

Tinjauan Pustaka merupakan bagian dari sebuah karya tulis yang berisi tentang kajian terhadap penelitian sebelumnya untuk menunjang penelitian yang akan dilakukan. Literatur yang digunakan dapat berasal dari buku, jurnal, paper serta sumber lainnya yang terakreditasi dan dapat dipertanggung jawabkan.

2.1 Ketentuan Umum Instalasi Listrik

Instalasi listrik merupakan hubungan antara bangunan sipil dan peralatan listrik dengan saluran-saluran listrik untuk membangkitkan, mengatur, mengubah, memakai, mengumpulkan, mengalihkan atau membagikan tenaga listrik. Perencanaan adalah kegiatan untuk merancang berkas gambar sistem instalasi beserta uraian teknis yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan pemasangan instalasi (Permenaker,2015).

Dalam perencanaan dan perancangan sistem instalasi listrik pada suatu bangunan perlu untuk memenuhi standar regulasi yang telah ditetapkan khususnya di Indonesia. Regulasi ini digunakan sebagai pedoman selama merancang sistem agar sistem sesuai dengan standar yang ada sehingga dalam pelaksanaannya dapat berjalan dengan aman dan efisien. Beberapa standar regulasi yang ada di Indonesia yaitu (ESDM, 2018):

1. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja
2. Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan
3. Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2012 tentang Kegiatan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik
4. Peraturan Pemerintah Nomor 62 Tahun 2012 tentang Usaha Jasa Penunjang Tenaga Listrik
5. Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 tentang Bangunan Gedung
6. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 0045 Tahun 2005 tentang Instalasi Ketenagalistrikan

- www.itk.ac.id
7. Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 33 Tahun 2015 tentang Keselamatan dan Kesehatan Listrik di Tempat Kerja
 8. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 2 Tahun 2018 tentang Pemberlakuan Wajib Standar Nasional Indonesia di Bidang Kelistrikan
 9. Pedoman Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011

Peralatan listrik yang akan digunakan pada perencanaan harus sesuai dengan ketentuan umum yang berlaku. Ketentuan umum peralatan listrik digunakan sebagai pedoman bagi pelaksana dalam merancang sistem instalasi listrik sehingga sistem yang digunakan handal dan aman. Ketentuan umum instalasi listrik yang berlaku di Indonesia adalah Pedoman Umum Instalasi Listrik (PUIL), Standar Nasional Indonesia (SNI) di Bidang Kelistrikan dan *International Electrotechnical Commission* (IEC). Beberapa ketentuan umum instalasi listrik yang perlu diketahui adalah sebagai berikut (PUIL, 2011):

1. Peralatan listrik harus dirancang dalam kerja normal agar tidak merusak dan membahayakan serta harus tahan terhadap kerusakan mekanis, termal dan kimiawi.
2. Bagian aktif peralatan listrik perlu dipasang isolasi aktif yang tahan lembab dan tidak mudah terbakar.
3. Peralatan listrik harus dihubungkan dengan peralatan proteksi yang memadai sehingga tidak menyebabkan bahan yang mudah terbakar menyala.
4. Peralatan listrik harus disusun dengan baik agar pemeliharaan dan pemeriksaan dapat dilakukan dengan aman.

Pekerjaan perencanaan, pemasangan, dan pengoperasian instalasi listrik perlu untuk mempertimbangkan prinsip-prinsip dasar instalasi listrik. Hal ini perlu dilakukan agar instalasi listrik yang dipasang dapat bekerja secara optimal, efektif, efisien dan aman bagi pemakainya. Prinsip-prinsip dasar instalasi listrik terdiri dari (Suripto, 2017):

1. Keamanan

Instalasi listrik harus dipasang sesuai dengan standar dan peraturan yang berlaku. Sebuah sistem instalasi listrik dikatakan aman ketika sistem

proteksi yang terpasang sesuai dan mampu merespon gangguan secara baik.

2. Keandalan

Keandalan sistem instalasi listrik meliputi kerja sistem, pengoperasian sistem dan peralatan yang digunakan. Suatu sistem dapat dikatakan handal ketika sistem listrik bekerja dalam waktu yang lama dan jika terjadi gangguan dapat diatasi dengan cepat

3. Kemudahan

Sistem instalasi listrik dapat dioperasikan dengan mudah tanpa memerlukan keterampilan yang tinggi. Kemudahan dalam sistem instalasi listrik mencakup pemasangan, penggantian, pengoperasian, perawatan, perbaikan, pengembangan dan perluasan sistem

4. Ketersediaan

Ketersediaan berkaitan dengan pengembangan dan perluasan sistem instalasi listrik dalam hal ini meliputi ketersediaan alat, tempat dan daya. Suatu sistem dapat dinyatakan memiliki ketersediaan apabila memiliki cadangan peralatan sebagai alat pengganti jika terjadi kerusakan, memiliki tempat untuk menempatkan peralatan tambahan atau pun perluasan sistem, dan memiliki cadangan daya yang dapat langsung digunakan.

5. Pengaruh Lingkungan

Pada perencanaan sistem instalasi listrik perlu mempertimbangan dampak yang terjadi pada lingkungan disekitarnya. Pengaruh lingkungan terhadap peralatan dan pengaruh peralatan terhadap lingkungan perlu diperhitungkan dengan baik agar dampak negatif yang ditimbulkan dapat diperkecil atau dihilangkan.

