

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Energi Listrik

Energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, dapat dikonversikan atau berubah dari bentuk energi yang satu ke bentuk energi yang lain, misalnya pada kompor di dapur, energi yang tersimpan dalam minyak tanah diubah menjadi api. Artinya energi merupakan dari suatu sistem untuk melakukan kerja pada sistem yang lain (Caffal, 1995).

Energi listrik didefinisikan sebagai suatu kemampuan untuk melakukan suatu usaha pada suatu rangkaian atau sistem untuk mengaktifkan peralatan listrik lalu mengubah energi tersebut sesuai ke fungsi peralatan listrik (Suharto, 2016). Energi listrik merupakan suatu bentuk energi yang berasal dari sumber arus yang biasanya dinyatakan dalam watt/hour. Satuan energi menurut SI atau Satuan Internasional adalah joule, selain itu energi juga dapat dinyatakan dalam kalor, BTU (*British Thermal Unit*), atau watt/hour.

2.2 Sistem Pendingin

Sistem tata udara merupakan sistem yang bekerja untuk mengkondisikan kenyamanan termal udara di dalam bangunan gedung melalui kontrol suhu, kelembaban relatif, penyebaran udara, serta kualitas udara (kesegaran dan kebersihan), sedemikian rupa sehingga diperoleh suatu kondisi ruang yang nyaman, segar, bersih, dan sehat (SNI 03-6390-2020).

2.2.1 AC (*Air Conditioning*)

Secara pengertian AC merupakan suatu alat pengkondisian udara pada ruangan, dimana AC ini merupakan modifikasi pengembangan dari teknologi dari mesin

pendingin. Adapun tujuan AC adalah untuk memberikan udara yang sejuk dan mengontrol uap air yang dibutuhkan bagi kondisi tubuh manusia.

2.2.1.1 Komponen AC

Menurut (Nugroho, 2018) komponen AC terdiri dari empat bagian yaitu komponen utama, komponen pendukung, komponen kelistrikan, dan komponen pendingin (*refrigerant*). Adapun untuk penjelasan lebih rinci dari bagian komponennya sebagai berikut:

1. Komponen Utama

- a) Kondensor mempunyai fungsi sebagai penukar kalor, mengubah wujud *refrigerant* dari bentuk gas bentuk gas bertekanan tinggi menjadi cairan yang bertegangan tinggi serta menurunkan suhu temperatur *refrigerant*. Sejumlah kalor yang terdapat pada *refrigerant* dilepaskan ke udara lepas dengan bantuan kipas motor pada AC. Supaya pelepasan kalornya lebih cepat maka pipa pada kondensor di bentuk berliku-liku dengan dilengkapi sirip. Penting pada saat pembersihan sirip pipa pada bagian kondensor supaya tercipta perpindahan kalor dari *refrigerant* tidak terganggu. Apabila sirip kondensor dalam keadaan kotor akan menyebabkan turunnya performa kinerja dari AC yang dapat membuat AC menjadi kurang dingin.



Gambar 2.1 Kondensor (Sumber: Nugroho, 2018)

- b) Kompresor memiliki fungsi sebagai pemompa *refrigerant* ke seluruh bagian AC.

Ketika AC sudah beroperasi pada kompresor akan mengubah *refrigerant* berupa gas dari tekanan rendah menjadi gas yang bertekanan tinggi, kemudian diteruskan ke kondensor. Kompresor ini berguna untuk membentuk dua daerah tekanan yang berbeda-beda, di antara daerah yang mempunyai tekanan rendah serta daerah yang mempunyai tekanan tinggi.



Gambar 2.2 Kompresor (Sumber: Nugroho, 2018)

- c) Pipa kapiler memiliki fungsi untuk menurunkan *refrigerant* serta mengatur aliran dari *refrigerant* ke evaporator. Adapun fungsi utama dari pipa ini mempunyai hubungan dengan dua bagian tekanan (tekanan rendah dan tekanan tinggi) yang berbeda-beda. Pada *refrigerant* yang bertekanan rendah pipa kapiler terletak di antara *filter* dan evaporator. Penggantian atau pemasangan untuk pipa kapiler yang baru tidak diperbolehkan untuk berbentuk belok dikarenakan akan menyebabkan penyumbatan, dalam penggantian pipa kapiler harus disesuaikan dengan diameter dan panjang pipa sebelumnya. Sedangkan untuk *refrigerant* yang bertekanan tinggi sebelum melewati pipa kapiler akan diturunkan atau diubah pada tekanannya. Kemudian untuk penurunan tekanan *refrigerant* akan

mengakibatkan adanya penurunan suhu, dalam proses ini akan menyebabkan udara tercapai suhu terendah atau dingin.



Gambar 2.3 Pipa Kapiler (Sumber: Nugroho, 2018)

- d) Evaporator memiliki fungsi untuk mengalirkan dan menyerap panas dari udara ke dalam ruangan *refrigerant*, untuk wujud cair dari *refrigerant* akan berubah menjadi gas setelah melalui pipa kapiler. Komponen ini memiliki prinsip udara dalam ruangan ber-AC, akan diserap oleh evaporator yang selanjutnya masuk ke sirip pipa kapiler sehingga suhu udara yang keluar dari sirip-sirip pipa kapiler menjadi lebih rendah dari keadaan awal atau udara dalam keadaan dingin.



Gambar 2.4 Evaporator (Sumber: Nugroho, 2018)

2. Komponen Pendukung

- Accumulator* memiliki fungsi sebagai penampung sementara *refrigerant* cair yang bertemperatur rendah, dan campuran minyak pelumas evaporator.
- Strainer* memiliki fungsi sebagai *filter* dari adanya kotoran yang terbawa oleh *refrigerant* di dalam sistem AC.
- Blower* memiliki fungsi untuk mensirkulasi udara di dalam ruangan sehingga udara di ruangan dapat bersirkulasi melalui evaporator.

- d) Minyak pelumas kompresor memiliki fungsi untuk melumasi bagian kompresor yang bergesekan sehingga dapat terhindar dari adanya keausan.

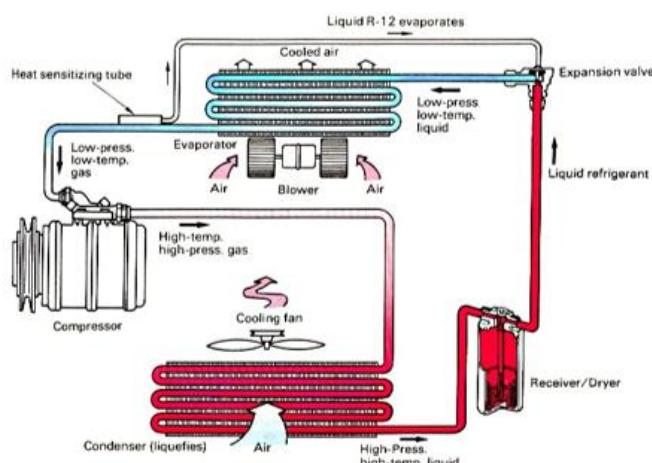
3. Komponen Kelistrikan

- a) Thermistor, sensor elektronik yang digunakan untuk mengukur suhu dan untuk letaknya di evaporator.
- b) PCB *control*, untuk pengatur dan pengontrol keseluruhan unit AC.
- c) *Start* kapasitor, sebagai *starting* penggerak pertama dari kompresor dan *starting* motor *fan* pada unit AC *outdoor*.
- d) *Overload*, untuk pengaman motor listrik kompresor apabila tidak bekerja dengan normal.
- e) Motor listrik, sebagai penggerak kipas (*outdoor*) dan *blower* (*indoor*).

4. Komponen Pendingin (*refrigerant*)

Refrigerant adalah fluida kerja yang bersirkulasi dalam siklus *refrigerant* karena menggunakan efek pendingin dan pemanas pada mesin refrigerasi dengan menyerap panas dari satu lokasi dan membuangnya ke lokasi yang lain melalui mekanisme evaporasi dan kondensasi (Perkasa et al., 2013).

2.2.1.2 Prinsip Kerja AC



Gambar 2.5 Prinsip Kerja Mesin AC (Sumber: Yasmirja, 2017)

Kompressor AC yang ada pada sistem pendingin dipergunakan sebagai alat untuk memanfaatkan fluida kerja (*refrigerant*), jadi *refrigerant* yang masuk ke dalam kompressor AC dialirkan menuju kondensor yang kemudian dimanfaatkan di kondensor (Yasmirja, 2017). Pada bagian kondensor ini *refrigerant* yang dimanfaatkan akan berubah fase dari *refrigerant* fase uap menjadi *refrigerant* fase cair, sehingga *refrigerant* akan mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung di dalam *refrigerant*. Adapun untuk besarnya kalor yang dilepaskan oleh kondensor adalah jumlah dari energi kompresor yang diperlukan dan energi kalor yang diambil evaporator dari substansi yang akan didinginkan. Pada kondensor tekanan *refrigerant* yang berada dalam pipa-pipa kondensor akan relatif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan *refrigerant* yang berada pada pipa-pipa evaporator.

Prinsip pendingin udara (*air conditioning*) akan melibatkan dari siklus refrigerasi, dimana udara didinginkan oleh *refrigerant* atau freon kemudian freon ditekan menggunakan kompresor sampai dengan tekanan tertentu dan suhunya naik, kemudian didinginkan oleh udara lingkungan sehingga menjadi mencair. Setelah itu proses tersebut maka berjalan berulang-ulang sehingga menjadi salah satu siklus yang disebut siklus pendingin pada udara, dimana berfungsi dalam mengambil kalor dari udara serta membesarkan kalor tersebut ke luar ruangan.

