

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK JARINGAN DISTRIBUSI
DI RUMAH SAKIT BUNDA THAMRIN**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Untuk Meraih Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Dan Komputer
Universitas Harapan Medan**



Indra Cahaya T Siahaan

212338008

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN KOMPUTER
UNIVERSITAS HARAPAN MEDAN**

MEDAN

2024

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK JARINGAN DISTRIBUSI
DI RUMAH SAKIT BUNDA THAMRIN**

**INDRA CAHAYA T SIAHAAN
212338008**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Meraih Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi Elektro Fakultas Teknik dan Komputer
Universitas Harapan Medan**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN KOMPUTER
MEDAN
2024**

PERNYATAAN PEMBIMBING

Kami dengan ini menyatakan bahwa kami telah memeriksa Skripsi Mahasiswa ini dan menurut pendapat saya/kami, Skripsi Mahasiswa ini telah mencukupi untuk ruang lingkup dan kualitas untuk dianugerahkan gelar Sarjana Teknik / Komputer dalam bidang Teknik Elektro.

Tanggal, 03 Agustus 2024

Pembimbing 1



Agus Almi Nasution S.T., M.T

Pembimbing 2



Ahmad Yanie S.T., M.T

PERNYATAAN MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Indra Cahaya T Siahaan

Nama Orang Tua : Paijo P Siahaan

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang Studi : Sarjana (S1)

NPM : 212338008

Menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini merupakan gagasan, rumusan dan ide saya sendiri, tanpa bantuan dari pihak lain kecuali arahan dari Tim Dosen Pembimbing.
2. Skripsi belum pernah diajukan untuk mendapat gelar sarjana, baik di fakultas teknik dan komputer Universitas Harapan Medan maupun di perguruan Tinggi lain.
3. Dalam Skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan mencantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebut nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diberikan melalui karya tulis, serta sanksi lainnya dengan norma yang berlaku di perguruan Tinggi ini.

Medan, 03 Agustus 2024

Indra Cahaya T Siahaan

Npm 212338008

PERSETUJUAN

JUDUL : ANALISIS KEANDALAN SISTEM TENAGA
LISTRIK JARINGAN DISTRIBUSI DI RUMAH
SAKIT BUNDA THAMRIN

KATEGORI : SKRIPSI

NAMA : Indra Cahaya T Siahaan

NOMOR POKOK MAHASISWA : 212338008

FAKULTAS : TEKNIK DAN KOMPUTER

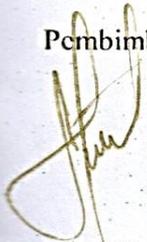
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO

TAHUN TAMAT : 2024

Disetujui Oleh:

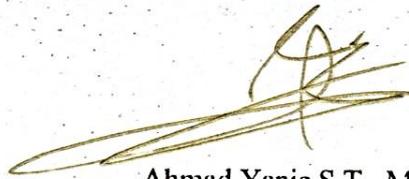
Dosen Pembimbing

Pembimbing 1



Agus Almi Nasution S.T., M.T

Pembimbing 2



Ahmad Yanie S.T., M.T

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Indra Kora, S.T., M.T

LEMBAR PENGESAHAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, Panitia Ujian Program Studi S1, Dosen Pembimbing, Ketuan Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Komputer Universitas Harapan Medan, menyatakan bahan skripsi :

Nama : Indra Cahaya T Siahaan

Npm : 212338008

Dengan Judul :

"ANALISIS KEANDALAN SISTEM TENAGA LISTRIK JARINGAN DISTRIBUSI DI
RUMAH SAKIT BUNDA THAMRIN"

1. Indra Roza S.T., M.T

Penguji 1.....

2. Ir. Yussa Ananda, M.Sc

Penguji 2.....

3. Lisa Adriana Siregar S.T., M.T

Penguji 3.....

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Agus Almi Nasution S.T.,M.T

Ahmad Yanic S.T.,M.T

Diketahui/Disyahkan

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Indra Roza S.T.,M.T

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan berkat rahmat, serta kemudahan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang merupakan syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik dan Komputer pada Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Harapan Medan. Tak lupa juga Berdoa kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberi petunjuk kepada kita ke jalan yang lurus.

Dalam kurung waktu pengerjaan skripsi ini penulis menyadari bahwa sangat banyak pihak yang berjasa turut membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kepada kedua orang tua saya yang tercinta yang selalu memberikan semangat dan dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Indra Roza, S.T., M.T selaku ketua Program Studi Teknik Elektro.
3. Bapak Agus Almi Nasurion, S.T., M.T Selaku Dosen Pembimbing 1 (Satu) yang telah banyak membantu memberi masukan dalam menyelesaikan Skripsi Ini.
4. Bapak Ahmad Yani, S.T., M.T selaku pembimbing 2 (dua) dan juga telah banyak membantu memberikan masukan dalam menyelesaikan Skripsi ini.
5. Kepada abang saya Rizky Putra Garmino Siahaan yang telah banyak berkorban selama perkuliahan, dan selalu memberikan semangat, dorongan dan juga memotivasi saya.
6. Seluruh dosen pengajar Teknik Elektro Universitas Harapan Medan, yang telah memberikan ilmunya kepada kami mahasiswa.
7. Terkhusus Pariban Anjel tambunan yang banyak memberikan dukungan dalam penyelesaian Skripsi ini.
8. Kepada kawan-kawan juga yang telah selalu bersama dari awal hingga akhir ini, semoga tali persaudaraan tidak terputus disini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, untuk menyempurnakan Skripsi ini, Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat.

Medan, 03 Agustus 2024

Penulis

Indra Cahaya T Siahaan

212338008

ABSTRAK

Penyediaan energi listrik oleh suatu sistem tenaga listrik yang meliputi sistem pembangkitan, transmisi dan distribusi. Untuk menjamin kontinuitas pelayanan energi listrik diperlukan suatu tingkat keandalan yang tinggi pada ketiga unsur sistem tenaga listrik tersebut, Dari ketiga sistem ini, sistem yang paling dekat dengan beban dan pelanggan adalah sistem distribusi sehingga keandalan pada sistem ini akan langsung berdampak kepada beban atau pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sistem pengamanan, sistem penghantar, sistem grounding dan untuk mengetahui Perhitungan dan sistem kerja Transformator, Generator Set (Genset), dan UPS (Uninterruptible Power Supply di Rumah Sakit Bunda Thamrin. Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode Observasi, Metode ini dilakukan dengan terjun langsung ke lapangan, untuk mengambil data dari lokasi penelitian agar mendapatkan data real/valid. Kesimpulan penelitian ini adalah dimana sistem kelistrikan Rumah Sakit Bunda Thamrin menggunakan sistem radial dan sesuai PUIL-SNI (Standart Nasional Indonesia). Dengan Transformator 1600 KVA dan 1000 KVA dan 2 buah Generator Set (Genset) dengan kapasitas 2500 KVA dan 800 KVA dengan ATS-AMF modul *Deep sea 4420* dan pengamanan yang digunakan untuk kendalan sistem kelistrikannya adalah *cubikel, surge arrester, phase failure relay (PFR), circuit breaker* dan *grounding*.

Kata Kunci: Sistem Keandalan, *Cubikel, Transformator, Generator set, Grounding, Panel*

ABSTRACT

The provision of electrical energy by an electric power system that includes generation, transmission and distribution systems. To ensure continuity of electric energy services, a high level of reliability is required in the three elements of the electric power system. Of these three systems, the system closest to the load and customers is the distribution system so that the reliability of this system will directly affect the load or customers. This study aims to determine the safety system, the delivery system, the grounding system and to determine the calculation and working system of the Transformer, Generator Set (Genset), and UPS (Uninterruptible Power Supply) at Bunda Thamrin Hospital. The method used in this study uses the Observation method, This method is carried out by going directly to the field, to collect data from the research location in order to obtain real/valid data. The conclusion of this study is that the electrical system of Bunda Thamrin Hospital uses a radial system and is in accordance with PUIL-SNI (Indonesian National Standard). With a 1600 KVA and 1000 KVA Transformer and 2 Generator Sets (Genset) with a capacity of 2500 KVA and 800 KVA with ATS-AMF Deep sea 4420 module and the safety used for the electrical system constraints are cubicles, surge arresters, phase failure relays (PFR), circuit breakers and grounding.

Keywords: Reliability System, Cubicles, Transformers, Generator sets, Grounding, Panels

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PEMBIMBING	ii
PERNYATAAN MAHASISWA	iii
PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Metode Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Sumber Listrik Utama	5
2.1.1 Sistem Distribusi PLN	5
2.1.2 Pengelompokan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik	6
2.1.3 <i>Cubikel</i>	6
2.1.4 Transformator.....	7
2.2 Sumber Listrik Cadangan	9
2.2.1 Generator Set (Genset).....	9
2.3 <i>Uninperatible Power Suply</i> (UPS)	11
2.3.1 Komponen Utama UPS.....	11
2.4 Panel Listrik	13

2.4.1 Panel MVMDP (<i>Medium Voltage Main Distribution Panel</i>)	14
2.4.2 Panel LVMDP (<i>Low Voltage Main Distribution Panel</i>)	15
2.4.3 <i>Automation Transfer Switch (ATS) Dan Automation Main Failure (AMF)</i>	16
2.4.4 Panel MDP (<i>Main Distribution Panel</i>)	16
2.4.5 Panel SDP (<i>Sub Distribution Panel</i>)	17
2.5 Kapasitor Bank	17
2.5.1 Faktor Daya	18
2.5.2 Perbaikan Faktor Daya	19
2.6 <i>Proteksi</i>	21
2.6.1 Pembumian Dan Pentanahan	21
2.6.2 Sistem Pentanahan	23
2.7 Sistem Keandalan	24
2.8 Komponen Yang Digunakan	25
2.8.1 <i>Circuit Breaker</i>	25
2.8.2 Penghantar	29
2.8.3 Relay	30
2.8.4 <i>Time Delay Relay (Timer)</i>	31
2.8.5 <i>Surge Arrester</i>	31
2.8.6 <i>Phase Failure Relay (PFR)</i>	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian	35
3.2 Teknik Analisis Data	35
3.3 Bahan Penelitian	35
3.4 Diagram Penelitian	36
3.5 Proses Penelitian	36
BAB IV ANALISIS PEMBAHASAN	38
4.1 Sistem Kelistrikan RS Bunda Thamrin	38
4.2 Sistem ATS-AMF Transformator Dan Genset	39
4.3 Perhitungan kapasitas transformator 1 digedung A	41
4.4 Perhitungan Kapasitor Bank	42
4.5 Kuat Hantar Arus (KHA)/Kabel	43

4.5.1 Perhitungan Kuat Hantar Arus (KHA) <i>Cubikel</i>	43
4.6 Pengukuran panel SDP	47
4.7 Analisis Perhitungan Daya (P) panel SDP setiap lantai	49
4.7.1 Daya (P) Maksimal	49
4.7.2 Daya (P) Terpasang.....	49
4.8 Total Daya (P) Dgedung A.....	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Transformator	8
Gambar 2.2 Generator Set Utama (GENSET).....	9
Gambar 2.3 Generator Set Cadangan (GENSET)	10
Gambar 2.4 <i>UPS ON-LINE</i>	12
Gambar 2.5 <i>UPS OFF-LINE</i>	13
Gambar 2.6 Rangkaian Daya Panel MDP	17
Gambar 2.7 Rangkaian Daya Panel SDP.....	17
Gambar 2.8 Segitiga Daya.....	18
Gambar 2.9 Grounding	22
Gambar 2.10 Simbol <i>Grounding</i>	22
Gambar 2.11 MCB	25
Gambar 2.12 MCCB.....	26
Gambar 2.13 ACB	27
Gambar 2.14 Kabel	30
Gambar 2.15 Relay.....	30
Gambar 2.16 Timer	32
Gambar 2.17 <i>Surge Arrester</i>	32
Gambar 2.18 Wiring PFR.....	33
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	36
Gambar 4.1 Sistem Kelistrikan RS Bunda Thamrin.....	37
Gambar 4.2 <i>Wiring Diagram</i> ATS Deep Sea 4420.....	38
Gambar 4.3 <i>Wiring Diagram</i> AMF Deep Sea 4420.....	49
Gambar 4.4 <i>Circuit Breaker</i> ATS	39
Gambar 4.5 Kabel Kubikel 24 KV	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi <i>Cubikel</i> Rumah Sakit Bunda Thamrin	14
Tabel 2.6 Perbedaan MCCB Dan MCB	26
Tabel 2.7 <i>Rating Circuit Breaker</i>	28
Tabel 2.8 Warna Kabel Menurut PUIL 2011	29
Tabel 4.1 Pengujian ATS Secara Manual.....	41
Tabel 4.2 Pengujian ATS Secara Otomatis	41
Tabel 4.3 Pengujian AMF Secara Manual.....	42
Tabel 4.4 Pengujian AMF Secara Otomatis	42
Tabel 4.5 Spesifikasi Kabel.....	43
Tabel 4.6 Derating Factors Kabel N2XSY	44
Tabel 4.7 Spesifikasi Kabel N2XSY 24 KV	45
Tabel 4.8 Kemampuan Hantar Arus NYY	46
Tabel 4.9 Pengukuran Panel SDP 220V	47
Tabel 4.10 Total Beban Terpasang Panel LVMDP	49
Tabel 4.11 Total Beban Terpasang Panel LVMDP.....	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyediaan energi listrik dilakukan oleh suatu sistem tenaga listrik yang meliputi sistem pembangkitan, transmisi dan distribusi. Untuk menjamin kontinuitas pelayanan energi listrik diperlukan suatu tingkat keandalan yang tinggi pada ketiga unsur sistem tenaga listrik tersebut, dari ketiga sistem ini, sistem yang paling dekat dengan beban dan pelanggan adalah sistem distribusi sehingga keandalan pada sistem ini akan langsung berdampak kepada beban atau pelanggan, gangguan pada sistem pembangkit maupun sistem transmisi dapat mengakibatkan pemadaman pada pelanggan, akan tetapi pengaruhnya terhadap pelanggan lebih kecil dibandingkan gangguan pada sistem distribusi.

Kualitas energi listrik yang diterima konsumen dalam hal ini Rumah Sakit Umum Bunda Thamrin sangat dipengaruhi oleh keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Keandalan menggambarkan suatu tingkat ketersediaan tenaga listrik dimana dipengaruhi oleh konfigurasi sistem, mulai dari alat pemangaman yang dipasang dan sistem proteksi, konfigurasi yang tepat peralatan yang handal serta pengoperasian sistem yang otomatis akan memberikan untuk kerja sistem distribusi yang baik. Sistem proteksi yang digunakan dalam Rumah Sakit Bunda Thamrin adalah kubikel, dimana kubikel adalah seperangkat peralatan listrik yang dipasang pada gardu induk. Kubikel berfungsi sebagai pengendali, penghubung, dan pelindung serta membagi tenaga listrik dari sumber tenaga listrik PLN sebesar 20KV. Dengan kabel incoming dan outgoing menggunakan N2XSY 1x150mm² (Merah).

Salah satu upaya rumah sakit mengantisipasi jika sumber listrik utama tidak stabil yaitu dengan memiliki sistem penunjang asupan tenaga listrik atau yang biasa disebut generator set (genset). Generator set merupakan sebuah perangkat yang berfungsi mengubah energi kinetik menjadi energi listrik. Genset merupakan utilitas rumah sakit dan termasuk dalam pengawasan instalasi sarana prasarana rumah sakit Tipe B tahun 2010, rumah sakit harus memiliki 2 (dua) unit genset dengan kapasitas minimal 40% dari jumlah daya yang terpasang di masing-masing unit (Kementrian Kesehatan 2010). Sebagaimana yang telah dijabarkan pada peraturan Menteri Kesehatan Nomor 24 tahun 2016, bahwa sarana prasarana harus dikelola dengan baik dan menjamin keandalan sarana prasarana untuk memberikan kenyamanan, keselamatan, dan kesehatan.

