

SKRIPSI

**STUDI INSTALASI LISTRIK *TRAINING CENTER* DAN
CONVENTION HOTEL UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Disusun dan diajukan oleh:

ANDI MUH. IQBAL FIRALDI

D041 18 1512



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**STUDI INSTALASI LISTRIK *TRAINING CENTER* DAN *CONVENTION*
HOTEL UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Disusun dan diajukan oleh:

ANDI MUH. IQBAL FIRALDI

D041 18 1512

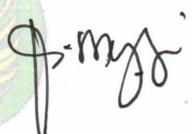
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 10 Februari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


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


Dr. Fitriyanti Mayasari, S.T., M.T.
NIP. 198307142006042001

Ketua Departemen Teknik Elektro




Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.
NIP. 19691026 199412 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Andi Muh. Iqbal Firaldi

NIM : D041181512

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

STUDI INSTALASI LISTRIK *TRAINING CENTER* DAN *CONVENTION HOTEL* UNIVERSITAS HASANUDDIN

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan 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 resiko.

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

Gowa, 10 Februari 2023

Yang Menyatakan



Andi Muh. Iqbal Firald

ABSTRAK

ANDI MUH. IQBAL FIRALDI, Studi Instalasi Listrik *Training Center* dan *Convention Hotel* Universitas Hasanuddin (dibimbing oleh Ansar Suyuti dan Fitriani Mayasari)

Peningkatan kebutuhan tenaga listrik khususnya pada bidang instalasi listrik membutuhkan suatu perencanaan yang handal secara teknis. Sistem instalasi listrik yang baik pada bangunan harus sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL) agar instalasi listrik pada bangunan dapat bekerja dengan efektif, efisien serta dapat mengatasi gangguan yang terjadi dalam proses penyaluran atau pendistribusian tenaga listrik pada bangunan tersebut. Studi instalasi listrik training center dan convention hotel universitas hasanuddin secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui kesesuaian sistem instalasi listrik dengan standar PUIL terbaru. Untuk metode yang digunakan dalam penelitian ini dimulai dari pengambilan data dilapangan, menghitung nilai iluminasi yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi masing-masing ruangan serta menghitung dan menentukan jenis KHA penghantar yang terpasang pada bangunan tersebut. Hasil dari penelitian untuk pengolahan data ini didapatkan jumlah kebutuhan nilai iluminasi yang terpasang dengan menggunakan persamaan metode lumen dimana jumlah armature berbeda-beda sesuai dengan fungsi masing-masing ruangan. Untuk diameter KHA yang digunakan pada sebuah penghantar yaitu NYM 5 x 185 mm² dengan nilai arus yang mengalir pada KHA utama yaitu sebesar 389,22 A dan total daya yang di gunakan pada bangunan tersebut yaitu 221.781 Watt dengan beban yang terpasang seperti AC, lampu penerangan dan stop kontak. sistem kontrol, sistem proteksi dan sistem pembumian yang terdapat pada bangunan tersebut dapat dikatakan beroperasi dengan baik dan untuk sistem instalasi listrik yang terpasang sudah sesuai dengan standar PUIL 2011. Selain sumber utama yang disuplai dari PLN bangunan ini juga dilengkapi dengan Genset sebagai suplai daya cadangan apabila terjadi pemadaman.

Kata Kunci : Instalasi Listrik, PUIL, KHA, Penghantar.

ABSTRACT

ANDI MUH. IQBAL FIRALDI, *Study of Electrical Installation Training Center and Convention of Hotel Hasanuddin University* (Supervised by Ansar Suyuti and Fitriani Mayasari)

The increasing demand for electric power, especially in the field of electrical installation, requires a technically reliable plan. A good electrical installation system in buildings must comply with the Indonesian National Standard (SNI) and General Electrical Installation Regulations (PUIL), so that electrical installations in buildings can work effectively and efficiently and can overcome disturbances that occur in the process of distributing or distributing electricity to buildings. The overall study of the electrical installation at Hasanuddin University Training Center and Convention Hotel aims to determine the suitability of the electrical installation system with the most recent PUIL standards. The method used in this study starts with collecting data in the field, calculating the required illumination value according to the function of each room, calculating and determining the type of conducting CRC installed in the building. The results of this study for data processing obtained the number of required illumination values installed using the lumen method equation, where the number of armatures varies according to the function of each room. The diameter of the current carrying capacity (KHA) used in a conductor is NYM 5 x 185 mm², with the value of the current flowing in the main KHA being 389.22 A, and the total power used in the building is 221,781 Watt with loads installed such as air conditioners, lighting, and electric sockets. The control system, protection system, and earthing system contained in the building can be said to be operating correctly, and PUIL 2011 standards installed the electrical installation system. In addition to the primary source supplied by PLN, this building is also equipped with a generator as a backup power supply if a blackout occurs.

Key words : Electrical installation, General Electrical Installation Regulations (PUIL), Current Carrying Capacity (KHA), electrical conductor.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puja dan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**STUDI INSTALASI LISTRIK TRAINING CENTER DAN CONVENTION HOTEL UNIVERSITAS HASANUDDIN**” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan, bimbingan dan nasehat dari berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya kepada:

- 1) Bapak Prof. Dr. Ir. H. Ansar Suyuti, M.T., IPU. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Dr. Fitriani Mayasari, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan memberikan bimbingan dalam pengerjaan skripsi ini.
- 2) Bapak Dr. Ikhlas Kitta, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I dan Bapak Yusri Syam Akil, S.T., M.T. Ph.D. selaku Dosen Penguji II.
- 3) Seluruh dosen dan staf pegawai Departemen Teknik Elektro yang telah banyak membantu dan memberi kemudahan selama menempuh proses perkuliahan.
- 4) Electrical Engineer *Training center* dan *Convention Hotel* Universitas Hasanuddin yang senantiasa membantu dalam proses pengumpulan data yang akan digunakan dalam penelitian ini.
- 5) Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T., selaku Kepala Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- 6) Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. selaku dekan Fakultas Teknik dan Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
- 7) Kedua orang tua yang sangat saya cintai yang selalu memberikan doa dan nasehat yang merupakan anugrah terbesar dalam hidup

- 8) Semua teman-teman seperjuangan CAL18RATOR. Kuatkan diri kalian dan jangan pernah ragu. Karena tidak ada satu pun orang yang hentikan langkah kalian untuk MERAIH MIMPI.
 - 9) Kepada teman-teman Lab Riset Distribusi dan Instalasi Listrik yang selalu menemani di lab saat proses penyusunan tugas akhir ini.
 - 10) Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu demi satu yang telah membantu dan mendukung dalam menyelesaikan tugas akhir ini
- Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan pada skripsi ini. Oleh karena itu, saran dan kritik dari semua pihak dapat menjadi masukan untuk menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat diterima sebagai sumbangan hasil pemikiran penulis. Sehingga dapat mendatangkan manfaat bagi penulis maupun pembaca untuk kedepannya.

Gowa, 10 Februari 2023

Andi Muh Iqbal Firdi

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	5
2.3 Pengertian Instalasi Listrik.....	6
2.4 Ketentuan Umum Terkait Perancangan Instalasi Listrik.....	7
2.5 Prinsip-prinsip Dasar Instalasi Listrik.....	7
2.6 Macam-macam Instalasi	9
2.6.1 Instalasi Dalam.....	9

2.6.2	Instalasi Luar	11
2.7	Rancangan Instalasi Listrik	11
2.7.1	Ketentuan Umum Rancangan Instalasi Listrik	11
2.7.2	Isi Rancangan Instalasi Listrik.....	12
2.7.3	Tujuan Rancangan Instalasi Listrik.....	13
2.7.4	Langkah-langkah Perancangan Instalasi Gedung	13
2.8	Penerangan	15
2.8.1	Pengertian Pencahayaan.....	15
2.8.2	Besaran Pokok.....	17
2.8.3	Sudut Ruang	17
2.8.4	Arus Cahaya	17
2.8.5	Intensitas Cahaya	18
2.8.6	Kuat Penerangan	18
2.8.7	Luminansi.....	19
2.8.8	Penentuan Jumlah Titik Cahaya.....	19
2.9	Penghantar	22
2.9.1	Jenis Penghantar	22
2.9.2	Pemilihan penghantar	25
2.10	Pengaman	28
2.10.1	MCB (<i>Miniature Circuit Breaker</i>).....	28
2.10.2	MCCB (<i>Molded Case Circuit Breaker</i>).....	29
2.10.3	ELCB (<i>Earth Leakage Circuit Breaker</i>).....	29
2.11	Saklar.....	30
2.11.1	Saklar Tunggal	31
2.11.2	Saklar Seri	31
2.11.3	Saklar Tukar	31

2.11.4	Saklar Silang	32
2.12	Sistem Pembumian	33
2.12.1	Pengertian Pembumian.....	33
2.12.2	Macam-Macam Sistem Pentanahan.....	33
2.12.3	Tahanan Pembumian.....	35
2.12.4	Macam-Macam Pembumian Elektroda.....	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		38
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	38
3.2	Metode Pengambilan dan pengolahan Data	38
3.3	Metode Analisis Data	39
3.4	Alur penelitian.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Single Line Diagram Sistem pembangkit <i>Training Center</i> dan <i>Convention</i> Hotel Unhas	43
4.2	Perhitungan Sistem Iluminasi Dengan Menggunakan Metode Lumen.....	44
4.3	Analisis Perhitungan Tingkat Iluminasi dan Jumlah Armatur yang dibutuhkan Tiap Ruangan.....	45
4.4	Data Ruangan <i>Training Center</i> dan <i>Convention</i> Hotel Unhas.....	49
4.5	Pemilihan Penghantar	66
4.6	Perhitungan <i>Drop</i> Tegangan.....	70
BAB V PENUTUP.....		72
5.1	Kesimpulan.....	72
5.2	Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA		74
LAMPIRAN.....		76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Sistem Pengelompokan Distribusi Tenaga Listrik [10]	6
Gambar 2 Konstruksi Kabel NYA [11]	23
Gambar 3 Konstruksi Kabel NYM [11].....	24
Gambar 4 Konstruksi Kabel Tanah (NYY) [11].....	24
Gambar 5 MCB (Miniature Circuit Breaker) [12]	29
Gambar 6 MCCB (Molded Case Circuit Breaker) [13].....	29
Gambar 7 ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker) [14]	30
Gambar 8 Single diagram dan wiring diagram saklar tunggal [15]	31
Gambar 9 Single Diagram dan Wiring Diagram Saklar Tukar [15].....	31
Gambar 10 Single Diagram dan Wiring Diagram Saklar Tukar [15]	32
Gambar 11 Wiring diagram Saklar Silang [15]	32
Gambar 12 Elektroda batang [20].....	36
Gambar 13 Elektroda plat [20].....	37
Gambar 14 Elektroda pita atau strip [16].....	37
Gambar 15 Flowchart Penelitian.....	41
Gambar 16 Diagram Sistem Elektrikal	43
Gambar 17 Denah Lantai Ground.....	50
Gambar 18 Denah Lantai 1	52
Gambar 19 Denah Lantai 2	54
Gambar 20 Denah Lantai 3	56
Gambar 21 Denah Lantai 4	58
Gambar 22 Denah Lantai 5	60
Gambar 23 Denah Lantai 6	62
Gambar 24 Denah Lantai 7	64