2.2.1.3 Jenis - Jenis AC

1. AC Langsung dan Tidak Langsung

Pada AC langsung memiliki fungsi dengan teknis diturunkannya suhu oleh *refrigerant* freon, kemudian disalurkan ke dalam ruangan tanpa saluran udara. Sistem ini lebih diketahui dengan nama sistem tata udara terpusat dimana digunakan untuk sebuah gedung yang memiliki kriteria khusus (lahan luas dan tinggi, dengan mesin

berkapasitas besar, tingkat efisiensi lebih besar, dan perawatan lebih tinggi karena menyangkut adanya permasalahan pada penyediaan air).

Sistem tata udara tidak langsung, *refrigerant* yang digunakan bukan freon akan tetapi *chilled water* dengan suhu sekitar 5°C *chilled water* dihasilkan dalam *chiller*, dimana sistem ini banyak diketahui dengan sistem tata udara terpusat yang banyak dipakai gedung yang luas dan tinggi, mesin berkapasitas besar, efisiensi lebih besar dan perawatan lebih tinggi karena menyangkut persoalan penyediaan air.

Adapun untuk jenis-jenis AC pada bangunan yang sering digunakan sebagai berikut:

a) AC *split wall* jenis AC yang digunakan untuk bangunan seperti rumah, hotel, serta kantor dikarenakan dengan kelebihan biayanya yang cukup murah dan perawatan yang mudah namun kekurangannya belum cukup efisien. AC jenis ini mempunyai komponen yang terbagi menjadi dua unit yaitu unit *indoor* yang terdiri dari *filter* udara, evaporator dan evaporator *blower*, ekspansi *valve* dan *control unit*, serta unit *outdoor* yang terdiri dari kompresor, kondensor, kondensor *blower* dan *refrigerant filter* (Arpiansyah et al., 2019). Kemudian di antara unit *indoor* dengan unit *outdoor* dihubungkan dengan dua buah saluran *refrigerant*, satu buah untuk menghubungkan evaporator dengan kompresor dan satu buah untuk menghubungkan *refrigerant filter* dengan ekspansi *valve* serta kabel *power* untuk memasok arus listrik untuk kompresor dan kondensor *blower*.



Gambar 2.6 AC *Split Wall* (Sumber: Ratnasari, 2022)

- b) AC *split duct (central)* sistemnya memakai sistem *ducting* yang dikontrol pada satu titik serta biasanya dipakai pada gedung-gedung yang luas contohnya penggunaannya di mal, dikarenakan jangkauan pendingin jenis ini lebih luas dan dapat diatur ke beberapa titik atau ruangan.



Gambar 2.7 AC *Split Duct* (Sumber: Ratnasari, 2022)

- c) AC *window* dalam penggunaannya tidak memerlukan *remote* dikarenakan tombol kontrol telah terintegrasi dengan AC, namun dalam penggunaannya sekarang sudah tidak diproduksi kembali. Sistem AC *window* terdiri dari empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator (Pramacakrayuda et al., 2010).



Gambar 2.8 AC *Window* (Sumber: Ratnasari, 2022)

- d) AC *standing floor unit indoor*-nya dengan posisi berdiri serta mudah untuk dipindahkan karena kepraktisannya, dimana untuk penggunaannya dengan contoh seperti acara rapat perusahaan. Kemudian untuk kapasitas dari AC jenis ini dimulai dari 2 sampai dengan 5 PK.



Gambar 2.9 AC *Standing Floor* (Sumber: Ratnasari, 2022)

- e) AC *cassette* memiliki berbagai ukuran mulai dari 1,5 sampai dengan 6 PK, secara khusus jenis AC ini memerlukan keahlian khusus dan tenaga ekstra dimana tidak sama dengan jenis AC *Split*.



Gambar 2.10 AC *Cassette* (Sumber: Ratnasari, 2022)

- f) AC VRV (*Variable Refrigerant Volume*) memberikan keleluasaan dalam penempatan *outdoor* AC yang dapat dipasang *indoor* maupun *outdoor*, jalur pipa *refrigerant* yang berkemampuan besar dalam kapasitas panjang pipa dan kombinasi *outdoor* yang mampu terhubung dengan banyak unit *indoor* dan fleksibilitas, menggunakan sistem satu unit *outdoor* AC yang *compact* untuk beberapa unit *indoor* yang digunakan, dan setiap *outdoor* dilengkapi dengan *back-up* kompresor di setiap modul *outdoor* menjadikan apabila terdapat kerusakan tidak menyebabkan sistem AC mati total.



Gambar 2.11 AC VRV (Sumber: Ratnasari, 2022)

2. Inverter dan Non-inverter

AC inverter memiliki fungsi untuk mengontrol kecepatan motor kompresor sehingga suhu dapat diatur secara terus-menerus, sedangkan pada AC non-inverter tidak memiliki kemampuan tersebut. Sehingga kualitas AC inverter lebih baik dibanding AC non-inverter, serta dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Perbandingan AC Inverter dan Non-Inverter

No.	Perbandingan	AC Inverter	AC Non-Inverter
1.	Harga Unit	Lebih mahal	Lebih Murah
2.	Perawatan Berkala		
3.	Konsumsi Listrik	Lebih Hemat	Lebih Boros
4.	Suara/Bising	Lebih Bising	Lebih Berisik
5.	Tingkat Kedinginan	Lebih Nyaman	Cepat Dingin
6.	Daya Tahan	Lebih Kuat	Kurang Kuat

2.2.2 Kenyamanan Termal

Tingkat kenyamanan suatu ruangan dilihat dari nilai suhu dan temperaturnya, jika keadaan udara dapat tidak sesuai dengan standar selain tidak nyaman secara termal terdapat banyak potensi kerugian dari sisi kesehatan seperti bakteri yang mudah berkembang biak jika terlalu lembab atau mudah terinfeksi saluran pernafasan jika terlalu kering (Kurniawati, et al., 2017).

Menurut (SNI 03-6572-2001) terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kondisi kenyamanan termal orang diantaranya:

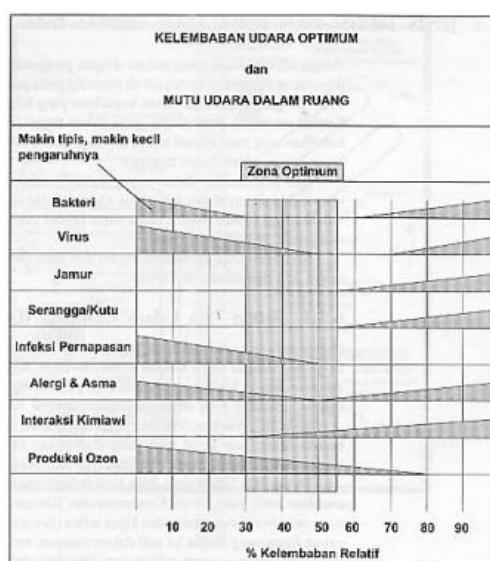
1. Temperatur Udara Kering

Temperatur udara kering pun sangat besar pengaruhnya terhadap besar-kecilnya kalor yang dilepas melalui penguapan (evaporasi) dan melalui konveksi. Terdapat tiga bagian untuk daerah kenyamanan termal untuk daerah tropis diantaranya:

- a) sejuk nyaman, antara temperatur efektif yaitu $20,5^{\circ}\text{C} \sim 22,8^{\circ}\text{C}$.
- b) nyaman optimal, antara temperatur efektif yaitu $22,8^{\circ}\text{C} - 25,8^{\circ}\text{C}$.
- c) hangat nyaman, antara temperatur efektif yaitu $25,8^{\circ}\text{C} - 27,1^{\circ}\text{C}$.

2. Kelembaban Udara Relatif

Kelembaban udara relatif dalam ruangan yakni perbandingan antara jumlah uap air yang dikandung oleh udara tersebut dibandingkan dengan jumlah kandungan uap air pada keadaan jenuh pada temperatur udara ruangan tersebut. Daerah dengan wilayah tropis kelembaban udara relatif yang dianjurkan antara $40\% \sim 50\%$, akan tetapi untuk ruangan dengan jumlah orang yang padat seperti ruang pertemuan, kelembaban udara relatif masih diperbolehkan berkisar antara $55\% \sim 60\%$.



Gambar 2.12 Tingkat Kelembaban Relatif Dalam Ruang (Sumber: Syahrizal, 2013)

2.2.3 Beban Sistem Pendingin

Pada perhitungan untuk mencari nilai beban sistem pendingin maka diperlukan persamaan supaya dapat ditemukan nilai dari BTU atau beban kalor, sehingga dapat diketahui nilai beban kalor untuk kebutuhan AC pada setiap ruangannya.

Menurut (Juwana, 2005) menyatakan untuk menghitung beban pendingin secara detail, dibutuhkan ukuran ruangan (panjang, lebar, dan tinggi), suhu (t_0) dan kelembaban (RH_0) di luar ruangan, suhu (t_1) dan kelembaban (RH_1 , biasanya sekitar 50% - 80%) di dalam ruangan, kulit bangunan, tinggi jendela dan langit-langit, serta tingkat penghunian bangunan (okupansi). Adapun untuk persamaannya sebagai berikut:

$$BP = BSB + BSO + BLO + CFM_1 + CFM_2 \quad (2.1)$$

Dimana:

BP = Beban Pendingin

BSB = Beban Sensibel Bangunana

BSO = Beban Sensibel Orang

BLO = Beban Laten Orang

CFM_1 = Beban Infiltrasi

CFM_2 = Beban Ventilasi

BTU atau *British Thermal Unit* adalah kekuatan daya pendingin AC, semakin besar nilai BTU maka semakin besar kemampuan AC untuk mendinginkan ruangan.

Tabel 2.2 Hubungan nilai PK terhadap BTU/jam (Sumber: Musyadad, 2022)

Kapasitas (PK)	Beban Kalor (BTU/jam)
0.5	±5.000
0.75	±7.000
1	±9.000
1.5	±12.000
2	±18.000
2.5	±24.000

Perhitungan beban pendingin merupakan suatu analisis untuk mengetahui seberapa besar kalor atau panas yang ada dalam suatu ruangan, sehingga dapat ditentukan seberapa besar pendinginan yang dibutuhkan untuk membuat ruangan tetap dalam kondisi dingin.

