

**ANALISIS INTENSITAS PENERANGAN JALAN UMUM  
(PJU) MENGGUNAKAN PLTS**

*Diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik elektro pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara*

**Disusun oleh:**

**KHAIRIL ANWAR**

**2007220024**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Khairil Anwar

NPM : 2007220024

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Intensitas Penerangan Jalan Umum (PJU)  
Menggunakan PLTS

Bidang Ilmu : Energi Baru Terbarukan

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.

Medan, 29 September 2024

Mengetahui dan menyetujui :

Dosen Pembimbing

Noorly Evalina S.T, M.T

Dosen Penguji I

Elvy Sahnur Nasution S.T, M.T

Dosen Penguji II

Muhammad Adam S.T, M.T

Program Studi Teknik Elektro

ketua

Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Khairil Anwar

Tempat/Tanggal Lahir : Lubuk Pakam, 28.05.2002

NPM : 2007220024

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

“ Analisis Intensitas Penerangan Jalan Umum (PJU) Menggunakan PLTS ”

Bukan merupakan hasil plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan arterial dan nonmaterial, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari di duga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik deprogram studi teknik elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 31 Oktober 2024



Khairil Anwar

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis intensitas penerangan pada Penerangan Jalan Umum (PJU) yang menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energinya. Penerangan jalan yang optimal sangat penting untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, terutama di malam hari. Dalam penelitian ini, dilakukan pengukuran intensitas cahaya di beberapa titik PJU yang telah dipasang sistem PLTS. Hasil pengukuran dibandingkan dengan standar penerangan jalan yang berlaku untuk mengevaluasi efisiensi dan efektifitas penggunaan PLTS dalam memenuhi kebutuhan penerangan jalan. Studi ini juga mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja PLTS, seperti durasi penyinaran matahari, kapasitas baterai, dan efisiensi panel surya. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem PLTS mampu menyediakan intensitas penerangan yang memadai, meskipun terdapat beberapa kendala terkait variabilitas cuaca dan perawatan sistem. Rekomendasi diberikan untuk meningkatkan kinerja dan keberlanjutan penggunaan PLTS dalam penerangan jalan umum.

***Kata Kunci:*** Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Energi terbarukan. Lampu jalan

## ***Abstrak***

*This study aims to analyze the lighting intensity of Public Street Lighting (PJU) that uses Solar Power Plants (PLTS) as its energy source. Optimal street lighting is very important to improve the safety and comfort of road users, especially at night. In this study, light intensity measurements were carried out at several PJU points that have been installed with PLTS systems. The measurement results were compared with applicable street lighting standards to evaluate the efficiency and effectiveness of using PLTS in meeting street lighting needs. This study also examines factors that affect PLTS performance, such as the duration of sunlight, battery capacity, and solar panel efficiency. The results of the analysis show that the PLTS system is able to provide adequate lighting intensity, although there are several obstacles related to weather variability and system maintenance. Recommendations are given to improve the performance and sustainability of PLTS use in public street lighting.*

***Keywords:*** Solar Power Plant. Renewable energy. Street lights

## KATA PENGHANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya kepada kita semua sehingga saya dapat menyelesaikan tugas Metode Penelitian di Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl.Kapten Muckhtar Basri No.3 Medan.

Dimana penelitian ini adalah suatu mata kuliah yang harus dilaksanakan oleh mahasiswa/i Teknik Elektro dan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dan hasil akhir penelitian ini dilampirkan pada sebuah laporan yang wajib diselesaikan untuk mahasiswa.

Dalam penulisan laporan ini kami menyadari masih banyak kekurangan baik dalam penulisan maupun dalam susunan kalimat yang mana saya mengharapkan saran dari berbagai pihak demi kesempurnaan laporan ini.

Dalam kesempatan yang berbahagia ini, dengan segenap hati. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak memberikan motivasi kepada kami didalam penyusunan laporan ini, terutama kepada :

1. Ayahanda tercinta Mahmud Yunus, Ibunda tercinta Mulia Warni, Abangda tersayang Ahmad Hanafi, serta seluruh keluarga yang telah memberikan bantuan moral maupun materi serta nasehat dan doanya untuk penulis demi selesainya Tugas akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST,MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4. Ibu Noorly Evalina ST,MT. Selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan pengarah, saran dan bimbingan materi yang memungkinkan dalam terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini
5. Seluruh rekan-rekan dan teman seperjuangan, saya mengucapkan terima kasih atas segala support dan saran yang berharga bagi saya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyadari sepenuhnya bahwa proposal ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang relevansinya dengan penyempurnaan tugas akhir ini sangat penulis harapkan. Kritik dan saran sekecil apapun akan penulis perhatikan dan pertimbangkan guna penyempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini bagi pembaca siapa saja yang melihat isi bahan atau sebagai pembanding

Wassalamualaikum wr wb

Medan, 22 Januari 2024

Penyusun

**KHAIRIL ANWAR**

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGHANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Landasan teori .....	4
2.2. Intensitas Cahaya Matahari .....	11
2.3. Sel Surya.....	12
2.4. Lampu Penerangan Jalan Umum.....	15
2.5. Optimalisasi.....	15
2.6. Pemeliharaan .....	16
2.7. Tujuan pemeliharaan .....	17
2.8. Fungsi Penerangan jalan.....	18
2.9. Dasar perencanaan penerangan jalan.....	21
2.10. Penataan Letak Lampu Penerangan Jalan .....	23
2.11. Posisi Penempatan Lampu Penerangan Jalan.....	24
2.12. Tiang Penerangan Jalan.....	25
2.13. Jenis lampu penerangan jalan.....	27
(Lanjutan Tabel 2.2) .....	26
2.14. Perencanaan penerangan Jalan Umum .....	30
2.15. Lampu LED .....	33
2.16. Sistem pengendali.....	35
2.17. LDR (Light Dependent Resistor) .....	35
2.18. Timer Switch .....	37
2.19. Kontaktor.....	38
2.20. MCB .....	39
2.21. Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya.....	40

2.22.	Sistem <i>Solar Cell</i> Lampu Penerangan Jalan.....	41
2.23.	Komponen Instalasi Listrik Sel Surya.....	42
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>48</b>
3.1.	Waktu Dan Tempat Penelitian.....	48
3.2.	Pendekatan Penelitian.....	48
3.3.	Teknik Pengumpulan Data .....	48
3.4.	Teknik Analisis.....	50
3.5.	Prosedur Penelitian.....	52
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>53</b>
4.1.	Kondisi Eksiting .....	53
4.2.	Menentukan Lampu PJU Tenaga Surya.....	54
4.3.	Menentukan Jumlah Titik Tiang PJU Tenaga Surya.....	55
4.4.	Menentukan Sudut Stang Ornament.....	55
4.5.	Menghitung Intensitas Penerangan .....	56
4.6.	Menghitung Intensitas Penerangan .....	57
4.7.	Menghitung Daya yang Di Butuhkan.....	57
4.8.	Menghitung Energi Listrik .....	58
4.9.	Menentukan Panel surya.....	58
4.10.	Menentukan Baterai.....	62
4.11.	Solar Charge Controller.....	65
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>66</b>
5.1	Kesimpulan.....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>67</b>

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah suatu teknologi pembangkit yang akan mengkonversikan energy foton dari surya menjadi energy listrik. Konversi ini terjadi pada pv modul yang terdiri dari sel surya, sel surya merupakan lapisan tipis dari silicon murni dan bahan semi konduktor lainnya. PLTS secara garis besar digolongkan menjadi dua berdasarkan system aplikasi diantaranya; system PLTS yang tidak terhubung dengan PLN ( off grid ) dan yang terhubung dengan PLN ( on grid). (Bayu & Windarta, 2021)

Seiring dengan kebutuhan dan berbagai jenis industri yang berkembang, kebutuhan tenaga listrik di industri akan sangat beragam. sumber listrik di industri selain di supply dari PLN juga dapat memanfaatkan energi dari sinar Matahari sebagai sumber energi listrik alternatif. Potensi energi surya di Indonesia sebesar 4,8 kWh/m<sup>2</sup>. Energi baru dan terbarukan ini sesuai dengan tofografi Indonesia. Energi dari sinar Matahari di sekitar daerah ekuator begitu melimpah sehingga ketersediaannya selalu ada sepanjang tahun, kecuali pada saat hujan. Pemanfaatan energi Matahari dapat digunakan sebagai pengganti energi konvensional yang mulai terbatas dan harganya yang cukup mahal. Data yang disajikan dalam tulisan ini diperoleh dari publikasi, pabrikan, departemen pemerintah terkait, publikasi ilmiah dan publikasi lainnya. Pemanfaatan energi surya sebagai energi listrik dapat dilakukan dengan menggunakan panel surya yang dipasang di atas atap (roftoop). Energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk menghidupkan peralatan listrik dan lampu di malam hari.(Nugraha, 2020)

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok bagi manusia saat ini, hampir semua segi kehidupan manusia membutuhkan energi listrik mulai dari penerangan, pompa air, pendingin udara, masak, bahkan untuk kendaraan masa depan akan menggunakan listrik. Energi listrik yang di butuhkan tersebut selama ini di hasilkan dari energi fosil yang tidak ramah lingkungan dan memiliki cadangan semakin menipis, di butuhkan energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, ada beberapa energi yang bisa di manfaatkan anatra lain energi

air, energi angin, energi matahari dan lain sebagainya. Energi matahari adalah salah satu energi yang melimpah di alam khususnya di Indonesia, dengan dilaluinya Indonesia oleh garis katulistiwa. Berdasar data dari IESR (2019),

Indonesia memiliki potensi lebih dari 200 GW dengan efisiensi *photovoltaik* saat ini, tetapi pemanfaatan energi surya dalam pembangkitan energi listrik masih kurang dari 100 MW (Tampubolon, et al., 2019). Potensi tenaga surya ini tersebar di seluruh wilayah Indonesia, dengan potensi terbesar berada di Kalimantan Barat (20GW), Sumatera Selatan (17 GW), dan Kalimantan Timur (13GW). (Mustiadi & Lusiana Utari, 2023)

Untuk membuat ataupun menggunakan pembangkit listrik tenaga surya memerlukan biaya yang cukup mahal mulai dari batrai, panel surya, inverter, SCC, kabel dan lain lain yang berhubungan dengan PLTS. Maka dari itu sebelum menggunakan pembangkit listrik tenaga surya alangkah baiknya untuk menganalisa tempat terlebih dahulu potensi energi surya yang dapat dihasilkan. Hal ini juga bertujuan untuk menguji kelayakan lokasi tersebut untuk dipasang pembangkit listrik tenaga surya dan mengukur sejauh mana sistem tersebut efisien efektif dalam menghasilkan energi listrik.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana menentukan intensitas penerangan agar didapatkan hasil sesuai standarisasi yang telah ditentukan oleh BSN SNI
- 2) Berapakah konsumsi daya listrik yang di gunakan pada lampu penerangan jalan umum di sepanjang jalan Sunda Kecamatan Lubuk Pakam?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Dapat menentukan intensitas penerangan yang optimal sesuai standarisasi yang telah ditentukan oleh BSN SNI. Menganalisis kondisi dan efektivitas LPJU berbasis PLTS.
- 2) Mengetahui berapakah jumlah daya yang di gunakan pada LPJU di sepanjang jalan Sunda Kecamatan Lubuk Pakam.

### **1.4. Batasan Masalah**

Untuk menjaga agar penelitian ini tetap dan focus dalam pembahasan masalah yang ingin dibahas, maka adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- 1) Optimalisasi intensitas penerangan di jalan Sunda Kecamatan Lubuk pakam sesuai standarisasi yang telah ditentukan oleh BSN SNI
- 2) pemilihan jenis lampu LED atau teknologi lain yang digunakan bersama dengan PLTS, serta konfigurasi sistem yang optimal untuk pengaturan intensitas cahaya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Landasan teori