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kuat penerangan beberapa sumber cahaya	19
Tabel 2 Faktor refleksi berdasarkan warna dinding dan langit-langit.....	20
Tabel 3 Perhitungan Metode Lumen untuk Kesesuaian Tingkat Iluminasi dan Jumlah Armature yang dibutuhkan untuk Tingkat Penerangan Pada Tiap Ruang	46
Tabel 4 Spesifikasi Beban Lantai Ground	51
Tabel 5 Spesifikasi Beban Lantai 1.....	53
Tabel 6 Spesifikasi Beban Lantai 2.....	55
Tabel 7 Spesifikasi Beban Lantai 3.....	57
Tabel 8 Spesifikasi Beban Lantai 4.....	59
Tabel 9 Spesifikasi Beban Lantai 5.....	61
Tabel 10 Spesifikasi Beban Lantai 6.....	63
Tabel 11 Spesifikasi Beban Lantai 7.....	65
Tabel 12 Penentuan KHA dan Pengaman Panel Lantai.....	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Ruang Panel Incoming PLN	76
Lampiran 2 Panel LVMDP Outgoing (beban) dan Panel MDP.....	77
Lampiran 3 Ruang Genset, Trafo, dan Kubikel	78
Lampiran 4 Lantai Ground dan Lighting Arrester	79

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Training center dan *convention* hotel Universitas Hasanuddin merupakan salah satu fasilitas kampus yang dibangun di tepi danau Unhas tamalanrea kompleks gedung ipteks. Fasilitas ini terdiri atas 7 lantai yang menyebabkan kebutuhan tenaga listrik semakin bertambah. Penambahan beban ini harus ditunjang dengan penyediaan tenaga listrik yang memadai dan sistem instalasi listrik yang baik pada pembangunan *training center* dan *convention* hotel Universitas Hasanuddin sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Pada sistem instalasi kelistrikan hotel Universitas Hasanuddin, penentuan Kemampuan Hantar Arus (KHA) penghantar dan komponen-komponen instalasi listrik yang akan digunakan mengacu pada peraturan dan ketentuan PUIL 2011.

Pembangunan *training center* dan *convention* hotel Universitas Hasanuddin yang merupakan salah satu fasilitas kampus dimana bangunan tersebut harus mengacu pada peraturan dan ketentuan yang berlaku sesuai dengan PUIL 2011 oleh Undang-Undang No. 30 tahun 2009 tentang ketenagalistrikan. Secara garis besar pada pembangunan *training center dan convention* hotel Universitas Hasanuddin membutuhkan energi listrik yang cukup besar, oleh karena itu harus diperhitungkan sebaik mungkin agar energi listrik bisa terpenuhi dengan baik dan benar serta aman dalam penggunaan instalasi listrik.

Pada penelitian ini, akan dilakukan perencanaan sistem instalasi listrik pada *training center* dan *convention* hotel Universitas Hasanuddin yang sesuai dengan PUIL dan SNI. Perencanaan sistem akan menggunakan sumber utama yang disuplai dari PLN dan juga akan menggunakan genset sebagai sumber cadangan yang dioperasikan secara otomatis menggunakan pengontrolan ATS (*Automatic Transfer Switch*). Kemudian akan dilakukan sistem perencanaan instalasi listrik menggunakan metode lumen untuk menghitung sistem iluminasi dengan KHA penghantar yang akan digunakan sesuai dengan ketentuan PUIL 2011 dan

menggunakan microsoft excel sebagai *software* untuk menginput data-data yang telah diperoleh.

Berdasarkan hal-hal yang dikemukakan di atas, penulis mencoba mengangkat permasalahan di atas melalui judul tugas akhir: “**Studi Instalasi Listrik *Training Center* dan *Convention Hotel* Universitas Hasanuddin (UNHAS)**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, menyangkut sistem instalasi listrik *training center* dan *convention* hotel Unhas, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Bagaimana menentukan iluminasi pada setiap ruangan?
2. Bagaimana menghitung KHA penghantar pada setiap lantai dan beban yang terpasang?
3. Bagaimana sistem kontrol, sistem proteksi dan sistem pembumian pada *training center* dan *convention* hotel Unhas?
4. Apakah perencanaan instalasi listrik pada *training center* dan *convention* hotel Unhas sudah memenuhi standar syarat PUIL terbaru?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Menghitung nilai iluminasi yang dibutuhkan dan dibandingkan dengan nilai iluminasi yang terpasang.
2. Menghitung KHA penghantar yang terpasang dan membandingkan dengan standar KHA yang ada pada PUIL 2011 pada tiap-tiap komponen dan beban yang terpasang.
3. Evaluasi sistem kontrol, sistem proteksi dan sistem pembumian pada *training center* dan *convention* hotel Unhas.
4. Analisis kesesuaian sistem instalasi listrik *training center* dan *convention* hotel unhas dengan standar PUIL 2011.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan pada sistem instalasi listrik *training center* dan *convention hotel* Universitas Hasanuddin, maka penulis perlu membatasi masalah dalam penulisan ini. Batasan masalah penulisan tugas akhir ini yang akan dibahas adalah:

1. Analisis sistem instalasi listrik *training center* dan *convention hotel* unhas dari segi ekonomis tidak dihitung.
2. Menggunakan metode lumen untuk menghitung iluminasi pada setiap ruangan.
3. Perhitungan parameter kualitas daya tidak diperhitungkan.
4. Membahas jumlah kebutuhan daya secara keseluruhan dan perkiraan besar daya untuk masa mendatang

1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. penelitian ini bisa menjadi pembelajaran dan pelatihan bagi mahasiswa di kampus.
2. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk merencanakan pemasangan instalasi listrik pada gedung, hotel, rumah sakit, perumahan dan bangunan lainnya.
3. Hasil dari penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan pengalaman dalam menyusun media cetak untuk mendukung proses pelatihan dasar sistem kelistrikan instalasi listrik.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dalam penulisan Proposal ini terdiri atas tiga bab sebagai berikut

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini merupakan gambaran awal dari tugas akhir yang menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan

penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TEORI DASAR

Berisikan teori-teori yang berkaitan mengenai instalasi listrik, sistem distribusi tenaga listrik, prinsip dasar instalasi listrik, pengaruh lingkungan, rancangan instalasi listrik, penerangan, luminansi, penghantar, pengamanan, pengawatan saklar.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan metodologi penelitian yang meliputi: waktu dan tempat penelitian, metode pengambilan dan pengolahan data, metode analisis data, serta tahapan penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Memaparkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai data ruangan pada *Training center* dan *Convention* hotel unhas, *single line diagram* sistem pembangkit, perhitungan sistem iluminasi dengan menggunakan metode lumen, menentukan jumlah armature yang dibutuhkan untuk tingkat penerangan pada ruangan, menghitung dan menentukan diameter KHA penghantar.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan kesimpulan dari penelitian dan saran-saran yang terkait pada kegunaan dan pengembangan dari hasil penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Suatu sistem tenaga listrik secara garis besar terdiri dari 3 bagian yaitu sistem pembangkit, sistem transmisi, dan sistem distribusi. Pusat pembangkit merupakan tempat energi listrik yang dibangkitkan, dan dengan menggunakan transformator *step up*, tegangan listrik dinaikkan dan selanjutnya disalurkan melalui saluran transmisi. Saluran transmisi akan menghubungkan antara pusat pembangkit dengan sistem distribusi, dimana tenaga listrik akan disalurkan ke gardu induk dengan melalui transformator *step down*, tegangan sistem dari pembangkit diturunkan menjadi tegangan menengah. Pada bagian distribusi, energi listrik selanjutnya akan disalurkan ke rumah, industri dan bangunan lainnya untuk berbagai kebutuhan.

Sekalipun tidak terdapat suatu sistem tenaga listrik yang “tipikal”, namun pada umumnya dapat dikembalikan batasan pada suatu sistem yang lengkap mengandung empat unsur. Pertama, adanya suatu unsur pembangkit tenaga listrik. Tegangan yang dihasilkan oleh pusat tenaga listrik itu biasanya merupakan tegangan menengah (TM). Kedua, suatu sistem transmisi, lengkap dengan gardu induk. Karena jaraknya yang biasanya jauh, maka diperlukan penggunaan tegangan tinggi (TT), atau tegangan ekstra tinggi (TET). Ketiga, adanya saluran distribusi, yang biasanya terdiri atas saluran distribusi primer dengan tegangan menengah (TM) dan saluran distribusi sekunder dengan tegangan rendah (TR). Keempat, adanya unsur pemakaian atau utilisasi, yang terdiri atas instalasi pemakaian tenaga listrik. Instalasi rumah tangga biasanya memakai tegangan rendah (TR), sedangkan pemakai besar seperti industri, hotel biasanya menggunakan tegangan menengah (TM) ataupun tegangan tinggi (TT) [1].

