

**STUDI RETROFIT SISTEM KELISTRIKAN GEDUNG A DAN B
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

Imam Ghozali Fernanda

2115031052



Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik

Universitas Lampung

Bandar Lampung

2025

ABSTRAK

STUDI RETROFIT SISTEM KELISTRIKAN GEDUNG A DAN B FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG

Oleh

IMAM GHOZALI FERNANDA

Gedung A dan B Fakultas Teknik Universitas Lampung telah beroperasi selama lebih dari empat dekade tanpa pembaruan signifikan pada sistem kelistrikan. Tugas akhir ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi eksisting serta merancang sistem retrofit yang meliputi panel distribusi, kabel, sistem pentanahan, dan penambahan *generator set* sebagai cadangan daya. Metode yang digunakan mencakup survei lapangan, pengukuran parameter kelistrikan, serta analisis kesesuaian terhadap standar PUIL, SNI, IEC, dan IEEE. Hasil menunjukkan adanya ketidaksesuaian teknis, seperti luas penampang kabel yang tidak memenuhi standar, panel tanpa segregasi beban, dan tidak adanya sistem pentanahan serta *generator set*. Rancangan baru mencakup sistem distribusi dan proteksi yang terstandar serta penambahan *generator set* 80 kVA dan panel AMF–ATS di Gedung B. Estimasi biaya retrofit masing-masing gedung adalah Rp321.585.136 untuk Gedung A dan Rp651.969.860 untuk Gedung B. Retrofit ini direkomendasikan untuk meningkatkan keandalan, efisiensi, dan keselamatan sistem kelistrikan.

Kata Kunci: retrofit, sistem kelistrikan, panel distribusi, *grounding*, *generator set*

ABSTRACT

ELECTRICAL SYSTEM RETROFIT STUDY OF BUILDING A AND B OF THE FACULTY OF ENGINEERING, UNIVERSITY OF LAMPUNG

By

IMAM GHOZALI FERNANDA

Buildings A and B of the Faculty of Engineering, University of Lampung, have operated for over four decades without major electrical upgrades. This study aims to evaluate the existing conditions and design a retrofit system covering distribution panels, cabling, grounding, and the addition of a generator set as backup power. The methodology includes field surveys, electrical measurements, and conformity analysis with PUIL, SNI, IEC, and IEEE standards. The results indicate technical non-compliance, such as undersized cables, non-segregated panel loads, and the absence of grounding and backup power systems. The proposed design incorporates standardized distribution and protection systems, along with an 80 kVA generator set and AMF-ATS panel for Building B. Estimated retrofit costs are Rp321.585.136 for Building A and Rp651.969.860 for Building B. The retrofit is recommended to improve the reliability, efficiency, and safety of the electrical system.

Keywords: retrofit, electrical system, distribution panel, grounding, generator set

**STUDI RETROFIT SISTEM KELISTRIKAN GEDUNG A DAN B
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG**

Oleh

IMAM GHOZALI FERNANDA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2025

Judul Skripsi : **STUDI RETROFIT SISTEM KELISTRIKAN
GEDUNG A DAN B FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Imam Ghozali Fernanda**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2115031052

Jurusan : Teknik Elektro

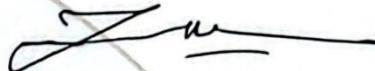
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Eng. Ir. Khairudin, S.T., M.Sc.
NIP. 19700719 200012 1 001



Zulmiftah Huda, S.T., M.Eng.
NIP. 19880624 201903 1 015

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Herlinawati, S.T., M.T.
NIP. 19710314 199903 2 001

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Sumadi, S.T., M.T
NIP. 19731104 200003 1 001

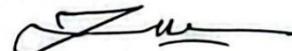
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Eng. Ir. Khairudin, S.T., M.Sc.**


.....

Sekretaris : **Zulmiftah Huda, S.T., M.Eng.**


.....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Eng. Ir. Lukmanul Hakim, S.T.,
M.Sc. IPM**


.....

2. Dekan Fakultas Teknik


Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.)
NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **6 Mei 2025**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi akademik sesuai dengan hukum yang berlaku.



Bandar Lampung, 6 Mei 2025

Imam Chozali Fernanda
NPM. 2015031052

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Muara Enim, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan pada tanggal 6 September 2003, sebagai anak ketiga dari Bapak Firdaus dan Ibu Lindawati.

Riwayat pendidikan penulis dimulai dari Sekolah Dasar Negeri (SDN) 13 Muara Enim pada tahun 2009 hingga tahun 2015, Madrasah Tsanawiyah Negeri (MTsN) 1 Muara Enim pada tahun 2015 hingga tahun 2018, dan Sekolah Menengah Kejuruan Negeri (SMKN) 2 Muara Enim pada tahun 2018 hingga tahun 2021.

Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, pada tahun 2021 melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis berkesempatan menjadi asisten dosen mata kuliah Menggambar Teknik dan Praktikum Analisa Sistem Tenaga tahun 2024 dan tergabung dalam keanggotaan asisten Laboratorium Sistem Tenaga Listrik dari tahun 2023. Selain itu, penulis juga tergabung dalam organisasi intra kampus Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) sebagai anggota Departemen Komunikasi dan Informasi 2022 hingga 2023. Penulis melaksanakan kerja praktik di PTBA Tanjung Enim yang tergabung dalam divisi Perawatan dan Perencanaan Listrik dan melanjutkan membuat laporan yang berjudul “*ANALISA DYNAMIC MOTOR STARTING PADA MOTOR BELT CONVEYOR CV-23 HEAD COAL HANDLING FACILITY 4 (CHF 4) MENGGUNAKAN ETAP 19.0.1 DI BANKO BARAT PT BUKIT ASAM TBK.*”.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Alhamdulillah Puji Syukur Kehadirat Allah SWT atas
Rahmat dan Ridho-Nya*

Kupersembahkan karya ini untuk:

Ayah dan Ibu Tercinta

Firdaus dan Lindawati

Serta Saudara-Saudariku

Adi Guna Pandu Fernanda

Vergiawan Fernanda

Tiara Anjelita Fernanda

Keluarga Besar, Dosen, Sahabat dan Almamater

MOTTO

“Dan bersabarlah menunggu ketetapan Tuhanmu, karena sesungguhnya engkau berada dalam pengawasan Kami...”

(At-Thur: 48)

“Dan Sungguh kelak Tuhanmu pasti memberikan karunia-Nya kepadamu, sehingga engkau menjadi puas.”

(Ad-Dhuha: 05)

“Ini jalanmu dan milikmu sendiri, orang lain mungkin berjalan bersamamu, tetapi tak ada yang menggantikanmu berjalan.”

- Jalaluddin Rumi-

“Jangan biarkan pendapat orang lain menjadi kenyataanmu.”

- Les Brown-

“Kalau kau sudah tahu akhir dari perjalananmu, itu tidak akan menyenangkan sama sekali bukan ?”

- Yukihira Souma & Joudirou-

SANWACANA

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “STUDI RETROFIT SISTEM KELISTRIKAN GEDUNG A DAN B FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A. IPM., ASEAN.Eng., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Bapak Sumadi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Eng. Ir. Khairudin, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, dan pandangan hidup kepada penulis di setiap kesempatan dengan baik dan ramah.
6. Bapak Zulmiftah Huda, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, nasihat dan motivasi kepada penulis disetiap kesempatan dengan baik dan ramah.
7. Bapak Dr. Eng. Ir. Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc., IPM. selaku dosen penguji yang memberikan kritik, masukan, saran serta motivasi dan pandangan kehidupan kepada penulis disetiap kesempatan dengan baik dan ramah Bapak Ir. Noer Soedjarwanto, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing Akademik (PA)

yang telah memberikan nasihat, arahan, bimbingan dengan baik dan tulus kepada penulis selama perkuliahan.

8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah memberikan pengajaran dan pandangan hidup selama perkuliahan.
9. Staff administrasi Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah membantu penulis dalam hal administrasi.
10. Ayah dan Ibu yang selalu memberikan do'a terbaik dan kasih sayang yang tak berujung serta usaha dan kerja keras untuk menguliahkan anak ketiganya ini tanpa pernah takut akan rezeki.
11. Kedua kakakku, Kak Pandu dan Kak Egi yang selalu menjadi tameng dalam setiap masalah, adikku Tiara yang selalu membawakan keceriaan, kedua kakak iparku yuk Devi dan yuk Eka yang selalu memberi semangat.
12. Sahabat penulis dari Muara Enim yaitu Nabila Fauziah yang selalu memberikan motivasi dan *jokes*-nya. Deny, Elman, Naufal, Yulianda, Roni, Abdi, Oldi dari *Suicide Squad*. Suyono, Rendy, Kiki, Bintang, Egik dan Aldyyan dari MIRAS, dan Hisyam yang memberikan semangat kepada penulis.
13. Segenap Keluarga Besar Laboratorium Sistem Tenaga Listrik: Pak Herri, Pak Rachman, dan Pak Riza, atas ilmu dan kerjasamanya selama penulis menjadi asisten laboratorium. Kakak-kakak asisten Lab STL 2018 dan 2019; kak Stefanus, kak Alif, kak Fathur, kak Aqilla, kak Adrian, dan kak Nat, kakak 2020 diantaranya: kak Rizki, kak Arnes, kak Aymanul, kak Ipna, dan kak Syawal atas ilmu, bantuan serta pengalamannya. Rasyid, Rasel, Eikel, Jerry, Tegar, Frissa, Desta, dan Nadia atas semangat, kerjasama, candaan, *reminder*, dan bantuannya selama ini, serta adik-adik 2022 yang sudah saya anggap seperti adik kandung sendiri: Adnan, Luthfi, Hakim, Andri, Pharrel, Jakub, Dian, Magdalena, dan Komang Novelia.
14. Teman-Teman PRAMUBA: Rasyid, Rasel, Syabi, Rizky, dan Alfiza. Teman-teman lorong kostan diantaranya I Wayan Rangga, Dina, Ade, Aldi, Bagus dll.
15. Teman-Teman seperbimbingan: Piz Roni, Frissa, dan Rasyid, yang selalu kebersamai dalam suka dan duka.