Untuk memperhatikan keandalan sistem penunjang kelistrikan demi kelancaran pelayanan rumah sakit Bunda Thamrin maka keandalan waktu genset untuk memberikan suplay Otomatis harus tercatat dan dievaluasi secara berkala, hal ini mempengaruhi suplay listrik untuk peralatan medis yang berhubungan langsung dengan keselamatan pasien. Genset harus memiliki kapasitas yang cukup untuk memberikan pasokan dengan frekuensi dan tegangan yang stabil dalam waktu 10 detik setelah kehilangan daya normal. Keberadaan genset juga menjadi persyaratan kelistrikan di ruang pemeriksaan radiologi, dimana genset harus dapat melakukan back-up dengan waktu peralihan maksimal 15 detik.

Pendistribusian energi listrik kekonsumen menjadi salah satu aspek terpenting dalam keandalan suatu sistem kelistrikan, ukuran keandalan dapat dinyatakan dengan tinggi rendahnya efisiensi penyaluran daya listrik. Efisiensi penyaluran daya listrik dapat diamati dari besar rugi-rugi daya pada sistem, seberapa sering sistem mengalami pemadaman dan berapa lama perpindahan PLN dengan Genset. Kubikel adalah seperangkat peralatan listrik yang dipasang pada gardu induk. Berfungsi sebagai pengendali, penghubung, dan pelindung serta membagi tenaga listrik dari sumber listrik PLN. Perencanaan saluran tenaga listrik untuk tegangan 1 fasa dan 3 fasa perlu mempertimbangkan aspek-aspek yang sifatnya geologis agar diperoleh nilai yang optimal dari sisi biaya dan peralatan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana menghitung kuat hantar arus (KHA) yang di gunakan.
2. Bagaiman sistem kerja antara PLN, GENSET dan *Uninterruptible Power Supply* (UPS) untuk menyumplai sistem energi listrik dari gedung 1 dan Gedung 2 di RS Bunda Thamrin.
3. Bagaimana sistem pengaman dan sistem *grounding* pada instalasi listrik RS Bunda Thamrin Medan.

1.3 Batasan Masalah

Pada Penelitian ini permasalahan yang di batasi sebagai berikut.

1. Mengalisis tindakan pencegahan dan pemulihan yang tersedia untuk mengatasi gangguan pemadaman listrik, kenaikan beban, dan permasalahan teknis

2. Perhitungan KHA penghantar yang digunakan pada Transformator, Genset dan UPS.
3. Hubungan antara PLN, GENSET dan UPS untuk menyuplai energi listrik.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah.

1. Mengetahui kualitas sistem pengaman, sistem penghantar, dan sistem grounding pada instalasi kelistrikan RS Bunda Thamrin Medan.
2. Mampu menjelaskan sistem kerja Transformator, Genset dan UPS.
3. Mampu menghitung Transformator, Kapasitor Bank dan Beban ke semua gedung.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di peroleh dari penyusunan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut.

1. Manfaat bagi peneliti: dapat menambah ilmu pengetahuan, pemahaman dan keterampilan di dalam kelistrikan, terutama di bagian Tranformator, genset dan UPS.
2. Manfaat bagi pembaca: diharapkan dapat meningkatkan ilmu pengetahuan meraka di bidang kelistrikan terutama bagian transformator dan genset.

1.6 Metode Penelitian

Untuk dapat mencapai keberhasilan dalam pembuatan analisis ini, maka perlu dilakukan beberapa langkah sebagai berikut:

1. Metode studi pustaka

Metode ini dilakukan untuk menambah pengetahuan penulis dan mencari bahan referensi dengan membaca literatur maupun bahan teori baik berupa buku, data dari internet (referensi menyangkut keandalan sistem tenaga listrik).

2. Studi Observasi

Metode ini dilakukan dengan terjun langsung ke lapangan, mengambil data dari lokasi penelitian agar mendapatkan data real/valid untuk menunjang dalam penulisan skripsi.

3. Metode Wawancara

Metode ini dilakukan dengan melalui tanya jawab dengan kepala teknisi Rumah Sakit Bunda Thamrin.

1.7 Sistematika Penulisan

Penulisan buku hasil penelitian ini disusun secara sistematis dengan penjelasan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini mencakup tentang latar belakang penulis, perumusan masalah, metode penelitian, metode penulisan serta sistematikan penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang tinjauan pustaka dan teori-teori yang dijadikan dasar dalam melakukan analisis sehingga dapat mendukung penelitian serta dapat menjadi panduan yang berkaitan dengan topik pembahasan yang di bahas pada skripsi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metode penelitian yang dilakukan seperti waktu dan tempat penelitian, peralatan yang digunakan, dan pengambilan data di lapangan.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi penjelasan pengolahan data yang diperoleh dengan melakukan perhitungan, analisis serta pembahasan terhadap masalah yang sesuai dengan penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan perencanaan, perhitungan dan simulasi dalam penelitian.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sumber listrik Utama

2.1.1 Sistem Distribusi PLN

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah:

1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (Pelanggan)
2. Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Jaringan distribusi primer merupakan awal penyaluran tenaga listrik dari Gardu Induk (GI) ke konsumen untuk sistem pendistribusian, dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 KV, 154 KV, 220 KV atau 500 KV disalurkan melalui saluran transmisi. Pada bagian ini sistem pendistribusian tenaga listrik dilakukan secara langsung, maka bagian pertama dari sistem distribusi tenaga listrik adalah Pusat Pembangkit Tenaga Listrik dan umumnya terletak di pinggiran kota. Untuk menyalurkan tenaga listrik ke pusat –pusat beban (konsumen) dilakukan dengan jaringan. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik dengan besar tegangan dari 11 KV sampai 24 KV.

Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($I^2 \cdot R$). Dengan daya yang sama bila nilai tagangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil juga. Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 KV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 380 volt – 220 volt. Kemudian selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

2.1.2 Pengelompokan jaringan distribusi tenaga listrik

Untuk kemudahan dan penyederhanaan, lalu diadakan pembagian serta pembatasan-pembatasan seperti dibawah ini:

Daerah I : Bagian pembangkitan (*generation*).

Daerah II : Bagian penyaluran (*transmission*), bertegangan tinggi (HV, UHV, EHV).

Daerah III : Bagian distribusi primer, bertegangan menengah (6-20 KV).

Daerah IV : Tegangan rendah.

Berdasarkan pembatasan-pembatasan tersebut, maka diketahui bahwa porsi materi sistem distribusi adalah daerah III dan IV, yang pada dasarnya dapat diklasifikasikan menurut beberapa cara bergantung dari segi apa klasifikasi itu dibuat.

Dengan demikian ruang lingkup jaringan distribusi adalah :

1. Saluran udara tegangan menengah (S.U.T.M) terdiri dari: Tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan perlengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.
2. Saluran kabel tegangan menengah (S.K.T.M) terdiri dari: Kabel tanah, *indoor* dan *outdoor termination*, batu bata, pasir dan lain-lain.
3. Gardu trafo, terdiri dari: Transformator, tiang, pondasi tiang, rangka tempat trafo, LV panel, pipa-pipa pelindung, *arrester*, kabel-kabel, transformer band, peralatan *grounding*, dan lain-lain.
4. Saluran udara tegangan rendah (S.U.T.R) dan saluran kabel tegangan rendah (S.K.T.R) terdiri dari: sama dengan perlengkapan/material pada (S.U.T.M) dan (S.K.T.M) Yang membedakannya hanya dimensinya.

2.1.3 Cubikel

Cubikel adalah seperangkat peralatan listrik yang dipasang pada gardu induk, penghubung, pengontrol, dan proteksi sistem distribusi tenaga listrik tegangan 20kv. kubikel berfungsi sebagai pengendali, penghubung, dan pelindung serta membagi tenaga listrik dari sumber tenaga listrik. Berdasarkan fungsi dan nama peralatan yang terpasang kubikel dibedakan menjadi beberapa jenis, Pemutus tenaga (PMT), Pemisah (PMS), *Load Break Switch* (LBS), Pemutus tenaga *Circuit Breaker* (PMT CB), *Transformer protection* (PT), *Potential Transformer* (PT), dan B1 (*Terminal OutGoing*).

Bagian utama kubikel ada 3 yaitu:

1. *Incoming* (Sisi penerima tegangan dari gardu PLN sebesar 20KV).
2. *Metering* (Alat ukur tegangan, arus, dan daya).
3. *Outgoing* (Sisi keluaran tegangan 20KV yang dikirim ke primer Trafo step down).

Masing-masing memiliki bagian kontak pentanahan (*Grounding*). Pengoperasian kubikel adalah merubah posisi keluar/masuk kontak hubung (LBS, PMT) di gardu induk. Pelaksanaan pengoperasian kubikel 24KV dapat dilakukan secara manual atau dengan fasilitas *remote control* (rc).

Untuk mengoperasikan kubikel sistem jaringan 24 KV ada 3 yaitu:

1. Mengoperasikan *Cubikel* pada jaringan baru
2. Mengoperasikan *Cubikel* setelah pemeliharaan/perbaikan
3. Mengoperasikan *Cubikel* untuk keperluan manuver jaringan.

Cubikel yang digunakan oleh rumah sakit bunda thamrin adalah SM6-24KV, dengan pengoperasian nya. DS (*disconnetting Switch*) atau saklar pemisah merupakan suatu rangkaian peralatan yang tidak dapat difungsikan pada keadaan berbeban, karena kontak penghubung tidak dilengkapi busur dengan alat peredam busur api, LBS (*Load Break Switch*) atau saklar pemutus beban merupakan suatu rangkaian peralatan yang dapat difungsikan pada keadaan bertegangan atau berbeban, CB (*Circuit Breaker*) atau pemutus daya merupakan suatu rangkaian yang dapat difungsikan pada keadaan bertegangan, berbeban dan gangguan.

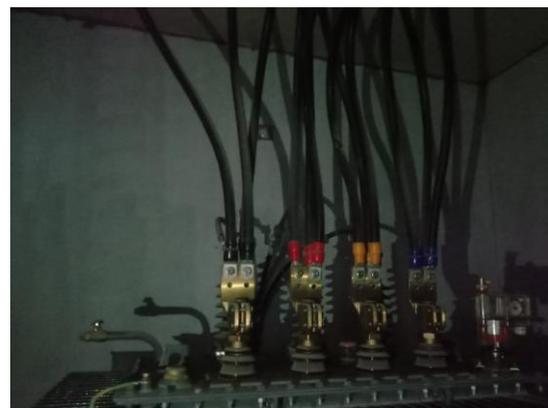
Komponen utama yang perlu diperhatikan pada MVMDP (*Medium Voltage Main Distribution Panel*) adalah *MAIN CB/LBSMV, FUSE*, Peralatan Proteksi/*Safety devices*.

2.1.4 Transformator

Transformator distribusi merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam penyaluran tenaga listrik dari gardu distribusi ke konsumen. Transformator merupakan suatu alat listrik yang termasuk ke dalam klasifikasi mesin listrik static yang berfungsi menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah dan sebaliknya, atau dapat juga diartikan mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi elektromagnet. Pada peraturan manajemen trafo distribusi PLN (SPLN-50 1997). Pembebanan transformator distribusi maksimal adalah 80% dari arus nominal trafo, hal ini dilakukan untuk

mengantisipasi timbul nya gangguan yang dapat mengakibatkan kegagalan operasi dan untuk memperpanjang umur kerja transformator.

Tujuan dari penggunaan transformator distribusi adalah untuk mengurangi tegangan utama dari sistem distribusi listrik untuk tegangan pemanfaatan penggunaan konsumen. Transformator distribusi yang umum digunakan adalah transformator *step-down* 20KV/400V. Tegangan fasa ke fasa sistem jaringan tegangan rendah adalah 380V. Karena terjadi drop tegangan, maka pada tegangan rendahnya dibuat diatas 380V agar tegangan pada ujung penerima tidak lebih kecil dari 380V. Sebuah transformator distribusi perangkat statis yang dibangun dengan dua atau lebih gulungan digunakan untuk mentransfer daya listrik arus bolak balik oleh induksi elektromagnetik dari satu sirkuit ke yang lain pada frekuensi yang sama tetapi dengan nilai yang berbeda tegangan dan arusnya. Rumah Sakit Bunda Thamrin memiliki 2 buah Transformator dengan kapasitas transformator 1600 KVA dan 1000 KVA, dengan *Grounding* 0,1 ohm. Dengan kabel jenis kabel NYY 1x300mm² Perhatikan Gambar 2.1 bentuk fisik Transformator RS Bunda Thamrin.



Gambar 2.1 Transformator

Minyak transformator adalah bahan isolasi cair (isolasi) yang digunakan sebagai bahan penyekat dan pendingin transformator dengan *oil level* 80.

Sebagai bahan isolasi, minyak trafo harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut

1. Menahan terhadap tegangan tembus (Semakin tinggi nilai tegangan tembusnya maka kualitas isolasinya akan semakin baik).
2. Sebagai bahan pendingin yang harus mampu meredam panas yang ditimbulkan, untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebih perlu dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menyalurkan panas dari transformator.

3. Sebagai media untuk memadamkan busur api karena pada saat beroperasi transformator dapat menghasilkan senyawa gas sebagai hasil dari proses penuaan dan adanya dampak ganggun, kenaikan suhu yang berlebih akan memungkinkan terjadinya loncatan api didalam belitan transformator tersebut.
4. Melindungi belitan dan body transformator dari terjadinya oksidasi dan korosi minyak transformator adalah minyak mineral yang diperoleh dengan pemurnian minyak mentah.

2.2 Sumber Listrik Cadangan

2.2.1 Generator Set (Genset)

Generator set (Genset) merupakan pengganti sumber tegangan jika terjadi pemutusan listrik dari PLN (Perusahaan Milik Negara). Generator adalah mesin yang berfungsi untuk mengganti energi kinetik menjadi energi listrik, pada bagian generator yang berputar disebut dengan rotor sedangkan bagian yang tidak berputar disebut stator. Generator set merupakan alat yang terdiri dari berbagai peralatan gabungan dan memiliki 2 perangkat berbeda yaitu, *engine* (pemutar) dan generator (perangkat pembangkit listrik). Pada penelitian ini rumah sakit Bunda Thamrin memiliki 2 buah Generator set, Genset pertama sebagai genset utama dan genset kedua sebagai *back-up* ketika genset pertama terjadi masalah, dengan kapasitas genset 2500 KVA dan 800 KVA dengan menggunakan baterai 24V x 4 dan *grounding* 0,1 ohm dengan jenis kabel 1x300mm². Perhatikan Gambar 2.2 sebagai Genset Utama dan Gambar 2.3 sebagai Genset cadangan ketika Genset Utama bermasalah.



Gambar 2.2 Generator Set (Genset) Utama



Gambar 2.3 Generator Set (Genset) Cadangan

Beberapa komponen generator set.

1. Motor

Merupakan sumber energi mekanik dari generator.

2. Alternator

Bagian dari genset yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik.

3. Pengaturan Tegangan

Bagian ini berfungsi untuk mengatur tegangan generator.

4. Sistem Pendingin

Penggunaan generator dalam waktu yang lama dapat menyebabkan komponen generator menjadi panas, sistem pendingin berfungsi menstabilkan temperatur sedangkan saluran pembuangan uap digunakan untuk membuang sisa pembakaran bahan bakar generator.

5. Sistem pelumas

Sistem pelumas diperlukan untuk membuat mesin-mesin genset bergerak lebih halus dan tahan lama.

6. Papan Pengontrol

Papan pengontrol digunakan untuk mempermudah pengguna dalam mengatur kerja dari setiap komponen di dalam genset sesuai kebutuhan.

7. Frame Fenerator set

Frame merupakan wadah atau rumah untuk mempermudah penggunaan.