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Irawan Rahardjo 2002) Tingginya biaya pembangkitan pembangkit listrik PV menjadikan teknologi ini tidak menarik dibandingkan dengan pembangkit listrik konvensional. Berdasarkan MARKAL model dan asumsi bahwa biaya investasi PV dianggap konstan 1.650 US\$/kW setelah tahun 2010, PV mulai layak secara ekonomi di tahun yang sama untuk daerah pedesaan di beberapa wilayah di Indonesia. Jika biaya investasi PV dapat diasumsikan terus menurun setiap periodenya, maka daya saing PV pun menurun meningkat dan diperkirakan kapasitas terpasang akan mencapai empat kali lipatnya dalam kasus dasar pada tahun 2030. Di Pulau Jawa, PV bisa bersaing dengan pembangkit listrik lainnya karena di sana adalah keterbatasan pelabuhan batubara dalam hal kapasitas pemuatan di Pulau Jawa. Pada tahun 2030 PV dapat menggantikan beberapa Pembangkit Listrik Tenaga Batubara di beberapa wilayah di Indonesia.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Zainuddin, 2017) Pelajaran ini bertujuan untuk mengetahui dampak penerapannya PLTS di Jaringan terhadap kualitas tegangan dan rugi-rugi daya masuksistem distribusi. Penelitian dilakukan pada penyulang LI.02, LK.01, dan LA.02 dalam diagram garis tunggal. Analisis dilakukan dengan menggunakan 4 skenario aliran beban pada pengumpan. Skenario-1 adalah kondisi pada feeder after PLTS on Grid (kondisi PLTMH Mongano Terisolasi).Skenario-2 merupakan kondisi penyulang setelah PLTS di Jaringan Listrik (PLTMH Interkoneksi Mongano). Skenario-3 adalah kondisi pasca PLTS di Grid dan Gardu Induk Anggrek interkoneksi ke sistem distribusi (PLTMH Kondisi Terisolasi Mongano), dan Skenario-4 adalah kondisi pasca PLTS di Grid dan Gardu Induk Anggrek ke dalam interkoneksi ke sistem distribusi (PLTMH Interkoneksi Mongano). Aliran beban analisis menggunakan metode Newton-Raphson. Dari keempatnya skenario, aliran daya mengalami peningkatan tegangan kualitas dan pengurangan kehilangan daya terjadi dalam kasus terbaik dari skenario-4. Dampak PLTS pada jaringan listrik dapat

meningkatkan tingkat nominal tegangan pada batas operasi standar Jaringan distribusi 20 KV.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (MS Boedoyo., 2013) Keberhasilan pembangunan nasional tidak lepas dari peran energi pasokan sebagai fasilitas pendukung, serta listrik. Mengingat potensi minyak dan energi gas sudah habis, sedangkan batubara yang potensi cadangannya melimpah namun bisa membawa dampak negatif terhadap lingkungan, pengembangan energi terbarukan sumber daya pembangkit tenaga listrik merupakan solusi untuk mencapai ketahanan energi nasional. Potensi pemanfaatan tenaga surya untuk pembangkit listrik cukup menjanjikan alternatif, karena lingkungan bersih, sumber daya tidak terbatas dan tersedia di seluruh negara. Kecenderungan berkurangnya listrik fotovoltaik biaya pembangkitan serta berbagai penerapannya menjadi efek positif dalam pengembangan pembangkit listrik fotovoltaik. Integrasi PLTS ke dalam Sistem Ketenagalistrikan Nasional memerlukan strategi pengembangan tersendiri.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Aw Hasanah., 2018) Kualitas daya listrik yang tidak memadai menyebabkan tidak berfungsinya dan bahkan dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) Off-grid merupakan pembangkit listrik yang berdiri sendiri/stand alone tidak terhubung ke jaringan. Sistem ini menggunakan media penyimpanan seperti baterai untuk menjaga ketersediaan listrik ketika malam hari maupun ketika intensitas matahari menurun. PLTS memiliki modul PV yang bekerja berdasarkan intensitas sinar matahari yang ditangkap dan inverter yang dapat merubah tegangan DC menjadi AC dimana seperti yang diketahui di dalam inverter terdapat komponen-komponen non linier yang dapat mengakibatkan buruknya kualitas daya listrik dalam hal ini total harmonik distorsi dan variasi tegangan berubah-ubah. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan listrik. Kualitas daya listrik dari PLTS Off-Grid STT-PLN akan dianalisis dan dibandingkan dengan standar IEEE 519-1992 dan SPLN 1:1995. Berdasarkan hasil pembahasan bahwa nilai THDi dan THDv masih di atas batas standar yang ditetapkan yaitu sebesar 5%.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (MA ridho, 2019) Indonesia merupakan negara yang secara geografis terletak tepat berada di garis khatulistiwa

dan memberikan beragam keuntungan serta potensi besar dalam hal pemanfaatan energi matahari. Hal ini dikarenakan besarnya radiasi matahari bergantung pada letak garis lintang, kondisi atmosfer, dan posisi matahari terhadap garis khatulistiwa. Indonesia mempunyai tingkat radiasi rata-rata yang relatif tinggi yaitu sebesar 4,80 kWh/m<sup>2</sup> /hari. Hal ini adalah merupakan sebuah keuntungan besar bagi Indonesia dalam hal pemanfaatan dan pembangkitan energi matahari menjadi energi listrik (PLTS). Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro, sebagai salah satu jurusan dan program studi terbaik di Indonesia memiliki sebuah sarana parkir sepeda motor yang belum teroptimalkan dengan baik. Dengan tingkat radiasi matahari yang cukup tinggi tiap harinya, departemen yang terletak di Tembalang, Semarang, Jawa Tengah ini dapat memanfaatkan sarana parkir sepeda motornya menjadi sebuah siteplan PLTS yang cukup besar. Melalui software PVSyst 6.43, potensi dan kinerja dari perencanaan PLTS di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro ini diperkirakan memiliki potensi 272,8 MWh tiap tahunnya. Dengan sistem PLTS yang terhubung jaringan (OnGrid), PLTS ini memiliki rasio penghematan energi listrik guna penggunaan sendiri dan penjualan kembali menuju jala-jala PLN (Grid) yang cukup besar pula, yaitu 197,67 MWh dan 75,11 MWh tiap tahunnya.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Sugirianta et al., 2019) Dalam penelitian ini, model PLTS on-grid dibangun untuk modul praktek yang langsung terhubung ke PLN serta tidak memerlukan baterai penyimpanan maupun charger sehingga mengurangi biaya investasi dan cocok diaplikasikan di masyarakat. Micro inverter berukuran kecil dapat dipasang langsung di bawah modul surya dan menghasilkan tegangan AC yang langsung dapat dimanfaatkan untuk dipakai sendiri maupun dijual ke PLN. Modul yang dibangun adalah sebuah PLTS on-grid 300wp dengan menggunakan micro inverter 300 watt dan dilengkapi dengan beban listrik berupa bola lampu dan stop kontak. Untuk pengambilan data, model ini dihubungkan dengan jaringan PLN melalui pelanggan listrik rumah tangga dengan daya 1.300 VA. Hasil pengukuran PLTS ini mampu membangkitkan daya tertinggi sebesar 142,37 watt dan berhasil mendistribusikan daya tertinggi ke jaringan PLN sebesar 115,41 watt.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Gunawan et al., 2019) Sistem Smart Microgrid Universitas Udayana merupakan hasil kerjasama Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral dengan Universitas Udayana yang terdiri atas PLTS 26,4 kWp, PLTB 5 kWp, PLTD 20 kWp, baterai 192 kVAh serta terterkoneksi dengan jaringan distribusi tegangan rendah 220/380 V. Penelitian ini membahas unjuk kerja dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya tersebut dengan software HelioScope. Hasil simulasi akan dibandingkan dengan produksi energi riil dari PLTS. Hasil simulasi produksi energi listrik PLTS sebesar 43.055,4 kWh per tahun.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (D Rizkasari, 2020) Konsumsi energi listrik di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Penjualan energi listrik PLN tahun 2018 sebesar 234.617,88 GWh meliputi sektor industri, sektor rumah tangga, sektor komersial, dan sektor publik. Sedangkan konsumsi energi listrik di D. I. Yogyakarta tahun 2018 sebesar 2.857,06 GWh meliputi sektor rumah tangga, sektor industri, sektor bisnis, sektor sosial, sektor gedung kantor pemerintahan dan penerangan jalan umum. Dalam memenuhi permintaan energi listrik, pembangkit listrik yang terpasang di Yogyakarta terdiri dari PLTMH, PLTBm, PLTS dan PLTHybrid dengan kapasitas terpasang sebesar 4,84 MW sehingga kelistrikan di Yogyakarta dipasok dari jaringan interkoneksi Jawa-Madura-Bali. Sumber daya energi yang digunakan oleh jaringan interkoneksi umumnya menggunakan energi fosil (batubara). Oleh karena itu kita memerlukan pengganti bahan bakar fosil di masa depan. Pemanfaatan energi terbarukan salah satunya pengoptimalan energi surya yang dapat diterapkan pada daerah perkotaan. Sektor bangunan mengkonsumsi hingga 40% dari total energi tahunan. Salah satu gedung yang dapat menerapkan pemanfaatan energi terbarukan yaitu gedung kantor Dinas PUP-ESDM D. I. Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi daya yang dihasilkan dari PLTS atap jika dibangun pada gedung Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral (PUP-ESDM) D. I. Yogyakarta. Penelitian dilakukan dengan melakukan simulasi energi menggunakan software HelioScope. Hasil simulasi menunjukkan sisi timur gedung 1, sisi timur gedung 2, sisi timur gedung 3, sisi barat gedung 2 dan sisi utara gedung 2 merupakan lokasi optimal fotovoltaik.

Total potensi energi yang dihasilkan dari kelima atap tersebut sebesar 73.484,5 kWh/tahun dan mampu menyuplai kebutuhan energi Dinas PUP-ESDM sebesar 74,42 %.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Sugiarto et al., 2020) PLTS on-grid merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan pada daerah-daerah yang sudah terjangkau oleh sistem pembangkit skala besar maupun skala kecil. PLTS on-grid ini memanfaatkan energi terbarukan berupa tenaga surya yang dikombinasikan dengan jaringan tenaga listrik yang sudah ada seperti diesel atau sumber energi yang sudah ada lainnya. Dari hasil penelitian Perbandingan Suplai Energi Panel Surya Polycrystalline pada PLTS on-Grid menggunakan smart grid inverter didapatkan Rata-rata energi listrik yang dihasilkan 4 panel surya 100 Wp yang dirangkai 2 seri- diparalel- 2 seri pada system on grid tie dalam berbagai cuaca 0.79 kWh/hari sedangkan untuk panel surya yang dirangkai 2 paralel-diseri-2 paralel adalah sebesar 0.87 kWh/hari. Grafik energi listrik yang dihasilkan panel surya pada rangkaian 2 seri-diparalel- 2 seri seimbang dibandingkan panel surya yang dirangkai 2 paralel-diseri-2 paralel, namun rangkaian 2 paralel-diseri-2 paralel cenderung lebih stabil. Perlu juga diingat pemasangan panel surya pada rangkaian ini batas tegangan yang diijinkan tidak melebihi batas tegangan smart grid inverter yang dipakai.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (H Bayu 2021) Ketergantungan terhadap sumber energi fosil sebagai bahan bakar pembangkit listrik masih mendominasi sebagian besar sistem pemenuhan kebutuhan energi listrik di Indonesia. Usaha dalam rangka mengurangi fosil sebagai bahan bakar pembangkit dan beralih menggunakan energi baru terbarukan diupayakan oleh pemerintah dengan diterbitkannya aturan mengenai Kebijakan Energi Nasional. Komitmen pemerintah dalam rangka mendukung Kebijakan Energi Nasional, tercapainya 23% penggunaan energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 diwujudkan dengan berbagai macam kebijakan maupun regulasi, salah satunya pada pengembangan PLTS di Indonesia. Adanya kepastian dan payung hukum pelaksanaan pengembangan PLTS diharapkan mampu memberi kesempatan seluas luasnya untuk memaksimalkan potensi energi surya yang ada

di Indonesia. Regulasi dari sisi teknis maupun fiskal harus terus diperbarui untuk mendukung investasi pada pengembangan PLTS.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Harahap et al., 2021) Seperti yang kita ketahui, kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat seiring dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan energi listrik pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi. Peningkatan ini juga dipicu oleh laju pertumbuhan kebutuhan energi sebesar 6,86% per tahun. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa atap yang dirancang jaringan tersebut mempunyai tegangan dan arus rata-rata pada hari pertama sebesar 13 Volt dan arus sebesar 1,8 A, dan pada hari kedua 12,4 Volt dan arus 1,6 A, sedangkan pada hari ketiga 12,8 Volt dan arus sebesar 1,8 A. Apabila penggunaan 1 buah baterai menanggung beban 450 Watt selama 2,7 jam, kemudian untuk pengguna kurang dari 5 jam, kapasitas pengontrol solar charger adalah 12,12 A.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Noorly Evalina, Faisal Irsan Pasaribu, et al., 2021) Matahari bersinar di Indonesia sekitar 10 hingga 12 jam setiap harinya, sehingga solar panel pembangkit listrik bisa dikembangkan di Indonesia. Pada penelitian ini menggunakan panel surya berkapasitas 200WP yang terdiri dari 2 panel surya yang dihubungkan secara paralel, pengontrol muatan surya, baterai, inverter dan yang sebagai beban adalah AC, Besi Solder dan Lampu Led. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keluarannya arus tegangan dan daya keluaran inverter bila diberi beban arus ac itu bersifat induktif, resistif dan kapasitif, cara yang digunakan adalah dengan mengukur intensitas sinar matahari suhu, tegangan, arus, faktor daya. Bila tegangan besar beban akan turun dan bila rendahnya efisiensi inverter dapat merusak peralatan listrik.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (F Afif, A martin, et al., 2022) Kebutuhan energi listrik di Indonesia selalu meningkat dari tahun ke tahun. Perusahaan Listrik Negara Indonesia (PLN), menyebutkan kebutuhan listrik nasional pada 2018 sebesar 232.296 TWh dan akan meningkat 5,1% setiap tahunnya. Namun demikian, sumber energi masih didominasi oleh batubara dan bahan bakar fosil sebesar 59,6%. Potensi energi terbarukan dari energi surya saat ini belum banyak dimanfaatkan, padahal potensi energi terbarukan sangat besar khususnya di Indonesia. Tulisan ini bertujuan untuk memberikan informasi

tentang potensi energi surya yang dapat dimanfaatkan khususnya sebagai pembangkit listrik serta kebijakan dan kendala pembangkit listrik tenaga surya di Indonesia. Indonesia memiliki distribusi radiasi matahari yang cukup stabil sepanjang tahun. Pemerintah menargetkan kapasitas terpasang energi surya untuk pembangkit listrik mencapai 0,87 GW pada tahun 2025. Realisasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada tahun 2020 mencapai 0,15 GWp dari potensi energi surya di Indonesia sebesar 207,8 GWp. Peneliti, akademisi, dan pemerintah juga terus mengembangkan dan melakukan inovasi teknologi energi surya di Indonesia dan diharapkan dapat memaksimalkan penggunaan Energi Terbarukan. Beberapa kendala yang dialami adalah tingginya biaya investasi yang harus dikeluarkan sehingga menyebabkan harga listrik yang dihasilkan dari energi terbarukan menjadi tidak ekonomis.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Mochamad Sulaiman et al., 2022) Indonesia berkomitmen untuk mencapai target Net Zero Emission pada tahun 2060. Target tersebut dapat dicapai dengan melihat potensi penerapan energi terbarukan yang ada di Indonesia. Ketergantungan Indonesia dalam pembangkitan tenaga listrik menggunakan bahan bakar fosil masih besar. Penelitian ini dimaksudkan untuk melihat potensi yang bisa dilakukan baik pemerintah Indonesia dalam membuat kebijakan maupun masyarakat dalam menyukseskan komitmen Net Zero Emission. Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia masih sangat besar dengan pemanfaatan 92% konsumen PLN yaitu konsumen rumah tangga. Namun penelitian ini baru sebatas penelitian awal.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Noorly Evalina et al., 2023) Indonesia mempunyai potensi energi surya yang sangat besar dan belum dimanfaatkan dengan baik, dengan potensi sebesar 207,8 GB, sangat mungkin untuk memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi berbagai elektronik, peralatan PLTS merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari melalui sel surya yang di ubah menjadi energi listrik dari foton matahari sel surya sendiri merupakan lapisan tipis yang terbuat dari silikon (SI). Sel surya akan menghasilkan energi listrik pada siang hari dan baterai akan menyimpan energi

listrik kedalam baterai dan dibantu dengan menggunakan solar charge controller untuk mencegah pengisian berlebihan yang dapat menyebabkan baterai rusak.

