

TUGAS AKHIR

ANALISA PERENCANAAN SISTEM HYBRID SUPLAI DAYA CADANGAN PADA RUANGAN PRIORITAS RSUD TANJUNG PURA

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

GILANG RAIS DARMAWAN
2007220027



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Gilang Rais Darmawan

NPM : 2007220027

Program Studi : Teknik Elektro

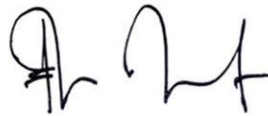
Judul Skripsi : Analisa Perencanaan Sistem Hybrid Suplai Daya Cadangan Pada
Ruangan Prioritas RSUD Tanjung Pura

Bidang Ilmu : Sistem Kendali

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Elvy Sahnur Nasution, S. T., M. Pd

Dosen Penguji I



Faisal Irsan Pasaribu, S. T., M. T.

Dosen Penguji II



Rahmat Fauzi Siregar, S. T., M. T.

Program Studi Teknik Elektro



Faisal Irsan Pasaribu, S. T., M. T.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Gilang Rais Darmawan
Tempat/Tanggal Lahir : Tanjung Morawa/16 Februari 2002
Npm : 2007220027
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir Saya yang berjudul :

“Analisa Perencanaan Sistem Hybrid Suplai Daya Cadangan Pada Ruangan Prioritas RSUD Tanjung Pura”.

Bukan Merupakan Plagiarisme, Pencurian hasil karya orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain yang hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara Orisinil dan Otentik.

Bila Kemudian Hari diduga Kuat ada ketidak sesuaian antara Fakta dan kenyataan ini, Saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan Sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan Kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya perbuat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 04 November 2024
Saya yang menyatakan,



Gilang Rais Darmawan

ABSTRAK

Penjaminan kontinuitas suplai daya pada ruangan prioritas di rumah sakit merupakan hal yang krusial untuk memastikan keberlangsungan layanan medis yang optimal, terutama dalam situasi darurat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perencanaan sistem hybrid suplai daya cadangan pada ruangan prioritas di RSUD Tanjung Pura. Metodologi yang digunakan meliputi analisis kebutuhan daya, evaluasi sistem suplai daya yang ada, serta perancangan sistem hybrid yang menggabungkan genset dengan sumber energi terbarukan. Studi ini mengidentifikasi kriteria utama untuk sistem cadangan daya yang efisien, termasuk kapasitas, keandalan, dan integrasi dengan sistem utama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perancangan sistem hybrid mampu meningkatkan keandalan dan mendukung diterapkannya *green energy*, serta mengurangi risiko gangguan layanan medis. Rekomendasi dari penelitian ini termasuk implementasi sistem pengendalian otomatis dan penghematan biaya maintenance untuk memastikan performa optimal dari sistem suplai daya cadangan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap kemajuan sistem energi di RSUD Tanjung Pura dan meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan.

Kata kunci : Suplai Daya Cadangan, PLTS, Energi Terbarukan, RSUD Tanjung pura.

ABSTRACT

Ensuring the continuity of power supply in priority rooms at hospitals is crucial for maintaining optimal medical services, especially in emergency situations. This study aims to analyze the planning of a hybrid backup power supply system for priority rooms at RSUD Tanjung Pura. The methodology employed includes power requirement analysis, evaluation of existing power supply systems, and designing a hybrid system that combines generators with renewable energy sources. This study identifies the main criteria for an efficient backup power system, including capacity, reliability, and integration with the main system. The results show that the hybrid system design enhances reliability, supports the implementation of green energy, and reduces the risk of medical service disruptions. Recommendations from this research include the implementation of automatic control systems and cost savings on maintenance to ensure optimal performance of the backup power system. This study is expected to make a significant contribution to advancing the energy system at RSUD Tanjung Pura and improving the quality of healthcare services.

Keywords: Backup Power Supply, PLTS, Renewable Energy, RSUD Tanjung Pura

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Tidak ada kata yang lebih indah selain puji dan syukur kepada Allah SWT, yang telah menetapkan segala sesuatu, sehingga tiada sehelai daun yang jatuh tanpa izinnya. Alhamdulillah atas izinnya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini yang berjudul “**Analisa Perencanaan Sistem Hybrid Suplai Daya Cadangan Pada Ruangan Prioritas RSUD Tanjung Pura**” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) Medan.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada orang-orang yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Ayahanda Darmawan Syahputra, Ibunda Jusrainir Tanjung, Kakanda drg. Gieska Lailarahma Darmawan, Adinda Gadiza Anggina Darmawan dan seluruh manusia dimuka bumi yang selalu membanggakan dan mendukung penulis baik dari moril maupun materil yang tidak pernah lelah juga dalam menasehati dan menyayangi penulis.
2. Bapak Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi, S.T., M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Ibu Elvy Sahnur, S.T., M.Pd, selaku sekretaris Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Ibu Elvy Sahnur, S.T., M.Pd, selaku dosen pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

9. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Di Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis.
10. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Teman – teman Ikatan Mahasiswa Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Periode 2022/2023 yang selalu membantu dan kebersamai serta memberikan dukungan kepada penulis.
12. Teman – teman Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang membantu dan memberikan saran serta masukan kepada penulis.

Laporan tugas akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi perkembangan teknik elektro dimasa depan.

Medan, 24 Maret 2024

Gilang Rais Darmawan

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2 Rumah Sakit	8
2.2.1 Tugas Rumah Sakit.....	9
2.2.2 Bentuk dan Jenis Pelayanan Rumah Sakit	9
2.2.3 Klasifikasi Rumah Sakit.....	10
2.2.4 Bagian pada Rumah Sakit	11
2.3 Energi Listrik.....	12
2.4 Daya Listrik.....	13
2.5 Aliran Daya.....	15
2.6 Beban Listrik	16
2.6.1 Beban Usaha Bisnis.....	16
2.6.2 Beban Sosial (Publik).....	16

2.6.3 Beban Industry	16
2.6.3 Beban Pemerintahan	17
2.7 Mesin Diesel.....	17
2.7.1 Cara Kerja Mesin Diesel	18
2.8. Genset (<i>Generator Set</i>).....	20
2.8.1 Jenis-Jenis Genset.....	20
2.8.2 Kegunaan Genset.....	21
2.8.2 Sistem Kerja Genset	21
2.8.3 Konstruksi Genset	22
2.9 Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) di Indonesia	24
2.9.1 EBT yang berpotensi besar di Indonesia	24
2.10. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	27
2.10.1 Jenis - Jenis PLTS	27
2.10.2 Komponen Pada PLTS	29
2.10.3 Prinsip Kerja Sel Surya	33
2.11. <i>Back Up</i> Sistem	35
2.12. <i>Uninterruptible Power Supply</i> (UPS).....	36
2.12.1 Cara Kerja UPS.....	36
2. 12.2 Jenis UPS.....	36
2.13. <i>Automatic Tranfer Switch</i> (ATS)	38
2.13.1 Komponen Pada Panel ATS	39
2.14 Panel Pembagi PLTS & PLN	50
2.15. <i>Electric Transient Analysis Program</i> (ETAP).....	52
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	53
3.1 Waktu dan Tempat.....	53
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian	53

3.2.1 Bahan-bahan Penelitian	53
3.2.2 Peralatan Penelitian	53
3.3 Data Penelitian	54
3.3.1 Observasi Data RSUD Tanjung Pura.....	54
3.4 Metode Penelitian.....	54
3.5 Diagram Alir.....	54
BAB 5 PENUTUP	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Cara Kerja Mesin Diesel.....	19
Gambar 2.2 Silent Genset.....	20
Gambar 2.3 Open Genset.....	21
Gambar 2.4 Prime Mover	22
Gambar 2.5 Stator.....	23
Gambar 2.6 Rotor	24
Gambar 2.7 Skema Sistem PLTS On-Grid.....	28
Gambar 2.8 Skema Sistem PLTS Off-Grid.....	29
Gambar 2.9 Panel Surya.....	29
Gambar 2.10 <i>Maximum Power Point Tracking</i>	30
Gambar 2.11 Inverter.....	31
Gambar 2.12 Baterai.....	31
Gambar 2.13 <i>Fuse</i>	32
Gambar 2.14 Kondisi konduktivitas intrinsik elektron	34
Gambar 2.15 Kondisi ekstrinsik di dalam silikon dengan doping p dan n.....	34
Gambar 2.16 Daerah ruang muatan sambungan p-n.....	35
Gambar 2.17 Panel ATS.....	38
Gambar 2.18 <i>Miniature Circuit Breaker (MCB)</i>	39
Gambar 2.19 <i>Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)</i>	40
Gambar 2.20 <i>Relay</i> dan Simbol <i>Relay</i>	41
Gambar 2.21 Struktur Bagian <i>Relay</i>	41
Gambar 2.22 <i>Pole and Throw</i> Pada <i>Relay</i>	42
Gambar 2.23 <i>Time Relay</i>	43
Gambar 2.24 Nomor Kontak Pada <i>Time Relay</i>	44
Gambar 2.25 Kontaktor Magnet	45
Gambar 2.26 Kontak Pada Kontaktor Magnet	46
Gambar 2.27 <i>Push Button</i>	47
Gambar 2.28 Kontak Pada <i>Push Button</i>	47
Gambar 2.29 Volt Meter.....	48
Gambar 2.30 Amper Meter	49
Gambar 2.31 Lampu Indikator	50

Gambar 2.32 Box Panel.....	50
Gambar 2.33 Panel Pembagi PLTS & PLN	51

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah Sakit adalah sarana umum untuk pemulihan kesehatan, dalam menyelenggarakan kegiatan pelayanan kesehatan kepada masyarakat serta dapat dimanfaatkan untuk sarana pendidikan dan tenaga kesehatan serta penelitian dan salah satu sarana untuk memberikan pelayanan kesehatan kepada masyarakat, sehingga rumah sakit harus memberikan pelayanan kesehatan yang memuaskan agar pasien merasa senang untuk berobat di rumah sakit. Kesehatan masyarakat merupakan salah satu sector untuk pembangunan yang sedang mendapatkan perhatian besar dari pemerintah, apalagi jika dilihat dari perkembangan teknologi rumah sakit di Indonesia, terutama di daerah dan kota-kota besar, baik dari segi jumlah peralatan serta pelayanan kesehatan misalnya segi administrasi maupun segi teknologi maka pelayanan kesehatan tersebut bisa diketahui oleh masyarakat di Indonesia dan bisa di rasakan secara efektif dan efisien [1].

RSUD Bidadari Merupakan rumah sakit tipe C yang berlokasi di Jl. Khairil Anwar No.11, Pekan Tj. Pura, Kec. Tj. Pura, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara. RSUD Tanjung Pura merupakan salah satu Rumah Sakit milik PEMKAB Langkat yang dikelola oleh Pemkab Langkat. Rumah Sakit ini telah terdaftar mulai 28/01/2015 dengan Nomor Surat Izin 445-422/YANKES/II/2014 dan Tanggal Surat Izin 05/02/2014 dari Dinkes Kab. Langkat dengan Sifat Tetap. Setelah melangsungkan Metode AKREDITASI Rumah sakit Seluruh Indonesia dengan proses Pentahapan I (5 Pelayanan) akhirnya diberikan status Lulus Akreditasi Rumah Sakit. Untuk mengoperasikan alat-alat yang terdapat di Rumah Sakit khususnya pada ruangan prioritas, dibutuhkan energi listrik yang selalu siap mensuplai 24 jam dalam sehari, maka untuk menjaga agar pelayanan tetap optimal, diberlakukan sistem hybrid suplai daya cadangan pada ruangan prioritas RSUD Tanjung Pura agar pada saat ada gangguan yang terjadi dari PLN tidak mengganggu operasional di ruangan prioritas tersebut.

Sistem hybrid merupakan konsep penggabungan dua atau lebih sumber energi yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan beban yang ada, sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing.

Dalam penelitian ini RSUD Tanjung Pura menjadi objek utama karena memerlukan energy listrik yang signifikan terlebih ruang prioritas merupakan unit vital yang ada pada rumah sakit, oleh karena itu suplai dayanya harus sesuai dengan yang sudah ditetapkan pada peraturan menteri kesehatan. Pada sistem kelistrikan ruang prioritas, banyak peralatan yang digunakan pada ruang operasi sebagian besar membutuhkan listrik dan sebagian besar peralatan tersebut berhubungan langsung dengan pasien dan orang disekitar peralatan listrik. Saat ini, kebutuhan energi listrik yang digunakan RSUD Tanjung Pura hanya menggunakan PLN sebagai *supply* energi listrik utama dan Generator sebagai *supply* cadangan energi listrik [2].

Mengacu pada peraturan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2022 tentang persyaratan teknis bangunan, prasarana, dan peralatan kesehatan rumah sakit. Maka dari itu, Rumah Sakit harus menyediakan Generator Set dengan jumlah minimal dua buah. Kapasitas genset berdasarkan perhitungan kurva beban. Disarankan genset dapat mengambil alih seluruh beban 100% dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Contoh apabila kapasitas terpasang PLN 500kVA maka genset yang disediakan 2 x 300 kVA. Juga diperlukan UPS (*Uninterruptible Power Supply*), kapasitas disesuaikan dengan kebutuhan tiap-tiap peralatan dengan kapasitas baterai untuk waktu penggunaan minimal 15 menit [3].

Sistem kelistrikan yang bagus yaitu sistem kelistrikan yang terjamin keberlangsungan yang tidak mengenal waktu. Maka jika sistem utama terjadi kerusakan atau gangguan yang sekiranya bisa memutus keberlangsungan berjalannya sistem kelistrikan, maka disitu akan di perlukanya back up sistem agar sistem kelistrikan bisa terjaga keberlangsungannya. Gedung pelayanan kesehatan adalah salah satu yang memiliki ketergantungan tinggi terhadap kebutuhan energi listrik sebagai operasional. Kebutuhan energi yang tinggi menuntut manajemen RSUD Tanjung Pura melakukan efisiensi dalam penggunaannya. Sehingga diperlukan upaya sistem suplai daya cadangan dengan melakukan analisa hybrid daya cadangan untuk mencapai tujuan optimalisasi pelayanan. Perencanaan hybrid daya cadangan dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan kegiatan untuk mengantisipasi gangguan yang mungkin akan terjadi dari PLN serta kemungkinan dapat mengurangi anggaran biaya *supply* daya cadangan serta menerapkan *green energy* [4].

Analisa Perencanaan Sistem Hybrid Suplai Daya Cadangan pada ruangan prioritas RSUD Tanjung Pura dapat membantu dalam pengoptimalan kinerja pelayanan pada ruang prioritas yang membutuhkan suplai energi listrik tanpa henti, dari latar belakang tersebut maka penulis mencoba melakukan penelitian. Dengan menyusun dalam sebuah judul tugas akhir, yaitu “Analisa Perencanaan Sistem Hybrid Suplai Daya Cadangan Pada Ruangan Prioritas RSUD Tanjung Pura”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang terdapat pada latar belakang maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menghitung daya yang dibutuhkan sistem hybrid suplai daya cadangan pada ruangan prioritas RSUD Tanjung Pura ?
2. Bagaimana perencanaan PLTS yang dapat di implementasikan sebagai suplai daya cadangan pada ruangan prioritas RSUD Tanjung Pura ?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun batasan masalah dalam penelitian yang penulis buat ini adalah sebagai berikut :

1. Pada analisis sistem hybrid suplai daya cadangan.
2. Penggunaan aplikasi ETAP untuk menghitung suplai daya cadangan pada RSUD Tanjung Pura.
3. Penelitian hanya terbatas pada ruangan-ruangan prioritas RSUD Tanjung Pura.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis sistem hybrid suplai daya cadangan pada ruangan prioritas RSUD Tanjung Pura.
2. Membuat rekomendasi sistem hybrid suplai daya cadangan pada ruangan prioritas RSUD Tanjung Pura.