2.3 UPS (*Uninterruptible Power Supply*)

UPS (*Uninterruptible Power Supply*) merupakan peralatan yang sering digunakan sebagai sumber daya alternatif dan untuk melakukan *backup* sementara apabila suplai listrik pada catu daya utama tiba-tiba mati. Biasanya UPS dirangkaikan dengan peralatan seperti alat-alat kesehatan dan berbagai alat lain yang dijaga agar tetap berfungsi sementara saat pasokan listrik ke alat tiba-tiba terputus. Meskipun bersifat pemasok energy sementara UPS memiliki fungsi peranan penting untuk menjaga *lifetime* dari peralatan elektronik yang ketika listrik padam peralatan tidak langsung mati.

Prinsip dasar kerja UPS yaitu, listrik PLN (arus AC) masuk kedalam UPS melewati *rectifier*, *rectifier* mengubah arus AC menjadi DC dan masuk ke baterai untuk mengisi cadangan daya. Arus DC pada baterai menuju ke inverter mengkonversi arus tersebut menjadi AC dan dikirimkan ke peralatan elektronik, pada saat listrik PLN padam, switch otomatis langsung terhubung ke dengan transfer 0 detik. UPS berfungsi sebagai *buffer* antara power *supply* dengan peralatan elektronik yang kita gunakan seperti komputer, printer dan alat kesehatan. Bila ada daya yang terputus, Maka UPS akan segera bekerja dalam waktu sesingkat mungkin sehingga peralatan elektronik yang ada dirumah sakit Bunda Thamrin tidak mengalami kerusakan. Dalam hal ini UPS berfungsi sebagai suplay daya baru (*Backup* dari *supply* utama).

2.3.1 Komponen utama UPS

Komponen utama UPS adalah

1. *Filter*, merupakan blok atau bagian yang berfungsi untuk meminilisirkan gangguan kelistrikan.
2. Baterai, fungsi utama dari baterai pada UPS adalah sebagai media penyimpanan energi listrik yang akan digunakan apabila sumber listrik utama/PLN padam.
3. *Rectifier*, berfungsi untuk mengubah arus AC menjadi arus DC dari sebuah suplay daya untuk mengisi baterai.
4. *Inverter*, berfungsi untuk mengubah arus DC dari baterai menjadi arus AC ke peralatan yang di lindungi oleh UPS.

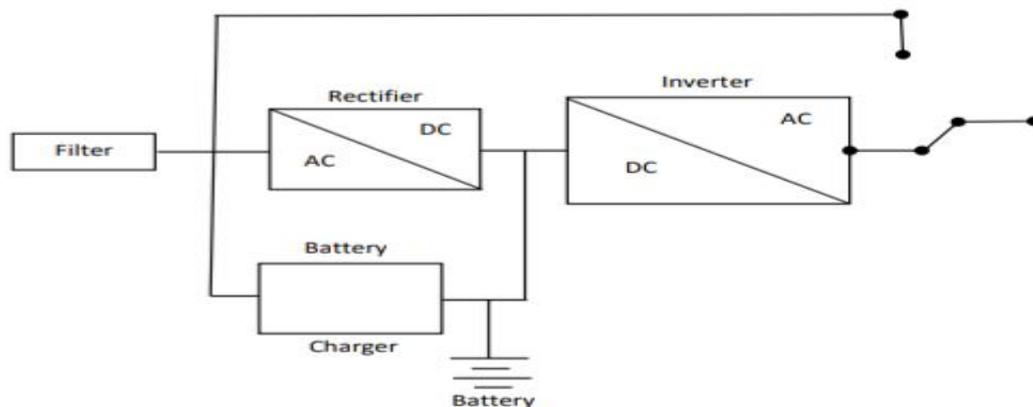
Suplay daya alternatif UPS berasal dari baterai yang ada di dalamnya, sehingga pada umumnya hanya berfungsi selama beberapa menit saja tergantung dari jenis dan spesifikasi masing-masing UPS serta beban yang yang terhubung denganya. Saat aliran listrik listrik

Utama yang melalui UPS terputus, sistem dalam UPS akan menggunakan energi yang tersimpan dalam baterai tersebut untuk untuk mensuplai energi ke beban seperti pada gambar 2.4. Pada penelitian ini rumah sakit Bunda Thamrin memiliki UPS dengan ukuran baterai 12v/100Ah x 40 dengan keluaran 250KVA, Frekuensi 50Hz. UPS terletak berdekatan dengan peralatan elektronik dan peralatan medis seperti Ruang ICU, IGD dan lainnya.

UPS ada 2 jenis berdasarkan cara kerjanya

1. *ON-line* UPS

Arus bolak-balik (AC) diubah menjadi arus searah (DC). Arus DC ini digunakan untuk mengisi baterai (jika belum penuh) dan disalurkan ke inverter (konversi DC ke AC). Arus AC dari inverter ini lah yang di gunakan untuk mensuplai perlengkapan elektronik secara terus menerus selama UPS beroperasi. Perhatikan Gambar 2.4. Keuntungan dari UPS ini adalah gangguan yang ada di PLN disaring dengan baik, sehingga terbebas dari gangguan, selain itu tidak ada perpindahan waktu antara PLN padam ke sistem baterai (0 detik).

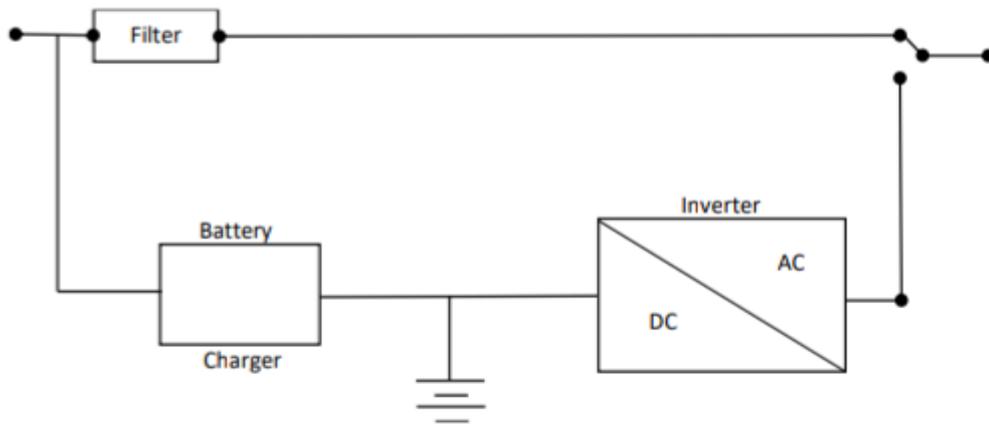


Gambar 2.4 UPS *ON-LINE*

2. *OFF-line*

Dimana bila ada suplay daya dari PLN maka suplai daya diteruskan ke beban. Bila PLN padam, maka *switch* aka segera pindah dan inverter bekerja memberikan listrik ke beban/perangkat (ada waktu pindah 3 sampai 4 milli detik). Untuk tipe offline UPS pada saat listrik PLN tersedia, listrik akan disalurkan melalui trafo sebelum dikeluarkan ke *output*. Transformator ini sendiri memiliki efisiensi. Standar efisiensi trafo 80-90%. Jadi data yang di ambil oleh UPS memang lebih besar dari daya yang dikeluarkan, selain karena UPS

Memerlukan daya untuk menghidupkan rangkaian didalamnya, juga karena ada efesiensi transformator. Seperti Gambar 2.5 di bawah.



Gambar 2.5 UPS *OFF-LINE*

2.4 Panel Listrik

Panel listrik merupakan peralatan listrik yang memiliki kegunaan untuk menyalurkan, membagi, dan mendistribusikan energi listrik yang berpusat dari sumber listrik yaitu PLN (Perusahaan listrik negara) menuju ke instalasi dan peralatan konsumen listrik.

Panel listrik memiliki beberapa fungsi diantaranya berikut ini:

1. Penghubung

Penghubung yang artinya panel digunakan untuk menghubungkan rangkaian listrik yang satu dengan rangkaian listrik lainnya berdasarkan prinsip kerjanya. Panel listrik menghubungkan persediaan tenaga listrik yang berasal dari panel utama sampai pada beban instalasi listrik.

2. Pengaman

Yang dimaksud dengan panel listrik pengaman ialah lebih pada komponen yang terdapat didalam panel yaitu *moulded case circuit breaker* (MCCB) dan *miniature circuit breaker* (MCB) yang berfungsi untuk pengaman panel listrik ketika terjadi trouble atau masalah dirangkaiannya.

3. Pembagi

Pembagian yang dapat dilakukan pada instalasinya, baik pada instalasi penerangan ataupun instalasi tenaga. Pembagian tersebut bekerja dengan cara membagi pasokan tenaga listrik berdasarkan banyaknya beban. Selain dapat membagi beban, panel listrik juga

Berfungsi untuk membagi fasa R, S, T supaya memiliki load yang sebanding antara fasa yang satu dengan yang lainnya.

4. Penyuplai

Panel juga berfungsi sebagai penyuplai atau memberikan persediaan tenaga listrik yang berasal dari sumber utama menuju beban. Panel berperan sebagai penyalur serta pendistribusian listrik mulai dari panel utama dan panel cabang hingga pada pusat beban yang berfungsi untuk penerangan instalasi listrik.

5. Pengontrol

Fungsi utama dari panel listrik ialah sebagai pengontrol, hal tersebut dikarenakan seluruh beban yang terdapat dipanel dapat dikendalikan atau dikontrol hanya dari satu tempat yang sama.

2.4.1 Panel MVMDP (*Medium Voltage Main Distribution Panel*)

Panel MVMDP (*Medium Voltage Main Distribution Panel*) merupakan panel distribusi atau pembagi yang menyalurkan energi listrik sebesar 20 KV atau 20.000 Volt dari listrik PLN, kemudian energi listrik disalurkan kembali ke Transformator *step down*, gunanya untuk menurunkan tegangan menengah menjadi tegangan rendah sebelum diturunkan ke panel LVMDP. Panel MVMDP merupakan *cubikel* 20 KV. Rumah Sakit Bunda Thamrin menggunakan kubikel SM6 -0M-IAC12 5 merek *Schneider*.

Perhatikan Tabel 2.1 untuk spesifikasi *Cubikel* Bunda Thamrin.

Tabel 2.1 Spesifikasi *Cubikel* RS Bunda Thamrin

Ur	24KV	Ud	50 kV	Up	125 kV
IK	16 kA	tk	1 s	Ip	40 kA
Ir	630 A	Un	20kV	Fr	50Hz

Keterangan:

Ur = *rated voltage* (tegangan pengenalan)

Ir = *rated continuous current* (nilai arus kontinu)

Ik = *rated short-time withstand current* (nilai waktu singkat menahan arus)

Ud = *rated short-duration power-frequency withstand voltage* (nilai frekuensi daya durasi pendek menahan tegangan).

U_p = *rated lightning impulse withstand voltage* (tegangan penahan impuls petir terukur.

F_r = *rated* nilai frekuensi)

2.4.2 Panel LVMDP (*Low Voltage Main Distribution Panel*)

Panel LVMDP (*Low Voltage Main Distribution Panel*) merupakan Panel penerima daya/power dari transformator menggunakan *Air Circuit Breaker*, *Panel sub distribusi* akan mendistribusikan power tersebut ke panel MDP (*Main Distribution Panel*). LVMDP adalah panel yang menjadi pusat kendali tenaga listrik dalam suatu bangunan. Disebut pusat kendali tenaga listrik karena LVMDP menjadi panel pertama yang mengolah, membagi, pengaman, pendistribusian dan mengontrol tenaga listrik sebelum ke panel MDP.

Dalam LVMDP dibagi dalam beberapa bagian yaitu sebagai berikut :

1. Pengaman (*incoming*)

Sisi incoming bagian LVMDP secara langsung mendapat sumber dari transformator sehingga dibutuhkan pengaman yang handal untuk mengantisipasi adanya gangguan. Pengaman utama yang digunakan pada LVMDP rumah sakit bunda thamrin adalah *Air Circuit Breaker* (ACB).

2. Busbar

Busbar merupakan tembaga tanpa selubung isolasi yang berfungsi sebagai penghantar arus, sesuai dengan persyaratan umum instalasi listrik tahun 2011 (PUILL) ayat 552 dan 7.2 identifikasi konduktor dengan warna pada ayat pada ayat 5210 bagian 5-52 yaitu sebagai ketentuan sebagai berikut : warna untuk Phase (R) yaitu merah, untuk Phase (S) yaitu kuning, untuk Phase (T) yaitu hitam, warna biru untuk netral dan warna kuning strip hijau untuk pentanahan (*grounding*), Rumah Sakit Sunda Thamrin mengikuti sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

3. Bagian matering

Didalam panel LVMDP terdapat berbagai macam alat ukur baik tipe analog sampai tipe digital, alat ukur yang digunakan pada penelitian ini adalah: Ampere meter, Volt meter, Cos phi, Daya dan Frekuensi.

4. Bagian Beban

Pada keluaran ke beban LVMDP dipasang pengaman cabang seperti MCB (*miniature circuit breaker*) sehingga jika terjadi gangguan pada sisi outgoing tidak sampai merusak

Bagian kontrol utama yang terdapat pada dalam panel. *Outgoing* LVMDP ini di sambungkan pada panel Main Distribution Panel (MDP).

Prinsip kerja panel LVMDP adalah untuk melindungi, mengendalikan, serta memantau sistem distribusi listrik tegangan rendah agar dapat disalurkan secara aman dan efisien. LVMDP sebagai pusat pengendali dan proteksi untuk listrik bertegangan rendah yang digunakan pada jaringan distribusi.

2.4.3 Automatic Transfer Switch (ATS)-Automatic Main Failure (AMF)

Automatic Transfer Switch (ATS) merupakan seperangkat rangkaian yang berguna untuk mengatur pergantian/perpindahan switch dari power PLN ke power Genset ataupun sebaliknya, yaitu dari power Genset ke PLN secara otomatis. Pemakaian ATS ini dibedakan pada besar kecilnya pemakaian daya listrik, semakin tinggi pemakaian daya listrik, tentunya akan semakin tinggi pula spesifikasi komponennya terutama, Breaker dan Kontaktornya dan begitu juga juga ukurannya.

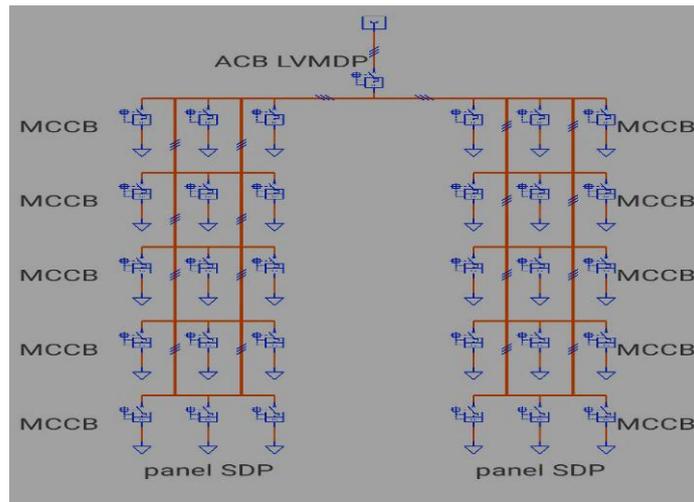
Alat ini dirancang untuk mampu mengontrol proses perpindahan dari sumber satu ke sumber yang lain apabila sumber satu bermasalah. Dalam alat ini juga menggunakan sensor tegangan dan sensor arus. Sensor tegangan dan sensor arus ini mampu membaca ada tidaknya arus dan tegangan yang nantinya digunakan untuk mengaktifkan sistem automatic transfer switch/automatic main failure (ATS-AMF).