## 2.2. Intensitas Cahaya Matahari

Intensitas cahaya atau tingkat pencahayaan adalah besaran yang menggambarkan seberapa banyak cahaya yang jatuh pada suatu permukaan per satuan luas. Satuan yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya adalah lux (lx), yang merupakan satuan SI atau Sistem Satuan Internasional. Satu lux sama dengan satu lumen per meter persegi. Lux meter dapat digunakan untuk mengetahui besaran intensitas cahaya pada ruangan yang diuji untuk mengetahui apakah penerangannya sudah cukup atau belum. Dengan mengetahui intensitas cahaya pada suatu ruangan, kita dapat menentukan lampu yang tepat untuk dipasang pada setiap ruangan.

$$i = \frac{P}{A}$$

di mana:

$i$  = Intensitas matahari ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$P$  = Daya matahari yang diterima oleh suatu luasan ( $\text{W}$ )

$A$  = Luas area yang menerima radiasi matahari ( $\text{m}^2$ )

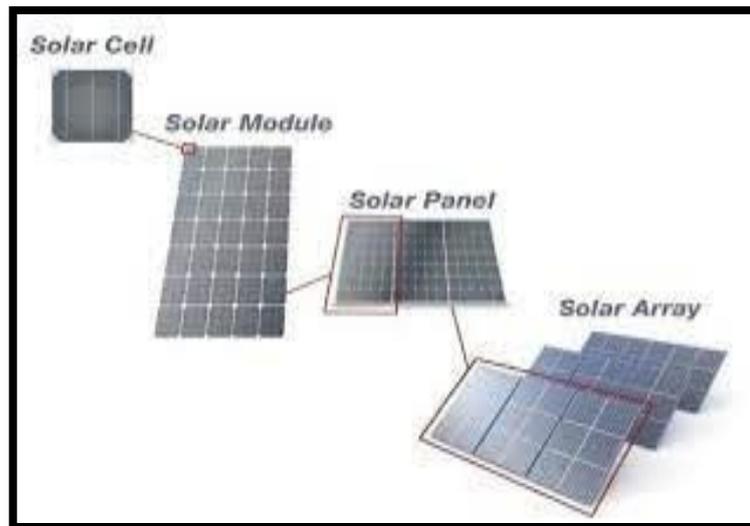
Rumus ini menyatakan bahwa intensitas matahari ( $I$ ) adalah rasio daya matahari ( $P$ ) yang diterima oleh suatu area ( $A$ ). Jika daya matahari diberikan dalam watt ( $\text{W}$ ) dan luas area dalam meter persegi ( $\text{m}^2$ ), maka intensitas matahari diukur dalam watt per meter persegi ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

Rumus ini memberikan pandangan tentang seberapa kuat radiasi matahari yang mencapai suatu lokasi atau permukaan tertentu. Perlu diingat bahwa intensitas matahari dapat bervariasi tergantung pada lokasi geografis, waktu tahun, dan kondisi cuaca.

### 2.3. Sel Surya

Sel Surya adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek Photovoltaic. Yang dimaksud dengan Efek Photovoltaic adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari yang diterimanya berhasil membebaskan elektron-elektron dalam sambungan semikonduktor tipe N dan tipe P untuk mengalir. Pada dasarnya, Sel Surya merupakan Dioda Foto yang memiliki permukaan yang sangat besar. Permukaan luas Sel Surya tersebut menjadikan perangkat Sel Surya ini lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan menghasilkan Tegangan dan Arus yang lebih kuat dari Dioda Foto pada umumnya. Contohnya, sebuah Sel Surya yang terbuat dari bahan semikonduktor silikon mampu menghasilkan tegangan setinggi 0,5V dan Arus setinggi 0,1A saat terkena cahaya matahari.

Sinar Matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan Foton. Ketika terkena sinar Matahari, Foton yang merupakan partikel sinar Matahari tersebut menghantam atom semikonduktor silikon Sel Surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan Negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Atom yang kehilangan Elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan "hole" dengan muatan Positif (+). Modul sel surya ditunjukkan pada gambar 2.1 berikut:



**Gambar 2. 1 Modul Sel Surya**

Fotovoltaik, adalah teknologi yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Meskipun panel surya memiliki banyak kelebihan, ada juga beberapa kekurangan yang perlu dipertimbangkan. Berikut adalah beberapa kelebihan dan kekurangan panel surya:

- Kelebihan panel surya :
  1. Ramah Lingkungan: Panel surya menghasilkan energi tanpa menghasilkan emisi gas rumah kaca atau polutan atmosfer, membantu mengurangi dampak perubahan iklim.
  2. Energi Terbarukan: Matahari adalah sumber energi tak terbatas, menyediakan pasokan energi yang dapat diperbaharui secara berkelanjutan.
  3. Pemeliharaan Rendah: Setelah diinstal, panel surya memerlukan sedikit pemeliharaan, mengurangi biaya operasional jangka panjang.

4. Kemandirian Energi: Mampu menghasilkan listrik sendiri dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional dan melindungi dari fluktuasi harga bahan bakar.
  5. Pendapatan dari Penjualan Kelebihan Energi: Jika sistem surya menghasilkan lebih banyak energi dari yang dibutuhkan, kelebihan energi dapat dijual kembali ke jaringan listrik.
- Kekurangan panel surya :
    1. Biaya Awal Tinggi: Investasi awal untuk membeli dan menginstal panel surya dapat menjadi hambatan finansial.
    2. Efisiensi Terpengaruh Cuaca: Produksi energi berkurang pada hari mendung atau malam hari, dan teknologi penyimpanan energi saat ini masih berkembang.
    3. Penggunaan Lahan yang Signifikan: Pembangunan instalasi besar memerlukan lahan yang luas, dapat bersaing dengan penggunaan lahan lainnya.
    4. Penggunaan Bahan Kimia Berbahaya: Proses produksi panel surya melibatkan penggunaan bahan kimia yang berpotensi berbahaya dan dapat menciptakan limbah elektronik.
    5. Penggunaan Bahan Kimia Berbahaya: Proses produksi panel surya melibatkan penggunaan bahan kimia yang berpotensi berbahaya dan dapat menciptakan limbah elektronik.

#### **2.4. Lampu Penerangan Jalan Umum**

Lampu penerangan jalan adalah lampu yang digunakan untuk penerangan jalan di malam hari sehingga mempermudah pejalan kaki, pesepeda dan pengendara kendaraan dapat melihat dengan lebih jelas atau medan yang akan dilalui pada malam hari, sehingga dapat meningkatkan keselamatan lalu lintas, kenyamanan pengguna jalan dan memberikan keamanan dari aksi kriminalitas.

Lampu penerangan jalan yang baik adalah suatu unit lengkap yang terdiri dari sumber cahaya (lampu), elemen-elemen optik (pemantul), penyebar, elemenelemen elektrik, struktur penopang yang terdiri dari lengan penopang vertikal dan pondasi tiang lampu. Dimana penerangan jalan umum biasa dipasang pada bagian kanan dan kiri jalan atau di tengah (median jalan) yang digunakan untuk menerangi jalan maupun lingkungan di sekitar jalan yang diperlukan

#### **2.5. Optimalisasi**

Kondisi lampu penerangan jalan umum sebagian besar daerah belum sesuai dengan standar yang telah ditentukan oleh BSN SNI No 04-6262-2000 tentang penerangan jalan umum. Lampu-lampu yang dipakai masih banyak menggunakan lampu yang tidak sesuai dengan kebutuhan kelas jalan. Instalasi penerangan jalan yang baik juga harus menggunakan standar dari BSN SNI dan peraturan yang ada agar instalasi penerangan jalan umum dapat bekerja dengan optimal sesuai fungsinya.

Optimal atau optimalisasi berarti terbaik, tertinggi, paling menguntungkan, menjadikan paling baik, menjadikan paling tinggi, pengoptimalan proses, cara, perbuatan mengoptimalkan sehingga optimalisasi adalah suatu tindakan, proses atau metodologi untuk membuat sesuatu menjadi lebih atau sepenuhnya

sempurna, fungsional atau lebih efektif, untuk menjaga peralatan agar dapat berfungsi secara optimal maka diperlu dilakukan pemeliharaan

## **2.6. Pemeliharaan**

Pemeliharaan sistem penerangan jalan umum (PJU) yang menggunakan panel surya melibatkan langkah-langkah khusus untuk memastikan kinerja optimal dan umur layanan yang panjang. Berikut adalah beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam pemeliharaan PJU dengan panel surya:

1. Pembersihan panel surya :

Pastikan panel surya tetap bersih dari debu, kotoran, atau endapan lainnya yang dapat menghalangi cahaya matahari. Pembersihan rutin membantu menjaga efisiensi pengumpulan energi matahari.

2. Pengecekan kabel dan koneksi :

Periksa keadaan kabel dan konektor untuk memastikan tidak ada kabel yang terkelupas, putus, atau korsleting. Pastikan koneksi antara panel surya, baterai, dan kontroler dalam kondisi baik.

3. Pemantauan baterai :

Periksa kondisi baterai secara berkala. Pastikan tidak ada tanda-tanda korosi pada terminal baterai dan pastikan kapasitas baterai tetap optimal. Pemeriksaan ini penting untuk memastikan penyimpanan energi yang memadai.

4. Pemeriksaan *solar charge controler (scc)* :

Pastikan kontroler pengisian (*charge controller*) berfungsi dengan baik. Kontroler ini mengatur pengisian baterai dari panel surya dan melindungi baterai dari *overcharging* atau *overdischarging*.

5. Pengecekan sistem pencahayaan :  
Periksa lampu PJU secara berkala. Gantilah lampu yang rusak atau mati dan pastikan sistem pencahayaan bekerja sesuai yang diharapkan.
6. Pemantauan konsumsi energi :  
Pantau konsumsi energi secara berkala dan perhatikan perubahan yang mencurigakan. Ini dapat membantu mendeteksi masalah atau kebocoran energi yang perlu diatasi.
7. Pengecekan struktur fisik :  
Periksa tiang dan struktur pendukung lampu PJU serta panel surya untuk memastikan kestabilan dan keamanan. Pastikan tidak ada kerusakan atau tanda-tanda korosi.
8. Perbaikan atau pemeliharaan oleh ahli panel surya :  
jika terdapat masalah teknis atau perlu perbaikan yang lebih mendalam, konsultasikan dengan ahli panel surya atau teknisi yang berpengalaman.

### **2.7. Tujuan pemeliharaan**

- a) Menjaga agar peralatan atau komponen dapat dioperasikan secara optimal berdasarkan spesifikasinya sehingga sesuai dengan umur ekonomisnya.
- b) Mendapatkan jaminan bahwa sistem atau peralatan aman baik bagi personil maupun masyarakat umum.
- c) Menjaga kondisi peralatan atau sistem dengan baik, sehingga kualitas kerja dapat dipertahankan.
- d) Mempertahankan nilai peralatan atau sistem dengan mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan.
- e) Untuk mempertahankan seluruh peralatan dengan efisiensi yang maximum

## 2.8. Fungsi Penerangan jalan

Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) memiliki beberapa fungsi penting untuk mendukung keamanan, kenyamanan, dan aktivitas di lingkungan perkotaan atau pedesaan. Berikut adalah beberapa fungsi utama dari lampu PJU:

a) Penerangan jalan :

Fungsi utama lampu PJU adalah memberikan penerangan pada jalan umum. Ini membantu pengguna jalan, pejalan kaki, dan pengendara untuk melihat dan bergerak dengan aman di malam hari.

b) Keamanan jalan :

Lampu PJU meningkatkan keamanan jalan dengan memberikan pencahayaan yang cukup untuk menghindari resiko kecelakaan, pencurian, atau kegiatan kriminal lainnya di sepanjang jalan

c) Kenyamanan masyarakat :

Penerangan jalan yang memadai menciptakan lingkungan yang lebih nyaman bagi masyarakat, terutama pada malam hari. Hal ini meningkatkan rasa aman dan kenyamanan saat beraktivitas di luar rumah.

d) Navigasi :

Penerangan dari lampu PJU membantu pengendara untuk mengenali dan mengikuti jalur jalan dengan lebih mudah, terutama di daerah yang tidak memiliki penanda jalan yang jelas.

e) Keselamatan pejalan kaki :

Lampu PJU memberikan pencahayaan tambahan di trotoar, lintasan pejalan kaki, atau penyeberangan, meningkatkan keselamatan pejalan kaki dan memberi mereka visibilitas yang cukup.