6. Ekonomi

Perencanaan sistem instalasi listrik perlu mempertimbangkan biaya operasional jangka panjang agar biaya yang dikeluarkan dapat dihemat. Biaya jangka panjang yang perlu diperhitungkan antara lain pemakaian, penggantian, pengoperasian, pemeliharaan, dan perluasan sistem.

7. Keindahan www.itk.ac.id

Kerapian dalam pemasangan instalasi listrik dapat memudahkan dalam pemeliharaan dan perbaikan sistem. Keserasian dalam pemilihan peralatan yang disesuaikan dengan bentuk, ukuran dan warna dalam penempatan atau tata letak dapat memberikan pemandangan yang indah dan nyaman.

2.2 Sistem Pencahayaan

Pencahayaan sangat dibutuhkan dalam menunjang pekerjaan yang membutuhkan ketelitian sehingga memberi kenyamanan visual. Pencahayaan alami yang berasal dari matahari telah menjadi sumber penerangan utama hingga saat ini. Namun pencahayaan alami hanya dapat bertahan beberapa waktu saja sehingga diperlukan sistem pencahayaan buatan saat sinar matahari tidak ada.

Sistem pencahayaan buatan adalah mekanisme cahaya yang dihasilkan dari alat buatan manusia berupa lampu untuk menerangi ruangan sebagai pengganti sinar matahari. Pencahayaan buatan sangat diperlukan bila posisi ruangan sulit dicapai oleh sinar matahari. Pencahayaan buatan perlu direncanakan dengan baik dan disesuaikan dengan kebutuhan ruangan agar cahaya yang dihasilkan ideal. Untuk memenuhi kenyamanan visual maka sistem pencahayaan buatan dalam suatu ruangan dibagi menjadi dua yaitu (Sutanto, 2018)

1. Sistem pencahayaan primer yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan aktivitas visual dalam ruangan sebagai tuntutan utama untuk mencapai level intensitas cahaya tertentu.
2. Sistem pencahayaan sekunder yang digunakan saat pencahayaan primer tidak lagi menjadi tuntutan utama.

Dalam perencanaan sistem pencahayaan buatan perlu memperhatikan nilai lumen dari lampu dan nilai lux yang dibutuhkan ruangan. Lumen adalah ukuran intensitas cahaya yang berasal dari sumber cahayanya sedangkan Lux adalah ukuran intensitas cahaya yang menyinari suatu permukaan benda. Pencahayaan buatan suatu ruangan memiliki standar maksimum penggunaan daya untuk setiap jenis ruangan yang tercantum pada SNI 03-6575 seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tingkat pencahayaan yang direkomendasikan

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna
Rumah Tinggal		
Teras	60	1 atau 2
Ruang Tamu	120-250	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 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
Ruang 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
Ruang Praktek Komputer	500	1 atau 2
Ruang Laboratorium Bahasa	300	1 atau 2
Ruang Guru	300	1 atau 2
Ruang Olahraga	300	2 atau 3
Ruang Gambar	750	1
Kantin	200	1
Hotel dan Restaurant		
Ruang Resepsionis Dan Kasir	300	1 atau 2
Lobi	350	1
Ruang Serba Guna	200	1
Ruang Rapat	300	1
Ruang Makan	250	1
Kafetaria	200	1

Tabel 2.1 Tingkat pencahayaan yang direkomendasikan

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna
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, Ruang Bersalin	300	1
Laboratorium	500	1 atau 2
Ruang Rekreasi dan rehabilitasi	250	1
Ruang Koridor Siang hari	200	1 atau 2
Ruang Koridor Malam Hari	50	1 atau 2
Ruang Kantor Staff	350	1 atau 2
Kamar Mandi & Toilet Pasien	200	2
Pertokoan/Ruang Pamer		
Ruang Pamer dengan Obyek Berukuran Besar	500	1
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, 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	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	1000	1
Pekerjaan Amat Halus	2000	1
Pemeriksaan Warna	750	1
Rumah Ibadah		
Masjid	200	1 atau 2

Tabel 2.1 Tingkat pencahayaan yang direkomendasikan

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna
Gereja	200	1 atau 2
Vihara	200	1 atau 2

(Sumber : BSN, 2011)

Pencahayaan buatan yang digunakan dalam perencanaan pada suatu ruangan harus memenuhi standar maksimum daya yang telah ditentukan. Pembatasan daya listrik ini sebagai langkah untuk penghematan energi. Standar daya listrik maksimum yang diijinkan dapat dilihat pada SNI 03-6575 seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Daya Listrik Maksimum Pencahayaan

Jenis Ruangan	Daya Pencahayaan Maksimum (W/m ²)
Ruang kantor	15
Auditorium	25
Pasar Swalayan	20

Tabel 2. 2 Daya Listrik Maksimum Pencahayaan

Jenis Ruangan	Daya Pencahayaan Maksimum (W/m ²)
Hotel :	
Kamar tamu	17
Daerah umum	20
Rumah Sakit :	
Ruang Pasien.	15
Gudang	5
Kafetaria	10
Garasi	2
Restoran	25
Lobby	10
Tangga	10
Ruang parkir	5
Ruang perkumpulan	20
Industri	20