Persamaan untuk mendapatkan nilai dari okupansi ruangan didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.3 berikut:

$$Okupansi\ ruangan = \frac{Luas\ bruto}{Luas\ per\ orang} \quad (2.2)$$

Dimana:

Luas bruto = luas bangunan yang dijadikan standar keperluan perencanaan kebutuhan.

Luas per orang = 9 m²/jiwa (SNI 03-1733-2004).

2.2.3.1 Beban Sensibel Bangunan

Beban Sensibel Bangunan (BSB) dapat diketahui nilainya dengan dilakukan perhitungan pada beban kalor yang melalui bidang kaca serta beban kalor yang disebabkan oleh transmisi bidang dinding.

Tabel 2.3 Beban Kalor (Sumber: Juwana, 2005)

Bidang Kulit Bangunan	Beban Kalor (BTU/h/m²)
Kaca	
- Sisi Utara	800
- Sisi Barat	1.000
- Sisi Selatan	400
- Sisi Timur	900
Dinding	
- Arah Utara	2.15 (t ₀ – t ₁)
- Arah Barat	2.16 (t ₀ – t ₁)
- Arah Selatan	2.15 (t ₀ – t ₁)
- Arah Timur	2.15 (t ₀ – t ₁)

Dimana: (t₀ – t₁) = 5°C (untuk wilayah negara Indonesia).

Adapun persamaan yang digunakan untuk mengetahui nilai yang termuat pada beban sensibel bangunan sebagai berikut:

$$BSB = L_{bidang} \times Beban_{kalor} \quad (2.3)$$

1. Beban Kalor Melalui Beban Kaca

Adapun untuk persamaan mengenai beban kalor melalui beban kaca (beban sensibel) dijelaskan sebagai berikut:

$$\text{Utara} = (\text{luas kaca})m^2 \times 800 \text{ BTU}/h/m^2 = \dots \text{BTU}/h.$$

$$\text{Barat} = (\text{luas kaca})m^2 \times 1.000 \text{ BTU}/h/m^2 = \dots \text{BTU}/h.$$

$$\text{Selatan} = (\text{luas kaca})m^2 \times 400 \text{ BTU}/h/m^2 = \dots \text{BTU}/h.$$

$$\text{Timur} = (\text{luas kaca})m^2 \times 900 \text{ BTU}/h/m^2 = \dots \text{BTU}/h.$$

2. Beban Kalor Oleh Transmisi Bidang Dinding

Adapun untuk mengenai beban kalor oleh transmisi bidang dinding (beban sensibel) sebagai berikut:

$$\text{Utara} = (\text{luas dinding utara})m^2 \times 2,15 \text{ BTU}/h/m^2 \times {}^\circ\text{C}(t_0 - t_1) = \dots \text{BTU}/h.$$

$$\text{Barat} = (\text{luas dinding barat})m^2 \times 2,16 \text{ BTU}/h/m^2 \times {}^\circ\text{C}(t_0 - t_1) = \dots \text{BTU}/h.$$

$$\text{Selatan} = (\text{luas dinding selatan})m^2 \times 2,15 \text{ BTU}/h/m^2 \times {}^\circ\text{C}(t_0 - t_1) = \dots \text{BTU}/h.$$

$$\text{Timur} = (\text{luas dinding timur})m^2 \times 2,15 \text{ BTU}/h/m^2 \times {}^\circ\text{C}(t_0 - t_1) = \dots \text{BTU}/h.$$

2.2.3.2 Beban Kalor Internal

Beban kalor internal terdiri dari Beban Sensibel Orang (BSO) dan Beban Laten Orang (BLO). Adapun untuk persamaan yang digunakan untuk mencari nilai BSO dan BLO sebagai berikut:

1. Beban Sensibel Orang (BSO):

$$BSO = \text{okupansi} \times 200 \text{ BTU}/h = \dots \text{BTU}/h \quad (2.4)$$

2. Beban Laten Orang (BLO):

$$BLO = \text{okupansi} \times 250 \text{ BTU}/h = \dots \text{BTU}/h \quad (2.5)$$

2.2.3.3 Beban Kalor Eksternal

Beban kalor eksternal terdiri dari beban infiltrasi (CFM_1) dan beban ventilasi (CFM_2). Adapun untuk kebutuhan udara suatu ruangan persamaannya sebagai berikut:

1. Beban Infiltrasi (CFM_1)

$$CFM_1 = \frac{H \times L \times W \times AC \times 35,31}{60} \quad (2.6)$$

Dimana:

H = room height (m).

L = room length (m).

W = room width (m).

AC = pertukaran udara per jam (AC minimum adalah 2).

2. Beban Ventilasi (CFM_2)

$$CFM_2 = [(t_0 - t_1) \times 1,08 + (RH_0 - RH_1) \times 0,67] \quad (2.7)$$

Dimana:

t_0 = kondisi ruangan luar.

t_1 = kondisi ruangan dalam.

RH_0 = kelembaban awal.

RH_1 = kelembaban akhir.

2.2.3.4 Nilai Kapasitas Pendingin

1. TR (Ton Refrigerasi)

Satuan daya yang digunakan dari beberapa negara untuk menjelaskan kapasitas ekstraksi panas peralatan refrigerasi dan sistem pendinginan. Adapun untuk persamaannya sebagai berikut:

$$Kapasitas = \frac{Beban\ Pendingin}{12.000} \quad TR \quad (2.8)$$

2. PK (Paard Kracht)

Satuan daya pada kompresor AC, besaran tenaga yang dibutuhkan AC untuk mendinginkan ruangan. Adapun untuk persamaannya sebagai berikut:

$$Kompresor = \frac{Beban\ Pendingin}{9000} \quad PK \quad (2.9)$$

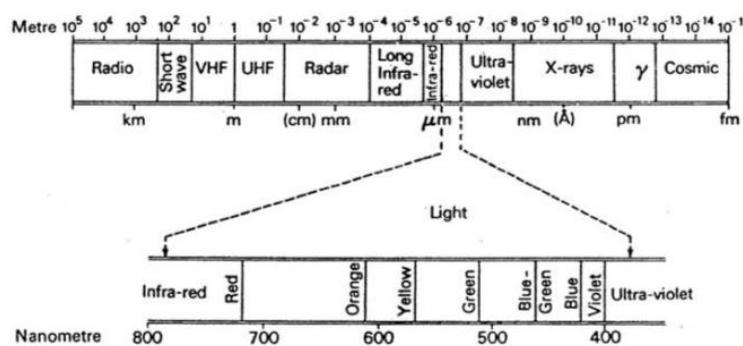
2.3 Sistem Pencahayaan

Cahaya yang dipancarkan matahari ke permukaan bumi menghasilkan iluminasi yang sangat besar, yakni lebih dari 100.000 lux pada kondisi langit cerah, dan 10.000 lux pada kondisi langit berawan. Akan tetapi jumlah cahaya matahari yang tersedia tergantung seperti pada hari, tahun, cuaca, dan tingkat polusi.

Pencahayaan yang terencana dengan baik akan mampu mendukung kebutuhan penglihatan di dalam ruang sesuai dengan jenis aktifitas yang dilakukan (Soegandhi, 2015). Sistem pencahayaan merupakan bagian dalam salah satu faktor untuk mendapatkan kenyamanan keadaan ruangan dalam ruang kerja maupun saat beraktifitas guna untuk meningkatkan produktivitas manusia. Dengan adanya pencahayaan yang baik maka akan terjadinya keadaan orang dapat melihat objek yang dilihat maupun dikerjakan secara jelas dan fokus (Tongkukut, 2016).

2.3.1 Pencahayaan Alami

Cahaya alami yang bersumber dari matahari merupakan sinar atau terang dalam bentuk gelombang elektromagnetik pada frekuensi antara 380 nanometer sampai dengan 780 nanometer, dimana bagian dari spektrum yang dapat dilihat sehingga memungkinkan mata manusia menangkap bayangan dari benda-benda yang berada di sekitarnya (Pangestu, 2019).



Gambar 2.13 Gelombang Elektromagnetik dan Cahaya yang dapat dilihat oleh Mata Manusia (Sumber: Koenigsberger, 1973)

Pencahayaan alami adalah suatu cahaya yang berasal dari benda penerang alam seperti matahari, bulan, dan bintang sebagai benda penerang ruang secara alami (Dora, et al., 2011).

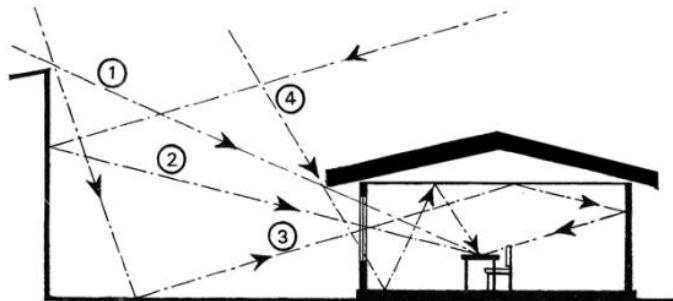
Pencahayaan alami di dalam bangunan ditentukan oleh kondisi langit yang dominan setempat dan sumber cahaya yang dimanfaatkan melalui pemantulan cahaya dari luar hingga ke dalam bangunan. Supaya cahaya dapat didistribusikan untuk mencapai kuantitas dan kualitas pencahayaan yang efektif sesuai dengan fungsi bangunan atau ruangannya.

