ditulis:

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (2.14)$$

Keterangan:

E = Intensitas pencahayaan (lux)

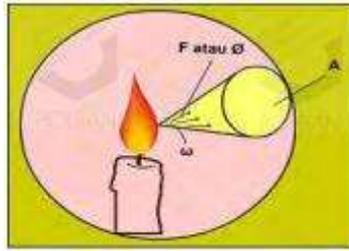
Φ = Flux cahaya (lumen)

A = Luas bidang yang diterangi (m²)

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan disebut sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja.

2. Fluks Cahaya

Banyaknya cahaya yang terpancar dari sumber cahaya disebut fluks cahaya. Satuan dari fluks cahaya adalah lumen dan dilambangkan dengan Φ . (Haryanto et al., 2020) Satu lumen merupakan fluks cahaya yang dipancarkan dalam 1 steradian dari sebuah sumber cahaya 1 cd pada permukaan bola dengan jari-jari R= 1m. (Abimanyu, 2014)



Gambar 2.1 Fluks Cahaya
Sumber: (Abimanyu, 2014)

3. Koefisien Pengguna

Menurut Standar Nasional Indonesia 03-6575-2001 koefisien pengguna adalah perbandingan antara fluks luminus yang jatuh di diantara bidang kerja terhadap keluaran cahaya yang dipancarkan oleh semua lampu.

Armatur akan menyerap sebagian dari cahaya yang dipancarkan oleh lampu. Cahaya tersebut dipancarkan sebagian ke atas dan sebagiannya lagi ke bawah. (SNI 03-6575-2001 Tentang Tata Cara Peranc. Sist. Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung, 2001)

Faktor yang mempengaruhi besarnya koefisien penggunaan adalah (SNI 03-6575-2001 Tentang Tata Cara Peranc. Sist. Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung, 2001):

- a. Distribusi intensitas cahaya dari armatur.
- b. Perbandingan antara keluaran cahaya dari armatur dengan keluaran cahaya dari lampu di dalam armatur.
- c. Reflektansi cahaya dari langit-langit, dinding dan lantai.
- d. Pemasangan armatur apakah menempel atau digantung pada langit-langit.
- e. Dimensi ruangan.

4. Koefisien Depresiasi

Perbandingan antara tingkat pencahayaan setelah jangka waktu tertentu dari instalasi pencahayaan yang digunakan terhadap tingkat pencahayaan dengan instalasi baru (SNI 03-6575-2001 Tentang Tata Cara Peranc. Sist. Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung, 2001).

Besarnya koefisien depresiasi dipengaruhi oleh (SNI 03-6575-2001 Tentang Tata Cara Peranc. Sist. Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung, 2001):

- a. Kebersihan dari lampu dan armatur.
- b. Kebersihan dari permukaan ruangan.
- c. Penurunan keluaran cahaya lampu selama waktu penggunaan.
- d. Penurunan keluaran cahaya lampu karena penurunan tegangan listrik

5. Jumlah Armatur yang Diperlukan untuk Memperoleh Tingkat Pencahayaan Tertentu

Armatur atau yang serikali disebut rumah lampu berfungsi untuk melindungi lampu serta peralatan pengendali alat-alat kelistrikan, terutama pada saat lampu dinyalakan (Admin, 2014).

Jenis-jenis armatur lampu yaitu (Mirzah et al., 2017):

a. *Indirect*

Armatur jenis ini lebih memanfaatkan langit-langit sebagai pemantul cahaya karena mengarahkan lebih dari 90% cahaya ke atas. Biasanya digunakan pada bidang yang memiliki daya reflektansi yang cukup besar. Keuntungannya tidak menimbulkan silau dan

bayangan sedangkan kerugiannya mengurangi efisien cahaya total yang jatuh pada permukaan kerja.

b. *Semi Indirect*

Armatur ini sama seperti armature *indirect* tetapi armatur jenis ini mengarahkan lebih dari 60% cahaya lampu ke atas dan mengarahkan 40% cahaya lampu ke bawah.

c. *Semi Direct*

Mengarahkan cahaya lampu yang sama nilainya ke arah atas dan bawah.

d. *Direct*

Armatur ini kebalikan dari armatur *indirect*. Armatur ini mengarahkan cahaya lampu ke arah bawah lebih dari 90%. Dalam mengatur pencahayaan jenis *direct* ini dinilai paling efektif, akan tetapi jenis ini bisa membuat silau yang dapat mengganggu serta menyebabkan bahaya, baik dari penyinaran langsung ataupun karena pantulan cahaya tersebut.

e. *Diffuse*

Jenis ini termasuk jenis *direct- indirect* karena memancarkan sebagian cahaya ke atas dan sebagian lagi ke bawah. Masalah bayangan dan kesilauan pada sistem ini masih dapat ditemukan.