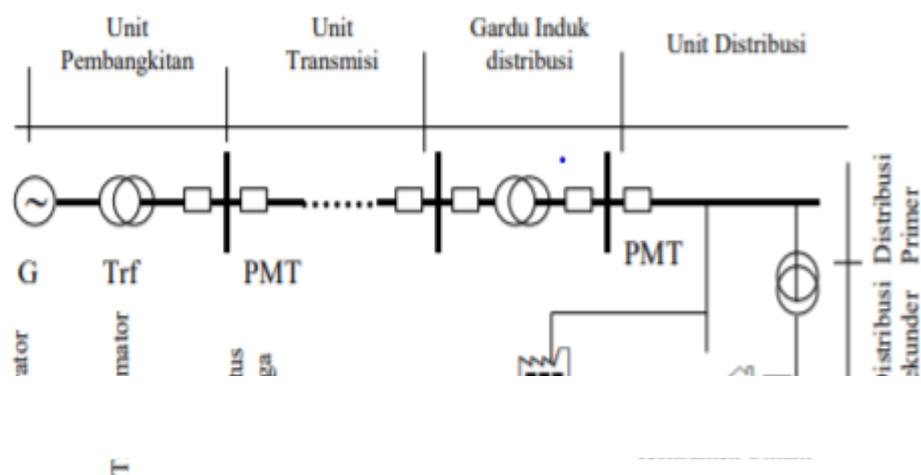
2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Tenaga listrik dibangkitkan dalam pusat-pusat listrik seperti PLTA, PLTU, PLTG, PLTP, dan PLTD yang kemudian disalurkan melalui saluran transmisi

setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator penaik tegangan (*step up Transformator*) yang terdapat pada pusat listrik. Saluran tegangan tinggi di PLN kebanyakan mempunyai tegangan 70 KV, 150 KV, dan 500 KV. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi hingga ke gardu induk hingga ke Gardu Induk (GI) untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan (*step down Transformator*) menjadi tegangan menengah atau yang disebut juga tegangan distribusi primer. Hal ini terdapat pada Gambar 2.1. Dimana tegangan distribusi primer yang digunakan oleh PLN adalah tegangan 20 KV. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer kemudian diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah dengan tegangan 380/220 Volt, kemudian selanjutnya disalurkan kerumah-rumah pelanggan PLN melalui Sambungan Rumah (SR) [2].

2.3 Pengertian Instalasi Listrik

Instalasi listrik adalah saluran listrik ataupun peralatan listrik yang terpasang baik di dalam maupun di luar bangunan untuk menyalurkan arus listrik. Rancangan instalasi listrik harus memenuhi ketentuan PUIL 2000 dan peraturan yang terkait dalam dokumen seperti UU No 18 Tahun 1999 tentang jasa konstruksi, Peraturan Pemerintah No 51 Tahun 1995 tentang usaha penunjang tenaga listrik, UU No 1 Tahun 1970 tentang keselamatan kerja, dan UU No 30 Tahun 2009 tentang ketenagalistrikan dan peraturan lainnya [3].



Gambar 1 Sistem Pengelompokan Distribusi Tenaga Listrik [10]

Instalasi penerangan listrik adalah seluruh instalasi listrik yang digunakan untuk memberikan daya listrik pada lampu. Pada lampu ini daya listrik/tenaga listrik diubah menjadi cahaya yang digunakan untuk menerangi tempat sesuai dengan kebutuhannya. Adapun instalasi penerangan listrik terdapat 2 macam yaitu:

a. Instalasi di dalam Gedung

Instalasi di dalam gedung adalah instalasi listrik dalam bangunan gedung (termasuk untuk penerangan ruang keluarga, kamar, teras dll).

b. Instalasi di luar Gedung

Instalasi di luar gedung adalah instalasi di luar bangunan gedung (termasuk disini adalah penerangan halaman, taman, jalan dll) [4].

2.4 Ketentuan Umum Terkait Perancangan Instalasi Listrik

Di samping PUIL ini, harus pula diperhatikan ketentuan terkait dalam peraturan perundang-undangan yang berlaku, antara lain:

- a. Undang-undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang keselamatan kerja, beserta peraturan pelaksanaannya.
- b. Undang-undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang tenaga listrikan, beserta peraturan pelaksanaannya.
- c. Undang-undang Nomor 18 Tahun 1999 tentang jasa konstruksi beserta peraturan pelaksanaannya.

PUIL memberikan persyaratan untuk desain, pemasangan instalasi listrik. Persyaratan ini dimaksudkan untuk menetapkan keselamatan manusia, ternak dan harta benda terhadap bahaya dan kerusakan yang dapat timbul pada pemakaian secara wajar instalasi listrik untuk menetapkan fungsi yang tepat dari instalasi listrik tersebut [5].

2.5 Prinsip-prinsip Dasar Instalasi Listrik

Beberapa prinsip instalasi listrik yang harus menjadi pertimbangan pada pemasangan suatu instalasi listrik agar instalasi listrik yang dipasang dapat

digunakan secara optimum, efektif dan efisien. Adapun beberapa prinsip dasar instalasi listrik ialah sebagai berikut:

a. Keamanan

Keamanan dari suatu instalasi ditujukan untuk keamanan pada manusia, hewan dan instalasi itu sendiri serta peralatan yang digunakan akibat adanya gangguan seperti hubung singkat, tegangan sentuh, beban lebih maupun arus bocor ke tanah. Agar tercapainya keamanan tersebut, maka suatu instalasi sebelum disambung dan dioperasikan harus ada pemeriksaan dari pihak yang berwenang, jika ada perubahan yang penting pada suatu instalasi perlu diberi kode untuk pekerjaan selanjutnya.

b. Keandalan

Keandalan tinggi yang digunakan untuk mengatasi kerusakan-kerusakan dalam batas normal, termasuk sederhananya suatu sistem, misalnya mudah dimengerti dan dioperasikan pada keadaan normal maupun darurat. Oleh karena itu, instalasi listrik harus direncanakan dan dipasang dengan kemungkinan terputusnya aliran listrik sekecil mungkin pada saat dioperasikan.

c. Ketersediaan

Artinya, suatu instalasi listrik haruslah mempunyai cadangan ketersediaan daya yang cukup untuk mempermudah sistem instalasi tersebut apabila diadakan perubahan atau perluasan di masa mendatang.

d. Kemudahan Tercapai

Penempatan peralatan dalam pemasangan instalasinya diatur sedemikian rupa untuk memudahkan dalam pengoperasiannya, pemeriksaan, perawatan, pemeliharaan dan perbaikan.

e. Keindahan

Yaitu dalam pemasangan komponen atau suatu peralatan instalasi listrik harus ditata sedemikian rupa, sehingga dapat terlihat rapi dan indah serta tidak menyalahi peraturan yang berlaku.

f. Ekonomis

Dalam pemilihan peralatan listrik yang hendak kita gunakan dalam instalasi listrik harus disesuaikan nilai-nilai ekonomis dengan lingkungan yang ada, sehingga tidak terjadi pemborosan yang berlebihan.

g. Pengaruh Lingkungan

Pengaruh pada lingkungan kerja peralatan instalasi listrik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu lingkungan normal dan lingkungan tidak normal. Lingkungan tidak normal dapat menimbulkan gangguan pada instalasi listrik yang normal. Untuk itu, jika suatu instalasi atau bagian dari suatu instalasi berada pada lokasi yang pengaruh luarnya tidak normal, maka diperlukan perlindungan yang sesuai. Pengaruh luar yang tidak diimbangi dengan peralatan yang memadai akan menyebabkan rusaknya suatu peralatan dan bahkan dapat membahayakan manusia. Demikian juga pengaruh kondisi tempat akan dipasangnya suatu instalasi listrik, misalnya dalam suatu industri dimana penghantar tersebut harus ditanam atau dimasukkan jalur penghantar untuk menghindari tekanan mekanis. Oleh karena itu, pada pemasangan-pemasangan instalasi listrik hendaknya mempunyai rencana perhitungan dan Analisis yang tepat [3].

2.6 Macam-macam Instalasi

Adapun macam-macam instalasi listrik terbagi 2 yaitu: Instalasi Dalam dan Instalasi Luar. Berikut penjelasan masing-masing bagian

2.6.1 Instalasi Dalam

Instalasi dalam merupakan listrik yang digunakan untuk melayani kebutuhan tenaga listrik yang terpasang di dalam ruangan seperti rumah, kantor, toko, dan bangunan lainnya yang mendapat suplai tenaga listrik dari instalasi jaringan luar. Adapun instalasi dalam terbagi atas 2 yaitu: Instalasi Penerangan dan Instalasi Daya

a. Instalasi Penerangan

Instalasi penerangan adalah instalasi listrik yang khusus dipergunakan untuk melayani beban penerangan. Adapun peralatan instalasi penerangan antara lain:

1. Lampu penerangan

Yaitu sumber-sumber cahaya modern yang dapat dibagi atas dua kelompok utama, antara lain: pemancar suhu dan lampu tabung gas

2. Penghantar

Kabel hantaran atau kawat penghantar yang umum digunakan untuk instalasi penerangan dalam adalah kabel jenis NYA dan NYM sedangkan untuk penerangan luar biasanya digunakan kebal jenis NYFGbY atau NYRGrY.

3. Pengaman

Arus yang mengalir dalam suatu penghantar menimbulkan panas. Supaya suhu penghantarnya tidak menjadi terlalu tinggi, arusnya harus dibatasi. Pengaman adalah suatu peralatan listrik yang sangat menentukan kelangsungan penyaluran daya listrik ke konsumen, karena dapat mengamankan suatu sistem rangkaian listrik apabila terjadi suatu keadaan yang tidak diinginkan tanpa merusak peralatan listrik tersebut.

Pemilihan pengaman yang baik adalah apabila dalam suatu instalasi listrik terjadi gangguan, maka hanya pengaman yang paling dekat dengan gangguan itu saja yang beroperasi. Untuk mengamankan peralatan listrik maka digunakan pengaman lebur dan saklar arus maksimum. Pengaman lebur harus memutuskan rangkaian yang diamankan apabila arusnya terlalu besar.