(Sumber : BSN, 2011)

Pada perhitungan titik lampu dibutuhkan nilai lux ruangan, luas ruangan, lumen lampu, koefisien utilitas dan koefisien depresiasi. Untuk koefisien depresiasi sesuai standar SNI bernilai 0,8. Perhitungan titik lampu dapat menggunakan persamaan 2.2.

$$N = \frac{E \times A}{\phi \times LLF \times CU \times n} \quad (2.2)$$

(IESNA, 2000)

Keterangan persamaan (2.2)

- N = jumlah titik lampu
E = nilai Lux yang dibutuhkan (lx)
A = luas ruangan (m²)
 ϕ = lumen lampu (lm)
LLF = faktor rugi cahaya
CU = *coefficient of utilization*
n = jumlah lampu dalam satu titik lampu

2.3 Sistem Tata Udara

Sistem tata udara adalah sistem untuk mendinginkan atau memanaskan udara dengan mengatur suhu, kelembaban, dan arah pergerakan udara yang diinginkan untuk menghasilkan kualitas udara yang baik dan nyaman bagi penghuninya. Secara umum sistem tata udara dibagi menjadi dua yaitu

1. Sistem tata udara untuk memberikan kenyamanan kerja bagi penghuninya.
2. Sistem tata udara pada industri untuk mendinginkan peralatan atau barang yang ada di dalamnya.

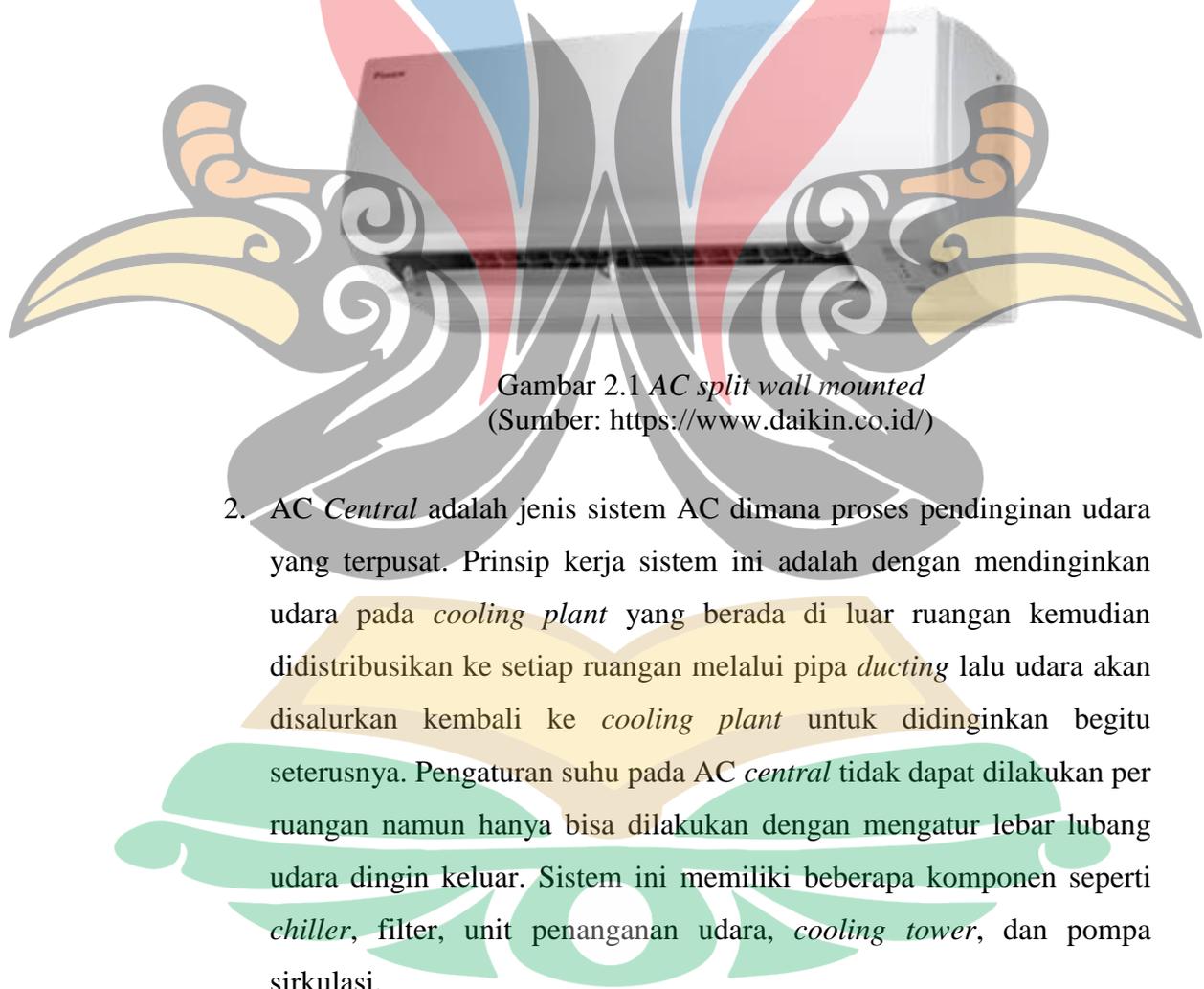
Kenyamanan termal adalah kondisi dimana seseorang akan merasakan kenyamanan dalam melakukan aktivitas dengan suhu tertentu. Indonesia merupakan daerah tropis sehingga butuh pengaturan suhu ruangan yang tepat agar ruangan tidak menjadi lembab. Rekomendasi kenyamanan termal yang sesuai dengan kondisi tropis di Indonesia menurut SNI 03-6572-2001 sebagai berikut (BSN, 2001):