Untuk menentukan jumlah armatur yang dibutuhkan, fluks luminos total perlu dihitung terlebih dahulu dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_{total} = \frac{EXA}{K_p X K_d} \text{ (lumen)} \quad (2.15)$$

Keterangan:

F_{total} = Fluks luminous total (lumen)

E = Tingkat pencahayaan rata-rata (lux)

A = Luas bidang kerja (m^2)

K_p = Koefisien pengguna

K_d = Koefisien depresi (penyusutan)

Jika sudah diperoleh nilai fluks luminous total kemudian masukan kedalam persamaan berikut:

$$N_{total} = \frac{F_{total}}{F_1 \times n} \quad (2.16)$$

Keterangan:

N_{total} = Total armatur

F_{total} = Fluks luminous total (lumen)

F_1 = Fluks luminus satu buah lampu (lumen)

n = Jumlah lampu dalam satu armatur

6. Ballast

Ballast berfungsi untuk mengatur arus yang melewati lampu (Syaifulhaq & Universitas Diponegoro, 2011). Terdapat dua jenis ballast yaitu:

a. Ballast Konvensional

Ballast konvensional adalah suatu kumparan dengan inti besi. Konstruksi ballast konvensional pada dasarnya sama dengan konstruksi trafo, hanya saja beda pada jumlah lilitan. Ballast konvensional memiliki 1 lilitan primer sedangkan trafo memiliki 2

lilitan primer dan sekunder. (Prof. Atmonobudi Soebagio et al., 2011)

b. Ballast Elektronik

Ballast elektronik adalah konverter elektronika daya untuk mensuplai *discharge lamp*. Manfaat dari ballast ini yaitu meningkatkan efisiensi lampu dan ballast secara keseluruhan, berkurangnya ukuran dan berat ballast, menambah umur lampu, dan meningkatkan kualitas penyinaran lampu serta untuk mengatur daya lampu. (Syaifulhaq & Universitas Diponegoro, 2011)

7. Efikasi

Efikasi adalah perbandingan besar cahaya (lumen) yang dihasilkan terhadap penggunaan daya (watt) (Palaloi, 2009). Perbandingan tingkat fluks cahaya dan besar daya pada lampu diperoleh berdasarkan persamaan (Haryanto et al., 2020):

$$K = \frac{\Phi}{P} \quad (2.17)$$

Keterangan:

K = Efikasi (lumen/watt)

Φ = Jumlah Fluks

P = Daya Listrik (watt)

8. *Efficacy* Beban Terpasang

Iluminasi/terang rata-rata yang dituju terhadap suatu bidang kerja yang datar per watt pada pencahayaan umum didalam ruangan yang dinyatakan dalam lux/W/m² (HaGe, 2008).

9. Lux

Lux merupakan satuan metrik ukuran cahaya pada suatu permukaan. Cahaya rata-rata yang diperoleh adalah rata-rata tingkat lux pada berbagai titik area yang sudah ditentukan. (HaGe, 2008)

10. Lumen

Lumen adalah satuan pengukuran untuk jumlah cahaya yang dihasilkan oleh sebuah sumber cahaya. Satuan lumen adalah satuan flux cahaya. (HaGe, 2008)

11. Indeks Radiasi Warna

Nilai indeks berkisar dari 0-100. Semakin tinggi nilai suatu indeks renderasi warna maka semakin baik kemampuan sumber cahaya tersebut untuk menunjukkan warna sebenarnya dari suatu objek (Yuniar et al., 2014).

Tabel 2.7 Pengelompokan Renderasi Warna

Sumber: (SNI 03-6197-2000. Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan, 2000)

Kelompok Renderasi Warna	Rentang Indeks Renderasi Warna (Ra)	Keterangan
1	$Ra > 85$	Renderasi Baik
2	$70 < Ra < 85$	Cukup
3	$40 < Ra < 70$	Dihindari
4	$Ra < 40$	Renderasi Buruk

Dari tabel 2.8 dijelaskan bahwa kelompok renderasi warna memiliki rentang indeks renderasi warna (Ra) yang rentang indeks renderasi warnanya mempengaruhi kualitas dari pencahayaan. Dan untuk $Ra > 85$ merupakan renderasi warna dengan kualitas pencahayaan paling baik.