4. Panel Hubung Bagi (PHB)

Panel hubung bagi atau biasa dikenal dengan panel distribusi yang dirancang sedemikian rupa agar pengaturan pengaman di dalamnya mudah dikontrol atau diperiksa.

b. Instalasi daya

Instalasi daya adalah instalasi listrik yang menggunakan tenaga listrik untuk mesin-mesin listrik seperti motor-motor listrik. Adapun peralatan-peralatan yang digunakan berupa penghantar, pengaman, dan panel sama dengan yang digunakan pada instalasi penerangan.

Sesuai dengan Peraturan Umum Instalasi Listrik 2000, maka kelompok instalasi penerangan dan kelompok rangkaian instalasi daya harus terpisah satu sama lain, dan hanya dihubungkan oleh Panel Hubung Bagi (PHB) utama.

2.6.2 Instalasi Luar

Instalasi luar adalah instalasi listrik yang dipasang di luar bangunan, seperti instalasi jaringan distribusi ke konsumen. Instalasi luar dapat dibedakan atas: Instalasi Tegangan Menengah (TM) dan Instalasi Tegangan Rendah (TR)

1. Instalasi Tegangan Menengah

Instalasi tegangan menengah adalah instalasi listrik penyalur daya yang berawal dari distribusi sampai ke trafo distribusi. Tingkat tegangan saluran primer (saluran tegangan menengah) tegangan yang disalurkan adalah tegangan menengah yaitu 6 KV hingga 20 KV. Dari gardu induk ke gardu distribusi.

2. Instalasi Tegangan Rendah

Instalasi tegangan rendah adalah instalasi listrik jaringan distribusi sekunder, yang mana jaringan distribusi tersebut langsung berhubungan dengan kwh meter konsumen. Tingkat tegangan saluran sekunder (saluran tegangan rendah) tegangan yang disalurkan adalah tegangan rendah yaitu 220 V/380 V.

2.7 Rancangan Instalasi Listrik

Rancangan instalasi listrik ialah berkas gambar rancangan dan uraian teknis yang digunakan sebagai pedoman untuk melaksanakan pemasangan suatu instalasi listrik sesuai dengan ketentuan dan standar yang berlaku [6].

2.7.1 Ketentuan Umum Rancangan Instalasi Listrik

Rancangan instalasi listrik yang diperlukan baik untuk penerangan, daya, kendali, sinyal, dan lain-lain ditentukan oleh:

- a. Lokasi titik kebutuhan
- b. Beban tersambung instalasi
- c. Kebutuhan listrik
- d. Persyaratan teknis sistem proteksi, kendali, dan penghantar

e. Persyaratan lingkungan (sosial, iklim, peraturan-peraturan daerah, dll)

2.7.2 Isi Rancangan Instalasi Listrik

Rancangan instalasi listrik ialah berkas gambar rancangan dan uraian teknik yang di gunakan sebagai pedoman untuk pelaksanaan pembangunan suatu instalasi listrik berupa:

- a. Gambar situasi, menunjukkan:
 - Letak gedung atau lahan
 - Situasi gedung atau lahan
- b. Gambar instalasi/jaringan yang meliputi:
 - Rancangan tata letak perlengkapan instalasi listrik
 - Rancangan gawai kendali
 - Gambar rangkaian sirkuit utama, sirkuit cabang dan sirkuit akhir.
 - Tanda gambar
- c. Diagram garis tunggal
 - Diagram PHB lengkap
 - Data beban terpasang dan jenisnya
 - Sistem pembumian
 - Ukuran dan jenis penghantar
- d. Gambar rinci fisik
 - PHB
 - Perlengkapan lain
 - Cara pemasangan
 - Cara pengoperasian
- e. Perhitungan Teknis
 - Susut tegangan
 - Beban terpasang dan beban maksimum
 - Arus hubung singkat dan daya hubung singkat
 - Jenis penghantar dan KHA penghantar
- f. Bahan instalasi
 - Jumlah dan jenisnya
 - Spesifikasi teknis yang disyaratkan

g. Uraian teknis

- Ketentuan sistem proteksi
- Prosedur pengujian
- Jadwal waktu pelaksanaan

2.7.3 Tujuan Rancangan Instalasi Listrik

Tujuan perancangan suatu instalasi listrik adalah untuk menjamin: 1) Keselamatan manusia, makhluk lain dan keamanan harta benda; 2) Berfungsinya instalasi listrik sesuai dengan maksud dan penggunaannya

2.7.4 Langkah-langkah Perancangan Instalasi Gedung

Perancangan instalasi listrik untuk bangunan didasarkan atas pengetahuan beban listrik yang harus dipikul, berapa besar daya, bagaimana karakteristiknya serta peruntukan beban listrik itu harus dioperasikan. Jika pengetahuan itu telah dimiliki maka dapat dirancang sirkuit akhir yang dapat melayani beban tersebut sesuai kebutuhannya. Beberapa titik beban dilayani oleh satu sirkuit akhir dari kotak hubung bagi, sedangkan kotak hubung bagi ini mendapat suplai listriknya dari sirkuit cabang atau langsung dari panel hubung bagi utama.

- **Langkah ke- 1.**

Dapatkan suatu gambar denah dari bangunan atau pelataran dan catat di mana beban akan ditempatkan dan besarnya beban. Data berikut perlu dimiliki.

Beban tersambung. Jumlah daya nominal kontinu dari mesin, peralatan elektronik, yang disambungkan pada instalasi atau sebagai instalasi dalam satuan VA, kVA, Watt atau kW.

Kebutuhan. Beban listrik pada terminal penerima selama jangka waktu tertentu, dinyatakan dalam VA, kVA, Watt atau kW.

Kebutuhan maksimum. Kebutuhan yang terbesar yang terjadi dalam jangka waktu tertentu, Untuk rumah biasanya kebutuhan maksimum terdapat di malam hari.

Kebutuhan kebersamaan. Semua kebutuhan yang terjadi pada waktu yang sama.

Beban sirkuit Cabang. Beban pada suatu sirkuit cabang dari suatu instalasi yang berawal dari panel distribusi.

- **Langkah ke- 2.**

Tentukan apakah tenaga listrik yang akan diminta dari perusahaan umum atau yang dibangkitkan sendiri, apakah untuk sebagian atau seluruh beban yang sesuai dengan keinginan konsumen dan didukung atas suatu studi ekonomi. Berkaitan dengan keputusan ini ditentukan pula tingkat tegangan. Untuk tegangan rendah 220V 1-fasa atau 220/380 V 3-fasa dan untuk tegangan 20.000 V 3-fasa diperoleh dari perusahaan umum. Dengan adanya pembangkit sendiri perlu ditentukan pula pola operasinya jika pembangkit sendiri hanya diperlukan untuk melayani sebagian dari kebutuhannya. Jika ada pemikiran untuk dilaksanakannya kerja paralel dengan jaringan perusahaan umum, maka harus diperoleh pengaturan dan persetujuan tentang pertukaran energi antar kedua sistem.

- **Langkah ke- 3.**

Tentukan daya, jumlah dan tempat panel pembagi. Untuk ini perlu ada persiapan untuk dapat menampung perkembangan dalam perancangan instalasi listrik. Panel pembagi sebaiknya ditempatkan di titik pusat beban yang akan disambung.

- **Langkah ke- 4**

Tentukan sistem pengamanan terhadap sentuhan langsung atau tidak langsung (tegangan sentuh). Tentukan sistem proteksi terhadap arus lebih, arus hubung singkat dan terhadap beban lebih. Sistem pembumian dan sistem pengamanan terhadap sambaran petir dan proteksi terhadap tegangan lebih harus diperhatikan karena dapat memengaruhi yang lain.

- **Langkah ke- 5**

Adakan perhitungan susut tegangan dan pengaturan tegangan agar mesin dan perlengkapan atau peralatan listrik dapat beroperasi dengan baik.

- **Langkah ke- 6**

Buat uraian perlengkapan yang diperlukan bagi instalasi listrik. Dalam hal ini faktor keamanan pengoperasian dan penyesuaian terhadap standar telah diperhatikan, termasuk faktor ekonomi. Tentukan bahwa daya dari mesin dan perlengkapan instalasi telah memenuhi kebutuhan dilihat dari kemampuan hantar arusnya sampai ke segi keamanannya. Uraian ini dilampiri dengan diagram satu garis sehingga pemasok mendapat kejelasan dari apa yang diminta.

2.8 Penerangan

Suatu penerangan diperlukan oleh manusia untuk mengenali suatu obyek secara visual. penerangan mempunyai pengaruh terhadap kualitas produk. Kuat penerangan baik yang tinggi, rendah, maupun menyilaukan berpengaruh terhadap kelelahan mata maupun ketegangan syaraf. Untuk memperoleh kualitas penerangan yang optimal IES (*Illumination Engineering Society*) menetapkan standar kuat penerangan untuk ruangan. Kondisi silau disebabkan cahaya berlebihan baik yang langsung dari sumber cahaya atau hasil pantulan kearah mata pengamat. Besaran penerangan adalah kuat penerangan dan luminansi. Walaupun satuannya sama namun yang membedakan keduanya bahwa kuat penerangan sebagai besaran penerangan yang dihasilkan sumber penerangan, sedangkan luminansi merupakan kuat penerangan yang sudah dipengaruhi faktor lain [7].

2.8.1 Pengertian Pencahayaan

Pencahayaan (iluminasi) adalah kepadatan dari suatu berkas cahaya yang mengenai suatu permukaan [17]. Cahaya mempunyai panjang gelombang yang berbeda-beda dalam spektrum yang tampak (cahaya tampak), yaitu kira-kira 380 – 780 nm. Sebenarnya tidak ada batasan yang tepat dari spektrum cahaya tampak. Mata normal manusia dapat menerima spektrum cahaya tampak dengan panjang gelombang sekitar 400 – 700 nm. Spektrum yang tampak tersebut mencakup warna:

- Ungu 380 – 450 nm
- Biru 450 – 495 nm
- Hijau 495 – 570 nm

- Kuning 570 – 590 nm
- Jingga 590 – 620 nm
- Merah 620 – 750 nm

Seperti yang dapat dilihat pada spektrum elektromagnetik, menyatakan gelombang yang sempit di antara cahaya ultraviolet (UV) dan energi inframerah (panas). Gelombang cahaya tersebut mampu merangsang retina mata, yang menghasilkan sensasi penglihatan yang disebut pandangan. Oleh karena itu, penglihatan memerlukan mata yang berfungsi dan cahaya yang nampak [19].