1. Sejuk nyaman, dengan temperature efektif 20,5°C - 22,8°C
2. Nyaman optimal, dengan temperature efektif 22,8°C - 25,8°C

3. Hangat nyaman, dengan temperature efektif 25,8°C - 27,1°C

Salah satu jenis alat yang digunakan sebagai pendingin ruangan adalah *Air Conditioning* (AC). AC berfungsi sebagai alat untuk memindahkan udara panas dari dalam ruangan menuju keluar ruangan begitu atau sebaliknya (Homzah, 2016). Terdapat beberapa jenis AC yang biasa digunakan pada gedung antara lain:

1. AC *Split* adalah salah satu jenis alat pendingin ruangan yang biasa digunakan oleh banyak orang karena memiliki bentuk yang minimalis dan praktis serta memiliki teknologi yang sesuai untuk mendinginkan ruangan yang ada di rumah. AC *split* dari dua bagian yaitu unit pendingin yang berada di dalam ruangan dan unit pembuang panas yang diletakkan di luar ruangan.



Gambar 2.1 AC *split wall mounted*
(Sumber: <https://www.daikin.co.id/>)

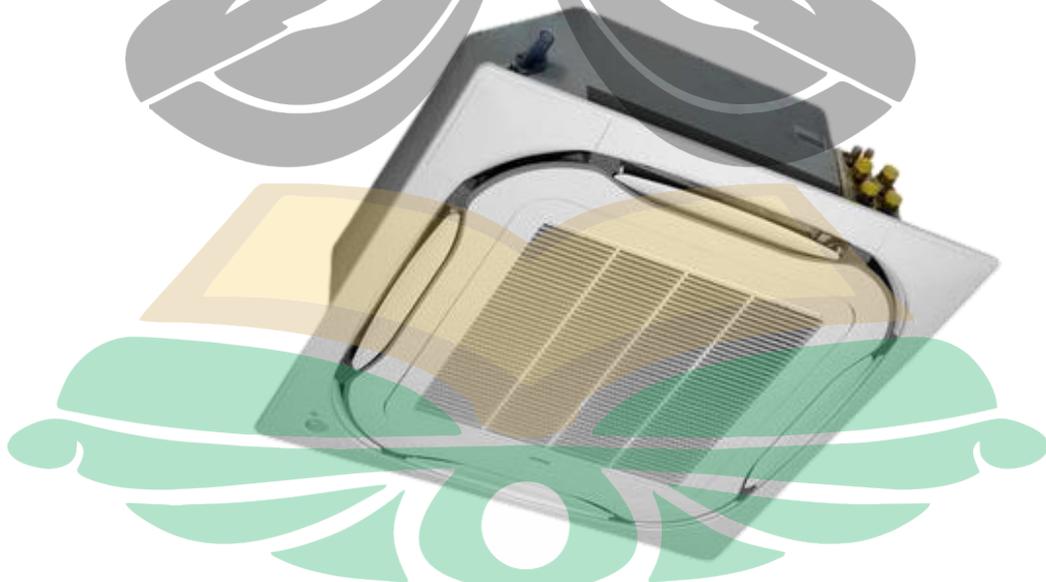
2. AC *Central* adalah jenis sistem AC dimana proses pendinginan udara yang terpusat. Prinsip kerja sistem ini adalah dengan mendinginkan udara pada *cooling plant* yang berada di luar ruangan kemudian didistribusikan ke setiap ruangan melalui pipa *ducting* lalu udara akan disalurkan kembali ke *cooling plant* untuk didinginkan begitu seterusnya. Pengaturan suhu pada AC *central* tidak dapat dilakukan per ruangan namun hanya bisa dilakukan dengan mengatur lebar lubang udara dingin keluar. Sistem ini memiliki beberapa komponen seperti *chiller*, filter, unit penanganan udara, *cooling tower*, dan pompa sirkulasi.



Gambar 2.2 *Grille AC central*
(Sumber: <https://www.indiamart.com/>)