12. Temperatur Warna

Warna cahaya lampu dikelompokkan menjadi (SNI 03-6197-2000.

Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan, 2000):

- a. Warna putih kekuning-kuningan (*warm-white*), kelompok 1 (< 3.300 K).
- b. Warna putih netral (*cool-white*), kelompok 2 (3.300 K - 5.300 K).
- c. Warna putih (*daylight*, kelompok 3 (> 5.300 K);

13. Daya Listrik Maksimum Pencahayaan

Menghitung beban yang terpakai pada sistem pencahayaan menggunakan persamaan:

$$\text{Daya m}^2 = \frac{\text{Jumlah Lampu} \times \text{Daya Lampu}}{\text{Luas Ruang}} \quad (2.18)$$

2.10.1.4 Jenis-Jenis Lampu

1. Lampu Pijar

Cahaya lampu pijar dihasilkan oleh penyaluran arus listrik melewati *filament* yang memanans. *Filament* panas ditutupi oleh kaca dan akan menghalangi udara. Sehingga *filament* tidak akan langsung rusak akibat terjadinya teroksidasi. (Priyandono, 2013)



Gambar 2.2 Lampu Pijar

Sumber: (Priyandono, 2013)

2. Lampu TL



Gambar 2.3 Lampu TL

Sumber: (Priyandono, 2013)

Lampu TL adalah ampup jenis pelepasan gas yang berbentuk tabung hampa berisi merkuri dan gas argon bertekanan rendah dengan kawat pijar di kedua ujungnya (Elektroda). Tabung tersebut terbuat dari gelas yang dilapisi (*Coating*) oleh lapisan fosfor (*phosphor*).

Pada saat lampu dialiri oleh arus listrik, elektron-elektron berpindah tempat dari satu ujung ke ujung lainnya yang di sebabkan oleh elektroda yang memanans. Energi listrik tersebut juga akan mengakibatkan merkuri yang sebelumnya adalah cairan merubah menjadi gas. Perpindahan elektron akan bertabrakan dengan atom merkuri sehingga energi elektron akan meningkat ke level yang lebih tinggi. Elektron-elektron akan melepaskan cahaya saat energi Elektron-elektron tersebut kembali ke level normalnya. (Kho, n.d.)



Gambar 2. 4 Susunan Lampu TL

Sumber: (Adib Chumaidy, 2017)

3. Lampu Hemat Energi



Gambar 2.5 Lampu Hemat Energi

Sumber: (Priyandono, 2013)

Lampu hemat energi menggunakan daya listrik untuk mengeksitasi uap raksa sehingga akan menghasilkan gelombang ultra violet yang menyebabkan lapisan fosfor berpendar menghasilkan cahaya. (Priyandono, 2013)

4. Lampu LED



Gambar 2.6 Lampu LED

Sumber: (Priyandono, 2013)

Lampu LED (*Light Emitting Diode*) adalah lampu berupa semi konduktor yang apabila dialiri arus listrik akan menghasilkan cahaya. Lampu LED tidak mengandung merkuri sehingga tidak menghasilkan panas melainkan dingin. Lampu LED ini harganya jauh lebih mahal dibandingkan dengan lampu jenis lain tetapi lampu ini memiliki daya tahan 10x lebih lama daripada lampu TL dan 60x lebih lama dibandingkan lampu pijar. (Priyandono, 2013)

5. Lampu Halogen



Gambar 2.7 Lampu Halogen

Sumber: (Priyandono, 2013)

Lampu halogen adalah lampu pijar biasa yang berisi filamen tungsten yang ditutupi oleh kaca disertai campuran gas didalamnya (umumnya Nitrogen, Argon dan Krypton). Filamen akan menjadi panas membara ketika dialiri listrik. Bara terang tersebut yang akan menjadi sumber cahaya. Sumber: (Priyandono, 2013)

2.11 Beban Sistem Tata Udara

Sistem ini digunakan untuk mengontrol suhu dan kelembaban udara agar terasa nyaman ketika berada di ruangan (D. P. K. P. D. Jakarta, 2012). Kenyamanan bagi orang ketika berada dalam ruangan umumnya sekitar 10°C dibawah suhu rata-rata tubuh manusia yaitu sekitar 26°C .

