

**SKRIPSI**

**EVALUASI SISTEM INSTALASI LISTRIK PADA  
PT LOTTE MART PANAKKUKANG**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**AHMAD YANI**

**D041 20 1080**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2024**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### EVALUASI SISTEM INSTALASI LISTRIK PADA PT LOTTE MART PANAKKUKANG

Disusun dan diajukan oleh

**Ahmad Yani**

**D041 20 1080**

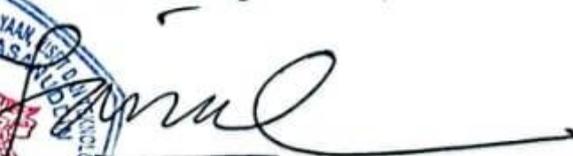
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 28 Oktober 2024  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,  
Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. H Ansar Suyuti, S.T., S.H., M.T., IPU., ASEAN.Eng  
NIP. 196712311992021001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Ing. J. Faizal Arya Samman, ST, MT, IPU, AseanEng, ACPE  
NIP. 197506052002121004

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Yani  
NIM : D041201080  
Program Studi : Teknik Elektro  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### EVALUASI SISTEM INSTALASI LISTRIK PADA PT LOTTE MART PANAKKUKANG

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala risiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 11 November 2024

Yang Menyatakan



Ahmad Yani

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Adapun judul dari skripsi ini adalah “Evaluasi Sistem Instalasi Listrik Pada PT Lotte Mart Panakkukang”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan pada program sarjana (S1), Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dalam proses penyelesaian skripsi ini, banyak sekali kendala yang penulis alami. Namun berkat bantuan dan pertolongan dari Allah SWT. serta dukungan berbagai pihak, penulis dapat melewati dan menyelesaikannya. Sehingga pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam kegiatan ini, khususnya kepada :

1. Kedua orang tua penulis yang tercinta, Almarhum Drs. Burhanuddin dan Hamsiah S.Pd., beserta kakak, adik penulis yang selalu mendukung dan tidak pernah berhenti mendoakan penulis mulai dari awal masuk ke bangku perkuliahan hingga tahap penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H Ansar Suyuti, M.T., IPU., ASEAN. Eng. selaku dosen pembimbing penulis yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan, saran dan masukan, serta berbagi ilmu selama proses penelitian dan pengerjaan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Yusran, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Gassing Leho, M.T. selaku dosen penguji yang telah menyempatkan waktu untuk hadir selama seminar dan memberikan kritik, saran serta arahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh dosen dan staf Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah mengajar dan mendidik, memberikan dukungan serta bantuan selama masa kuliah sampai pada penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Mustakin selaku *Section Head Facility*, Kak Suryakbiran dan Kak Moch Ilham Setiawan selaku teknisi dari PT Lotte Mart Panakkukang, yang telah berbagi ilmu serta memberikan arahan dan bimbingan selama pelaksanaan pengambilan data.

6. Segenap staf dan karyawan PT Lotte Mart Panakkukang, yang telah membantu dan mendukung penulis dalam proses pengambilan data pada penelitian ini.
7. Sahabat *Human the Legendary* yaitu Yusril, Fadel, Rusdi, Oji, Nurfa, Is'ra, dan Yana, yang telah menemani penulis sejak bangku SMA hingga penyelesaian skripsi ini.
8. *Housemate* kontrakan A40 yaitu Ucci, Ajas, Fiqhul, Rahmat, Jagra, Indra, dan Aedhil, yang telah kebersamai, berbagi ilmu, memberikan dukungan, kritik, dan saran kepada penulis mulai dari penyusunan proposal penelitian, sampai penyelesaian skripsi ini.
9. Teman-teman riset Laboratorium Distribusi Sistem Tenaga dan Instalasi Listrik yang telah membantu, saling mendukung dan menyemangati penulis serta memberi kritik dan saran selama proses pengerjaan dan penyelesaian skripsi ini.
10. Saudara(i) PROCEZ20R atas kerja sama, kebersamaan, pengalaman serta dukungan dalam menjalani dinamika dunia perkuliahan
11. Teman-teman sepemagangan SELUSIN Lotte yang selalu mendukung penulis dalam pengerjaan dan penyelesaian skripsi ini.
12. K-Pop Girl Group yaitu Le Sserafim, New Jeans, AESPA, NMIXX, Red Velvet, dan TripleS, yang selalu setia menghibur dan menemani penulis dengan karya-karyanya dikala penulis sedang suntuk.
13. Dan Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah membantu dan mendukung penulis selama masa perkuliahan dan penyelesaian skripsi ini

Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengharapkan kritik, saran, dan arahan yang dapat menjadi pengembangan ataupun perbaikan dari berbagai pihak. Sehingga dapat dijadikan bahan untuk evaluasi ke depannya. Penulis berharap penelitian ini dapat memberi manfaat baik itu kepada penulis maupun pembaca.

## ABSTRAK

**Ahmad Yani.** *Evaluasi Sistem Instalasi Listrik Pada PT Lotte Mart Panakkukang* (Dibimbing oleh: Ansar Suyuti).

Instalasi listrik memegang peranan penting dalam pemenuhan pasokan energi yang cukup untuk kelancaran pengelolaan sebuah industri ritel. Dengan demikian, dalam perancangan dan pemasangannya harus sesuai dengan standar yang berlaku untuk menghindari adanya kemungkinan bahaya yang akan ditimbulkan. Sedangkan sejak dibangun, evaluasi untuk pengantar dan sistem pengkondisian udara pada PT Lotte Mart Panakkukang belum pernah dilakukan. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem instalasi kelistrikan, menghitung kapasitas beban pendinginan pada setiap ruangan dan membandingkan dengan sistem pengkondisian udara yang terpasang, serta mengevaluasi sistem instalasi kelistrikan pada PT Lotte Mart Panakkukang. Metode penelitian yang dilakukan meliputi studi literatur, wawancara, dan pengambilan data. Terkhusus untuk perhitungan beban pendinginan, digunakan metode CLTD/CLF (*Cooling Load Temperature Difference/ Cooling Load Factor*). Data yang telah dikumpulkan kemudian akan dianalisis untuk menentukan bagaimana kesesuaian antara data hasil analisis dengan standar PUIL 2011, ASHRAE, dan SNI 6030. Hasil penelitian menunjukkan bagaimana setiap penghantar yang digunakan telah sesuai dengan standar yang ada di mana nilai dari KHA maksimal yang lebih besar dari KHA minimum. Kemudian, untuk besar nilai *drop voltage* yang didapatkan juga tidak lebih besar dari 5 %, di mana juga telah sesuai dengan standar yang ada. Untuk sistem pengkondisian udara, terdapat satu ruangan yang memiliki kapasitas beban pendinginan yang lebih besar dibandingkan dengan sistem pengkondisian udara yang terpasang yaitu ruangan *meeting* di mana total beban pendinginan yaitu sebesar 9198,58 Btu, sedangkan sistem pengkondisian udara yang terpasang memiliki kapasitas beban pendinginan sebesar 8350 Btu, sehingga diperlukan penggantian atau penyesuaian beban pendinginan demi kenyamanan penghuni juga untuk penghematan energi.

Kata kunci: Evaluasi, Instalasi Listrik, Sistem Pengkondisian Udara, *British Thermal Unit*, Energi Listrik

## ***ABSTRACT***

**Ahmad Yani.** *Evaluation Of Electricity Installation Systems at PT Lotte Mart Panakkukang* (Supervised by: Ansar Suyuti).

Electrical installations play an important role in fulfilling sufficient energy supply for the smooth management of a retail industry. Thus, the design and installation must be in accordance with applicable standards to avoid possible hazards that will be caused. Meanwhile, since it was built, an evaluation for the introduction and air conditioning system at PT Lotte Mart Panakkukang has never been carried out. This study aims to analyze the electrical installation system, calculate the cooling load capacity in each room and compare with the installed air conditioning system, and evaluate the electrical installation system at PT Lotte Mart Panakkukang. The research methods include literature studies, interviews, and data collection. Especially for the calculation of cooling load, the CLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference / Cooling Load Factor) method is used. The data that has been collected will then be analyzed to determine how the suitability of the data analysis results with PUIL 2011, ASHRAE, and SNI 6030 standards. The results showed how each conductor used was in accordance with existing standards where the value of the maximum KHA was greater than the minimum KHA. Then, the voltage drop value obtained is also not greater than 5%, which is also in accordance with existing standards. For the air conditioning system, there is one room that has a greater cooling load capacity than the installed air conditioning system, namely the meeting room where the total cooling load is 9198.58 Btu, while the installed air conditioning system has a cooling load capacity of 8350 Btu, so it is necessary to replace or adjust the cooling load for the comfort of residents as well as for energy savings.

Keywords: Evaluation, Electrical Installation, Air Conditioning System, British Thermal Unit, Electrical Energy

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Profil Singkat PT Lotte Mart Panakkukang .....	5
2.2 Pengertian Instalasi Listrik.....	5
2.3 Prinsip-Prinsip Dasar Instalasi Listrik.....	6
2.4 Ketentuan Umum Instalasi Listrik.....	7
2.5 Jenis Instalasi Listrik.....	8
2.5.1 Instalasi Listrik Dalam.....	8
2.5.2 Instalasi Listrik Luar.....	8
2.6 Peralatan Instalasi Listrik .....	9
2.6.1 Penghantar .....	9
2.6.2 Pengaman.....	14
2.6.3 Saklar .....	17
2.6.4 Kontak-Kontak.....	17
2.6.5 Pipa Instalasi Listrik .....	18
2.6.6 Panel Hubung Bagi .....	19
2.7 Kuat Hantar Arus (KHA).....	19
2.8 Refrigerator.....	22
2.8.1 Komponen Refrigerator.....	22
2.8.2 Sistem Refrigerasi .....	24
2.8.3 Heat Transfer pada Pengkondisian Udara.....	25
2.8.4 Siklus Kompresi Uap .....	25
2.8.5 Kelistrikan Refrigerator .....	26
2.9 Air Conditioner (AC).....	29
2.9.1 Komponen Air Conditioner (AC).....	29

2.9.2 Siklus Kerja Air Conditioner .....	30
2.9.3 Jenis Air Conditioner .....	32
2.9.3.1 Window Air Conditioner .....	32
2.9.3.2 Split Air Conditioner .....	33
2.9.3.3 AC Chiller .....	33
2.10 British Thermal Unit (BTU).....	34
2.11 Pengertian Cooling Load dan Heat gain.....	35
2.12 Perhitungan Beban Pendinginan.....	36
2.12.1 Perhitungan beban pendinginan akibat faktor eksternal .....	37
2.12.2 Perhitungan beban pendinginan akibat faktor internal .....	40
2.12.3 Perhitungan beban pendinginan dari infiltrasi .....	42
2.12.4 Perhitungan beban pendinginan dari ventilasi .....	43
2.13 Drop Voltage (Susut Tegangan).....	44
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>46</b>
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	46
3.2 Alat penelitian.....	46
3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	47
3.4 Teknik Analisis Data.....	47
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	50
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>52</b>
4.1 Sistem Instalasi Listrik PT Lotte Mart Panakkukang.....	52
4.2 Analisis Sistem Instalasi Listrik PT Lotte Mart Panakkukang .....	52
4.2.1 Pemilihan Penghantar Pada PT Lotte Mart Panakkukang .....	52
4.2.1.1 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-RD-1 .....	52
4.2.1.2 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-RD-2 .....	53
4.2.1.3 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-RD-3 .....	54
4.2.1.4 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel LP-CL-1 .....	55
4.2.1.5 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel LP-CL-2 .....	56
4.2.1.6 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel LP-FV .....	57
4.2.1.7 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel LP-WH-1 .....	58
4.2.1.8 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel LP-WH-2 .....	59
4.2.1.9 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel LP-SO-1 .....	60
4.2.1.10 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel LP-SO-2 .....	60
4.2.1.11 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP -VAC-1.....	61
4.2.1.12 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP -VAC-2.....	62
4.2.1.13 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP -SA-1 .....	63
4.2.1.13.1 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-SA-1A.....	64
4.2.1.13.2 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-SA-1B.....	65
4.2.1.13.3 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-SA-1C.....	66
4.2.1.14 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP -SA-2 .....	67
4.2.1.14.1 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-SA-2A.....	68
4.2.1.14.2 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-SA-2B.....	69
4.2.1.14.3 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-SA-2C.....	69
4.2.1.15 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP -SA-3 .....	70
4.2.1.15.1 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-SA-3A.....	71
4.2.1.15.2 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-SA-3B.....	72