3. *AC Cassette*

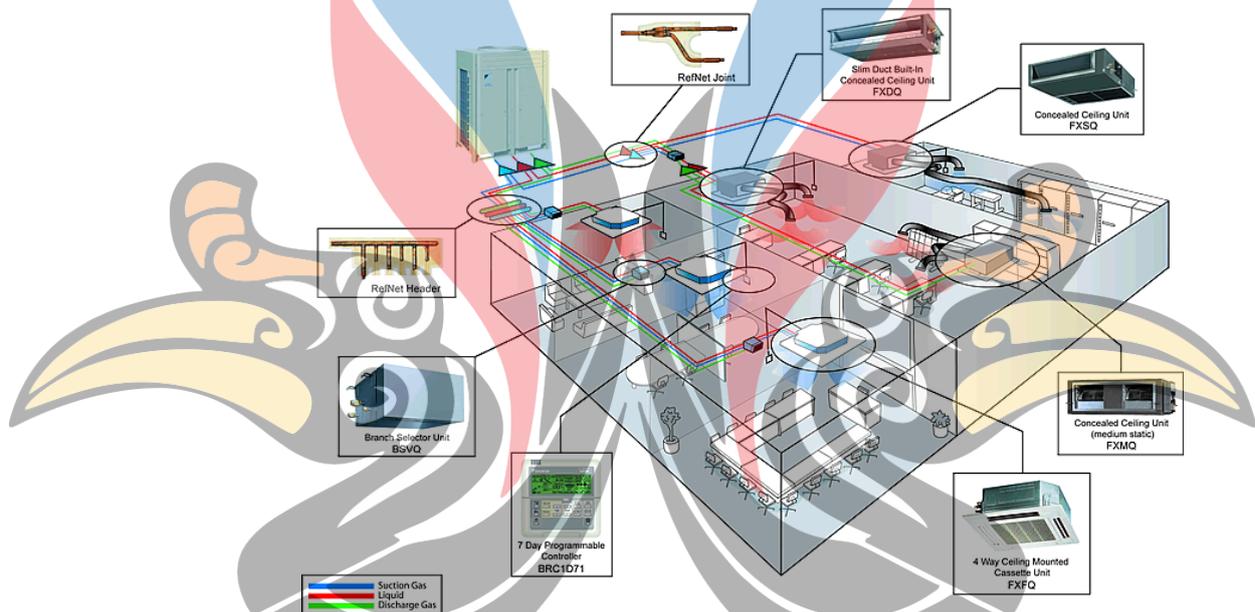
AC cassette merupakan tipe AC yang tidak *familiar* di telinga namun sudah banyak digunakan untuk pendinginan ruangan di gedung-gedung bertingkat. AC tipe ini dipasang pada langit-langit ruangan. *AC cassette* memiliki kontrol arah aliran udara sehingga udara dingin dapat mengalir ke seluruh ruangan secara merata. AC ini menghasilkan suhu udara yang jauh lebih dingin dibawah suhu ruangan sekitar.



Gambar 2.3 *AC cassette*
(Sumber: <https://www.indiamart.com/>)

4. AC Variable Refrigerant Volume (VRV)

AC VRV (*Variable Refrigerant Volume*) merupakan salah satu jenis AC yang memiliki teknologi yang lebih handal dan efisien dibanding dengan jenis AC lainnya. Sistem kerja AC VRV adalah dengan mengubah-ubah sistem kerja pendinginan. Sistem ini juga dilengkapi oleh *Central Processing Unit* (CPU) dan inverter sehingga lebih hemat energi untuk penggunaan dalam jangka waktu yang lama. Sistem ini telah terkomputerisasi untuk melakukan pengaturan jadwal dan temperature pada AC. Sistem AC ini memiliki unit *outdoor* yang dapat dihubungkan dengan beberapa unit *indoor*.



Gambar 2.4 Sistem kerja AC VRV
(Sumber: <https://www.daikin.co.id/>)

Secara umum untuk menentukan kebutuhan *British Thermal Unit* (BTU) AC atau beban panas suatu ruangan dapat dilakukan dengan menghitung beban panas yang dihasilkan oleh manusia dan barang elektronik. Perhitungan beban panas dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut (ASHRAE, 2009).
Beban panas manusia:

$$Q_{people} = N \times QS \times CLF \quad (2.3)$$

Beban panas lampu:

$$Q_{light} = P \times 3.14 \times Blast\ Factor \times CLF \quad (2.4)$$

Beban panas barang elektronik:

$$Q_{\text{electronic}} = P \times 3.14 \times CLF \quad (2.5)$$

Beban panas jendela:

$$Q_{\text{window}} = A \times SC \times SCL \quad (2.6)$$

Beban panas dinding:

$$Q_{\text{wall}} = U \times A \times CLTD \quad (2.7)$$

Beban panas atap:

$$Q_{\text{roof}} = U \times A \times CLTD \quad (2.8)$$

Beban panas lantai:

$$Q_{\text{floor}} = U \times A \times (\Delta T) \quad (2.9)$$

Beban panas ruangan keseluruhan:

$$Q = Q_{\text{people}} + Q_{\text{light}} + Q_{\text{electronic}} + Q_{\text{window}} + Q_{\text{wall}} + Q_{\text{roof}} + Q_{\text{floor}} \quad (2.10)$$

Keterangan persamaan

Q = beban panas (BTU)

N = jumlah orang

P = daya listrik (Watt)

U = koefisien transfer panas
(BTU/hr.ft².°F)

A = luas permukaan (ft²)

SC = shading coefficient

SCL = solar cooling load factor

CLF = cooling load factor

CLTD = cooling load temperature
difference

ΔT = perbedaan temperatur (°F)

2.4 Sistem Daya 3 Fasa

Dalam dunia kelistrikan dikenal istilah sistem listrik 1 fasa dan sistem listrik 3 fasa. Sistem listrik 1 fasa biasa ditemui pada daerah perumahan sedangkan untuk sistem listrik 3 fasa biasa terdapat pada sistem kelistrikan yang membutuhkan daya listrik yang besar. Untuk mengetahui nilai daya pada sistem 1 fasa digunakan perhitungan seperti yang terdapat pada persamaan 2.11 (Saadat, 1999).

$$P = V \times I \times \cos\theta \quad (2.11)$$

Pada perencanaan sistem instalasi listrik gedung bertingkat biasa digunakan daya listrik 3 fasa karena lebih ekonomis dalam penyaluran daya listrik. Penyaluran atau distribusi 3 fasa perlu memperhatikan pembagian daya pada fasa R, fasa S dan fasa T dimana nilai ketiga fasa tersebut harus seimbang. Pada tegangan yang

seimbang, setiap tegangan 1 fasa akan memiliki nilai frekuensi dan magnitudo yang sama namun antar fasanya akan memiliki beda fasa sebesar 120° (Chapman, 2005).