2.3.1.1 Sumber Pencahayaan Alami

Terdapat beberapa sumber pencahayaan alami utama yang dapat dimanfaatkan diantaranya:

1. Cahaya matahari langsung dengan tingkat cahaya yang sangat tinggi, terarah pada satu titik, memiliki potensi silau, kontras dan panas sehingga diperlukan perencanaan yang strategis untuk cahaya dapat masuk ke dalam ruangan, umumnya untuk mencapai efek tertentu pada fungsi ruang khusus.
2. Cahaya langit dimana cahaya matahari yang dipantulkan oleh awan kemudian menyebar menjadi terang langit, dengan tingkat cahaya yang cukup tinggi akan tetapi cenderung tidak silau, untuk cahaya langit mengandung banyak spektrum biru.
3. Cahaya pantulan dimana cahaya matahari yang dipantulkan oleh elemen-elemen permukaan, baik dari bagian luar bangunan seperti cahaya pantul dari bangunan sekitar atau elemen *landscape*, maupun dari dalam bangunan seperti cahaya pantul dari elemen plafon, lantai atau dinding yang paling sering dimanfaatkan sebagai sumber pencahayaan di dalam bangunan.

Adapun untuk ilustrasi sumber pencahayaan alami sebagai berikut yang tercantum pada gambar 2.14:



Gambar 2.14 Unsur Cahaya Alami (Sumber: Mangunwijaya, 2000)

Dimana:

- Nomor 1 = cahaya langsung dari matahari pada bidang kerja.
- Nomor 2 = cahaya pantulan dari bangunan sekitar.
- Nomor 3 = cahaya pantulan dari halaman yang kedua kalinya dipantulkan oleh plafon dan/atau dinding ke arah bidang kerja.
- Nomor 4 = cahaya yang jatuh di lantai dan dipantulkan kembali oleh plafon.

2.3.1.2 Pemanfaatan Pencahayaan Alami

Tujuan utama dari pemanfaatan pencahayaan alami masuk ke dalam bangunan adalah untuk mendapatkan cahaya yang cukup, berkualitas dan sedapat mungkin mengurangi pantulan langsung serta ratio kilau yang terlalu besar.

2.3.1.3 Tingkat Pencahayaan Alami Dalam Ruang

Tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan ditentukan oleh tingkat pencahayaan langit pada bidang datar di lapangan terbuka pada waktu yang sama (SNI 03-2396-2001). Kemudian perbandingan pada tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan dan pencahayaan alami pada bidang datar di lapangan terbuka ditentukan oleh hubungan geometris antara titik ukur dan lubang cahaya, ukuran dan posisi lubang cahaya, distribusi terang langit, dan bagian langit yang dapat dilihat dari titik ukur.

2.3.2 Pencahayaan Buatan

Pencahayaan buatan merupakan sistem penerangan di dalam suatu ruangan atau gedung yang bersumber cahayanya yakni lampu listrik, dimana tidak terdapat ventilasi cahaya alami atau dalam kondisi ruangan pada malam hari. Sistem penerangan buatan harus sesuai standar agar menghasilkan kualitas penerangan yang baik, yang memberikan kenyamanan, keamanan, dan visualisasi yang sempurna (Al Amin, et al., 2020).

2.3.2.1 Lampu

1. Spektrum Cahaya

Pemilihan lampu terdapat dua hal yang perlu diperhatikan yakni pertama adalah tampak warna yang dinyatakan dalam temperatur warna serta yang kedua adalah efek warna yang dinyatakan dalam indeks renderasi warna. Temperatur yang lebih besar dari 5.300 kelvin dengan tampak warnanya dingin, kemudian 3.300 ~ 5.300 kelvin dengan tampak warnanya yang sedang, serta lebih dari 3.300 kelvin yang tampak warnanya hangat. Pada indeks renderasi warna yang dinyatakan dengan angka 0 sampai dengan 100, dimana angka 100 menyatakan warna benda yang dilihat akan sesuai dengan warna aslinya.

2. Efisiensi Lampu

Efisiensi lampu yakni menunjukkan efisiensi lampu dari pengalihan energi listrik ke cahaya, serta dinyatakan dalam lumen per watt (lumen/watt).

3. Umur Lampu

Kemudian umur lampu banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya temperatur ruang, perubahan tegangan listrik, banyaknya pemutusan dan

penyambungan pada saklar, serta jenis komponen bantunya (ballast, *starter*, dan kapasitor).

4. Jenis Lampu

Tingkat penerangan yang baik merupakan salah satu faktor untuk memberikan suatu kondisi penglihatan yang baik karena penerangan dapat mempengaruhi dalam melihat objek-objek. Adapun jenis-jenis lampu yang digunakan diantaranya sebagai berikut:

- a) Lampu Pijar (*Incandescent Lamp*), lampu jenis ini merupakan lampu yang cahayanya bersumber dari bahan kawat pijar tipis yang dipanaskan.



Gambar 2.15 Lampu Pijar (Sumber: Priyandono, 2013)

- b) Lampu Lucutan Gas (*Gas-discharge Lamp*), lampu jenis ini merupakan lampu lucutan gas yang menggunakan daya listrik untuk eksitasi uap raksa. Setelah tereksitasi akan menghasilkan gelombang cahaya ultra ungu yang menyebabkan lapisan fosfor berpendar dan menghasilkan cahaya kasat mata.



Gambar 2.16 Lampu *Fluorescent* (Sumber: Dickson, 2015)

- c) Lampu Halogen, lampu jenis ini merupakan lampu pijar biasa yang berisi bahan filamen *tungsten* kemudian dikemas dengan kaca dan disertakan di dalamnya dengan campuran gas.



Gambar 2.17 Lampu Halogen (Sumber: Priyandono, 2013)

- d) Lampu LED (*Light Emitting Diode*), lampu jenis ini lampu yang paling hemat energi, baik berdasarkan segi ekonomis maupun konsumsi daya dibandingkan dengan menggunakan jenis lampu lainnya. Lampu LED merupakan sirkuit semikonduktor yang akan mengeluarkan berupa cahaya apabila dialiri arus listrik.



Gambar 2.18 Lampu LED (Sumber: Priyandono, 2013)

2.3.2.2 Armatur

Armatur merupakan rumah lampu yang digunakan untuk mengendalikan dan mendistribusikan cahaya yang dipancarkan oleh lampu yang dipasang di dalamnya, dilengkapi dengan peralatan untuk melindungi lampu dan peralatan pengendalian listrik. Armatur yang memancarkan distribusi cahaya yang simetris hanya diperlukan diagram polar pada satu bidang vertikal yang memotong armatur melalui sumbu armatur.

Klasifikasi Armatur berdasarkan distribusi intensitas cahaya, menurut persentase dari jumlah cahaya yang dipancarkan ke arah atas dan ke arah bawah pada

bidang horizontal yang melewati titik tengah armatur dapat dikelompokkan seperti tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 Klasifikasi Armatur (Sumber: SNI 03-6575-2001)

Kelas Armatur	Jumlah Cahaya	
	Ke Arah Atas (%)	Ke Arah Bawah (%)
Langsung	0 ~ 10	90 ~ 100
Semi Langsung	10 ~ 40	60 ~ 90
Difus	40 ~ 60	40 ~ 60
Langsung-Tidak Langsung	40 ~ 60	40 ~ 60
Semi Tidak Langsung	60 ~ 90	10 ~ 40
Tidak Langsung	90 ~ 100	0 ~ 10

Terdapat beberapa model armatur lampu tertentu berkaitan dengan jenis ruangan, penggunaan, keuntungan, pemasangan dan efek terhadap suasana ruang (Darmasetiawan, et al., 1991).

1. *Downlight*



Gambar 2.19 *Downlight* (Sumber: Darmasetiawan, et al., 1991)

Armatur lampu dipasang di dalam *ceiling* (terbenam), sebagian terbenam atau di permukaan lampu-lampu jenis pijar, PL, SL, atau Halogen. Jenis pencahayaan untuk ke arah bidang horizontal, dengan penggunaan untuk di ruangan yang memakai *ceiling* gantung, ruang penjualan, koridor kantor, hotel, *foyer*, restoran, ruangan konservasi, ruangan (plafon miring). Keuntungan apabila terjadi kerusakan akan mudah diganti, memberikan kesan mewah dalam ruangan, penerangan yang dihasilkan bagus tanpa

menimbulkan kesiluan. Pemasangannya fleksibel dapat disesuaikan dengan interiornya, dan dapat dipasang berkelompok ataupun berderet sesuai dengan kebutuhan.

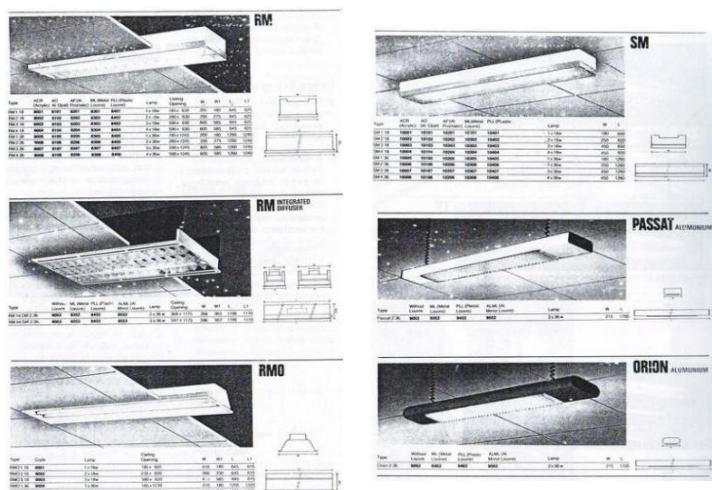
2. *Spotlight*



Gambar 2.20 *Spotlight* (Sumber: Darmasetiawan, et al., 1991)

Armatur lampu dipasang di permukaan menempel ke plafon, dapat berdiri sendiri atau memakai *sliding spot rail*. Jenis pencahayaannya fleksibel dapat diarahkan ke bidang yang dikehendaki, penggunaan untuk etalase toko, galeri (ruang pameran), dan menyinari lukisan atau benda tertentu yang hendak di ekspos. Pemasangannya dipasang menempel di *ceiling*.