16. Teman-teman *Underrated*: Unedo, Wisnu, Benyamin, Rizman, Tirta, Eikel, dan Jefri.
 17. Teman-teman MSIB: Luthfi, Hakim, Mutiara, Penta, Agita, Alif, Andri, Bimo, Grace, Jakub, Kai, dan Novelia, yang selalu seru dengan berbagai candaannya.
 18. Teman-teman Kelas Malam: Luthfi, Razzan, Andri, Emil, dan Pharrel yang tidak pernah malu bertanya sehingga kelas malam dibuka.
 19. Keluarga Besar *Power Rangers*.
 20. Keluarga Besar HIMATRO UNILA, EXCALTO 2021, dan TTL 22.
 21. Keluarga Besar Bapak Alm. Yamani dan Bapak Alm. Supangkat.
 22. Keluarga Besar RenTriK PTBA.
 23. Teman-Teman UKMBS: Noerma, Yudi, Mul, Fern, Bang Farid dan Mbak Bella, terimakasih untuk ilmunya dalam melukis.
 24. Teman-Teman KKN: Miko, Ayu, Evi, Yunita, dan Erika, dari Desa Harapan Mukti 2024 serta Bapak dan Ibu kepala desa.
 25. Semua pihak yang membantu dalam selesainya perkuliahan dan penulisan skripsi, hanya Allah SWT. yang dapat membalas kabaikan kalian.
 26. Kepada seorang wanita yang telah tertulis di *lauhul mahfudz*, tanpa disadari kamu telah menjadi penyemangat bagi penulis dalam memantaskan diri, meningkatkan *value*, berikhtiar, dan tetap teguh mempertahankan gelar “Jomblo fi Sabilillah” melalui prinsip “Yang Menjaga hanya untuk yang Terjaga”. Semoga kita berjumpa pada versi terbaik kita masing-masing.
 27. Kepada diri sendiri, Imam Ghozali Fernanda. Terus semangat dan jangan pernah menyerah. Jadilah versi terbaik dari dirimu dan jangan pernah minder terhadap rezeki orang lain. Terimakasih telah bertahan dan berjuang sejauh ini.
- Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Penulis menerima kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kemajuan bersama. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 6 Mei 2025



Imam Ghozali Fernanda

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Hasil yang Diharapkan	4
1.6 Hipotesis	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Sistem Tenaga Listrik.....	8
2.2.1 Saluran Distribusi Sistem Tenaga Listrik	10
2.3 Sistem Distribusi di Gedung.....	11
2.3.1 Komponen Proteksi Kelistrikan di Gedung	11
2.3.2 Komponen pada Panel.....	15
2.4 Kabel.....	17
2.4.1 Kabel Berdasarkan Tegangan	18
2.4.2 Kabel Berdasarkan Isolasi.....	18
2.4.3 Kabel Berdasarkan Kegunaan	19
2.5 Daya Cadangan.....	19
2.5.1 <i>Generator Set</i>	19

2.5.2 *Automatic Transfer Switch (ATS) dan Automatic Main Failure (AMF)* 20

III. METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Waktu dan Tempat	22
3.2 Alat dan Bahan	23
3.3 Metodologi Penelitian	23
3.4 Diagram Pelaksanaan Penelitian	25
3.5 Luas Penampang Kabel	25
3.6 Lux pada Ruangan.....	26
3.7 Tegangan pada Gedung	27
3.8 MCCB dan MCB	28
3.9 Busbar.....	28
3.10 <i>Diversity Factor dan Demand Factor</i>	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Gambaran Kondisi Eksisting.....	30
4.1.1 Luas Penampang Kabel.....	31
4.1.2 Panel.....	31
4.1.3 Komponen dan Peralatan	32
4.1.4 <i>Grounding</i>	33
4.1.5 MCCB	33
4.1.6 Tegangan 3 Fasa.....	34
4.2 Perencanaan <i>Retrofitting</i>	34
4.2.1 MCCB	35
4.2.2 Data Beban	36
4.2.3 Kabel dan Kawat	42
4.2.4 Busbar	45
4.2.5 <i>Design Engineering Drawing (DED)</i>	47
V. KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Struktur Sistem Tenaga Listrik	9
Gambar 2. 2 Komponen Utama Sistem Tenaga Listrik	10
Gambar 2. 3 MCB dan MCCB.....	12
Gambar 2. 4 <i>Fuse</i>	13
Gambar 2. 5 Relay Proteksi	13
Gambar 2. 6 Sistem Pentanahan.....	14
Gambar 2. 7 RCCB dan ELCB	15
Gambar 2. 8 <i>House Surge Protective Low Voltage Arrester Device</i>	15
Gambar 2. 9 <i>Main Distribution Panel (MDP)</i>	16
Gambar 2. 10 <i>Sub Distribution Panel (SDP)</i>	17
Gambar 2. 11 Kabel dengan Isolasi XLPE dan PVC.....	18
Gambar 2. 12 Generator Set.....	20
Gambar 2. 13 AMF (<i>Automatic Main Failure</i>) dan ATS (<i>Automatic Transfer Switch</i>).....	21
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir	25
Gambar 4. 1 Panel Penerangan dan Stop Kontak Lantai 1 Gedung B Fakultas Teknik Universitas Lampung	31
Gambar 4. 2 Panel Penerangan, Stop Kontak, dan AC Lantai 2 Gedung B Fakultas Teknik Universitas Lampung	32
Gambar 4. 3 Panel Penerangan, Stop Kontak, dan AC Lantai 2 Gedung B Fakultas Teknik Universitas Lampung	33

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian.....	22
Tabel 4. 1 Kapasitas MCCB Eksisting	33
Tabel 4. 2 Profil Tegangan pada Gedung A dan B	34
Tabel 4. 3 Kapasitas MCCB pada MDP dan SDP	35
Tabel 4. 4 Beban <i>Air Conditioner</i> pada Gedung A Lantai 1.....	36
Tabel 4. 5 Beban Penerangan pada Gedung A Lantai 1	37
Tabel 4. 6 Beban Stop Kontak pada Gedung A Lantai 1	37
Tabel 4. 7 Beban <i>Air Conditioner</i> pada Gedung A Lantai 2.....	38
Tabel 4. 8 Beban Penerangan pada Gedung A Lantai 2	38
Tabel 4. 9 Beban Stop Kontak pada Gedung A Lantai 2	38
Tabel 4. 10 Beban <i>Air Conditioner</i> pada Gedung B Lantai 1	39
Tabel 4. 11 Beban Penerangan pada Gedung B Lantai 1.....	39
Tabel 4. 12 Beban Stop Kontak pada Gedung B Lantai 1	40
Tabel 4. 13 Beban <i>Air Conditioner</i> pada Gedung B Lantai 2.....	41
Tabel 4. 14 Beban Penerangan pada Gedung B Lantai 2.....	41
Tabel 4. 15 Beban Stop Kontak pada Gedung B Lantai 2	42
Tabel 4. 16 Kabel pada Gedung A	42
Tabel 4. 17 Kabel pada Gedung B	43
Tabel 4. 18 Kabel dan Kawat <i>Grounding</i>	44
Tabel 4. 19 Ukuran Busbar Fasa	45
Tabel 4. 20 Ukuran Busbar pada Netral dan <i>Grounding</i>	46
Tabel 4. 21 Total Daya pada Gedung A.....	47
Tabel 4. 22 Total Daya pada Gedung B.....	48

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gedung A (Dekanat) merupakan gedung di Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah diresmikan pada tanggal 29 Agustus 1983, sedangkan Gedung B (Arsitektur) diresmikan setahun sebelumnya yaitu pada tahun 1982. Pada tahun tersebut sistem kelistrikan yang dibangun tidak memperhitungkan akan adanya tambahan beban listrik yang besar seperti AC, komputer, TV dan lain sebagainya. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan listrik, diperlukan upaya retrofit, yaitu proses pembaruan dan modifikasi bangunan yang ada untuk meningkatkan efisiensi energi, keamanan pengguna gedung, keberlanjutan, dan kinerja secara keseluruhan [1]. Dalam konteks ini, retrofit mencakup berbagai tindakan teknis seperti peningkatan kapasitas kabel, penggantian panel, penyusunan anggaran, serta pendesainan ulang instalasi penerangan, daya, sistem *grounding*, hingga penambahan *generator set* [1][2][3].