4.2.1.15.3 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-SA-3C .....	73
4.2.1.16 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-SA-4 .....	74
4.2.1.16.1 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-SA-4A.....	75
4.2.1.16.2 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-SA-4B.....	76
4.2.1.16.3 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-SA-4C.....	77
4.2.1.17 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-Delica .....	78
4.2.1.18 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel SDP-UPS.....	78
4.2.1.18.1 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-UPS-SO-1 .....	79
4.2.1.18.2 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-UPS-CL-1 .....	80
4.2.1.18.3 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-UPS-SO-2.....	81
4.2.1.18.4 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-UPS-CL-2.....	82
4.2.1.19 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-Lift-1 .....	83
4.2.1.20 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-Lift-2 .....	84
4.2.1.21 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-Travolator-1.....	85
4.2.1.22 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-Travolator-2.....	86
4.2.1.23 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel LP-FP .....	87
4.2.1.24 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-Butchery .....	87
4.2.1.24.1 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-Beef.....	88
4.2.1.24.2 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-Poultry .....	89
4.2.1.24.3 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-Fish .....	90
4.2.1.25 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP- <i>Bakery</i> .....	91
4.2.1.26 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel <i>Compressor</i> .....	92
4.2.1.27 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel PP-SUMP PUMP .....	93
4.2.1.28 Perhitungan Nilai KHA Pada Panel LP-SB.....	94
4.2.2 Perhitungan Drop Voltage (Susut Tegangan).....	100
4.3 Sistem Pengkondisian Udara PT Lotte Mart Panakkukang .....	101
4.3.1 Kondisi Geografis dan Iklim.....	102
4.3.2 Denah Lotte Mart Panakkukang .....	103
4.3.3 Data Konstruksi .....	106
4.3.4 Beban Internal.....	109
4.3.5 Perhitungan Beban Pendinginan.....	110
4.3.5.1 Perhitungan Beban Pendinginan Ruangan Teknisi.....	111
4.3.5.2 Perhitungan Beban Pendinginan Ruangan ALC .....	114
4.3.5.3 Perhitungan Beban Pendinginan Ruangan Server.....	118
4.3.5.4 Perhitungan Beban Pendinginan Ruangan GA .....	122
4.3.5.5 Perhitungan Beban Pendinginan Ruangan GR.....	126
4.3.5.6 Perhitungan Beban Pendinginan Ruangan FP.....	131
4.3.5.7 Perhitungan Beban Pendinginan Ruangan VM.....	135
4.3.5.8 Perhitungan Beban Pendinginan <i>Sales Area</i> Lantai Dasar.....	139
4.3.5.9 Beban Pendinginan Pos 1 .....	142
4.3.5.10 Perhitungan Beban Pendinginan Ruangan Faktur.....	145
4.3.5.11 Perhitungan Beban Pendinginan Ruangan CCTV.....	149
4.3.5.12 Perhitungan Beban Pendinginan Ruangan HRD.....	152
4.3.5.13 Perhitungan Beban Pendinginan Ruangan <i>Meeting</i> .....	157
4.3.5.14 Perhitungan Beban Pendinginan Ruangan Komersial.....	160
4.3.5.15 Perhitungan Beban Pendinginan Musala Pria .....	163
4.3.5.16 Perhitungan Beban Pendinginan Musala Wanita .....	165
4.3.5.17 Perhitungan Beban Pendinginan Kantin.....	167

4.3.5.18 Perhitungan Beban Pendinginan Ruang P3K.....	169
4.3.5.19 Perhitungan Beban Pendinginan <i>Sales Area</i> Lantai Satu.....	173
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>181</b>
5.1 Kesimpulan.....	181
5.2 Saran.....	182
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>183</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>186</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kabel NYA .....	10
Gambar 2 Kabel NYM.....	10
Gambar 3 Kabel NYAF .....	11
Gambar 4 Kabel NYY.....	11
Gambar 5 Kabel MYMHY.....	12
Gambar 6 Kabel ACSR.....	12
Gambar 7 Kabel AAAC .....	12
Gambar 8 MCB.....	15
Gambar 9 MCCB .....	16
Gambar 10 ELCB.....	16
Gambar 11 Saklar Tunggal dan Saklar Seri .....	17
Gambar 12 Tipe Stop Kontak.....	18
Gambar 13 Pipa PVC .....	18
Gambar 14 Sistem Kompresi Uap Standar .....	26
Gambar 15 Kelistrikan Refrigerator.....	26
Gambar 16 Kelistrikan Refrigerator saat Termostat Terhubung .....	27
Gambar 17 Kelistrikan Refrigerator Saat Kontak Defrost Thermo Terhubung ....	28
Gambar 18 Siklus Pada Sistem Air Conditioner .....	31
Gambar 19 AC Window .....	32
Gambar 20 AC Split.....	33
Gambar 21 AC Chiller .....	34
Gambar 22 Ilustrasi Perolehan Heat Transfer .....	36
Gambar 23 Lokasi PT. Lotte Mart Panakkukang.....	46
Gambar 24 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	50
Gambar 25 Denah Bangunan Lantai Dasar.....	103
Gambar 26 Denah Bangunan Lantai Satu.....	104

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Nomenklatur Kabel .....	13
Tabel 2 Karakteristik Kabel Berselubung .....	14
Tabel 3 Kapasitas AC Berdasarkan PK.....	34
Tabel 4 Nilai Heat gain Setiap Penghuni Tergantung Aktivitas Fisik.....	41
Tabel 5 Tingkat Infiltrasi Udara Pada Desain Tipikal Yang Diperbolehkan Melalui Jendela dan Pintu Eksterior.....	43
Tabel 6 Rekomendasi Nilai Udara Ventilasi Luar Untuk Beberapa Pengaplikasian .....	44
Tabel 7 Hasil Perhitungan Nilai KHA Sistem Instalasi Listrik PT Lotte Mart Panakkukang .....	96
Tabel 8 Nilai Tegangan Pengukuran Pada Panel-Panel Ujung .....	100
Tabel 9 Data Temperatur Harian Kota Makassar .....	102
Tabel 10 Spesifikasi Ruangan Dengan Sistem Pengkondisian Udara Pada PT. Lotte Mart Panakkukang.....	105
Tabel 11 Spesifikasi Dinding Bangunan .....	106
Tabel 12 Ukuran dan Orientasi Dinding .....	106
Tabel 13 Data Cooling Load Ruangan Area Kantor Dengan Sistem Pengkondisian Udara .....	109
Tabel 14 Kondisi Lingkungan PT Lotte Mart Panakkukang.....	110
Tabel 15 Penyesuaian Arah Mata Angin .....	111
Tabel 16 Beban Peralatan Pada Sales Area Lantai Dasar.....	139
Tabel 17 Beban Peralatan Pada Sales Area Lantai Satu.....	173
Tabel 18 Rekap Beban Pendinginan .....	177
Tabel 19 Hasil Perhitungan Nilai Beban Pendinginan.....	178

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Majunya peradaban manusia tak lepas dari berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi. Bermula pada revolusi industri pada tahun 1760-1830 di Inggris, perkembangan kehidupan manusia perlahan berubah dan bergerak ke arah lebih modern hingga saat ini. Salah satu bidang yang ikut terpengaruh adalah industri dalam bidang ritel. Dalam distribusi barang, ritel adalah bagian memegang peranan yang cukup penting. Pada industri ini, pelanggan dapat berinteraksi langsung dengan produk. Industri ritel didefinisikan sebagai sektor yang menjual barang dan jasa dengan nilai tambahan untuk memenuhi kebutuhan individu, keluarga, kelompok, atau konsumen akhir. Kebanyakan produk yang dijual adalah kebutuhan rumah tangga, termasuk sembilan bahan pokok. (Euis Soliha, 2008)

Beberapa tahun terakhir, industri dalam bidang ritel di Indonesia sendiri mengalami pertumbuhan yang cukup signifikan. Pertumbuhan dan perkembangan ini tidak hanya dalam hal perluasan bangunan, namun juga pada peningkatan operasional termasuk dalam hal kebutuhan akan pasokan energi listrik. Seperti yang diketahui, sudah menjadi kebutuhan untuk memiliki listrik pada sebuah industri. Saat ini, listrik telah digunakan secara luas untuk menjalankan berbagai aktivitas sosial ekonomi di berbagai bidang, mulai dari konsumsi hingga produksi dan distribusi. Karena fungsi strategisnya, listrik dianggap sebagai pilar kesejahteraan dan kemajuan ekonomi, serta sebagai penggerak pertumbuhan, baik di dalam negeri maupun di luar negeri. Sebagaimana dinyatakan oleh *International Energy Agency* (IEA) pada tahun 2010, energi, khususnya listrik, memainkan peran penting dalam mendorong pembangunan sosial ekonomi suatu negara. (Mulyani & Hartono, 2018)

Tantangan utama yang dihadapi oleh perusahaan ritel sendiri adalah bagaimana menjaga kontinuitas pasokan listrik, mengingat industri ini cukup sensitif terhadap kestabilan energi. Adapun instalasi listrik dibutuhkan untuk memenuhi aspek tersebut. Instalasi listrik berperan dalam memastikan bangunan tetap mendapatkan pasokan energi yang cukup untuk memastikan lancarnya

pengelolaan industri. Oleh karena itu, perancangan dan pemasangan instalasi listrik harus benar-benar sesuai dengan standar yang berlaku untuk menghindari adanya kemungkinan bahaya yang akan ditimbulkan.

Untuk sebuah bangunan atau bisnis ritel, instalasi listrik adalah salah satu komponen yang sangat penting. Instalasi listrik yang baik dan sesuai dengan standar akan menjamin keamanan, kenyamanan, dan efisiensi energi bagi pengguna. Instalasi yang buruk atau tidak memenuhi syarat dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti korsleting, kebakaran, kerusakan peralatan, bahkan kematian karena sengatan listrik. Contoh peristiwa kebakaran yang terjadi pada industri ritel antara lain yaitu kebakaran pusat perbelanjaan Graha Mulia Plaza di Kabupaten Lumajang, kebakaran pada pusat perbelanjaan Malang Plaza di Kota Malang, kebakaran pusat perbelanjaan Matahari di Kota Tasikmalaya, dan masih banyak lagi peristiwa serupa lainnya. Adapun faktor utama dari peristiwa tersebut tidak lain adalah adanya korsleting arus listrik, yang mana dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti ketidaksesuaian penghantar yang digunakan terhadap jumlah beban, adanya hubung singkat, serta faktor usia dari komponen itu sendiri. Instalasi listrik harus mempertimbangkan aspek seperti pencahayaan, pendinginan, sistem keamanan, dan juga sistem informasi.

Selain itu, aspek keamanan dan keselamatan juga menjadi sangat penting. Industri ritel rentan terhadap risiko keamanan, dan oleh karena itu, sistem instalasi listrik harus dirancang dan dievaluasi dengan mempertimbangkan aspek keamanan yang optimal. Perusahaan ritel perlu memastikan bahwa sistem instalasi listrik mereka mematuhi peraturan dan standar keselamatan yang berlaku. Dengan adanya evaluasi, perusahaan dapat memastikan kepatuhan mereka terhadap aturan yang ada dan dapat menemukan area yang perlu dibenahi dan diperbaiki.

Bisnis ritel Lotte di Indonesia berada di bawah PT Lotte Shopping Indonesia, yang mengelola perkulakan dengan nama Lotte Grosir dan *hypermarket* dengan nama Lotte Mart. Saat ini, Lotte Mart telah memiliki banyak cabang yang tersebar di seluruh Indonesia, baik dari *hypermarket* (Lotte Mart) dan retail grosir (Lotte Grosir). Salah satu cabang dari *hypermarket* ini adalah Lotte Mart Cabang Panakkukang, yang berdiri sejak Juli 2011 serta bergabung dalam bangunan Mall

Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Sejak dibuka, kegiatan evaluasi sistem instalasi listrik seperti pengecekan KHA dan sistem pengkondisian udara belum pernah dilakukan, yang mana untuk mencapai sebuah standar sistem instalasi listrik yang baik, perlu dilakukan kegiatan tersebut. Sebagai salah satu pusat perbelanjaan terbesar di Kota Makassar, PT Lotte Mart Panakkukang harus memastikan keamanan dan kenyamanan dari pelanggan yang sedang melakukan aktivitas perbelanjaan.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang pentingnya dan keefektifan evaluasi sistem instalasi listrik pada perusahaan ritel, termasuk PT Lotte Mart Panakkukang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi untuk meningkatkan keamanan, kenyamanan, dan kepatuhan PT Lotte Mart Panakkukang terhadap regulasi terkait instalasi listrik

Atas dasar itulah penulis tertarik untuk menyusun dan membahas lebih lanjut serta melakukan penelitian dengan judul **“Evaluasi Sistem Instalasi Listrik Pada PT. Lotte Mart Indonesia Panakkukang”**

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian singkat mengenai yang dikemukakan di atas, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana menganalisis sistem instalasi kelistrikan pada PT Lotte Mart Panakkukang?
2. Bagaimana menghitung beban pendinginan terpasang pada setiap ruangan dan membandingkan dengan sistem pengkondisian udara terpasang pada gedung PT Lotte Mart Panakkukang?
3. Bagaimana mengevaluasi sistem instalasi kelistrikan pada PT Lotte Mart Panakkukang?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Menganalisis sistem instalasi kelistrikan PT Lotte Mart Panakkukang.

2. Menghitung kapasitas beban pendinginan pada setiap ruangan dan membandingkan dengan sistem pengkondisian udara terpasang pada gedung PT Lotte Mart Panakkukang.
3. Mengevaluasi sistem instalasi kelistrikan pada PT Lotte Mart Panakkukang.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan manfaat yaitu :

1. Diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pihak PT Lotte Mart Panakkukang dalam melakukan pemeliharaan instalasi listrik.
2. Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan informasi dan masukan kepada pihak manajemen PT. Lotte Mart Panakkukang tentang kondisi sistem instalasi listrik pada gedung tersebut.
3. Diharapkan dapat menjadi bahan literatur terkait sistem kelistrikan sebuah Perusahaan yang bergerak pada bidang ritel.

#### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup dari penelitian ini mencakup :

1. Wilayah yang dijadikan lokasi penelitian adalah PT Lotte Mart Panakkukang.
2. Melakukan analisis terhadap KHA, dan kebutuhan pendinginan pada sistem pengkondisian udara.
3. Intensitas lumen tidak diperhitungkan pada penelitian ini.
4. Penelitian ini menggunakan asumsi nilai  $\cos \phi$  yaitu sebesar 0,9 dan tegangan  $V_{LL}$  yaitu 380 V serta tegangan  $V_{LN}$  yaitu 220 V untuk analisis KHA sesuai dengan *drawing electrical* PT Lotte Mart Panakkukang.
5. Temperatur udara dalam ruangan yang digunakan untuk perhitungan beban pendinginan yaitu 77°F dengan Tingkat kelembapan sebesar 50% sesuai dengan standar SNI 6030, sedangkan untuk temperatur luar ruangan yang digunakan menyesuaikan dengan temperatur di lokasi penelitian yaitu Kota Makassar sesuai data dari BMKG.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Profil Singkat PT Lotte Mart Panakkukang**

Lotte Mart merupakan pusat perbelanjaan berbasis ritel yang berpusat di Seoul, Korea Selatan. Pertama kali didirikan pada tanggal 1 April 1998. Pada tahun 2006 Lotte Mart kemudian melebarkan sayapnya pertama kali membuka cabang keluar negeri. Sejak saat itu Lotte Mart semakin menunjukkan eksistensinya sehingga berhasil dikenal luas bahkan hingga ke Indonesia. Rekapitulasi data sejak tahun 2006 hingga September 2014 perusahaan ini telah memiliki 258 cabang yang meliputi 110 cabang di Korea, 102 cabang di Cina, 38 cabang di Indonesia serta 8 cabang lainnya di Vietnam. Lotte Mart pertama kali masuk ke Indonesia pada Oktober 2008 yang sebelumnya bernama Makro Indonesia, dengan dua konsep toko: pertama berbentuk *hypermarket* (di dalam mal) di bawah PT Lotte Mart Indonesia, kedua tipe *wholesale* merupakan gerai independen di luar mal yang dikelola PT Lotte Shopping Indonesia.

Salah satu cabang dari Perusahaan ini berada di Kota Makassar, tepatnya berada di dalam Mall Panakkukang, Jl Boulevard, Panakkukang dengan nama PT Lotte Mart Panakkukang yang merupakan cabang ke 12 di Indonesia. Lotte Mart Panakkukang resmi dibuka pada bulan Juli 2011. Gerai Lotte Mart Panakkukang memiliki dua lantai, dengan lantai pertama menyediakan berbagai macam produk seperti makanan, minuman, kosmetik, sayuran, dan buah-buahan. Sementara itu, lantai dua menawarkan produk-produk elektronik, pakaian, dan perabotan rumah tangga.

### **2.2 Pengertian Instalasi Listrik**

Saluran, peralatan, dan gawai yang dipasang di dalam dan di luar bangunan untuk menyatukan arus listrik disebut instalasi listrik. Instalasi listrik memainkan peran penting dalam bangunan gedung dan meningkatkan kenyamanan penghuni. Untuk memenuhi kebutuhan listrik setiap ruang gedung bertingkat, sistem instalasi listrik yang kuat diperlukan. Rancangan instalasi listrik harus mematuhi

Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) dan peraturan seperti undang-undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang keselamatan kerja beserta peraturannya, undang-undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, dan undang-undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan. (Wahyu Pramon et al., 2018)

Menurut H. Husni Thamrin, Instalasi listrik adalah suatu sistem yang terdiri dari perangkat, perlengkapan, dan saluran listrik yang dirancang dan dipasang untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik pada suatu gedung atau bangunan. Energi listrik saat ini menjadi suatu hal yang penting untuk menunjang kehidupan sehingga instalasi listrik tidak boleh diremehkan dan harus dirancang sedemikian rupa sesuai dengan aturan yang berlaku.

### **2.3 Prinsip-Prinsip Dasar Instalasi Listrik**

Terdapat beberapa prinsip dasar instalasi listrik yang harus dipertimbangkan pada perancangan dan pemasangan instalasi listrik. Prinsip dasar tersebut mencakup :

1. Keandalan, berarti bahwa seluruh peralatan yang digunakan di instalasi tersebut harus handal baik secara mekanik maupun secara elektrik agar peralatan listrik dapat melakukan fungsinya dengan baik dalam jangka waktu tertentu. Keandalan juga berkaitan dengan sesuai tidaknya penggunaan pengaman jika terjadi gangguan. Contohnya, kerusakan atau gangguan harus segera diatasi dan diperbaiki agar gangguan dapat diperbaiki.
2. Ketercapaian, berarti bahwa ketika peralatan instalasi listrik dipasang, pengguna relatif mudah mengoperasikannya dan tata letak komponen listrik tidak sulit dioperasikan, seperti pemasangan saklar yang tidak terlalu tinggi atau terlalu rendah.
3. Ketersediaan, mengacu pada seberapa siap suatu instalasi listrik untuk memenuhi kebutuhan daya, peralatan, dan kemungkinan perluasan. Jika ada perluasan, kita hanya menghubungkannya ke sumber cadangan yang telah diberikan pengaman dan tidak mengganggu sistem instalasi yang sudah ada.

4. Keindahan, artinya, saat memasang komponen atau peralatan instalasi listrik, tata letak harus dilakukan dengan cara yang tidak menyalahi peraturan yang berlaku dan tetap terlihat rapi dan indah.
5. Keamanan, yaitu penting untuk mempertimbangkan aspek keamanan instalasi listrik agar aman dari tegangan sentuh dan beroperasi dengan aman.
6. Ekonomis yaitu biaya pemasangan instalasi listrik harus dihitung dengan teliti dengan mempertimbangkan hal-hal di atas sehingga biaya dapat sehemat mungkin. (Prok et al., 2018)

## **2.4 Ketentuan Umum Instalasi Listrik**

Dalam perancangan suatu sistem instalasi listrik, terdapat beberapa ketentuan yang harus dipenuhi seperti Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) dan peraturan lain seperti :

1. Undang-undang Nomor 1 tahun 1970 tentang keselamatan kerja, beserta peraturan pelaksanaannya.
2. Undang-Undang Nomor 30 tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan
3. Peraturan Pemerintah No 14 Tahun 2012 Tentang penyediaan dan pemanfaatan tenaga listrik.
4. Peraturan Pemerintah No 62 Tahun 2012 tentang Usaha Penunjang Tenaga Listrik.
5. Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No 01.P/40/M.PE/1990 tentang instalasi Ketenagalistrikan.
6. Peraturan lain mengenai kelistrikan yang berlaku dan tidak bertentangan dengan PUIL 2011 (misalnya standar-standar PLN).

Perancangan sistem instalasi listrik harus mempertimbangkan keselamatan manusia, makhluk hidup lain, dan harta benda dari bahaya dan kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh penggunaan instalasi listrik. Selain itu, instalasi listrik harus beroperasi dengan baik dan sesuai dengan tujuan penggunaannya. (Agrimansyah et al., 2021)

## **2.5 Jenis Instalasi Listrik**

Dalam sistem instalasi listrik, terdapat dua jenis instalasi listrik yang diketahui secara umum yaitu instalasi listrik dalam dan instalasi listrik luar. Sesuai dengan namanya, keduanya didasarkan pada lokasi pemasangannya.

### **2.5.1 Instalasi Listrik Dalam**

Instalasi jenis ini adalah instalasi listrik yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik yang terpasang di dalam ruangan seperti kantor, toko, dan rumah serta mendapat suplai tenaga listrik dari instalasi jaringan luar. Jenis instalasi ini terbagi lagi menjadi dua yaitu instalasi penerangan dan instalasi daya.

1. Instalasi penerangan, sebuah instalasi penerangan adalah instalasi listrik dengan bebannya komponen penerangan. Instalasi ini biasanya terdiri dari beberapa komponen yang terhubung ke beban ruangan dari sumber listrik dan juga instalasi ini membentuk sistem yang berfungsi untuk menerangi suatu tempat. (Rivai, 2022)
2. Instalasi daya, merupakan instalasi listrik yang diterapkan pada mesin listrik dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumbernya.

### **2.5.2 Instalasi Listrik Luar**

Instalasi listrik yang dipasang di luar bangunan disebut instalasi luar. Instalasi jenis ini dapat berupa saluran udara, saluran tanah, atau saluran kabel. Instalasi ini dibedakan menjadi instalasi tegangan menengah dan instalasi tegangan rendah.

1. Instalasi tegangan menengah, merupakan instalasi yang mencakup bagaimana penyaluran energi dari suplai ke industri, pemukiman, ataupun area lainnya. Biasanya tegangan yang dialirkan pada instalasi jenis ini berkisar antara 1 kV hingga 36 kV.
2. Instalasi tegangan rendah, yaitu jenis instalasi yang mencakup penyaluran energi di sekitar gedung, rumah, dan fasilitas kecil lainnya termasuk pemasangan kabel. Instalasi jenis ini biasanya mengalirkan tegangan hingga 1 kV.

## 2.6 Peralatan Instalasi Listrik

Dalam pekerjaan yang berhubungan dengan listrik, perlu menggunakan peralatan. Peralatan instalasi listrik adalah alat-alat yang digunakan untuk memastikan pemasangan listrik dengan aman dan rapi dan memastikan bahwa keduanya aman digunakan. (Irhami, 2020).

Dalam pemasangannya, instalasi listrik harus selalu mengutamakan keselamatan dikarenakan banyaknya jenis peralatan yang digunakan. Dimulai dari alat yang berkualitas, bagaimana menyambung sebuah jaringan (kabel), bagaimana memasang kabel pada tempat yang tepat, sampai bagaimana melakukan pengujian dari instalasi listrik itu sendiri. Adapun beberapa peralatan atau komponen pada instalasi listrik antara lain penghantar, pengaman, saklar, kontak, dan sebagainya.

### 2.6.1 Penghantar

Penghantar dapat berupa kabel atau kawat penghantar. Penghantar dapat berfungsi sebagai konduktor atau mengalirkan arus listrik dari satu tempat ke tempat lain. Penghantar juga diartikan sebagai suatu benda yang berbahan dasar logam maupun non logam yang bisa bersifat konduktor. (Prok et al., 2018)

Penghantar dapat dibedakan menjadi dua, yaitu penghantar berisolasi yang dapat berupa sebuah kawat yang terselubung sebuah isolasi atau lebih dikenal dengan nama kabel. Adapun Batasan kawat berisolasi adalah penghantar tunggal, baik itu yang berbentuk serabut maupun bentuk pejal berisolasi. PVC (*Poli Vinil Chlorid*) adalah jenis isolasi yang sering dipakai. Ada pula penghantar tak berisolasi yaitu pengantar yang tidak berlapis bahan isolator. (Sahnur Nasution et al., 2023)

Kabel listrik merupakan suatu media penghantar yang digunakan dalam mengalirkan listrik dari titik satu ke titik yang lain. Kabel sendiri tersusun dari beberapa komponen yang juga berperan penting seperti inti kabel yang berperan sebagai sebuah konduktor. Contoh inti kabel yang paling umum digunakan adalah tembaga dan juga aluminium. Kabel juga dilengkapi dengan lapisan yang berfungsi sebagai isolator yaitu bahan yang dapat menjadi pelindung bagi inti kabel itu sendiri dari beberapa hal yang dapat memicu korsleting seperti kontak langsung. Jenis

kabel dalam instalasi listrik cukup beragam yang mana setiap jenisnya memiliki karakteristik dan fungsinya masing-masing. Di antara jenis kabel tersebut adalah:

1. Kabel NYA, Kabel jenis ini merupakan kabel yang terbuat dari bahan tembaga tunggal berlapis bahan isolator PVC namun hanya satu lapis. Biasanya kabel ini digunakan pada instalasi perumahan dan instalasi kabel udara. Adapun untuk harga beli dari kabel jenis ini relatif murah namun memiliki kekurangan dalam hal daya tahan. Untuk penggunaannya sendiri, disarankan untuk dirangkaikan dengan pipa pelindung.



Gambar 1 Kabel NYA

2. Kabel NYM, untuk jenis ini, merupakan jenis yang paling sering digunakan dalam sebuah Gedung atau rumah. Inti dari kabel jenis ini terdiri dari satu hingga empat inti yang juga dilengkapi dengan bahan isolasi PVC. Kabel ini dapat digunakan pada daerah yang kering maupun basah dikarenakan adanya bahan isolasi yang tebal pada kabel. Untuk kekurangan dari kabel ini adalah tidak bisa dipasang dengan cara ditanam dalam tanah.



Gambar 2 Kabel NYM

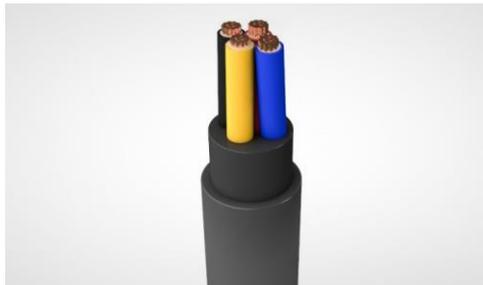
3. Kabel NYAF, merupakan jenis kabel yang memiliki inti tembaga dengan bentuk serabut. Kabel ini memiliki fleksibilitas yang tinggi dikarenakan bentuk dari intinya sendiri yang sangat cocok untuk instalasi pada panel

listrik yang membutuhkan banyak lekukan. Kekurangannya sendiri adalah kabel mudah terkelupas sehingga penggunaannya disarankan agar tidak pada lingkungan terbuka.



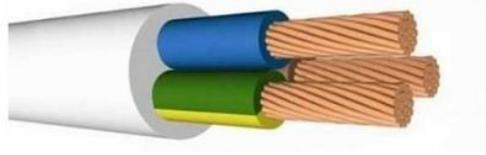
Gambar 3 Kabel NYAF

4. Kabel NYY, yaitu jenis kabel yang memiliki inti tembaga yang dilapisi bahan isolator PVC. Kabel ini diperuntukkan untuk instalasi tetap dengan pemasangan dalam tanah atau dalam kondisi lingkungan terbuka. Biasanya kabel ini dilengkapi dengan tambahan pelindung seperti *duct*, pipa pelindung, maupun pipa besi. Konstruksi dari bahan isolasi kabel ini lebih kuat sehingga harga belinya cukup mahal.