Untuk memperoleh suhu, kelembaban dan penyaluran udara sesuai dengan ketentuan serta peralatan yang dipakai di dalam ruangan maka diperlukannya perancangan untuk pengkondisian udara. Dengan adanya pengkondisian udara, diharapkan membuat udara menjadi segar supaya pekerja bisa bekerja dengan baik, pasien di rumah sakit menjadi lebih nyaman begitupun dengan penghuni rumah tinggal menjadi lebih nyaman. (IPB, 2019) Hotel, rumah sakit dan asrama umumnya menggunakan unit *fan coil* di setiap ruangnya, supaya suhu udara di ruangan dapat disesuaikan dengan kebutuhan, sedangkan ruangan besar yang ada di hotel dapat menggunakan AC Paket dengan saluran horizontal (Juwana, 2005).

2.11.1 Beban Pendingin

Pendekatan yang dapat digunakan untuk memperoleh kebutuhan udara dingin dapat menggunakan tabel 2.8 dibawah:

Tabel 2.8 Beban Pendingin

Sumber: (Juwana, 2005)

Fungsi Bangunan	Beban per 100 m³ Ruangan (TR)
Apartemen	0.5 – 1.0
Hotel	1.0 – 1.5
Kampus	1.5 – 2.0
Kantor	1.5 – 2.0
Rumah Sakit	1.0 – 1.5

Catatan: 1 TR = 12000 BTU = 1.5 HP = 1.12 KW

Untuk menghitung beban pendingin secara detail, dibutuhkan ukuran ruangan (panjang, lebar dan tinggi), suhu (t_0) dan kelembaban (RH_0) diluar ruangan, suhu (t_1) dan kelembaban (RH_1 , biasanya sekitar 50% - 80%) didalam ruangan, kulit bangunan, tinggi jendela dan langit-langit, serta tingkat penghunian bangunan (okupansi) (Juwana, 2005).

$$Okupansi = \frac{L_{bruto}}{L_{per-orang}} \quad (2.19)$$

Dimana:

$$L_{per-orang} = \text{Luas per orang diambil antara 15-20 per m}^2$$

2.11.2 Beban Sensibel Bangunan

Sebelum menghitung beban sensibel perlu menentukan terlebih dahulu nilai-nilai yang ada pada tabel 2.9, baik beban kalor yang melalui bidang kaca, maupun beban kalor yang disebabkan oleh transmisi bidang dinding.

Tabel 2.9 Beban Kalor (BTU/jam/m²)

Sumber: (Juwana, 2005)

Bidang Kulit Bangunan	Beban Kalor (BTU/jam/m ²)
Kaca:	
Sisi Utara	800
Sisi Selatan	400
Sisi Timur	900
Sisi Barat	1000
Dinding:	
Arah Utara	2.15 (t ₀ - t ₁)
Arah Selatan	2.15 (t ₀ - t ₁)
Arah Timur	2.15 (t ₀ - t ₁)
Arah Barat	2.15 (t ₀ - t ₁)

Catatan: Negara Indonesia (t₀ - t₁) = 5°C

Sehingga, persamaan Beban Sensibel Bangunan (BSB):

$$BSB = L_{bidang} \times \text{Beban}_{kalor} \quad (2.20)$$

2.11.3 Beban Kalor Internal

Beban kalor internal terdiri dari beban sensibel orang yang dihitung dari tingkat metabolik untuk aktifitas tertentu (tabel dibawah) atau melalui pendekatan menggunakan nilai Beban Sensibel Orang (BSO) dan Beban Laten Orang (BLO).

Tabel 2.10 Beban Kalor (BTU/jam/m²)

Sumber: (Juwana, 2005)

Kegiatan	Tingkat Metabolik	Watt/m ²
Istirahat:		
- Tidur	0.7	40
- Berbaring	0.8	46
- Duduk diam	1.0	58
- Berdiri relaks	1.2	69