Gedung A dan B di Fakultas Teknik Universitas Lampung memiliki peran strategis dalam mendukung operasional dan akademik fakultas. Gedung A sebagai Gedung Dekanat berfungsi sebagai pusat administrasi dan manajemen, sementara Gedung B sebagai Gedung Arsitektur digunakan untuk kegiatan belajar mengajar serta penelitian. Sebagai gedung vital dalam lingkungan kampus, kedua gedung ini membutuhkan pasokan energi listrik yang tidak hanya andal tetapi juga efisien dan aman. Oleh karena itu, sistem kelistrikan pada gedung-gedung ini harus memenuhi standar nasional maupun internasional, seperti SNI, PUIL, SPLN, IEC, dan IEEE, untuk memastikan keberlanjutan, keamanan, dan keandalan operasional [4].

Bangunan lama adalah salah satu penyumbang terbesar dari emisi karbon dan konsumsi energi. Gedung A dan B yang tergolong gedung lama memerlukan perancangan untuk meningkatkan efisiensi energi [2]. Setiap harinya perkembangan teknologi semakin banyak dan kesadaran akan pentingnya efisiensi energi dan keberlanjutan semakin meningkat. Fakultas Teknik Universitas Lampung berupaya melakukan *retrofitting* pada gedung-gedung yang ada di Fakultas Teknik terutama Gedung A dan B untuk meningkatkan keandalan, keamanan pengguna, dan efisiensi energi [5].

Studi retrofit diperlukan sebagai bentuk perbaikan berbagai komponen dan sistem kelistrikan yang ada di Gedung A dan B. Kabel penerangan dan daya di Gedung A dan B mengalami degradasi tahunan yang berpotensi menurunkan kemampuan isolasi dan konduktivitasnya. Jika hal ini dibiarkan maka dapat menyebabkan *over heating* pada kabel-kabel tersebut yang dapat menyebabkan kebakaran. Ditambah lagi setiap tahunnya ruangan yang ada di Gedung A dan B melakukan penambahan AC (*Air Conditioner*) yang meningkatkan jumlah pasokan energi listrik yang harus dipasok pada Gedung A dan B. Pada saat Gedung A dan B dibangun terdapat kemungkinan bahwa perencanaan yang dilakukan pada gedung tersebut belum mempertimbangkan pemasangan AC yang masif karena belum adanya tuntutan untuk meningkatkan penggunaan energi listrik [6][7].

Penelitian ini akan menggunakan penggabungan antara metode survei dan metode wawancara. Dengan melakukan survei secara langsung ke Gedung A dan B maka akan didapati kondisi eksisting dari gedung tersebut dan beberapa temuan berupa kabel-kabel, panel kelistrikan, kondisi komponen kelistrikan, kondisi pencahayaan, tegangan, arus hingga daya di Gedung A dan B. Pada metode wawancara peneliti bertemu dengan panjaga gedung dan pengguna gedung untuk mengetahui keluhan kelistrikan yang dialami di Gedung A dan B. Diharapkan melalui kedua metode ini dapat memperoleh permasalahan dan dapat dibandingkan dengan standar nasional ataupun internasional [2].

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran kondisi eksisting sistem kelistrikan Gedung A dan B dengan standar yang berlaku, seperti SNI, PUIL, SPLN, IEC, dan IEEE, serta mendapatkan *Detail Engineering Drawing* (DED) retrofit sistem kelistrikan agar memenuhi standar efisiensi, keandalan, dan keamanan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis permasalahan kelistrikan, seperti kapasitas kabel, performa panel listrik, dan konsumsi daya, serta menyusun rancangan anggaran biaya (RAB) yang diperlukan untuk pelaksanaan retrofit sistem kelistrikan di kedua gedung tersebut.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi eksisting sistem kelistrikan di Gedung A dan B dibandingkan dengan standar yang berlaku?
2. Apa saja permasalahan utama pada sistem kelistrikan Gedung A dan B, dan bagaimana pengaruhnya terhadap keandalan dan keamanan?
3. Bagaimana perencanaan retrofit yang tepat untuk meningkatkan efisiensi, keandalan, dan keamanan sistem kelistrikan di Gedung A dan B?
4. Berapa estimasi biaya yang diperlukan untuk melaksanakan retrofit sistem kelistrikan di kedua gedung tersebut?

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi hanya pada studi retrofit sistem kelistrikan di Gedung A dan B Fakultas Teknik Universitas Lampung, tanpa mencakup aspek struktur bangunan, arsitektur, atau sistem non-kelistrikan lainnya. Fokus penelitian meliputi analisis kondisi eksisting sistem kelistrikan, perbandingan data dengan standar nasional maupun internasional (SNI, PUIL, SPLN, IEC, dan IEEE), serta perencanaan dan perancangan retrofit sistem kelistrikan untuk meningkatkan efisiensi, keandalan, dan keamanan. Penelitian ini hanya

mencakup perencanaan teknis dan penyusunan rancangan anggaran biaya (RAB), tanpa mencakup implementasi fisik atau evaluasi pasca-implementasi.

1.5 Hasil yang Diharapkan

Penelitian ini diharapkan menghasilkan desain atau perancangan sistem kelistrikan yang lebih andal dan efisien untuk Gedung A dan B Fakultas Teknik Universitas Lampung. Desain tersebut mencakup rencana perbaikan instalasi kelistrikan, termasuk kabel, panel, dan sistem proteksi, agar sesuai dengan standar nasional seperti PUIL dan SNI. Selain itu, penelitian ini juga akan menghasilkan rancangan anggaran biaya (RAB) yang detail untuk mendukung implementasi perbaikan dan retrofit sistem kelistrikan pada kedua gedung tersebut.

1.6 Hipotesis

Sistem kelistrikan pada Gedung A dan B Fakultas Teknik Universitas Lampung diduga memiliki kondisi eksisting yang belum sepenuhnya sesuai dengan standar kelistrikan yang berlaku, seperti PUIL dan SNI. Ketidaksesuaian ini diasumsikan terdapat pada instalasi kabel, komponen proteksi, panel distribusi, serta parameter pencahayaan dan daya listrik, yang memerlukan perbaikan melalui perencanaan retrofit untuk meningkatkan efisiensi, keandalan, dan keamanan.

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, hipotesis dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini memaparkan beberapa teori pendukung yang dijadikan sebagai referensi dalam penelitian yang bersumber dari buku manual, jurnal ilmiah dan artikel internet.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan waktu dan tempat, alat dan bahan, pelaksanaan serta pengamatan dalam pengerjaan penelitian tugas akhir.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan hasil temuan data eksisting dan pembahasan dari penelitian tugas akhir ini.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menjelaskan kesimpulan dari hasil pembahasan masalah yang dikaji dalam penelitian tugas akhir dan berisi saran penulis untuk meningkatkan wawasan bagi pembaca.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Setiap bangunan tentunya membutuhkan pasokan energi listrik untuk kegiatan sehari-hari seperti penerangan dan menyalakan pendingin ruangan. Untuk mencapai keamanan, efisiensi energi dan keandalan yang baik terhadap pengguna gedung maka pemasangan instalasi kelistrikan yang ada di berbagai gedung harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan baik nasional ataupun internasional. Dengan mengikuti standar seperti PUIL, SNI dan SPLN maka kemungkinan adanya masalah yang diakibatkan sistem kelistrikan akan semakin berkurang.

Sharma *et al.* 2024 [6], dalam studi “*Energy efficiency retrofitting measures of an institutional building: A case study in eastern India*”, studi ini membahas mengenai implementasi langkah-langkah retrofit untuk meningkatkan efisiensi energi pada sebuah bangunan institusional di India Timur, dengan fokus pada pengurangan konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca. Sektor bangunan menyumbang 33% dari total konsumsi energi di India, dengan pertumbuhan tahunan sebesar 8%, sehingga upaya konservasi energi menjadi prioritas penting. Studi ini dilakukan di sebuah kampus institusi pendidikan di Bhubaneswar, yang memiliki konsumsi energi tahunan sebesar 44,34,609 kWh. Penelitian dimulai dengan audit energi yang mencakup survei awal, analisis lapangan, serta pemantauan sistem pencahayaan, ventilasi, dan pendinginan.

Rekomendasi yang diajukan meliputi penggantian kipas langit-langit berbasis motor induksi dengan kipas BLDC yang lebih hemat energi, penggunaan lampu LED sebagai pengganti lampu fluoresen, instalasi *drive* kecepatan

variabel pada pompa air, dan pemasangan perangkat penghemat daya untuk AC non-inverter. Selain itu, dinding dan atap bangunan dilapisi dengan cat berindeks reflektivitas tinggi untuk mengurangi panas yang diserap, sementara jendela dilengkapi dengan film rendah emisi guna menurunkan perpindahan panas. Energi terbarukan diintegrasikan melalui pemasangan sistem fotovoltaik surya pada atap kampus, dengan total area yang digunakan mencapai $22.048 m^2$. Langkah-langkah tersebut secara signifikan menurunkan konsumsi energi tahunan hingga 31,16,794 kWh atau 3,116.794 MWh atau sekitar 3,12 juta kWh, menghasilkan penghematan energi sebesar 47,28,178 kWh atau 4,728.178 MWh atau sekitar 4,73 juta kWh per tahun. Dengan total biaya retrofit sebesar INR 21,32,90,152 sekitar 213,29 juta INR atau 213,29 juta rupee, investasi ini diperkirakan memiliki periode pengembalian sederhana selama 7,67 tahun, dengan penghematan biaya tahunan mencapai INR 3,19,66,703.

Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan pendekatan kontekstual untuk retrofit bangunan, dengan menyesuaikan strategi efisiensi energi berdasarkan kondisi iklim lokal dan kebutuhan spesifik institusi. Selain itu, integrasi antara desain bangunan dan teknologi efisiensi energi memberikan solusi yang holistik dan berkelanjutan. Studi ini juga menekankan pentingnya pemantauan kinerja jangka panjang untuk memastikan keberlanjutan langkah-langkah yang diterapkan. Temuan ini tidak hanya relevan bagi pengelolaan bangunan di India, tetapi juga dapat direplikasi di institusi serupa di wilayah lain yang menghadapi tantangan energi serupa.

Suyono, Tony Prasetyo, and Assafat 2011 [8], dalam studi “Tingkat Keandalan Utilitas Kelistrikan Bangunan Gedung Bertingkat Di Kota Semarang”, penelitian ini mengkaji tingkat keandalan utilitas kelistrikan pada bangunan bertingkat di Semarang yang mencakup instalasi listrik, genset, dan penangkal petir sebagai komponen utama. Instalasi listrik dinilai dari keberadaan dan kondisi komponen seperti panel tegangan menengah, kabel, dan sistem pentanahan sesuai standar nasional dan internasional (PUIL 2000, IEEE). Selain itu, metode penilaian keandalan melibatkan pendekatan kuantitatif

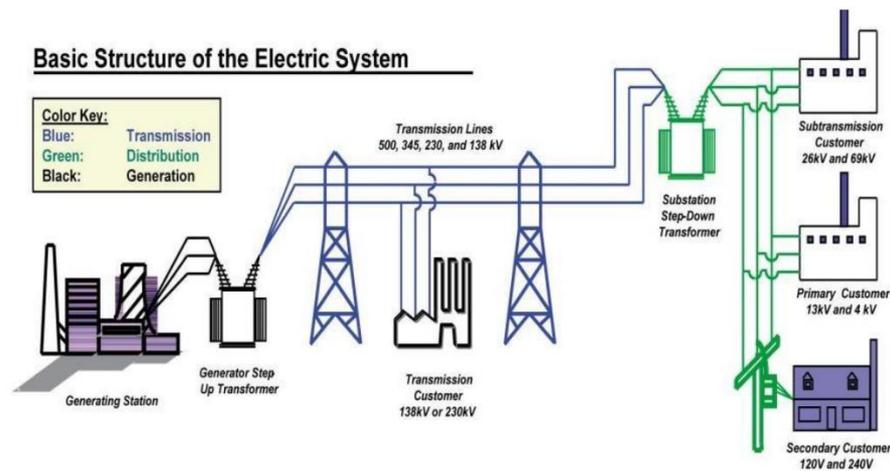
menggunakan alat ukur seperti *power quality analyzer* untuk menguji parameter dasar seperti tegangan, arus, dan frekuensi, serta resistansi isolasi dan pentanahan. Studi ini menunjukkan bahwa sebagian besar gedung memiliki kategori keandalan utilitas kelistrikan yang kurang andal, terutama pada instalasi genset, dengan masalah utama pada pemeliharaan dan kesesuaian standar instalasi.

Iwuanyanwu, Obinna, et al. 2024 [2], dalam studi “*Retrofitting Existing Buildings for Sustainability: Challenges and Innovations*” penelitian ini membahas tantangan dan inovasi dalam *retrofitting* bangunan untuk keberlanjutan, mencakup hambatan teknis, finansial, dan regulasi, serta integrasi teknologi seperti HVAC canggih, bahan bangunan berkelanjutan, dan energi terbarukan. Studi ini juga menyoroti kasus sukses yang menunjukkan manfaat ekonomi dan lingkungan dari retrofit pada bangunan historis, komersial, dan residensial. Mengidentifikasi tantangan dalam retrofitting bangunan lama untuk keberlanjutan serta mengeksplorasi solusi inovatif yang dapat meningkatkan efisiensi energi, mengurangi emisi karbon, dan memperpanjang umur bangunan dengan pendekatan yang layak secara ekonomi dan sosial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inovasi seperti integrasi energi terbarukan, teknologi bangunan pintar, dan material ramah lingkungan dapat mengatasi berbagai hambatan *retrofitting*, menghasilkan pengurangan konsumsi energi, peningkatan kenyamanan pengguna, serta manfaat finansial yang signifikan melalui penghematan biaya operasional dan peningkatan nilai properti.

2.2 Sistem Tenaga Listrik

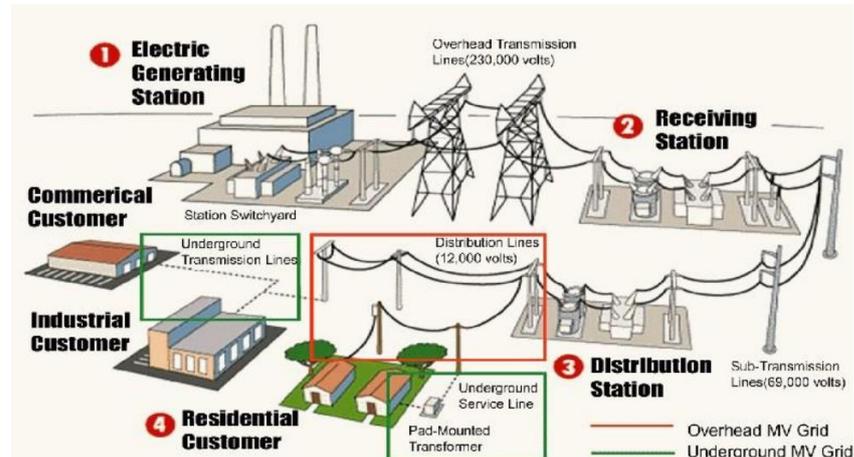
Listrik yang ada di gedung-gedung dan perumahan berasal dari proses panjang mulai dari pembangkitan di generator yang kemudian ditingkatkan oleh transformator, lalu disalurkan melalui saluran transmisi 150 kV dan diturunkan menjadi 20 kV di saluran distribusi primer dan diturunkan kembali melalui transformator distribusi menjadi 380 V di saluran distribusi sekunder [9]. Dalam sistem tenaga listrik pembagian pembangkitan, transmisi dan distribusi

merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1 Struktur Sistem Tenaga Listrik.



Gambar 2. 1 Struktur Sistem Tenaga Listrik

Pada saat penyaluran melalui jaringan transmisi tegangan ditingkatkan menjadi berbagai level mulai dari Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 70 kV – 275 kV, Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 275 kV – 500 kV dan Saluran Udara Tegangan Ultra Tinggi (SUTUT) > 500 kV. Peningkatan tegangan tersebut dengan tujuan untuk menurunkan nilai rugi-rugi panas (*heat loss*) dimana ketika nilai tegangan meningkat maka arus akan semakin rendah dan akan mengurangi *losses* tersebut sesuai formulasi $P_{losses} = I^2R$. Pada saluran distribusi tegangan kembali diturunkan untuk dihubungkan ke beban-beban lalu energi listrik akan diubah menjadi energi mekanis (motor), penerangan, pemanas dan pendingin ruangan [9].



Gambar 2. 2 Komponen Utama Sistem Tenaga Listrik

2.2.1 Saluran Distribusi Sistem Tenaga Listrik

Saluran distribusi terbagi menjadi 2 dengan level tegangan dan jenis saluran yang berbeda, adapun kedua bagian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Saluran Distribusi Primer

Energi listrik pada saluran ini didistribusikan melalui Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKUTM) yang memiliki isolasi dan berada di bawah tanah atau Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM) yang merupakan saluran udara dengan isolasi yang memiliki biaya yang lebih besar dibandingkan jika tidak memiliki isolasi. Pada saluran tegangan menengah energi listrik disalurkan dari gardu induk dengan menurunkan tegangan dari saluran transmisi 150 kV menjadi kisaran 6 kV hingga 20 kV tergantung jarak gardu induk ke pusat beban [9].

2. Saluran Distribusi Sekunder

Setelah energi listrik didistribusikan melalui tegangan menengah sebesar 6 kV – 20 kV maka tegangan tersebut akan diturunkan di trafo distribusi menjadi 380 V fasa ke fasa dengan menggunakan kabel *Low Voltage Twisted Cable (LVTC)*. Letak dari transformator distribusi

biasanya berada di tengah tengah atau dekat dengan rumah atau gedung yang akan dipasok. Kapasitas dari transformator distribusi menentukan besarnya energi listrik yang dapat dipasok ke beban. Apabila beban melebihi kapasitas transformator distribusi maka diperlukan penggantian transformator dengan kapasitas yang lebih besar yang mana kapasitas maksimal dari transformator sebesar 80 % dan apabila beban tersebut melebihi kapasitas tersebut maka dapat menyebabkan trafo tersebut panas, berdesis, hingga meledak jika dibiarkan [9].