Gambar 4 Kabel NYY

5. Kabel NYMHY, kabel jenis ini merupakan kabel yang memiliki lebih dari satu inti tembaga berserabut dengan bahan isolasi bagian paling luar adalah PVC. Kabel ini sangat lumrah ditemukan pada instalasi skala rumah tangga dengan daya kurang dari 900 watt.



Gambar 5 Kabel MYMHY

6. Kabel ACSR, merupakan kabel yang tersusun dari aluminium berinti kawat baja. Kabel jenis ini digunakan pada instalasi listrik skala besar seperti pada perusahaan penyedia energi listrik. Kabel ini tidak dilengkapi dengan lapisan pelindung atau isolator dikarenakan kemungkinan terjadi perubahan suhu yang tinggi saat proses penyaluran listrik sehingga kabel bisa menyesuaikan saat terdapat arus listrik yang besar.



Gambar 6 Kabel ACSR

7. Kabel AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*), yaitu kabel yang terbuat dari logam campuran aluminium, magnesium, dan silikon. Kabel ini biasanya digunakan pada instalasi penangkal petir dikarenakan konstruksinya yang kuat, tahan terhadap korosi, dan lebih ringan jika dibandingkan dengan kabel dengan ukuran yang sama.



Gambar 7 Kabel AAAC

Setiap simbol huruf kabel di atas memiliki arti masing-masing. Untuk arti setiap kode-kode pada kabel di atas dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 1 Nomenklatur Kabel

Huruf	Keterangan
N	Kabel standar dengan penghantar/inti tembaga
NA	Kabel dengan aluminium sebagai penghantar
Y	Isolasi PVC
G	Isolasi karet
A	Kawat berisolasi
Y	Selubung PVC untuk kabel luar
M	Selubung PVC untuk kabel luar
R	Kawat baja bulat
Gb	Kawat pipa baja
B	Pipa baja
I	Untuk isolasi tetap di luar jangkauan tangan
Re	Penghantar padat bulat
Rm	Penghantar dipilin berkawat banyak
Se	Penghantar bentuk pejal (padat)
Sm	Penghantar dipilin bentuk sektor
f	Penghantar halus dipintal bulat
ff	Penghantar sangat fleksibel

**Sumber :** (Chandra, 2021)

Untuk instalasi listrik, penghantar listrik yang sesuai dengan penggunaan digunakan untuk menyalurkan arus listrik dari panel ke beban dan sebagai pengaman (*grounding*). Kabel instalasi NYA dan NYM adalah jenis kabel yang paling umum digunakan pada instalasi penerangan. Kabel NYA digunakan dengan pipa untuk melindungi secara mekanis dan dari air dan kelembaban yang dapat merusak kabel.(Agrimansyah et al., 2021)

Setiap jenis kabel berselubung PVC juga memiliki karakteristiknya masing-masing seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 Karakteristik Kabel Berselubung

Jenis Kabel	Tegangan Nominal	Warna Selubung Luar
Kabel berselubung PVC untuk instalasi tetap (Misal NYM)	500 V	Putih
Hantaran udara berselubung PVC (Misal NYM)	500 V	Hitam
Kabel berselubung PVC	0,6/1 kV	Hitam
Kabel berselubung PVC	Di atas 1 kV	Merah

Sumber : (Chandra, 2021)

## 2.6.2 Pengaman

Menurut Sahnur Nasution (2023), pengaman adalah peralatan listrik yang digunakan untuk melindungi komponen listrik dari gangguan seperti arus beban lebih atau arus hubungan singkat. Pengaman dalam sistem instalasi dan distribusi listrik memiliki fungsi antara lain:

1. Isolasi, yang merupakan fungsi untuk memisahkan instalasi atau bagian lainnya dari catu daya listrik untuk tujuan keamanan.
2. Kontrol, merupakan fungsi untuk menutup maupun membuka sirkit instalasi saat sedang beroperasi normal untuk keperluan operasi dan perawatan.
3. Proteksi, yaitu fungsi untuk melindungi peralatan listrik dan manusia terhadap kemungkinan buruk seperti beban lebih dan hubung singkat dengan memutuskan arus gangguan dan melakukan isolasi terhadap gangguan yang terjadi.

Pengaman dalam instalasi listrik memiliki peranan yang juga tidak kalah penting dari peralatan instalasi listrik yang lain. Terdapat beberapa peralatan listrik yang dapat digunakan untuk menjadi pengaman dalam sistem instalasi listrik seperti *Mini Circuit Breaker* (MCB), *Molded Case Circuit Breaker* (MCCB), dan *Earth Leakage Circuit Breaker* (ELCB).

### 1. *Mini Circuit Breaker* (MCB)

MCB terbagi menjadi dua tipe yaitu tipe thermis dan elektromagnetik. Keduanya memiliki fungsi sebagai sebuah pengaman pada sebuah sistem instalasi listrik. Untuk MCB tipe thermis, digunakan sebagai pengaman untuk arus beban yang berlebih. Sedangkan untuk MCB tipe elektromagnetik digunakan sebagai pengaman untuk hubung singkat.

MCB membatasi arus dengan gerakan bimetal untuk memutuskan rangkaian. Bimetal ini akan menghasilkan energi listrik dari panas yang diterima. Pemutusan termal terjadi ketika ada gangguan arus lebih di rangkaian secara terus-menerus. (Irhami, 2020)



Gambar 8 MCB

Penggunaan MCB saat ini tidak hanya pada sistem kelistrikan saja, namun juga telah diterapkan pada berbagai alat elektronik seperti komputer, mesin, dan pendingin ruangan. Hal tersebut dikarenakan saat ini MCB terdiri atas beberapa versi yang mana penggunaannya dapat disesuaikan dengan keperluan dan kebutuhan yang ada.

### 2. *Moulded Case Circuit Breaker* (MCCB)

Umumnya MCCB merupakan sebuah alat yang digunakan sebagai pengaman dalam sebuah sistem instalasi listrik, namun penggunaannya lebih sering ditemukan pada instalasi listrik skala besar seperti pusat perbelanjaan, perkantoran, pabrik, dan pada industri besar lainnya. Biasanya, MCCB dilengkapi dengan fitur sensor sehingga lebih efektif untuk mencegah kerusakan yang berlebih akibat adanya gangguan dalam sistem kelistrikan.



Gambar 9 MCCB

MCCB memiliki karakteristik tersendiri apabila disandingkan dengan alat pengaman lainnya yaitu antara lain MCCB menggunakan 3 fase, memiliki 4 kutub (*phole*), memiliki *rating ampere* yang berkisar antara 100-1000 A, serta dapat dilakukan pengaturan pada *fixed* atau *adjustmen*.

### 3. *Earth Leakage Circuit Breaker* (ELCB)

Alat pengaman ini merupakan alat yang bekerja berdasarkan adanya arus bocor. Untuk arus bocor, terbagi menjadi dua yaitu arus bocor yang langsung mengalir ke bumi serta arus bocor yang mengalir ke tubuh makhluk hidup yang bersentuhan dengan peralatan saat mengalami kegagalan fungsi isolasi. (Irhami, 2020)



Gambar 10 ELCB

ELCB akan bekerja dengan mendeteksi adanya arus listrik yang tidak seimbang. Perubahan arus listrik ini akan dideteksi sedini mungkin sehingga peralatan instalasi dari kerusakan akibat lonjakan arus dan juga mencegah kemungkinan buruk yang terjadi saat tubuh seseorang menyentuh kabel bertegangan yang sedang bermasalah.

### 2.6.3 Saklar

Saklar atau dalam Bahasa Inggris *switch* adalah suatu peralatan atau perangkat yang digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik. Peralatan instalasi listrik ini sangat sering dijumpai hampir di semua peralatan elektronika. Hal ini dikarenakan penggunaannya yang sangat dibutuhkan khususnya pada bagian mematikan dan menghidupkan suatu peralatan elektronika.

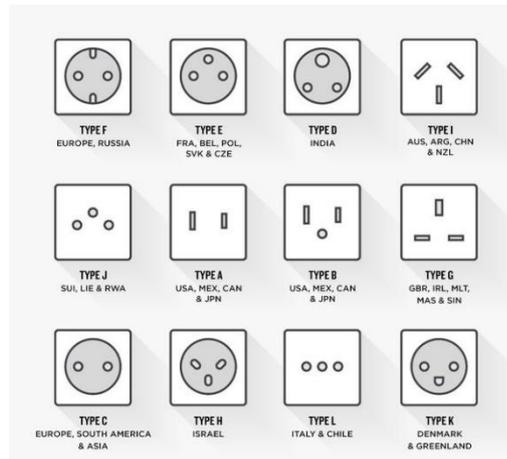
Adapun prinsip kerja dari saklar ini sendiri secara umum yaitu pada saat kedua konduktor yang terdapat di dalam saklar terhubung maka terjadi hubungan arus listrik dalam rangkaian. Sebaliknya, apabila kedua logam tersebut terpisah, maka hubungan arus listrik akan terputus juga. Terdapat beberapa jenis saklar yang biasa digunakan dalam instalasi listrik di antaranya adalah saklar tunggal, saklar seri, saklar tukar, dan saklar silang. Setiap jenis saklar memiliki fungsinya masing-masing.



Gambar 11 Saklar Tunggal dan Saklar Seri

### 2.6.4 Kontak-Kontak

Stop kontak adalah salah satu komponen dalam instalasi listrik yang berfungsi sebagai penghubung antara peralatan listrik dengan aliran listrik. Dibutuhkan kabel dan juga steker atau colokan untuk dapat menghubungkan peralatan listrik dengan stop kontak ini. Berdasarkan fungsinya, terdapat beberapa jenis stop kontak di antaranya adalah stop kontak kecil, stop kontak besar, stop kontak *in bow*, serta stop kontak *out bow*. Tipe dari stop kontak ini pun juga beragam pada berbagai negara seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 12 Tipe Stop Kontak

Kotak kontak (stop kontak) pasangan dinding pada sebuah instalasi listrik harus dipasang dengan ketinggian sekurang-kurangnya 1,25 m dari lantai. Apabila ingin memasang kotak kontak pada posisi yang lebih rendah, maka jenis yang digunakan haruslah yang jenis putar atau tutup. (Persyaratan Umum Instalasi Listrik, 2011)

### 2.6.5 Pipa Instalasi Listrik

Dalam sistem instalasi listrik, pipa instalasi listrik digunakan untuk melindungi penghantar dari beberapa kemungkinan kerusakan. Maka dari itu, pipa instalasi listrik harus terbuat dari bahan yang tahan terhadap api dan juga bisa bertahan dalam kondisi lembap. Biasanya pipa instalasi listrik yang banyak digunakan yaitu pipa dengan bahan dasar PVC atau bahan lain yang memiliki karakteristik yang sama. Selain berfungsi untuk melindungi penghantar, pipa juga berfungsi sebagai estetika. Dengan menggunakan pipa, penghantar lebih terorganisir sehingga akan menambah keindahan dari instalasi listrik itu sendiri.



Gambar 13 Pipa PVC

### **2.6.6 Panel Hubung Bagi**

PHB adalah sebuah tempat percabangan dari sebuah sirkit yang terdapat pada sistem instalasi kelistrikan. Panel ini disertai dengan proteksi arus, lampu indikator, dan juga indikator pengukuran. PHB sebagai proteksi arus berfungsi saat terjadi arus beban lebih dan korsleting. PHB akan mendeteksi gangguan tersebut dan otomatis melakukan perintah trip untuk mencegah kerusakan seperti kebakaran akibat panas berlebih pada kabel.

PHB memiliki persyaratan yang mencakup pemasangan sirkit, ruang pelayanan, penandaan untuk semua jenis PHB, baik itu untuk yang tertutup maupun terbuka serta pasangan luar maupun dalam. PHB ini harus dipasang sedemikian rupa agar rapi dan juga teratur serta harus diletakkan pada sebuah ruang yang cukup luas untuk memudahkan pemeliharannya. (Ismansyah, 2009)

### **2.7 Kuat Hantar Arus (KHA)**

Dalam PUIL 2011, terdapat salah satu persyaratan yang ditujukan untuk menghindari bahaya kebakaran dengan penentuan arus lebih dan arus hubung singkat sehingga kemampuan hantar arus pada kabel penghantarnya sesuai dengan Kuat Hantar Arus (KHA). Semakin besar diameter sebuah kabel, maka akan semakin tinggi pula kemampuan hantar arusnya. Penggunaan isolator pun dipengaruhi oleh jenis kabel yang digunakan yang pastinya akan mempengaruhi keamanan kabel. (Bachtiar & Riyadi, 2021)

KHA mempunyai nilai yang sebenarnya (aktual) 100% apabila kabel atau penghantar tersebut dipasang pada temperatur kelilingnya yaitu dengan maksimal 30°C. Namun, apabila dipasang pada wilayah dengan temperatur lebih dari itu, maka akan terjadi penurunan nilai KHA. Adapun dalam PUIL, penurunan nilai ini diatur dalam faktor koreksi.

Kapasitas penghantar listrik dapat ditentukan dengan luas penampang (jenis dan diameter) dari kabel tersebut. Penentuan arus dapat menggunakan persamaan :

Untuk sistem 1 fase:

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos \varphi} \text{ (Ampere)} \quad (1)$$

Untuk sistem 3 fase:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_{LL} \times \cos \varphi} \text{ (Ampere)} \quad (2)$$

Di mana,

$I_n$  = Arus Nominal (A)

$P$  = Daya (W)

$V$  = Tegangan Kerja (V)

$\cos \varphi$  = Faktor Daya Sistem.