2.4.1 Segitiga Daya

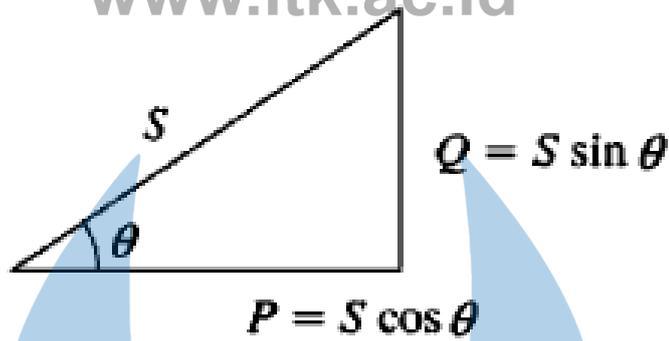
Daya listrik yang dibangkitkan oleh sebuah pembangkit listrik terbagi menjadi tiga yaitu daya semu, daya aktif dan daya reaktif. Daya semu (S) adalah hasil dari tegangan dan arus yang menyuplai beban jika perbedaannya fasa diabaikan. Daya aktif (P) merupakan daya yang sebenarnya disuplai ke beban. Daya reaktif (Q) ialah daya yang terus menerus mengalir bolak balik antara sumber dan beban mewakili energi yang disimpan dan dilepaskan dalam medan magnet atau medan listrik. Perhitungan untuk setiap jenis daya listrik dapat dilihat pada persamaan 2.12 – 2.14 (Chapman, 2005).

$$P = V \times I \times \cos\theta \quad (2.12)$$

$$Q = V \times I \times \sin\theta \quad (2.13)$$

$$S = V \times I \quad (2.14)$$

Hubungan ketiga jenis daya listrik tersebut dalam menyuplai beban biasa disebut dengan segitiga daya. Gambar segitiga daya ditunjukkan pada gambar 2.7. Pada terdapat sudut pada sisi kiri bawah yang disebut sebagai sudut impedansi (θ). Pada daya aktif, sudut impedansi selalu bernilai positif sedangkan pada daya reaktif sudut impedansi bernilai positif untuk beban induktif dan bernilai negatif untuk beban kapasitif. Besaran nilai dari $\cos \theta$ biasa dikenal sebagai *power factor* dari beban yang merupakan pecahan dari daya semu yang sebenarnya menyuplai daya aktif ke beban. Perlu diketahui bahwa nilai $\cos \theta = \cos (-\theta)$ sehingga tidak dapat dikatakan beban merupakan induktif atau kapasitif hanya dari nilai *power factor* saja dan perlu pernyataan dari konsumen mengenai apakah arus mendahului atau tertinggal dari tegangan. Maka dari itu, segitiga daya memperjelas hubungan antar daya semu, aktif, reaktif, dan *power factor* sehingga memudahkan dalam menghitung berbagai besaran jika diketahui beberapa diantaranya.

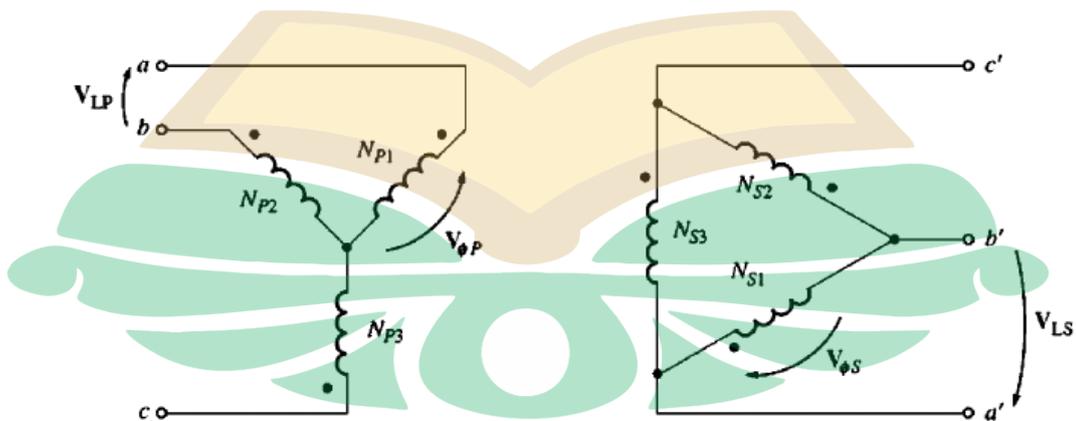


Gambar 2.5 Segitiga Daya
(Chapman, 2005)