Kegunaan rangkaian Automatic Transfer Switch (ATS) ini yaitu:

1. Dapat mengoperasikan Genset (Generator Set) secara langsung bila sumber listrik utama (PLN) mengalami gangguan.
2. Secara otomatis dapat mengaktifkan generator set setelah sari sumber listrik utama kembali normal
3. Dapat mengurangi kerja dari operator.

2.4.4 Panel MDP (*Main Distribution Panel*)

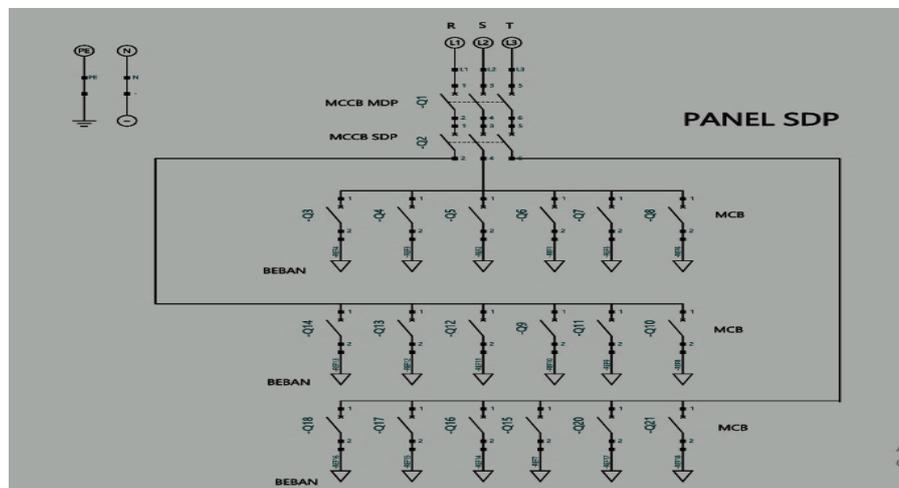
Panel MDP (*Main Distribution Panel*) berfungsi sebagai pembagi utama daya instalasi listrik ke seluruh gedung. Panel MDP terdiri dari line pembagi dengan MCCB yang mensuplay power ke Panel SDP dengan jenis dan ukuran kabel NYY 1x300mm² seperti Pada Gambar 2.6 peneliti membuat panel MDP menggunakan Aplikasi *Unifilar*.



Gambar 2.6 Rangkaian Daya Panel MDP

2.4.5 Panel SDP (*Sub Distribution Panel*)

Panel SDP (*Sub Distribution Panel*) sebagai pembagi daya yang mendapat *Supply power* dari panel MDP. Panel SDP mendistribusikan sumber tenaga listrik menuju langsung ke beban dengan jenis kabel NYM 3x12,5mm² melalui MCB 1 phase. Pada penelitian ini peneliti membuat rangkaian SDP kelistrikan penerangan dan AC rumah sakit bunda thamrin menggunakan aplikasi *simurelay*. Perhatikan Gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7 Rangkaian Daya Panel SDP

2.5 Kapasitor Bank

Kapasitor Bank adalah sekumpulan beberapa kapasitor yang disambung secara parallel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif yang ditentukan. Besaran yang sering dipakai untuk kapasitor bank adalah KVAR (*Kilovolt-Ampere Reactif*) meskipun didalamnya terkandung

Persamaan faktor daya.

$$\text{Faktor Daya} = \cos \varphi = \frac{P \text{ (KW)}}{S \text{ (KVA)}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Untuk sistem 3 phase adalah.

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi, P = S \cdot \cos \varphi, \text{ dan } S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

- Cos φ = Faktor Daya,
- P = Daya Aktif (KW),
- S = Daya semu (KVA).

2.5.2 Perbaikan Faktor Daya

A. Daya Aktif (P)

Daya aktif adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya dengan satuan daya aktif adalah (*Watt*).

Persamaan untuk mendapatkan nilai daya aktif dalam sistem satu phase adalah sebagai berikut:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots(2.3)$$

Persamaan untuk mendapatkan nilai daya aktif dalam sistem 3 phase adalah sebagai berikut:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

- P = Daya Aktif (W)
- V = Tegangan (V)
- I = Arus (A)
- Cos φ = Faktor Daya

B. Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet.

Persamaan untuk mendapatkan nilai daya reaktif dalam sistem 1 phase adalah sebagai berikut:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots(2.5)$$

Persamaan untuk mendapatkan nilai daya reaktif dalam sistem 3 phase adalah sebagai berikut:

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

Q = Daya reaktif (VAR)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

C. Daya Semu (S)

Daya semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan *root mean square* (rms) dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan. Trigonometri daya aktif (P), dan daya reaktif (Q), satuan daya semu adalah *Volt ampere* (VA)

Persamaan untuk mendapatkan nilai daya semu sistem satu phase adalah sebagai berikut:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$S = V \cdot I$$

Persamaan untuk mendapatkan nilai daya semu sistem tiga phase adalah sebagai berikut:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \dots\dots\dots (2.8)$$

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menghitung menentukan kapasitas kapasitor bank: (Mischler, 2016).

1. Untuk melakukan perbaikan daya dengan menggunakan kapasitor bank yaitu menghitung daya reaktif (Q) sebelum perbaikan faktor daya.

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \dots\dots\dots(2.9)$$

2. Menghitung $\cos \varphi$ sebelum perbaikan.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \dots\dots\dots(2.10)$$

3. Menghitung daya semu (S) dengan $\cos \varphi$ yang diinginkan.

$$S' = \frac{P}{\cos \varphi} \dots\dots\dots(2.11)$$

4. Menghitung daya reaktif perbaikan (Q') dengan menggunakan daya semu (S) perbaikan.

$$Q' = \sqrt{(S')^2 - (P)^2} \dots\dots\dots (2.12)$$

5. Menghitung kapasitas kapasitor bank (C) yang dibutuhkan untuk mencapai $\cos \varphi$ sebesar 0.90

$$Q_C = Q_1 - Q_2 \dots\dots\dots(2.13)$$

Untuk menghitung rangkaian seri dan rangkaian paralel kapasitor adalah sebagai berikut:

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1} \text{ rangkaian seri} \dots \dots \dots (2.14)$$

2.6 Proteksi

Yang dimaksud dengan proteksi terhadap tenaga listrik adalah sistem pengamanan yang dilakukan terhadap peralatan-peralatan listrik yang terpasang pada sistem tenaga listrik tersebut. Misalnya Generator, Transformator, Jaringan distribusi/Transmisi dan lain-lain terhadap kondisi operasi abnormal dari sistem itu sendiri.

Yang dimaksud dengan kondisi abnormal tersebut antara lain dapat berupa:

- a. Hubung singkat
- b. Tegangan lebih/kurang
- c. Beban lebih
- d. Frekuensi sistem turun/naik

Adapun fungsi dari sistem proteksi adalah:

- a. Untuk menghindari atau mengurangi kerusakan peralatan listrik akibat adanya gangguan (kondisi abnormal), semakin cepat reaksi perangkat proteksi yang digunakan maka akan semakin sedikit pengaruh gangguan terhadap kemungkinan kerusakan alat.
- b. Untuk mempercepat melokalisir luas/zone daerah yang terganggu, sehingga daerah yang terganggu menjadi sekecil mungkin.
- c. Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen, dan juga mutu listriknya baik.
- d. Untuk mengamankan manusia terutama terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

2.6.1 Penumbumian/Pentanahan

Pengertian penumbumian (*grounding*) listrik adalah suatu sistem instalasi yang bisa meniadakan beda potensial sebagai pelepasan muatan listrik berlebih pada suatu instalasi listrik dengan cara mengalirkannya ke tanah sehingga istilah sehari-hari yang sering digunakan yaitu pentanahan atau arde. Yang dimaksud beda potensial biasa berupa adanya kebocoran arus listrik dan yang utamanya adalah sambaran petir. Kelayakan grounding atau penumbumian harus bisa memiliki nilai tahanan sebaran atau resistansi maksimal 5 ohm (bila dibawah 5 ohm lebih baik).

Pada penelitian ini peneliti mendapatkan nilai pembumian (*grounding*) di rumah sakit Bunda Thamrin dengan skala 20 (0.22 ohm) dan skala 200 (0,2 ohm). Seperti Gambar 2.9 dibawah.

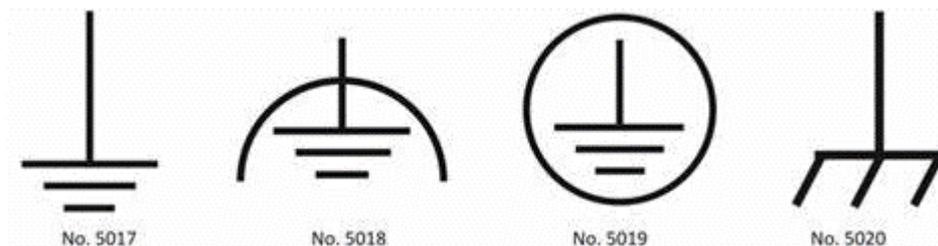


Gambar 2.9 *Grounding* Pentanahan

Pada sistem pentanahan bahan yang digunakan adalah:

1. Steak rood (tembaga murni ukuran 22mm).
2. Bentonik (tepung) 2 sak.
3. Cover plat tembaga murni ukuran panjang 1M, lebar 1M, tebal 3 mm

Nilai standar mengacu pada persyaratan umum instalasi listrik persyaratan umum instalasi listrik (PUIL) 2000, peraturan yang sesuai dan berlaku hingga saat ini yaitu kurang dari 5 ohm. Dijelaskan bahwa nilai sebesar 5 ohm merupakan nilai maksimal atau batas tertinggi dari hasil resistansi pembumian (*grounding*) yang masih bisa ditoleransi. Nilai yang berada pada range 0 ohm – 5 ohm adalah nilai aman dari suatu instalasi pembumian/*grounding*. Nilai tersebut berlaku untuk seluruh sistem dan instalasi yang terdapat pembumian/*grounding* didalamnya. Dan untuk kriteria kabel *grounding* umumnya yaitu minimal dengan penampang 50 mm dan jika memiliki luas penampang lebih besar dari 50 mm akan lebih baik lagi untuk menghantarkan arus. Berikut simbol Gambar 2.10 *grounding* yang biasa digunakan dalam instalasi listrik



Gambar 2.10 Simbol *Grounding*

Bumi adalah titik netral yang baik, karena diasumsikan bumi memiliki jumlah muatan negatif yang tak terbatas, sehingga tidak dapat dialirkan listrik, bahkan sambaran petir yang memiliki tegangan listrik sampai jutaan volt, dapat dinetralisir oleh bumi.

Fungsi pembumian/*grounding* adalah sebagai berikut.

1. Untuk keselamatan, pembumian/*grounding* berfungsi sebagai penghantar arus listrik langsung ke bumi atau tanah saat terjadi kebocoran isolasi atau percikan api pada korsleting. Misalnya kabel *grounding* yang terpasang pada badan alat elektronik seperti TV akan mencegah kita tersengat listrik saat rangkaian didalam TV bocor dan menempel ke badan TV
2. Instalasi penangkal petir, sistem pembumian berfungsi sebagai penghantar arus listrik yang besar langsung ke bumi. Meski sifatnya sama, namun pemasangan kabel *grounding* untuk instalasi rumah dan *grounding* untuk penangkal petir pemasangannya harus terpisah.
3. Sebagai proteksi peralatan elektronik atau instrumentasi sehingga dapat mencegah kerusakan akibat adanya bocor tegangan.
4. *Grounding* didunia elektronika berfungsi untuk menetralsir cacat (noise) yang disebabkan baik oleh daya yang kurang baik, ataupun kualitas komponen yang tidak standar.
5. Arus gangguan hubung singkat yang tidak terlalu besar, sehingga bahaya yang ditimbulkan tidak berlebihan, namun sensitivitas rele proteksi masih dapat dipertahankan.
6. Tegangan lebih yang terjadi pada fasa yang tidak terlalu besar sehingga batas isolasi peralatan dapat dapat dipertahankan atau dikurangi. Stabilitas dan kontinuitas penyaluran beban dapat terjamin.

2.6.2 Sistem Pentanahan

Salah satu faktor utama dalam setiap usaha pengaman rangkaian listrik adalah pentanahan. Apabila suatu tindakan pengamanan yang baik dilaksanakan maka harus ada sistem pentanahan yang dirancang dengan baik dan benar.

Syarat sistem pentanahan yang efektif yaitu:

1. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengaman personil dan peralatan dengan menggunakan rangkaian yang efektif.
2. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surya hubung.

3. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk memastikan kontinuitas penampilan sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
4. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam peralatan dan perbaikan bila terjadi kerusakan.

2.7 Sistem Keandalan

Dalam suatu sistem distribusi terdapat hal penting yang harus diperhatikan yaitu keandalan. Pabla (2007) mendefinisikan keandalan sebagai kemungkinan dari satu atau kumpulan benda yang akan memuaskan kerja pada keadaan tertentu dalam periode waktu tertentu dan telah ditentukan.

Sedangkan menurut Momoh (2008) berpendapat bahwa keandalan adalah kemampuan dari jaringan untuk menyampaikan tenaga listrik tidak terputus bagi pelanggan pada satu taraf yang telah ditentukan sesuai dengan mutu dan jaminan keamanannya. Ukuran keandalan dapat diketahui dari beberapa sering sistem mengalami pemutusan beban, berapa lama pemutusan terjadi dan berapa cepat waktu dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dan pemutusan yang terjadi. Sistem yang mempunyai keandalan yang tinggi akan mampu memberikan tenaga listrik setiap saat dibutuhkan.

Untuk memenuhi keandalan tersebut maka memerlukan pengamanan yang baik dan efektif, yang dimaksud dengan pengaman adalah suatu peralatan listrik yang digunakan untuk melindungi pengguna instalasi listrik maupun komponen listrik dari kerusakan atau bahaya yang diakibatkan oleh gangguan seperti beban lebih atau arus hubung singkat.

Pengaman dalam instalasi listrik memiliki beberapa fungsi antara lain:

1. Isolasi, yaitu untuk memisahkan instalasi atau bagian lainnya dari catu daya listrik untuk alasan keamanan.
2. Kontrol, yaitu untuk membuka atau menutup sambungan sirkuit instalasi selama kondisi operasi normal untuk tujuan operasi dan perawatan.
3. Proteksi, untuk mengaman kabel, peralatan listrik dan manusia terhadap kondisi yang berbahaya seperti tegangan sentuh, beban lebih, atau hubung singkat dengan memutuskan arus gangguan dan mengisolasi gangguan yang terjadi.

2.8 Komponen Yang Digunakan

2.8.1 Circuit Breaker

Pengaman (*circuit breaker*) adalah peralatan listrik yang digunakan untuk melindungi komponen listrik dari kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan seperti arus beban lebih ataupun arus hubung singkat. Perhatikan gambar MCB, MCCB, dan ACB dibawah ini. Ada beberapa tipe *circuit breaker* yang digunakan, pada analisa ini:

1. *Miniature circuit breaker* (MCB)

MCB adalah suatu rangkaian pengaman yang dilengkapi dengan komponen hermisis (bimetal) untuk pengaman beban lebih dan juga dilengkapi relay elektromagnetik untuk pengaman hubung singkat. MCB banyak digunakan untuk pengaman sirkit satu fasa dan tiga fasa. Perhatikan gambar 2.11 Bentuk MCB hubung singkat.



Gambar 2.11 MCB

2. *Moulded Case Circuit Breaker* (MCCB)

MCCB merupakan salah satu alat pengaman yang dalam proses operasinya mempunyai dua fungsi yaitu sebagai pengaman dan sebagai alat untuk penghubung. Jika dilihat dari segi pengaman, maka MCCB dapat berfungsi sebagai pengaman gangguan arus hubung singkat dan arus beban lebih. Pada jenis tertentu pengaman ini, mempunyai kemampuan pemutus yang diatur sesuai dengan yang diinginkan. Perhatikan gambar 2.12 MCCB memiliki kemampuan hantar arus maksimal yang jauh lebih besar jika dibandingkan dengan MCB, MCCB dapat digunakan untuk berbagai jenis tegangan listrik, mulai tegangan *Low Voltage* sampai *Medium Voltage*.