2.3 Sistem Distribusi di Gedung

Tegangan listrik yang telah diturunkan dari 20 kV ke 380 Volt fasa ke fasa menggunakan *Low Voltage Thermoplastic Cable* (LVTC) lalu masuk ke gedung menuju panel utama yaitu *Low Voltage Main Distribution Panel* (LVMDP). Pada panel MDP terdapat *Moulded Case Circuit Breaker* (MCCB), *grounding* dan *fuse* yang berfungsi sebagai alat proteksi arus lebih dan hubung singkat. Setelah dari MCCB energi listrik akan disalurkan menuju *Sub Distribution Panel* (SDP) yang berada di setiap lantai apabila gedung tersebut memiliki lebih dari satu lantai. Pada panel SDP terdapat berbagai komponen seperti *Miniature Circuit Breaker* (MCB), ducting, busbar, terminal, kawat *grounding* dan kabel [10]. Berdasarkan PUIL 2011 *Sub Distribution Panel* (SDP) untuk penerangan harus berbeda dengan panel daya untuk stop kontak dan *Air Conditioner* (AC). Panel tersebut harus berada di tempat yang tidak mudah diakses oleh masyarakat umum sebagai bentuk kewaspadaan terhadap tempat yang bertegangan [11].

2.3.1 Komponen Proteksi Kelistrikan di Gedung

Untuk membuat sistem kelistrikan pada suatu gedung harus memperhatikan sistem proteksi yang ada pada gedung tersebut. Banyak masalah kelistrikan yang dapat timbul di suatu gedung dengan kapasitas daya yang besar seperti arus lebih, hubung singkat, arus bocor hingga

sambaran petir. Berikut merupakan komponen-komponen yang berfungsi sebagai sistem proteksi pada suatu gedung:

1. *Main Circuit Breaker* (MCB) dan *Moulded Case Circuit Breaker* (MCCB)

MCB dilengkapi dengan komponen *thermis* (bimetal) yang berfungsi sebagai pengaman beban lebih serta dilengkapi *relay* elektromagnetik sebagai pengaman hubung singkat. MCCB berfungsi sebagai pengaman dan penghubung. Kedua komponen ini memiliki fungsi yang sama, tetapi memiliki perbedaan dalam segi kapasitas arus yang dapat ditahan oleh keduanya. MCCB mempunyai kapasitas arus yang dapat ditahan lebih besar dari MCB serta kapasitas arus tersebut dapat di-*setting* pada MCCB tersebut [12].



Gambar 2. 3 MCB dan MCCB

2. *Fuse*

Fuse terdiri dari kawat logam yang memiliki kapasitas arus yang dapat ditahannya, apabila arus melebihi kapasitas dari kawat tersebut maka logam tersebut akan meleleh karena panas yang berasal dari arus listrik. Dengan memasang *fuse* maka akan menghindari kerusakan peralatan kelistrikan yang ada di rumah akibat arus yang melebihi batas aman. *Fuse* mempunyai kekurangan yaitu hanya dapat digunakan sekali apabila sudah putus sehingga harus diganti serta tidak dapat mendeteksi gangguan secara akurat [13].



Gambar 2. 4 Fuse

3. Relay Proteksi

Relay proteksi merupakan perangkat elektromekanik yang dapat mendeteksi gangguan pada suatu sistem kelistrikan dan dapat mengirimkan sinyal ke perangkat pemutus seperti *Circuit Breaker* (CB). *Relay* bekerja berdasarkan parameter seperti arus, tegangan dan frekuensi yang mana ketika nilai dari parameter ini mengalami anomali atau gangguan atau keadaan tidak normal maka *relay* akan mengaktifkan mekanisme *trip* pada perangkat pemutus. Macam-macam relay bekerja dengan fungsi yang berbeda seperti *overcurrent relay* yang mendeteksi arus lebih dan hubung singkat, *differential relay* yang dapat mendeteksi arus antara sisi *input* dan *output* biasanya digunakan pada transformator dan generator, *distance relay* dapat mendeteksi gangguan berdasarkan impedansi biasanya berada di sistem transmisi dan *earth fault relay* yang dapat mendeteksi arus bocor ke tanah [14].



Gambar 2. 5 Relay Proteksi

4. *Grounding System*

Sistem pentanahan memberikan jalur alternatif bagi arus bocor atau gangguan untuk mengalir langsung ke tanah, sehingga dapat mengamankan manusia dari risiko kejutan listrik. Dengan melakukan pemasangan sistem pentanahan arus gangguan yang sangat besar tidak akan merusak peralatan karena arus tersebut akan langsung mengalir ke tanah. Percikan api yang diakibatkan loncatan arus dapat diminimalisir melalui pemasangan *grounding* sehingga mengurangi risiko kebakaran di gedung atau rumah [15].



Gambar 2. 6 Sistem Pentanahan

5. *Residual Current Circuit Breaker (RCCB) dan Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)*

RCCB bekerja dengan mendeteksi perbedaan arus fase dan netral dimana ketika terjadi gangguan akibat arus bocor ataupun manusia yang menyentuh bagian bertegangan maka arus pada fase dan netral menjadi tidak seimbang yang menghasilkan medan magnet pada inti toroida sehingga menghasilkan sinyal listrik untuk memutus. ELCB memperhatikan perbedaan tegangan antara bagian peralatan listrik yang terhubung ke tanah dan pentanahan. Kapasitas RCCB berdasarkan arus bocor yang diizinkan sebesar 30 mA untuk proteksi manusia terhadap kejutan listrik, sedangkan untuk proteksi instalasi dari kebakaran akibat arus bocor sekitar 100 mA hingga 300 mA [16].



Gambar 2. 7 RCCB dan ELCB

6. *Surge Arrester*

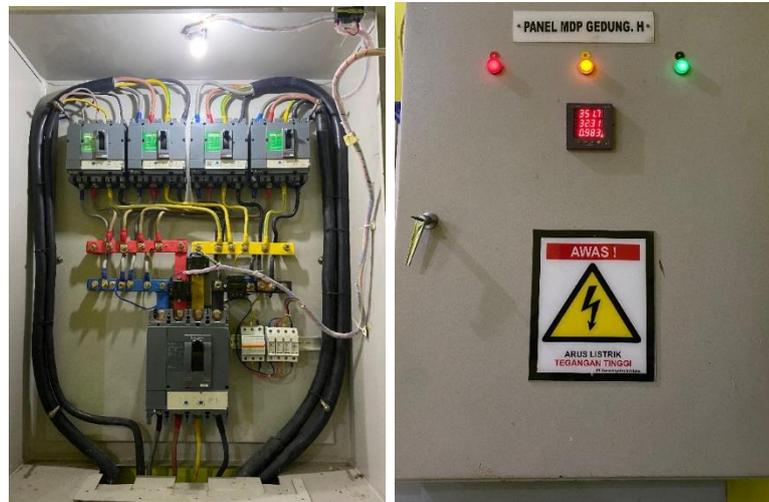
Arrester biasanya terbuat dari *Zinc Oxide* (ZnO) dan *Silicon Carbide* (SiC) yang memiliki sifat resistansi berubah sesuai dengan tegangan. Pada saat tegangan normal maka resistansinya tinggi, sedangkan ketika tegangan tinggi maka resistansi akan turun drastis untuk mengalirkan arus lonjakan akibat petir, *switching*, atau gangguan lainnya [17].

Gambar 2. 8 *House Surge Protective Low Voltage Arrester Device*

2.3.2 **Komponen pada Panel**

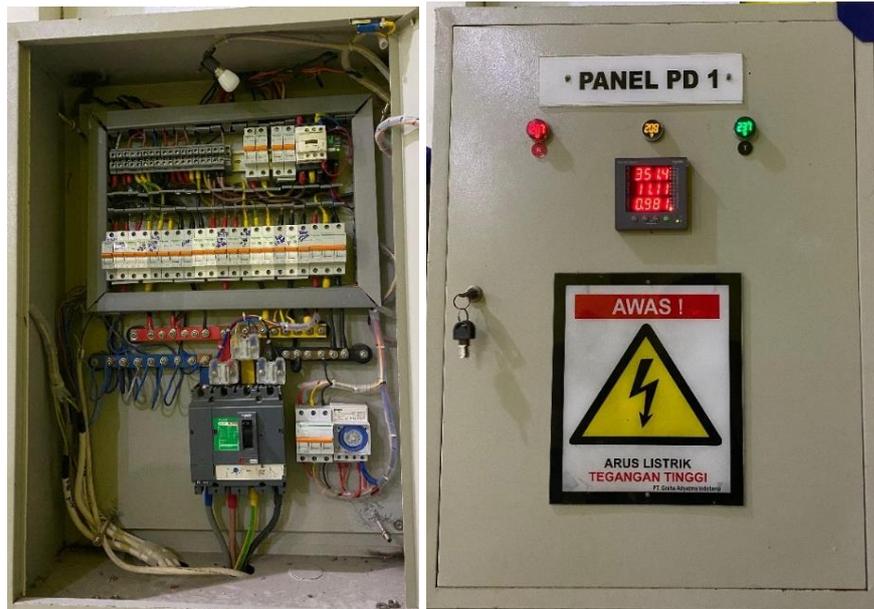
Pada panel MDP dan SDP terdapat berbagai komponen dengan berbagai fungsi yang akan membantu teknisi dan orang yang akan melakukan *maintenance* pada panel dan gedung tersebut. Pada panel MDP biasanya terdapat Volt Ampere Analog yang dapat mengukur tegangan pada gedung tersebut sehingga ketika terjadi *under voltage* dapat langsung terukur. Terdapat Ampere meter yang berfungsi sebagai pengukur arus, biasanya berjumlah 3 buah untuk melihat

ketiga fasa memiliki beban yang setimbang atau tidak. Terdapat *Current Transformers* yang digunakan untuk mengukur arus dengan perbandingan rasio lilitan pada trafo tersebut [10].