3. Lampu Bak



Gambar 2.21 Lampu Bak (Sumber: Darmasetiawan, et al., 1991)

Lampu bak dibagi menjadi dua bagian yaitu dipasang dalam *ceiling* (terbenam), dan dipasang menggantung atau menempel di *ceiling* (timbul). Adapun beberapa jenis dan bentuk armatur lampu bak diantaranya:

- a) Lampu balok penggunaannya untuk ruangan-ruangan samping misalnya gudang, ruang mesin, dan sebagainya dengan kondisi ruang yang dibatasi kesilauan tidak dianggap penting. Keuntungannya karena jenis pencahayaannya menyebar ke seluruh ruangan, maka ruangan akan mendapatkan penyinaran merata bahkan *ceiling* mendapatkan pencahayaan. Pemasangannya dipasang menempel atau menggantung di *ceiling*.
- b) Lampu jenis TK penggunaannya untuk ruangan-ruangan yang tingginya ± 4 meter yang dibutuhkan pencahayaan arah ke bawah secara merata dan batas kesilauan tidak dianggap penting. Keuntungannya pada pencahayaan diarahkan ke bawah membuat bidang bawah lebih terang apabila dibandingkan memakai lampu balok biasa, dengan pemakaian jenis ini tidak menyinari *ceiling*. Pemasangan dipasang menempel atau menggantung di *ceiling*.
- c) Lampu bak dengan reflektor penggunaannya paling ideal untuk kantor, *super market*, dan ruang penjualan. Keuntungannya karena sistem pencahayaannya ke bawah sehingga lebih efektif dan energi yang terbuang relatif sedikit, dimana dengan pemakaian reflektor maka batas kesilauan dapat dihindari. Pemasangan dipasang menempel/menggantung atau masuk dalam *ceiling* dan dapat disesuaikan dengan konstruksi *ceiling*.
- d) *Integrated diffuser* merupakan lampu bak dengan reflektor hanya fungsinya lebih lengkap karena dapat dihubungkan dengan pengatur udara ruangan (dilengkapi dengan *diffuser AC*).

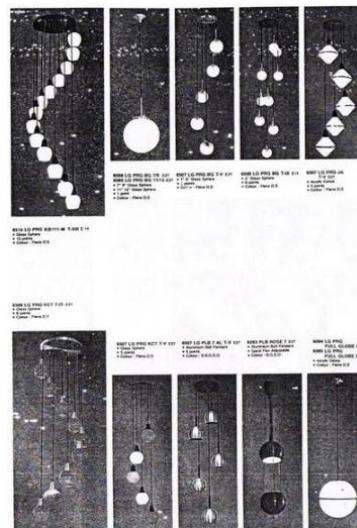
4. Lampu Tubular



Gambar 2.22 Lampu Tubular (Sumber: Darmasetiawan, et al., 1991)

Penggunaannya dapat dipasang sebagai penerangan dalam kantor, ruang resepsionis, ruang rapat, atau ruang penjualan yang dikombinasikan dengan lampu sorot. Pemasangan dipasang menempel atau menggantung di *ceiling* dan dapat dikombinasikan dalam rangkaian lampu sorot.

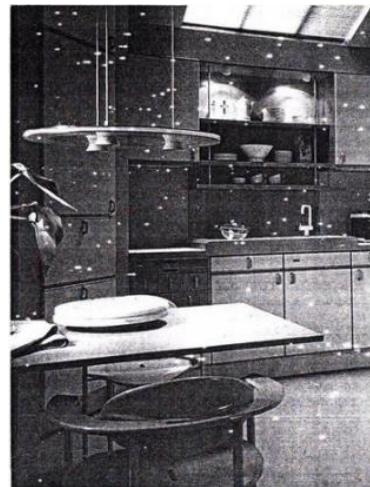
5. Lampu Dekoratif



Gambar 2.23 Lampu Dekoratif (Sumber: Darmasetiawan, et al., 1991)

Penggunaannya di ruang penjualan dan dekorasi dimana tempat yang diharuskan menimbulkan suasana yang menarik. Pemasangannya untuk dekorasi ruangan, model lampu tersebut harus disesuaikan dengan desain interior.

6. Lampu Halogen

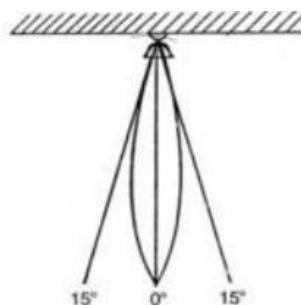


Gambar 2.24 Lampu Halogen (Sumber: Darmasetiawan, et al., 1991)

Penggunaannya di pertokoan yang berfungsi sebagai *spotlight* dan mempunyai aksen yang mewah, atau lampu-lampu untuk perumahan misalnya lampu baca, lampu meja makan dan lampu berdiri. Pemasangannya seperti di etalase toko atau ruang penjualan, *downlight* untuk pencahayaan umum, *spotlight* halogen memberikan efek tertentu terhadap barang yang ditawarkan, *up light* untuk penerangan tidak langsung (*indirect*).

2.3.2.3 Distribusi Cahaya

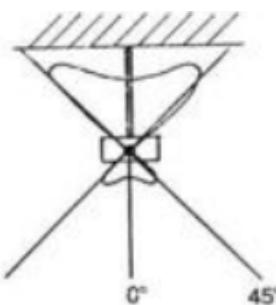
Distribusi cahaya menjadi bagian penting dalam perencanaan sistem pencahayaan dimana akan tercapainya pencahayaan yang dibutuhkan. Distribusi cahaya ini ditentukan oleh adanya arah pencahayaan dan efek dari tempat lampu (*armature/luminer*), adapun distribusi pencahayaan dapat dilihat sebagai berikut:



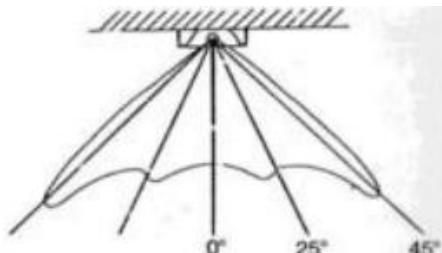
Gambar 2.25 Sorotan Cahaya Sempit (Sumber: Darmasetiawan, et al., 1991)



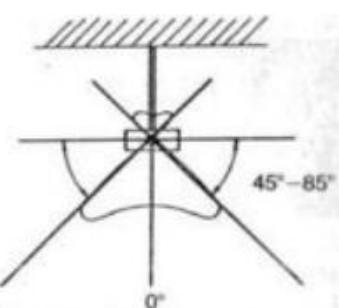
Gambar 2.26 Sorotan Cahaya Tidak Langsung (Sumber: Darmasetiawan, et al., 1991)



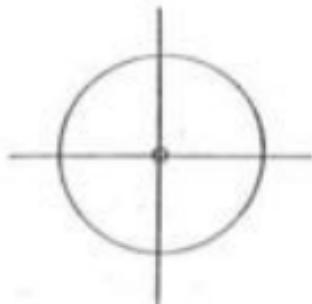
Gambar 2.27 Sorotan Cahaya Tidak Langsung Dengan Kombinasi Sorotan Langsung (Sumber: Darmasetiawan, et al., 1991)



Gambar 2.28 Sorotan Cahaya Lebar (Sumber: Darmasetiawan, et al., 1991)



Gambar 2.29 Sorotan Cahaya Langsung Dengan Kombinasi Sorotan Tidak Langsung (Sumber: Darmasetiawan, et al., 1991)

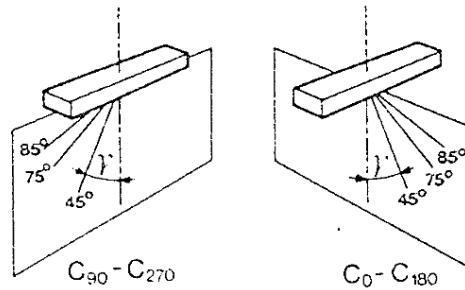


Gambar 2.30 Sorotan Cahaya Langsung dan Tidak Langsung Sama Rata (Sumber: Darmasetiawan, et al., 1991)

Menurut (IESNA, 2000) menjelaskan bahwa beberapa faktor yang perlu dihindari untuk mendapatkan kenyamanan penglihatan pada bidang kerja. Adapun sebagai berikut beberapa poin yang tercantum:

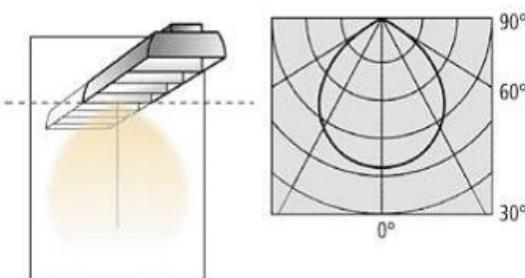
- a) Silau (*glare*), terbagi dua jenis yaitu *disability glare* dan *discomfort glare*. *Disability glare* adalah silau yang menyebabkan mata tidak mampu melihat apapun akibat dari pancaran sinar yang besar ke arah mata, sedangkan untuk *discomfort glare* merupakan silau yang ditimbulkan akibat pantulan sinar terhadap bidang kerja atau unsur-unsur disekitarnya yang menuju mata.
- b) Bayangan (*shadow*), pancaran sinar cahaya ke bidang kerja tertutupi oleh suatu objek (tangan).
- c) Cahaya kejut (*flicker*), ketidakstabilan suplai cahaya yang dihasilkan oleh sumber cahaya yang menyebabkan perubahan intensitas cahaya dengan cepat.

Pada umumnya data distribusi cahaya dinyatakan dalam suatu diagram polar yang berupa kurva-kurva yang memberikan hubungan antara besarnya intensitas terhadap arah dari intensitas tersebut.