Gambar 2.12 MCCB

Untuk membedakan MCCB dan MCB Perhatikan tabel 2.2

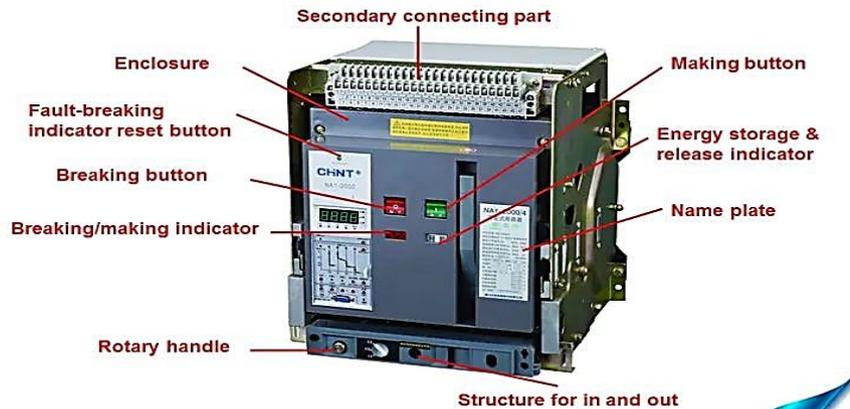
Tabel 2.2 Perbedaan MCCB Dan MCB

MCCB	MCB
<i>Rating ampere</i> antara 100A-1000A	<i>Rating ampere</i> antara 2-100A
Memiliki kA yang besar 36-100kA	kA hanya 4,5 kA
Bisa disetting untuk nilai amperenya	Tidak bisa disetting untuk rating ampere
Terdapat tombol reset	Tidak ada tombol reset
Bentuknya yang besar	Bentuknya yang kecil

3. Air Circuit Breaker (ACB)

Air Circuit Breaker (ACB) adalah pengaman yang digunakan sebagai pemutus arus rangkaian, baik arus nominal maupun arus gangguan dengan sarana pemadam busur api berupa udara. Udara pada tekanan ruang atmosfer digunakan sebagai peredam busur api yang timbul akibat proses *switching* maupun gangguan. ACB sama dengan MCCB tetapi mediana menggunakan udara. Rating pengaman yang dipakai dapat diketahui dari arus nominal yang melalui saluran tersebut, kemudian disesuaikan dengan rating dan katalog.

ACB memiliki ketahanan Thermal yang tinggi, sehingga kemungkinan cara kerja yang disebut diskriminasi. Diskriminasi yaitu jika gangguan terjadi pada suatu titik maka yang bekerja hanya pemutus daya pada daerah itu saja. Hal ini dapat menjamin kontinuitas pelayanan sumber daya listrik karena ketika terjadi gangguan, ACB menunda pemutusan, sebelum pemutus daya disisi bawahnya trip. Perhatikan Gambar 2.13 ACB berikut ini.



Gambar 2.13 ACB

Dalam pemilihan miniatur breaker pertama-tama perlu dicari arus nominal yang akan digunakan, menggunakan rumus sebagai berikut.

Untuk beban 3 Phase.

$$I \text{ nominal} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_L - L \cdot \cos\phi} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan:

1. I nominal adalah arus nominal yang dihitung (A)
2. P adalah Daya (W)
3. VL-L adalah tegangan line to line (V)

Sesuai PUIL 2011 besar nilai kuat hantar arus (KHA) perlengkapan yang dibenahi arus beban lebih adalah 125% dari arus beban nominal. Sehingga untuk menentukan nilai KHA dapat di lihat pada rumus diatas.

$$IK = I_n \times 1,25 \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

1. I nominal adalah arus nominal yang dihitung (A)
2. $\cos\phi$ adalah power faktor.
3. IK adalah Arus KHA (A)

Ketika arus nominal telah diketahui maka selanjutnya yang dilakukan adalah menentukan CB yang akan digunakan sesuai hasil perhitungan arus nominal diatas, dalam

penentuan ini arus nominal dikalikan 120% sebagai *faktor Safety* untuk kemudian dicocokkan pada Tabel 2.3 di bawah. .

Tabel 2.3 *Rating Circuit Breaker*

1 Phasa	3 Phasa	Besar Ampere
	ACB	3200 2500 2000 1600 1250
	MCCB	1000 800 630 400 320 300 250 200 160 125 100 80 63 50 40
MCB		32 25 20 16 10 6 4

1	3	Besar
Phasa	Phasa	Ampere
		2

Untuk menghitung beban arus seimbang untuk tegangan 380 Volt adalah:

$$I_{rata-rata} = I_R + I_S + I_T : 3 \dots \dots \dots (2.17)$$

Keterangan: I_R : Phasa 1

I_S : Phasa 2

I_T : Phasa 3

2.8.2 Penghantar

Penghantar ialah suatu benda yang berbentuk logam ataupun non logam yang bersifat konduktor atau dapat mengalirkan arus listrik dari satu titik ke titik yang lain. penghantar dapat berupa kabel ataupun berupa kawat penghantar. dapat di lihat pada tabel 2.3 dan gambar 2.11 Kabel ialah penghantar yang dilindungi dengan isolasi dan keseluruhan inti dilengkapi dengan selubung pelindung bersama, contohnya ialah kabel NYY, NYM, NYA. Dan lain sebagainya. Sedangkan kawat penghantar ialah penghantar yang tidak diberi Isolasi contohnya ialah BC (*Bare Conductor*), penghantar berlubang (*Hollow Conductor*), dan ACSR (*Alluminium Conduktor Steel Reinforced*). Untuk mencari arus nominal yang melewati suatu penghantar dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Satu Phase: } I = \frac{P}{V \cdot \cos\phi} \cdot 125\% \dots \dots \dots (2.18)$$

$$\text{Tiga Phase: } I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} \cdot 125\% \dots \dots \dots (2.19)$$

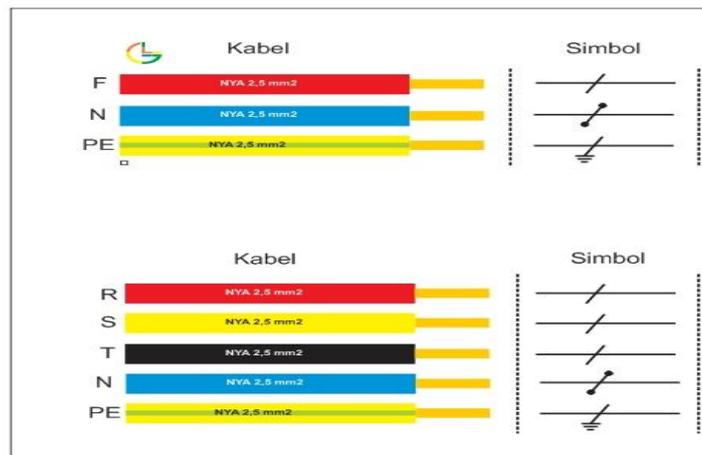
$$\text{Cubikel KHA} = \frac{\text{Daya Trafo}}{\sqrt{3} \times KV} \cdot 125\%$$

$$I_{KHA} = \text{KHA} : \text{Derating Faktor} \dots \dots \dots (2.20)$$

Jenis warna kabel menurut puil 2011 dibagi menjadi 3 bagian yaitu line, netral dan *grounding*. Perhatikan Tabel 2.4 dan Gambar 2.14 dibawah ini.

Tabel 2.4 Warna kabel menurut PUIL 2011

LINE 1 (R)	Merah
LINE 2 (S)	Kuning
LINE 3 (T)	Hitam
NETRAL (N)	Biru
PEMBUMIAN	Kuning-Hijau



Gambar 2.14 Kabel

2.8.3 Relay

Relay dianalogikan sebagai pemutus dan penghubung sama halnya fungsi kontaktor. yang membedakannya adalah kekuatan saklar internalnya dalam menghubungkan besaran arus listrik yang melaluinya, yang hanya bekerja pada arus kecil 1A-10A. Sistem kerja relay adalah ketika coil dialiri arus maka seketika gulungan berubah menjadi medan magnet, gaya magnet inilah yang akan menarik tuas sehingga saklar akan bekerja. Berikut Gambar 2.15 relay pengaman.



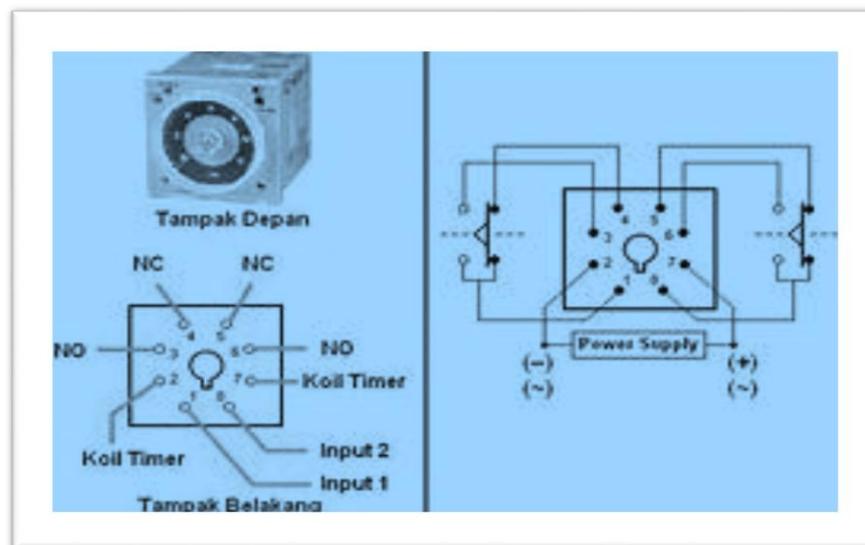
Gambar 2.15 Relay

Fungsi dari relay pengaman adalah untuk menentukan dengan segera pemutus/penutupan pelayanan penyaluran setiap elemen sistem tenaga listrik, bila mendapatkan gangguan atau kondisi kerja yang abnormal, yang dapat mengakibatkan kerusakan alat atau akan mempengaruhi sistem/sebagian sistem yang masih beroperasi normal.

Pemutus beban (CB) merupakan satu rangkaian dengan relay pengaman. Oleh karena itu CB harus mempunyai kemampuan untuk memutuskan arus hubung singkat yang mengalir melaluinya. Selain itu, juga harus mampu terhadap penutupan pada kondisi hubung singkat yang kemudian diputuskan lagi sesuai dengan sinyal yang diterima relay. Bila pemakaian relay pengaman dan CB di perhitungkan tidak ekonomis, maka dapat dipakai fuse/sekring. Fungsi yang lain dari relay pengaman adalah untuk mengetahui letak dan jenis gangguan. Sehingga dari pengamatan ini dapat dipakai untuk pedoman perbaikan peralatan yang rusak.

2.8.4 Time delay relay (Timer)

Time delay relay (Timer) atau relay penunda batas waktu banyak digunakan dalam kelistrikan yang membutuhkan pengaturan waktu otomatis. Peralatan kontrol ini dapat di kombinasikan dengan komponen peralatan yang lain. Fungsi timer adalah sebagai pengatur waktu bagi peralatan yang dikendalikannya. Pada umumnya timer memiliki 8 buah kaki yang 2 diantaranya merupakan kaki coil yang mana 2 dan 7. Sedangkan kaki yang lain adalah kaki NO dan NC. Perhatikan gambar 2.16



Gambar 2.16 Timer

2.8.5 Surge Arrester

Surge arrester berfungsi sebagai alat pelindung dari lonjakan dan kondisi tegangan lebih yang dipasang pada jaringan listrik. Alat ini melindungi apabila terjadi lonjakan tegangan listrik melebihi batas yang telah ditentukan dengan membelokkan tegangan tersebut ke grounding. Pada umumnya terjadi akibat sambaran petir, adapun penyebab

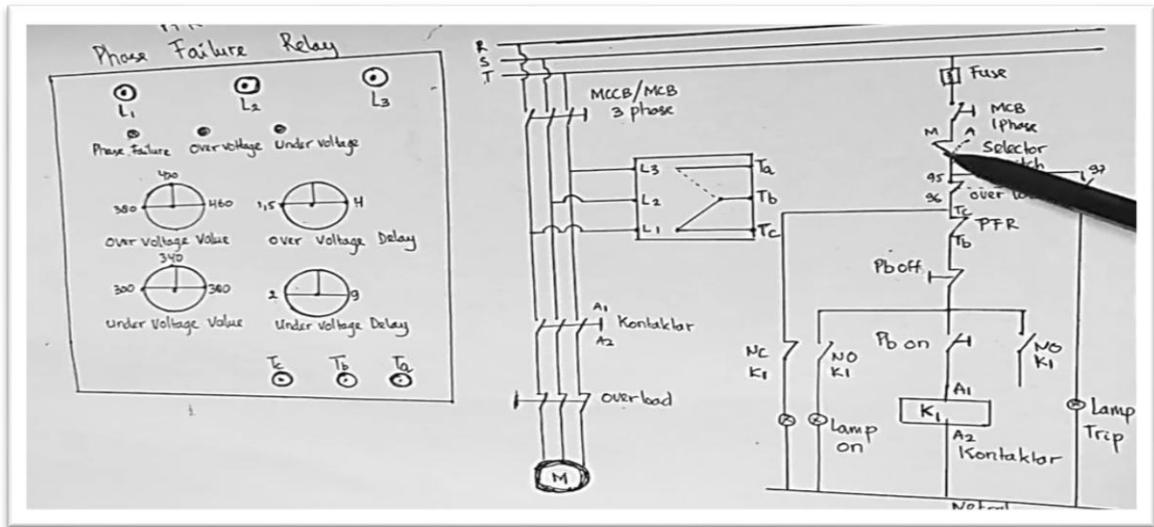
lainnya adanya lonjakan tegangan listrik secara tiba-tiba yaitu permasalahan pada pembangkit listrik, terjadi korsleting, lonjakan pada *switching*, dan lain sebagainya. Cara kerja surge arrester yaitu ketika tegangan listrik mengalir dengan normal, arrester tidak bekerja, alat ini hanya dapat bekerja ketika ada lonjakan tegangan listrik yang terjadi secara tiba-tiba. Ketika ada lonjakan tegangan arus listrik yang besar pada jaringan kabel listrik, sisi kutub anoda arrester akan langsung melepaskan lonjakan tegangan listrik ke arah katode yang terhubung dengan grounding. Perhatikan Gambar 2.17 *surge arrester* berikut.



Gambar 2.17 *Surge Arrester*

2.8.6 PFR (*Phase Failure Relay*)

Phase Failure Relay (PFR) adalah rele atau komponen yang biasa digunakan untuk memantau perubahan keadaan tegangan 3 phase yang beroperasi dalam rangkaian. Berawal dari prinsip dasar, PFR memiliki prinsip kerja yang mirip dengan proteksi beban dan biasa digunakan untuk melindungi instalasi listrik 3 phase. *Phase Failure Relay* (PFR) adalah perangkat kontrol memantau kondisi tegangan 3 phase yang mengalir melalui sistem kontrol. Pengontrol keselamatan untuk melindungi pengontrol dari kondisi tegangan yang salah seperti; Phase pada instalasi hilang. Diluar urutan phase tegangan kurang tegangan lebih. Jika terjadi abnormal dalam waktu yang ditentukan kontak rele kontrol PFR akan berubah secara otomatis seperti perubahan peralatan kontrol lainnya dan NO akan menjadi NC dan sebaliknya. Apabila dalam jangka waktu setting ada perubahan kontak setelah situasi abnormal tersebut dapat disetting. Jika toleransi diatur dalam 30 detik maka waktu menjadi abnormal dan rele mendeteksi perubahan. Seperti Gambar 2.18 *wiring Phase Failure relay* (PFR).