Gambar 2. 9 *Main Distribution Panel (MDP)*

LED sebagai lampu indikator dengan warna merah, kuning dan hijau yang menandakan ketiga fasa memiliki tegangan. *Ducting Cable* berfungsi sebagai tempat jalur kabel agar terlihat rapi. Pada MCB terdapat *Din Rail* yang berfungsi sebagai tempat peletakan MCB. Busbar pada panel juga merupakan komponen yang sangat penting sebagai pelepas panas dan tempat pendistribusian arus. Arus dari 3 fasa dan netral harus memiliki busbar yang berbeda. Untuk menyambungkan kabel diperlukan terminal untuk ketiga fasa dan netral [10].



Gambar 2. 10 Sub Distribution Panel (SDP)

2.4 Kabel

Kabel merupakan komponen yang sangat penting dalam sistem kelistrikan yang berfungsi sebagai penghantar energi listrik dari sumber hingga ke beban. Kabel memastikan distribusi daya yang aman, efisien, dan andal, tetapi tetap memperhatikan keamanan pengguna dan lingkungan dari bahaya kelistrikan. Kabel terdiri dari berbagai bagian seperti konduktor yang berfungsi sebagai penghantar listrik biasanya terbuat dari tembaga (Cu) dan aluminium (Al) karena konduktivitasnya yang sangat baik. Isolasi yang berfungsi sebagai pelindung bagi konduktor sehingga mencegah kontak langsung dengan pengguna atau material lain serta mencegah *short circuit*. Terdapat pelindung kabel (*sheath*) yang melindungi kabel dari faktor eksternal seperti kelembapan, bahan kimia, dan suhu yang biasanya terbuat dari bahan PVC. Beberapa kabel juga mempunyai lapisan tambahan berupa armor atau lapisan baja untuk perlindungan mekanis apabila kabel tersebut dipasang pada lingkungan yang keras serta agar kabel tersebut tahan terhadap api yang berguna apabila terjadi kebakaran yang mengharuskan sistem harus tetap berfungsi [11].

2.4.1 Kabel Berdasarkan Tegangan

Setiap kabel mempunyai kemampuan yang berbeda dalam menahan besarnya tegangan dan arus. Apabila kabel dipasang tidak sesuai dengan kapasitas tegangan yang dapat ditahannya maka dapat menyebabkan kabel tersebut terbakar. Pada distribusi listrik di rumah tangga dan gedung-gedung hanya membutuhkan *Low Voltage Cable* (LV) yang dapat menahan tegangan hingga 1 kV. Pada saluran tegangan menengah dengan kisaran tegangan dari 1 kV hingga 35 kV dapat menggunakan *Medium Voltage Cable* (MV). Pada saluran transmisi dibutuhkan kabel yang dapat menahan tegangan yang lebih dari 35 kV yaitu *High Voltage Cable* (HV) [11].

2.4.2 Kabel Berdasarkan Isolasi

Kabel merupakan konduktor penghantar yang memiliki isolasi. Setiap isolasi pada kabel memiliki kemampuan dan kegunaan yang berbeda-beda. Kabel PVC (*Polyvinyl Chloride*) merupakan isolasi kabel yang tergolong ekonomis dan tahan terhadap kelembapan, tetapi memiliki kelemahan yaitu tidak tahan terhadap suhu tinggi. Kabel XLPE (*Cross-Linked Polyethylene*) merupakan isolasi kabel yang dapat tahan dengan suhu tinggi dan beban mekanis yang besar sehingga sangat cocok untuk aplikasi pada tegangan menengah dan tegangan tinggi. Kabel EPR (*Ethylene Propylene Rubber*) merupakan isolasi kabel yang fleksibel dan tahan api sehingga biasanya digunakan di tempat-tempat khusus seperti industri [11].

XLPE & PVC



Gambar 2. 11 Kabel dengan Isolasi XLPE dan PVC

2.4.3 Kabel Berdasarkan Kegunaan

Setiap kabel yang dibuat memiliki kegunaan yang berbeda tergantung kode huruf pada kabel tersebut. Misalnya pada kabel NYA merupakan kabel tunggal dengan isolasi PVC sehingga kabel ini cocok untuk instalasi dalam dinding dan pipa. Kabel NYM merupakan kabel dengan beberapa inti berlapis isolasi PVC yang digunakan untuk instalasi dalam ruangan. Kabel NYY merupakan kabel dengan isolasi PVC tambahan sehingga sangat cocok apabila digunakan pada instalasi di luar ruangan. Terdapat pula kabel dengan lapisan baja yang berfungsi sebagai pelindung mekanis sehingga dapat digunakan pada lingkungan keras seperti di bawah tanah. Kabel yang tahan api biasanya digunakan pada instalasi alarm kebakaran yang diharapkan tidak terbakar hingga para penghuni bangunan selamat [11].

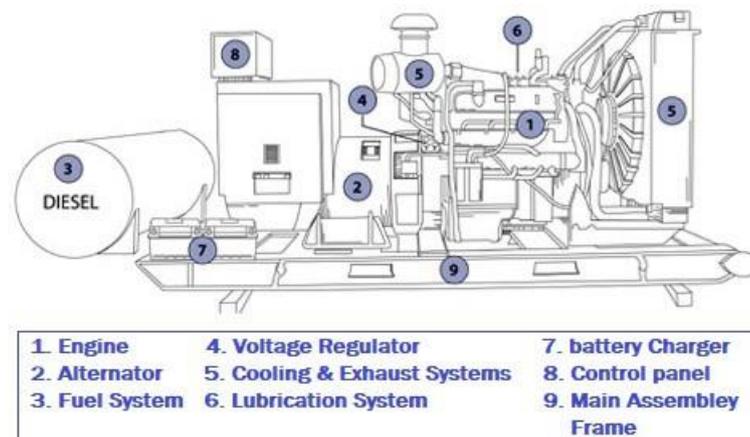
2.5 Daya Cadangan

Sumber energi listrik yang digunakan sehari-hari biasanya berasal dari berbagai pembangkit listrik. Pembangkit listrik konvensional yang biasanya digunakan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), dan lain sebagainya. Tidak jarang energi listrik yang disalurkan ke beban mengalami masalah teknis karena jarak antara pembangkit dengan beban sangat jauh. Oleh karena itu ketika suatu pembangkit yang memasok daya ke beban mengalami gangguan maka beban harus memiliki pasokan daya yang bersumber dari *generator set*. *Generator set* dapat digunakan untuk menghidupkan lampu, komputer, serta beban lainnya.

2.5.1 *Generator Set*

Dalam era modern yang sangat bergantung pada ketersediaan energi listrik, penggunaan *generator set* (genset) menjadi krusial untuk menjamin kontinuitas pasokan listrik, terutama saat terjadi gangguan

dari jaringan utama seperti pemadaman terencana maupun akibat bencana alam. Genset bekerja dengan mengubah energi mekanik, yang dihasilkan oleh mesin pembakaran internal berbahan bakar bensin atau diesel, menjadi energi listrik melalui generator, umumnya tipe sinkron (alternator). Peran genset sangat vital di fasilitas-fasilitas penting seperti rumah sakit, pusat data, atau lingkungan akademik, untuk menjaga operasi peralatan kritis tetap berjalan saat listrik dari PLN terputus, meskipun terdapat keterlambatan dalam proses penyediaan daya. Struktur utama generator terdiri dari stator (bagian diam) dan rotor (bagian bergerak) dengan komponen seperti kerangka, cincin geser, dan penguat medan magnet. Generator sinkron ini menghasilkan medan magnet berputar melalui rotor dan memiliki dua jenis kutub magnet, yaitu *salient pole* dan *non-salient pole*. Ketika beban dihubungkan, arus beban menghasilkan fluks yang dapat mengurangi fluks medan, yang memengaruhi kinerja *output* generator [18].

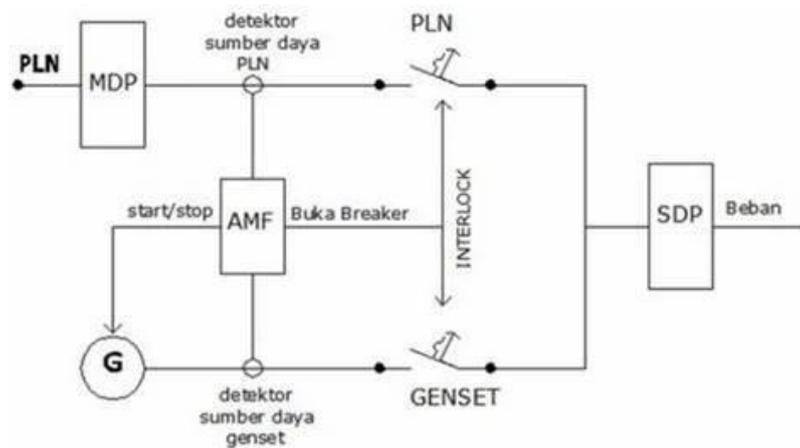


Gambar 2. 12 *Generator Set*

2.5.2 *Automatic Transfer Switch (ATS) dan Automatic Main Failure (AMF)*

Automatic Transfer Switch (ATS) dan *Automatic Main Failure (AMF)* yang dirancang untuk memastikan kontinuitas suplai daya listrik secara otomatis saat terjadi gangguan pada jaringan utama (PLN). Sistem ini

memungkinkan perpindahan sumber daya dari PLN ke genset tanpa intervensi manual. Perangkat ATS berfungsi sebagai pengalih distribusi daya secara otomatis antara sumber utama dan cadangan, sedangkan AMF bertugas untuk menginisiasi penyalaan dan penghentian operasi mesin genset secara otomatis ketika terjadi kegagalan pada suplai utama. Panel ini dirancang untuk dapat beroperasi dalam dua mode, yakni manual dan otomatis, dengan dukungan sistem *interlock* guna mencegah kedua sumber aktif secara bersamaan [19].