Kegiatan	Tingkat Metabolik	Watt/m ²
Berjalan (Permukaan datar):		
- Lambat (0,9 m/s)	2.0	116
- Sedang (1,3m/s)	2.6	151
- Cepat (1,7 m/s)	2.8	221
Kegiatan kantor:		
- Duduk membaca	1.0	58
- Meulis	1.0	58
- Mengetik	1.1	64
- Mengarsip,duduk	1.2	69
- Mengarsip, berdiri	1.4	81
- Berjalan mondar-mandir	1.7	98
- Mengangkat barang	2.1	122
Kegiatan keseharian:		
- Memasak	1.6 – 2.0	93-116
- Membersihkan rumah	2.0 – 3.4	116-197
- Duduk, bergoyang-goyang	2.2	128
- Menggergaji (di Meja)	1.8	104
- Peralatan listrik ringan	2.0 – 2.4	116 – 139
- Peralatan berat	4.0	232
- Mengangkat beban 50 kg	4.0	232
- Menyekop	4.0 – 4.8	232 – 279
Kegiatan santai:		
- Bedansa		
- Latihan gerak		
- Bermain tenis (tunggal)	2.4 – 4.4	139 – 256
- Bermain bola basket	3.0 – 4.0	174 – 232
- Gulat (pertandingan)	3.6 – 4.0	209 – 232

Kegiatan	Tingkat Metabolik	Watt/m ²
	5.0 – 7.6	291 – 442
	7.0 – 8.7	407 - 506

Catatan: 1 unit metabolic = 58.2 Watt/m²

$$BSO = okupansi \cdot 200 \quad (2.21)$$

$$BLO = okupansi \cdot 250 \quad (2.22)$$

Beban Sensibel Lampu TL, digunakan:

$$BSL = (\Sigma watt) (1,25) (3,4) \quad (2.23)$$

2.11.4 Beban Ventilasi atau Infiltrasi

Kebutuhan udara dapat diperoleh menggunakan persamaan:

1. CFM Infiltrasi (CFM_1)

$$CFM_1 = \frac{P \cdot L \cdot T \cdot AC \cdot 35,31}{60} \quad (2.24)$$

Dimana:

P = Panjang Ruangan (meter)

L = Lebar Ruangan (meter)

T = Tinggi Ruangan (meter)

AC = Jumlah pertukaran udara per jam (AC minimum = 2)

2. Beban Ventilasi

$$CFM_2 = [(t_0 - t_1) \times 1,08 + (RH_0 - RH_1) \times 0,67] \quad (2.25)$$

Jadi, Beban pendingin (BP) adalah:

$$BP = BSB + BSO + BLO + BSL + CFM_1 + CFM_2 \quad (2.26)$$

Dimana:

BSB = Beban Sensibel Bangunan

BSO = Beban Sensibel Orang

BLO = Beban Laten Orang

BSL = Beban Sensibel Lampu

CFM_1 = Beban Infiltrasi

CFM_2 = Beban Ventilasi

Kapasitas Tata Udara:

$$\text{Kapasitas} = \frac{BP}{12000} \text{ TR} \quad (2.27)$$

2.11.5 Air Conditioner Inverter

Penggunaan energi listrik dapat dihemat hingga 50% dengan menggunakan AC berteknologi inverter. Perbedaan AC inverter dengan AC konvensional terletak pada kerja kompresornya. (Joto, 2013)

Pada AC Inverter, kompresor akan menyala aktif. Ketika suhu ruang sudah mencapai suhu yang diinginkan kompresor akan tetap bekerja tetapi laju putarannya melambat dan ketika suhu ruang mulai meningkat, kompresor akan bergerak mempercepat laju putarannya. (Joto, 2013)

Sedangkan AC konvensional, kompresor bekerja berdasarkan siklus *ON OFF*. Pada saat AC sudah mencapai suhu yang diinginkan, kompresor akan mati dan ketika suhu ruang mulai meningkat kompresor akan hidup kembali. Proses *ON OFF* seperti ini jelas mengonsumsi energi listrik. Saat menghidupkan AC terjadi peningkatan konsumsi listrik. (Joto, 2013)



Gambar 2. 8 SiklusPerbandingan Proses Pengoperasian AC

Sumber: (Ali, 2019)

2.12 Beban Sistem Tenaga

Pada umumnya beban listrik sistem tenaga terdapat pada pengguna listrik disektor industri, contohnya motor, mesin-mesin listrik, konveyor dan lainnya. Motor listrik banyak digunakan pada penggerak sistem traksi. Contoh sistem traksi listrik pada pelanggan listrik kantor ataupun bisnis adalah *lift/elevator* dan *escalator*, pada pelanggan listrik traksi adalah kereta rel listrik atau trem listrik, dan pada pelanggan listrik industri adalah *moving walks* atau *belt conveyor*. (Adini, 2012)