Gambar 2.31 Diagram Polar Untuk Armatur Pada Bidang Vertikal (Sumber: SNI 03-6575-2001)

Distribusi cahaya pada suatu alat penerangan tergantung pada desain reflektor, armatur, dan pemilihan ballast. Untuk mengetahui pendistribusian cahaya dari jenis armatur yang akan digunakan yaitu dengan melihat kurva distribusi intensitas cahaya. Kurva distribusi merupakan salah satu faktor penting dalam teknik pencahayaan, dikarenakan distribusi intensitas cahaya merupakan salah satu parameter yang penting dalam pemilihan armatur sebagai perangkat pencahayaan buatan dan dijadikan sebagai sebagai dasar pembelajaran dalam sistem pencahayaan. Suatu kurva distribusi cahaya vertikal diperoleh dengan pengukuran pada berbagai sudut elevasi di (dalam) suatu bidang vertikal ke pusat cahaya.



Gambar 2.32 Kurva Distribusi Secara Tegak Lurus (Sumber: Parjan, 2020)

Menurut (Kristian, et al., 2018) berdasarkan cara distribusi cahayanya, pencahayaan menurut (ILO, 1998) dalam (Wibiyanti, 2008) dan (Grondzik., Kwok, 2010) dapat dibedakan menjadi 5 bagian, yaitu:

1. Distribusi Pencahayaan Langsung (*Direct Lighting*)

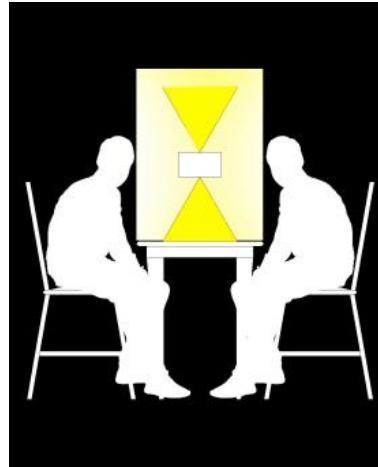
Pada sistem pencahayaan langsung sebanyak 90% sampai dengan 100% cahaya diarahkan secara langsung ke benda-benda yang perlu diterangi. Pada jenis pencahayaan ini untuk kelebihannya adalah pencahayaan menjadi lebih efektif dikarenakan semua sinar dapat berfungsi sesuai dengan semestinya, sedangkan untuk kelemahannya adalah pencahayaan ini mengakibatkan silau yang mengganggu serta beresiko untuk kesehatan mata.



Gambar 2.33 *Direct Lighting* (Sumber: Kristian, et al., 2018)

2. Distribusi Pencahayaan Semi Langsung (*Semi Direct Lighting*)

Pada sistem pencahayaan semi langsung sebanyak 60% sampai dengan 90% cahaya diarahkan langsung kepada benda-benda yang perlu diterangi, sedangkan sisanya akan dipantulkan ke langit-langit dan dinding. Pada jenis pencahayaan ini memiliki kelebihan dimana merupakan solusi untuk jenis lampu seperti pencahayaan langsung, sedangkan untuk kelemahannya yaitu biaya instalasi dan perawatan yang mahal.



Gambar 2.34 *Semi Direct Lighting* (Sumber: Kristian, et al., 2018)

3. Distribusi Pencahayaan Difus (*General Diffuse Lighting*)

Pada sistem pencahayaan difus untuk sebanyak 40% sampai dengan 60% cahaya diarahkan kepada permukaan yang dituju, selebihnya untuk menerangi langit-langit dan dinding untuk kemudian dipantulkan. Pada jenis pencahayaan ini untuk kelebihannya adalah cahaya teduh, sedangkan untuk kelemahannya adalah pada bayangan dan kesilauannya.



Gambar 2.35 *General Diffuse Lighting* (Sumber: Kristian, et al., 2018)

4. Distribusi Pencahayaan Semi Tidak Langsung (*Semi Indirect Lighting*)

Pada sistem pencahayaan semi tidak langsung sebanyak 60% sampai dengan 90% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas, dan sisanya ke bawah. Dengan demikian langit-langit memerlukan perhatian lebih dengan dilakukannya

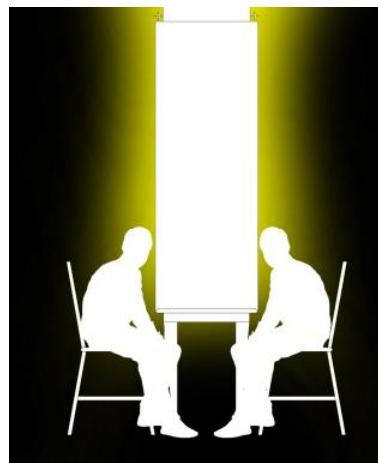
pemeliharaan yang baik. Pada jenis pencahayaan ini untuk kelebihannya adalah efisien dan kuat penerangannya lebih tinggi, sedangkan untuk kelemahannya adalah bayangan dan kesilauan yang timbul pada cahaya langsung akan tetapi dapat dikurangi.



Gambar 2.36 *Semi Indirect Lighting* (Sumber: Kristian, et al., 2018)

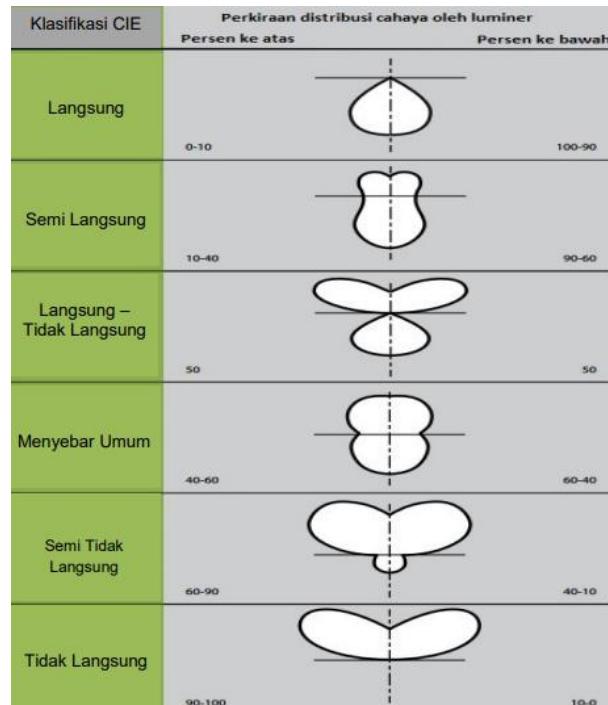
5. Distribusi Pencahayaan Tidak Langsung (*Indirect Lighting*)

Pada sistem pencahayaan tidak langsung sebanyak 90% sampai dengan 100% cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas kemudian dipantulkan untuk menerangi seluruh ruangan. Supaya seluruh langit-langit dapat dijadikan sumber cahaya, maka diperlukan pemeliharaan yang baik.

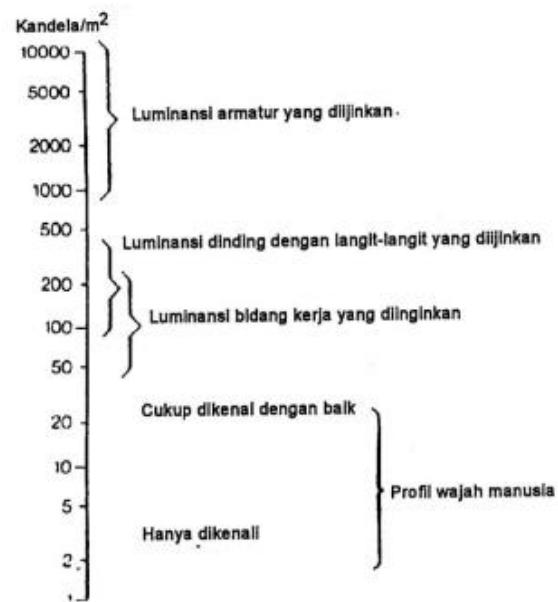


Gambar 2.37 *Indirect Lighting* (Sumber: Kristian, et al., 2018)

Pada gambar berikut yang tercantum pada SNI 6197-2020 bahwa ada beberapa klasifikasi mengenai perkiraan distribusi cahaya oleh luminer:



Gambar 2.38 Ilustrasi Kelas Luminer (Sumber: SNI 6197-2020)



Gambar 2.39 Skala Luminansi Untuk Pencahayaan Interior (Sumber: SNI 6197-2020)

2.3.2.4 Satuan Pengukuran Cahaya

Pengukuran cahaya atau *photometric quantity* merupakan pengukuran terhadap parameter cahaya, dimana meliputi aspek-aspek psikofisis energi radiasi yang dapat

terlihat oleh mata manusia. Kemudian untuk ukuran-ukuran dasar teknik pencahayaan diantaranya:

1. Fluks cahaya (ϕ) merupakan jumlah cahaya yang jatuh pada setiap sudut ruangan, adapun untuk satuan dari fluks cahaya yaitu satuan lumen (lm).
2. Intensitas cahaya (I) merupakan arus cahaya yang dipancarkan ke satu arah tertentu per satuan sudut ruangan, adapun untuk satuan dari intensitas cahaya yaitu candela (cd).
3. Iluminasi (E) merupakan arus cahaya yang jatuh pada suatu permukaan per sebuah bidang per meter persegi (m^2), adapun untuk satuan iluminasi yaitu lux.
4. Luminasi (L) merupakan permukaan benda yang mengeluarkan atau memantulkan intensitas cahaya yang tampak pada satuan luas permukaan benda tersebut, kemudian dinyatakan dalam candela per meter persegi (cd/m^2).