1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat penelitian adalah sebagai berikut:

1. Manfaat bagi penulis
 - a) Dapat merencanakan sistem hybrid suplai daya cadangan yang di perlukan pada suatu kondisi tertentu.
 - b) Menambah ilmu pengetahuan tentang sistem hybrid suplai daya cadangan.
2. Manfaat bagi universitas
 - a) Penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi sebagai bahan penelitian lanjutan yang lebih mendalam pada masa yang akan datang.
3. Manfaat bagi perusahaan
 - a) Pihak yang bersangkutan mendapatkan bahan evaluasi tentang hasil perancangan sistem hybrid suplai daya cadangan.
 - b) Penelitian ini diharapkan mampu mendorong pihak yang bersangkutan segera menjadi pertimbangan dalam sistem hybrid suplai daya cadangan agar mampu mengoptimalkan pelayanan terhadap masyarakat.

1.6 Sistematika Penulisan

Skripsi ini tersusun atas beberapa bab pembahasan. Sistematika penulisan tersebut adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan secara singkat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat tentang kutipan dari penelitian terdahulu serta menguraikan tentang teori dasar – dasar umum tentang analisa sistem suplai daya cadangan.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab ini berisikan tempat data riset serta langkah – langkah pemecahan masalah yang akan di bahas, meliputi langkah – langkah pengumpulan data dengan cara riset serta pengolahan data.

BAB IV : ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menguraikan hasil analisa dari data yang telah diambil di lapangan serta melakukan perhitungan – perhitungan sesuai dengan teori – teori untuk mencapai tujuan yang di maksud.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang dapat diambil setelah pembahasan seluruh masalah.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Dalam era kontemporer, teknologi di Indonesia mengalami kemajuan yang signifikan, mencakup sektor industri, perusahaan, kesehatan, dan berbagai sektor lain. Kemajuan teknologi berkorelasi dengan meningkatnya kebutuhan peralatan listrik. Setiap tahun, tantangan kebutuhan listrik meningkat, khususnya di area yang memerlukan suplai listrik dalam kapasitas besar [5].

Gangguan daya selalu dapat terjadi yang dapat disebabkan oleh kesalahan pada sistem distribusi, pengoperasian peralatan terdekat, sambaran petir atau sebab lainnya. Resiko ini sangat bertentangan dengan kondisi saat ini dimana banyak beban-beban listrik yang memerlukan kontinuitas yang sangat tinggi sehingga diperlukan suplai daya yang tidak boleh terganggu dengan kualitas daya yang baik. Beban-beban ini biasa dinamakan critical load dan terdapat pada berbagai sektor. Untuk mempertahankan kontinuitas daya beban listrik agar tetap beroperasi saat listrik dari sumber utama padam maka diperlukan backup supply seperti UPS (*Uninterruptible Power Supply*) yang dapat menjaga suplai daya ke beban listrik [6].

Mahmud Yani Hardianto & Wilma Nurul Adzillah dengan judul "Pemanfaatan Generator Set 500 kVA Sebagai Cadangan Generator Set 1500 kVA di Bandara Husein Sastranegara Bandung" menyimpulkan bahwa genset 500 kVA mampu menjadi catu daya bandara Husein Sastranegara namun hanya mampu mensuplai beban prioritas saja beban bukan prioritas dibiarkan padam karena tidak akan mengganggu jalannya penerbangan. Perpindahan pembagian beban prioritas dan beban bukan prioritas dilakukan secara otomatis menggunakan rangkaian kontrol instalasi Self Holding. Perpindahan ini dilakukan melalui modul GCP (Genset Control Panel). Namun setelah catu daya dari PLN atau genset 1500 kVA sudah dapat bekerja maka akan mengambil alih seluruh pengoperasian beban prioritas dan beban bukan prioritas di bandara [7].

Beberapa penelitian terdahulu berkaitan dengan suplai cadangan energi listrik yang dilakukan oleh Wiradinata A, dkk. Dengan judul ” Analisis Sistem *Back-Up Daya Airfield Lighting System* pada Substation T1 Bandara SAMS Sepinggan dengan ETAP 19.0.1”. penelitian tersebut menggunakan metode penelitian eksperimen dengan pendekatan simulasi menggunakan program ETAP (*Electric Transient Analysis Program*) versi 19.0.1. *Load flow analysis* pada ETAP dijalankan pada 3 skenario. Dalam skenario suplai dari genset, dilakukan simulasi menggunakan mode f dimana hanya beban teknis yang disuplai dayanya dan mengaktifkan tiga genset sekaligus, hasilnya hanya satu genset saja yang bekerja untuk memback-up beban yaitu G1. G2 dan G3 dalam kondisi kritis karena under power dan under excited, hal ini dikarenakan ketidaksesuaiannya daya generator dengan pembebanan yang terlalu rendah untuk disuplai 3 generator sekaligus. Drop tegangan terbesar terjadi pada skenario satu yaitu kondisi PLN normal, terjadi drop tegangan >2% yaitu 2.11% pada BusT1 dikarenakan efisiensi keluaran dari trafo dan permintaan arus beban yang terpasang. Sehingga untuk mengatasi hal itu digunakan capacitor bank, pada simulasi digunakan kapasitas 15×3.3 kVAR sesuai capacitor bank yang ada pada MPH 1. Hasilnya setelah pemasangan capacitor bank, drop tegangan pada Bus T1 dapat teratasi dan kembali normal sesuai standar IEC [8].

Nuga Pratama & Bagus Dwi Cahyono [9] Mekanisme dari alat UPS ini dimulai dari pengisian baterai yang dilanjut dengan perubahan tegangan AC menjadi DC oleh rectifier kemudian dilanjut dengan perubahan tegangan DC menjadi tegangan AC dengan frekuensi lebih tinggi oleh resonansi pengubah yang dilanjutkan pada tahap akhir yaitu tegangan AC yang berfrekuensi tinggi tersebut diubah menjadi tegangan DC bertegangan tinggi. Setelah dilakukan penelitian di PT. ASDP Indonesia Ferry terdapat saran berupa ketepatan pada saat mengganti baterai jangan sampai melewati masa habis pakai dari baterai tersebut, sehingga alat UPS tidak mudah rusak dan juga pada saat pengantian baterai atau pemeliharaan UPS, operator harus memperhatikan keselamatan kerja dengan menggunakan APD ataupun meminimalisir terjadinya konsleting pada penggunaan dan pemeliharaan UPS tersebut.

Muhammad Salim Siregar, Junaidi, Ade Irwan & Husin Ibrahim [10] Pemeliharaan dan kinerja generator set pada UPT Rumah Sakit Khusus Paru dapat menjamin keselamatan, kesehatan, kenyamanan dan memberikan kemudahan bagi penggunaannya sehingga fungsi prasarana intalasi elektrik Rumah Sakit dapat tercapai optimal. Tingkat rata-rata Keandalan (*reliability*) Genset pada tahun 2020 seperti memiliki nilai Rata-rata 99,7%. Tingkat keandalan genset termasuk kedalam kelompok jarang mengalami gangguan/kerusakan ($\geq 95\%$) dan tingkat ketersediaan (*availability*) genset pada tahun 2020 termasuk kedalam kelompok jarang mengalami gangguan/kerusakan ($R \geq 95\%$). Adapun rekomendasi dari penelitian ini yaitu sebaiknya rumah sakit mengikut standart operational procedure (SOP) pengoperasian khususnya untuk menjalankan generator sehingga tidak mengganggu teknis pekerjaan lainnya, membuat scheduling maintenance system/perawatan berkala dan penggantian/pelumasan bearing generator, serta adanya otomatisasi pada generator set agar waktu yang dibutuhkan dengan rangkaian kontrol lebih cepat dari pada mengandalkan tenaga manual.

Hendro Widiarto [10] Didapatkan kesimpulan dari hasil analisis menggunakan ETAP ini yaitu menunjukkan bahwa aliran daya di Bandara Internasional Supadio cukup memenuhi kebutuhan saat ini dengan persentase 89,35% dari catu daya berasal dari PLN dan 80,75% dari Genset. Kualitas keandalan jalur distribusi di Bandara Internasional Supadio memenuhi aturan SPLN 1:1995 dan dinilai baik. Namun, dalam hal voltage drop, catu daya Genset tidak memenuhi syarat sesuai PUIL 2011 karena persentase voltage drop melebihi 4%, yaitu sebesar 4,02%. Dengan menggunakan perhitungan ETAP tersebut rencana penambahan beban baru di Bandara memerlukan peningkatan daya dari PLN dan untuk mengurangi dampak voltage drop, disarankan melakukan setting tap trafo atau uprating kabel di area dengan voltage drop tertinggi.

2.2 Rumah Sakit

Menurut (WHO) Rumah sakit adalah instalasi yang menyediakan fasilitas rawat tinggal dalam rangka memberikan pelayanan pencegahan, pengobatan dan perawatan.

Rumah Sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat. perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat.(Permenkes No. 3 tahun 2020) [11].

2.2.1 Tugas Rumah Sakit

Tugas rumah sakit dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 159/KMENKES/PER/II/1988, adalah melaksanakan pelayanan kesehatan dengan mengutamakan kegiatan penyembuhan penyembuhan dan pemulihan penyakit yang dilaksanakan secara terpadu dengan upaya pencegahan (preventif) dan sosialisasi serta melaksanakan upaya rujukan. Tugas rumah sakit sebagai institusi pelayanan kesehatan adalah memberikan pelayanan kesehatan yang bermutu, dan bertanggung jawab terhadap masyarakat terutama di wilayah cakupannya. Dalam kegiatannya, unit penghasil pelayanan dalam Rumah Sakit adalah instalasi. Sebagai unit penghasil pelayanan, maka instalasi di rumah sakit merupakan ujung tombak dalam operasional rumah sakit [12].

2.2.2 Bentuk dan Jenis Pelayanan Rumah Sakit

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020, bentuk pelayanan yang diberikan Rumah Sakit yaitu :

- a. Rumah Sakit statis merupakan Rumah Sakit yang didirikan di suatu lokasi dan bersifat permanen untuk jangka waktu lama dalam menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan kegawatdaruratan.
- b. Rumah Sakit bergerak merupakan Rumah Sakit yang siap guna dan bersifat sementara dalam jangka waktu tertentu dan dapat dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi lain.
- c. Rumah Sakit lapangan merupakan Rumah Sakit yang didirikan di lokasi tertentu dan bersifat sementara selama kondisi darurat dan masa tanggap darurat bencana, atau selama pelaksanaan kegiatan tertentu.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020, jenis pelayanan yang diberikan Rumah Sakit dikategorikan sebagai berikut:

- a. Rumah Sakit umum yaitu rumah sakit yang memberikan pelayanan kesehatan pada semua bidang dan jenis penyakit
- b. Rumah Sakit khusus yaitu rumah sakit yang memberikan pelayanan utama pada satu bidang atau satu jenis penyakit tertentu berdasarkan disiplin ilmu, golongan umur, organ, jenis penyakit, atau kekhususan lainnya

2.2.3 Klasifikasi Rumah Sakit

Menurut Permenkes No. 3 Tahun 2020, rumah sakit umum diklasifikasikan menjadi 4 kelas, yaitu :

- a. Rumah Sakit umum kelas A merupakan Rumah Sakit umum yang memiliki jumlah tempat tidur paling sedikit 250 (dua ratus lima puluh) buah.
- b. Rumah Sakit umum kelas B merupakan Rumah Sakit umum yang memiliki jumlah tempat tidur paling sedikit 200 (dua ratus) buah.
- c. Rumah Sakit umum kelas C merupakan Rumah Sakit umum yang memiliki jumlah tempat tidur paling sedikit 100 (seratus) buah.
- d. Rumah Sakit umum kelas D merupakan Rumah Sakit umum yang memiliki jumlah tempat tidur paling sedikit 50 (lima puluh) buah.

Menurut Permenkes No. 3 Tahun 2020, Klasifikasi Rumah Sakit khusus terdiri atas :

- a. Rumah Sakit khusus kelas A merupakan Rumah Sakit khusus yang memiliki jumlah tempat tidur paling sedikit 100 (seratus) buah.
- b. Rumah Sakit khusus kelas B merupakan Rumah Sakit khusus yang memiliki jumlah tempat tidur paling sedikit 75 (tujuh puluh lima) buah.
- c. Rumah Sakit khusus kelas C merupakan Rumah Sakit khusus yang memiliki jumlah tempat tidur paling sedikit 25 (dua puluh lima) buah.

2.2.4 Bagian pada Rumah Sakit

Rumah sakit terdiri dari beberapa bagian di dalamnya. Adapun bagian-bagian tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Ruang pendaftaran dan administrasi adalah pintu masuk pertama bagi pasien yang datang ke rumah sakit. Di sini, pasien akan mendaftarkan diri dan mengisi berbagai formulir administrasi. Petugas administrasi akan membantu menyusun catatan pasien, termasuk informasi asuransi dan riwayat medis untuk keperluan pelayanan selanjutnya.
- b. Ruangan pemeriksaan umum adalah tempat di mana dokter umum melakukan pemeriksaan awal terhadap pasien. Di ruangan ini, pasien bisa berkonsultasi mengenai keluhan kesehatan secara umum. Dokter akan melakukan pemeriksaan fisik dan meresepkan obat-obatan atau memberikan rujukan ke spesialis jika perlu.
- c. Unit gawat darurat (UGD) merupakan ruangan yang menangani keadaan darurat dan kondisi kritis. Di sini, tim medis siap memberikan pertolongan pertama bagi pasien yang mengalami kecelakaan atau kondisi medis mendesak lainnya. Fasilitas di UGD biasanya dilengkapi dengan alat-alat medis canggih dan tim medis yang terlatih untuk menangani situasi darurat.
- d. Ruangan radiologi merupakan tempat di mana pasien menjalani pemeriksaan menggunakan sinar-X, *CT scan*, atau alat pencitraan lainnya. Hasil pemeriksaan ini membantu dokter dalam membuat diagnosis dan merencanakan pengobatan yang sesuai. Keberadaan ruang radiologi menjadi kunci dalam mendukung proses diagnostik di rumah sakit.
- e. Ruang operasi atau bedah yang merupakan tempat di mana prosedur-prosedur bedah dilakukan. Di sini, tim bedah yang terlatih melakukan operasi untuk mengatasi berbagai kondisi medis. Ruang operasi dilengkapi dengan peralatan bedah modern dan tim medis yang terampil untuk memastikan prosedur berjalan dengan aman dan efektif.
- f. Ruang rawat inap adalah tempat di mana pasien yang membutuhkan pemantauan dan perawatan intensif dapat tinggal selama beberapa hari atau lebih. Setiap pasien memiliki kamar sendiri atau berbagi dengan pasien lain tergantung pada kondisi kesehatan dan jenis perawatan yang diperlukan.