Gambar 2.18 Wiring PFR

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di rumah sakit Bunda Thamrin yang beralamat di jl.Sei Batang Hari No.28-30-42, Babura Sunggal,Kec.Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara 20112. Waktu yang digunakan dalam mengambil data penelitian ini, dilaksanakan pada bulan Oktober 2023.

3.2 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data adalah salah satu peran dalam menentukan keberhasilan suatu penelitian, karena hal ini berguna dalam keberhasilan penelitian.

Adapun analisis yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pada tahap perancangan, peneliti akan melakukan tinjauan lokasi yang akan dijadikan sample.
2. Pada tahap penelitian, dilakukan pendataan sumber listrik utama dan sumber listrik cadangan.
3. Pada tahap akhir, peneliti akan melakukan studi literatur.
4. Pada tahap evaluasi, peneliti kembali mengulangi tahap penelitian untuk mendapat hasil yang maksimal.

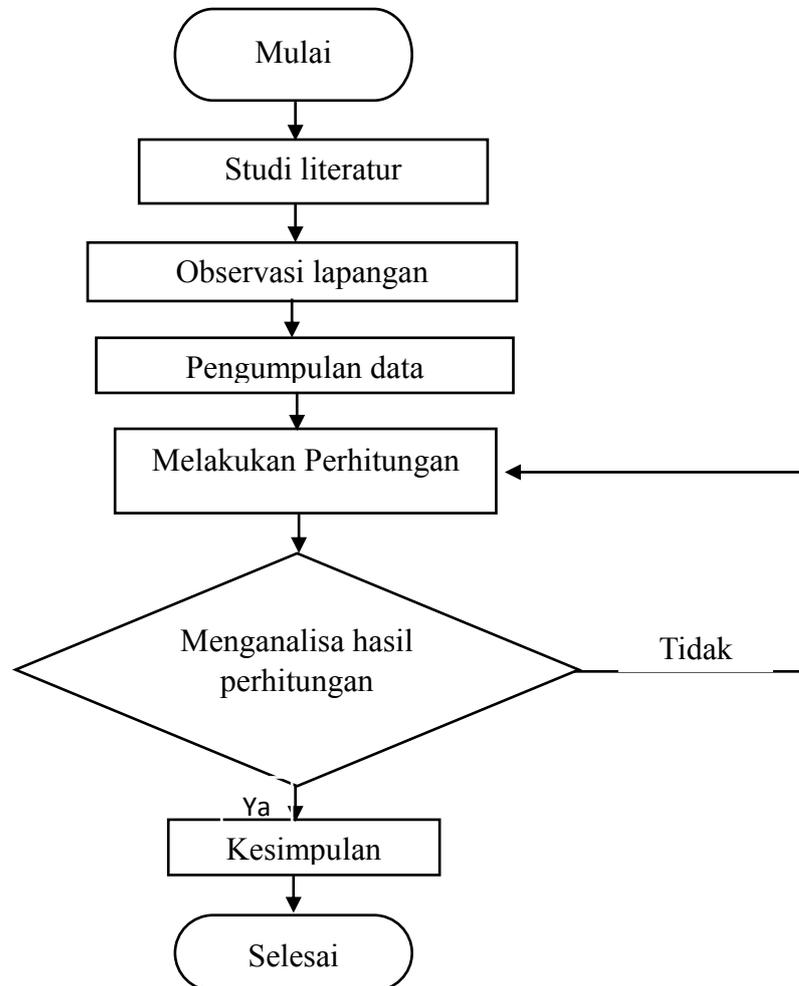
3.3 Bahan penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop, berfungsi untuk mengolah data dan menyelesaikan penelitian.
2. Handpone, berfungsi pengambilan data dari internet, dan pengambilan dokumentasi di rumah sakit BUNDA THAMRIN.
3. Buku, berfungsi untuk mencatat data-data yang di rumah sakit BUNDA THAMRIN.
4. Flashdisk, berfungsi untuk menyimpan file tugas akhir.
5. Tang Ampere berfungsi untuk mengukur tegangan dan ampere di panel SDP

3.4 Diagram alur penelitian

Adapun diagram proses alur jalannya penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

3.5 Proses Penelitian

Hal ini menjelaskan tentang proses pelaksanaan penelitian yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir. Tahapan dalam penelitian ini dapat dibuat dalam bentuk diagram alur.

1. Mulai

Dimulai dengan penentuan informasi apa saja yang dibutuhkan.

2. Studi literatur

Studi literatur merupakan suatu teknik pengumpulan data yang diperlukan dengan cara mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan.

Referensi ini dapat dicari dibuku, jurnal, artikel, laporan penelitian, dan berbagai situs internet yang berkaitan dengan berbagai masalah yang diteliti.

3. Observasi

Observasi pada penelitian ini dilakukan dengan melihat sistem kelistrikan pada transformator sebagai sumber listrik utama dan Generator Set (Genset) sebagai sumber listrik cadangan ketika PLN mati, yang berada di rumah sakit bunda thamrin. Observasi ini meliputi studi dokumentasi alur kelistrikan dan sistem kerja keandalan kelistrikan rumah sakit bunda thamrin.

4. Wawancara

Wawancara pada penelitian ini dilakukan dengan cara tanya jawab kepada kepala teknisi rumah sakit bunda thamrin. Hal ini dilakukan untuk dapat pengumpulan data di rumah sakit bunda thamrin.

5. Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan untuk menentukan data yang kongkrit yang akan dianalisis.

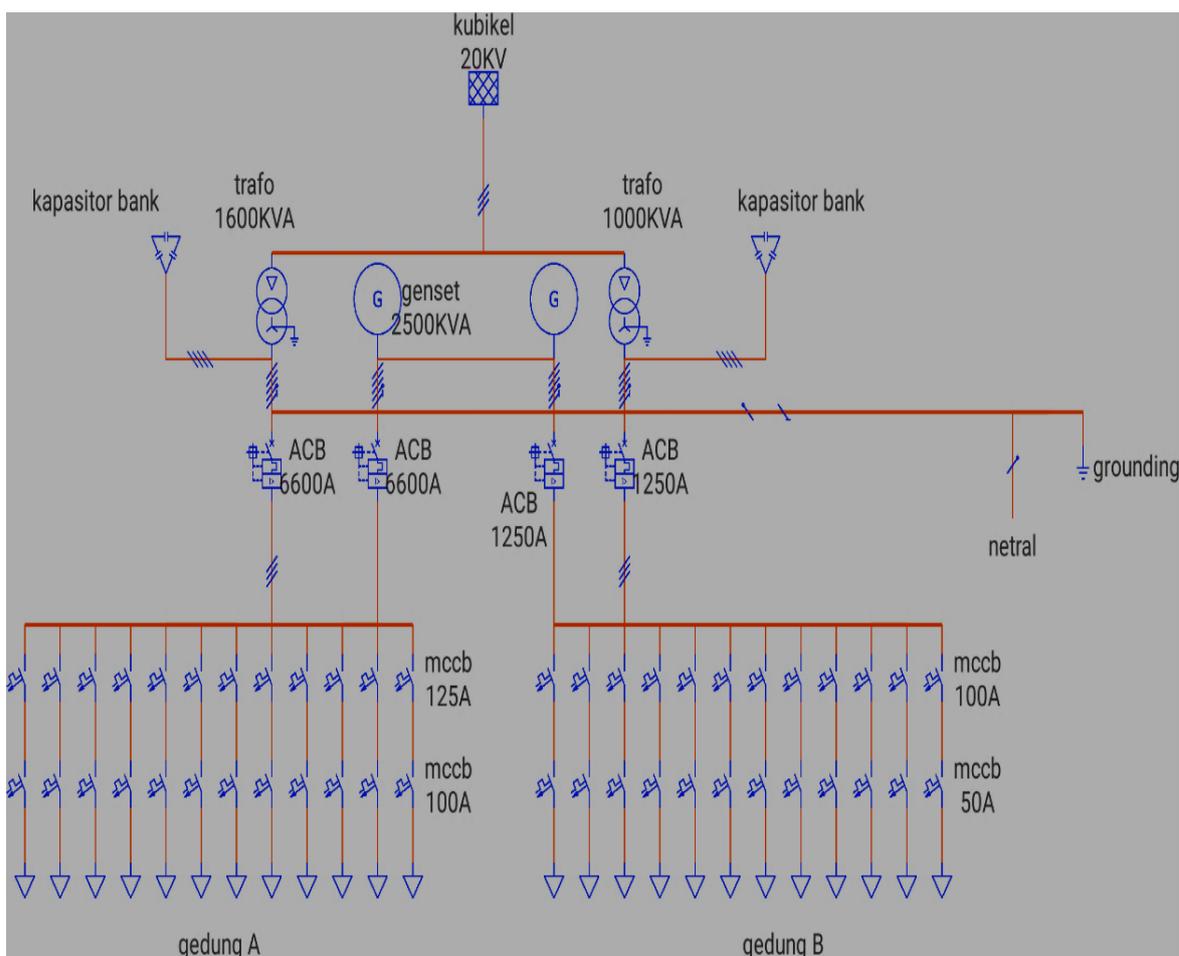
6. Analisis hasil

Memahami dan menganalisis data-data yang sudah diolah.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Sistem kelistrikan rumah sakit Bunda Thamrin

Dari hasil yang peneliti dapat di rumah sakit Bunda Thamrin, dimana sistem kelistrikan gedung rumah sakit Bunda Thamrin menggunakan sistem radial, dimana sumber utama untuk mensuplai listrik berasal dari PLN. Dan memiliki 2 Generator set (Genset) sebagai sumber listrik cadangan Seperti pada Gambar 4.1. Apabila PLN mati atau mengalami gangguan maka sumber untuk mensuplai listrik ke beban menggunakan Generator set sebesar 2500KVA dengan *delay* 10 detik. Dimana generator set ini untuk mensuplai tenaga listrik yang dibutuhkan. Sumber listrik dari PLN dihubungkan ke Kubikel Transmisor sebagai Proteksi kemudian dihubungkan dengan transformator penurun tegangan (*Step Down*) 20KV/400V dengan kapasitas 1600 KVA untuk gedung (A) dan 1000 KVA untuk gedung (B).

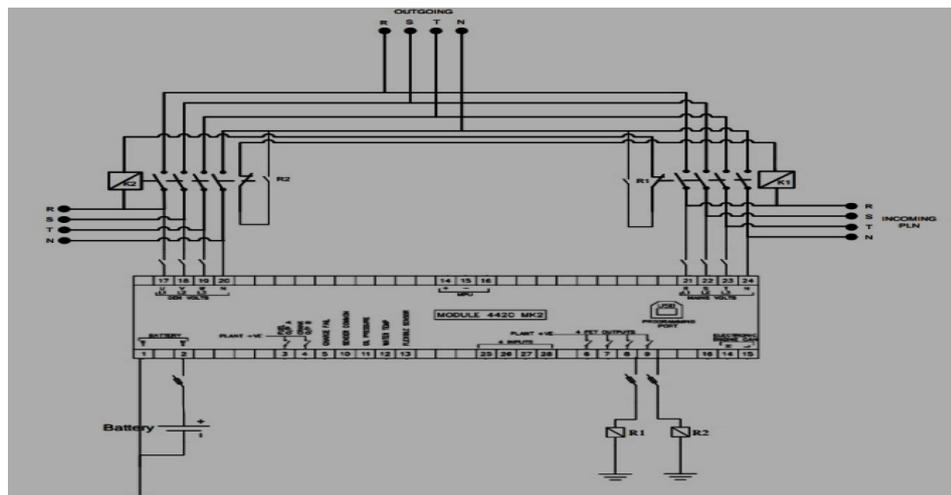


Gambar 4.1 Sistem Kelistrikan RS Bunda Thamrin

4.2 Sistem ATS-AMF Transformator Dan Generator Set (Genset)

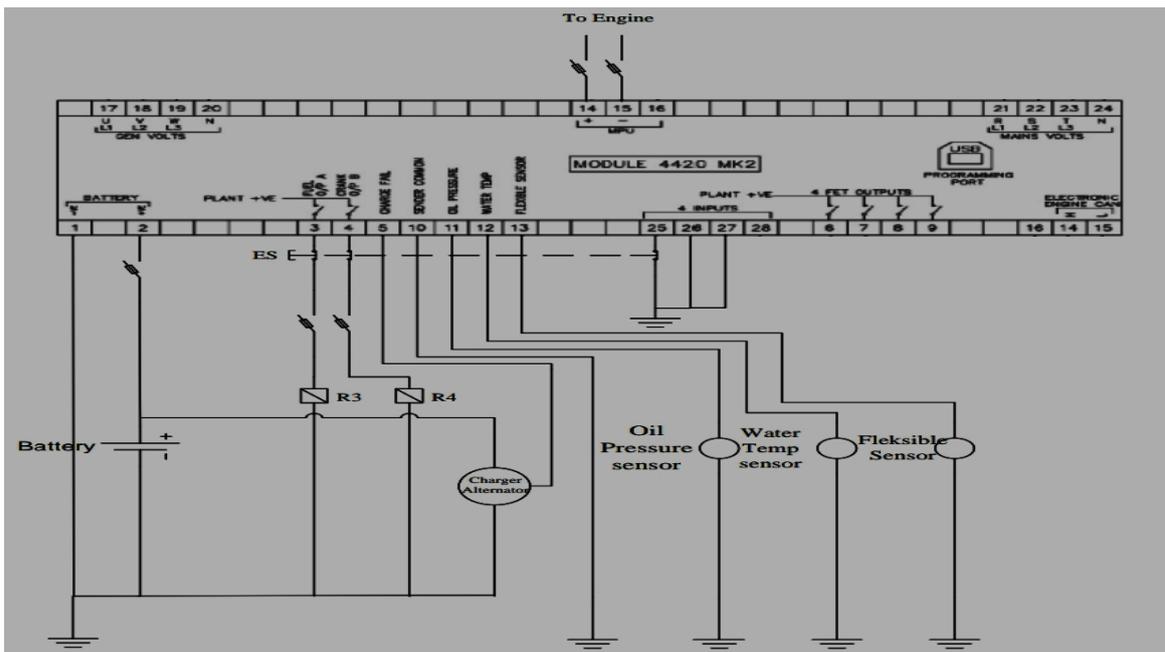
Sistem kendali PLN 1600 KVA dan GENSET 2500 KVA yang digunakan rumah sakit bunda thamrin menggunakan ATS-AMF modul *Deep Sea 4420*, pada ATS untuk mentransfer switch digunakan 2 buah kontaktor 4 pole sebagai circuit breaker PLN dan GENSET. Pada modul *Deep Sea 4420* terdapat relai (R1) sebagai pengendali kontaktor (K1) PLN dan relai (R2) sebagai pengendali kontaktor (K2) GENSET.

Jika relai R1 maka kontaktor K1 juga aktif, dengan aktifnya kontaktor K1 akan menonaktifkan kontaktor K2. Persyaratan ATS adalah *interlocking* atau saling mengunci yakni antara K1 dan K2 tidak diperbolehkan aktif secara bersamaan. ATS ini memiliki mode pengoperasian secara manual dan otomatis, untuk catu daya modul berasal dari caru daya mandiri yaitu berasal dari tegangan baterai. Berikut Gambar 4.2 wiring diagram ATS dengan *Deep Sea 4420*.