2.13 Beban Listrik Peralatan Lainnya

Beban listrik ini dikelompokkan sesuai dengan penggunaannya. Seperti pada penggunaan listrik untuk rumah tangga, beban listrik yang dipakai adalah televisi, mesin cuci, *mixer* dan lain-lain. Dan untuk sektor bisnis, biasanya berupa *customer display*, mesin elektronik untuk kasir, *barcode scanner* dan lain-lain. (Adini, 2012)

2.14 Uji Validasi

Uji validasi ini untuk membuktikan tingkat ke validitasan suatu data yang terdapat pada penelitian. Pengujian validitas dilakukan dengan menghitung hasil jumlah total pada pengukuran kemudian menghitung tingkat validasinya menggunakan korelasi *Product Moment* dari *Pearson*. Tingkat validasi ini dianalisis dengan cara mengkorelasikan nilai pengukuran dan total dari seluruh pengukuran. Harga koefisien korelasi yang digunakan adalah koefisien korelasi masing-masing pengukuran. Jika koefisien korelasi lebih besar r tabel pada *Product Moment* dari *Pearson* maka hasil data pengukuran tersebut dikatakan valid. Dan jika harga koefisien korelasi lebih kecil dari r tabel pada *Product Moment* dari *Pearson* maka hasil data pengukuran tersebut dikatakan tidak valid. (Firdaus, 2009)

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (2.28)$$

Keterangan:

r_{xy} = koefisien korelasi

n = jumlah titik pengukuran satu ruangan

x = pengukuran ke x

y = total seluruh pengukuran

Tabel 2.11 Nilai-nilai r *Product Moment*

Sumber: (Siregar, 2016)

N	Taraf Signifikansi		N	Taraf Signifikansi	
	5 %	1 %		5 %	1 %
3	0,997	0,999	38	0,320	0,413
4	0,950	0,990	39	0,316	0,408
5	0,878	0,959	40	0,312	0,403
6	0,811	0,917	41	0,308	0,398
7	0,754	0,874	42	0,304	0,393
8	0,707	0,834	43	0,301	0,389
9	0,666	0,798	44	0,297	0,384
10	0,632	0,765	45	0,294	0,380
11	0,602	0,735	46	0,291	0,376
12	0,576	0,708	47	0,288	0,372
13	0,553	0,684	48	0,284	0,368
14	0,532	0,661	49	0,281	0,364
15	0,514	0,641	50	0,279	0,361
16	0,497	0,623	55	0,266	0,345
17	0,482	0,606	60	0,254	0,330
18	0,468	0,590	65	0,244	0,317
19	0,456	0,575	70	0,235	0,306
20	0,444	0,561	75	0,227	0,296
21	0,433	0,549	80	0,220	0,286
22	0,423	0,537	85	0,213	0,278
23	0,413	0,526	90	0,207	0,270
24	0,404	0,515	95	0,202	0,263
25	0,396	0,505	100	0,195	0,256
26	0,388	0,496	125	0,176	0,230
27	0,381	0,487	150	0,159	0,210
28	0,374	0,478	175	0,148	0,194
29	0,367	0,470	200	0,138	0,181
30	0,361	0,463	300	0,113	0,148
31	0,355	0,456	400	0,098	0,128
32	0,349	0,449	500	0,088	0,115
33	0,344	0,442	600	0,080	0,105
34	0,339	0,436	700	0,074	0,097
35	0,334	0,430	800	0,070	0,091
36	0,329	0,424	900	0,065	0,086
37	0,325	0,418	1000	0,062	0,081

Nilai-nilai r pada *Product Moment* seperti pada tabel 2.11 adalah sebuah tabel angka yang digunakan untuk menguji hasil uji validitas suatu data penelitian.

2.15 *State Of The Art*

Penelitian terkait bangunan hijau telah dilakukan sebelumnya oleh berbagai pihak dengan hasil yang berbeda. Hasil dari penelitian tersebut digunakan sebagai referensi guna menjadi pembanding lebih lanjut.