## **2.9. Jenis Jalan dan Klasifikasinya**

Berdasarkan UU No.38 Tahun 2004, jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bagian pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas.

Jalan dan besarnya pencahayaan yang digunakan sebagai penerangan lampu jalan dapat diklasifikasikan dengan beberapa kelas :

- a) Jalan arteri primer Merupakan jalur jalan penampung kegiatan lokal dan regional, lalu lintas sangat padat sehingga perlu penerangan jalan yang optimal.
- b) Jalan arteri sekunder Merupakan jalur jalan penampung kegiatan lokal dan regional sebagai pendukung jalan arteri primer, dimana kondisi lalu lintas pada jalur ini padat sehingga memerlukan lampu yang sama dengan arteri primer.
- c) Kolektor primer Merupakan jalur pengumpul dari jalan-jalan lingkungan sekitarnya yang akan bermuara pada jalan arteri primer maupun arteri sekunder. Jenis lampu yang akan digunakan lebih rendah daripada jalan arteri.
- d) Jalan lingkungan Merupakan jalur jalan lingkungan perumahan, pedesaan atau perkampungan.

Kualitas pencahayaan normal berdasarkan jenis jalan dan klasifikasinya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Kualitas Pencayaan Berdasarkan Jenis Jalan dan Klasifikasinya

Jenis / Klasifikasi Jalan	Kuat pencahayaan (illuminansi)		Luminansi			Batasan silau	
	E rata- rata (lux)	Kemerataan (uniformity)  g1	L rata- rata (cd $m^2$ )	Kemerataan (uniformity)		G	TJ (%)
				VD	VI		
Ttotoar	1-4	0,10	0,10	0,40	0,50	4	20
Jalan lokal - primer -sekunder	2-5	0,10	0,50	0,40	0,50	4	20
Jalan Kolektor - primer -sekunder	3-7	0,14	1,00	0,40	0,50	4-5	20
Jalan Arteri - primer -sekunder	11-20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50- 0,70	5-6	10 - 20

Jalan Arteri Dengan akses jalan bebas hambatan	15-20	0,14 - 0,20	1,50	0,50 – 0,70	0,50 – 0,70	5-7	10 - 20
Jalan layang simpang susun terowongan	20 - 25	0,20	2,00	0,70	0,70	6	10

- Keterangan :
- g1 : E min/E maks
  - VD : L min/L maks
  - VI : L min/ L rata-rata
  - G : silau (glare)
  - TJ : Batasan ambang kesilauan

## 2.10. Dasar perencanaan penerangan jalan

1. Perencanaan penerangan jalan terkait dengan hal-hal berikut ini :

- a) Volume lalu lintas, baik kendaraan maupun lingkungan yang bersinggungan seperti pejalan kaki, pengayuh sepeda, dll.
- b) Tipikal potongan melintang jalan, situasi jalan dan persimpangan jalan.
- c) Geometri jalan, seperti alinyemen horisontal, alinyemen vertikal, dll.
- d) Tekstur perkerasan dan jenis perkerasan yang mempengaruhi pantulan cahaya lampu penerangan.

- e) Pemilihan jenis dan kualitas lampu, data fotometrik lampu dan lokasi sumber listrik.
  - f) Tingkat kebutuhan, biaya operasi, biaya pemeliharaan dan lain-lain agar perencanaan sistem lampu penerangan efektif dan ekonomis.
  - g) Rencana jangka panjang pengembangan jalan dan pengembangan daerah sekitarnya.
  - h) Data kecelakaan dan kerawanan di lokasi.
2. Beberapa tempat yang memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan penerangan jalan, antara lain sebagai berikut :
- a) Lebar ruang milik jalan yang bervariasi dalam satu ruas jalan.
  - b) Tempat-tempat dimana kondisi lengkung horisontal (tikungan tajam).
  - c) Tempat yang luas seperti persimpangan, interchange, tempat parkir, dll. 14
  - d) Jalan-jalan berpohon.
  - e) Jalan-jalan dengan lebar median yang sempit, terutama untuk pemasangan lampu di bagian median.
  - f) Jembatan sempit atau panjang, jalan layang, dan jalan bawah tanah (terowongan).
  - g) Tempat-tempat lain dimana lingkungan jalan banyak berinterferensi dengan jalannya.
3. Penentuan kualitas lampu penerangan jalan umum perlu mempertimbangkan 6 aspek, yaitu :
- a) Kuat rata-rata penerangan.

- b) Distribusi cahaya, kerataan cahaya pada jalan merupakan hal yang penting, untuk itu harus ditentukan faktor cahaya yang merupakan perbandingan kuat penerangan pada bagian tengah lintasan dengan tepi jalan.
- c) Cahaya yang menyilaukan dapat menyebabkan keletihan mata, perasaan tidak nyaman dan kemungkinan kecelakaan. Untuk mengurangi silau tersebut, maka digunakan gelas pada armatur yang berfungsi sebagai filter cahaya.
- d) Arah pancaran cahaya dan pembentukan bayangan.
- e) Warna dan perubahan warna. Warna cahaya lampu pelepasan gas tekanan tinggi (khusus lampu merkuri) berpengaruh terhadap warna tertentu.
- f) Lingkungan, berkabut maupun berdebu mempunyai faktor absorpsi terhadap cahaya yang dipancarkan oleh lampu.

### **2.11. Penataan Letak Lampu Penerangan Jalan**

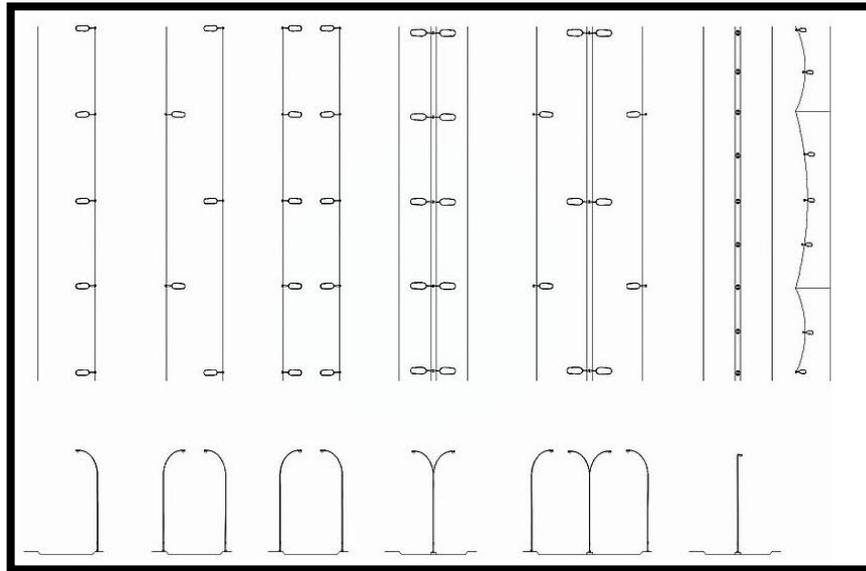
Di daerah-daerah atau kondisi kondisi dimana median sangat lebar (> 10 meter) atau pada jalan dimana jumlah lajur sangat banyak (> 4 lajur setiap arah) perlu dipertimbangkan dengan pemilihan penempatan lampu penerangan jalan kombinasi dari cara-cara tersebut di atas dan pada kondisi seperti ini, pemilihan penempatan lampu penerangan jalan direncanakan sendiri-sendiri untuk setiap arah lalu lintas. Penataan letak lampu penerangan jalan di atur seperti Tabel 2.2

<b>Tempat</b>	<b>Penataan / pengaturan letak</b>
Jalan satu arah	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Di kiri atau di kanan jalan</li> <li>• Di kiri atau di kanan jalan beselang-seling</li> <li>• Di kiri atau di kanan jalan berhadapan</li> <li>• Di bagian tengah / seperator jalan</li> </ul>
Jalan dua arah	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Di bagian tengah / median jalan</li> <li>• Kombinasi antar di kiri dan kanan berhadapan dengan di bagian tengah / median jalan</li> <li>• Katenasi (di bagian tengah jalan dengan sistem di gantung)</li> </ul>
persimpangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dapat dilakukan dengan menggunakan lampu menara dengan beberapa lampu, umumnya ditempatkan di pulau-pulau, median jalan, di luar daerah persimpangan</li> </ul>

**Tabel 2.2** Penataan letak lampu penerangan jalan

### **2.12. Posisi Penempatan Lampu Penerangan Jalan**

Posisi penempatan lampu yang digunakan adalah tipikal lampu penerangan tipe 2 arah, seperti pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Penataan Lampu Penerangan pada Jalan Dua Arah

Keterangan :

- a) Di kiri atau di kanan jalan
- b) Di kiri dan di kanan jalan (berselang seling)
- c) Di kiri dan di kanan jalan (berhadapan)
- d) Di tengah median jalan
- e) Kombinasi
- f) Katenasi

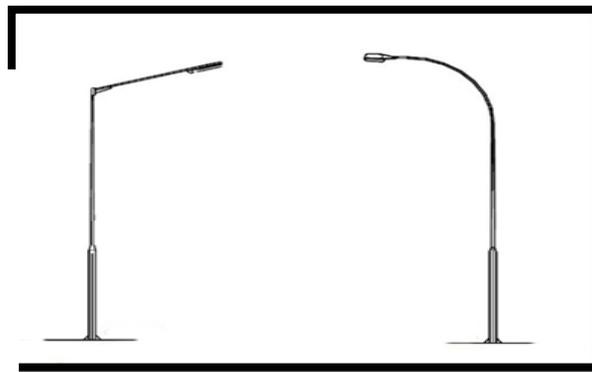
### 2.13. Tiang Penerangan Jalan

Tiang merupakan komponen yang digunakan untuk menopang lampu. Beberapa jenis tiang yang digunakan untuk lampu jalan adalah tiang besi dan tiang octanginal. Berdasarkan bentuk lengannya, tiang lampu jalan dapat dibagi menjadi beberapa bagian sebagai berikut :

- a) Tiang lampu dengan lengan tunggal

Tiang lampu dengan lengan tunggal adalah desain lampu jalan atau lampu penerangan umum yang memiliki satu lengan yang menopang lampu. Desain ini umumnya digunakan untuk memberikan penerangan di sepanjang jalan, taman, atau area publik lainnya. Tiang

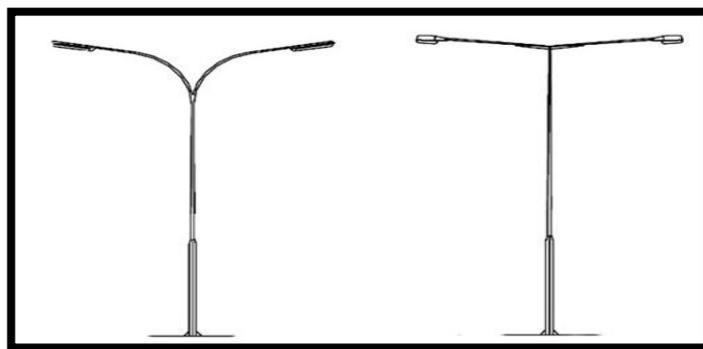
lampu dengan lengan tunggal dapat memiliki beberapa keunggulan, seperti estetika yang sederhana dan efisiensi dalam penempatan lampu, seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Tiang lampu lengan tunggal

b) Tiang lampu dengan lengan ganda

Tiang lampu dengan lengan ganda adalah desain lampu jalan atau penerangan umum yang memiliki dua lengan atau penyangga lampu yang menonjol dari bagian atas tiang. Desain ini memberikan fleksibilitas ekstra dalam menempatkan lampu atau menyesuaikan pencahayaan di sekitar area tertentu, seperti yang terlihat pada Gambar



**Gambar2.3** Tiang lampu dengan lengan ganda

c) Tiang lampu tegak tanpa lengan

Tiang lampu tegak tanpa lengan adalah desain lampu jalan atau penerangan umum yang tidak memiliki lengan yang menopang lampu. Dalam desain ini, lampu ditempatkan langsung di bagian atas tiang atau struktur vertikal tanpa menggunakan lengan tambahan, seperti yang terlihat pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Tiang lampu tegak tanpa lengan

### 2.13. Jenis lampu penerangan jalan

Instalasi penerangan jalan umum merupakan suatu instalasi penerangan yang ditempatkan di luar ruangan atau di alam terbuka. Dimana kondisi cuaca berubah-ubah, sehingga peralatan yang digunakan harus tahan terhadap cuaca agar tidak mudah rusak. Oleh karena itu, bahan-bahan yang digunakan sebagai lampu jalan adalah jenis merkuri, lampu natrium, lampu hologen, lampu tabung dan juga lampu LED.

Hal ini disebabkan karena lampu-lampu tersebut mempunyai kemampuan terhadap cuaca di alam luar bila dibandingkan dengan lampu pijar biasa. Dalam jenis lampu penerangan jalan harus meliputi jenis-jenis lampu penerangan jalan, efisiensi rata-rata, umur rencana rata-rata, daya

lampu, pengaruh warna terhadap objek dan keterangan secara umum menurut klasifikasi dan kegunaannya.