Setelah penentuan arus nominal, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai dari  $KHA_{Min}$  dengan rumus sebagai berikut:

$$KHA_{Min} = 125\% \times I_n \quad (3)$$

$KHA_{Min}$ , adalah batas terendah dari kuat hantar arus yang diperlukan untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik. Arus di bawah nilai ini mungkin tidak cukup untuk mengaktifkan atau menjalankan perangkat dengan efisien. Adapun nilai dari  $KHA_{Min}$ , merupakan patokan dalam melakukan pemilihan penghantar untuk keperluan instalasi listrik. Dengan diketahuinya nilai  $KHA_{Min}$ , akan memastikan kabel atau penghantar yang digunakan dapat mengalirkan arus yang dibutuhkan oleh beban tanpa adanya permasalahan dan membuat sistem tetap efisien

Selanjutnya yaitu  $KHA_{Max}$ , yang merupakan batasan tertinggi dari kuat hantar arus yang dapat ditoleransi oleh suatu penghantar tanpa mengalami kerusakan atau gangguan. Apabila nilai arus yang mengalir pada penghantar melewati nilai dari

$KHA_{Max}$  ini, dapat menyebabkan *overheating* yang dapat menyebabkan terjadinya kebakaran atau kerusakan pada beban.

Dalam penentuan nilai  $KHA_{Max}$ , turut diperhatikan mengenai faktor koreksi untuk kerapatan kabel ( $F_{kp}$ ) serta faktor koreksi untuk suhu lingkungan ( $F_{kt}$ ) disekitar penghantar. Kerapatan kabel mempengaruhi seberapa banyak arus yang dapat dialirkan tanpa menyebabkan *overheating*. Kabel dengan kerapatan yang lebih besar dapat menghantarkan arus lebih banyak dibandingkan dengan kabel yang lebih kecil. Nilai dari faktor kerapatan kabel sendiri dapat dilihat pada lampiran 28. Adapun untuk suhu lingkungan mempengaruhi besarnya hambatan atau resistansi suatu bahan. Meningkatnya suhu lingkungan, akan membuat resistansi dari penghantar juga akan semakin meningkat, yang berarti arus maksimum yang dapat dialirkan juga menurun. Nilai dari faktor koreksi untuk  $KHA$  kbel tanah yang dipasang di udara dengan suhu ambien lain dari  $30^{\circ} C$  dapat dilihat pada lampiran 27.

Adapun nilai  $KHA_{Max}$  yang dikondisikan dengan faktor koreksi suhu dan kerapatan kabel dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$KHA_{Max} = F_{kp} \times F_{kt} \times KHA_{Penghantar} \quad (4)$$

Di mana,

$F_{kp}$  = Faktor koreksi kerapatan kabel

$F_{kt}$  = Faktor koreksi suhu di sekitar kabel

$KHA_{Penghantar}$  = Nilai  $KHA_{Penghantar}$  terpasang.

Nilai  $KHA$  setiap penghantar berbeda-beda tergantung dari jenis penghantar, luas penampang penghantar, lokasi instalasi dan pemasangan penghantar, serta jumlah dari inti penghantar itu sendiri. Untuk nilai  $KHA$  terus menerus untuk kabel tanah yang berinti tunggal, berkonduktor tembaga, berinsulasi dan berselubung PVC, serta pemasangan di tanah dan di udara, dapat dilihat pada lampiran 26.

## 2.8 Refrigerator

Refrigerator atau yang lebih dikenal sebagai mesin pendingin merupakan sebuah perangkat elektronik yang berfungsi untuk memindahkan panas dari dalam suatu ruangan atau benda ke luar, dengan tujuan untuk membuat suhu benda atau ruangan tersebut menjadi lebih rendah dibanding suhu di sekitarnya. Prinsip kerja dari perangkat ini didasarkan pada prinsip sirkulasi bahan pendingin yang ada di dalamnya. Secara fungsi, refrigerator banyak digunakan untuk mempertahankan kesegaran makanan dan minuman dengan cara memperlambat pertumbuhan bakteri. Hal ini dikarenakan suhu dingin yang dihasilkan akan mencegah bakteri untuk berkembang biak dengan cepat, sehingga makanan dan minuman akan bertahan lebih lama.

Terdapat jenis refrigerator dengan 2 ruang yang berbeda yaitu ruang *freezer* dan ruang refrigerator. Refrigerator dengan jenis ini biasa disebut dengan refrigerator *no-frost (frost free)*, contohnya adalah kulkas dua pintu, pada refrigerator ini, terdapat dua kategori temperatur ruang yang berbeda yaitu:

1. Ruang *freezer*, yang merupakan ruangan untuk membekukan makanan dengan jangkauan temperatur dari 0°C-25°C.
2. Ruang refrigerator, yaitu ruangan untuk menyimpan makanan dalam waktu cukup lama dengan jika dibandingkan dengan penyimpanan makanan pada suhu ruang. Temperatur dari ruangan ini berkisar antara 2°C-10°C.

### 2.8.1 Komponen Refrigerator

Refrigerator disusun oleh beberapa komponen yang berperan penting dalam proses kerja perangkat ini. Setiap komponen memiliki fungsinya masing-masing dan di antaranya adalah :

1. Termostat, komponen ini dapat dipasang dengan dua cara, yaitu dipasang pada bagian *freezer* atau dipasang pada bagian refrigerator. Apabila termostat yang memiliki sebuah kontak listrik dipasang pada bagian *freezer* untuk mengatur kinerja dari kompresor, maka untuk mengontrol temperatur ruangan refrigerator digunakan *mechanical* termostat yang mengontrol

sistem saluran udara dingin (tutup-buka) dari bagian *freezer* yang masuk ke ruang refrigerator.

2. *Defrost timer*, yaitu suatu alat yang berfungsi untuk mengatur seberapa lama suatu kompresor bekerja serta mengatur proses *defrost cycle* pada evaporator.
3. *Defrost thermo*, yaitu, suatu alat yang berfungsi untuk mendeteksi temperatur di sekitar evaporator sehingga penentuan proses pencairan es dapat diatur baik itu dilakukan maupun tidak. Selain itu, komponen ini juga berfungsi untuk menghentikan proses *deforst* apabila temperatur pada evaporator telah terdeteksi di atas 0°C. Biasanya sekitar 4°C atau tergantung peletakan dari komponen ini sendiri.
4. *Plate heater*, yaitu alat yang berfungsi untuk mencairkan es pada bagian penampungan air selama proses *defrost* terjadi.
5. *Deforst heater*, merupakan pemanas utama yang berfungsi untuk mencairkan es yang terdapat pada evaporator.
6. *Thermo fuse*, yaitu komponen yang menjaga kinerja *defrost heater* tetap berjalan normal dengan memutus saat temperatur melebihi batas yang telah ditentukan, sehingga dapat dikatakan jika *thermo fuse* disini berperan sebagai sebuah proteksi.
7. Kompresor motor, yaitu komponen yang berfungsi untuk menggerakkan kompresor agar refrigeran dapat bersirkulasi.
8. *Thermal overload protector*, yaitu komponen yang berfungsi untuk mencegah terjadinya kebakaran pada motor kompresor yang diakibatkan oleh panas yang melebihi batas.
9. PTC starter, merupakan salah satu jenis starter yang digunakan saat kompresor mulai bekerja.
10. *Starting capacitor*, yaitu kapasitor yang berfungsi untuk menambahkan torsi saat kompresor mulai bekerja.
11. *Running capacitor*, yaitu kapasitor dengan fungsi utama yaitu menggeser sudut fase dan memanfaatkan kumparan bantu sehingga kompresor dapat bekerja dengan lebih efisien.

12. Evaporator *fan* motor, merupakan komponen yang berfungsi untuk menyirkulasi udara dalam sebuah ruangan.
13. *Friserdoor switch*, yaitu sebuah saklar yang dipasang pada pintu *friser* yang berfungsi untuk mematikan kipas saat pintu dibuka, sehingga akan mengurangi udara dingin yang keluar dari *freezer*.
14. Refrigerator *door switch*, merupakan sebuah saklar yang dipasang pada bagian pintu refrigerator yang berfungsi untuk mematikan kipas evaporator saat pintu dibuka sehingga mengurangi udara dingin yang keluar dari ruangan refrigerator. Saklar ini juga berfungsi untuk menghidupkan lampu penerangan dalam ruang refrigerator.
15. Refrigerator *interior light*, yaitu sebuah lampu penerangan yang akan hidup jika pintu refrigerator dibuka.

### 2.8.2 Sistem Refrigerasi

Perpindahan panas dari temperatur yang rendah ke temperatur yang lebih tinggi merupakan suatu penggunaan termodinamika yang luas. Adapun refrigerator adalah sistem yang menghasilkan proses refrigerasi dan siklusnya disebut dengan siklus refrigerasi. Siklus refrigerasi dengan tingkat penggunaan yang tinggi adalah siklus kompresi uap sederhana. Secara prinsip kerja, mesin refrigerasi bekerja dengan menurunkan temperatur sesuai dengan kebutuhan dan tetap mempertahankannya. (Purwanto & Ridhuan, 2014)

Sistem refrigerasi pada dasarnya terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Sistem refrigerasi mekanik, yaitu sistem yang menggunakan mesin-mesin penggerak dalam menjalankan siklusnya. Contohnya adalah Siklus Kompresi Uap (SKU), refrigerasi siklus udara, kriogenik/refrigerasi temperatur ultra rendah, dan siklus *sterling*.
2. Sistem refrigerasi non mekanik, yaitu sistem yang tidak memerlukan mesin-mesin penggerak untuk menjalankan siklusnya. Contohnya adalah refrigerasi termoelektrik, refrigerasi siklus absorsi, refrigerasi *steam jet*, refrigerasi *magnetic*, *heat pipe*.

### 2.8.3 *Heat Transfer* pada Pengkondisian Udara

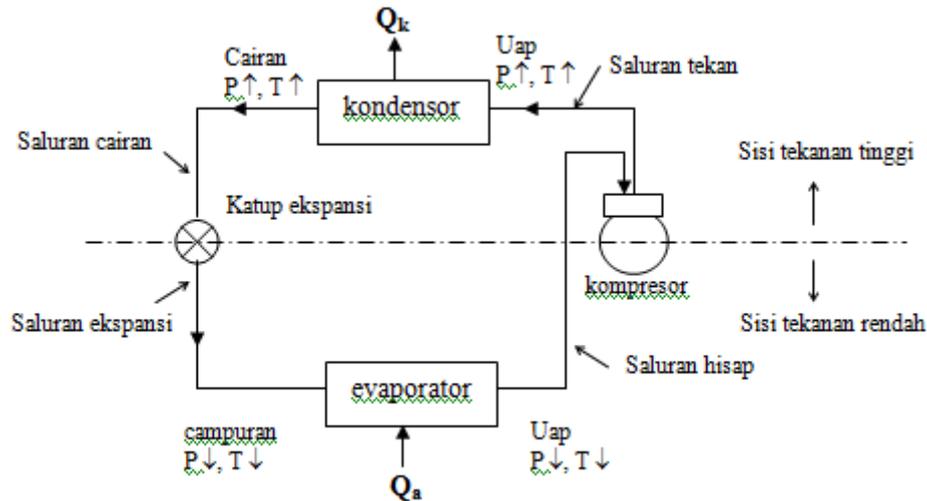
Terdapat 3 jenis *heat transfer* dalam sistem pengkondisian udara. Di antara ketiga jenis tersebut, yaitu:

1. Radiasi, yaitu proses perpindahan panas yang terjadi tanpa melalui perantara atau medium. Pada proses *air conditioning*, radiasi terjadi saat kalor keluar dari sebuah ruangan/benda, aktivitas manusia di ruangan tersebut, serta kalor yang masuk dari luar ruangan (panas matahari yang menyentuh dinding ruangan). Seluruh panas ini akan menuju ke evaporator di mana akan dilakukan proses evaporasi.
2. Konveksi, yaitu perpindahan panas dengan perantara yang berbeda. Contohnya adalah *heater*, yang mana pada alat ini, koil yang panas akan menghasilkan uap yang panas. Contoh lain adalah ketika sebuah plat panas dialiri oleh sebuah fluida gas, di mana masa konstan dengan pemanasan, maka akan membuat volume mengembang sehingga massa jenis turun dan gas panas akan bergerak naik. Dalam sistem pengkondisian udara, panas dari tubuh manusia akan cenderung mengalir naik ke bagian atas tubuh dan kemudian akan melepas ke bagian atas ruangan.
3. Induksi, yaitu proses perpindahan panas melalui perantara langsung. Dalam sistem pengkondisian udara, proses ini tidak terjadi, kecuali evaporator tersentuh oleh reservoir panas.

Dalam sistem pengkondisian udara, faktor penting yang harus diperhatikan adalah temperatur dan *humidity* (kelembapan). Keduanya akan saling berkaitan sehingga akan sangat diperlukan peralatan yaitu psikometrik diagram untuk tekanan tertentu dengan harapan agar temperatur dan *humidity* yang didapatkan sesuai standar kenyamanan.

### 2.8.4 Siklus Kompresi Uap

Secara umum, refrigerasi yang paling banyak digunakan adalah refrigerasi dengan sistem kompresi uap. Adapun komponen utama dari siklus ini yaitu kompresor, evaporator, kondensor, dan katup ekspansi.