- g. Unit perawatan intensif (ICU) adalah ruangan khusus yang menyediakan perawatan intensif untuk pasien dengan kondisi kritis. Fasilitas di ICU dilengkapi dengan peralatan monitor yang canggih untuk memantau fungsi organ vital pasien, seperti jantung dan pernapasan. Tim medis di ICU memiliki keterampilan khusus dalam merawat pasien yang membutuhkan perhatian ekstra.
- h. Ruang bersalin adalah tempat di mana proses persalinan berlangsung. Ruangan ini dilengkapi dengan peralatan medis yang diperlukan untuk memastikan keamanan dan kenyamanan selama proses kelahiran. Tim medis di ruang bersalin terdiri dari bidan, dokter, dan perawat spesialis kebidanan.
- i. Ruang rehabilitasi adalah tempat di mana pasien yang membutuhkan terapi fisik, terapi okupasi, atau terapi wicara mendapatkan perawatan. Pasien yang mengalami cedera atau operasi seringkali membutuhkan rehabilitasi untuk memulihkan fungsi tubuh mereka secara optimal.
- j. Ruang konsultasi psikologi adalah tempat di mana pasien dapat berkonsultasi dengan seorang psikolog atau psikiater. Ini penting untuk mendukung kesehatan mental pasien, terutama dalam menghadapi situasi penyakit serius atau kesulitan emosional.

2.3 Energi Listrik

Energi listrik [13] bisa dikonversikan menjadi energi lain untuk menunjang aktivitas manusia seperti menggerakkan motor, lampu penerangan, dan juga untuk memanaskan suatu benda. Energi yang dihasilkan dapat berasal dari berbagai sumber seperti air, minyak, batu bara, panas bumi dan panas matahari. Listrik merupakan kebutuhan manusia yang sangat penting. Sejak listrik ditemukan, kehidupan manusia mengalami kemajuan yang sangat pesat dalam berbagai bidang.

Energi listrik [14] adalah daya listrik yang terpakai selama waktu tertentu. Besarnya energi listrik yang digunakan pada peralatan listrik sebanding dengan hasil kali antara energi yang digunakan alat listrik (daya) dikalikan dengan waktu selama alat tersebut digunakan. Bila daya diukur dalam watt jam, maka:

$$P = W / t \dots\dots\dots(1)$$

Dengan:

$P = \text{daya (watt)}$

$t = \text{Waktu (jam)}$

$W = \text{Energi (watt jam)}$

Watt jam (*watthour* = Wh) merupakan energi yang dikeluarkan jika 1 watt digunakan selama 1 jam.

2.4 Daya Listrik

Daya [15] dalam sistem tenaga listrik merupakan jumlah energi listrik yang digunakan dalam suatu usaha, dan daya tersebut merupakan nilai suatu perkalian antara tegangan dengan arus yang mengalir. Secara sistematis sesuai dengan persamaan berikut :

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

$P = \text{Daya (VA)}$

$V = \text{Tegangan (Volt)}$

$I = \text{Arus (Ampere)}$

Daya Semu/ tampak (*apparent power*) daya Semu ialah sesuatu daya nyata. Daya semu ini merupakan daya yang dihasilkan oleh generator. Daya semu merupakan penjumlahan antara daya aktif dengan daya reaktif. daya semu ini memiliki persamaanya yaitu VA.

Daya aktif merupakan daya yang digunakan untuk daya sebenarnya. Dengan kata lain daya ini adalah daya yang terpakai ataupun terserap. Daya aktif ini memiliki satuan yaitu Watt (W). Daya Reaktif merupakan sesuatu daya rugi- rugi atau disebut juga sebagai suatu daya yang tidak diinginkan serta sebaiknya dapat dihindari. Sumber daya ini berasal dari komponen reaktif yang memiliki satuan

VAR. Dalam perhitungan fasa, daya reaktif ini ialah perkalian antara tegangan efektif dengan arus efektif dan nilai sin.

Daya reaktif memiliki 2 macam yaitu daya reaktif induktif serta daya reaktif kapasitif. Daya reaktif induktif sangat dibutuhkan pada pembangkitan fluksi magnet pada peralatan- peralatan induksi contohnya seperti transformator, motor induksi serta peralatan induksi lain yang memerlukan fluksi magnet. Pada daya reaktif kapasitif diperlukan untuk mengkompensasi pengurangan daya reaktif secara vektoris, hal ini akan memperoleh nilai yang lebih besar untuk pemakaian daya aktif [15].

Berikut masing masing persamaan yang digunakan untuk mencari besarnya daya semu, daya aktif dan daya reaktif :

1. Persamaan sistematis pada daya semu/tampak (*apparent power*) :

$$S = V \times I \dots\dots\dots (3)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

S = Daya Semu (VA)

P = Daya Aktif (Watt)

Q = Daya Reaktif (VAR)

2. Persamaan sistematis pada daya aktif :

a. Untuk 1 fasa :

$$P = V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots (5)$$

b. Untuk 3 fasa :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

$P = \text{Daya Aktif (Watt)}$

$V = \text{Tegangan (Volt)}$

$I = \text{Arus (A)}$

$\text{Cos } \varphi = \text{Sudut fasa}$

$\sqrt{3} = 3 \text{ fasa}$

3. Persamaan sistematis pada daya reaktif :

a. Untuk 1 fasa :

$$Q = V \times I \times \text{Sin } \varphi \dots\dots\dots (7)$$

b. Untuk 3 fasa :

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Sin } \varphi \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

$Q = \text{Daya Reaktif (VAR)}$

$V = \text{Tegangan (Volt)}$

$I = \text{Arus (A)}$

$\text{Sin } \varphi = \text{Sudut fasa}$

$\sqrt{3} = 3 \text{ fasa}$

2.5 Aliran Daya

Perhitungan aliran daya merupakan suatu alat bantu yang sangat penting untuk mengetahui kondisi operasi sistem. Perhitungan aliran daya pada tegangan, arus dan faktor daya di berbagai simpul suatu jaringan listrik dilakukan pada keadaan operasi normal. Hasil perhitungan aliran daya ini kemudian digunakan untuk mensimulasi kondisi gangguan yang besar, stabilitas transien maupun analisa kontigensi yaitu analisa keadaan dimana sebagian komponen sistem tidak terhubung ke sistem dengan baik.

Perhitungan aliran daya membutuhkan informasi ramalan kebutuhan bebas di setiap titik pelayanan, rencana operasi pusat pembangkit dan rencana operasi fasilitas transmisi. Dan informasi diatas dapat disusun persamaan aliran daya dari satu tempat ke tempat lainnya [16].

2.6 Beban Listrik

Untuk merencanakan suatu sistem distribusi tenaga listrik maka salah satu hal yang harus diperhatikan merupakan beban listrik [17].

2.6.1 Beban Usaha Bisnis

Beban usaha merupakan beban pelanggan yang terdiri dari suatu kelompok perdagangan atau usaha seperti pertokoan, rumah makan, dan lain sebagainya. Pada umumnya beban komersial ini terletak di pusat kabupaten. Beban puncak umumnya terjadi pada pagi hari sekitar pukul 09:00 sampai malam hari kira-kira 21:00.

2.6.2 Beban Sosial (Publik)

Beban sosial merupakan beban pelanggan yang terdiri dari tempat-tempat sosial seperti rumah sakit, sekolah, tempat beribadah dan lain sebagainya. Beban puncak umumnya terjadi pada siang hari dan malam hari.

2.6.3 Beban Industry

Beban industri merupakan beban pelanggan yang terdiri dari kelompok pabrik-pabrik atau industri. Beban ini biasanya terpisah dari perumahan penduduk untuk mencegah terjadinya fluktuasi tegangan yang sering terjadi di industri yang mengganggu peralatan rumah tangga setempat.

Beban yang biasanya terdapat di industri berupa lampu sebagai penerangan dan motor motor listrik. Kapasitas daya yang digunakan oleh industri pada umumnya lebih besar dibandingkan dengan pelanggan lainnya. Beban puncak biasanya terjadi pada siang hari karena motor-motor listrik beroperasi atau memproduksi saat-saat tersebut.

2.6.3 Beban Pemerintahan

Beban pemerintahan merupakan jenis beban yang digunakan untuk pemerintahan dan penerangan jalan [17].

2.7 Mesin Diesel

Mesin diesel [18] merupakan sebuah mesin konversi energi yang mengubah energi thermal hasil reaksi kimia antara bahan bakar dan udara menjadi energi mekanik. Proses pembakaran bahan bakarnya terjadi akibat adanya tekanan udara yang tinggi di dalam ruang bakar sehingga disebut *Compression Ignition Engine* (CIE). Selanjutnya, bahan bakar diinjeksikan/ dikabutkan ke ruang pembakaran untuk menghasilkan tenaga mekanik sebagai penggerak poros engkol (*crankshaft*).

Pada dasarnya [19] pembangkitan tenaga listrik AC biasanya menggunakan mesin sinkron yang bekerja sebagai generator. Beberapa kelebihan penggunaan pemakaian diesel sebagai *Prime Over* :

- a. Investasi modal relatif kecil
- b. Mempunyai waktu pembebanan yang relatif singkat
- c. Desain dan instalasi relatif sederhana
- d. Auxiliary equipment relatif sederhana.

Selain kelebihan tersebut di atas, juga terdapat beberapa kelemahan dan kekurangan dari suatu pembangkit tenaga diesel, antara lain:

- a. Mesin diesel sebagai penggerak mula mempunyai daya yang terbatas. Hal ini disebabkan terbatasnya ukuran mesin diesel karena kemampuan dari sarana pengangkutannya terbatas. Jika membutuhkan daya yang besar diperlukan beberapa unit generator dengan penggerak mula diesel.
- b. Bahan bakar pembangkit listrik tenaga diesel yaitu solar yang lebih mahal dibandingkan bahan bakar lainnya misalnya batu bara.
- c. Mesin sangat berat sehingga harus dapat menahan getaran serta kompresi yang tinggi.

d. Starting awal berat, karena kompresinya tinggi yaitu sekitar 200 bar.

Pada mesin diesel, kecepatan putarannya dapat dikelompokkan dalam tiga kategori yaitu:

- a. Putaran rendah untuk $\text{rpm} < 500$
- b. Putaran sedang untuk $500 < \text{rpm} < 1000$
- c. Putaran tinggi untuk $\text{rpm} > 1000$.

Kegunaan dari suatu Pembangkit Listrik Tenaga Diesel adalah :

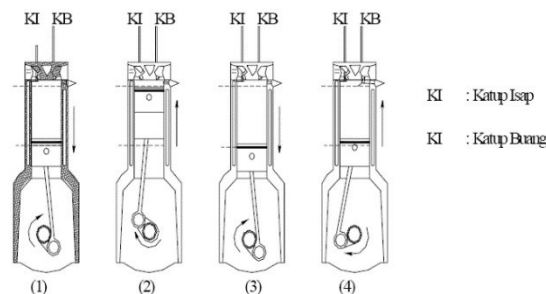
- a. Sebagai unit cadangan (*Standby Plant*) yang dijalankan pada saat unit pembangkit utama yang ada tidak dapat mencukupi kebutuhan daya listrik.
- b. Sebagai unit pembangkit yang menyuplai listrik selama 24 jam atau pemikul beban tetap. Sifat pengoperasian harus pada beban dasar yang berkapasitas tertinggi dan tidak dipengaruhi oleh frekuensi beban tetap. Hal ini memungkinkan juga bila pasokan dapat mengalami gangguan.
- c. Sebagai unit beban puncak atau Peak Load. Bila PLTD dioperasikan pada beban puncak, biasanya dalam waktu yang tidak lama, karena dapat berfungsi untuk menaikkan tegangan yang turun pada saat beban puncak.
- d. Sebagai unit cadangan (*emergency*) yang dijalankan saat keadaan darurat saat terjadi pemadaman pada unit pembangkit utama.

2.7.1 Cara Kerja Mesin Diesel

Di dalam mesin diesel terjadi penyalaan sendiri, karena proses kerjanya berdasarkan udara murni yang dimanfaatkan di dalam silinder pada tekanan yang tinggi (35 - 50 atm), sehingga temperatur di dalam silinder naik. Dan pada saat itu bahan bakar disemprotkan dalam silinder yang bertemperatur dan bertekanan tinggi melebihi titik nyala bahan bakar sehingga akan menyala secara otomatis yang menimbulkan ledakan bahan bakar.[20]

Pada mesin diesel penambahan panas atau energi senantiasa dilakukan pada tekanan konstan. Pada mesin diesel, piston melakukan 4 langkah pendek menuju kepala silinder pada setiap langkah daya.

1. Langkah keatas yang pertama merupakan langkah pemasukan dan pengisapan, disini udara dan bahan bakar masuk sedangkan engkol berputar ke bawah.
2. Langkah kedua merupakan kompresi, poros engkol terus berputar menyebabkan torak naik dan menekan bahan bakar sehinggaterjadi pembakaran. Kedua proses ini (1 dan 2) termasuk proses pembakaran.
3. Langkah ketiga merupakan lankah ekspansi dan kerja, disini kedua katup yaitu katup isap dan buang tertutup sedangkan poros engkol terus berputar dan mendorong torak akibat tekanan yang disebabkan pembakaran.
4. Langkah keempat merupakan langkah pembuangan, disini katup buang terbuka dan menyebabkan gas dari sisa pembakaran terbang keluar. Gas dapat keluar karena pada proses keempat ini torakkembali bergerak naik naik keatas dan menyebabkan gas dapat keluar. Kedua proses terakhir ini (3 dan 4) termasuk proses pembuangan.
5. Setelah keempat proses tersebut, maka proses berikutnya akan mengulang kembali proses pertama, dimana udara dan bahan bakar masuk kembali.



Gambar 2.1 Cara Kerja Mesin Diesel

Proses yang terjadi dalam mesin diesel ini adalah sebagai berikut :

- 1 – 2 Kompresi isentronik
- 2 – 3 Penambahan panas pada volume konstan
- 3 – 4 Panambahan panas pada tekanan konstan
- 4 – 5 Ekspansi isentropis
- 5 – 1 Penambahan panas pada volume konstan.

2.8. Genset (*Generator Set*)

Genset (*generator set*) adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Disebut sebagai *generator set* adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu *engine* dan generator. *Engine* sebagai perangkat pemutar sedangkan generator sebagai perangkat pembangkit. Pada sebuah *generator set*, biasanya menggunakan bermacam mesin sesuai dengan kebutuhan. Baik mesin bensin, mesin diesel, mesin gas, maupun mesin turbin. Pada hakikatnya, sebuah mesin digunakan untuk memutar sebuah generator pembangkit yang terbuat dari sekumpulan kawat tembaga. Hasil putaran tersebut menghasilkan medan magnet yang diputar terus menerus dalam suatu kecepatan yang konstan dan berkelanjutan sehingga akan menghasilkan arus listrik [9].

2.8.1 Jenis-Jenis Genset

Terdapat 2 jenis genset yang umum dipakai untuk menyuplai daya cadangan, yaitu:

1. *Silent* Genset

Silent genset didesain khusus untuk meredam suara mesin sehingga tidak menimbulkan kebisingan sangat cocok digunakan di lingkungan yang aktif [21].



Gambar 2.2 Silent Genset

2. *Open* Genset

Open genset didesain tidak menggunakan peredam suara mesin sehingga menimbulkan kebisingan. Maka dari itu sering kali *open* genset di letakkan di sebuah ruangan khusus genset yang tertutup. *Open* genset biasanya menghasilkan kebisingan hingga 90 dB (decibel) [22].