Jenis lampu penerangan jalan ditinjau dari karakteristik dan penggunaannya secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.2:

**Tabel 2.3** Jenis penerangan lampu jalan

Jenis lampu	Efisiensi Rata-Rata (lumen/Watt)	Umur Rencana Rata-Rata	Daya (watt)	Pengaruh Terhadap Warna Objek	Keterangan
LED	70-150	50.000-100.000	100-200	Baik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untuk jalan tol, arteri, kolektor, persimpangan besar/luas dan interchange.</li> <li>• Efisiensi tinggi, umur sangat panjang.</li> <li>• Jenis lampu ini sangat baik.</li> </ul>

Lampu gas sodium tekanan tinggi (SON)	110	12.000-20.000	150 – 250 : 400	Buruk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untuk jalan tol, arteri, kolektor, persimpangan besar/luas, efisiensi tinggi, umur sangat panjang, ukuran lampu kecil sehingga mudah pengontrolan cahayanya.</li> <li>• Jenis lampu ini sangat baik dan sangat dianjurkan untuk digunakan.</li> </ul>
Lampu gas sodium bertekanan rendah (SOX)	100 - 200	8.000 – 10.000	90 - 180	Sangat buruk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untuk jalan kolektor, lokal, persimpangan, terowongona, rest area.</li> <li>• Efisiensi sangat tinggi, umur cukup panjang, ukuran lampu besar sehingga sulit untuk mengontrol cahayanya dan cahaya lampu sangat buruk karena berwarna kuning.</li> </ul>

Jenis lampu	Efisiensi Rata-Rata (lumen/Watt)	Umur Rencana Rata-Rata	Daya (watt)	Pengaruh Terhadap Warna Objek	Keterangan
Lampu tabung fluorescent tekanan rendah	60-70	8.000-10.000	18-20 : 36-40	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untuk jalan kolektor dan lokal.</li> <li>• Efisiensi cukup tinggi tetapi berumur pendek.</li> <li>• Jenis lampu ini masih dapat digunakan untuk hal-hal yang terbatas.</li> </ul>
Lampu gas merkuri tekanan tinggi	50 - 55	16.000-24.000	125 -250 : 400 -700	Sedang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untuk jalan kolektor, lokal dan persimpangan.</li> <li>• Efisiensi rendah, umur panjang dan ukuran lampu kecil.</li> <li>• Jenis lampu ini masih digunakan secara terbatas.</li> </ul>

#### 2.14. Perencanaan penerangan Jalan Umum

Perencanaan teknis merupakan sebuah analisa yang sifatnya observatif, serta perhitungan rumus yang ada dengan menyesuaikan kriteria dan Standarisasi Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku. Analisa hal teknis terhadap lampu penerangan jalan umum dilakukan untuk mendapatkan sistem pengaman yang baik, aman, handal, tahan lama. Lampu adalah suatu unit lengkap yang terdiri dari

sumber cahaya, untuk membuatnya bekerja (hidup) dan akan menghabiskan energi selama lampu tersebut bekerja (hidup). Persamaan yang digunakan untuk mencari besaran energi yang dipakai lampu ditentukan pada Persamaan 2.1 :

$$E_{load} = P_{load} \times t \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

Eload = Energi yang dibutuhkan atau beban (Wh / Watt hour)

Pload = Daya beban atau lampu (Watt)

t = Lama pemakaian beban atau lampu dalam satu hari (hour)

Dalam penerangan dikenal beberapa istilah, lambang dan metode perhitungan tentang teknik penerangan. Besaran dan satuan yang dipakai dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Sudut stang ornamen Menentukan sudut stang ornamen ini berfungsi agar titik penerangan mengarah ke tengah jalan yang dapat di tulis dengan Persamaan 2.2 :

$$t = \sqrt{h^2 + c^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

Setelah mendapatkan nilai t, didapatkan Persamaan 2.3 :

$$\cos \varphi = \frac{h}{t} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

h = tinggi tiang

C = jarak horizontal lampu ke tengah jalan

t = jarak lampu ke tengah-tengah jalan

2. Intensitas cahaya Intensitas cahaya adalah fluks cahaya per satuan sudut ruang dalam arah pancaran cahaya yang dapat ditulis dalam Persamaan 2.4 :

$$I = \frac{\phi}{\omega} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

I = Intensitas cahaya dalam candela

$\phi$  = Fluks cahaya dalam lumen

$\omega$  = Sudut ruang (steradian)

3. Menghitung Intensitas Penerangan Untuk menentukan intensitas penerangan menggunakan Persamaan 2.5 sebagai berikut :

$$I = \frac{E_p h^2}{\cos \varphi} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

I = Intensitas Cahaya (lux)

$\cos \varphi$  = Sudut kemiringan stang ornament

$h^2$  = tinggi tiang (m)

$E_p$  = Intensitas Penerangan (lux)

4. Menentukan jumlah titik lampu Dalam menentukan jumlah titik lampu pada perencanaan penerangan jalan umum dapat menggunakan Persamaan 2.6 :

$$T = \frac{L}{S} + 1 \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

T = Jumlah titik lampu

L = Panjang jalan

S = Jarak antar tiang

5. Perhitungan daya listrik yang dibutuhkan Perhitungan daya listrik dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.7 :

$$P = \text{daya lampu} \times \text{jumlah lampu} \dots\dots\dots (2.7)$$

### **2.15. Lampu LED**

Lampu LED, singkatan dari Light Emitting Diode, adalah sumber cahaya elektronik yang menggunakan efek elektroluminesensi untuk menghasilkan cahaya. Berbeda dengan lampu pijar konvensional atau lampu fluoresen, lampu LED tidak menggunakan filamen atau gas untuk menghasilkan cahaya. Sebaliknya, lampu LED bekerja dengan menerapkan tegangan pada bahan semikonduktor yang menghasilkan cahaya ketika elektron melewati material tersebut.

Berikut adalah beberapa karakteristik dan pengertian terkait dengan lampu LED:

#### **1. Efisiensi Energi Tinggi:**

Lampu LED dikenal memiliki efisiensi energi yang tinggi dibandingkan dengan teknologi penerangan lainnya. Mereka menghasilkan cahaya dengan sedikit panas yang terbuang.

#### **2. Umur Panjang:**

Umur hidup lampu LED lebih lama dibandingkan dengan lampu pijar atau lampu fluoresen. Mereka dapat bertahan selama puluhan ribu jam penggunaan.

#### **3. Waktu Start Instan:**

Lampu LED menyala seketika saat diberikan tegangan, tanpa waktu pemanasan seperti pada beberapa jenis lampu lainnya.

#### **4. Ketahanan Terhadap Getaran dan Guncangan:**

Lampu LED lebih tahan terhadap getaran dan guncangan dibandingkan dengan lampu pijar karena mereka tidak memiliki filamen yang rapuh.

#### **5. Warna yang Dapat Dikontrol:**

Lampu LED dapat menghasilkan berbagai warna cahaya tanpa perlu menggunakan filter tambahan. Ini membuatnya sangat fleksibel untuk berbagai aplikasi, termasuk pencahayaan dekoratif dan panggung.

#### 6. Kemampuan Dimer:

Banyak lampu LED dapat diatur tingkat kecerahannya (didedahkan) dengan menggunakan teknologi pengaturan cahaya atau dimer.

#### 7. Ramah Lingkungan:

Secara umum, lampu LED dianggap lebih ramah lingkungan karena menghasilkan cahaya dengan efisiensi tinggi dan memiliki potensi untuk mendaur ulang.

#### 8. Aplikasi yang Luas:

Lampu LED digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pencahayaan rumah tangga, pencahayaan jalan, lampu lalu lintas, layar elektronik, dan banyak lagi.



**Gambar 2.5** Lampu LED

## 2.16. Sistem pengendali

Sistem pengendalian otomatis adalah sistem pengendalian dimana subjek digantikan oleh suatu alat yang disebut controller. Controller bertugas untuk membuka dan menutup valve.

Pada Perencanaan Penerangan Jalan Umum (PJU) ada 2 peralatan yang sering digunakan yaitu dengan menggunakan sensor cahaya (LDR) dan timer. Sistem yang biasa akan direncanakan untuk sistem otomatis dapat dibagi menjadi 3 :

1. Perlampu, pemasangan sistem otomatis untuk masing-masing lampu dengan pemasangan satu sensor cahaya (LDR) atau satu timer pada masing-masing lampu.
2. Pergrup, penggunaan sistem otomatis untuk masing-masing panel yang melayani beban lampu. Sehingga pemasangan LDR dan timer pada tiap panel, sehingga sistem otomatisnya dapat diasumsikan yaitu dengan satu buah LDR atau satu buah timer akan melayani semua beban lampu.
3. Gabungan, merupakan penggunaan sistem otomatis yang terdiri dari LDR dan timer yang dipasang secara kombinasi atau gabungan pemasangan perlampuuatau pergrup, sehingga memiliki keseimbangan yang baik dan lebih efisien.

## 2.17. (*Light Dependent Resistor*) LDR

(*Light Dependent Resistor*) LDR atau disebut juga fotoresistor, adalah suatu komponen elektronika yang mengubah resistansinya berdasarkan intensitas cahaya yang diterimanya. Sebagai resistor, LDR mengalami perubahan resistansi yang bersifat tergantung pada tingkat cahaya yang mengenainya. Resistansinya akan berkurang ketika intensitas cahaya meningkat, dan sebaliknya, resistansinya akan meningkat ketika intensitas cahaya menurun.

Berikut adalah beberapa karakteristik dan pengertian terkait dengan LDR:

1. Prinsip kerja:

LDR bekerja berdasarkan efek fotokonduktansi, di mana resistansinya dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterimanya. Ketika cahaya mengenai permukaan LDR, elektron dalam bahan semikonduktor LDR akan merespons dengan meningkatkan mobilitasnya, sehingga mengurangi resistansi.

2. Aplikasi:

LDR umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam rangkaian elektronika yang berfungsi untuk mendeteksi atau mengukur tingkat cahaya. Contohnya termasuk dalam sensor otomatisasi pencahayaan, pengukuran intensitas cahaya dalam fotometer, dan sebagainya.

3. Rentang spektrum Cahaya:

LDR dapat merespons terhadap cahaya yang terdapat dalam rentang spektrum yang luas, tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang digunakan dalam pembuatannya.

4. Ketidak linearan:

Respons LDR terhadap perubahan intensitas cahaya bersifat tidak linier, sehingga perubahan resistansinya tidak selalu proporsional dengan perubahan intensitas cahaya. Ini perlu diperhitungkan dalam perancangan rangkaian elektronika yang menggunakan LDR.

5. Penggunaan Dalam Sensor Cahaya:

LDR sering digunakan sebagai sensor cahaya untuk mengendalikan lampu otomatis atau sistem pencahayaan yang terautomatisasi. Misalnya, dalam lampu jalan pintar yang dapat menyesuaikan tingkat kecerahan berdasarkan kondisi cahaya sekitar.

6. Pengatur Kepekaan:

Resistansi LDR dapat diatur dengan memberikan tegangan tertentu atau menggunakan resistor eksternal untuk mengatur tingkat kepekaannya terhadap cahaya.



**Gambar 2.6 LDR (*Light Dependent Resistor*)**

### **2.18. *Timer Switch***

*Timer switch* merupakan alat saklar otomatis dengan prinsip kerja berdasarkan waktu tertentu, timer adalah alat penunda waktu dimana batas dari penundaannya dapat ditentukan dengan cara mengatur *timer* tersebut sesuai dengan yang diinginkan. *Timer switch* adalah saklar yang *ON* dan *OFF*-nya tergantung dengan waktu yang telah ditentukan dalam 24 jam sehari. Saklar waktu ini akan terus bekerja selama masih ada arus yang mengalir ke koil saklar waktu tersebut. Saklar waktu ini tidak mempengaruhi komponen apapun. Sebagai contoh prinsip kerja dari timer terhadap beban lampu, jika *timer switch* diatur jam 18.00 sampai 06.00 (12 jam) maka lampu akan menyala sesuai dengan pengaturan *timer* dan tidak tergantung pada kondisi cuaca.



**Gambar 2.7 Timer switch**

## 2.19. Kontaktor

Kontaktor adalah suatu perangkat elektromagnetik yang digunakan untuk mengendalikan aliran listrik dalam suatu rangkaian listrik. Kontaktor memiliki kemiripan dengan relai, tetapi memiliki kapasitas daya yang lebih besar dan dirancang khusus untuk mengendalikan beban-beban listrik yang lebih besar, seperti motor listrik, pemanas, atau peralatan industri.

Beberapa karakteristik dan fungsi umum dari kontaktor adalah sebagai berikut:

1. Kontak Utama:

Kontaktor memiliki satu set atau lebih kontak utama yang dapat membuka atau menutup untuk mengendalikan aliran listrik ke beban.

2. Elektromagnet:

Kontaktor dilengkapi dengan elektromagnet yang dapat diaktifkan atau dinonaktifkan. Ketika elektromagnet diaktifkan, itu menghasilkan medan magnet yang menarik atau menolak kontak utama, sehingga membuka atau menutup sirkuit listrik.

3. Kontak Bantu (*Auxiliary Contacts*):

Beberapa kontaktor memiliki kontak bantu yang dapat digunakan untuk tujuan pengawasan atau kontrol lainnya, seperti memberikan umpan balik atau mengaktifkan perangkat lain dalam rangkaian.

4. Daya Tahan Terhadap Beban Berat:

Kontaktor dirancang untuk menangani beban berat, seperti motor listrik industri atau peralatan lain yang membutuhkan kapasitas daya yang tinggi.

5. Aplikasi Otomatisasi dan Kontrol Industri:

Kontaktor banyak digunakan dalam sistem otomatisasi dan kontrol industri, di mana mereka membantu mengatur aliran daya dan menjaga keandalan operasi peralatan.