Definisi dan istilah yang umum digunakan dalam pencahayaan adalah sebagai berikut:

1. Lumen adalah satuan *flux* cahaya yang dipancarkan dalam satuan unit sudut padatan oleh suatu sumber dengan intensitas cahaya yang seragam satu candela. Satu lux adalah satu lumen per meter persegi. Lumen (*lm*) adalah kesetaraan fotometrik dari watt, yang memadukan respon mata “pengamat standar”. 1 watt = 683 lumens pada panjang gelombang 555 nm.
2. *Luminaire* adalah satuan cahaya yang lengkap, terdiri dari sebuah lampu atau beberapa lampu, termasuk rancangan pendistribusian cahaya, penempatan dan perlindungan lampu-lampu, dan dihubungkannya lampu ke pasokan daya.
3. Lux merupakan satuan metrik ukuran cahaya pada suatu permukaan. Cahaya rata-rata yang dicapai adalah rata-rata tingkat lux pada berbagai titik pada area yang sudah ditentukan. Satu lux setara dengan satu lumen per meter persegi.
4. *Footcandle* adalah satuan pengukuran iluminasi (level cahaya) pada suatu permukaan. Satu *footcandle* setara dengan satu lumen per kaki kuadrat (www.cleanaircounts.org).
5. Intensitas Cahaya dan *Flux* Satuan intensitas cahaya (*I*) adalah candela (cd) juga dikenal dengan *international candle*. Satu lumen setara dengan *flux* cahaya, yang jatuh pada setiap meter persegi (m^2) pada lingkaran dengan radius satu meter (1m) jika sumber cahayanya isotropik 1-candela (yang bersinar sama ke seluruh arah) merupakan pusat isotropik lingkaran. Dikarenakan luas lingkaran dengan jari-jari r adalah $4\pi r^2$, maka lingkaran dengan jari-jari 1m memiliki luas $4\pi m^2$, dan oleh karena itu *flux* cahaya total yang dipancarkan

oleh sumber 1- cd adalah 4π lm. Jadi *flux* cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya isotropik dengan intensitas I adalah:

$$Flux \text{ cahaya (lm)} = 4\pi \times \text{intensitas cahaya (cd)}$$

Perbedaan antara lux dan lumen adalah bahwa lux berkenaan dengan luas areal pada mana *flux* menyebar 1000 lumens, terpusat pada satu areal dengan luas satu meter persegi, menerangi meter persegi tersebut dengan cahaya 1000 *lux*. Hal yang sama untuk 1000 lumens, yang menyebar ke sepuluh meter persegi, hanya menghasilkan cahaya suram 100 lux (www.energyefficiencyasia.org).

6. *Luminance* adalah karakteristik fisik yang bergantung pada jumlah cahaya yang jatuh pada permukaan obyek dan dipantulkan. *Luminance* dapat diukur dengan menggunakan *photometer*.

2.8.2 Besaran Pokok

Pembahasan lebih jauh tentang perhitungan penerangan diperlukan pemahaman terhadap definisi-definisi yang relevan meliputi: sudut ruang (ω), energi cahaya (Q), arus cahaya (ϕ), intensitas cahaya (I), kuat penerangan (E), dan luminasi (L), dan beberapa faktor [7].

2.8.3 Sudut Ruang

Pancaran cahaya di udara bebas sifatnya meruang seperti bola, sudut bidang adalah sebuah titik potong 2 buah garis lurus. Besar sudut bidang dinyatakan dengan derajat ($^{\circ}$) atau radian (rad). Sudut ruang adalah sudut yang dibatasi oleh permukaan bola dengan titik sudutnya. Besar sudut ruang dinyatakan dengan *steradian* (sr). *Steradian* adalah besarnya sudut yang terpancang pada titik pusat bola oleh permukaan bola seluas kuadrat jari-jari bola.

2.8.4 Arus Cahaya

Aliran rata-rata energi cahaya adalah arus cahaya atau fluida cahaya (F). Arus cahaya didefinisikan sebagai jumlah total cahaya yang dipancarkan sumber cahaya setiap detik. Setiap lampu listrik memiliki efikasi yaitu besarnya lumen yang dihasilkan suatu lampu setiap watt (lm/W).

Energi cahaya atau kuantitas cahaya (Q) merupakan produk radiasi visual (arus cahaya) pada selang waktu tertentu, dinyatakan dengan lumen detik (lm.dt).

$$Q = \int \Phi(t) dt \quad (2.1)$$

Energi cahaya ini penting dinyatakan untuk menentukan banyaknya energi listrik yang digunakan pada suatu instalasi penerangan [7].

2.8.5 Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya (I) dengan satuan kandela (cd) adalah arus cahaya dalam lumen yang didefinisikan setiap sudut ruang (pada arah tertentu) oleh sebuah sumber cahaya. Kata kandela berasal dari *candle* (lilin) merupakan satuan tertua pada teknik penerangan dan diukur berdasarkan intensitas cahaya standar. Intensitas cahaya (I) dapat dinyatakan sebagai perbandingan diferensial arus cahaya (lm) dengan diferensial sudut ruang (sr):

Intensitas cahaya 1 cd mengeluarkan arus cahaya (Φ) sebesar 1 lm di udara. Besarnya intensitas cahaya yang dihasilkan suatu sumber cahaya adalah tetap, baik dipancarkan secara terpusat maupun menyebar [7].

2.8.6 Kuat Penerangan

Kuat penerangan (E) adalah pernyataan kuantitatif untuk arus cahaya (Φ) yang menimpa atau sampai pada permukaan bidang. Kuat penerangan disebut pula tingkat penerangan atau intensitas penerangan merupakan perbandingan antara intensitas cahaya (I) dengan permukaan luas (A) yang mendapat penerangan.

Karena arus cahaya $\Phi = w \cdot I$ dan karena penyebaran cahaya meruang

$$E = \frac{I}{A} lux \quad (2.2)$$

sehingga luas daerah penerangan (merupakan kulit bola) $A = w \cdot R^2$, dengan menganggap sumber penerangan sebagai titik yang jaraknya (h) dari bidang penerangan maka kuat penerangan (E) dalam lux (lx) pada suatu titik pada bidang penerangan adalah: [7]

$$E = \frac{I}{h^2} lux \quad (2.3)$$

Tabel 1. Kuat penerangan beberapa sumber cahaya

Kuat Penerangan	E (Ix)
Perkantoran	200 - 500
Apartemen/ Rumah	100 - 250
Hotel	200 - 400
Rumah sakit/ Sekolah	200 - 800
Basement/ Toilet/ Koridor/ Hall/ Gudang/ Lobby	100 - 200
Restaurant/ Store/ Toko	200 - 500

2.8.7 Luminansi

Luminansi (L) merupakan besaran penerangan yang erat kaitannya dengan kuat penerangan (E). Luminansi adalah pernyataan kuantitatif jumlah cahaya yang dipantulkan oleh permukaan pada suatu arah. Luminansi suatu permukaan ditentukan oleh kuat penerangan dan kemampuan memantulkan cahaya oleh permukaan. Kemampuan memantulkan cahaya oleh permukaan disebut faktor refleksi atau reflektansi (δ). Luminansi didefinisikan sebagai intensitas cahaya dibagi dengan luas permukaan (A_s) bidang yang mendapatkan cahaya (cd/m^2) [7].

2.8.8 Penentuan Jumlah Titik Cahaya

$$L = \frac{I}{A_s} \quad (2.4)$$

Faktor-faktor yang memengaruhi penentuan jumlah titik cahaya pada suatu ruangan yaitu:

1. penggunaan ruangan (fungsi ruangan), setiap macam penggunaan ruangan mempunyai kebutuhan kuat dan penerangan yang berbeda-beda.
2. Ukuran ruangan, semakin besar ukuran ruangan maka semakin besar pula kuat penerangan yang dibutuhkan.
3. Keadaan dinding dan langit-langit (faktor refleksi), berdasarkan warna cat dari dinding dan langit-langit pada ruangan tersebut memantulkan cahaya atau menyerap cahaya.

4. jenis lampu dan armatur yang dipakai, tiap-tiap lampu dan armatur memiliki konstruksi dan karakteristik yang berbeda.

Letak dan jumlah lampu pada suatu ruangan harus dihitung sedemikian rupa, sehingga ruangan tersebut mendapatkan sinar yang merata, dan manusia yang berada didalam ruangan tersebut menjadi nyaman, penerangan untuk ruangan kerja harus dirancang sedemikian rupa sehingga pengaruh dari penerangan tidak membuat cepat lelah mata. Disamping itu harus diperhitungkan juga hal-hal berikut:

A. Efisiensi Armatur (v)

Efisiensi sebuah armatur ditentukan oleh konstruksinya dan beban yang digunakan, dalam efisiensi penerangan selalu diperhitungkan efisiensi armaturnya [8].

$$V = \frac{\text{Fluks cahaya yang dipantulkan}}{\text{Fluks cahaya yang dipancarkan sumber}} \quad (2.5)$$

B. Faktor-faktor refleksi

Faktor-faktor refleksi dinding (rw) dan faktor refleksi (rp) masing-masing menyatakan bagian yang dipantulkan dari fluks cahaya yang diterima oleh dinding dan langit-langit yang mencapai bidang kerja. Pengaruh dinding dan langit-langit pada sistem penerangan langsung jauh lebih kecil dari pada pengaruhnya pada sistem-sistem penerangan lain, sebab cahaya yang jatuh pada dinding dan Langit-langit hanya sebagian dari fluks cahaya.