2.4.2 Hubungan wye-delta (Y-Δ)

Hubungan wye-delta (Y-Δ) adalah rangkaian yang digunakan pada transformator 3 fasa untuk menaikkan tegangan dari tegangan rendah ke tegangan tinggi untuk digunakan pada saluran transmisi. Hubungan wye-delta (Y-Δ) lebih stabil untuk digunakan pada beban tidak seimbang karena tidak memiliki masalah dengan komponen harmonik. Pada hubungan wye-delta (Y-Δ) untuk lilitan primer tegangan saluran akan bernilai $\sqrt{3}$ dari tegangan fasa sedangkan untuk lilitan sekunder nilai tegangan saluran bernilai sama dengan tegangan fasa. Secara sistematis hubungan wye-delta (Y-Δ) dapat dilihat pada persamaan 2.15 (Chapman, 2005).

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{\sqrt{3}V_{\phi P}}{V_{\phi S}} \tag{2.15}$$

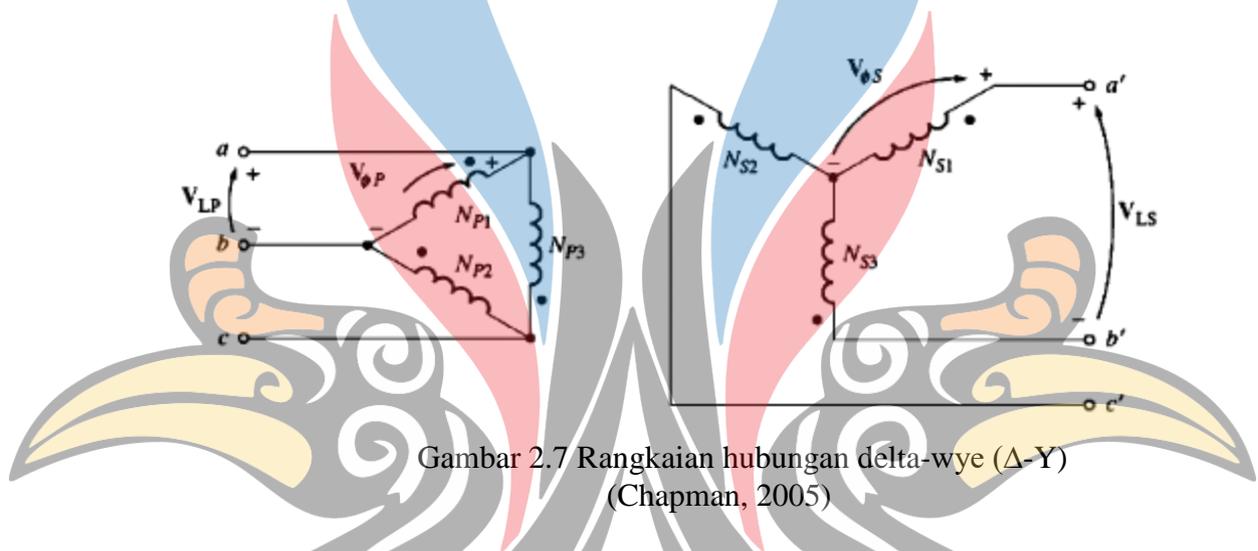


Gambar 2.6 Rangkaian hubungan wye-delta (Y-Δ)
(Chapman, 2005)

2.4.3 Hubungan delta - wye (Δ -Y)

Hubungan delta-wye (Δ -Y) adalah rangkaian yang digunakan pada transformator 3 fasa untuk menurunkan tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan rendah. Pada hubungan delta-wye (Δ -Y) tegangan fasa dan tegangan saluran pada lilitan primer akan bernilai sama sedangkan pada lilitan sekunder tegangan fasa bernilai $\sqrt{3}$ dari tegangan saluran. Secara sistematis hubungan delta-wye (Δ -Y) dapat dilihat pada persamaan 2.16 (Chapman, 2005).

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{V_{\phi P}}{\sqrt{3} V_{\phi S}} \quad (2.16)$$



Gambar 2.7 Rangkaian hubungan delta-wye (Δ -Y)
(Chapman, 2005)

2.4.4 Daya Seimbang pada Beban 3 Fasa

Transformator 3 fasa dapat dihubungkan dengan hubungan wye (Y) dan hubungan delta (Δ). Daya nyata pada transformator 3 fasa dengan beban seimbang menggunakan hubungan wye (Y) memiliki arus saluran dan arus fasa bernilai sama sedangkan nilai tegangan saluran bernilai $\sqrt{3}$ tegangan fasa. Jika diberikan persamaan daya nyata yang digunakan beban seperti pada persamaan 2.17.

$$P = 3 \times V_{\phi} \times I_{\phi} \times \cos \theta \quad (2.17)$$

maka didapatkan perhitungan daya nyata pada hubungan wye (Y) seperti pada persamaan 2.18.

$$P = 3 \times \left(\frac{V_{LL}}{\sqrt{3}} \right) \times I_{LL} \times \cos \theta \quad (2.18)$$

$$P = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_{LL} \times \cos \theta$$