6. Kontrol jarak Jauh:

Beberapa jenis kontaktor dapat dioperasikan dari jarak jauh menggunakan sistem kontrol otomatis atau panel kontrol.

7. Perlindungan thermal:

Beberapa kontaktor dilengkapi dengan fitur perlindungan termal yang melibatkan elemen pemanas yang dapat memicu penghentian operasi jika terdeteksi adanya kondisi yang berpotensi merusak seperti kelebihan beban atau panas berlebih.



**Gambar 2.8** Kontaktor

## 2.20. MCB

MCB adalah suatu rangkaian pengaman yang dilengkapi dengan komponen thermis (bimetal) untuk beban lebih dan juga dilengkapi relay elektromagnetik untuk pengaman hubung singkat. MCB banyak digunakan untuk pengaman sirkit satu fasa dan tiga fasa, keuntungan menggunakan MCB yaitu :

1. Dapat memutuskan rangkaian tiga fasa walaupun terjadi hubung singkat pada salah satu fasanya.
2. Dapat digunakan kembali setelah rangkaian diperbaiki akibat hubung singkat atau beban lebih.
3. Mempunyai respon yang baik apabila terjadi hubung singkat atau beban lebih. Pada MCB terdapat dua jenis pengaman yaitu secara thermis dan elektromagnetis.

Pengaman thermis berfungsi untuk mengamankan arus beban lebih, sedangkan pengaman elektromagnetis berfungsi untuk mengamankan jika terjadi hubung singkat. Pengaman thermis pada MCB memiliki prinsip sama dengan thermal overload yaitu menggunakan dua buah logam yang digabungkan

(bimetal), pengaman secara thermis memiliki kelambatan, ini bergantung pada besarnya arus yang harus diamankan, sedangkan pengaman elektromagnetis menggunakan sebuah kumparan yang dapat menarik sebuah angker dari besi lunak.

MCB dibuat hanya memiliki satu kutub untuk pengaman satu fasa, sedangkan untuk pengaman tiga fasa biasanya memiliki tiga kutub dengan tuas yang disatukan, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu kutub yang lainnya juga akan ikut terputus.



**Gambar 2.9** MCB

### **2.21. Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya**

Penerangan jalan umum tenaga surya adalah sistem pencahayaan jalan yang menggunakan energi matahari untuk menghasilkan listrik yang diperlukan untuk menjalankan lampu jalan. Sistem ini biasanya terdiri dari panel surya, baterai penyimpanan energi, pengontrol muatan, dan lampu LED. Berikut adalah beberapa aspek penting terkait dengan penerangan jalan umum tenaga surya:

1. Panel Surya:

Panel surya mengubah energi matahari menjadi listrik DC. Panel ini terdiri dari sel surya fotovoltaik yang menangkap energi dari sinar matahari.

2. Baterai Penyimpanan Energi:

Baterai digunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya di siang hari. Pada malam hari atau saat sinar matahari tidak tersedia, baterai akan menyuplai energi untuk menjalankan lampu jalan.

3. Pengontrol Muatan (*Charge Controller*)

Pengontrol muatan mengelola pengisian baterai dan melindungi baterai dari overcharging atau overdischarging. Ini memastikan umur pakai baterai yang lebih lama dan kinerja yang lebih baik.

4. Lampu LED

Lampu LED digunakan sebagai sumber cahaya dalam penerangan jalan umum tenaga surya. Lampu LED biasanya lebih efisien secara energi dan memiliki umur hidup yang lebih lama dibandingkan dengan lampu konvensional.

5. Struktur Penyangga dan Pemasangan

Panel surya dan lampu LED dipasang pada struktur penyangga khusus yang ditempatkan di sepanjang jalan. Pemilihan lokasi dan penempatan yang optimal sangat penting untuk memaksimalkan paparan sinar matahari.

6. Sensor Otomatisasi

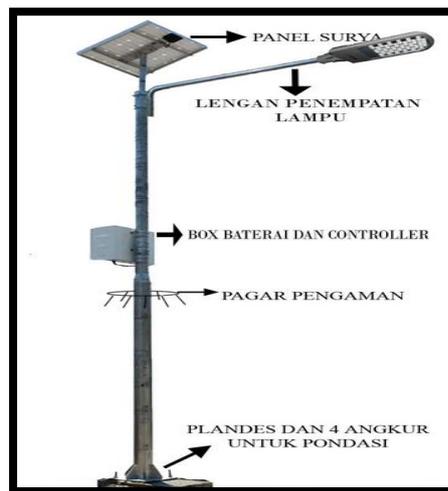
Beberapa sistem penerangan jalan umum tenaga surya dilengkapi dengan sensor otomatis yang mendeteksi tingkat cahaya sekitar. Sensor ini memungkinkan sistem untuk mengatur tingkat kecerahan lampu sesuai dengan kondisi cahaya, mengoptimalkan penggunaan energi.

7. Sistem Pemantauan dan Manajemen Jarak Jauh

Sebagian besar instalasi modern memiliki sistem pemantauan dan manajemen yang memungkinkan pemantauan kinerja dari jarak jauh. Ini dapat membantu mendeteksi masalah dan memastikan operasi yang efisien.

## **2.22. Sistem Solar Cell Lampu Penerangan Jalan**

Prinsip dasar lampu jalan tenaga surya hampir sama dengan lampu jalan konvensional. Perbedaannya hanya sumber listriknya yang diperoleh dari energi matahari yang telah disimpan di baterai. Komponen dari penerangan jalan *solar cell* terdiri dari lampu LED, tiang lampu, *solar cell*, serta *box controller* yang di dalamnya terdapat *solar charge controller* dan baterai.



**Gambar 2.10** Penerangan jalan umum tenaga surya

### 2.23. Komponen Instalasi Listrik Sel Surya

#### 1. Panel surya

Panel surya, juga dikenal sebagai modul fotovoltaik atau sel surya fotovoltaik, adalah perangkat yang mengonversi energi matahari menjadi listrik. Panel surya menggunakan sel surya fotovoltaik, yang terbuat dari bahan semikonduktor, untuk menangkap dan mengubah energi dari sinar matahari menjadi arus listrik



**Gambar 2.11** Modul / panel surya

Efisiensi dari sel surya adalah perbandingan daya keluaran ( $P_{out}$ ) dan daya masukan ( $P_{in}$ ). Daya keluaran adalah perkalian antara tegangan waktu open circuit ( $V_{oc}$ ) dengan arus short circuit ( $I_{sc}$ ) dan faktor pengisian / fill factor (FF) dari sebuah modul surya. Besar fill factor sel surya dapat ditentukan dengan Persamaan 2.8 sebagai berikut :

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

FF = Faktor pengisian

$V_m$  = Tegangan nominal panel surya (Volt)

$I_m$  = Arus nominal panel surya (Ampere)

$V_{oc}$  = Tegangan open circuit panel surya (Volt)

$I_{sc}$  = Arus short circuit panel surya (Ampere)

Setelah menghitung besar fill factor sel surya kemudian menghitung efisiensi sel surya dengan Persamaan 2.9.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.9)$$

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$P_{in} = S \times F$$

Dimana :

S = Luas permukaan modul surya (m<sup>2</sup>)

F = Intensitas radiasi matahari yang diterima 1000 (watt/m<sup>2</sup>)

Menurut data Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), suhu kota Semarang berkisar antara 23<sup>0</sup> C – 34<sup>0</sup>C ketika penyinaran berlangsung dari pukul 07.00 WIB – 17.00 WIB dengan total 10 jam. Setelah didapat lamanya penyinaran matahari, kemudian menghitung jumlah sinar global (Wh/m<sup>2</sup>) per hari menggunakan Persamaan 2.10 sebagai berikut :

$$\text{Jumlah sinar global (Wh/m}^2\text{) / hari} = \sigma \cdot e \cdot T^2 \cdot t_s \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

$\sigma$  = tetapan Stefan-Boltzmann (5,67 x 10<sup>-8</sup> Watt/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>)

e = koefisien emisivitas (0-1)

T<sup>2</sup> = suhu permukaan (3030K)

t<sub>s</sub> = lamanya penyinaran (hours)

Lamanya penyinaran yang mengenai panel surya t<sub>modul</sub> dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.11

$$t_{\text{modul}} = \frac{\text{jumlah sinar global}}{\text{maksimum sinar global}} \dots \dots \dots (2.11)$$

kemudian menghitung energi yang dihasilkan panel surya dengan Persamaan 2.12.

$$E_b = E_p - (15\% \times E_p) \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan :

E<sub>b</sub> = energi beban (watt/jam)

E<sub>p</sub> = energi panel surya (watt/jam)

Jumlah minimum modul yang digunakan panel surya dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.13.

$$\text{Jumlah modul panel surya} = \frac{E_{load}}{P_{nom} \times t_{modul}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

$t_{modul}$  = lamanya panel surya mendapatkan sinar global (hour)

$E_{load}$  = besar energi yang dipakai (Wh)

$P_{nom}$  = daya nominal panel surya (Wp)

Menghitung total daya yang digunakan panel surya dengan Persamaan 2.14 :

$$\text{Total } P_{nom} = P_{nom} \times \text{jumlah panel surya} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

$P_{nom}$  = daya nominal panel surya (Wp)

## 2. Baterai

Baterai adalah perangkat yang dirancang untuk menyimpan energi kimia dan mengonversinya menjadi energi listrik saat diperlukan. Baterai terdiri dari satu atau lebih sel elektrokimia, yang mampu menghasilkan tegangan listrik. Fungsi utama baterai adalah menyediakan sumber daya listrik yang dapat digunakan pada berbagai perangkat elektronik, dari perangkat portabel seperti ponsel, laptop, hingga perangkat yang lebih besar seperti kendaraan listrik dan sistem penyimpanan energi.

Baterai pada PLTS adalah perangkat penyimpanan energi listrik yang berfungsi untuk menampung kelebihan daya yang dihasilkan oleh panel surya saat kondisi sinar matahari optimal. Saat panel surya menghasilkan daya melebihi kebutuhan beban saat itu, baterai akan mengisi diri dengan energi listrik. Kemudian, ketika intensitas cahaya matahari menurun atau pada malam hari ketika tidak ada produksi listrik dari panel surya, baterai akan mengeluarkan energi yang telah disimpan untuk memasok listrik ke beban listrik.

Fungsi utama baterai dalam sistem PLTS adalah untuk menciptakan kemandirian energi, mengatasi fluktuasi dalam pasokan listrik, dan memastikan kelangsungan pasokan listrik tanpa tergantung sepenuhnya pada kehadiran matahari. Penggunaan baterai dapat membantu mengoptimalkan pemanfaatan energi surya, memastikan ketersediaan listrik sepanjang waktu, dan mendukung sistem listrik yang berkelanjutan.

Pemilihan jenis baterai yang tepat untuk PLTS melibatkan pertimbangan terhadap kapasitas daya yang dibutuhkan, umur pakai, tingkat efisiensi, dan faktor-faktor lainnya. Baterai pada PLTS umumnya merupakan elemen kritis dalam mencapai efisiensi dan keberlanjutan sistem pembangkit listrik yang menggunakan energi surya.



**Gambar 2.12** Baterai

Menghitung cadangan beban baterai dalam satu hari menggunakan Persamaan sebagai berikut :

$$\text{Cadangan baterai (Wh)} = \text{Daya beban rata rata (w)} \times \text{waktu operasional} \dots (2.15)$$

kapasitas baterai yang dipakai Penerangan Jalan Umum Solar Cell dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.16.

$$I_b = \frac{\frac{E_{maks}}{v_b} + \text{cadangan beban dalam satuan hari (Ah)}}{DOD \times \eta} \dots (2.16)$$

Dimana :

$I_b$  = Kapasitas baterai (Ah)

$V_b$  = Tegangan baterai (Volt)

DOD = *deep of discharge* (%)

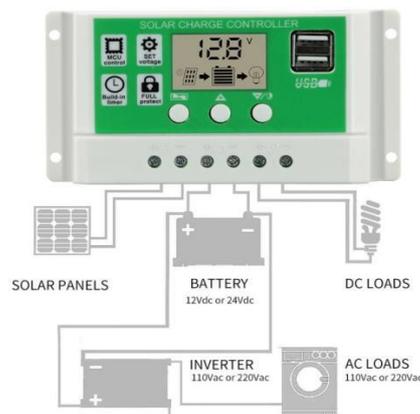
$E_{maks}$  = banyak panel surya x Eload

$\eta$  = efisiensi baterai

### 3. solar charge controller (SCC)

*Solar Charge Controller* (SCC) atau "Kontroler Pengisian Surya" adalah perangkat elektronik yang digunakan dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk mengatur pengisian baterai dari panel surya. SCC memastikan bahwa baterai tidak diisi terlalu penuh atau terlalu kosong, membantu memperpanjang umur baterai dan meningkatkan efisiensi pengisian.

*Solar Charge Controller* juga berfungsi sebagai mengatur lalu lintas dari solar cell ke baterai dan beban. Alat elektrik ini juga mempunyai banyak fungsi yang pada dasarnya ditujukan untuk melindungi baterai.



**Gambar 2.13** *Solar Charge Controller* (SCC)

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu Dan Tempat Penelitian**

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam waktu selama 49 hari terhitung dari tanggal 20 Mei 2024 sampai 18 Juli 2024, Penelitian Optimalisasi Intensitas Penerangan Jalan umum (LPJU) Menggunakan PLTS ini dilakukan di Jl. Bidan II, Kec. Lubuk pakam, Kabupaten Deli serdang, Sumatera Utara 20374.