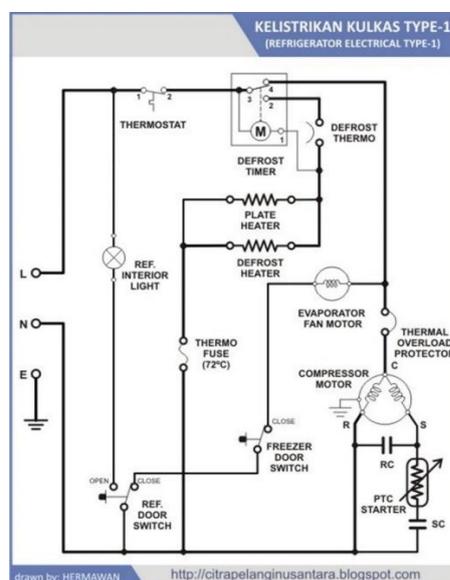


Gambar 14 Sistem Kompresi Uap Standar

Siklus ini sangat umum dijumpai pada berbagai aplikasi termasuk mesin uap, pembangkit listrik, dan juga sistem pendinginan.

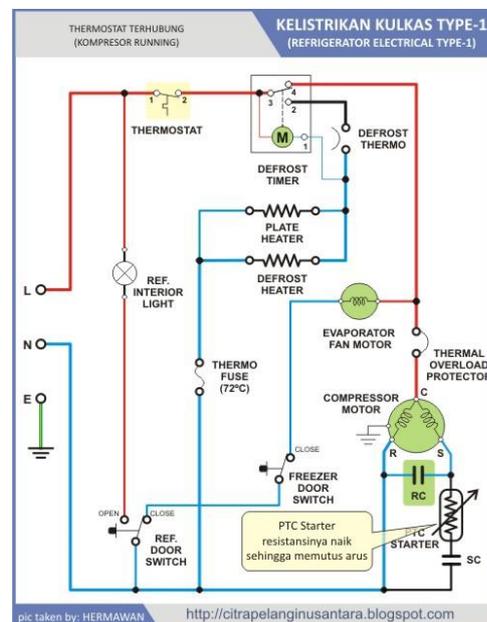
### 2.8.5 Kelistrikan Refrigerator

Untuk menjaga temperatur pada masing-masing ruang, maka suatu rangkaian kelistrikan sangat diperlukan untuk tetap dapat mengontrol kerja dari sebuah kompresor serta untuk mengatur proses pencairan bunga es. Di bawah ini merupakan salah satu contoh rangkaian pengontrol sebuah refrigerator yang umum digunakan pada banyak manufaktur.



Gambar 15 Kelistrikan Refrigerator

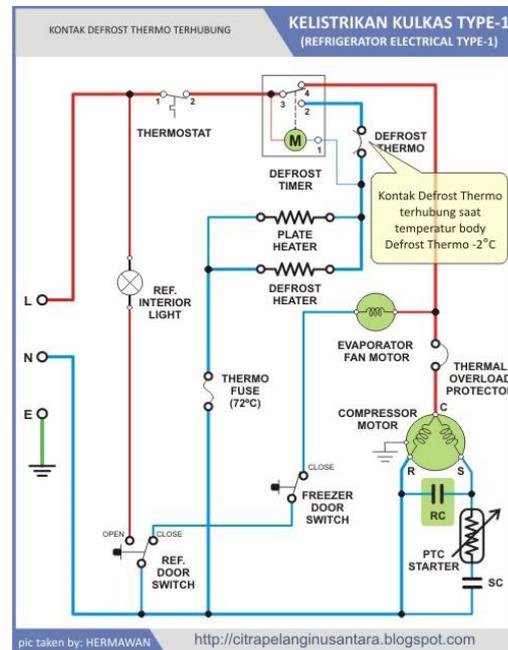
Saat refrigerator diberi masukan tegangan yang sesuai serta keadaan termostat dan freezer OFF, maka di saat pintu refrigerator di buka, lampu akan menyala dikarenakan mendapatkan suplai tegangan penuh sebesar 220 VAC. Begitu pun saat pintu ditutup kembali, lampu refrigerator akan mati. Apabila selektor termostat di ubah semisal pada jangka temperatur  $-15^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $20^{\circ}\text{C}$ , maka kontak freezer termostat akan terhubung, timer motor, evaporator fan motor, kompresor, running capacitor, starting capacitor, dan PTC starter relay juga akan bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing. Di saat putaran motor kompresor telah mencapai 75% putaran maksimum, maka PTC akan mulai memutus arus yang melewati rangkaian star capacitor dikarenakan torsi yang dibutuhkan sudah tidak terlalu besar (start capacitor telah mencapai 75% putaran maksimumnya). Akan tetapi, kumparan bantu masih mendapat arus yang melalui running capacitor dengan torsi yang lebih kecil. Lebih jelasnya, seperti gambar di bawah ini.



Gambar 16 Kelistrikan Refrigerator saat Termostat Terhubung

Ketika komponen kompresor bekerja, maka temperatur dalam ruangan akan perlahan-lahan akan turun sesuai dengan temperatur yang telah diatur. Pada saat itu juga, posisi *dumper* pada termostat mulai menutup saluran udara yang masuk ke ruang refrigerator hingga akhirnya akan menutup sempurna di saat temperatur telah sesuai dengan penyetapan. Pada kondisi ini, *dumper* tertutup sempurna dan aliran udara tidak akan lagi masuk ke ruang refrigerator. Dikondisi yang lain, saat

temperatur ruang refrigerator tercapai, kompresor masih bekerja untuk dapat mendinginkan ruang *freezer*. Kontak poin pada bagian *defrost thermo* akan menutup pada saat temperatur di evaporator sudah sesuai dengan temperatur penyetelan seperti gambar di bawah.



Gambar 17 Kelistrikan Refrigerator Saat Kontak Defrost Thermo Terhubung

Pada dasarnya, tertutupnya kontak tersebut merupakan persiapan apabila waktu untuk melakukan proses *defrost* tercapai, sehingga *defrost heater* bisa bekerja untuk mencairkan es yang ada pada evaporator. Pada kompresor yang masih bekerja mendinginkan ruang *freezer*, saat temperatur telah tercapai, maka termostat akan memutus. Saat termostat memutus, maka semua komponen akan berhenti bekerja terkecuali lampu refrigerator yang akan ON apabila pintu refrigerator dibuka. Di saat kompresor mati, maka temperatur akan perlahan kembali ke temperatur sebelumnya. Namun, termostat akan kembali terhubung apabila sistem mendeteksi suhu telah berada pada suhu batas yang ditentukan, sehingga sistem akan kembali berjalan sesuai dengan beberapa proses di atas. Proses ini akan terus berulang sehingga temperatur akan terjaga pada jangka yang telah diatur.

## 2.9 *Air Conditioner* (AC)

*Air Conditioner* (AC) merupakan sebuah perangkat atau sistem yang digunakan untuk mengatur suhu, kelembaban, sirkulasi udara, dan kualitas udara di dalam sebuah ruangan untuk menghasilkan kondisi udara yang nyaman bagi orang di sekitar. Secara singkat, AC bekerja dengan memindahkan panas dalam sebuah ruangan ke luar ruangan tersebut sehingga akan tercipta udara yang memiliki suhu lebih rendah di dalam ruangan tersebut. Prinsip kerja ini memanfaatkan refrigeran untuk menyerap panas saat berubah dari cair ke gas dan melepaskan panas saat berubah kembali dari gas ke cair.

Pengkondisian udara standar °C dan % RH (kelembaban udara) pada suatu ruangan di gunakan acuan 03-6390-2000 yang merupakan standar yang ditentukan oleh BPPT saat perencanaan efisiensi dan elastisitas energi pada tahun 2012. Adapun acuan tersebut menyatakan bahwa :

1. Temperatur standar dalam sebuah ruangan adalah 24°C-26°C.
2. Kelembaban udara berkisar antara 50% RH sampai dengan 70%. RH.

### 2.9.1 *Komponen Air Conditioner* (AC)

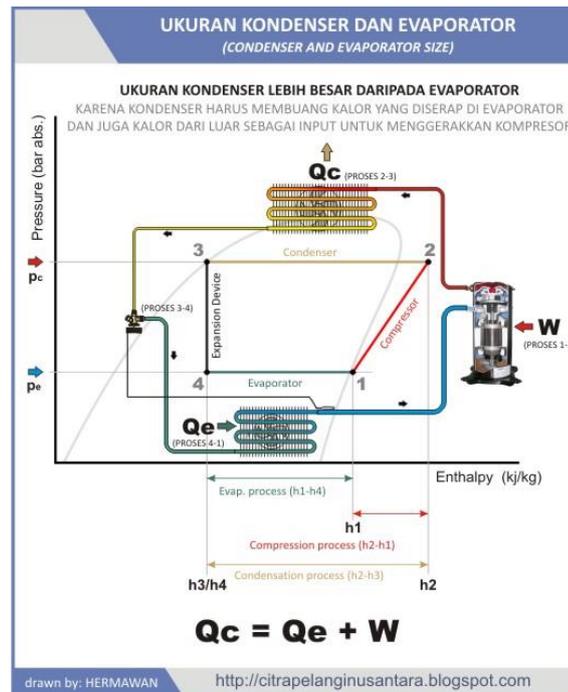
*Air Conditioner* (AC) tersusun dari beberapa komponen utama. Di antara komponen-komponen tersebut adalah sebagai berikut:

1. Refrigeran, sebuah bahan yang dengan mudah dapat diubah dari gas ke cair maupun sebaliknya untuk proses pendinginan dengan cara mengambil panas dari evaporator dan membuangnya ke kondensor. Refrigeran memiliki tekanan kondensasi yang rendah, memiliki titik didih yang tinggi, refrigeran dengan titik didih rendah digunakan untuk kulkas dan *freezer*) serta konduktivitas termal yang tinggi.
2. Kompresor, merupakan sebuah alat mekanis yang berguna untuk menghisap uap dari refrigeran dari evaporator dan selanjutnya menaikkan tekanan uap menjadi lebih tinggi dengan Tindakan kompresi. Kompresor juga bertugas untuk menjaga perbedaan tekanan dalam pada sebuah sistem dan mengalirkan refrigeran ke semua sistem pendingin.

3. Kondensor (pengembun), merupakan komponen yang berfungsi untuk menguapkan refrigeran dengan cara melepaskan kalor uap dari sekeliling refrigeran tersebut. Kondensasi bahan pendingin dari kompresor dengan suhu tinggi dan tekanan tinggi dibuat pada komponen ini. Bahan pendingin dengan wujud gas akan diubah menjadi cair melalui komponen ini.
4. Evaporator, merupakan komponen yang biasa disebut juga dengan nama *freezer* atau *cooling coil*. Fungsi dari komponen ini adalah menyerap panas dari udara pada mesin pendingin dan kemudian menurunkan suhunya menjadi lebih rendah. Kalor yang sebelumnya telah diserap akan dibuang melalui kondensor.
5. Alat ekspansi, yaitu alat yang digunakan untuk mengatur banyaknya jumlah cairan refrigeran yang masuk ke dalam evaporator.
6. Kipas, berfungsi untuk mengalirkan udara ke dalam sistem.
7. Termostat, yaitu sebuah alat untuk mendeteksi temperatur ruangan agar kondisi tetap sesuai keinginan. Alat pendeteksi yang digunakan umumnya berupa sebuah bimetal yang sangat sensitif terhadap adanya perubahan temperatur pada sebuah ruangan.

### **2.9.2 Siklus Kerja *Air Conditioner***

Evaporator sendiri berfungsi untuk menyerap kalor yang kemudian akan dibuang ke kondensor. Adapun untuk besarnya kalor yang diserap di evaporator. Untuk melakukan perpindahan kalor yang diserap oleh evaporator, diperlukan daya atau tenaga dari luar yaitu dari kompresor. Besarnya daya yang digunakan untuk memindahkan kalor dari evaporator ke kondensor. Untuk daya eksternal yang digunakan untuk membuat kompresor bekerja, tidak semuanya akan menjadi sebuah tenaga, melainkan Sebagian akan berubah menjadi sebuah panas yang timbul akibat gesekan yang terjadi antara bagian yang bergerak pada saat proses kompresi terjadi di kompresor. Kalor yang timbul akibat gesekan ini akan dibuang ke dalam kondensor agar proses bisa terus kontinu Sehingga, akan terlihat dengan jelas jika ukuran kondensor akan lebih besar dibandingkan dengan evaporator dengan alasan harus bisa membuang kalor yang diserap di evaporator ditambah dengan kalor yang timbul saat proses kompresi.



Gambar 18 Siklus Pada Sistem *Air Conditioner*

Pada gambar di atas, ditunjukkan beberapa proses dalam sebuah sistem *air conditioner*. Proses-proses tersebut di antaranya, yaitu :

1. Evaporasi, di mana proses bermula dari titik 4 dan akan berakhir pada titik 1. Pada proses ini, akan terjadi kenaikan entalpi dikarenakan refrigeran akan menyerap kalor dari udara ataupun beban pendinginan yang melewati evaporator.
2. Kompresi, yaitu proses yang terjadi dari titik 1 dan akan berakhir di titik 2. Kalor yang sebelumnya telah diserap di evaporator harus dipindahkan agar penyerapan kalor tetap berlangsung pada komponen evaporator. Pompa kalor akan membantu mengalirkan kalor dengan temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Adapun dalam sistem ini, kompresor akan bertindak sebagai sebuah pompa kalor.
3. Kondensasi, proses ini berawal dari titik 2 dan kemudian akan berakhir ke titik 3. Kalor yang diserap di evaporator dan kalor yang timbul saat proses kompresi harus dibuang untuk mengembalikan kondisi refrigeran ke kondisi awal. Pada proses ini, evaporasi akan berfungsi untuk menjaga keberlangsungan siklus refrigerasi.