Daya nyata pada transformator 3 fasa dengan beban seimbang menggunakan hubungan delta (Δ) memiliki nilai arus saluran $\sqrt{3}$ dari arus fasa sedangkan nilai tegangan saluran bernilai sama tegangan fasa. Dengan menggunakan persamaan 2.14 maka didapatkan perhitungan daya nyata dengan hubungan delta (Δ) seperti pada persamaan 2.19.

$$P = 3 \times V_{LL} \times \left(\frac{I_{LL}}{\sqrt{3}}\right) \times \cos \theta \quad (2.19)$$

$$P = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_{LL} \times \cos \theta$$

Terlihat pada persamaan 2.15 dan persamaan 2.16 bahwa besar daya total adalah sama terlepas dari bagaimana hubungan beban yang tersambung. Perlu diperhatikan bahwa perhitungan ini hanya dapat digunakan pada beban seimbang. Persamaan daya reaktif dan daya semu dapat dilihat pada persamaan 2.20 dan persamaan 2.21.

$$Q = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_{LL} \times \sin \theta \quad (2.20)$$

$$S = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_{LL} \quad (2.21)$$

(Chapman, 2005)

Keterangan persamaan (2.11 - 2.21)

P = Daya Nyata (Watt)

V = Tegangan (Volt)

Q = Daya Reaktif (VAR)

I = Arus (Ampere)

S = Daya Semu (VA)

2.5 Kemampuan Hantar Arus (KHA)

Kemampuan hantar arus (KHA) adalah arus maksimum yang dapat dihantarkan oleh suatu konduktor pada suatu kondisi yang ditentukan. Setiap konduktor harus memiliki KHA yang sesuai dengan standar yang berlaku dan tidak boleh kurang dari kebutuhan maksimum yang telah ditentukan. Arus pengenal proteksi beban lebih tidak boleh melebihi nilai KHA suatu konduktor yang diproteksi. Standar nilai KHA konduktor adalah 125% dari arus nominal beban. Secara sistematis dapat dilihat pada persamaan 2.22.

$$KHA = I_N \times 125\% \quad (2.22)$$

(PUIL, 2011)

Keterangan persamaan (2.22)

KHA = Kemampuan Hantar Arus (Ampere)

I_N = Arus nominal (Ampere)

Pada pemasangan instalasi listrik perlu diperhatikan pemilihan warna isolasi kabel yang digunakan. Penentuan warna isolasi kabel telah ditetapkan sesuai standar yang berlaku. Berdasarkan standar internasional yaitu *International Electrotechnical Commission* (IEC) telah ditetapkan warna isolasi kabel sesuai fungsinya seperti yang dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Standar Warna Isolasi Kabel

Fungsi	Warna
Konduktor Fasa-1	Merah
Konduktor Fasa-2	Kuning
Konduktor Fasa-3	Biru
Netral	Hitam
Grounding	Kuning-Hijau

(IEC, 2007)

2.6 Tegangan Jatuh (*Voltage Drop*)

Energi listrik mengalir pada sebuah konduktor dari titik sumber listrik menuju titik terima. Dalam proses tersebut tidak seratus persen (100%) tegangan listrik yang diterima pada titik akhir konduktor karena dapat terjadi tegangan jatuh. Tegangan jatuh atau *Voltage Drop* ialah tegangan yang hilang pada suatu konduktor. Besar persentase tegangan jatuh yang diizinkan untuk instalasi pelanggan menurut PUIL 2011 adalah tidak lebih dari 4% (PUIL, 2011).

Perhitungan tegangan jatuh dapat dilakukan dengan menggunakan data resistansi dan reaktansi dari kabel yang digunakan. Perhitungan tegangan jatuh pada system daya 3 fasa dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.23.

$$VD = I \times (R \times \cos\theta + X \times \sin\theta)$$
$$\%VD = \frac{VD}{V_S} \times 100\%$$
(2.23)

(Gonen, 2014)

Keterangan persamaan (2.23)

VD = Tegangan Jatuh (Volt)

VS = Tegangan Sumber (Volt)

%VD = Persentase Tegangan Jatuh

I = Arus (Ampere)

R = Resistansi Konduktor (Ohm)

X = Reaktansi Konduktor (H)

2.7 Penelitian Sebelumnya

Tabel 2.6 Daftar Penelitian Sebelumnya

Peneliti	Judul	Metode dan Hasil
Tanjung, 2015	Analisis Kinerja Sistem Kelistrikan Universitas Lancang Kuning	Metode: Mengumpulkan data pemakaian listrik untuk setiap Gedung pada Universitas Lancang Kuning Hasil: Beban listrik 3 fasa yang terpasang memiliki ketidakseimbangan R (199,15A), S(154,05A), dan T(121,1A)
Ahmadi, 2018	Perencanaan Instalasi Listrik Rumah Toko Tiga Lantai	Metode: Menggunakan spesifikasi lampu TL serta mengasumsikan daya beban umum (rumah dan pertokoan). Hasil: Kebutuhan daya total adalah 10.998 Watt dengan <i>power factor</i> ($\cos \phi = 0.8$)
Iksan, 2018	Perancangan dan Perhitungan Ulang Penerangan Baitan Pada Pustaka Gedung A Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh	Metode: Menggunakan perhitungan manual dan <i>software</i> Dialux Evo 7.1 untuk memperoleh tata letak lampu Hasil: Diperoleh kuat penerangan cahaya buatan yang lebih akurat yang sesuai dengan standar yang digunakan.