#### **3.2. Pendekatan Penelitian**

Optimalisasi Intensitas Penerangan jalan Umum (LPJU) Menggunakan PLTS ini dilakukan untuk mengetahui kondisi dan evektifitas LPJU berbasis PLTS Pada malam hari, Dimana tujuan dari Penelitian Ini adalah untuk Mengetahui cara mengoptimalkan Intensitas Penerangan jalan umum dengan mempertimbangkan variabel-variabel seperti jenis lampu,baterai, dan tinggi tiang.

Dimana masing masing Alat akan di analisis dan di uji kelayakan untuk mengetahui bahwa alat alat tersebut sesuai dengan BSN SNI tentang LPJU, dan dapat di operasikan atau di gunakan di tempat tempat yang butuh pencahayaan yang intens.

#### **3.3. Teknik Pengumpulan Data**

Demi mendukung Penelitian ini, adapun data yang di perlukan adalah sebagai berikut :

- a. Panel surya yang di gunakan
- b. Jenis Lampu Penerangan Jalan
- c. Jenis Baterai yang di gunakan
- d. Tinggi Tiang



**Gambar 3.1** Lokasi jalan sunda pada saat siang hari

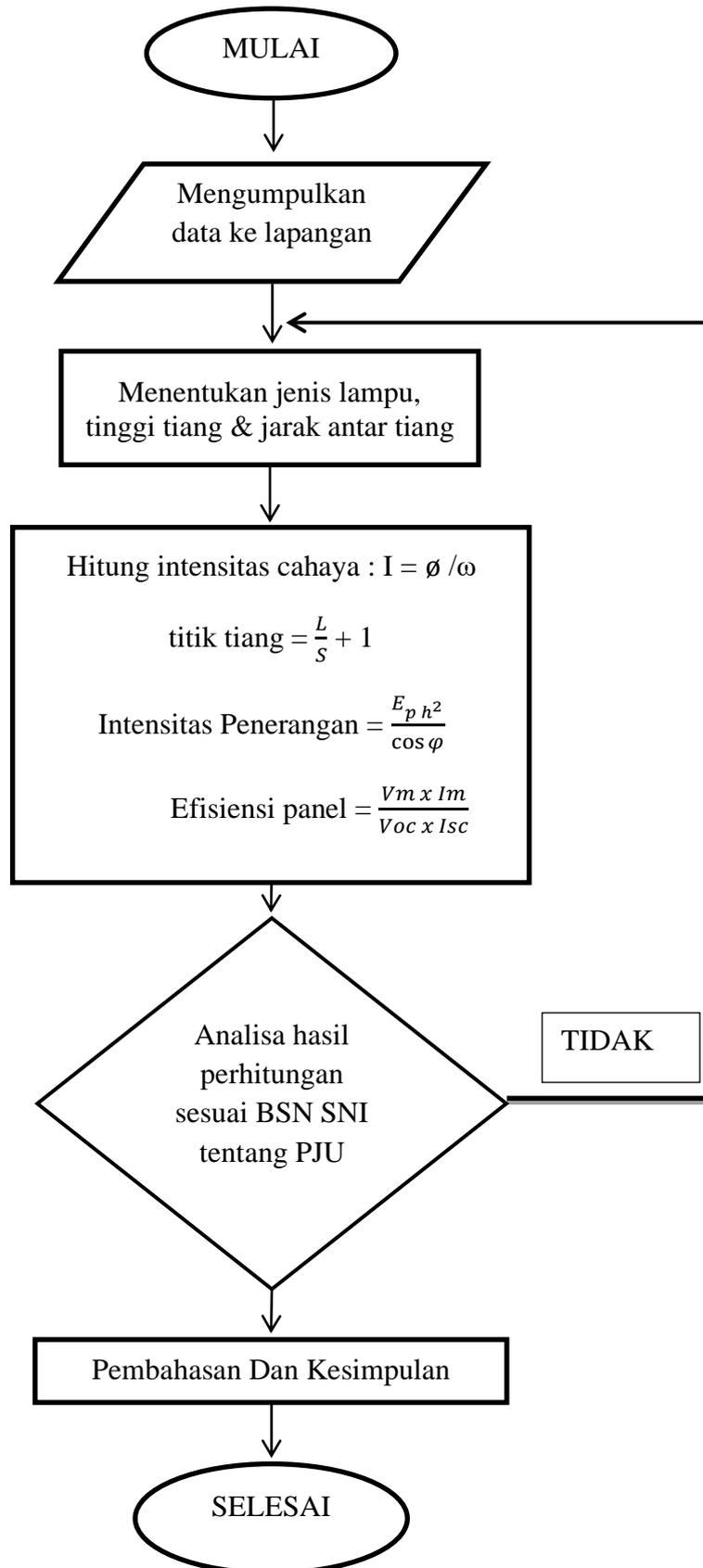


**Gambar 3.2** kondisi Jalan sunda pada saat malam hari

### **3.4. Teknik Analisis**

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, metode pengumpulan data yang digunakan yaitu :

- 1) Studi Lapangan Pengumpulan data melalui studi lapangan adalah untuk mendapatkan data primer, dilakukan dengan cara :
  - a) Observasi, yaitu dengan mengamati secara langsung dan mengukur Intensitas cahaya dan Tinggi tiang yang diteliti, yakni LPJU Solar Cell di jalan Bidan II Kec, Lubuk pakam.
  - b) Wawancara, dalam penelitian ini dilakukan wawancara terhadap beberapa pihak untuk mengumpulkan data-data mengenai LPJU Solar Cell di jalan Bidan II Kec, Lubuk pakam. Wawancara ini dilakukan di Dinas Penerangan Jalan dan Pengelolaan Reklame (PJPR) Kec, Lubuk pakam
- 2) Studi Pustaka Studi pustaka dilakukan upaya mempelajari dan mengumpulkan data sekunder untuk menunjang penelitian. Data yang dikumpulkan berasal dari buku referensi, jurnal, artikel maupun internet.



### **3.5. Prosedur Penelitian**

Dari diagram alir 3.4 dapat di jabarkan langkah – langkah dari alur penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mencari penelitian – penelitian sebelumnya dalam bentuk jurnal yang membahas tentang LPJU (lampu penerangan jalan umum)
2. Setelah studi literatur dirasa cukup kemudian selanjutnya adalah pengumpulan data. Adapun yang dikumpul adalah jenis lampu, jenis panel surya, jenis baterai, dan tinggi tiang.
3. Kemudian, Setelah data data di kumpulkan selanjutnya adalah pengolahan data.
4. Pada kesimpulan penelitian ini akhir dari penelitian, dimana proses dari awal sampai akhir penelitian dibuat suatu kesimpulan yang mencakup keseluruhan penelitian.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Kondisi Eksiting

Jalan sunda di kec Lubuk pakam merupakan jalan penghubung antara jalan purwo dengan jalan menuju kota Lubuk Pakam, dimana kondisi lingkungan di jalan ini ramai setiap harinya karena digunakan oleh masyarakat dalam beraktifitas setiap harinya dan merupakan salah satu jalan alternatif. Jalan ini memiliki panjang jalan 1002 meter dengan lebar jalan 4 meter. Lebar jalan 4 meter termasuk kelas jalan lokal sesuai dengan BSN SNI tentang penerangan jalan umum (SNI 7391:2008 tentang Tata cara perencanaan teknik penerangan jalan untuk jalan umum dan lingkungan). syarat kuat pencahayaan (iluminasi) yang harus dihasilkan untuk jalan lokal adalah 2-5 lux.

Jalan Sunda di Kec Lubuk Pakam sudah terpasang penerangan jalan umum, namun kondisinya tidak sesuai standarisasi yang ditentukan oleh BSN SNI. Lampu penerangan di jalan ini banyak yang sudah tidak berfungsi lagi (mati), Pada jalan ini terpasang penerangan Jalan Umum Tenaga Surya sebanyak 29 titik dengan jenis tiang yang digunakan berjenis single ornament, sedangkan jarak antar tiang yaitu 30 meter. Pada penelitian ini akan dilakukan optimalisasi lampu penerangan jalan umum di jalan Sunda Kec Lubuk Pakam

**Tabel 4.1** Pengukuran Jalan Sunda kec Lubuk pakam

KETERANGAN	UKURAN
Panjang Jalan	1002 Meter
Lebar Jalan	4 meter
Titik tengah jalan	2 Meter
Jarak antar tiang	30 Meter

## 4.2. Menentukan Lampu PJU Tenaga Surya

Berdasarkan survey di lapangan lampu yang dipakai untuk PJUTS yang sudah terpasang adalah lampu berjenis LED dengan daya 70 Watt, Menimbang lebar jalan yang di pasang LPJU hanya selebar 4 meter maka dengan daya lampu sebesar 70 watt sudah menghasilkan tingkat pencahayaan yang sangat maksimal sesuai standarisasi yang telah ditentukan yaitu antara 2-5 lux sesuai kebutuhan kelas jalan.



**Gambar 4.1** Lampu LED 70 watt

Data lampu LED yang dapat dilihat :

Power : 70 Watt  
Efficiency : 110 - 140 lm/w  
Lifespan : 50.000 hours  
Lumen : 7700 - 9800 lumens

Deskripsi	Jalan tol	Arteri	Kolektor	Lokal
Kecepatan	>60 km/jam	>60 km/jam	>30 km/jam	>20 km/jam
Lebar jalan	>8 m	>8m	>7m	>4m
Media jalan	-	Boleh	ada	tidak
Daya lampu	>60 watt	>50 watt	>40 watt	>30 watt
lengan	DA/SA	DA/SA	DA/SA	SA
Jarak tiang	Kurang lebih 25-50 meter di kiri atau kanan berselang-seling			

**Tabel 4.2** Standar PJU Tenaga Surya Berdasarkan Hexamitra

### 4.3. Menentukan Jumlah Titik Tiang PJU Tenaga Surya

Jalan Sunda kecamatan Lubuk pakam memiliki panjang 1002 meter dengan lebar jalan 4 meter, sedangkan jarak antar tiangnya yaitu 30 meter. Jumlah titik lampu dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.6 :

$$T = \frac{L}{s} + 1$$

$$T = \frac{1002}{30} + 1$$

$$T = 34 \text{ Titik lampu}$$

Jadi titik lampu yang harus dibuat pada jalan Sunda adalah 34 titik lampu, sedangkan titik lampu yang sudah dibuat hanya 29 titik lampu, maka akan dilakukan penambahan 5 titik lampu lagi.

### 4.4. Menentukan Sudut *Stang Ornament*

Sudut stang ornament berfungsi agar titik penerangan yang dihasilkan oleh lampu mengarah ke tengah jalan. Menentukan sudut stang ornament sangatlah penting, karena kemiringan dari stang ornament ini mempengaruhi nilai intensitas penerangan yang dihasilkan.

Diketahui : Tinggi tiang (h) = 8 Meter

Jarak horizontal lampu ke tengah jalan (C) = 2 Meter

Di tanya : Jarak lampu ke tengah jalan (t) ?

$$\begin{aligned} \text{Penyelesaian : } t &= \sqrt{h^2 + c^2} \\ &= \sqrt{8^2 + 2^2} \\ &= \sqrt{64 + 4} \\ &= \sqrt{66} \\ &= 8,12 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } \cos \varphi &= \frac{h}{t} \\ &= \frac{8}{8,12} \end{aligned}$$

$$\varphi = \cos^{-1} 0,98$$

$$\varphi = 11,61^{\circ}$$

Jadi sudut kemiringan stang ornament nya adalah  $11,61^{\circ}$

**Tabel 4.3** Perbandingan sudut stang ornament berdasarkan tinggi tiang

Tinggi tiang	Sudut stang ornament
7 meter	$16,21^{\circ}$
8 meter	$11,61^{\circ}$
9 meter	$21,94^{\circ}$

#### 4.5. Menghitung Intensitas Penerangan

Intensitas cahaya dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.4 :

$$I = \frac{\varphi}{\omega}$$

Dimana : Fluks cahaya ( $\varphi$ ) = 7200 lm ( berdasarkan katalog lampu)

$$\text{Sudut ruang } (\omega) = 4 \pi$$

$$\begin{aligned} \text{Penyelesaian : } I &= \frac{\varphi}{\omega} \\ &= \frac{7200}{4\pi} \\ &= 573,24 \text{ cd} \end{aligned}$$

**Tabel 4.4** Perbandingan hasil intensitas cahaya dengan daya lampu yang digunakan.

Daya lampu	Lumens (bedasarkan katalog lampu)	Hasil
60 watt	6600	524,47 Cd
70 watt	7200	573,24 Cd
80 watt	7700	613,05 Cd

#### 4.6. Menghitung Intensitas Cahaya

Intensitas penerangan dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.5 :

$$\text{Diketahui: } h = 8 \text{ m}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,93$$

$$I = 573,24$$

Ditanya :  $E_p$  ?

$$\text{Penyelesaian : } I = \frac{E_p h^2}{\cos \varphi}$$

$$573,24 = \frac{E_p 8^2}{0,93}$$

$$E_p \times 8^2 = 573,24 \times 0,93$$

$$64 E_p = 533,11$$

$$E_p = 8,32 \text{ lux}$$

Hasil perhitungan intensitas penerangan jalan adalah 8,32 lux, hasil ini sudah sesuai dengan standarisasi yang ditentukan oleh BSN SNI untuk kelas jalan lokal yaitu antara 3 - 5 lux.

Menurut standar SNI 7391:2008, intensitas cahaya yang baik untuk penerangan jalan umum adalah antara 11-20 lux. Nilai ini bergantung pada klasifikasi jalan yang dilayani, seperti jalan arteri, kolektor, atau lokal, serta karakteristik dan penempatan jalan, Maka sebaiknya di lakukan pergantian lampu dengan lux yang lebih tinggi.