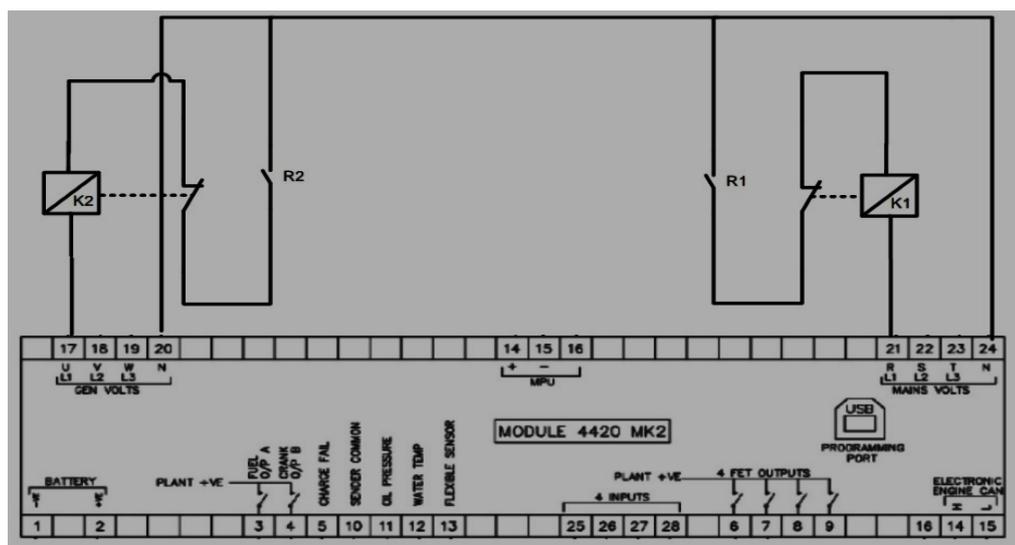
Gambar 4.2 Wiring Diagram ATS Dengan *Deep Sea 4420*

Sedangkan untuk AMF (Automatic main Failure) berfungsi untuk start dan stop mesin genset secara otomatis dan manual. Pada rangkaian ini relai R4 digunakan untuk menghidupkan motor starter atau *start engine* pada genset. Sedangkan relai R3 digunakan untuk stop engine atau mematikan mesin. Pada rangkaian terdapat beberapa sensor antara lain *Oil Pressure Sensor*, dan *Fleksible Sensor*, sensor tersebut digunakan untuk mengetahui gangguan pada genset. Gambar 4.3 Apabila salah satu sensor tersebut bekerja maka akan menampilkan informasi pada layar modul atau mengaktifkan alarm, jika terjadi gangguan melampaui batas yang ditentukan maka modul akan mematikan genset melalui relai R3.



Gambar 4.3 Wiring diagram AMF *Deep Sea* 4420

Pada Gambar 4.4 *Circuit breaker* sistem ATS menggunakan kontaktor 4 pole dengan rating 150 A. Antara kontaktor k1 dan kontaktor K2 diharuskan saling mengunci yaitu jika K1 aktif maka mematikan K2 atau sebaliknya jika K2 aktif maka mematikan K1. Tidak diijinkan K1 dan K2 aktif bersamaan, sebagai catu daya mengutamakan PLN, sehingga jika catu daya PLN dan GENSET aktif maka sistem akan mentransfer daya PLN ke beban.



Gambar 4.4 *Circuit Breaker* ATS

Pada Tabel 4.1 dibawah ini pengujian secara manual menggunakan *push button* ON dan OFF untuk mengaktifkan K1 dan K2, pengujian dilakukan untuk mengetahui fungsi *interlock* antara K1 dan K2, catu daya prioritas antara PLN dan Genset. Hasil pengujian secara manual bekerja dengan baik.

Tabel 4.1 Pengujian ATS Secara Manual

Status	K1	K2	R1	R2	R3	R4
PLN ON- GENSET ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
PLN ON- GENSET OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
PLN OFF- GENSET ON	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF

Pengujian ATS secara otomatis dilakukan dengan mengubah saklar pada mode otomatis, jika K1 ON maka K2 OFF atau sebaliknya, jika R1 dan R2 sebagai pengendali kontaktor. Berikut pengujian ATS secara otomatis dengan baik, perhatikan Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Pengujian ATS Secara Otomatis

Status	K1	K2	R1	R2	R3	R4
PLN ON- GENSET ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
PLN ON- GENSET OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
PLN OFF- GENSET ON	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF

Untuk pengujian *automatic main failure* mode manual dilakukan untuk menghidupkan GENSET dengan baik jika terdapat pemadaman PLN atau jika PLN hidup kembali apakah sistem bisa mematikan Genset, penggunaan AMF bisa juga digunakan secara manual dan otomatis. Pada sistem AMF ini digunakan relai R4 untuk melakukan *start*

engine dan relai R3 sebagai *start engine* dan *fuel pump*. Untuk mengetahui ON dan OFF relay pada mode manual berikut Tabel 4.3 pengujiannya.

Tabel 4.3 Pengujian AMF Secara Manual

Status	K1	K2	R1	R2	R3	R4
Start Engine	OOFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON
Stop Engine	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

Sedangkan untuk pengujian AMF mode otomatis dilakukan dengan menekan tombol *Auto* pada modul, jika catu daya PLN OFF maka modul akan memerintahkan relai R3 dan R4 untuk aktif menghidupkan Genset berikut Tabel 4.4 pengujian dengan mode otomatis

Tabel 4.4 Pengujian AMF Secara Otomatis.

Status	K1	K2	R1	R2	R3	R4
Start Engine	OOFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON
Stop Engine	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

Modul akan memerintahkan relai R3 dan R4 aktif sebanyak tiga kali, apabila dalam proses pertama start engine sudah menyala maka proses kedua dan ketiga diabaikan, jika sudah tiga kali proses start engine tidak berhasil maka *start engine* gagal (*fail to start*), sedangkan untuk proses stop engine dilakukan secara otomatis oleh modul dengan mematikan relai R3 dan R4.

4.3 Perhitungan kapasitas transformator 1 di gedung A

Pembebanan trafo distribusi maksimal adalah 80% dari arus nominal trafo, hal ini dilakukan untuk mengantisipasi timbul nya gangguan yang dapat mengakibatkan kegagalan operasi dan untuk memperpanjang umur kerja trafo. Maka beban maksimal Trafo distribusi Rumah Sakit Bunda Thamrin dengan kapasitas 1600 KVA dengan $\text{Cos}\phi$ 0,99 yang dapat dibebani adalah:

$$P = S \times \text{Cos}\phi \text{ (setelah perbaikan daya)}$$

$$= 1600 \times 0,99$$

$$P = 1584 \text{ KW (Dengan dibebani 100\%)}$$

Untuk beban maksimalnya adalah:

$$P = 1584 \times 80\% \text{ (safety Factor transformator)}$$

$$= 1267,2 \text{ KW}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, beban maksimal untuk menjaga keamanan dan umur tranformator adalah 1267,2 KW

4.4 Perhitungan kapasitor bank

Kapasitor bank adalah sekumpulan peralatan yang berfungsi untuk memperbaiki faktor daya. Untuk meningkatkan besarnya nilai faktor daya maka dibutuhkan pemasangan kompensator daya reaktif tambahan berupa kapasitor bank. Dari analisa data yang didapat dirumah sakit sakit bunda thamrin, dimana pada gedung A menggunakan transformator dengan nilai daya sebesar 1600 KVA dan $\cos \varphi$ dari PLN sebesar 0,80.

Jumlah KVAR untuk memperbaiki faktor daya ($\cos \varphi$) yang diinginkan rumah sakit bunda thamrin sebesar 0,99 yaitu :

1. menghitung daya aktif sebelum perbaikan faktor daya dengan menggunakan persamaan (2)

$$\begin{aligned} P &= S \times \cos \varphi \text{ (dari PLN)} \\ &= 1600 \times 0,80 \\ &= 1280 \text{ KW} \end{aligned}$$

2. Kemudian menghitung Q_{awal} dengan menggunakan persamaan (12)

$$\begin{aligned} Q_{\text{awal}} &= \sqrt{S^2 - P^2} \\ &= \sqrt{1600^2 - 1280^2} \\ &= 960 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

3. menghitung daya aktifnya untuk memperbaiki faktor daya dengan persamaan (2)

$$\begin{aligned} P &= S \times \cos \varphi \text{ (yang diinginkan)} \\ &= 1600 \times 0,99 \\ &= 1584 \text{ KW} \end{aligned}$$

4. Kemudian menghitung Q_{akhir} dengan menggunakan persamaan (12)

$$\begin{aligned} Q_{\text{akhir}} &= \sqrt{S^2 - P^2} \\ &= \sqrt{1600^2 - 1584^2} \\ &= 225 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

5. Maka selanjutnya menghitung Q_{total} menggunakan persamaan (13)

$$\begin{aligned} Q_{\text{total}} &= Q_{\text{awal}} - Q_{\text{akhir}} \\ &= 960 - 225 \\ &= 735 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

Dari penelitian yang peneliti dapat, Panel Kapasitor Bank Rumah Sakit Bunda Thamrin menggunakan 12 Step dimana:

40 KVAR = 4 Step, 30 KVAR X 2 = 5 Step, 50 KVAR = 3 Step

Maka total KVAR untuk rumah sakit bunda thamrin adalah

$$40 \times 4 = 160$$

$$30 \times 10 = 300$$

$$50 \times 3 = 150, \text{ Maka total} = 610 \text{ KVAR.}$$

Dari hasil perhitungan diatas ada terdapat perbedaan KVAR dimana C total perhitungan dengan kapasitor yang sudah tertera di Rumah sakit bunda thamrin antara 735 KVAR dengan 610 KVAR, maka hasil Metode wawancara yang peneliti dapat. Dimana beban reaktif di rumah sakit bunda thamrin tidak terlalu banyak. Masih tertoleransi dengan kapasitas KVAR sebesar 610 KVAR.

4.5 Kuat Hantar Arus (KHA)/ Kabel

Dalam kelistrikan Kemampuan Hantar Arus sangat di perhitungkan untuk keandalan suatu instalasi kelistrikan dan menyesuaikan dengan Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Dari hasil observasi lapangan pada Tabel 4.5 adalah untuk Kemampuan Hantar Arus (KHA) yang digunakan pada Rumah Sakit Bunda Thamrin.

Tabel 4.5 Spesifikasi Kabel

Komponen	Jenis Kabel	Ukuran Kabel	Ampere
Kubikel (MVMDP)	N2XSY	1 x 150mm ²	46,19
Transformator	NYY	8 x 1 x 300mm ²	2309,40
Generator Set (Genset)	NYY	8 x 1 x 300mm ²	3798,47
UPS	NYY	4 x 1 x 70 mm ²	337
Grounding	NYA	¹ x 50 mm ²	-

4.5.1 Perhitungan Kemampuan Hantar Arus (KHA) *Cubikel*

Untuk menghitung Kuat Hantar Arus (KHA) *Cubikel* maka digunakan persamaan (2.20).

$$I_n = \frac{\text{Daya Total Trafo}}{\sqrt{3} \times K_v}$$

$$= \frac{1600 \text{ kva}}{1.73 \times 20 \text{ kv}}$$

$$= \frac{1600 \text{ kva}}{34.600} \rightarrow I_n = 46,24$$

$$I_{KHA} = I_n \times 125\%$$

$$= 46,24 \times 1,25$$

$$= 57,8 \text{ A}$$

Setelah diketahui kuat hantar arus (KHA) dari perhitungan diatas kemudian dihitung kembali *derating temperature*. Untuk *derating temperature* perhatikan Tabel 4.6 *Ground temperature* dengan 50 °C.

$$KHA = I_{KHA} : \text{Derating Factor.}$$

$$= 57,8 : 0,72$$

$$= 80,27 \text{ A}$$

Tabel 4.6 Derating Factors Kabel N2XSY

Ground temperatures (°C)								
	20	25	30	35	40	45	50	
XLPE insulation	1.08	1.04	1.00	0.96	0.91	0.87	0.82	
PVC insulation	1.12	1.07	1.00	0.94	0.87	0.79	0.72	
Thermal resistivity of soil (°C.cm/watt)								
	70	100	150	250				
XLPE insulation	1.12	1.0	0.87	0.78				
PVC insulation	1.11	1.0	0.82	0.70				
Depth of laying (cm)								
	50	70	100	120	160	200		
XLPE insulation	1.02	1.00	0.98	0.97	0.95	0.94		
PVC insulation	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96		
Number Of grouping								
	1	2	3	4	5	6	8	10
XLPE insulation	1.00	0.86	0.76	0.71	0.67	0.64	0.60	0.57
PVC insulation	1.00	0.85	0.75	0.68	0.64	0.60	0.56	0.23

Dari hasil perhitungan KHA, kabel N2XSY dengan ukuran 1x150mm² sesuai Tabel 4.7 dan ketentuan Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL) maka dapat kita ketahui bahwa kabel N2XSY (Memenuhi Syarat). Dan contoh kabel N2XSY perhatikan Gambar 4.5. Sedangkan untuk Perhitungan Kemampuan Hantar Arus Trafo dan Generator Set menggunakan rumus yang sama dengan rumus menghitung KHA *cubikel*. Hanya saja 20 KV diubah jadi 400/380 volt.

Tabel 4.7 Spesifikasi Kabel N2XSY 24 KV

DIMENSIONAL AND ELECTRICAL DATA											
Nominal cross-sectional area				mm ²	35	50	70	95	120	150	185
Conductor diameter (approx)				mm	7,5	8,25	9,9	11,7	13,1	14,3	16,3
Nominal insulation thickness				mm	5,5						
Insulation diameter (approx)				mm	19,7	20,9	22,5	24,3	25,7	26,9	28,9
Nominal outer sheath thickness				mm	1,8	1,8	1,9	1,9	2	2	2,1
Overall cable diameter (approx)				mm	26	27	29	31	32	34	36
Cable net weight (approx)	CU			Kg/Km	100	1.200	1.400	1.700	2.000	2.300	2.700
	AL				800	900	1.000	1.100	1.300	1.400	1.600
Standard length per-reel				m	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minimum bending radius				mm	330	350	390	420	450	480	520
Max. DC conductor resistance	CU			Ω/Km	0,524	0,387	0,268	0,193	0,153	0,124	0,0991
at 20°C	AL				0,868	0,641	0,443	0,320	0,253	0,206	0,164
Min. insulation resistance at 20°C				MΩ.Km	1.300	1.200	1.100	1.000	900	900	800
Capacitance per phase				μF/ Km	0,136	0,149	0,169	0,190	0,206	0,220	0,243
Inductance per phase		o		mH/Km	0,447	0,426	0,403	0,382	0,368	0,359	0,345
		o o			0,632	0,611	0,588	0,566	0,553	0,544	0,530
		o o o									
Max.short circuit current of conductor	CU			KA/sec	5,18	7,36	10,26	13,88	17,49	21,81	26,86
	AL				3,45	4,89	6,81	9,19	11,58	14,43	17,76
Max.short circuit current of screen					2,77	2,92	3,14	3,38	3,57	4,66	3,99
Maximum current carrying capacity at 30°C	in air	o	CU	A	199	238	296	358	412	466	532
		o o	AL		155	184	229	278	320	363	415
		o o o	CU		233	279	347	420	488	540	614
			AL		180	217	240	328	378	425	485
	in ground	o	CU		181	214	262	312	353	394	445
		o o	AL		139	165	3	242	276	307	348
		o o o	CU		205	240	292	347	391	427	478
			AL		158	187	228	271	307	339	380
AC test voltage				KV/5 min	42 (IEC), 30(SPLN)						



Gambar 4.5 Kabel *Cubikel* 24 KV

Untuk perhitungan I_{KHA} Transformator maka menggunakan rumus persamaan 2.17.

Transformator:

$$I_n = \frac{\text{Daya Total Trafo}}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi}$$

$$= \frac{1.600.000 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times 400V \times 0,99}$$

$$= 2443,8 \text{ A}$$

$$I_{KHA} = 2443,8 \times 125\%$$

$$= 2443,8 \times 1,25$$

$$KHA = 3054,8 \text{ A}$$

$$= 3054,8 \text{ A} : 8 \text{ (Setiap output Phasa dipasang 2 kabel)}$$

$$= 381,8 \text{ A}$$

Kabel Transformator menggunakan NYY 8 x (1x300mm²) dipasang dengan KHA terus menerus 3054,8 tiap kabel dengan suhu keliling 30 °C. Jika dipasang 8 kabel maka KHAnyanya menjadi 381,8 A. Dari Tabel 4.8 kabel NYY 300mm² berurat 2 dengan KHA 381,8 A sudah mencukupi sesuai Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL).