Gambar 2.3 Open Genset

2.8.2 Kegunaan Genset

Kegunaan generator set yang paling utama yaitu menyediakan sumber listrik cadangan ketika sumber listrik utama dari PLN (Perusahaan Listrik Negara) tiba-tiba padam. Ketika berbicara mengenai Genset, maka hal yang terlintas dalam Pikiran adalah Alat untuk menghidupkan lampu ketika Listrik Padam, meskipun tujuannya tak hanya berfokuskan hanya pada lampu atau penerangan saja, melainkan banyak hal lainnya yang membutuhkan daya listrik, seperti misalnya untuk Pengerjaan Luar Ruang yang jauh dari sumber daya listrik. Genset sangat dikenal dikalangan umum karena kegunaannya sebagai Tenaga Listrik yang bisa diandalkan, cukup dengan menggunakan bahan bakar bensin maupun solar [23].

2.8.2 Sistem Kerja Genset

Prinsip kerja generator set berdasarkan induksi elektromagnetik. Setelah diputar oleh penggerak mula, dengan demikian kutub-kutub yang ada pada rotor akan berputar. Jika kumparan kutub diberi arus searah, maka pada permukaan kutub akan timbul medan magnet (garis-garis gaya fluks) yang berputar, kecepatannya sama dengan putaran kutub. Garis-garis gaya fluks yang berputar tersebut akan memotong kumparan jangkar yang ada di stator sehingga pada kumparan jangkar

tersebut timbul GGL atau tegangan induksi. Karena frekuensi dari tegangan induksi di Indonesia sudah tertentu yaitu 50 Hz dan jumlah kutub selalu genap, maka putaran kutub/putaran rotor/putaran penggerak mula sudah tertentu [24].

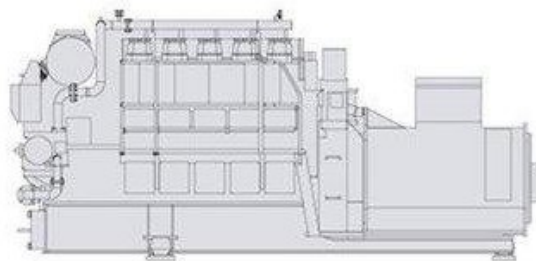
Prinsip dasar generator set menggunakan hukum Faraday yang menyatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah ubah, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik. Daya nominal sebuah generator dinyatakan dalam kW atau MW ataupun dalam kVA atau MVA. Daya nominal ditentukan oleh suhu kerja dari kumparan, sedangkan faktor daya biasanya sekitar 0,8. Nilai tersebut merupakan efisiensi sebuah generator [25].

2.8.3 Konstruksi Genset

Generator terdiri dari tiga bagian yang paling utama, yaitu:

1. *Prime Mover*

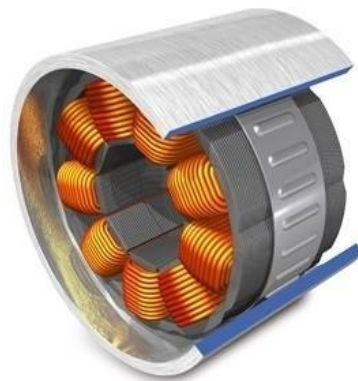
Prime mover atau penggerak mula merupakan peralatan yang berfungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor pada generator. Mesin diesel termasuk mesin dengan pembakaran dalam atau disebut dengan motor bakar ditinjau dari cara memperoleh energi termalnya (energi panas). Untuk membangkitkan energi listrik, sebuah mesin diesel dihubungkan dengan generator dalam satu poros atau poros dari mesin diesel dikopel dengan poros generator dimana mesin diesel bertindak sebagai *prime mover* atau penggerak mula untuk memutar rotor pada generator [9].



Gambar 2.4 Prime Mover

2. Stator

Stator merupakan bagian diam dari generator yang mengeluarkan tegangan bolak-balik. Stator terdiri dari badan generator yang terbuat dari baja yang berfungsi melindungi bagian dalam generator. Inti Stator yang terbuat dari bahan ferro magnetik yang berlapis-lapis dan terdapat alur-alur tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator yang merupakan tempat untuk menghasilkan tegangan. Stator tersusun dari plat-plat (seperti yang di pergunakan juga pada jangkar dari mesin arus searah) stator ang mempunyai alur-alur sebagai tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator berfungsi sebagai tempat terjadinya GGL induksi. Rangka stator di buat dari besi tuang. Rangka stator merupakan rumah dari bagian-bagian generator yang lain [3].



Gambar 2.5 Stator

3. Rotor

Rotor adalah komponen yang berputar atau berotasi di dalam mesin. Fungsi rotor adalah menghasilkan medan magnet. Dalam rotor sendiri terdapat kumpulan rotor atau koil pembangkit medan magnet. Saat arus listrik dialirkan ke koil, sebagian kutub magnet pada core akan terpolarisasi menjadi kutub N dan sebagian lagi menjadi kutub S. Kutub-kutub pada rotor akan membentuk sebuah kumparan seperti kerang dan melengkung. Bentuk tersebut memungkinkannya berputar di dalam stator. Hasil putaran yang terus menerus biasanya membuatnya cepat panas, sehingga di kedua sisi rotor dipasang sebuah kipas pendingin, untuk menstabilkan suhunya saat bekerja.

Pada bagian inti kutub terdapat poros dan inti rotor yang memiliki fungsi sebagai jalan atau jalur fluks magnet yang dibangkitkan oleh kumparan medan. Pada kumparan medan ini juga terdapat dua bagian, yaitu bagian penghantar sebagai jalur untuk arus pemacuan dan bagian yang diisolasi. Isolasi pada bagian ini harus benar-benar baik dalam hal kekuatan mekanisnya, ketahanannya akan suhu yang tinggi dan ketahanannya terhadap gaya sentrifugal yang besar. Konstruksi rotor untuk generator yang memiliki nilai putaran relatif tinggi biasanya menggunakan konstruksi rotor dengan kutub silindris atau "*cylindrica poles*" dan jumlah kutubnya relatif sedikit (2, 4, 6). Konstruksi ini dirancang tahan terhadap gaya-gaya yang lebih besar akibat putaran yang tinggi [23].



Gambar 2.6 Rotor

2.9 Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) di Indonesia

Sebagai [26] salah satu negara tropis di dunia, Indonesia memiliki banyak sumber daya energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai solusi alternatif untuk menyediakan tenaga listrik. Beberapa di antaranya meliputi energi surya, energi angin, energi laut, dan energi biomassa. Makalah ini akan berfokus pada energi surya, sel bahan bakar, dan energi angin sebagai solusi alternatif untuk pasokan listrik yang lebih ramah lingkungan.

2.9.1 EBT yang berpotensi besar di Indonesia

Terdapat beberapa EBT yang memiliki potensi besar di wilayah Indonesia, yaitu :

1. Energi Matahari

Sebagai salah satu negara kepulauan terbesar itu membentang di sepanjang garis khatulistiwa, potensi penyinaran matahari di seluruh Indonesia berkisar antara 4,6 kWh/m² dan 7,2 kWh/m². Wilayah Indonesia bagian timur lebih banyak lagi potensi energi matahari dibandingkan dengan wilayah barat pada masa itu sepanjang tahun, khususnya di Bali, Lombok, Kupang, Manado, Palu, Makasar, Gorontalo, Ambon, dan Ternate. Cara yang lebih umum untuk memanfaatkan energi matahari adalah dengan memanfaatkan sistem modul fotovoltaik (PV). Dalam modul PV, energi matahari diubah melalui efek fotovoltaik yang secara langsung mengubah cahaya datang menjadi listrik dengan pn (or p-i-n) perangkat persimpangan semikonduktor.

2. Energi Angin

Saat ini, energi angin masih menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang paling menjanjikan. Indonesia mempunyai potensi 3-6 m/s. Dari segi teknologi, teknologi konversi energi angin telah berkembang pesat sejak tahun 1990an. Sistem ini terdiri dari rotor turbin, *gearbox*, *generator*, dan konverter elektronika daya yang berfungsi untuk memastikan keluaran daya listrik sesuai dengan kebutuhan jaringan[26].

3. Energi Panas Bumi

Energi panas bumi [27] merupakan energi yang diekstrak dari sistem hidrotermal yang merupakan sistem vulkanisme serta pembentuk gunung berapi pada perbatasan lempeng aktif. Indonesia sendiri terletak pada pertemuan tiga lempeng aktif sehingga memungkinkan energi ini untuk ditransfer ke permukaan bumi melalui sistem rekahan. Keadaan geografis Indonesia yang strategis ini memberikan potensi yang sangat besar, khususnya untuk menghasilkan energi listrik. Energi ini merupakan EBT yang ramah lingkungan dibandingkan dengan energi fosil. Energi ini tidak dapat dipindahkan atau diekspor sehingga diharapkan memenuhi kebutuhan listrik negara. Berdasarkan UU no. 27 tahun 2003 serta UU no. 20 tahun 2002, telah dibuat peta perjalanan (*road map*) panas bumi yang dapat digunakan sebagai pedoman, pola pengembangan, dan pemanfaatan energi ini.

Pemanfaatan tenaga listrik dapat mencapai 6000 MW dan diharapkan ada pengembangan untuk pemanfaatan secara langsung pada sektor agribisnis, pariwisata, dan sektor lainnya pada tahun 2020. Dari 252 area yang telah diidentifikasi, diperoleh data dengan total potensi sumber daya dan cadangan panas bumi sebesar 27.357 MW. Namun baru 3% dengan jumlah 807 MW yang telah dimanfaatkan sebagai energi listrik, dengan 2% merupakan pemakaian energi listrik nasional. Untuk memenuhi target pengembangan panas bumi sebesar 6000 MW, serta pemakaian EBT non-hidro berskala besar, yaitu lebih dari 5%, maka diperlukan percepatan investasi di tahun 2020. Selain itu, pemerintah sudah menyiapkan peta saran WKP dengan total 28 lokasi, berdasarkan besarnya potensi energi di wilayah 33 WKP yang telah ada.

4. Biomassa

Biomassa adalah [28] bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja, dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Biomassa yang umum yang digunakan sebagai bahan bakar adalah yang memiliki nilai ekonomis rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya.

Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (*sustainable*).

Prinsip Dasar Pada Biomassa, Tanaman akan menyerap energi dari matahari melalui proses fotosintesis dengan memanfaatkan air dan unsur hara dari dalam tanah serta CO₂ dari atmosfer yang akan menghasilkan bahan organik untuk memperkuat jaringan dan membentuk daun, bunga atau buah. Pada saat biomassa diubah menjadi energi CO₂ akan dilepaskan ke atmosfer. Yang dalam hal ini siklus CO₂ akan menjadi lebih pendek dibandingkan dengan yang dihasilkan dari pembakaran minyak bumi atau gas alam. Ini berarti CO₂ yang dihasilkan tersebut

tidak memiliki efek terhadap kesetimbangan CO₂ di atmosfer. Kelebihan inilah yang dimanfaatkan untuk mendukung terciptanya energi yang berkelanjutan.

2.10. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan energi matahari untuk menjadi energi listrik melalui photovoltaic module yang termasuk dalam energi hijau sehingga menjadi suatu pembangkit yang terbarukan, lebih efisien efektif, handal dan dapat mensuplai kebutuhan energi listrik. PLTS merupakan salah satu sarana untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan listrik yang sangat ramah lingkungan. Mengingat Indonesia merupakan daerah tropis, maka sangatlah baik apabila PLTS dikembangkan dengan sungguh-sungguh [29].

Potensi energi surya di Indonesia sangat besar, yakni lebih dari 207,8 GWp pemanfaatan energi surya sangat penting untuk menggantikan energi fosil sebagai energi baru dan terbarukan sumber tenaga listrik, realisasi atap sebagai pembangkit listrik tenaga surya sangat memungkinkan khususnya di daerah kantor swasta dan pemerintahan dan telah dicanangkan pada tahun 2017 dengan gerakan sejuta atap pembangkit listrik tenaga surya, Pemanfaatan atap sebagai pembangkit listrik sangat mendukung terpenuhinya kebutuhan energi baru terbarukan di setiap daerah khususnya sebagai sumber energi pada wilayah yang belum terjangkau oleh distribusi listrik oleh PT. PLN [30].

2.10.1 Jenis - Jenis PLTS

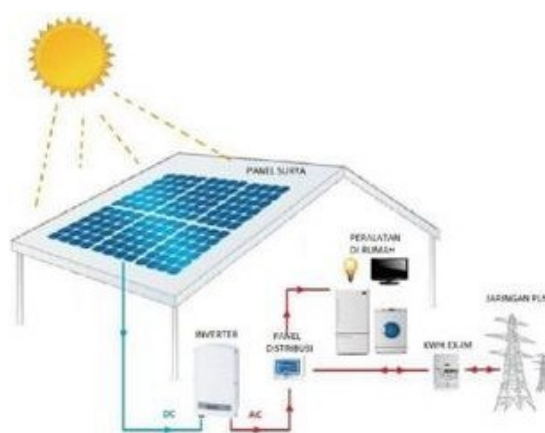
1. PLTS *On-Grid*

PLTS terinterkoneksi (*On Grid*) atau yang disebut dengan *Grid Connected PV* Sistem adalah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan radiasi matahari untuk menghasilkan listrik. Dan sesuai dengan namanya, maka sistem ini akan dihubungkan dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari melalui modul surya atau photovoltaic modul yang menghasilkan listrik semaksimal mungkin.

Sistem PLTS On Grid dengan Back Up Battery adalah sistem PLTS solusi energi hijau untuk penduduk perkotaan baik perumahan, perkantoran atau fasilitas publik. Sistem ini menggunakan modul surya (Photovoltaic Module) sebagai penghasil

listrik yang ramah lingkungan dan bebas emisi. Dengan adanya sistem ini akan mengurangi tagihan listrik PLN dan sekaligus turut andil dalam penyelamatan lingkungan dengan pengurangan penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkitan energi listrik.

Sistem PLTS On Grid ini juga berfungsi sebagai backup energi listrik untuk menjaga kontinuitas operasional peralatan-peralatan elektronik. Jika suatu saat terjadi kegagalan pada suplai listrik PLN (pemadaman listrik) maka peralatan-peralatan elektronik dapat beroperasi secara normal dalam jangka waktu tertentu tanpa adanya gangguan. Keuntungan dari sistem ini adalah menghasilkan energi listrik mandiri dan mengurangi tagihan listrik PLN, mereduksi penggunaan bahan bakar fosil sehingga mengurangi polusi atau emisi bahan bakar, bersih, tidak berisik, menggunakan energy gratis dari matahari sepanjang tahun, menyediakan cadangan listrik untuk beban beban penting apabila terjadi gangguan PLN pada periode tertentu dan tidak memerlukan biaya operasional yang besar serta pengoperasian dan perawatan system yang sangat mudah [31].