Gambar 2. 13 AMF (*Automatic Main Failure*) dan ATS (*Automatic Transfer Switch*)

3.2 Alat dan Bahan

Penelitian tugas akhir ini menggunakan satu unit laptop dengan spesifikasi; *processor intel (R) Celeron (R) N4020 CPU @1,10GHz, ~1,1GHz; memory* sebesar 8192 MB RAM; *operating system Windows 11 Home Single Language* 64-bit (10.0, *Build* 22631) dan perangkat lunak AutoCad 2021 untuk mendesain instalasi eksisting dan retrofit. Penelitian ini juga membutuhkan *handy talkie* dalam proses survei untuk menentukan MCB pada lampu di panel kelistrikan. Penelitian ini membutuhkan sejumlah alat ukur berupa Volt Meter, tang Ampere, lux meter, hingga tespen.

3.3 Metodologi Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan berbagai literatur terdahulu untuk dipelajari dan dikaji sehingga dapat diambil benang merah untuk penelitian tugas akhir ini yaitu mengenai Studi Retrofit Sistem Kelistrikan. Berbagai literatur tersebut diambil dari sumber-sumber ilmiah seperti paper, jurnal ilmiah, laporan penelitian terdahulu, PUIL, SNI, SPLN hingga IEC.

2. Studi Bimbingan

Studi bimbingan dilakukan dengan diskusi untuk memperoleh cara yang baik dalam survei ke gedung yang akan diteliti dan menemukan permasalahan yang terjadi pada gedung yang diteliti. Setelah itu permasalahan tersebut dianalisis untuk memperoleh solusi bagi gedung tersebut.

3. Metodologi

Metodologi yang dilakukan pada penelitian ini adalah melalui survei langsung ke Gedung A dan Gedung B Fakultas Teknik Universitas Lampung untuk memperoleh data eksisting berupa luas penampang kabel,

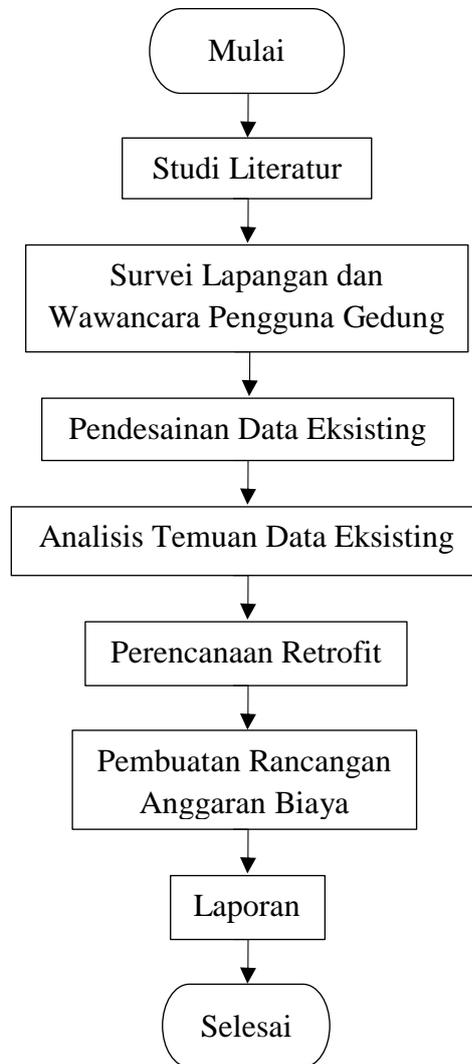
kondisi panel, warna pada kabel, komponen-komponen yang ada ataupun yang tidak ada pada panel, kondisi penerangan ruangan, kondisi sakelar, stop kontak, AC dan lampu. Selain itu untuk meningkatkan efektivitas dari metodologi yang diusulkan maka dilakukan wawancara terhadap penjaga gedung dan mahasiswa yang beraktivitas di gedung tersebut.

4. Penulisan Laporan

Sebelum menjadi laporan akhir penelitian, perancangan penelitian ini dituliskan dalam laporan proposal penelitian terlebih dahulu. Setelah mendapatkan data hasil maka hasil dari temuan dan retrofit dituangkan dalam laporan akhir penelitian atau skripsi. Laporan ini menjadi saksi serangkaian alur pengerjaan penelitian tugas akhir yang dapat dipertanggungjawabkan sebagaimana mestinya.

3.4 Diagram Pelaksanaan Penelitian

Adapun diagram alur pelaksanaan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

3.5 Luas Penampang Kabel

Untuk mengetahui luas penampang kabel dibutuhkan data yang akan didapatkan terlebih dahulu. Kapasitas kabel tergantung dari daya yang akan disalurkan pada kabel tersebut. Oleh karena itu, perlu melakukan pengukuran atau perhitungan untuk menentukan seberapa besar daya pada beban. Setelah

nilai daya didapatkan maka dengan rumus segitiga daya akan diperoleh nilai arus seperti pada formulasi sebagai berikut:

$$P = V \times I \times \cos \varphi \quad (3.1)$$

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \quad (3.2)$$

$$S = V \times I \quad (3.3)$$

Untuk menentukan arus nominal maka dapat dihitung dengan formulasi sebagai berikut:

$$I_{nominal} = \frac{P}{V \times \cos \varphi} \quad (3.4)$$

Nilai dari arus nominal ini belum dapat dijadikan acuan sebagai kapasitas yang dapat ditahan oleh sebuah kabel. Arus *short circuit* harus dipertimbangkan karena jika tidak dipertimbangkan maka ketika terjadi *short circuit* pada sistem kelistrikan dan arus akan melonjak sebesar 3 kali lipat maka dapat menyebabkan kebakaran. Untuk menghitung besarnya arus short circuit dapat menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$I_{short\ circuit} = 3 \times I_{nominal} \quad (3.5)$$

Untuk mengetahui luas penampang kabel mana yang digunakan dapat dilihat pada katalog kabel NYM berdasarkan spesifikasi kabel SPLN 42-2: 1992, IEC 227 dan SNI: 04-6629.4- 2006 dengan konduktornya berdasarkan SPLN 41-1; IEC 60228 dan isolasinya SPLN 41-2.

3.6 Lux pada Ruangan

Setiap ruangan memiliki standar pencahayaan yang harus sesuai dengan standar SNI. Misalnya saja berdasarkan SNI-6575-2001 ruang tamu setidaknya memiliki tingkat pencahayaan sebesar 120 hingga 250 lux, kamar tidur 120 hingga 250 lux, dapur 250 lux, kantor atau ruang kerja setidaknya 350 lux dan koridor setidaknya 100 lux. Untuk menghitung total lux pada suatu ruangan dapat menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$E_{lux} = \frac{F_{total} \times kp \times kd}{A} \quad (3.6)$$

Dimana:

E_{lux} = Fluks luminus total dari semua lampu yang menerangi bidang kerja (lux)

A = Luas bidang kerja (m^2)

Kp = koefisien penggunaan

Kd = koefisien depresiasi / penyusutan (0,8 jika ruangan dan armatur dengan pemeliharaan yang baik)

Lampu LED dengan daya 10 Watt biasanya menghasilkan sekitar 800 hingga 1.000 lumen, 20 Watt sekitar 2.000 lumen dan 30 Watt menghasilkan sekitar 3.000 lumen. Untuk menghitung jumlah lampu yang dibutuhkan pada suatu ruangan berdasarkan lumen dapat menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$N_{total} = \frac{F_{total}}{F_1 \times n} \quad (3.7)$$

$$F_{total} = \frac{E \times A}{kp \times kd} \quad (3.8)$$

Dimana:

F_1 = Fluks luminus 1 buah lampu (lumen)

n = jumlah lampu dalam 1 armatur

Selain menggunakan perhitungan, data pengukuran menggunakan lux meter dapat digunakan dengan membandingkan data eksisting tingkat pencahayaan pada setiap ruangan sesuai dengan standar SNI-6575-2001 atau tidak.

3.7 Tegangan pada Gedung

Tegangan yang berasal dari transformator distribusi setidaknya sampai di gedung sebesar 380 Volt fasa ke fasa dan 220 Volt fasa ke netral. Berdasarkan SPLN 1-1995 toleransi tegangan 230/400 Volt memiliki toleransi +5% dan -10%. Apabila tegangan pada Gedung A dan B Fakultas Teknik Universitas Lampung tidak sesuai dengan standar tersebut yang disebabkan oleh ketidakseimbangan antara beban R,S, dan T maka harus dilakukan perbaikan tegangan [20].