Tabel 4.8 Kemampuan Hantar Arus NYY

Luas Penampang Nominal	Kemampuan Hantar Arus Kabel					
	Berurat Tunggal		Berurat Dua		Berurat 3 dan 4	
	Di Tanah	Di Udara	Di Tanah	Di Udara	Di Tanah	Di Udara
mm ²	A	A	A	A	A	A
1,5	33	26	27	21	24	18
2,5	45	35	36	29	32	25
4	58	46	47	38	41	34
6	74	58	59	48	52	44
10	98	80	78	66	69	60
16	129	105	102	90	89	50
25	169	140	134	120	116	105
35	209	175	160	150	138	130
50	249	215	187	180	165	160
95	374	335	280	275	245	245
120	427	390	320	320	280	285
150	481	445	356	375	316	325
185	552	510	409	430	356	370
240	641	620	472	510	414	435
300	730	710	525	590	463	500
400	854	850	605	710	534	600
500	988	1000				

Tabel 4.8 adalah spesifikasi Luas penampang kabel NYY dari ukuran 1.5mm² - 500 mm², dan Kuat Hantar Arus yang dilalui kabel sesuai ukuran penampangnya.

Untuk menghitung Kuat Hantar Arus Genset menggunakan rumus persamaan 2.17.

Generator Set:

$$I_n = \frac{\text{Daya Total Trafo}}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi}$$

$$= \frac{20000000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8}$$

$$= 3802,8$$

$$I_{KHA} = I_n \times 125\%$$

$$= 3802,8 \times 1,25$$

$$= 4.753,5$$

$$= 4.753,5 : 8 \text{ (setiap output phasa dipasang 2 kabel)}$$

$$= 594,18$$

Menggunakan kabel NYY 8 x (1x300mm²) dipasang dengan KHA terus menerus 4753,5 A dengan suhu keliling 30 °C. Jika dipasang 8 kabel maka KHanya menjadi 594,18 A. Dari Tabel 4.8 kabel NYY 300mm² berurat 2 dengan KHA 594,18 A sudah mencukupi sesuai Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL).

4.6 Pengukuran Panel SDP

Berikut pengukuran Sub Distribusi Panel (SDP) di setiap lantai.

Tabel 4.9 Pengukuran Panel SDP 220 Volt.

Lantai	3 Phasa	Tegangan (Volt)	Arus Penerangan (Ampere)	Arus AC (Ampere)	Cos Phi	grounding	Nilai
1	R	224	4,6	20	0,99	R-G	209 Ω
	S	223	5,2	22	0,99	S-G	211 Ω
	T	225	3,7	32	0,99	TG	253 Ω
	I rata-rata		11	52,6			
2	R	224	2,3	14,3	0,99	R-G	209 Ω
	S	223	4	7,5	0,99	S-G	211 Ω
	T	225	4	22	0,99	TG	253 Ω
	I rata-rata		7,6	28,8			
3	R	224	3,6	7,7	0,99	R-G	209 Ω
	S	223	0,6	5,6	0,99	S-G	211 Ω

	T	225	5,6	11,8	0,99	TG	253 Ω
	I _{rata-rata}		6	25,1			
4	211 Ω	224	1,3	16,5	0,99	R-G	209 Ω
	S-N	223	3,7	17,7	0,99	S-G	
	T-N	225	3,6	20,2	0,99	TG	253 Ω
	Total		6,2	40,9			
5	R	224	2	10,6	0,99	R-G	209 Ω
	S	223	1,9	16,2	0,99	S-G	211 Ω
	T	225	2,4	34	0,99	TG	253 Ω
	I _{rata-rata}		4,7	38,13			
6	R	224	21	25,8	0,99	R-G	209 Ω
	S	223	8,9	30	0,99	S-G	211 Ω
	T	225	4,4	15,6	0,99	TG	253 Ω
	I _{rata-rata}		31,36	61			
7	R	224	22	37,8	0,99	R-G	209 Ω
	S	223	18,3	37,4	0,99	S-G	211 Ω
	T	225	16	38	0,99	TG	253 Ω
	I _{rata-rata}		45,6	87,8			
8	R	224	5,3	21,3	0,99	R-G	209 Ω
	S	223	17	20,8	0,99	S-G	211 Ω
	T	225	11	19,6	0,99	TG	253 Ω
	I _{rata-rata}		25,9	48,6			

Pada Tabel 4.9 diatas adalah hasil Studi Observasi, Metode ini dilakukan dengan terjun langsung ke lapangan, mengambil data dari lokasi penelitian agar mendapatkan data *real/valid* untuk menunjang dalam menghitung total beban yang mampu dibebani setiap MCCB pada panel SDP Rumah Sakit Bunda Thamrin.

4.7 Analisa Perhitungan Daya (P) Panel SDP Setiap lantai

4.7.1 Daya Maksimal.

Untuk mendapatkan besar nilai daya (P) pada setiap lantai dirumah sakit bunda thamrin yaitu dengan melihat $I_{rata-rata}$ pada tabel 4.9 diatas, maka perhitungan daya (P) yang dapat dibebani pada setiap Panel SDP lantai 1 sampai 8 perhatikan Tabel 4.10, dimana MCCB yang digunakan untuk penerangan sebesar 50A dan untuk AC 80A. Sesuai dengan persamaan 2.4, maka daya (P) maksimal untuk setiap MCCB panel Penerangan dan AC digedung A yaitu:

Penerangan	AC
$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi$	$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi$
$= 1,73 \times 380 \times 50 \times 0,99$	$= 1,73 \times 380 \times 80 \times 0,99$
$= 32 \text{ KW}$	$= 52 \text{ KW}$

4.7.2 Daya Terpasang.

Total arus seimbang dan beban daya (P) terpasang pada semua lantai di gedung A untuk Penerangan dan AC sesuai tabel 4.4 yaitu menggunakan persamaan (2.12 dan 2).

Lantai 1: Penerangan	AC
$I_{rata-rata} = \frac{4,6+5,2+3,7}{3}$	$I_{rata-rata} = \frac{20+22+32}{3}$
$= 11 \text{ A}$	$= 52,6 \text{ A}$
$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \phi$	$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \phi$
$= 1,73 \times 380 \times 11 \times 0,99$	$= 1,73 \times 380 \times 52,6 \times 0,99$
$= 7.167 \text{ Watt}$	$= 34.274 \text{ Watt}$

Dari hasil perhitungan panel SDP (sub distribusi panel) penerangan dan AC di lantai 1, maka untuk hasil perhitungan lantai 1 sampai 8 berikut pada table 4.10.

Tabel 4.10 Beban Terpakai Di SDP Penerangan Dan AC

Lantai	Daya penerangan (W)	Daya AC (W)
1	7.167	34.274
2	4.952	18.766
3	3.909	16.355
4	4.039	26.063
5	3.062	24.845

6	20.434	39.474
7	29.712	52.210
8	16.876	31.667
Total	89.551	243.654
Total keseluruhan	333,205	

Dari Tabel 4.10 hasil perhitungan daya pada panel SDP penerangan dan AC, untuk Kuat Hantar Arus (KHA) yang digunakan pada setiap lantai, perhatikan Tabel 4.8 diatas.

4.8 Total Daya Di Gedung A

Didalam panel *low voltage main distribution panel* (LVMDP) terdapat berbagai macam alat ukur baik tipe analog sampai tipe digital, alat ukur yang digunakan pada penelitian ini adalah : Ampere meter, Volt meter, Cos phi, Daya dan Frekuensi. Pada penelitian ini peneliti mendapatkan total beban keseluruhan pada gedung A, Rumah Sakit Bunda Thamrin perhatikan Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Total Beban Terpasang Pada Panel LVMDP

Phasa	Ampere meter (A)	Volt meter (V)	Cos φ
R	500	380/400	0,99
S	500	380/400	0,99
T	500	380/400	0,99
Daya (KW)	Frekuensi (Hz)		
250	50		

Dari hasil perhitungan beban keseluruhan pada panel Sub Distribution Panel (SDP) disetiap lantai dengan nilai 333,502 dan hasil perhitungan Transformator dengan beban maksimal dengan nilai 1267,2 KW maka Rumah Sakit Bnda Thamrin masih dapat menambah beban hingga mencapai 1267,2 KW.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah penulis laksanakan di rumah sakit Bunda Thamrin dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk menghitung kuat hantar arus Medium Voltage Main Distribution Panel (MVMDP) dan Transformator kita harus Mengetahui berapa daya dan arus nominal (In) yang harus di suplay ke beban kemudian dikalikan dengan 125% sebagai *safety Factor*.
2. Dimana sistem kelistrikan gedung rumah sakit Bunda Thamrin menggunakan sistem radial dan sesuai dengan PUIL (Peraturan Umum instalasi Listrik). Dimana sumber utama untuk mensuplai listrik berasal dari PLN dengan tegangan 20 KV kemudian diturunkan dengan Transformator dengan Kapasitas 1600 KVA dan 1000 KVA, dan rumah sakit bunda thamrin Memiliki 2 buah GENSET sebagai sumber listrik cadangan dengan kapasitas 2500 KVA dan 800 KVA. Hasil perhitungan beban keseluruhan pada panel Sub Distribution Panel (SDP) disetiap lantai dengan nilai 333,502 dan hasil perhitungan Transformator dengan beban maksimal dengan nilai 1267,2 KW maka Rumah Sakit Bunda Thamrin masih dapat menambah beban hingga mencapai 1267,2 KW. Dan sistem kendali PLN 1600 KVA dan GENSET 2500 KVA yang digunakan rumah sakit bunda thamrin menggunakan ATS-AMF modul Deep Sea 4420,
3. Pengaman yang digunakan untuk sistem keandalan pada rumah sakit bunda thamrin, yaitu, *kubikel, surge arrester, phase failure relay, circuit breaker dan grounding*.

5.2 Saran

Dari hasil kesimpulan diatas maka penulis menyarankan untuk RS Bunda Thamrin, agar lebih mempermudah maintenance dan pemeriksaan tegangan, ampere, dan daya. maka supaya memasang Setiap panel MDP dan SDP tiap lantai, alat ukur Volt meter: tegangan, ampere dan daya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Yunus, Muhammad Yusuf, et al. "ANALISIS TINGKAT KEANDALAN KELISTRIKAN RUMAH SAKIT PENDIDIKAN UNHAS." *Jurnal Teknik Mesin Sinergi* 14.2 (2019): 162-170.
2. Deani, Amanda, Elsa Roselina, and Ari Nurfikri. "PEMELIHARAAN BERKALA GENERATOR SET RUMAH SAKIT." *Jurnal Vokasi Indonesia* 11.1 (2023): 3.
3. Doloksaribu, Parlindungan. "Analisa Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik." *Jurnal Teknik Elektro Univ. Cendrawasih* 1.1 (2010): 20-25.
4. Saralina, Maya, and Bagus Dwi Cahyono. "PERANCANGAN PANEL KAPASITOR BANK 1200KVARDI PT. TIGA KREASI INDONESIA." *Jurnal Ilmiah Teknik* 1.3 (2022): 32-39.
5. Setiawan, Hendra Mars, and Puspa Ayu Yohana. "Metode Pengoperasian Kubikel 24 kV Tipe SM6 Pada Laboratorium Proteksi Dan Distribusi Di Politeknik Negeri Banjarmasin." *Integrated Lab Journal* 7.2 (2019).
6. NJanis, Vinny, et al. "Perencanaan Sistem Distribusi 20 KV Siau Tahun 2020." *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* 2.1 (2013).
7. Naibaho, Nurhabibah, and Mohammad Yoverly. "ANALISA PERHITUNGAN KEBUTUHAN GENSET STAMFORD 670 KVA PADA APARTEMEN MUSTIKA GOLF RESIDENCE CIKARANG JAWA BARAT." *Jurnal Elektro* 10.1 (2022): 11-19.
8. Ramadhani, Syaru, et al. "Analisis Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan di Gedung dan di Gardu induk pada Rumah Sakit Grand Mitra Medika Medan." *JET (Journal of Electrical Technology)* 6.3 (2021): 136-144.
9. Suhanto, Suhanto. "RANCANG BANGUN SISTEM AUTOMATIC TRANSFER SWITCH DAN AUTOMATIC MAINS FAILURE PADA GENERATOR SET 80 KVA DENGAN DEEP SEA ELECTRONIC 4420." *Prosiding SENIATI* 4.1 (2018): 211-217.
10. Yusmartato, Yusmartato, et al. "Pengukuran Grounding Pada Gedung Rumah Sakit Grand MitraMedika Medan." *JET (Journal of Electrical Technology)* 6.1 (2021): 23-30.
11. Ferdiansyah, Indra, et al. "Desain SPWM Single Phase Full Bridge Inverter pada Sistem Uninterruptible Power Supply 500W." *Jurnal Arus Elektro Indonesia* 7.1 (2021): 10-16.
12. Setiaji, N., Sumpena, S., & Sugiharto, A. (2022). Analisis Konsumsi Daya Dan Distribusi Tenaga Listrik. *JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI*, 11(1).

13. Tanjung, Abrar. "ANALISIS KINERJA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI RUSUNAWA UNIVERSITAS LANCANG KUNING PEKANBARU." *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri* 1.1 (2016): 33-40.
14. Teguh Sulisty, T. S., et al. "PERHITUNGAN KEBUTUHAN KAPASITOR DAYA (CAPACITOR BANK) PADA SISTEM KELISTRIKAN GEDUNG RSG GAS." *Buletin" Reaktor"* (2007).
15. Sugianto, Sugianto, and Abdul Muis. "INSTALASI LISTRIK PADA GEDUNG BERTINGKAT." *SINUSOIDA* 23.1 (2021): 40-49.
16. Saifuddin, M. Abdu H., Idham A. Djufri, and M. Natsir Rahman. "Analisa Kebutuhan Daya Listrik Terpasang Pada Gedung Kantor Bupati Kabupaten Halmahera Barat." *JurnalPROtek* 5.1 (2018).
17. Tjahjono, Gunadi, et al. "Perakitan Dan Pengujian Panel Daya Listrik Portable Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP) Dengan Proteksi Urutan Fasa." *JURNAL SPEKTRO* 5.1 (2022): 1-9.
18. Yendi, Esye, and Lesmana Sigit. "Analisa perbaikan faktor daya sistem kelistrikan." *Jurnal Sains & Teknologi Fakultas Teknik* 11.1 (2021): 103-113
19. Prayogo, Jimmy Arimas, and Choirul Mufit. "Analisis Perawatan Berkala Trafo Distribusi 800 kVA pada Rumah Sakit X Kota Tangerang." *Elektrika* 15.1 (2023): 45-48.
20. Nisworo, Sapto, et al. "PERENCANAAN JARINGAN LISTRIK BAWAH TANAH GUNA MENINGKATKAN KEANDALAN KELISTRIKAN RUMAH SAKIT JIWA." *JURNAL PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT* 28.3: 259-264.
21. Joto, Ruwah, and Muhammad Urfan Barran Rusyda Marzuq. "Analisis Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Listrik dan Perkembangan Beban Pada Perumahan The Grand Kenjeran Surabaya." *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan* 9.3 (2022): 146-154.
22. TAOFEQ, TOPAN, BAMBANG ANGGORO, and TEGUH ARFIANTO. "Perancangan Sistem Kelistrikan Pada Pusat Listrik Tenaga Minihidro Lapai 2x2000 kW di Sulawesi Tenggara." *REKA ELKOMIKA* 1.2 (2013).