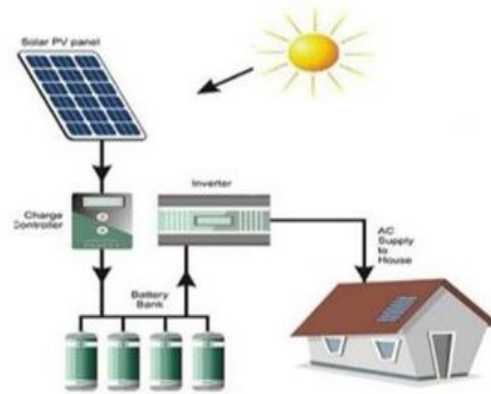


Gambar 2.7 Skema Sistem PLTS On-Grid

2. PLTS *Off-Grid*

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terpusat (*Off-Grid*) merupakan system pembangkit listrik yang memanfaatkan radiasi matahari tanpa terhubung dengan jaringan PLN atau dengan kata lain satu satunya sumber pembangkitnya yaitu hanya menggunakan radiasi matahari dengan bantuan panel surya atau photovoltaic. Untuk dapat menghasilkan energi listrik system PLTS *Off-Grid*

sendiri juga hanya dimanfaatkan untuk daerah yang tidak terjangkau pasokan listrik dari PLN seperti daerah pedesaan[29].



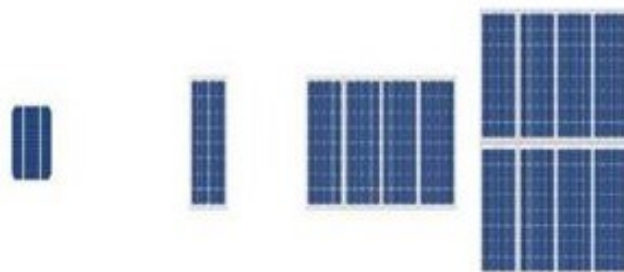
Gambar 2.8 Skema Sistem PLTS Off-Grid

2.10.2 Komponen Pada PLTS

Adapun komponen penyusun PLTS off grid adalah sebagai berikut:

1. Panel Surya

Komponen utama dalam sistem PLTS adalah panel surya yang merupakan rakitan dari beberapa sel surya. Sel surya tersusun dari dua lapisan semi konduktor dengan muatan berbeda. Lapisan atas sel surya itu bermuatan negatif sedangkan lapisan bawahnya bermuatan positif. Sel-sel itu dipasang dengan posisi sejajar dan seri dalam sebuah panel yang terbuat dari aluminium ataupun baja anti karat yang dilindungi oleh kaca atau plastik. Kemudian pada tiap-tiap sel diberi sambungan listrik untuk dapat disambungkan dengan sel lain.



Gambar 2.9 Panel Surya

2. *Maximum Power Point Tracking (MPPT)*

MPPT adalah algoritma yang termasuk dalam pengontrol muatan yang digunakan untuk mengekstraksi daya maksimum yang tersedia dari modul PV dalam kondisi tertentu.

Metode MPPT yang umum digunakan antara lain metode aproksimasi gradien, metode jaringan syaraf tiruan, logika fuzzy, optimasi segerombolan partikel, optimasi koloni semut, dan metode *perturb and observe (PO)*. Metode ini bekerja dengan mengukur tegangan dan arus, kemudian mengubah siklus kerja pada konverter arus searah (DC)–DC untuk memperoleh daya maksimum. Tegangan keluaran arus bolak-balik (AC) menggunakan inverter jembatan penuh fase tunggal. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rasio daya maksimum tanpa MPPT adalah 79,41%, sedangkan dengan MPPT, daya maksimum adalah 94,51%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa turbin angin memiliki daya rata-rata yang lebih tinggi ketika menggunakan MPPT.

Oleh karena itu, digunakan algoritma pengendali logika fuzzy (FLC) untuk mengatur biaya sekaligus mempercepat respons pensaklaran kendali PWM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan teknologi MPPT berbasis FLC, efisiensi daya keluaran meningkat dari 45,5% menjadi 87%. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan kinerja generator pada PLTB agar daya yang dihasilkan selalu maksimal. Teknik yang digunakan adalah strategi pengendalian menggunakan pengendali MPPT [32].



Gambar 2.10 *Maximum Power Point Tracking*

3. Inverter

Inverter adalah peralatan elektronik yang berfungsi mengubah arus DC menjadi arus AC. Arus yang dihasilkan panel surya adalah DC. Oleh karena itu, pada sistem PLTS dibutuhkan *inverter* untuk mengubah energi agar dapat menyuplai kebutuhan perangkat AC. Pemilihan inverter yang tepat untuk aplikasi tertentu, tergantung pada kebutuhan beban dan juga apakah inverter akan menjadi bagian dari sistem yang terhubung ke jaringan listrik atau sistem yang berdiri sendiri.



Gambar 2.11 Inverter

4. Baterai

Berdasarkan aplikasinya maka baterai dibedakan untuk otomotif, *marine* dan *deep cycle*. *Deep cycle* itu meliputi baterai yang biasa (*photovoltaic*) digunakan dan untuk *backup PV power*. Sedangkan secara konstruksi maka baterai dibedakan menjadi tipe basah, gel dan AGM (*Absorbed Glass Mat*). Baterai jenis AGM biasanya juga dikenal dengan VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*). Baterai kering *deep cycle* juga dirancang untuk menghasilkan tegangan yang stabil. Penurunan kemampuannya tidak lebih dari 1-2% per bulan tanpa perlu *discharge* [31].



Gambar 2.12 Baterai

Cara menghitung kebutuhan kapasitas baterai :

$$\text{Kapasitas baterai (Wh)} = \frac{\text{Kebutuhan energi (Wh)}}{\text{DoD} \times \text{Efisiensi Baterai}}$$

$$\text{Kapasitas baterai (Ah)} = \frac{\text{Kebutuhan energi (Wh)}}{\text{Tegangan Baterai (Vdc)}}$$

Baterai yang digunakan didesain dengan Depth of Discharge (DoD) atau kedalaman pengosongan baterai. Depth of Discharge (DoD) atau kedalaman pengosongan baterai adalah persentase kapasitas baterai yang telah digunakan. DoD merupakan faktor penting dalam pemilihan baterai karena dapat memengaruhi masa pakai dan kinerjanya.

5. Fuse

Fuse adalah sebuah alat pengamanan yang berfungsi melindungi jaringan listrik terhadap arus beban lebih atau over load current yang mengalir melebihi batas kemampuan maksimum, disebabkan oleh gangguan hubung singkat (short circuit) atau arus lebih (over load). Kontruksi dari sebuah fuse sangat sederhana jika dibandingkan dengan pemutus beban (CB) yang terdapat pada gardu induk (GI). fuse memiliki kemampuan sama dengan pemutus beban (CB), tetapi fuse hanya dapat memutus satu jaringan kawat sehingga jika digunakan pada sistem tiga fasa membutuhkan tiga fuse. Hal ini disebabkan fuse hanya tersediri dari sehelai kawat dimana kawat tersebut sudah disesuaikan agar dapat bekerja atau putus pada keadaan tertentu. Bahan yang digunakan pada kawat fuse biasanya adalah perak, tembaga, ataupun seng [33].



Gambar 2.13 Fuse

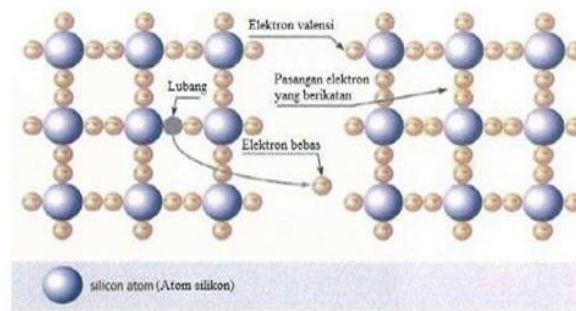
2.10.3 Prinsip Kerja Sel Surya

Sel surya konvensional [29] bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan atom yang dimana terdapat elektron-elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bias terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant.

Keluaran dari panel surya ini sudah dapat digunakan langsung ke beban yang memerlukan sumber tegangan DC dengan konsumsi arus yang kecil. Agar energi listrik yang dihasilkan juga dapat digunakan pada kondisi-kondisi seperti pada malam hari (kondisi saat panel surya tidak disinari cahaya matahari), maka keluaran dari panel surya ini harus di hubungkan ke sebuah media penyimpanan (storage), dalam hal ini adalah batere. Tetapi ini tidak langsung dihubungkan begitu saja dari panel surya ke batere, tetapi harus dihubungkan ke rangkaian Regulator, dimana didalam rangkaian tersebut terdapat rangkaian pengisi Batere otomatis (Automatic charger) [34].

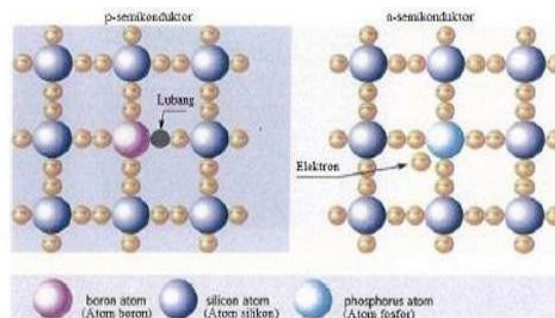
Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon di doping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n silikon di doping oleh atom posfor. Ilustrasi *n junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan hole bias diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik.

Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik ketika cahaya matahari mengenai susunan sambungan p-n maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar di bawah.



Gambar 2.14 Kondisi konduktivitas intrinsik elektron

Konduktivitas instrinsik tidak dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Agar material silikon dapat digunakan untuk menghasilkan energi, pengotoran (doping) sengaja dilakukan ke dalam kisi Kristal. Ini dikenal sebagai atom doping. Atom-atom ini memiliki satu elektron lebih (fosfor) atau satu elektron kurang (boron) dari silikon di kulit elektron terluarnya. Dengan Demikian, atom doping menghasilkan atom pengotor dalam kisi Kristal.

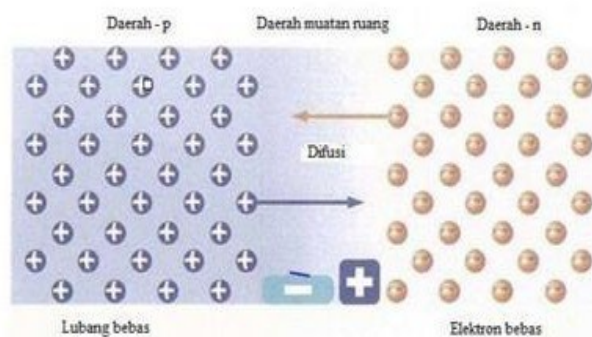


Gambar 2.15 Kondisi ekstrinsik di dalam silikon dengan doping p dan n

Dalam gambar 2.14 Memerlihatkan kondisi ekstrinsik di dalam silikon dengan doping p dan n. Pada kondisi fosfor sebagai doping n, maka ada kelebihan elektron untuk setiap atom fosfor di kisi. Elektron ini dapat bergerak dengan bebas di dalam Kristal dan oleh karena itu mengangkut muatan listrik. Dengan boron sebagai doping P, maka ada lubang (ikatan elektron yang hilang) untuk setiap atom boron dalam kisi. Elektron dari atom silikon tetangga (terdekat) dapat mengisi lubang ini, menciptakan sebuah lubang (*hole*) baru di tempat lain. Metode konduksi berdasarkan atom doping dikenal sebagai konduksi pengotor atau konduksi

ekstrinsik. Dengan mempertimbangkan material doping p dan n, muatan bebas tidak memiliki arah yang untuk pergerakan mereka.

Jika lapisan semikonduktor dengan doping p dan n dibawa bersama, sebuah sambungan p-n (positif) terbentuk. Pada sambungan (*junction*) ini, elektron yang berlebih dari semikonduktor n berdifusi ke dalam lapisan semikonduktor p. Hal ini menciptakan satu daerah dengan beberapa pembawa muatan bebas. Wilayah ini dikenal sebagai daerah muatan ruang. Atom doping bermuatan positif tetap di wilayah n dan atom doping bermuatan negatif tetap di wilayah p dalam priode transisi. Medan listrik yang diciptakna berlawanan dengan gerakan pembawa muatan, akibatnya difusi tidak berkelanjutan terus-menerus.



Gambar 2.16 Daerah ruang muatan sambungan p-n

Pada gambar 2.14 memperlihatkan bentuk daerah ruang muatan pada sambungan p-n. Jika semikonduktor p-n (sel surya) terkena cahaya, foton diserap oleh elektron. Energi yang masuk tersebut memecah ikatan elektron sehingga elektron yang terlepas ditarik melalui medan listrik ke wilayah n. Lubang yang terbentuk bermigrasi dalam arah yang berlawanan ke wilayah p. Proses ini secara keseluruhan disebut efek fotovoltaiik [29].

2.11. *Back Up* Sistem

Back up Sistem Sistem kelistrikan yang bagus adalah sistem kelistrikan yang terjamin keberlangsungannya dengan tidak mengenal waktu. Maka jika sistem utama terjadi kerusakan atau gangguan yang sekiranya bisa memutuskan keberlangsungan berjalannya sistem kelistrikan, maka disitu mutlak diperlukannya *back up* sistem agar sistem kelistrikan bisa terjaga keberlangsungannya [3].

2.12. *Uninterruptible Power Supply* (UPS)

UPS adalah peralatan listrik yang dapat memberikan daya cadangan saat utama terputus/padam. UPS juga termasuk sebuah sistem yang berdiri sendiri tanpa sistem suplay dari tenaga listrik PLN dan berfungsi untuk melindungi/mem proteksi peralatan elektronik dari berbagai kerusakan. Daya cadangan UPS bersumber dari DC yang disimpan dalam baterai. Sistem UPS dapat dihubungkan dengan beban-beban seperti beban lampu, komputer, kipas angin dan lain sebagainya. Ketika sumber utama energi listrik pada, beban-beban tersebut tetap mendapatkan daya listrik dari UPS. Selama terputusnya sumber PLN maka UPS akan menyuplai kebutuhan daya beban [35].

Uninteruptible Power Supply (UPS) adalah peralatan *supply* daya tak terputus yang berfungsi untuk *back up power* ke DCS/Kontrol panel. UPS dilengkapi dengan sumber tenaga listrik dari baterai. Jika terjadi gangguan untuk interupsi daya listrik sesaat sampai beberapa menit, daya listrik yang dipotong oleh baterai yang dihubungkan dengan saklar hubung baterai yang berfungsi sebagai penghubung atau pelepas daya listrik searah batterai. Beroperasinya SHB didasarkan kerja modul transistor detector tenaga kurang (*Under Voltage Detector*) yang disetting 85 % - 90 % dari tegangan normal. Dengan adanya saklar hubung baterai maka daya listrik beban tidak akan terputus [3].

2.12.1 Cara Kerja UPS

UPS bekerja diantara peralatan elektronik dan colokan listrik. Dari colokan listrik akan mengubah dari arus AC menjadi DC lalu dialirkan ke baterai yang berada di UPS. Sehingga arus DC dari baterai akan diubah menjadi arus AC oleh inverter. Baterai akan bekerja untuk menyimpan cadangan daya dan akan dipakai ketika energi utama listrik terputus/padam [36].

2. 12.2 Jenis UPS

Terdapat beberapa jenis UPS yang berbeda satu dengan yang lain lantaran setiap jenisnya dirancang untuk keperluan dan lingkungan yang berbeda. Berikut ini adalah beberapa jenis UPS yang umum digunakan :

a. *Standby* UPS

Jenis UPS ini memberikan perlindungan dasar dengan biaya yang lebih terjangkau. Saat pasokan listrik utama normal, UPS *offline* hanya berfungsi sebagai penyambung langsung ke perangkat. Ketika terjadi pemadaman listrik, UPS baru akan beralih ke baterai dan menyediakan daya.