3.8 MCCB dan MCB

Untuk menghitung Ampere *Frame* pada MCCB dan MCB dapat menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$I_{MCCB} = I_{nominal} \times 1,25 \quad (3.9)$$

$$I_{MCB} = I_{nominal} \times 1,25 \quad (3.10)$$

Keterangan:

I_{MCCB} = Ampere *Frame* MCCB (A)

I_{MCB} = Ampere *Frame* MCB (A)

$I_{nominal}$ = Arus Nominal Beban (A)

1,25 = Margin Keamanan (125 %)

3.9 Busbar

Untuk mengetahui luas dari busbar yang akan digunakan dapat menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$A = \text{tebal} \times \text{lebar} \quad (3.11)$$

Kerapatan arus atau densitas pada suatu tembaga ketika berada pada udara yang diam diketahui bahwa $\approx 3 \text{ A/mm}^2$. Jadi, untuk mengetahui busbar yang dipilih dapat menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$A = \frac{I_n \times \text{mm}^2}{3 \text{ A}} \quad (3.12)$$

3.10 Diversity Factor dan Demand Factor

Diversity Factor adalah faktor yang digunakan untuk memperhitungkan tidak semua beban yang akan beroperasi secara bersamaan pada kapasitas maksimum. Untuk menghitung *diversity factor* dapat menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$\text{Diversity Factor} = \frac{\sum \text{Connected Load}}{\text{Maximum Load}} \quad (3.13)$$

Demand Factor adalah faktor yang menentukan sejauh mana suatu peralatan atau sistem kelistrikan menggunakan kapasitasnya yang terpasang. Untuk menghitung *demand factor* dapat menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$Demand Factor = \frac{Maksimum Load}{Connected Load} \quad (3.14)$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil *Design Engineering Drawing* (DED) pada rekapitulasi beban, Gedung A memiliki total beban terpasang sebesar 80,429 kW dan beban maksimum 63,888 kW, sedangkan Gedung B memiliki beban terpasang 71,365 kW dan beban maksimum 55,608 kW. Setelah dihitung dengan faktor diversitas 1,2, beban maksimum yang ditanggung PLN menjadi sekitar 62,64 kW untuk Gedung A dan 54,52 kW untuk Gedung B. Saat menggunakan genset, beban tertinggi yang perlu disuplai adalah 16,73 kW untuk Gedung A dan 23,42 kW untuk Gedung B. Dengan kapasitas genset masing-masing 85 kW dan 80 kW, jadi kebutuhan daya cadangan tetap bisa dipenuhi dengan baik.
2. Berdasarkan hasil analisis Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada kegiatan retrofit sistem kelistrikan di Gedung A dan Gedung B Fakultas Teknik Universitas Lampung, diperoleh total estimasi biaya sebesar Rp411.192.020 untuk Gedung A dan Rp799.602.899 untuk Gedung B. Perbedaan nilai anggaran tersebut disebabkan oleh variasi jumlah serta kapasitas komponen kelistrikan yang digunakan, panjang lintasan kabel, serta adanya penambahan sistem cadangan daya berupa *generator set* beserta panel AMF-ATS pada Gedung B. Ruang lingkup pekerjaan meliputi pengadaan dan pemasangan *Main Distribution Panel* (MDP), *Sub Distribution Panel* (SDP), sistem pentanahan (*grounding*), serta pekerjaan instalasi kelistrikan lainnya di setiap lantai.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan keamanan pengguna gedung serta melindungi peralatan listrik di Gedung A dan B, diperlukan perencanaan tambahan yang mencakup sistem penangkal petir, *fire alarm*, hingga sistem pemadam kebakaran (*firefighting system*). Dengan adanya sistem ini, risiko kerusakan akibat sambaran petir serta potensi bahaya kebakaran dapat diminimalkan, sehingga menciptakan lingkungan yang lebih aman dan andal bagi penghuni serta operasional gedung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. K. Sharma *et al.*, “Retrofitting Existing Buildings to Improve Energy Performance,” *Sustain.*, vol. 14, no. 2, pp. 1–14, 2022, doi: 10.3390/su14020666.
- [2] Obinna Iwuanyanwu, Ifechukwu Gil-Ozoudeh, Azubuike Chukwudi Okwandu, and Chidiebere Somadina Ike, “Retrofitting existing buildings for sustainability: Challenges and innovations,” *Eng. Sci. Technol. J.*, vol. 5, no. 8, pp. 2616–2631, 2024, doi: 10.51594/estj.v5i8.1515.
- [3] J. Dadzie, I. Pratt, and J. Frimpong-Asante, “A review of sustainable technologies for energy efficient upgrade of existing buildings and systems,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1101, no. 2, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1101/2/022028.
- [4] I. Hajar, D. J. Damiri, Y. Yuliasyah, J. Jumiati, M. S. P. Lesmana, and M. I. Romadhoni, “Desain Instalasi Listrik Bangunan Bertingkat (Studi Kasus: Pesantren Khoiru Ummah Sumedang),” *Terang*, vol. 3, no. 1, pp. 31–40, 2020, doi: 10.33322/terang.v3i1.1073.
- [5] P. E. Issn and A. H. Arthasari, “Available online through <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/modul> PENINGKATAN KINERJA HIJAU MELALUI RETROFITTING STUDI KASUS: PEKERJAAN PENGUBAHSUAIAN BANGUNAN PIP2B DIY Abstrak,” vol. 2877, pp. 57–65, 2020.
- [6] R. Sharma, S. Goel, S. R. Lenka, and P. R. Satpathy, “Energy efficiency retrofitting measures of an institutional building: A case study in eastern India,” *Clean. Energy Syst.*, vol. 7, no. September 2022, p. 100111, 2024, doi: 10.1016/j.cles.2024.100111.
- [7] M. F. Saleh, Y. Helen, and F. Anita, “Analisa Perbandingan Beban Energi Penggunaan Ac Split Dan Ac Sentral Pada Bangunan Hotel Di Makassar,”

- J. Tecnosienza*, vol. 7, no. 1, pp. 176–190, 2022, doi: 10.51158/tecnosciencia.v7i1.826.
- [8] Suyono, M. Tony Prasetyo, and L. Assafat, “Tingkat Keandalan Utilitas Kelistrikan Bangunan Gedung Bertingkat Di Kota Semarang,” *Media Elektr.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–17, 2011.
- [9] R. Syahputra, “Tenaga Listrik,” *Transm. Dan Distrib. Tenaga List.*, no. LP3M UMY, Yogyakarta, pp. 249–256, 2016.
- [10] N. Setiaji, Sumpena, and A. Sugiharto, “Analisis Konsumsi Daya Dan Distribusi Tenaga Listrik,” *J. Tekonologi Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [11] PUIL, “Puil 2011,” *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2011, no. Puil, pp. 1–683, 2011.
- [12] I. Ismail, “Analysis Of Motor Chiller Safety System In Store Building,” *J. Ilm. Multidisiplin Indones.*, vol. 1, no. 01, pp. 18–24, 2022, doi: 10.58471/esaprom.v1i01.1403.
- [13] A. A. Takwa, “Analisis Kubikel 20 Kv Di Wilayah Kerja Pt Pln (Persero) Up3 Makassar Selatan,” *Kohesi J. Multidisiplin Saintek*, vol. 2, no. 7, pp. 32–44, 2024.
- [14] F. I. Pasaribu, I. Roza, C. Siregar, and F. A. Sitompul, “ANALISA PROTEKSI OVER CURRENT RELAY PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20kV DI PELINDO 1 CABANG BELAWAN,” *Repository.Umsu.Ac.Id*, vol. 4, no. 1, pp. 18–26, 2021, [Online]. Available: <http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/14738>
- [15] Y. Zhou *et al.*, “Neutral-Point Voltage Regulation and Control Strategy for Hybrid Grounding System Combining Power Module and Low Resistance in 10 kV Distribution Network †,” *Electron.*, vol. 13, no. 18, 2024, doi: 10.3390/electronics13183608.
- [16] S. Czapp, H. Tariq, and S. Cieslik, “Behavior of Residual Current Devices at Earth Fault Currents with DC Component,” *Sensors*, vol. 22, no. 21, 2022, doi: 10.3390/s22218382.
- [17] A. Zabihi, “Frequency and Time Series Analysis of Surge Arrester in Power Distribution Systems,” vol. 03, no. 03, pp. 94–103, 2024.
- [18] U. A. Pringsewu, K. Unpab, M. M. S. Tanjung, M. E. Dalimunthe, and Y.

Saragih, “Volume 7 Issue 1 Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering ANALISIS KEANDALAN GENERATOR SET (GENSET) SEBAGAI POWER SUPPLAY DARURAT APLIKASI PADA SISTEM KELISTRIKAN Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering Aisyah Journal of,” vol. 7, no. 1, pp. 35–39.

- [19] P. Beban, “JTELS Pembuatan Panel ATS – AMF (Automatic Transfer Switch – Automatic Main Failure),” vol. 01, no. 02, pp. 104–113, 2024.
- [20] Kelompok Pembakuan Bidang Transmisi, “SPLN 1:1995 Tegangan-Tegangan Standar,” *PT PLN*, pp. 1–12, 1995, [Online]. Available: <https://idoc.pub/documents/spln-1-1995-tegangan-standar-mw11g6ekr9lj>