4. Ekspansi, proses ini bermula dari titik 3 sampai dengan titik 4. Refrigeran yang telah kembali ke kondisi awal akan mulai diturunkan tekanannya untuk memulai kembali proses evaporasi.

Siklus ini akan terus menerus berulang dengan syarat semua komponen bekerja dengan normal dan juga mempunyai ukuran yang sesuai.

### **2.9.3 Jenis *Air Conditioner***

AC dikelompokkan menjadi tiga jenis secara umum, yaitu AC Window, AC *Split*, dan AC *Chiller*. Setiap jenis AC memiliki keuntungan dan kerugian dalam pemasangannya masing-masing sesuai dengan karakteristik, kebutuhan, dan konfigurasi suatu bangunan. Untuk bangunan besar, biasanya digunakan AC *Chiller* (sistem pengkondisian udara sentral).

#### **2.9.3.1 *Window Air Conditioner***

AC *Window* merupakan AC yang mempunyai evaporator dan kondensor yang terletak pada satu mesin. AC ini menerapkan suatu pengkondisian udara pada ruangan yang relatif kecil. Jenis ini dibuat dengan ukuran yang kecil serta disesuaikan dengan ukuran jendela pada umumnya sehingga dalam pemasangannya pun menjadi cukup mudah. Selain dalam hal pemasangan, AC jenis ini juga mudah dalam hal pengoperasiannya. Karena itulah jenis ini sangat banyak digunakan. (Hartoyo, 2009)



Gambar 19 AC Window

Komponen penyusun dari AC jenis ini meliputi sebuah kompresor, katup ekspansi, kumparan pipa panas atau kondensor pada bagian luar ruangan, kumparan pipa dingin atau evaporator pada bagian dalam ruangan, dua buah kipas angin (*fan*),

dan unit kontrol. Kipas-kipas angin inilah yang akan menghembuskan udara ke kondensor untuk akhirnya akan melepaskan panas gas refrigeran dan menghembuskan udara ke evaporator untuk segera mendinginkan ruangan.

### 2.9.3.2 *Split Air Conditioner*

AC *Split* merupakan AC dengan evaporator dan kondensor yang terpisah. Keduanya berada pada dua mesin yang berbeda. Evaporator terletak di dalam ruangan sedangkan kondensornya terletak di luar ruangan. AC ini memisahkan sisi panas dan sisi dingin dengan menggunakan sistem. Untuk sisi dingin, ditempatkan pada sebuah *Air Handler Unit* (AHU) di mana AHU ini akan menghembuskan udara melalui kumparan evaporator dan udara hingga akhirnya udara akan berubah menjadi dingin setelah melewati kumparan evaporator ini. Sedangkan untuk sisi panas atau kondensor biasanya diletakkan di luar bangunan.



Gambar 20 AC *Split*

Pemakaian dari AC jenis ini biasanya untuk beban yang lebih besar, namun akan kesulitan apabila bangunan semakin besar. Hal ini dikarenakan daerah yang juga akan semakin jauh dari AHU, sehingga pipa saluran dingin atau kondensor akan melampaui batas maksimumnya. (Hartoyo, 2009)

### 2.9.3.3 AC *Chiller*

AC *Chiller* adalah salah satu jenis AC yang banyak digunakan dan dipasang di perkantoran, hotel, dan jenis bangunan lainnya yang mempunyai beban pendinginan yang besar. AC jenis ini dipilih dengan alasan lebih mudah dalam operasional dan juga pemeliharaan. Selain itu, AC jenis ini juga lebih tidak berisik jika dibandingkan dengan jenis lainnya. AC *Chiller* akan menghasilkan *chilled water* dan akan membuang panas ke udara melalui sebuah *cooling tower*. Air dingin

yang telah diproduksi akan disalurkan ke AHU. Kedua mesin tersebut yaitu mesin *chiller* dan *cooling tower* berada dalam ruangan yang terpisah. (Sutarsa et al., 2020)



Gambar 21 AC *Chiller*

## 2.10 British Thermal Unit (BTU)

BTU merupakan sebuah singkatan dari *British Thermal Unit* yang juga sebagai satuan energi yang digunakan di Amerika Serikat. Biasanya satuan ini didefinisikan per jam, menjadi satuan *BTU/hour*. Sekarang ini, satuan tersebut mulai digantikan dengan satuan energi dari unit SI yaitu Joule (J), namun penggunaannya masih banyak dijumpai di beberapa sistem pemanas dan pendingin lama. 1 *BTU/hour* merupakan energi yang dibutuhkan untuk mendinginkan atau memanaskan air sebanyak 1 galon air atau 1 *pound* (sekitar 454 gram) agar temperatur dari air tersebut turun sebesar 1° F (Fahrenheit) dalam 1 jam. Adapun hubungan dari AC dengan BTU ini adalah bagaimana kemampuan mesin ini dapat mendinginkan ruangan dengan luas dan kondisi tertentu dalam satu jam.

Berikut tabel kapasitas AC berdasarkan PK.

Tabel 3 Kapasitas AC Berdasarkan PK

Kapasitas AC	BTU	Preferensi ruangan
½ PK	5000	3m x 3m
¾ PK	7000	4m x 3m
1 PK	9000	4m x 4m
1 ½ PK	12000	4m x 6m
2 PK	18000	6m x 8m
2 ½ PK	24000	8m x 8m
3 PK	27000	10m x 8m
5 PK	45000	10m x 10m

PK merupakan sebuah singkatan dari Bahasa Belanda yaitu *Paard Kracht* yang dalam bahasa Inggris disebut juga dengan *Horse Power* (HP). Daya yang dibutuhkan untuk 1 PK AC setara dengan 746 watt. Dalam konteks tata udara (*Air Conditioner*), PK ini merepresentasikan daya pendinginan yang dibutuhkan oleh AC untuk menjaga suhu dalam ruangan tetap dingin. Semakin besar daya yang dibutuhkan oleh AC tersebut, maka semakin tinggi pula nilai PK yang digunakan.

## 2.11 Pengertian *Cooling Load* dan *Heat gain*

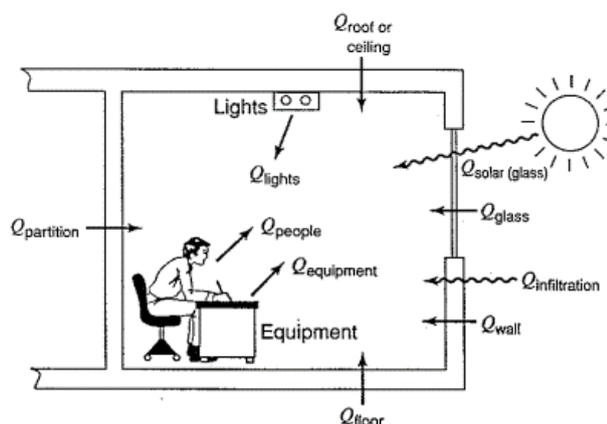
Dalam sistem pengkondisian udara sebuah ruangan, kapasitas sistem yang terpasang menjadi sebuah hal yang perlu diperhatikan. Hal tersebut ditujukan agar udara yang dihasilkan bisa sesuai dengan keinginan. Dengan demikian, dalam pemilihan sistem pengkondisian udara, perlu dilakukan survei terlebih dahulu terhadap beberapa poin penting seperti beban pendinginan

*Cooling Load* (beban pendinginan) merupakan jumlah (kuantitas) kalor/panas yang harus dipindahkan dari sebuah ruangan atau materi sehingga menjadikan ruangan atau materi tersebut mempunyai kondisi yang sesuai dengan keinginan. Sedangkan *heat gain* (peningkatan panas), merupakan jumlah panas yang masuk ke dalam sebuah ruangan melalui sebuah struktur bangunan, atau juga jumlah kalor yang berasal dari dalam ruangan itu sendiri. Kedua istilah ini sejatinya merupakan dua hal yang berbeda. Perbedaan ini dikarenakan terdapat kapasitas termal bahan bangunan yang menjadikan di antara keduanya memiliki jeda waktu (*time lag*).

*Heat gain* menurut asalnya terbagi menjadi dua, yaitu beban eksternal dan juga beban internal. Beban eksternal sendiri merupakan beban yang berasal dari luar ruangan yang biasanya merupakan panas dari cahaya matahari. Dari cahaya matahari tersebut yang akan mengenai dinding, kaca, dan atap sebuah ruangan. Dari peristiwa inilah yang akan menyebabkan *heat transfer* ke dalam sebuah ruangan. Sedangkan beban internal sendiri, merupakan beban yang berasal dari dalam ruangan itu sendiri, seperti contohnya beban penerangan dari lampu, beban orang/penghuni, juga beban peralatan dari ruangan itu sendiri.

Menurut jenisnya, *Heat gain* dibedakan menjadi beban sensibel dan juga beban laten. Beban sensibel sendiri merupakan beban yang berkaitan dengan naiknya

temperatur suatu ruangan, sedangkan beban laten merupakan beban yang berkaitan dengan naiknya tingkat kelembapan dari sebuah ruangan.



Gambar 22 Ilustrasi Perolehan *Heat Transfer*

Dalam proses cahaya matahari mengalami *heat transfer*, tidak semua akan diserap ke dalam sebuah ruangan dan menjadikan temperatur suatu ruangan menjadi meningkat. Hal tersebut dikarenakan sebagian besar panas akan diserap oleh struktur bangunan seperti dinding, atap, lantai, bahkan *furniture*. Panas yang sebelumnya telah diserap oleh struktur bangunan akan dilepaskan kembali ke dalam ruangan tersebut dan akan meningkatkan temperatur ruangan meskipun sumber panas yaitu utamanya dari radiasi cahaya matahari telah berhenti (malam hari). Peristiwa inilah yang membuat *heat transfer* tidak sama dengan *cooling load*.

## 2.12 Perhitungan Beban Pendinginan

Tujuan dari dilakukannya perhitungan beban pendinginan ini tak lain adalah untuk menjadi sumber informasi untuk dapat memilih kapasitas peralatan mesin pendingin (*cooling capacity*) yang sesuai dengan beban puncak. Terdapat 3 jenis metode perhitungan beban pendinginan yang sering digunakan, di antaranya yaitu:

1. TFM (*Transfer Function Factor*)
2. CLTD/CLF (*Cooling Load Temperature Difference/ Cooling Load Factor*)
3. TETD/TA (*Total Equivalent Temperature Differential/Time-Averaging*)

Metode CLTD/CLF merupakan salah satu metode yang digunakan dalam perhitungan beban pendinginan di mana pada metode ini mempertimbangkan

beberapa faktor yang berpengaruh terhadap beban pendinginan suatu ruangan. CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*) merupakan perbedaan suhu total yang diperlukan untuk menghitung beban pendinginan yang berasal dari radiasi matahari dan juga suhu lingkungan. CLTD ini mempertimbangkan beberapa faktor seperti orientasi bangunan, luas ruangan, luas kaca, jenis dan sifat material bangunan yang mempengaruhi seberapa banyak panas yang ditransfer ke dalam sebuah ruangan. CLF (*Cooling Load Factor*) merupakan koefisien yang digunakan untuk mengonversi beban pendinginan yang telah dihitung berdasarkan kondisi tertentu menjadi sebuah beban pendinginan yang dibutuhkan selama periode puncak atau jam tertentu.

Dalam metode CLTD/CLF ini akan diperhitungkan dua jenis faktor, yaitu faktor internal dan juga faktor eksternal yang mempengaruhi beban pendinginan. Untuk faktor eksternal sendiri digolongkan menjadi beberapa beban yaitu beban dari konduksi sinar matahari melalui atap, melalui dinding luar, melalui kaca, melalui partisi, melalui langit-langit, melalui lantai, radiasi matahari melalui kaca, beban infiltrasi, dan juga beban ventilasi. Sedangkan untuk beban internal terdiri dari beban penerangan/pencahayaan, beban orang/penghuni, serta beban peralatan.

Metode ini memberikan estimasi beban pendinginan yang cukup akurat dan mempertimbangkan banyak variabel. Hal tersebut juga dapat dibuktikan dengan tingkat kompleksitas yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan metode-metode lainnya yang jauh lebih sederhana. Dalam metode ini, diperlukan data dan analisis yang mendalam terutama dalam perhitungan CLTD serta pada pemilihan CLF yang tepat.

### **2.12.1 Perhitungan beban pendinginan akibat faktor eksternal**

*Heat gain* yang timbul akibat faktor eksternal umumnya tercipta akibat adanya pengaruh dari panas cahaya sinar matahari. Proses *transfer heat* terjadi dengan dua cara yaitu konduksi dan juga radiasi. Pada saat cahaya matahari mengenai sebuah bangunan, maka, panas akan diserap oleh material bangunan, baik itu dari sisi dinding, atap, kaca, dan juga langit-langit. Meskipun panas yang diserap oleh material bangunan tidak langsung dilepaskan secara keseluruhan ke dalam sebuah

ruangan, namun akan ada saat di mana panas yang sebelumnya telah diserap akan dilepaskan, sehingga temperatur ruangan akan meningkat.