2.3.2.5 Tingkat Pencahayaan

Umumnya tingkat pencahayaan suatu ruangan didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja (bidang horizontal yang terletak sebesar 0,75 meter di atas lantai pada seluruh ruangan. Adapun untuk melihat tingkat pencahayaan yang direkomendasikan pada ruangan-ruangan termuat pada tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5 Tingkat pencahayaan rata-rata, renderasi warna, dan temperatur warna yang direkomendasikan (Sumber: SNI 6197-2011)

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok Renderasi Warna	Temperatur Warna		
			Warm <3.300 Kelvin	Warm White 3.300 ~ 5.300 Kelvin	Cool Daylight 5.300 Kelvin
<u>Rumah Tinggal:</u>					
- Teras	60	1 atau 2	•	•	
- Ruang Tamu	150	1 atau 2		•	
- Ruang Makan	250	1 atau 2	•		

Lanjutan tabel 2.5

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok Renderasi Warna	Temperatur Warna		
			Warm <3.300 Kelvin	Warm White 3.300 ~ 5.300 Kelvin	Cool Daylight 5.300 Kelvin
- Kamar Tidur	250	1 atau 2	•	•	
- Kamar Mandi	250	1 atau 2		•	•
- Dapur	250	1 atau 2	•	•	
- Garasi	60	3 atau 4		•	•
Perkantoran:					
- Ruang Resepsionis	300	1 atau 2	•	•	
- 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		•	•
- Ruang Tangga Darurat	150	1 atau 2			•
- Ruang Parkir	100	3 atau 4			•
Lembaga Pendidikan:					
- Ruang Kelas	350	1 atau 2		•	•
- Perpustakaan	300	1 atau 2		•	•
- Laboratorium	500	1		•	•
- R. Praktek Komputer	500	1 atau 2		•	•
- Ruang Guru	300	1 atau 2		•	•
- Ruang Olahraga	300	2 atau 3		•	•
- Ruang Gambar	750	1		•	•
- Kantin	200	1	•	•	
Hotel dan Restoran:					
- R. Resepsionis dan kasir	300	1 atau 2	•	•	
- Lobi	350	1	•	•	
- Ruang Serbaguna	200	1	•	•	
- Ruang Rapat	300	1	•	•	
- Ruang Makan	250	1	•	•	
- Kafetaria	200	1	•	•	
- Kamar Tidur	150	1 atau 2	•		
- Koridor	100	1	•	•	
- Dapur	300	1	•	•	
Rumah Sakit/Balai Pengobatan:					
- Ruang Tunggu	200	1 atau 2	•	•	
- Ruang Rawat Inap	250	1 atau 2		•	•
- Ruang Operasi dan Ruang Bersalin	300	1		•	•
- Laboratorium	500	1 atau 2		•	•
- Ruang Rekreasi dan Rehabilitasi	250	1	•	•	
- Ruang Koridor Siang Hari	200	1 atau 2		•	•
- Ruang Kantor Staff	350	1 atau 2		•	•
- Kamar Mandi dan Toilet Pasien	200	2			•
Pertokoan/Ruang Pamer:					

Lanjutan tabel 2.5

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok Renderasi Warna	Temperatur Warna		
			Warm <3.300 Kelvin	Warm White 3.300 ~ 5.300 Kelvin	Cool Daylight 5.300 Kelvin
- Area Penjualan Kecil	300	1 atau 2		•	•
- Area Penjualan Besar	500	1 atau 2		•	•
- Area Kasir	500	1 atau 2		•	•
- Toko Kue dan Makanan	250	1	•	•	
- Toko Bunga	250	1		•	
- Toko Buku dan Alat Tulis/Gambar	300	1	•	•	
- Toko Perhiasan dan Arloji	500	1	•	•	
- Toko Barang Kulit dan Sepatu	500	1	•	•	
- Toko 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		•	•
- Pekerjaan Kasar	200	2 atau 3		•	•
- Pekerjaan Menengah	500	1 atau 2		•	•
- Pekerjaan Halus	1.000	1		•	•
- Pekerjaan Amat Halus	2.000	1		•	•
- Pemeriksaan Warna	750	1		•	•
Rumah Ibadah:					
- Masjid	200	1 atau 2		•	
- Gereja	200	1 atau 2		•	
- Vihara	200	1 atau 2		•	

Dimana: Simbol (•) merupakan dapat digunakan.

2.3.2.6 Koefisien Penggunaan

Koefisien penggunaan (K_p) atau *Coefficient of Utilization* (CU) didefinisikan sebagai perbandingan antara fluks cahaya yang sampai di bidang kerja terhadap *output* cahaya yang dipancarkan oleh semua lampu.

Pengaruh dari besarnya koefisien penggunaan pada sebuah armatur diberikan dalam bentuk tabel yang dikeluarkan oleh pabrik atau produksi dari perusahaan armatur yang berdasarkan hasil pada pengujian dari instalasi terkait. Hal tersebut

menjadi keharusan adanya tabel, dikarenakan mempengaruhi dari perancangan pencahayaan.

Nilai dari koefisien penggunaan ini besarnya kurang dari 1, dikarenakan pada gedung-gedung perkantoran modern umumnya untuk nilainya berkisar pada 0,8. Adapun besarnya koefisien penggunaan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti distribusi intensitas cahaya dari armatur, perbandingan antara *output* cahaya dari armatur dengan *output* cahaya dari lampu di dalam armatur, reflektansi cahaya dari langit-langit, dinding dan lantai, dengan demikian pemasangan armatur tergantung dipasang dengan keadaan menempel atau digantung pada langit-langit, dan dimensi ruangan.

2.3.2.7 Koefisien Depresiasi

Koefisien depresiasi (K_d) atau koefisien rugi-rugi cahaya adalah perbandingan cahaya setelah jangka waktu tertentu dari instalasi pencahayaan digunakan terhadap tingkat pencahayaan pada waktu instalasi baru.

Berdasarkan (SNI 2001) tentang tingkat pencahayaan buatan, nilai untuk koefisien depresiasi adalah sebesar 0,8. Pada nilai koefisien depresiasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, turunnya tegangan listrik karena penurunan *output* cahaya, penurunan *output* cahaya lampu selama waktu penggunaan, kebersihan dari permukaan-permukaan ruangan dan tingkat penumpukan kotoran dari lampu dan armatur (Aulia, 2018).

Adapun besarnya dari koefisien depresiasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kebersihan dari lampu dan armatur, kebersihan dari permukaan-permukaan ruangan, penurunan *output* cahaya lampu selama waktu penggunaan, dan penurunan *output* cahaya lampu karena penurunan tegangan listrik.

Untuk faktor kehilangan cahaya terbagi pada dua bagian yaitu *recoverable factor* dan *non-recoverable factor*, pada *recoverable factor* terdiri atas *luminaire dirt depreciation*, *room surface dirt depreciation*, *lamp lumen depreciation*, dan *lamp burnout*. Sedangkan untuk *non-recoverable factor* terdiri dari *luminaire ambient temperature*, *voltage variation*, *luminaire surface depreciation*, dan *ballast factor*.

1. Recoverable Factor

- a) *Luminaire Dirt Deprecation* (LDD) merupakan depresiasi cahaya yang diakibatkan oleh adanya penimbunan kotoran pada luminer.
- b) *Room Surface Dirt Deprecation* (RSDD) merupakan depresiasi cahaya akibat adanya penumpukan kotoran yang terletak pada permukaan ruang.

Tabel 2.6 *Room Dirt Deprecation*

Jenis Pencahayaan	Nilai Permukaan
Pencahayaan Langsung	$0,92 \pm 5\%$
Pencahayaan Semi Langsung	$0,87 \pm 8\%$
Pencahayaan Semi Tidak Langsung	$0,82 \pm 10\%$
Pencahayaan Tidak Langsung	$0,77 \pm 12\%$

- c) *Lamp Lumen Deprecation* (LLD) merupakan faktor depresiasi lumen yang tergantung pada jenis dari lampu dan waktu penggantianya.

Tabel 2.7 *Lamp Lumen Deprecation*

Jenis Lampu	Penggantian Bersamaan	Penggantian Berdasarkan Lampu
Lampu Pijar	0,94	0,88
<i>Tungsten-halogen</i>	0,98	0,94
<i>Flourescent</i>	0,9	0,85
<i>Mercury</i>	0,82	0,74
<i>Metal-halide</i>	0,87	0,8
<i>High-pressure sodium</i>	0,94	0,88

- d) *Lamp Burn Out* (LBO) merupakan jumlah lampu yang mati sebelum pada waktu penggantian yang direncanakan. Apabila lampu melakukan penggantian

seluruhnya secara bersamaan maka nilainya sebesar 1, apabila melakukan penggantian hanya untuk kondisi lampu yang mati maka nilainya sebesar 0,95.

2. *Non-recoverable Factor*

- a) *Luminaire Ambient Temperature* (LAT) merupakan suhu pada sekitar luminer, apabila lampu sedang beroperasi di lingkungan normal (sesuai arahan dari pabrik lampu) maka nilainya sebesar 1.
- b) *Voltage Variation* (VV) merupakan variasi tegangan listrik, apabila lampu sedang beroperasi pada voltase yang sesuai maka nilainya sebesar 1.
- c) *Luminaire Surface Depreciation* (LSD) merupakan depresiasi permukaan luminer. Permukaan pada luminer akan mengalami penurunan kualitas, seperti pada penutup berubah warna, reflektor tergores, dan faktor lain sebagainya.
- d) *Ballast Factor* (BF) merupakan faktor ballast, dimana menjadi faktor kesalahan dalam perhitungan apabila ballast pada luminer berbeda dengan yang tercantum dalam data teknis.

2.3.2.8 Kualitas Warna Cahaya

Kualitas cahaya yang tidak baik akan berpengaruh pada suasana atmosfer ruang, menimbulkan tekanan psikologis pada pengguna dan gangguan penglihatan yang berdampak pada kesehatan. Terdapat dua karakteristik yang berbeda sifatnya pada kualitas warna suatu lampu, yakni tampak warna yang dinyatakan dalam temperatur warna dan renderasi warna yang dapat mempengaruhi penampilan objek yang diberikan cahaya dari suatu lampu.

Adapun sumber cahaya yang mempunyai tampak warna yang sama dapat mempunyai renderasi warna yang berbeda.

1. Tampak Warna

Secara umum bahwa semakin tinggi pada tingkat pencahayaan yang diperlukan maka semakin sejuk tampak warna yang dipilih sehingga tercipta pencahayaan yang nyaman.