Tabel 2 Faktor refleksi berdasarkan warna dinding dan langit-langit

Warna	Faktor Refleksi	Warna	Faktor Refleksi
Putih	0,7 – 0,8	Oranye	0,2 – 0,25
Coklat Terang	0,7 – 0,8	Hijau Tua	0,1 – 0,15
Kuning Terang	0,55 – 0,65	Biru Tua	0,1 – 0,15
Hijau Terang	0,45 – 0,5	Merah Tua	0,1 – 0,15
Merah Muda	0,45 – 0,5	Hitam	0,04
Biru Langit	0,4 – 0,45	Abu – abu	0,25 – 0,35

C. Indeks Ruang atau Indeks Bentuk

Untuk menentukan kebutuhan sumber penerangan suatu ruangan perlu memperhitungkan indeks ruang atau indeks bentuk (k) [8].

$$k = \frac{p \cdot l}{h(p+l)} \quad (2.6)$$

Dimana:

p = panjang ruang (m)

l = lebar ruang (m)

h = tinggi bidang kerja (biasa dipakai 0,8)

D. Bidang Kerja dan Efisiensi

Intensitas penerangan harus ditentukan dimana pekerjaan akan dilaksanakan bidang kerja umumnya diambil 0,8 m di atas lantai.

E. Faktor Utility (kp)

$$kp = kp_1 + \frac{k-k_1}{k_2-k_1} (kp_2 - kp_1) \quad (2.7)$$

Dari beberapa parameter di atas, maka untuk mencari jumlah lampu digunakan persamaan berikut:

$$n = \frac{E \times A}{\Phi \cdot n \cdot d} \quad (2.8)$$

Keterangan:

n = Jumlah lampu

E = Iluminasi penerangan yang dibutuhkan ruangan (lux)

A = Luas ruangan (m²)

Φ = Fluks cahaya yang dikeluarkan oleh lampu (lumen)

n = Efisiensi armatur (%)

d = Faktor depresiasi

2.9 Penghantar

Untuk mensuplai beban pada suatu instalasi listrik agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya maka diperlukan suatu penghantar atau kabel. Dengan demikian penghantar merupakan suatu komponen yang mutlak ada pada suatu instalasi listrik. Penghantar yang diperlukan haruslah sesuai dan cocok dengan besarnya beban yang disuplai. Serta memenuhi suatu persyaratan yang telah ditetapkan dan diakui oleh instansi yang berwenang agar terjamin keamanan dan keandalan suatu sistem instalasi listrik.

Komponen-komponen perancangan instalasi listrik ialah bahan-bahan yang diperlukan oleh suatu sistem sebagai rangkaian kontrol maupun rangkaian daya. Dimana rangkaian kontrol dan rangkaian daya ini dirancang untuk menjalankan fungsi sistem sesuai dengan deskripsi kerja [3].

Ada tiga bagian yang pokok dari suatu penghantar pada kabel, yaitu:

1. Penghantar merupakan media untuk menghantarkan listrik.
2. Isolasi merupakan bahan elektrik untuk mengisolir antara penghantar satu dengan penghantar yang lainnya maupun terhadap lingkungannya.
3. Pelindung luar yang memberikan pelindung dari kerusakan mekanis, pengaruh bahan kimia, api dan pengaruh oleh keadaan luar lainnya.

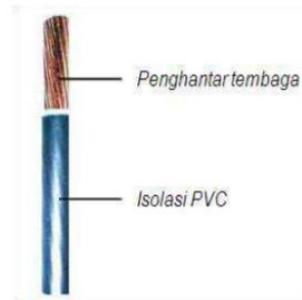
Kabel-kabel yang mempunyai kelenturan yang tinggi untuk pengawatan panel distribusi adalah kabel yang intinya berserat halus. Hal ini bertujuan agar untuk memudahkan dalam instalasi di panel tersebut.

2.9.1 Jenis Penghantar

Jenis penghantar atau kabel yang sering digunakan dalam pemasangan instalasi listrik pada rumah, gedung, hotel ataupun industry menggunakan penghantar atau kabel jenis NYM, NYA, dan sebagainya. Menurut jenisnya kabel dapat dibedakan menjadi:

- A. Kabel Instalasi

Jenis penghantar yang banyak digunakan pada suatu instalasi rumah tinggal ialah kabel NYA dan NYM seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2 Konstruksi Kabel NYA [11]

Ketentuan yang harus diperhatikan di dalam pemasangan kabel NYA sebagai berikut: [9]

1. Untuk pemasangan tetap dalam jangkauan tangan, kabel NYA harus dilindungi dengan pipa instalasi.
2. Diruang lembab, kabel NYA harus dipasang dalam pipa PVC untuk pemasangannya.
3. Kabel NYA tidak boleh dipasang langsung menempel pada plesteran atau kayu, tetapi harus dilindungi dengan pipa instalasi.
4. Kabel NYA boleh digunakan di dalam alat listrik, perlengkapan hubung bagi dan sebagainya.
5. Kabel NYA tidak boleh digunakan diruang basah, ruang terbuka, tempat kerja atau gudang dengan bahaya kebakaran atau ledakan.

Sedangkan ketentuan-ketentuan untuk pemasangan kabel NYM adalah sebagai berikut:

1. Kabel NYM boleh dipasang langsung menempel atau ditanam pada plesteran, di ruang lembab atau basah dan di tempat kerja atau gudang dengan bahaya kebakaran atau ledakan.
2. Kabel NYM boleh langsung dipasang langsung pada bagian-bagian lain dari bangunan, konstruksi, rangka dan lain sebagainya. Dengan syarat pemasangannya tidak merusak selubung luar kabel.
3. Kabel NYM tidak boleh dipasang di dalam tanah.

4. Dalam hal penggunaan, kabel instalasi yang terselubung memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan instalasi di dalam pipa, yaitu:
- Lebih mudah dibengkokkan
 - Lebih tahan terhadap pengaruh asam, uap atau gas
 - Sambungan dengan alat pemakai dapat ditutup lebih rapat



Gambar 3 Konstruksi Kabel NYM [11]

B. Kabel Tanah

Kabel Tanah Termoplastik Tanda Perisai Jenis kabel ini ada 2 macam NYY dan NAYY. Pada prinsipnya susunan kabel NYY sama dengan susunan kabel NYM, hanya tebal isolasi dan selubung luarnya, serta jenis kompon PVC yang digunakan berbeda. Warna selubung luarnya hitam. Untuk kabel tegangan rendah, tegangan nominalnya 0,6/1 KV, dimana:

0,6 KV = tegangan nominal terhadap tanah.

1 KV = tegangan nominal penghantar

Luas penampang penghantarnya dapat mencapai 240 mm² atau lebih. Konstruksi kabel NYY dapat dilihat pada Gambar 2.4. Kegunaan utama dari kabel NYY adalah kabel tenaga untuk instalasi pada industri, di dalam gedung maupun di ruang terbuka dan pada saluran kabel dan lemari hubung bagi. Kabel NYY dapat juga ditanam di dalam tanah asalkan diberi perlindungan secukupnya terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan mekanis [9].



Gambar 4 Konstruksi Kabel Tanah (NYY) [11]

2.9.2 Pemilihan penghantar

Dalam pemilihan jenis penghantar yang akan digunakan dalam suatu instalasi dan luas penghantar yang akan dipakai dalam instalasi tersebut yaitu:

1. Kemampuan hantar arus

Untuk menentukan luas penampang penghantar yang diperlukan maka, harus ditentukan berdasarkan arus yang melewati penghantar tersebut. Arus nominal yang melewati suatu penghantar dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Untuk arus searah DC

$$I = \frac{P}{V} A \quad (2.9)$$

Untuk arus bolak balik satu fasa

$$I = \frac{P}{V \times \cos \phi} A \quad (2.10)$$

Untuk arus bolak balik tiga fasa

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi} A \quad (2.11)$$

Dimana:

I = Arus nominal (A)

P = Daya aktif (W)

V = Tegangan (V)

$\cos \phi$ = Faktor daya

Kemampuan hantar arus yang dipakai dalam pemilihan penghantar adalah 1,25 kali dari arus nominal yang melewati penghantar tersebut. Untuk menghitung kapasitas KHA kabel dapat diketahui dengan mengikuti arus maksimal pada *circuit breaker* atau dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$KHA = 1,2 \times I_{Breaker} \quad (2.12)$$

Dimana:

KHA = Kuat Hantar Arus

$I_{Breaker}$ = Arus maksimal pada circuit breaker

2. Drop Tegangan (Susut Tegangan)

Susut tegangan antara PHB utama dan setiap titik beban tidak boleh lebih dari 5 % dari tegangan di PHB utama.[18].

Adapun pembagian penentuan *drop* tegangan pada suatu penghantar dapat digolongkan menjadi beberapa jenis:

- a. Untuk arus searah
- b. Untuk arus bolak balik satu fasa
- c. Untuk arus bolak balik tiga fasa

Rugi tegangan biasanya dinyatakan dalam satuan persen (%) dalam tegangan kerjanya yaitu

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V \times 100\%}{V} \quad (2.13)$$

Untuk menentukan rugi tegangan berdasarkan luas penampang dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Untuk arus searah, penampang minimum:

$$\Delta U = 2(I.R) = 2.I.P.\frac{l}{A} = 2.I \frac{l}{Ax} \quad (2.14)$$

Dimana :

ΔU = Susut tegangan (V)

I = Kuat arus yang mengalir (A)

R = Resistansi pada penghantar (Ω)

P = Resistansi jenis pada penghantar ($\Omega.m$)

l = Panjang penghantar (m)

A = Luas penampang penghantar (m)

x = Konduktansi jenis penghantar (S/m)

Untuk arus bolak balik satu fasa, penampang minimum:

$$\Delta U = 2 \times I \times l(R_L \cos\varphi + X_L \sin\varphi) \quad (2.15)$$

Untuk arus bolak balik tiga fasa, penampang minimum:

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times l(R_L \cos\varphi + X_L \sin\varphi) \quad (2.16)$$

Dimana :

ΔU = Rugi tegangan dalam penghantar (V)

I = Kuat arus dalam penghantar (A)

l = Jarak dari permulaan penghantar sampai ujung (m)

- a. Kondisi Suhu Setiap penghantar memiliki suatu resistansi (R), jika penghantar tersebut dialiri oleh arus maka terjadi rugi-rugi I^2R , yang kemudian rugi-rugi tersebut berubah menjadi panas, jika dialiri dalam waktu t detik maka panas yang terjadi ialah $I^2R t$, jika dialiri dalam waktu yang cukup lama ada kemungkinan terjadinya kerusakan pada penghantar tersebut, oleh karena itu dalam pemilihan penghantar faktor koreksi juga diperhitungkan.
- b. Kondisi lingkungan di dalam pemilihan jenis penghantar yang digunakan harus disesuaikan dengan kondisi dan tempat penghantar tersebut akan ditempatkan atau dipasang. Apakah penghantar tersebut akan ditanam di dalam tanah atau di udara.
- c. Kekuatan mekanis penentuan luas penampang penghantar kabel juga harus diperhitungkan apakah kemungkinan adanya tekanan mekanis ditempat pemasangan kabel itu besar atau tidak, dengan demikian dapat diperkirakan besar kekuatan mekanis yang mungkin terjadi pada kabel tersebut.