Keunggulan dari jenis UPS ini meliputi biaya yang terjangkau, efisiensi yang tinggi, dan desain yang kompak. Namun, di sisi lain, terdapat kekurangan seperti penggunaan baterai saat listrik padam dan tidak cocok untuk pemakaian beban di atas 2kVA. Jenis UPS ini paling cocok digunakan oleh pengguna personal.

b. *Line-interactive* UPS

UPS ini menawarkan fitur tambahan berupa pengatur tegangan otomatis. UPS *line-interactive* dapat menyesuaikan tegangan keluaran sesuai dengan fluktuasi tegangan masukan tanpa harus beralih ke baterai.

Kelebihannya meliputi kehandalan yang tinggi, efisiensi yang baik, serta penyesuaian voltase yang optimal. Namun, kekurangannya adalah tidak cocok untuk digunakan di atas kapasitas 5kVA. UPS ini sering digunakan dalam situasi ketidakstabilan pasokan listrik.

c. *UPS Double Conversion Online*

Jenis UPS ini menyediakan perlindungan paling baik karena selalu menyediakan daya melalui konversi daya AC ke DC dan segera kembali ke AC. UPS *online* memberikan ketahanan maksimal terhadap gangguan listrik, tetapi biaya dan konsumsi daya dapat lebih tinggi.

Kelebihan dari UPS ini adalah kemampuannya dalam menyesuaikan voltase dengan sangat baik dan mudah untuk disambungkan secara paralel. Namun, di sisi lain, UPS ini memiliki kekurangan berupa efisiensi yang rendah dan harga yang mahal khususnya untuk tipe dengan daya di bawah 5kVA. Meskipun mendekati gambaran ideal UPS, namun perangkat ini menghasilkan panas yang cukup tinggi.

Jadi, UPS atau Catu Daya Tidak Terputus merupakan salah satu solusi penting untuk melindungi perangkat elektronik dari gangguan pasokan listrik yang tidak stabil. Dengan berbagai jenis UPS yang tersedia, pengguna dapat memilihnya sesuai dengan kebutuhan dan tingkat perlindungan yang diinginkan. Penggunaan

UPS secara tepat dapat meningkatkan keandalan perangkat elektronik, mencegah potensi kerusakan, dan meminimalisir kehilangan data akibat gangguan listrik.

2.13. *Automatic Transfer Switch (ATS)*

Automatic Transfer Switch (ATS) [37] adalah suatu rangkaian yang mampu memindahkan beban dari sumber listrik utama ke sumber listrik cadangan. ATS terdiri dari beberapa sakelar yang menyerupai home sakelar, hanya saja perangkat ATS ini sudah mampu bekerja secara otomatis.



Gambar 2.17 Panel ATS

Sistem pengoperasian perangkat ATS ini sangatlah muda, karena panel terinstalasi dengan baik sehingga ketika daya utama misalnya PLN hilang atau gagal, maka perangkat ATS ini akan segera memindahkan beban dari PLN ke genset. Begitu pula sebaliknya, ketika PLN kembali menyuplai daya maka ATS akan segera memindahkan beban dan mematikan genset.

Komponen-komponen penyusun ATS meliputi lampu indikator, kontaktor dan relay-relay. Kontaktor berjumlah dua unit yaitu satu unit untuk kontaktor genset dan satu unit yang lain untuk kontaktor PLN. Prinsip dari kontaktor ini adalah ketika salah satu kontaktor bekerja, maka kontaktor yang lain akan terkunci atau interlock. Sehingga hanya satu suplai daya yang dapat terhubung ke beban serta menghindari terhubungnya suplai daya utama dengan suplai daya cadangan [37].

2.13.1 Komponen Pada Panel ATS

Terdapat beberapa komponen yang terpasang di dalam panel ATS, yaitu :

1. MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

MCB adalah [38] alat pengaman otomatis yang dipergunakan untuk membatasi arus listrik. Alat pengaman ini dapat juga berguna sebagai saklar. Dalam penggunaannya, pengaman ini harus disesuaikan dengan besar listrik yang terpasang. Hal ini adalah untuk menjaga agar listrik dapat berguna sesuai kebutuhan.



Gambar 2.18 *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

Miniature Circuit Breaker (MCB) adalah sebuah alat proteksi listrik yang bekerja secara otomatis untuk memutuskan aliran listrik ketika terjadi korsleting atau kelebihan arus pada sirkuit listrik. MCB bekerja dengan menggunakan prinsip *thermal* (suhu panas) dan elektromagnetis :

- *Thermal tripping*

Ketika arus listrik yang mengalir melalui bimetal menyebabkan suhu bimetal menjadi tinggi, bimetal melengkung dan melepaskan kait, yang menghentikan aliran arus pada rangkaian.

- *Magnetic tripping*

Ketika listrik melebihi beban atau overload, akan timbul sebuah medan magnet di palang MCB dan membuatnya tertarik, yang menghentikan aliran arus pada rangkaian.

MCB juga dapat dioperasikan manual dengan cara menekan tombol. MCB lebih sering digunakan daripada sekering karena kemampuannya lebih baik dalam on off tegangan dan tingkat sensitifitasnya yang lebih tinggi.

2. MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*)

MCCB adalah singkatan dari *Moulded Case Circuit Breaker*, sebagai pengaman terjadinya hubung singkat short circuit dan beban lebih overload agar tidak terjadinya kerusakan pada motor listrik maupun kebakaran yang disebabkan oleh short circuit yang selalu menimbulkan bunga api [39].

MCCB memiliki dua pengaturan, satu untuk arus lebih dan satu untuk suhu berlebih. Ketika beban dihubungkan ke rangkaian, arus antara sumber dan beban akan meningkat karena efek termal. Arus ini akan menyebabkan proteksi arus lebih atau rangkaian terbuka jika melebihi nilai tertentu. MCCB juga memiliki kemampuan untuk berfungsi dalam kondisi under voltage trip (ketika tegangan lebih rendah dari batas yang ditentukan) dan shunt trip (dapat memutus arus dari sumber eksternal, bukan hanya karena melebihi batas arus yang diperbolehkan).



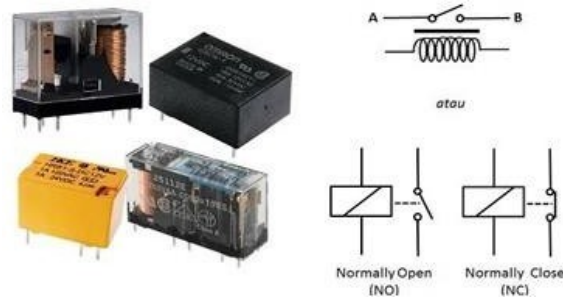
Gambar 2.19 *Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)*

MCCB memiliki rangkaian pemutus arus yang dapat digerakkan, berbeda dengan MCB (*Miniature Circuit Breaker*) yang berisi rangkaian pemutus arus yang tetap. MCCB juga memiliki beberapa pilihan Pole (kutub), yang menyatakan banyaknya jumlah kutub yang terdapat dalam kumparan suatu motor listrik. MCCB biasanya menggunakan 3 phase, karena hanya digunakan sebagai pengaman untuk motor listrik pada dunia industri.

3. Relay

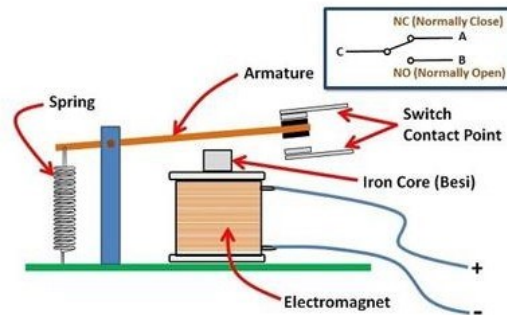
Relay adalah [40] saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen electromechanical (elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat *kontak saklar/switch*). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan

kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.



Gambar 2.20 Relay dan Simbol Relay

Berikut ini merupakan gambar dari bagian-bagian *relay* :



Gambar 2.21 Struktur Bagian Relay

Kontak poin (*contact point*) relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

- *Normally close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *CLOSE* (tertutup)
- *Normally open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *OPEN* (terbuka).

Karena *relay* merupakan salah satu jenis dari saklar, maka istilah *pole and throw* yang dipakai dalam saklar juga berlaku pada *relay*.

Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai istilah *pole and throw* :

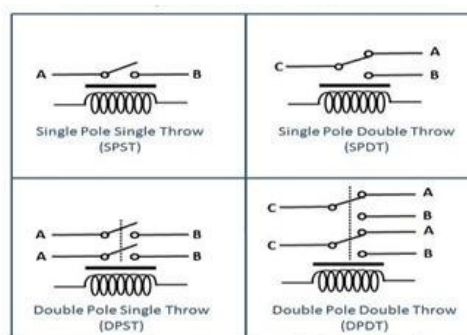
- *Pole* : Banyaknya Kontak (*Contact*) yang dimiliki oleh sebuah *relay*
- *Throw* : Banyaknya kondisi yang dimiliki oleh sebuah Kontak (*contact*)

Berdasarkan penggolongan jumlah *pole dan throw*-nya sebuah *relay*, maka *relay* dapat digolongkan menjadi :

- *Single Pole Single Throw (SPST)* : *relay* golongan ini memiliki 4 terminal, 2 terminal untuk saklar dan 2 terminalnya lagi untuk *coil*.
- *Single Pole Double Throw (SPDT)* : *relay* golongan ini memiliki 5 terminal, 3 terminal untuk saklar dan 2 terminalnya lagi untuk *coil*.
- *Double Pole Single Throw (DPST)* : *relay* golongan ini memiliki 6 terminal, diantaranya 4 terminal yang terdiri dari 2 pasang terminal saklar sedangkan 2 terminal lainnya untuk *coil*. *relay* DPST dapat dijadikan 2 saklar yang dikendalikan oleh 1 *coil*.
- *Double Pole Double Throw (DPDT)* : *relay* golongan ini memiliki terminal sebanyak 8 terminal, diantaranya 6 terminal yang merupakan 2 pasang *relay* SPDT yang dikendalikan oleh 1 (single) *coil*. sedangkan 2 terminal lainnya untuk *coil*.

Selain golongan *relay* diatas, terdapat juga *relay-relay* yang *pole dan throw*-nya melebihi dari 2 (dua). misalnya 3PDT (*triple pole double throw*) ataupun 4PDT (*four pole double throw*) dan lain sebagainya.

Untuk lebih jelas mengenai penggolongan *relay* berdasarkan jumlah *pole and throw*, silakan lihat gambar dibawah ini :



Gambar 2.22 Pole and Throw Pada Relay

Beberapa fungsi Relay yang telah umum diaplikasikan kedalam peralatan Elektronika diantaranya adalah :

- Relay digunakan untuk menjalankan Fungsi Logika (Logic Function)
- Relay digunakan untuk memberikan Fungsi penundaan waktu (Time Delay Function)
- Relay digunakan untuk mengendalikan Sirkuit Tegangan tinggi dengan bantuan dari Signal Tegangan rendah.

Ada juga Relay yang berfungsi untuk melindungi Motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan Tegangan ataupun hubung singkat (Short) [40].

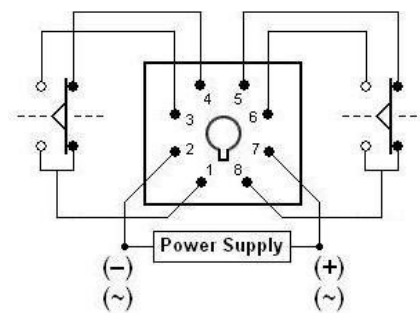
4. *Time Relay*

Time Relay (TR) adalah perangkat yang mengontrol aliran daya dalam rangkaian menggunakan elektromagnet. TR bekerja dengan menunda penerapan daya ke beban listrik hingga waktu tertentu berlalu. Setelah pengatur waktu habis, daya akan dialirkan dan tetap menyala hingga pengatur waktu habis. Pada titik ini, daya dikeluarkan dari beban dan tetap mati hingga daya dialirkan kembali.



Gambar 2.23 *Time Relay*

TR dimaksudkan untuk mengatur waktu hidup atau mati dari kontaktor. Bagian input biasanya dinyatakan sebagai kumparan (*coil*) dan bagian *output*nya sebagai kontak NO atau NC.



Gambar 2.24 Nomor Kontak Pada *Time Relay*

TR *On Delay* sering digunakan untuk menunda aktivasi motor, lampu, dan solenoid. *Off Delay* ideal untuk menunda deaktivasi pompa, dan katup.

5. *Magnetic Contactor*

Magnetic Contactor (MC) [41] adalah sebuah komponen yang berfungsi sebagai penghubung / kontak dengan kapasitas yang besar dengan menggunakan daya minimal. Kontaktor magnet yaitu suatu alat penghubung listrik yang bekerja atas dasar magnet yang dapat menghubungkan antara sumber arus dengan muatan. Bila inti koil pada kontaktor diberikan arus, maka koil akan menjadi magnet dan menarik kontak sehingga kontaknya menjadi terhubung dan dapat mengalirkan arus listrik.

Kontaktor magnet atau saklar magnet merupakan saklar yang bekerja berdasarkan prinsip kemagnetan. Artinya sakelar ini bekerja jika ada gaya kemagnetan pada penarik kontakannya. Magnet berfungsi sebagai penarik dan sebagai pelepas kontak-kontaknya dengan bantuan pegas pendorong. Sebuah kontaktor harus mampu mengalirkan dan memutuskan arus dalam keadaan kerja normal. Arus kerja normal ialah arus yang mengalir selama pemutusan tidak terjadi. Sebuah kontaktor dapat memiliki koil yang bekerja pada tegangan DC atau AC. Pada tegangan AC, tegangan minimal adalah 85% tegangan kerja, apabila kurang maka kontaktor akan bergetar.



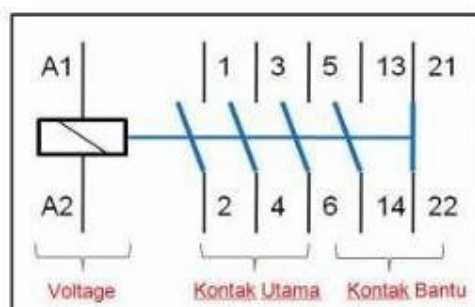
Gambar 2.25 Kontaktor Magnet

Kontaktor pada umumnya memiliki kontak utama untuk aliran 3 fasa. Dan juga memiliki beberapa kontak bantu untuk berbagai keperluan. Kontak utama digunakan untuk mengalirkan arus utama, yaitu arus yang diperlukan untuk beban, misalnya motor listrik. Sedangkan kontak bantu digunakan untuk mengalirkan arus bantu yaitu arus yang diperlukan untuk kumparan magnet, alat bantu rangkaian, lampu lampu indikator, dan lain-lain. Untuk menghubungkan kontak utama hanya dengan cara memberikan tegangan pada koil MC sesuai spesifikasinya. Komponen utama sebuah MC adalah koil dan kontak utama. Koil dipergunakan untuk menghasilkan medan magnet yang akan menarik kontak utama sehingga terhubung pada masing masing pole. Magnetic Contactor atau Kontaktor AC sangat cocok untuk digunakan pada sirkuit sampai tegangan maksimal 690v 50Hz atau 60Hz dan arus sampai 780A dari 6A.