Tabel 2.8 Tampak Warna Terhadap Temperatur Warna (Sumber: SNI 03-6575-2001)

Temperatur Warna (Kelvin)	Tampak Warna
> 5.300	Dingin (<i>daylight</i>)
3.300 ~ 5.300	Nyaman (<i>cool-white</i>)
< 3.300	Hangat (<i>warm-white</i>)

2. Renderasi Warna

Renderasi warna merupakan efek suatu lampu kepada warna objek akan berbeda-beda. Kemudian dipergunakan juga suatu indeks yang menyatakan kesesuaian dari warna objek tampak alami apabila diberi cahaya lampu tersebut. Secara teoritis, nilai maksimum dari indeks renderasi warna yakni bernilai 100. Tercantum pada SNI 6197-2011 lampu diklasifikasikan dalam kelompok renderasi warna yang dinyatakan dengan Ra indeks sebagai berikut:

- a) Pengaruh warna kelompok 1: Ra indeks 81% ~ 100%.
- b) Pengaruh warna kelompok 1: Ra indeks 61% ~ 80%.
- c) Pengaruh warna kelompok 1: Ra indeks 40% ~ 60%.
- d) Pengaruh warna kelompok 1: Ra indeks < 40%.

2.3.2.9 Jumlah Sumber Cahaya

Idealnya dalam menganalisis pada sistem pencahayaan dibutuhkan perhitungan jumlah sumber cahaya (lampu) yang dibutuhkan, dengan tujuan untuk memenuhi standarisasi atau peraturan yang berlaku. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$N = \frac{E_{standar} \times A}{I \times CU \times LLF} \quad (2.10)$$

Dimana:

N = jumlah lampu.

$E_{standar}$ = kuat pencahayaan sesuai standar.

A = luasan area yang diterangi (m^2).

I = fluks cahaya (lumen).

LLF = *Light Loss Factor* atau koefisien depresiasi.

CU = *Coefficient of Utilization* atau koefisien penggunaan.

2.3.2.10 Fluks Cahaya

Fluks cahaya atau *luminous intensity* merupakan kuat cahaya yang dikeluarkan oleh sebuah sumber cahaya per satuan waktu (detik) yang diukur dengan lumen.

Persamaan yang digunakan untuk fluks cahaya adalah sebagai berikut:

$$I = i \times n \quad (2.11)$$

Dimana:

I = fluks cahaya (lumen).

i = tingkat pencahayaan pada lampu yang dipakai (lumen).

n = jumlah sumber cahaya.

2.3.2.11 Kuat Pencahayaan

Kuat pencahayaan merupakan tingkat pencahayaan pada bidang kerja atau permukaan. Adapun besar dari kuat penerangan dibutuhkan pada suatu ruangan, ditentukan dengan persamaan berikut:

$$E = \frac{I \times CU \times LLF}{A} \quad (2.12)$$

Dimana:

E = kuat pencahayaan (lux).

I = fluks cahaya (lumen).

A = luasan area yang diterangi (m^2).

LLF = *Light Loss Factor* atau koefisien depresiasi.

CU = *Coefficient of Utilization* atau koefisien penggunaan.

2.4.Uji Validitas dan Reliabilitas

2.4.1 Uji Validitas

Validitas berasal dari kata *validity* yang mempunyai arti sejauh mana ketepatan dan kecermatan suatu alat ukur dalam melakukan fungsi ukurannya (Azwar, 1876). Pada dasarnya validitas dalam penelitian membuktikan pada derajat ketepatan alat ukur penelitian terhadap isi sebenarnya yang diukur. Uji validitas menunjukkan sejauh mana alat ukur yang digunakan dalam pengukuran.

Adapun pengujian yang digunakan menggunakan korelasi *Pearson Product Moment*, dimana analisis ini menggunakan cara mengorelasikan masing-masing skor item dengan skor total (penjumlahan dari keseluruhan item). Kemudian untuk interpretasi koefisien korelasi pada nilai 0,00 sampai dengan 0,19 dikategorikan sangat rendah, nilai 0,20 sampai dengan 0,39 dikategorikan rendah, nilai 0,40 sampai dengan 0,59 dikategorikan sedang, nilai 0,60 sampai dengan 0,79 dikategorikan kuat, dan nilai 0,80 sampai dengan 1,00 dikategorikan sangat kuat.

Persamaan untuk korelasi *Pearson Product Moment* tercantum pada 2.13 berikut:

$$r_{xy} = \frac{N\Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{[n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2][n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}} \quad (2.13)$$

Dimana:

- r_{xy} = koefisien korelasi antara variabel x dan variabel y.
- Σ_{xy} = jumlah perkalian antara variabel x dan variabel y.
- Σx^2 = jumlah dari kuadrat nilai x.
- Σy^2 = jumlah dari kuadrat nilai y.
- $(\Sigma x)^2$ = jumlah nilai x kemudian dikuadratkan.
- $(\Sigma y)^2$ = jumlah nilai y kemudian dikuadratkan.

2.4.2 Uji Reliabilitas

Menurut (Notoatmodjo, 2005) menjelaskan bahwa reliabilitas adalah indeks yang menunjukkan sejauh mana suatu alat pengukur dapat dipercaya atau diandalkan. Sehingga uji reliabilitas dapat digunakan untuk mengetahui konsistensi dari alat ukur, dimana alat ukur dapat dikatakan reliabel apabila menghasilkan hasil yang sama meskipun dilakukan pada pengukuran yang berkali-kali.

Metode dari uji reliabilitas digunakan metode *Cronbach's Alpha*, menurut (Arikunto, 2010) menyatakan bahwa *Cronbach's Alpha* digunakan untuk mencari reliabilitas instrumen yang skornya bukan 1 atau 0. Pada perhitungan menggunakan rumus *Cronbach's Alpha* dikatakan diterima apabila perhitungan r hitung $> r$ tabel 5%.

Rumus yang digunakan pada metode *Cronbach's Alpha*:

$$r_{11} = \left[\frac{k}{(k-1)} \right] \left[1 - \frac{\Sigma \sigma_b^2}{\sigma_t^2} \right] \quad (2.14)$$

Dimana:

r_{11} = koefisien reliabilitas instrumen (total tes).

k = jumlah butir pertanyaan yang sah.

$\Sigma \sigma_b^2$ = jumlah varian butir.

σ_t^2 = varian skor total.

2.5 Penelitian Terkait

Penelitian ini merujuk pada beberapa penelitian terdahulu serta jurnal yang nasional maupun internasional. Oleh karena itu, berikut hasil penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai referensi guna menjadi rujukan atas penelitian ini.

Tabel 2.9 Jurnal Terkait Penelitian

No.	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tempat, Tahun Penelitian	Hasil Pembahasan
1.	Optimasi Pengaruh Distribusi Cahaya terhadap <i>Image Jual</i>	Carolina Siantoputri, Sumartono dan	<i>Domus Furniture and</i>	Penelitian menggunakan metode penelitian kuantitatif dan kualitatif. Hasil peneli-

	Produk pada Interior <i>Domus Furniture and Home Decor</i> , Surabaya	Poppy Nilasari F.	<i>Home Decor</i> Surabaya, 2013	tiannya diketahui distribusi cahaya masih kurang merata terutama pada siang hari. Nilai kuat penerangan rata-rata di <i>Domus Furniture and Home Decor</i> masih kurang dari standar. Hasil optimasi skenario 3 sudah mendekati standar, tapi masih belum mencapai standar.
2.	Pengaruh Cara Distribusi Pencahayaan Buatan Pada Kenyamanan Bercengkerama Pengunjung Kafe	Martin Sena Kristian, Leonardo, Erwin Ardianto Halim	Kafe, 2018	Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif-kuantitatif. Hasil penelitiannya diketahui bahwa jenis pencahayaan yang lebih menyebar dapat menciptakan kenyamanan untuk bercengkerama adalah jenis <i>indirect lighting</i> . Diperoleh dengan data <i>indirect lighting</i> adalah cara distribusi cahaya ternyaman berdasarkan data yang diperoleh. Meskipun hasil akhir yang didapatkan tidak terlalu signifikan dibandingkan <i>general diffuse lighting</i> dengan perbedaan 2 poin, skor <i>indirect lighting</i> dalam pemilihan opsi “sangat nyaman”, memiliki <i>margin</i> yang signifikan dibandingkan <i>general diffuse lighting</i> .
3.	Optimasi Sistem Pencahayaan Buatan Pada Budget Hotel di Surabaya	Steffi Julia Soegandhi, Hedy C. Indriani, dan	Hotel 88 dan Hotel Bekizaar Surabaya, 2015	Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan verifikasi. Hasil penelitiannya diketahui untuk desain pencahayaan

		Purnama Esa Dora		yang paling optimal pada area lobi yaitu dengan mengkombinasikan sistem pencahayaan <i>general, accent, dan task lighting</i> .
4.	Perencanaan dan Pemasangan <i>Air Conditioning</i> pada Ruang Dosen dan Teknisi PSD III Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang	Hari Novianto Yasmirja	Ruang Dosen dan Teknisi PSD III Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang, 2017	Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Hasil penelitiannya diketahui bahwa hasil perhitungan beban pendinginan diruang Dosen dan Teknisi PSD III Teknik Mesin Universitas Diponegoro dengan desain suhu dalam 24°C, RH = 50% diperoleh hasil sebesar 10.836,94 BTU/jam.
5.	Pengaruh Distribusi Cahaya Terhadap Image Cafe Calibre di Surabaya	Poppy Firtatwentyna Nilasari	Cafe Calibre Surabaya, 2026	Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif dan kuantitatif. Hasil penelitiannya diketahui bahwa Penerapan pencahayaan pada café Calibre secara distribusi cahaya cukup memenuhi standar desain pencahayaan. Café ini memanfaatkan pencahayaan alami dengan baik dengan adanya bukaan (<i>sidelight</i> dan <i>toplight</i>). Selain itu penataan armatur lampu pada area-area meja untuk pengunjung cukup sesuai.