Kemungkinan perluasan setiap instalasi listrik dirancang dan dipasang dengan perkiraan adanya penambahan beban dimasa yang akan datang, oleh karena itu luas penampang penghantar harus dipilih lebih besar minimal satu tingkat di atas luas penampang sebenarnya, tujuannya adalah jika

dilakukan penambahan beban maka penghantar tersebut masih mencukupi dan susut tegangan yang terjadi akan kecil.

2.10 Pengaman

Pengaman adalah suatu peralatan listrik yang digunakan untuk melindungi komponen listrik dari kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan seperti arus beban lebih ataupun arus hubung singkat, untuk menjaga agar tidak terjadi kerusakan – kerusakan pada instalasi listrik yang disebabkan karena terjadinya panas tersebut oleh beban yang berlebihan atau adanya hubung singkat, maka perlu adanya pengaman instalasi tersebut.

Adapun komponen-komponen pengaman pada instalasi penerangan listrik yang sering dipakai yaitu:

2.10.1 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

merupakan pemutus rangkaian listrik atau pengaman pada komponen *thermis (bimetal)* yang mempunyai fungsi untuk melindungi rangkaian listrik saat terjadi beban lebih, selain itu juga terdapat relai elektromagnetik yang berfungsi untuk mengamankan rangkaian listrik apabila terjadi hubung singkat. MCB juga sering difungsikan sebagai alat untuk mengamankan rangkaian listrik satu fasa dan listrik tiga fasa yang berfungsi sebagai alat pengaman beban lebih dan hubung singkat. MCB ini memproteksi arus lebih yang disebabkan oleh terjadinya beban dan arus yang lebih karena adanya hubung singkat. Adapun Prinsip kerja dari MCB yaitu, ketika ada arus lebih maka arus lebih tersebut akan menghasilkan panas pada *bimetal*, apabila terkena panas pada *bimetal* maka akan melengkung sehingga memutuskan kontak MCB (*Trip*). Selain *bimetal*, pada MCB biasanya juga terdapat *solenoid* yang akan meng-*trip*-kan MCB ketika terjadi *grounding (ground fault)* atau hubung singkat (*short circuit*).



Gambar 5 MCB (*Miniature Circuit Breaker*) [12]

2.10.2 MCCB (*Molded Case Circuit Breaker*)

Merupakan sebuah pemutus tenaga yang memiliki fungsi sama dengan MCB, yaitu mengamankan peralatan dan instalasi listrik apabila terjadi hubung singkat dan membatasi kenaikan arus karena kenaikan beban. Hanya saja yang membedakan MCCB dengan MCB adalah bentuknya, dimana untuk MCB tiga fasa memiliki bentuk dari tiga buah MCB satu fasa yang dikopel secara mekanis, sementara MCCB memiliki tiga buah terminal fasa dalam satu casing yang sama. MCCB juga mempunyai kemampuan memutuskan arus listrik berdasarkan keinginan atau dengan kata lain dapat diatur.



Gambar 6 MCCB (*Molded Case Circuit Breaker*) [13]

2.10.3 ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*)

ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*) merupakan satu diantara jenis pengamanan listrik yang bekerjanya memutuskan arus listrik ketika terdapat kebocoran listrik yang menuju ke tanah/*grounding* bisa juga disebut sebagai alat pemutus aliran listrik ketika tubuh manusia terhubung dengan *ground* saat menyentuh peralatan yang teraliri arus listrik. Prinsip kerja dari ELCB adalah

mendeteksi adanya kebocoran arus listrik pada gangguan tanah maupun gangguan terhadap *ground*.

Dalam keadaan normal (tidak ada gangguan arus bocor) dan posisi ELCB terhubung, arus yang keluar melalui titik fasa dan netral pada instalasi listrik selalu berbanding lurus (seimbang). Apabila ada perbedaan nilai arus pada titik fasa dan netral yang diakibatkan oleh adanya gangguan antara titik fasa terhadap tanah atau *ground* maka ELCB akan segera memutuskan aliran listrik pada instalasi listrik tersebut.



Gambar 7 ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*) [14]

2.11 Saklar

Saklar merupakan komponen listrik yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan listrik dari suatu sumber menuju beban. Pada suatu instalasi listrik penerangan, saklar sangat berperan penting dalam mengendalikan beban lampu. Adapun saklar memiliki jenis yang beragam misalnya pada instalasi penerangan, untuk tegangan tinggi, instalasi tenaga dll. Namun sebagai pengetahuan dasar cukup mengenai beberapa macam yang sering di jumpai di kehidupan sehari-hari seperti di rumah, di kampus, di hotel maupun tempat-tempat umum lainnya. Adapun berbagai macam-macam saklar beserta *single diagram* dan *wiring diagram*, mulai dari saklar tunggal, seri, tukar, dan silang yang biasa kita jumpai di kehidupan sehari-hari.

2.11.1 Saklar Tunggal

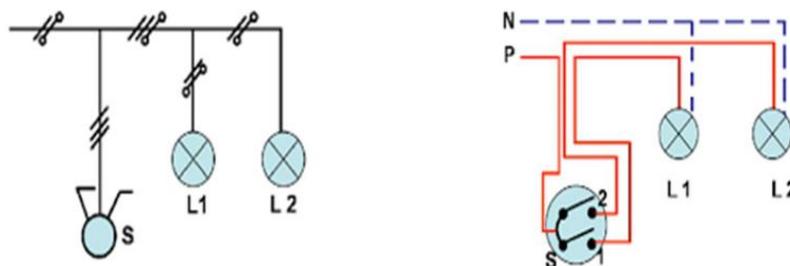
Merupakan saklar yang hanya mempunyai satu buah kanal input yang terhubung dengan sumber listrik dan satu buah kanal output yang terhubung dengan saklar listrik. Saklar ini mempunyai dua posisi pengoperasian, yaitu mengatur *ON* dan *OFF*.



Gambar 8 *Single diagram* dan *wiring diagram* saklar tunggal [15]

2.11.2 Saklar Seri

Saklar seri atau saklar ganda merupakan suatu saklar yang digunakan untuk menyalakan dan mematikan dua buah lampu. Saklar jenis ini paling umum dan banyak ditemui pada rumah atau gedung yang mempunyai banyak ruangan. Hal tersebut dikarenakan Saklar Ganda ini dapat mengendalikan dua buah lampu pada ruangan yang berbeda.

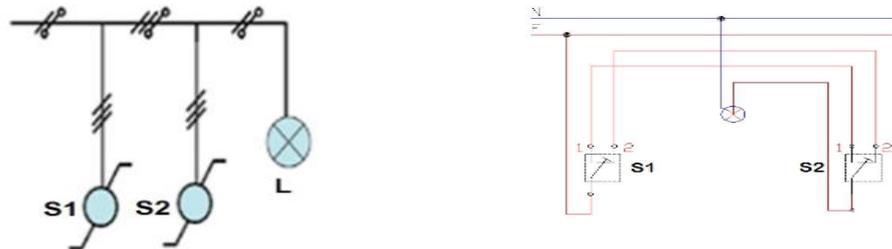


Gambar 9 *Single Diagram* dan *Wiring Diagram* Saklar Tukar [15]

2.11.3 Saklar Tukar

Fungsi saklar tukar atau yang biasa disebut dengan saklar hotel, adalah untuk menyalakan dan mematikan satu lampu dengan menggunakan dua saklar yang di tempatkan pada dua tempat yang berjauhan. Pada setiap pengoperasiannya dari salah satu saklar tersebut akan mengganti keadaan kerja dari pemakai. Penggunaan dua saklar ini memungkinkan untuk menghubungkan dan mematikan

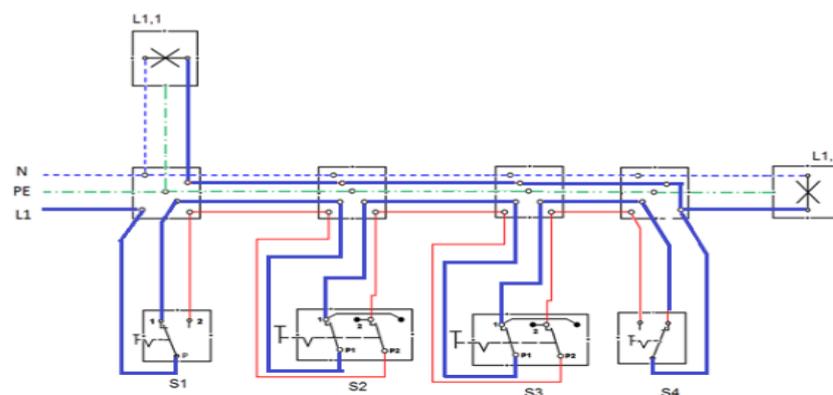
arus listrik pada ruangan hotel misal pada lorong, ruangan lantai 1 dan 2 dan sebagainya.



Gambar 10 Single Diagram dan Wiring Diagram Saklar Tukar [15]

2.11.4 Saklar Silang

Saklar silang merupakan suatu saklar yang digunakan untuk mengendalikan (mematikan dan menghidupkan) sebuah lampu di tiga tempat yang berbeda. Oleh karena fungsi tersebut saklar jenis ini sangat jarang digunakan kecuali pada suatu tempat yang mempunyai banyak ruangan. Misal pada suatu hotel atau gedung yang mempunyai banyak ruangan koridor sehingga penggunaan saklar ini sangat efektif. Untuk melayani satu buah lampu atau satu golongan lampu agar dapat dinyalakan dan dimatikan di berbagai tempat yang berbeda seperti hotel yang mempunyai banyak lantai dan ruangan dapat dilakukan dengan mengkombinasikan antara saklar tukar dan saklar silang.