Tabel 2.12 merupakan tabel dari penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

Tabel 2.12 Jurnal Terkait Penelitian

No.	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan Jurnal
1.	Penilaian Kriteria <i>Green Building</i> Pada Bangunan Gedung Universitas Pembangunan Jaya Berdasarkan Indikasi <i>Green Building Council Indonesia</i>	Diza Roshaunda, Lala Diana, Lonny Princhika, Shafira Khalisa Ryan Septiady	Universitas Pembangunan Jaya, 2019	Pada penelitian ini dilakukan pengukuran berdasarkan standar <i>Greenship</i> GBCI dengan pengamatan langsung dan wawancara verifikasi. Hasil dari penelitiannya Gedung kampus Universitas Pembangunan Jaya (UPJ) tidak memenuhi kriteria sebagai bangunan <i>green building</i> berdasarkan <i>Greenship</i> GBCI karena memperoleh 23 poin dari 117 poin.
2.	Penilaian Kriteria <i>Green Building</i> Pada	Nanda Firnando, Syahrizal,	Rumah Sakit Universitas	Penelitian ini dilakukan dengan cara pengamatan

No.	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan Jurnal
	Bangunan Gedung Rumah Sakit Universitas Sumatera Utara	dan Andi Putra Rambe	Sumatera Utara, 2016	langsung dan wawancara verifikasi berdasarkan data yang terkumpul dan dilakukan perhitungan pada Gedung Rumah Sakit USU. Hasil dari penelitiannya Gedung Rumah Sakit USU memperoleh 41 poin dari 117 poin dan dianggap telah memenuhi kriteria sebagai Gedung yang menerapkan konsep <i>Green Building</i> sesuai <i>GreenShip</i> dari GBCI.
3.	Kajian <i>Green Building</i> Pada Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang	Barra Pasuka Dewa, Agung Murti Nugroho, Muhammad Satya Adhitama	Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang	Penelitian ini menggunakan penelitian jenis kualitatif dengan cara pengambilan datanya berupa observasi dengan wawancara

No.	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan Jurnal
				<p>narasumber, pengukuran lapangan, dan studi literatur. Metode analisis yang digunakan adalah metode analisis deskriptif berdasarkan fokus penelitian dari 6 kriteria utama dari tolok ukur <i>GreenShip</i> GBCI.</p>
4.	<p>Penilaian Kriteria <i>Green Building</i> Pada Pembangunan Gedung IsDB Project Berdasarkan Skala Indeks Menggunakan <i>GreenShip</i> Versi 1.2 (Studi Kasus: Gedung <i>Engineering Biotechnology</i> Universitas Jember)</p>	<p>Anik Ratnaningsih, Akhmad Hasanuddin, Richo Hermansa</p>	<p>Gedung IsDB <i>Project</i>, 2019</p>	<p>Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode kuantitatif berfokus pada 6 aspek kriteria <i>GreenShip</i> untuk Bangunan Baru Versi 1.2. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara observasi dan wawancara kepada pihak terkait, data sekunder meliputi</p>

No.	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan Jurnal
				gambar rencana, BoQ (<i>Bill of Quantity</i>), RKS (Rencana Kerja Syar-syarat serta studi literatur.
5.	Penilaian Kriteria <i>Green Building</i> pada Gedung Teknik Sipil ITS	Aristia A. Putri, M. Arif Rohman, Christiono Utomo	Gedung Teknik Sipil ITS, 2012	Penelitian ini dilakukan dengan pengukuran penilaian terhadap beberapa kriteria <i>green building</i> yang mengacu pada standar <i>GreenShip</i> GBCI yang dilakukan dengan cara wawancara verifikasi, metode yang digunakan yaitu menyebar survey kuesioner kepada para responden dan hasil survey tersebut di Analisa dengan metode statistik (<i>mean</i> dan standar deviasi). Pengukuran dilakukan pada 6

No.	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Tempat dan Tahun Penelitian	Pembahasan Jurnal
				aspek kriteria <i>Greenship</i> . Hasil dari penelitian diperoleh rating dari Gedung Teknik Sipil ITS yaitu 48%.

Dari hasil pembahasan penelitian pada tabel 2.13 mengenai penerapan *Green Building* yang membedakan dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu:

1. Menggunakan standar *Greenship Green Building Council Indonesia*.
2. Standar *Greenship-GBCI* berfokus pada aspek EEC (Efisiensi Energi dan Koservasi) yang meliputi Intensitas Konsumsi Energi, *lighting control* dan efisiensi minimum penggunaan beban pendingin AC.
3. Untuk optimasi pencahayaan menggunakan simulasi aplikasi DiaLux.