Adapun untuk mencari nilai dari kebutuhan beban pendinginan akibat dari beban eksternal dilakukan dengan memperhitungkan beberapa variabel. Setiap kebutuhan beban pendinginan akibat faktor eksternal dapat dicari dengan rumus yang berbeda, tergantung pada bagian mana yang akan dilakukan perhitungan. Beberapa jenis beban pendinginan yang dapat diperhitungkan akibat dari faktor eksternal antara lain yaitu:

a. Konduksi melalui struktur eksterior

Beban pendinginan yang disebabkan oleh konduksi dari *heat gain* melalui atap, dinding dan juga kaca dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$Q = U \times A \times CLTD_C \quad (5)$$

Di mana:

Q = beban pendinginan untuk atap, dinding, ataupun kaca (BTU/hr)

U = total *heat transfer* koefisien untuk atap, dinding, dan kaca (BTU/hr-ft<sup>2</sup>-F)

A = Luas area dari atap, dinding, dan kaca (ft)

CLTD<sub>C</sub> = Perbedaan temperatur beban pendinginan yang koreksi (F)

*Cooling Load Temperature Difference* (CLTD) bukanlah merupakan perbedaan temperatur yang sebenarnya di antara udara luar dan juga udara di dalam sebuah bangunan. Nilai-nilai tersebut telah dimodifikasi untuk efek dari *time lag*. Pada lampiran 29 dan 30, terdapat daftar nilai dari CLTD untuk beberapa konstruksi atap dan juga dinding. Nilai-nilai tersebut didasarkan pada beberapa kondisi berikut:

1. Temperatur dalam ruangan adalah 78 F DB.
2. Rata-rata temperatur luar bangunan adalah 85 F DB.
3. Berlokasi pada garis lintang 40° Utara.
4. Tanggal 21 Juli.

Apabila nilai dari kondisi sebenarnya berbeda dengan kondisi di atas, maka CLTD harus dikoreksi dengan menggunakan persamaan :

$$CLTD_C = CLTD + LM + (78 - t_R) + (t_a - 85) \quad (6)$$

Di mana:

$CLTD_C$  = nilai terkoreksi dari CLTD (F)

CLTD = temperatur dari lampiran 29 dan 30

LM = koreksi untuk garis lintang dan juga bulan, dari lampiran 32

$t_R$  = temperatur ruangan (F)

$t_a$  = temperatur rata-rata di luar ruangan (F)

b. Radiasi sinar matahari melalui kaca

Energi radiasi dari sinar matahari yang melewati material transparan seperti kaca dapat meningkatkan panas ke dalam sebuah ruangan. Adapun besarnya dapat bervariasi, mulai dari waktu, orientasi, bayangan, serta efek penyimpanan. Beban pendinginan akibat radiasi sinar matahari ini, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF \quad (7)$$

Di mana:

Q = Beban Pendinginan Radiasi sinar matahari untuk kaca (BTU/hr)

SHGF = faktor *heat gain* maksimum sinar matahari (BTU/hr-ft<sup>2</sup>)

A = Luas kaca (ft<sup>2</sup>)

SC = koefisien *Shading*

CLF = Faktor beban pendinginan untuk kaca

### 2.12.2 Perhitungan beban pendinginan akibat faktor internal

#### a. Pencahayaan/Lampu

Persamaan untuk menentukan beban pendinginan untuk *heat gain* dari pencahayaan / lampu yaitu :

$$Q = 3,4 \times W \times BF \times CLF \quad (8)$$

Di mana:

Q = beban pendinginan dari lampu (BTU/hr)

W = kapasitas lampu (Watt)

BF = faktor *ballast*

CLF = Faktor beban pendinginan untuk lampu

Nilai 3,4 mengubah watt menjadi BTU/jam. Adapun faktor BF yang mana memperhitungkan kehilangan panas pada *ballast* di dalam lampu flouresen, serta nilai BF yang digunakan untuk lampu flouresen adalah 1,25. Untuk jenis lampu pijar di mana tidak ada kehilangan panas tambahan, maka nilai BF adalah 1,0.

Faktor CLF memperhitungkan penyimpanan dari sebagian *heat gain* dari lampu. Efek ini akan tergantung pada seberapa lama lampu dan sistem pendinginan beroperasi, konstruksi bangunan, jenis perlengkapan lampu, bahkan sampai rate ventilasi. Efek ini juga dapat diabaikan apabila sistem pendingin hanya beroperasi selama jam kerja, sistem pendinginan beroperasi lebih dari 16 jam per harinya, serta apabila suhu ruangan dibiarkan naik saat ruangan sedang tidak ter huni. Kondisi-kondisi tersebut mencakup banyak situasi yang mungkin terjadi sehingga efek ini harus tetap digunakan secara hati-hati, ditambah dengan penggunaan bangunan juga yang terkadang dapat berubah-ubah. Adapun nilai CLF untuk lampu adalah 1,0.

#### b. Penghuni/Orang

*Heat gain* dari orang/penghuni terdiri dari dua, yaitu panas sensibel dan juga panas laten. Beberapa dari panas sensibel dapat diserap oleh efek penyimpanan

panas. Berbeda dari panas laten yang menang tidak terserap. Persamaan untuk beban pendinginan panas sensibel dan laten dari manusia adalah :

$$Q_s = q_s \times n \times CLF \quad (10)$$

$$Q_l = q_l \times n \quad (11)$$

Di mana:

$Q_s, Q_l = \text{Heat gain}$  sensibel dan laten

$q_s, q_l = \text{heat gain}$  sensibel dan laten per orang/penghuni

$n = \text{jumlah orang/penghuni}$

$CLF = \text{faktor beban pendinginan untuk orang/penghuni}$

Nilai dari *heat gain* dari setiap orang/penghuni tergantung pada aktivitas fisik mereka. Tabel di bawah ini merupakan daftar nilai untuk beberapa aktivitas.

Tabel 4 Nilai *Heat gain* Setiap Penghuni Tergantung Aktivitas Fisik

Tingkat Aktivitas	Tipe Penggunaan	Kalor total Pria Dewasa		Kalor total yang disesuaikan untuk wanita		Panas sensibel (BTU/h)		Panas laten (BTU/h)	
		Btu/h	W	Btu/h	W	Btu/h	W	Btu/h	W
Duduk di Gedung pertunjukan	Siang hari	390	114	330	97	225	66	105	31
Duduk di Gedung pertunjukan	Malam hari	390	114	350	103	245	72	105	31
Duduk, kerja amat ringan	Kantor, hotel, apartemen	450	132	400	117	245	72	155	45
Kerja kantor dengan keaktifan sedang	Kantor, hotel, apartemen	475	139	450	132	250	73	200	59
Berdiri, kerja ringan, berjalan	Pusat belanja, pertokoan	550	162	450	132	250	73	200	59
Berjalan; berdiri	Apotek, bank	550	162	500	146	250	73	250	73
Pekerjaan terus menerus	Restoran	490	144	550	162	275	81	275	81
Pekerjaan bengkel ringan	Pabrik	800	235	750	220	275	81	475	139
Berdansa	Hal dansa	900	264	8550	249	305	89	545	160
Berjalan 3 mph; pekerjaan mesin yang ringan	Pabrik	1000	293	1000	293	375	110	625	183
<i>Bowling</i>	<i>Bowling alley</i>	1500	440	1450	425	580	170	870	255
Pekerjaan berat	Pabrik	1500	440	1450	425	580	170	870	255
Pekerjaan mesin yang berat, mengangkat	Pabrik	1600	469	1600	469	635	186	965	283
atletik	Gimnasium	2000	586	1800	528	710	208	1090	320

Sumber : (Badan Standarisasi Nasional, 2001)

Faktor efek penyimpanan panas CLF berlaku untuk *heat gain* sensibel dari orang/penghuni. Apabila sistem *air conditioning* dimatikan pada malam hari, maka efek ini bisa diabaikan, serta nilai CLF yang digunakan adalah 1,0.

### c. Peralatan

*Heat gain* dari peralatan biasanya bisa dapat ditemukan pada *name plate* dari peralatan itu sendiri. Beberapa peralatan menghasilkan baik itu panas sensibel maupun panas laten. Nilai dari panas yang dikeluarkan oleh beberapa peralatan dapat dilihat pada lampiran 35.

### 2.12.3 Perhitungan beban pendinginan dari infiltrasi

Infiltrasi udara melalui celah-celah di sekitar pintu ataupun jendela akan menghasilkan panas sensibel dan juga panas laten yang akan masuk ke dalam sebuah ruangan. Infiltrasi udara dan terkhusus pada kelembapan yang masuk ke dalam sebuah ruangan secara berkala menjadi sebuah sumber dari ukuran kenaikan dan kehilangan panas. Jumlah dari infiltrasi udara bervariasi tergantung dari kerapatan pintu dan juga jendela, serta banyak faktor lainnya. Kebanyakan dari faktor tersebut tidak dapat dievaluasi secara akurat dan harus didasarkan pada penafsiran.

Daftar nilai infiltrasi dapat dibedakan ke dalam sebuah satuan perubahan udara per jam (*Air Changes Per Hour*). Dapat dilihat tiga kategori dari kerapatan konstruksi yaitu:

1. *Tight*, jendela dan pintu yang dipasang dengan baik, pengupasan cahaya, serta tidak ada perapian.
2. *Medium*, jendela dan pintu yang pas, perapian yang bisa ditutup.
3. *Loose*, jendela pintu yang tidak dipasang dengan baik, serta tempat perapian tanpa penutup.

Nilai kapasitas dari infiltrasi udara yang masuk ke dalam sebuah ruangan dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$Q_s = 1,1 \times \text{CFM} \times \text{TC} \quad (12)$$

Di mana:

$Q_s$  = Kalor Sensibel (Btu/h)

CFM = Nilai infiltrasi udara yang masuk ke dalam ruangan (CFM)

TC = Perubahan temperatur udara luar dan temperatur udara dalam (°F)

Adapun nilai kalor laten yang disebabkan oleh infiltrasi udara dapat dihitung dengan menggunakan persamaan,

$$Q_l = 0,68 \times \text{CFM} \times (W_o - W_i) \quad (13)$$

Di mana:

$Q_l$  = Kalor Laten (Btu/h)

CFM = Nilai infiltrasi udara yang masuk ke dalam ruangan (CFM)

$W_o - W_i$  = Rasio kelembapan dalam dan luar (gr w./lb d.a)

Tabel 5 Tingkat Infiltrasi Udara Pada Desain Tipikal Yang Diperbolehkan Melalui Jendela dan Pintu Eksterior

Komponen	Tingkat Infiltrasi
Jendela	0,37 CFM per ft celah
Pintu Residensial	0,5 CFM per ft <sup>2</sup> dari area pintu
Pintu Nonresidensial	1,00 CFM per ft <sup>2</sup> dari area pintu

Sumber : (Edward G. Pita, 2013)

#### 2.12.4 Perhitungan beban pendinginan dari ventilasi

Secara umum, beberapa udara dari luar dengan sengaja di masukan masuk ke dalam bangunan untuk alasan kesehatan dan kenyamanan. Panas sensibel dan panas laten dari udara ini biasanya lebih besar jika dibandingkan dengan udara yang ada dalam sebuah ruangan, sehingga ketika udara tersebut menjadi bagian dari beban pendinginan. Kelebihan panas akibat ventilasi ini biasanya dihilangkan dengan peralatan pendinginan, sehingga akan menjadi sebuah beban pendinginan untuk koil pendingin, Namun tidak menjadi beban pendinginan untuk bangunan. Adapun

persamaan untuk menentukan beban sensibel dan beban laten dari ventilasi udara yaitu:

$$Q_s = 1,1 \times \text{CFM} \times \text{TC} \quad (14)$$

$$Q_l = 0,68 \times \text{CFM} \times (W_0' - W_i') \quad (15)$$

Di mana:

$Q_s, Q_l$  = Beban sensibel dan beban laten dari ventilasi (BTU/hr)

CFM = nilai udara ventilasi ( $\text{ft}^3/\text{min}$ )

TC = perubahan temperatur udara luar dan dalam (F)

$W_0', W_i'$  = rasio kelembapan dalam dan luar (gr w./lb d.a)

Dan total panas  $Q_t$  yang dilepaskan dari udara ventilasi adalah  $Q_t = Q_s + Q_l$ . Adapun nilai udara ventilasi luar yang direkomendasikan untuk beberapa pengaplikasian terdapat pada tabel 6.

Tabel 6 Rekomendasi Nilai Udara Ventilasi Luar Untuk Beberapa Pengaplikasian

Jenis Penggunaan	CFM/ft <sup>2</sup> Dari Luas Area Ruangan Dengan Pengkondisian Udara
Bengkel reparasi mobil	1,50
<i>Barber shop</i>	0,40
Bar, <i>lounge cocktail</i> , dan kasino	1,50
Klinik Kecantikan	0,40
<i>Loundry</i> dengan sistem pengoperasian koin	0,30
Komersial <i>laundry</i>	0,45
Kamar tamu hotel (kurang dari 500 ft <sup>2</sup> )	30 CFM/ <i>Guest Room</i>
Kamar tamu hotel (500 ft <sup>2</sup> atau lebih besar)	0,15
Toko ritel	0,20
Ruang merokok	1,50
Lainnya	0,15

Sumber : (Edward G. Pita, 2013)

### 2.13 Drop Voltage (Susut Tegangan)

Penyaluran tenaga listrik dari suatu sumber ke beban pada sebuah sistem instalasi, sering kali terjadi adanya perbedaan tegangan listrik antara tegangan dari sisi sumber dan juga dari sisi beban. Tegangan sumber biasanya lebih besar jika dibandingkan tegangan pada sisi beban. Hal ini dapat terjadi akibat adanya susut

tegangan (*drop voltage*) yang ada saat proses penyaluran tenaga listrik. *Drop voltage* ini memiliki batas yaitu tidak melebihi 5% dari tegangan sumber.

Adapun nilai dari *drop voltage* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\Delta V = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \quad (15)$$

Di mana,

$\Delta V$  = Nilai *Drop Voltage*

$V_s$  = Tegangan pada sisi sumber

$V_r$  = Tegangan pada sisi beban