Kontaktor termasuk jenis saklar motor yang digerakkan oleh magnet. Bila pada jepitan A1 dan A2 kumparan magnet diberi tegangan, maka magnet akan menarik jangkar sehingga kontak-kontak bergerak yang berhubungan dengan jangkar tersebut ikut tertarik. Tegangan yang harus dipasangkan dapat tegangan bolak balik (AC) maupun tegangan searah (DC), tergantung dari bagaimana magnet tersebut dirancang. Untuk beberapa keperluan digunakan juga kumparan arus (bukan tegangan), akan tetapi dari segi produksi lebih disukai kumparan tegangan karena besarnya tegangan umumnya sudah dinormalisasi dan tidak tergantung dari keperluan alat pemakai tertentu.

Spesifikasi kontaktor magnet yang harus diperhatikan adalah kemampuan daya kontaktor ditulis dalam ukuran Watt/KW, yang disesuaikan dengan beban yang

dipukul, kemampuan menghantarkan arus dari kontak-kontaknya, ditulis Gambar 2.9 Cara Kerja Kontaktor Magnet Kontaktor dapat di analogikan sebagai sebagai Breaker untuk sirkuit pemutus dan penghubung tenaga listrik pada beban. Karena pada Kontaktor selain terdapat kontak NO dan NC juga terdapat 3 buah kontak NO utama yang dapat menghubungkan arus listrik sesuai ukuran yang telah ditetapkan pada kontaktor tersebut. Misalnya 10A, 15A, 20A, 30A, 50A dan seterusnya. Seperti pada gambar dibawah ini. dalam satuan ampere, kemampuan tegangan dari kumparan magnet, apakah untuk tegangan 127 Volt atau 220 Volt, begitupun frekuensinya, kemampuan melindungi terhadap tegangan rendah, misalnya ditulis $\pm 20\%$ dari tegangan kerja. Dengan demikian dari segi keamanan dan kepraktisan, penggunaan kontaktor magnet jauh lebih baik dari pada saklar biasa.



Gambar 2.26 Kontak Pada Kontaktor Magnet

Ukuran dari kontaktor ditentukan oleh batas kemampuan arusnya. Biasanya pada kontaktor terdapat beberapa kontak, yaitu kontak normal membuka (Normally Open = NO) dan kontak normal menutup (Normally Close = NC). Kontak NO berarti saat kontaktor magnet belum bekerja kedudukannya membuka dan bila kontaktor bekerja kontak itu menutup/menghubung. Sedangkan kontak NC berarti saat kontaktor belum bekerja kedudukan kontakannya menutup dan bila kontaktor bekerja kontak itu membuka. Jadi fungsi kerja kontak NO dan NC berlawanan.

6. Push Button

Push button switch (saklar tombol tekan) adalah [41] perangkat / saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan *unlock* (tidak mengunci). Sistem kerja *unlock* disini berarti saklar akan bekerja sebagai *device* penghubung atau pemutus aliran

arus listrik saat tombol ditekan, dan saat tombol tidak ditekan (dilepas), maka saklar akan kembali pada kondisi normal.

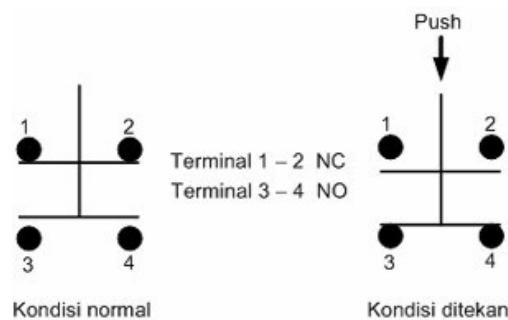


Gambar 2.27 Push Button

Sebagai *device* penghubung atau pemutus, *push button switch* hanya memiliki 2 kondisi, yaitu *On* dan *Off* (1 dan 0). Istilah *On* dan *Off* ini menjadi sangat penting karena semua perangkat listrik yang memerlukan sumber energi listrik pasti membutuhkan kondisi *On* dan *Off*.

Karena sistem kerjanya yang *unlock* dan langsung berhubungan dengan operator, *push button switch* menjadi *device* paling utama yang biasa digunakan untuk memulai dan mengakhiri kerja mesin di industri. Secanggih apapun sebuah mesin bisa dipastikan sistem kerjanya tidak terlepas dari keberadaan sebuah saklar seperti *push button switch* atau perangkat lain yang sejenis yang bekerja mengatur pengkondisian *On* dan *Off*.

Berdasarkan fungsi kerjanya yang menghubungkan dan memutuskan, *push button switch* mempunyai 2 tipe kontak yaitu NC (Normally Close) dan NO (Normally Open).



Gambar 2.28 Kontak Pada Push Button

- NO (*Normally Open*), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya terbuka (aliran arus listrik tidak mengalir). Dan ketika tombol saklar ditekan, kontak yang NO ini akan menjadi menutup (*Close*) dan mengalirkan atau menghubungkan arus listrik. Kontak NO digunakan sebagai penghubung atau menyalakan sistem circuit (*Push Button ON*).
- NC (*Normally Close*), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya tertutup (mengalirkan arus listrik). Dan ketika tombol saklar push button ditekan, kontak NC ini akan menjadi membuka (*Open*), sehingga memutus aliran arus listrik. Kontak NC digunakan sebagai pemutus atau mematikan sistem circuit (*Push Button Off*).

7. Volt Meter

Voltmeter adalah alat yang dialiri listrik. Pada alat ukur voltmeter ini biasanya ditemukan tulisan voltmeter (V), milivoltmeter (mV), mikrovoltmeter (mV), dan kilovolt (kV). Selain itu, terdapat dua jenis yaitu volt meter analog (jarum penunjuk) dan volt meter digital.



Gambar 2.29 Volt Meter

Voltmeter memiliki batas ukur tertentu, yakni nilai tegangan maksimum yang dapat diukur oleh voltmeter tersebut. Jika tegangan yang diukur oleh voltmeter melebihi batas ukur, voltmeter akan rusak [42].

8. Amper Meter

Amper meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik. Umumnya alat ini dipakai oleh teknisi elektronik dalam alat multi tester listrik yang

disebut avometer gabungan dari fungsi amper meter, volt meter dan ohm meter. Amper dibuat atas dapat dibuat atas susunan mikro amper meter dan *shunt* yang berfungsi untuk deteksi arus pada rangkaian baik arus yang kecil.



Gambar 2.30 Amper Meter

Amper meter bekerja sesuai dengan gaya Lorentz gaya magnetis. Arus yang mengalir pada kumparan yang selimuti medan magnet akan menimbulkan gaya Lorentz yang dapat menggerakkan jarum amperemeter. Semakin besar arus yang mengalir maka semakin besar pula simpangannya susunan mikroamperemeter dan shunt yang berfungsi untuk deteksi arus pada rangkaian baik arus yang kecil. Amperemeter bekerja sesuai dengan gaya Lorentz gaya magnetis. Arus yang mengalir pada kumparan yang selimuti medan magnet akan menimbulkan gaya Lorentz yang dapat menggerakkan jarum amperemeter. Semakin besar arus yang mengalir maka semakin besar pula simpangannya [42].

9. Lampu Indikator

Lampu indikator digunakan sebagai penanda pada panel dari mana arus yang digunakan. Pada alat ini lampu yang digunakan adalah lampu dengan tegangan 220VAC dan berdiameter 22mm. Untuk indikator sumber tegangan dari PLN digunakan lampu yang berwarna hijau, dan sumber dari inverter menggunakan lampu indikator yang berwarna merah.



Gambar 2.31 Lampu Indikator

Penggunaan lampu indikator sangatlah penting pada pembuatan alat ini, karena lampu indikator sebagai pemberi tanda untuk membedakan sumber tegangan saat alat tersebut bekerja [43].

10. Box panel

Box Panel digunakan untuk penempatan komponen – komponen yang akan digunakan untuk pembuatan suatu rangkaian ATS (automatic transfer switch). Box panel yang digunakan tergantung kepada kebutuhan pemilik dan besar kapasitas dari panel ATS yang akan digunakan. Box panel ini terdiri dari box utama untuk komponen–komponen yang dipasang di dalam dan pintu sebagai cover serta tempat interaksi dan pemantauan indikator [43].



Gambar 2.32 Box Panel

2.14 Panel Pembagi PLTS & PLN

Panel pembagi PLTS berfungsi sebagai Panel pembagi pada sistem PLTS sering kali digunakan sebagai pengumpul arus DC dari beberapa panel surya. Fungsinya adalah menggabungkan arus DC yang dihasilkan oleh setiap panel surya ke dalam

satu saluran DC yang lebih besar sebelum masuk ke inverter. Inverter kemudian mengonversi arus listrik DC menjadi arus listrik AC yang dapat digunakan di rumah atau disalurkan ke jaringan listrik umum. Untuk melindungi sistem dari gangguan atau kelebihan arus, panel pembagi PLTS dilengkapi dengan pemutus sirkuit. Pemutus sirkuit ini berfungsi untuk memutus aliran listrik jika terjadi masalah seperti korsleting atau kelebihan beban.

Panel pembagi PLN berfungsi sebagai pusat distribusi listrik di suatu lokasi atau gedung. Di dalamnya terdapat pemutus sirkuit untuk melindungi sistem dari berbagai masalah seperti korsleting, kelebihan arus, atau gangguan lainnya. Panel ini memungkinkan untuk mengalirkan daya listrik dari jaringan listrik umum (PLN) ke berbagai area atau peralatan di dalam gedung. Panel pembagi PLN biasanya dilengkapi dengan perangkat pengukuran dan pemantauan yang memungkinkan pengguna untuk melihat dan mengelola konsumsi listrik, serta memantau performa sistem secara keseluruhan.



Gambar 2.33 Panel Pembagi PLTS & PLN

Keduanya, baik panel pembagi PLTS maupun PLN, memiliki peran penting dalam memastikan distribusi listrik yang efisien, aman, dan dapat diatur sesuai kebutuhan. Perbedaan utama terletak pada sumber daya yang dikelola, yakni listrik yang dihasilkan dari PLTS (surya) atau yang disalurkan oleh PLN (listrik umum).

2.15. *Electric Transient Analysis Program (ETAP)*

ETAP adalah sebuah perangkat lunak untuk merancang jaringan dan untuk menentukan arus pendek maksimum. ETAP juga digunakan untuk mensimulasikan analisis harmonik dan transien aliran energi listrik [44].

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan selama 6 bulan, yang dimulai dari sejak 24 maret 2024 s/d 20 agustus 2024 yang meliputi studi pustaka, pengambilan data dan analisa data. Tempat penelitian dilaksanakan di RSUD Tanjung Pura Jl. Khairil Anwar No.11, Pekan Tj. Pura, Kec. Tj. Pura, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara.

3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

Adapun bahan dan alat penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

3.2.1 Bahan-bahan Penelitian

1. Data penggunaan inventaris alat listrik ruangan prioritas.
2. Data penggunaan inventaris penggunaan.
3. Jurnal yang berkaitan dengan generator set, mesin diesel, suplai daya cadangan, UPS, PLTS dan *software* ETAP.

3.2.2 Peralatan Penelitian

1. Satu unit Laptop

Merk : Acer Swift 3
Processor : Intel(R) Core(TM) i5-8265U CPU @ 1.60GHz
Installed Memory (RAM) : 8.00 GB
Fungsi : Sebagai media analisis dan menghitung data

2. Satu Unit Flash Drive

Merk : SanDisk
Kapasitas : 128 GB
Fungsi : Untuk memindahkan data–data yang diperlukan peneliti.

3. Software *Electric Transient Analysis Program* (ETAP)

Versi : 19.0.1

Fungsi : Untuk menghitung dan menganalisa *load flow* suplai daya cadangan

3.3 Data Penelitian

3.3.1 Observasi Data RSUD Tanjung Pura

Langkah analisa sistem suplai daya cadangan awal dengan observasi wawancara kepada pihak Operator teknik, Kepala humas serta Direktur RSUD Tanjung Pura dalam mengetahui sistem instalasi, konsumsi energi dan pendistribusian listrik terhadap alat alat yang menggunakan energi listrik. Sehingga data yang harus didapatkan dalam analisis riset audit energi listrik RSUD Tanjung Pura :

- a. Data daya dan peralatan listrik dalam ruangan prioritas dan pemakaian generator set.
- b. Membuat pola *single line diagram* pada ruang prioritas yang didasarkan atas pengamatan secara langsung (observasi).
- c. interview dengan pihak-pihak terkait tentang pemakaian energi listrik yang terdapat pada ruangan prioritas RSUD Tanjung Pura.

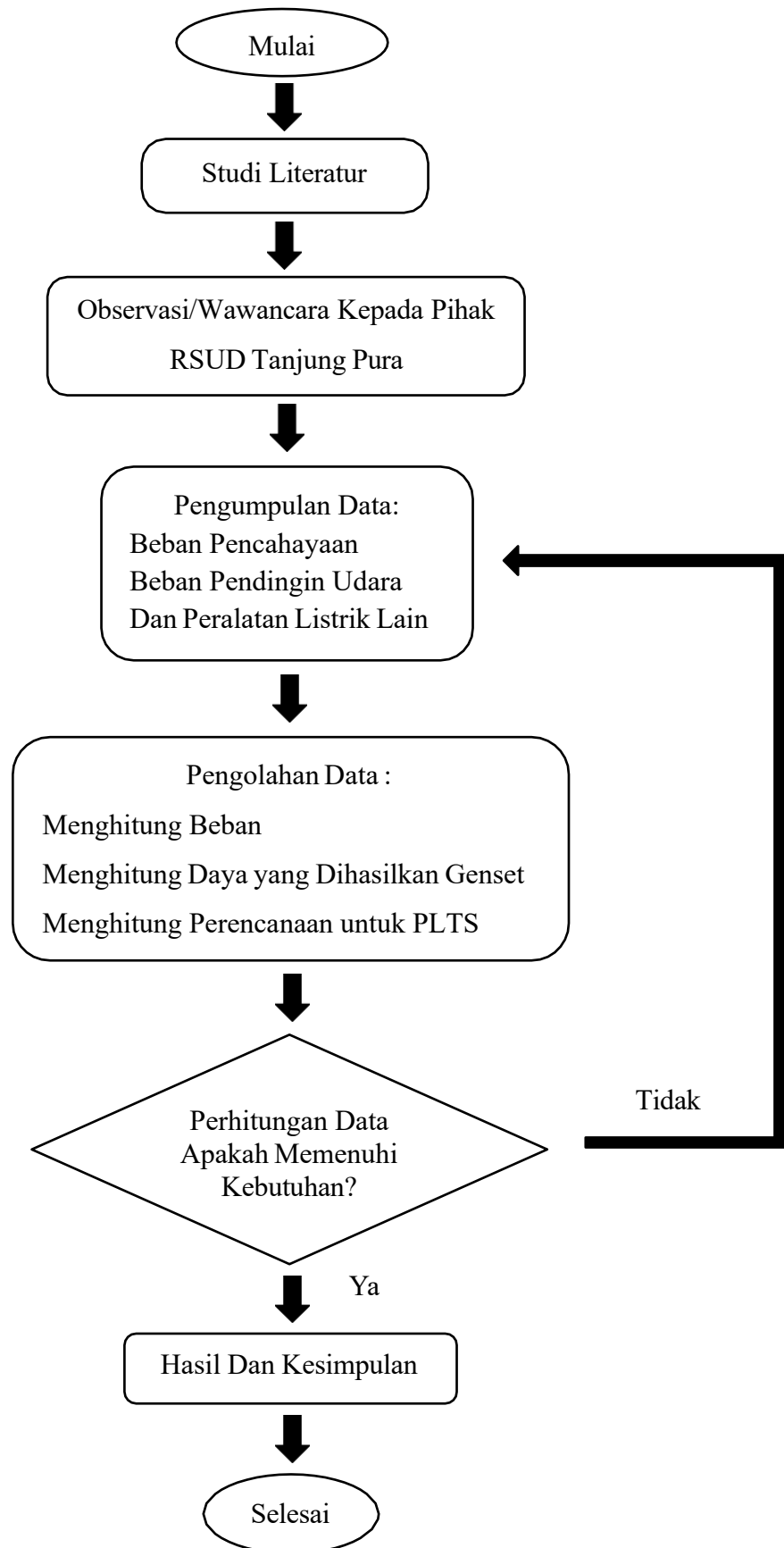
3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Metode Penelitian dengan menggunakan perhitungan :
 - a. Kebutuhan energi listrik pada RSUD Tanjung Pura
 - b. Daya yang dapat dihasilkan genset untuk memenuhi kebutuhan suplai daya cadangan ruangan prioritas RSUD Tanjung Pura
 - c. Perencanaan rekomendasi PLTS untuk memenuhi kebutuhan suplai daya cadangan ruangan prioritas RSUD Tanjung Pura

3.5 Diagram Alir

Berikut diagram alir penelitian analisa sistem suplai daya cadangan pada RSUD Tanjung Pura.



BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Total beban energi listrik maksimal di ruangan prioritas RSUD Tanjung pura adalah 116.793 Watt.
2. Suplai daya cadangan ruangan prioritas RSUD Tanjung Pura seluruhnya di *backup* oleh genset dan UPS dengan kapasitas genset 3 x 50 KVA dan juga UPS yang memiliki kapasitas dan jumlah yang sama.
3. Untuk memnuhi kebutuhan suplai daya cadangan pada ruangan prioritas, RSUD Tanjung Pura membutuhkan 42 unit panel surya berkapasitas 550 Wp dengan konfigurasi susunan paralel, 6 unit MPPT bertegangan 24 V, 6 unit baterai berkapasitas 200Ah bertegangan 24 V, inverter berkapasitas 20.000 Watt dengan tegangan 24 V sebanyak 6 unit, 42 unit circuit breaker dengan tegangan maksimal 250V serta 42 unit fuse dengan tegangan maksimal 250 V.
4. RSUD Tanjung Pura membutuhkan biaya sebesar Rp 450.764.000,- untuk membangun sebuah PLTS sebagai suplai daya cadangan yang dapat menggantikan genset diesel.

5.2 Saran

1. RSUD Tanjung Pura dapat memilih untuk menggunakan PLTS sebagai suplai daya cadangan menggantikan genset dan UPS mengingat di era indusri 5.0 sekarang ini seluruh dunia sedang berupaya menggunakan energi baru terbarukan sebagai pengganti dari bahan bakar fosil yang cadangannya semakin menipis di seluruh dunia.
2. Jika RSUD Tanjung Pura menggunakan PLTS sebagai suplai daya cadangan, bukan hanya mengurangi polusi saja, melainkan RSUD Tanjung Pura juga dapat memperoleh profit dengan cara menjual listrik yang dihasilkan oleh PLTS tersebut ke PLN yang tentunya sangat dapat membantu pihak RSUD Tanjung Pura untuk mengembalikan modal awal dari pembangunan PLTS tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. L. Anfal, “PENGARUH KUALITAS PELAYANAN DAN CITRA RUMAH SAKIT TERHADAP TINGKAT KEPUASAN PASIEN RAWAT INAP RUMAH SAKIT UMUM SUNDARI MEDAN TAHUN 2018,” 2020.
- [2] “PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 40 TAHUN 2022,” 2022. [Daring]. Tersedia pada: www.peraturan.go.id
- [3] M. Jimmy Alfayed, S. Sistem Backup Beban, M. Jimmy Al Fayed, T. Hasanuddin, P. Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Jurusan Teknik Elektro, dan P. Negeri Lhokseumawe, “STUDI SISTEM BACK UP BEBAN EMERGENCY DENGAN START UP DIESEL ENGINE GENERATOR 760 KW DI UNIT 2 PT. PUPUK ISKANDAR MUDA,” *JURNAL TEKTR0*, vol. 06, hlm. 232–237, 2022.
- [4] M. Muliadi, I. Mado, A. Budiman, S. Subrianto, dan A. Rantepadang, “Dampak Keandalan Generator Set 3 Fase terhadap Kontinuitas Suplai Listrik saat Terjadi Pemadaman,” *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 22, no. 2, hlm. 144–151, Okt 2023, doi: 10.23917/emitor.v22i2.22728.
- [5] M. N. H. N. A. W. S. GEDE PATRIANAYA MARGAYASA WIRSUYANA, “Desain dan Simulasi UPS Multilevel Inverter Dengan Metode Modulasi Phase Disposition-PWM (Design and Simulation of UPS Multilevel Inverter with Phase Disposition-PWM Modulation Method),” *SEMESTA TEKNIKA*, vol. 23, hlm. 63–74, Mei 2020, doi: 10.18196/st.231256.
- [6] M. N. Abdullah dan I. Maulina, “Study Sistem Autostart Genset untuk Supply Darurat IRD (Instalasi Rawat Darurat) RS Wahidin Sudirohusodo Tamalanrea Makassar,” *Elektriase: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, vol. 13, no. 02, hlm. 144–159, Mar 2024, doi: 10.47709/elektriase.v13i02.3699.
- [7] A. Wiradinata, B. Tjung, T. Elektro, B. Y. Yulianto, dan M. I. Marzuki, “Analisis Sistem Back-Up Daya Airfield Lighting System pada Substation T1 Bandara SAMS Sepinggan dengan ETAP 19.0.1,” *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 6, hlm. 25–31, 2023.

- [8] N. Pratama dan B. D. Cahyono, “IMPLEMENTASI UPS (UNINTERUPPTIBLE POWER SUPPLY) SEBAGAI BACKUP (2022) ,” *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika (JTMEI)*, vol. 1, hlm. 83–93, 2022, Diakses: 24 Maret 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://ejurnal.politeknikpratama.ac.id/index.php/jtmei/article/view/925>
- [9] M. S. Siregar, J. Junaidi, A. Irwan, dan H. Ibrahim, “Analisis Pemeliharaan Berkala pada Motor Diesel Generator Set Daya 90 kVA sebagai Energi Listrik Cadangan di UPT Rumah Sakit Khusus Paru,” *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 3, no. 1, hlm. 55–67, 2022.
- [10] P. Penerbangan Indonesia Curug, “ANALISIS ALIRAN DAYA PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DI BANDARA INTERNASIONAL SUPADIO MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 19 HENDRO WIDIARTO,” *Jurnal Inovasi Hasil Penelitian dan Pengembangan* , vol. 3, no. 4, hlm. 307–318, 2023.
- [11] “PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 3 TAHUN 2020,” 2020.
- [12] A. Alim, N. Tangdilambi, dan A. Badwi, “Hubungan kualitas pelayanan kesehatan terhadap kepuasan pasien rawat jalan di RSUD Makassar,” *Jurnal Manajemen Kesehatan Yayasan RS. Dr. Soetomo*, vol. 5, no. 2, hlm. 165–181, 2019.
- [13] I. M. P. Rusmusi, N. Kadarwati, dan I. Suryahani, “PREFERENSI MASYARAKAT TERHDAP PERMINTAAN LISTRIK DI PURWOKERTO (Evaluasi Terhadap Kebijakan Listrik Prabayar),” *Al-Mustashfa: Jurnal Penelitian Hukum Ekonomi Syariah*, vol. 5, no. 1, hlm. 106–116, 2020.
- [14] D. Despa, G. F. Nama, T. Septiana, dan M. B. Saputra, “Audit Energi Listrik Berbasis Hasil Pengukuran Dan Monitoring Besaran Listrik Pada Gedung A Fakultas Teknik Unila,” *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 15, no. 1, hlm. 33–38, 2021.
- [15] M. Y. Hardianto dan W. N. Adzillah, “Pemanfaatan Generator Set 500 kVA Sebagai Cadangan Generator Set 1500 kVA di Bandara Husein Sastranegara Bandung ,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, hlm. 13–17, Jul 2021.

- [16] A. Hasibuan *dkk.*, “Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Fast Decoupled Menggunakan Software Etap,” 2020, doi: 10.30596/rele.v1i1.5236.
- [17] A. Wahid, “Analisis kapasitas dan kebutuhan daya listrik untuk menghemat penggunaan energi listrik di fakultas teknik universitas tanjungpura,” *Journal Of Electrical Engineering, Energy, And Information Technology (J3eit)*, vol. 2, no. 2, 2014.
- [18] W. Wibowo dan N. Astriawati, “Sistem Pendingin Tertutup Pada Mesin Diesel Tipe Diesel MAK 8M32 Sebagai Penggerak Utama Kapal Motor LIT ENTERPRISE,” *Jurnal Polimesin*, vol. 19, no. 1, hlm. 28–34, 2021.
- [19] N. N. S. MATONDANG, “TUGAS AKHIR ANALISIS SISTEM PEMBEBANAN PADA GENERATOR DI PT. PLN (PERSERO) PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL TITI KUNING,” 2018.
- [20] G. R. H. H. Salsabila, “Proses Treatment Marine Fuel Oil (MFO) Sebagai Bahan Bakar Pada Mesin Diesel,” *Jurnal Kompetensi Teknik*, vol. 11, no. 1, hlm. 30–35, 2019.
- [21] A. S. K. Husna, D. Desriyanti, dan R. I. Vidyastari, “Air Temperature Control System In Silent Generator Box,” *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, vol. 5, no. 2, hlm. 165–174, 2021.
- [22] A. Suudi, A. Lubis, N. Tanti, dan D. Ardimansyah, “Reduksi suara bising genset menggunakan kotak genset berperedam 3 cm,” dalam *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Teknik Dan Aplikasi Industri Fakultas Teknik Universitas Lampung*, 2020.
- [23] B. Saputro, “Analisis Keandalan Generator Set Sebagai Power Supply Darurat Apabila Power Supply Dari Pln Mendadak Padam Di Morodadi Poultry Shop Blitar,” *Jurnal Qua Teknika*, vol. 7, no. 2, hlm. 17–25, 2017.
- [24] F. Fahrizal, S. Subhan, dan T. Hasanuddin, “STUDI KINERJA SISTEM PROTEKSI GENERATOR PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL TAPAK TUAN,” *Jurnal TEKTR0*, vol. 6, no. 2, hlm. 218–223, 2022.

- [25] M. F. Bastari, A. Daryanto, dan M. Haryanti, "Otomatisasi Pada Generator 1100 Watt (Genset) Sebagai Energi Alternatif Sumber Daya PLN," *JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI*, vol. 6, 2021.
- [26] B. Halimi, "Hybrid power generation as an environmental friendly energy supply solution for remote area in Indonesia," *International Journal of Environmental Science and Development*, vol. 8, no. 3, hlm. 159, 2017.
- [27] R. Wahyuningsih, "Potensi dan wilayah kerja pertambangan panas bumi di Indonesia," *Kolokium Hasil Lapangan. Badan Geologi: Bandung*, 2005.
- [28] L. Parinduri dan T. Parinduri, "Konversi biomassa sebagai sumber energi terbarukan," *JET (Journal of Electrical Technology)*, vol. 5, no. 2, hlm. 88–92, 2020.
- [29] R. R. Ramadhana, M. Iqbal, A. Hafid, dan A. Adriani, "Analisis PLTS On Grid," *Vertex Elektro*, vol. 14, no. 1, hlm. 12–25, 2022.
- [30] N. Evalina, F. I. Pasaribu, dan A. Azis, "The Use of Inverters in Solar Power Plants for Alternating Current Loads," *Britain International of Exact Sciences (BioEx) Journal*, vol. 3, no. 3, hlm. 151–158, 2021.
- [31] M. Naim dan S. Wardoyo, "Rancangan Sistem Kelistrikan Plts On Grid 1500 Watt Dengan Back Up Battery Di Desa Timampu Kecamatan Towuti," *Dinamika: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 8, no. 2, hlm. 11–17, 2017.
- [32] R. Syahputra dan I. Soesanti, "Performance improvement for small-scale wind turbine system based on maximum power point tracking control," *Energies (Basel)*, vol. 12, no. 20, hlm. 3938, 2019.
- [33] I. A. Fahrezi dan L. Liliana, "Studi Kelayakan Pengaman Input-Output Trafo Distribusi Fuse Cut Out (FCO) dan NH Fuse di Area Payakumbuh," *MSI Transaction on Education*, vol. 2, no. 4, hlm. 159–168, 2021.
- [34] E. S. Nasution, "Sistem Analisis Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP," *Journal of Engineering and Science*, vol. 1, no. 1, hlm. 1–8, 2022.

- [35] T. E. Saputra, Y. Apriani, dan M. Hurairah, “UPS (Uninterruptible Power Supply) 1000 Watt Berbasis Panel Surya,” *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 2, hlm. 45–51, 2021.
- [36] T. E. Saputra, Y. Apriani, dan M. Hurairah, “UPS (Uninterruptible Power Supply) 1000 Watt Berbasis Panel Surya,” *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 2, hlm. 45–51, 2021.
- [37] H. Utomo, A. Sadnowo, dan S. R. Sulistiyanti, “Implementasi Automatic Transfer Switch Berbasis PLC pada Laboratorium Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 2, no. 2, 2014.
- [38] I. K. Wijaya, “Penggunaan dan Pemilihan Pengaman Mini Circuit Breaker (MCB) Secara Tepat Menyebabkan Bangunan Lebih Aman Dari Kebakaran Akibat Listrik,” *Bali: Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana*, 2007.
- [39] Y. Adhimanata, “Capacitor Bank Panel Design to Improve Industrial Power System Efficiency and Safety,” *Procedia of Engineering and Life Science*, vol. 7, hlm. 233–239, 2024.
- [40] M. Saleh dan M. Haryanti, “Rancang bangun sistem keamanan rumah menggunakan relay,” *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 8, no. 2, hlm. 87–94, 2017.
- [41] F. Y. Utama, H. M. Setio, dan S. Soeryanto, “Analisis redesain Sistem Mixer Cement sebagai Pengolahan Limbah Batubara di PT. X,” *Otopro*, hlm. 63–73, 2017.
- [42] P. E. Sibarani, U. Sunarya, dan H. Putri, “Perancangan Dan Realisasi Voltmeter Dan Amperemeter Dc Menggunakan Mikrokontroler,” *eProceedings of Applied Science*, vol. 3, no. 3, 2017.
- [43] E. Susanto, “Automatic transfer switch (suatu tinjauan),” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 5, no. 1, 2013.
- [44] R. Samsinar dan W. Wiyono, “Studi Keandalan Rekonfigurasi Jaringan Program Zero Down Time (Zdt) di Kawasan Sudirman Central Business Distric (Scbd) Menggunakan Software ETAP 12.6,” 2019.