Gambar 11 Wiring diagram Saklar Silang [15]

2.12 Sistem Penumbumian

Dalam sistem penumbumian, terlebih dahulu kita ketahui bahwa sistem adalah sekelompok komponen dan elemen yang digabungkan menjadi satu untuk mencapai tujuan tertentu. Sistem penumbumian adalah suatu rangkaian atau jaringan mulai dari kutub penumbumian atau elektroda, hantaran penghubung atau konduktor sampai terminal penumbumian yang berfungsi untuk menyalurkan arus lebih ke bumi sehingga dapat memberikan proteksi terhadap manusia dari sengatan listrik (*shock*), dan mengamankan komponen-komponen instalasi agar dapat terhindar dari bahaya arus dan tegangan asing, serta perangkat dapat beroperasi sesuai dengan ketentuan teknis yang semestinya.

2.12.1 Pengertian Penumbumian

Penumbumian adalah sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang digunakan listrik sebagai sumber tenaga dari lonjakan arus listrik, dan sistem penumbumian atau grounding sistem ini digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau sirkuit listrik dengan bumi. Dengan adanya sistem penumbumian ini maka keandalan sistem untuk pemanfaatan daya listrik dapat terjamin dengan baik. Fungsi penumbumian atau pentanahan adalah untuk mengalirkan arus gangguan ke dalam tanah melalui suatu elektroda pentanahan yang ditanam dalam tanah bila terjadi gangguan, disamping itu pentanahan juga berfungsi sebagai pengamanan baik bagi manusia maupun peralatan dari bahaya listrik.

Tujuan dari pada penumbumian yaitu:

1. Membatasi besarnya tegangan terhadap bumi agar berada dalam batasan yang diperbolehkan.
2. Menyediakan jalur bagi aliran arus yang dapat memberikan deteksi terjadinya hubungan yang tidak dikehendaki antara konduktor atau penghantar dan bumi.

2.12.2 Macam-Macam Sistem Pentanahan

1. Sistem pentanahan titik netral (*Netral Grounding System*)

Sistem dengan titik netral ditanahkan adalah suatu sistem yang titik netral dari sistem tersebut sengaja dihubungkan ke tanah, baik melalui impedansi maupun secara langsung.

Sistem pentanahan titik netral bertujuan untuk:

- a. Menghilangkan gejala-gejala busur api pada suatu sistem.
 - b. Membatasi tegangan pada fasa yang tidak terganggu (pada fasa yang sehat).
 - c. Meningkatkan keandalan (*reability*) pelayanan dalam penyaluran tenaga listrik.
 - d. Mengurangi atau membatasi tegangan lebih transien yang disebabkan oleh penyalaan bunga api yang berulang-ulang (*restrike ground fault*).
2. Sistem pentanahan peralatan (*Grounding Equipment*)

Sistem pentanahan peralatan adalah pentanahan yang menghubungkan *body* atau kerangka bagian dari peralatan listrik terhadap titik *grounding* (tanah), dimana pentanahan ini pada kerja normal tidak dilalui arus. Sistem pentanahan atau pembumian peralatan ini juga tidak jauh beda dengan sistem pentanahan titik netral dimana keduanya sama-sama membuang arus atau tegangan lebih ke bumi melalui elektroda pentanahan. Pembumian peralatan bertujuan mengamankan badan peralatan pada saat kerja tidak normal atau terjadi gangguan yang seakan-akan badan peralatan tersebut bertengan yang diakibatkan oleh sambaran petir atau jebolnya isolasi pada suatu penghantar atau tersentuhnya badan peralatan pada suatu konduktor yang bertegangan sehingga badan peralatan tersebut dialiri oleh arus dan bertegangan tentu berbahaya bagi manusia, untuk itu harus diadakan pembumian. Bagian-bagian yang ditanahkan pada sistem pentanahan peralatan yaitu:

- a. Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam (menghantar listrik) dan dengan mudah disentuh manusia. Hal ini perlu agar potensi dari logam yang mudah disentuh selalu sama dengan potensial tanah (bumi) tempat manusia berpijak sehingga tidak berbahaya bagi manusia yang menyentuhnya.

- b. Bagian pembuangan muatan listrik (bagian bawah) dari *lightning arrester*. Hal ini diperlukan agar *lightning arrester* dapat berfungsi dengan baik, yaitu membuang muatan listrik yang diterimanya dari petir ke tanah (bumi) dengan lancar.
- c. Titik netral dari transformator dan titik netral dari generator. Hal ini diperlukan dalam kaitan keperluan proteksi khususnya yang menyangkut gangguan hubung tanah.

2.12.3 Tahanan Pembumian

Dapat juga dikatakan jumlah tahanan yang terjadi pada hantaran yang menghubungkan bagian instalasi yang ditanahkan dengan elektroda tanah ditambah dengan tahanan yang terjadi antara elektroda pembumian dengan tanah. Pembumian juga tidak hanya untuk sirkuit listrik saja, melainkan seluruh sirkuit atau instalasi yang dibumikan disebut juga pembumian (*grounding, arde, pentanahan*). Nilai standar mengacu pada Pesyaratan Umum Instalasi Listrik atau PUIL 2000 (peraturan yang sesuai dan berlaku hingga saat ini) yaitu kurang dari 5 (lima) ohm. Dijelaskan bahwa nilai sebesar 5 ohm merupakan nilai maksimal atau batas tertinggi dari hasil resistansi pembumian (*grounding*) yang masih ditoleransi. Nilai yang berada pada range 0 ohm – 5 ohm adalah nilai aman dari suatu instalasi pembumian *grounding*. Tahanan pentanahan harus memenuhi syarat yang diinginkan untuk suatu keperluan pemakaian elektroda yang ditanam dalam tanah yaitu harus bahan konduktor yang baik, tahan korosi, cukup kuat, dan elektroda harus mempunyai kontak yang baik dengan tanah sekelilingnya. Sedangkan yang dimaksud dengan elektroda pembumian adalah penghantar yang ditanam dalam bumi dan membuat kontak langsung dengan bumi. Elektroda pembumian umumnya digunakan pada instalasi rumah-rumah dan gedung-gedung. Untuk rumah-rumah pedesaan kedalaman elektroda pembumian bisa 1,5 meter dan tergantung dari kondisi tanahnya dan untuk bangunan atau gedung kedalaman elektroda mulai dari 1,5 sampai 6 meter tergantung dari kondisi tanahnya dimana elektroda ditanahkan.

2.12.4 Macam-Macam Pembumian Elektroda

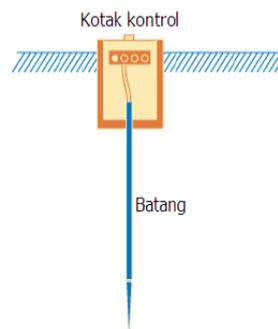
Menurut Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000 jenis elektroda pembumian diantaranya: Pembumian dengan elektroda batang; Pembumian dengan elektroda pelat; Pembumian dengan elektroda pita atau strip. Berikut penjelasannya:

1. Pembumian dengan Elektroda Batang

Elektroda batang ialah elektroda dari pipa besi, baja profil, atau batang logam lainnya yang dipancangkan ke dalam tanah. Pembumian dengan menggunakan elektroda batang yang mana pembumiannya ditanam secara vertical atau tegak lurus kedalam tanah. Pembumian jenis ini paling banyak digunakan karena mempunyai keuntungan jika dibandingkan dengan menggunakan jenis elektroda yang lain yaitu:

- Elektroda batang memiliki harga yang terjangkau dan murah serta tidak membutuhkan biaya yang banyak.
- Pemasangan mudah, cukup dipukul dengan pemukul atau dibuat lubang terlebih dahulu dengan bor.
- Mudah dipasang, cukup menghubungkan ke ujung elektroda di permukaan tanah yang keluar.
- Jika besar tahanan tanah yang dibutuhkan kurang, maka tinggal memparalelkan elektroda batang lainnya di dekatnya.

Elektroda batang yang sering dipergunakan pada umumnya yang mempunyai ukuran diameter $\frac{1}{2}$ inchi sampai 2 inchi.



Gambar 12 Elektroda batang [20]

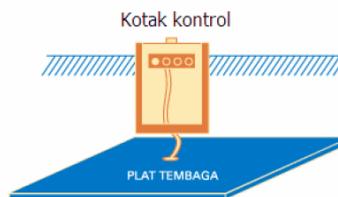
2. Pembumian Dengan Elektroda Pelat

Elektroda pelat terbuat dari besi baja atau tembaga yang berbentuk segi empat, ditanam vertikal dalam tanah. Ukuran pelat yang biasa dipakai adalah:

- Ukuran pelat elektroda 60 x 60 cm.
- Tebal pelat dari besi 6,30 mm dari tembaga 3,15 mm.

Pembumian dengan menggunakan elektroda plat sudah jarang dipakai karena tidak menguntungkan antara lain:

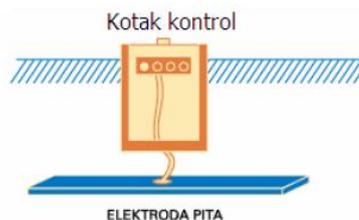
- Harga elektroda pelat cukup mahal.
- Mudah berkarat (dilapis).
- Kurang praktis, dimana waktu pengecekan harus digali lubang terlebih dahulu atau penggalian kembali



Gambar 13 Elektroda plat [20]

3. Pembumian dengan Elektroda Pita atau *Strip*

Elektroda pita sering juga disebut elektroda pipa yang berbentuk lempengan pelat tipis, kecil dan panjang. Untuk memperoleh tahanan yang rendah biasanya diusahakan dengan elektroda yang paling panjang. Elektroda jenis ini sering dipakai pada tempat yang mempunyai tahanan tanah yang jenisnya tinggi, terutama pada tanah yang banyak mengandung batu-batuan dimana penempatan elektroda jenis batangan, pilar kurang praktis untuk digunakan



Gambar 14 Elektroda pita atau strip [16]