#### 4.7. Menghitung Daya yang Di Butuhkan

Berdasarkan titik lampu dengan daya 70 Watt, maka daya yang dibutuhkan pada penerangan jalan umum tenaga surya ini dapat dihitung dengan Persamaan 2.7 sebagai berikut :

$$P_{load} = \text{Daya lampu} \times \text{Jumlah lampu}$$

$$= 70 \text{ watt} \times 29$$

$$= 2030 \text{ watt}$$

$$= 2,03 \text{ kw}$$

Jumlah daya yang dikonsumsi penerangan jalan umum tenaga surya di Jalan Sunda sebelum dilakukan penambahan lampu jalan adalah 2,03 kW.

#### **4.8. Menghitung Energi Listrik**

Pola operasi penerangan jalan umum telah ditentukan dengan waktu nyala pukul 17.00 WIB – 05.00 WIB, sehingga lampu beroperasi selama 12 jam. Energi yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_{load} &= P_{load} \times t \\ &= (70 \times 29) \times 12 \\ &= 24,360 \text{ wh} \\ &= 24,36 \text{ kwh/hari} \end{aligned}$$

Dalam satu bulan energi listrik yang dikonsumsi adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_{load} \text{ per bulan} &= 24,36 \times 30 \text{ hari} \\ &= 730,8 \text{ kwh/ bulan} \end{aligned}$$

#### **4.9. Menentukan Panel surya**

Spesifikasi panel surya yang akan digunakan pada penerangan jalan umum tenaga surya di jalan sunda kecamatan lubuk pakam dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut :

**Tabel 4.5** Spesifikasi Panel Surya *Shinyoku polycrystalline*

Spesifikasi	Keterangan
Daya modul ( $P_{nom}$ )	300 wp ( <i>watt peaks</i> )
Tegangan maks ( $V_m$ )	36,2 volt
Arus Maks ( $I_m$ )	8,2 Ampere
Tegangan tanpa beban ( $V_{oc}$ )	43,4 Volt
Arus hubung singkat ( $I_{sc}$ )	9,27 Ampere
<i>Lifetime</i> (umur)	25 tahun
Dimensi	1956 x 992 mm

Mencari efisiensi sel surya maka harus mencari dahulu faktor pengisian (*fill factor*) dengan Persamaan 2.8 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 FF &= \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} \\
 &= \frac{36,2 \times 8,2}{43,3 \times 9,27} \\
 &= \frac{296,84 \text{ watt}}{401,391 \text{ watt}} \\
 &= 0,73
 \end{aligned}$$

Menghitung Permukaan panel surya

$$\begin{aligned}
 \text{Luas permukaan panel surya (S)} &= 1956 \text{ mm} \times 992 \text{ mm} \\
 &= 1940.352 \text{ mm}^2 \\
 &= 1,940352 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari data yang didapat dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) kota Medan, besar intensitas sinar global matahari yang diterima ketika dalam keadaan maksimum sebesar 1010,2 Watt/m<sup>2</sup> dengan lama penyinaran 10 jam, yaitu pukul 07.00 WIB -17.00 WIB. Sedangkan suhu di kota Medan pada tahun ini berkisar antara 23<sup>o</sup> C – 33<sup>o</sup> C.

Menghitung efisiensi panel surya :

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \\ &= \frac{V_{oc} \times I_{sc} \times FF}{S \times F} \times 100 \% \\ &= \frac{43,4 \text{ volt} \times 9,27 \text{ Ampere} \times 0,73}{1,940352 \text{ m}^2 \times 1010,2} \times 100 \% \\ &= \frac{293,69214}{1960,14} \times 100 \% \\ &= 14,98 \% \end{aligned}$$

Dikonversikan menjadi  $\eta = 15\%$

Dimana :

FF = faktor pengisian / *fill factor*

V<sub>m</sub> = tegangan nominal panel surya (Volt)

I<sub>m</sub> = arus nominal panel surya (Ampere)

V<sub>oc</sub> = tegangan *open circuit* panel surya (Volt)

I<sub>sc</sub> = arus *short circuit* panel surya (Ampere)

F = intensitas radiasi matahari yang diterima (Watt/m<sup>2</sup>) 59

S = luas permukaan modul sel surya (m<sup>2</sup>)

Menghitung jumlah sinar global (Wh/m<sup>2</sup>) / hari dengan rumus :

$$\text{Jumlah sinar global / hari} = \sigma \cdot e \cdot T^4 \cdot t_s$$

Dimana :

$\sigma$  = tetapan *Stefan-Boltzmann* ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ Watt/m}^2 \text{ k}^2$ )

$e$  = koefisien *emisivitas* (0-1)

$T$  = suhu permukaan ( $300^\circ \text{K}$ )

$T_s$  = lamanya penyinaran (*hours*)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah sinar global (Wh/m}^2 \text{) / hari} &= \sigma \cdot e \cdot T^2 \cdot t_s \\ &= 5,67 \times 10^{-8} \times 1 \times (300)^4 \times 10 \\ &= 45,870 \text{ (Wh/m}^2 \text{)} \end{aligned}$$

Menurut BMKG lamanya penyinaran yang mengenai panel surya  $t_{modul}$ , dapat dihitung dengan mengansumsikan penyinaran maksimum sinar global sebesar 1010,2 Watt/m<sup>2</sup> /hari

$$\begin{aligned} t_{modul} &= \frac{\text{jumlah sinar Global (Wh /m}^2 \text{)/hari}}{\text{Maksimum sinar Global (Watt /m}^2 \text{)/hari}} \\ &= \frac{45,870}{1010,2} \\ &= 4,54068 \text{ hours} \end{aligned}$$

Menghitung energi yang di hasilkan panel surya :

$$\begin{aligned} E_{modul} &= P_{nom} \times T_{modul} \\ &= 300 \times 4,54068 \\ &= 1362,204 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Jumlah minimum modul yang digunakan untuk melayani lampu PJU *Solar Cell*/tiang dengan LED daya 70 Watt dengan besaran energi 70 x 12 jam nyala = 840 Wh dan maksimal penyinaran yang mengenai panel surya adalah 4,54068 *hours*. Jumlah minimum modul yang digunakan dapat dihitung

menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
\text{Jumlah modul surya} &= \frac{E_{load}}{P_{nom} \times T_{modul}} \\
&= \frac{840 \text{ wh}}{300 \text{ wp} \times 4,54068 \text{ hour}} \\
&= \frac{840 \text{ wh}}{1362,204 \text{ wh}} \\
&= 1,3 \text{ (di konversikan menjadi 1 modul panel surya/tiang)}
\end{aligned}$$

Dimana :

$t_{modul}$  = lamanya panel surya mendapatkan sinar global (*hour*)

$E_{load}$  = besar energi yang dipakai (Wh)

$P_{nom}$  = daya nominal panel surya (Wp)

Berdasarkan besaran energi dalam 1 tiang PJU *solar cell* sebesar 840 Wh yang terdiri dari LED dengan daya 70 Watt, jumlah modul panel surya yang akan digunakan per tiang sebanyak 1 modul dengan daya 300Wp.

Total panel surya yang direncanakan di jalan Sunda kecamatan Lubuk pakam sebanyak 29 unit dengan daya masing-masing sebesar 300 Wp, maka total daya panel surya sebanyak 29 unit panel surya adalah :

Total  $P_{nom}$  =  $P_{nom}$  x jumlah panel surya

= 300 WP x 29

= 8.700 WP

Berdasarkan total panel surya yang digunakan sebanyak 29 unit, maka total daya panel surya yang dibutuhkan sebesar 8.700 WP panel surya.

#### 4.10. Menentukan Baterai

Syarat baterai bekerja secara normal adalah arus tersimpan di baterai tidak boleh terkuras lebih dari 25%, sehingga DOD (*deep of discharge*) = 100% - 25%

= 75%. Cadangan beban adalah cadangan daya untuk beban (lampu), apabila panel surya tidak dapat menerima sinar matahari atau dalam satu hari cuaca dalam keadaan mendung, biasanya dibuat cadangan untuk beban dalam satu hari.

Keterangan	Spesifikasi
Tipe	Lithium-Ion
Tegangan	12 volt
Kapasitas arus	200 Ah
Effisiensi baterai	98%
Umur	5 tahun

**Tabel 4.6** spesifikasi Baterai

Menghitung cadangan beban dalam satu hari menggunakan :

$$\frac{E_{load}}{\eta v} = \frac{840}{98\% \times 12 \text{ volt}}$$

$$= 71,4 \text{ Ah}$$

Dimana :

$E_{load}$  = Besaran energi

$\eta$  = effisiensi baterai

$v$  = Tegangan Baterai

Setiap PJU *solar cell* membutuhkan baterai berukuran 71,4 Ah selama cadangan 1 hari.

Kapasitas baterai PJU *solar cell* dihitung berdasarkan DOD dan baterai dengan

rumus :

$$\begin{aligned}
 I_b &= \frac{\frac{E_{maks}}{V_b} + \text{cadangan beban satu hari (Ah)}}{DOD \times \eta} \\
 &= \frac{\frac{1 \times 840 \text{ Wh}}{12 \text{ Volt}} + 71,4 \text{ (Ah)}}{75 \% \times 0,98 \%} \\
 &= \frac{141,4 \text{ Ah}}{0,735} \\
 &= 192,38 \text{ Ah}
 \end{aligned}$$

Dimana :

$I_b$  = Kapasitas baterai (Ah)

$V_b$  = Tegangan baterai (Volt)

DOD = *deep of discharge* (%)

$E_{maks}$  = banyak panel surya x  $E_{load}$

- a) Spesifikasi baterai setiap tiang di jalan Sunda kecamatan Lubuk pakam Baterai yang direncanakan pada PJU *solar cell* terhitung sebesar 192,38 Ah, untuk melayani kebutuhan daya LED 840 Wh, maka setiap tiang menggunakan baterai sebanyak 1 unit dengan kapasitas arus sebesar 200 Ah
- b) Total baterai panel surya di jalan Sunda kecamatan Lubuk pakam Total baterai yang digunakan pada setiap tiang sebanyak 1 unit dengan kapasitas arus sebesar 200 Ah.

Besar kapasitas arus baterai sebesar 200 Ah setiap tiang. Total baterai yang direncanakan untuk melayani PJU *solar cell* di jalan Sunda sebanyak :

$$\begin{aligned}
 \text{Total baterai PJU solar cell} &= \text{total baterai (per tiang)} \times \text{total tiang} \\
 &= 1 \text{ baterai} \times 29 \text{ tiang} \\
 &= 29 \text{ unit baterai}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total kapasitas arus baterai} &= \text{kapasitas arus baterai} \times \text{total unit baterai} \\
 &= 200 \text{ Ah} \times 29 \text{ baterai}
 \end{aligned}$$

$$= 5800 \text{ Ah}$$

Berdasarkan total unit baterai yang direncanakan sebanyak 29 unit baterai untuk melayani 29 PJU *solar cell*, maka total kapasitas arus baterai yang digunakan sebesar 5800 Ah.

#### **4.11. Solar Charge Controller**

Suatu alat untuk mengatur pengisian aki atau rangkaian baterai, tegangan DC yang dihasilkan panel surya umumnya bervariasi dari 12 Volt ke atas. Kontrol ini berfungsi sebagai alat mengatur tegangan aki agar tidak melampaui batas toleransi dayanya. Alat pengontrol ini juga mencegah pengaliran arus aki balik ke panel surya ketika proses pengisian sedang tidak berlangsung, apabila aki sudah berisi penuh maka aliran DC dari panel surya akan terputus agar aki tidak lagi menjalani pengisian sehingga pengrusakan pada aki atau baterai bisa dicegah dan usia bisa diperpanjang. Ukuran untuk control pengisian aki ditentukan dalam satuan ampere. Menentukan berapa ampere alat control pengecas aki atau baterai yang harus digunakan dengan mempertimbangkan faktor efisiensi dan perlu ditambahkan cadangan 25% :

$$\begin{aligned} P_{\text{nom}} / \text{tegangan baterai} &= 300 \text{ Wp} / 12 \text{ V} \\ &= 25 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Dengan mempertimbangkan faktor efisiensi, perlu ditambahkan cadangan 25%.

$$25 \text{ Ampere} \times 1,25 = 31,25 \text{ Ampere}$$

Berdasarkan daya modul panel surya yang digunakan sebesar 300 W<sub>P</sub> dan kapasitas arus baterai 200 Ah setiap tiang PJU *solar cell*, maka *solar charge controller* yang digunakan 31,25 Ampere.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Hasil analisa dan optimalisasi lampu penerangan jalan umum tenaga surya di jalan Sunda Kecamatan Lubuk pakam dapat disimpulkan menjadi beberapa hal, antara

lain :

1. Jalan Sunda kec Lubuk Pakam memiliki panjang jalan 1002 meter dengan lebar 4 meter. Pada analisis ini intensitas penerangan jalan umum (pju) dengan Tinggi tiang yang digunakan yaitu 8 meter, lampu LED 70 watt, dengan jumlah titik lampu 29 titik. Pada perhitungan didapatkan hasil sudut *stang ornament*  $11,61^{\circ}$  , intensitas cahaya 573,24 Candella, intensitas penerangan 8,32 lux, panel surya per tiang *single ornament* menggunakan modul dengan daya 300 W<sub>P</sub>, dan baterai yang digunakan per tiang yaitu 1 unit dengan kapasitas 200 Ah, sudah sangat sesuai bahkan sangat maksimal dari yang sudah di tentukan oleh bsn sni (SNI 7391:2008 tentang Tata cara perencanaan teknik penerangan jalan untuk jalan umum dan lingkungan) syarat kuat pencahayaan (iluminasi) yang harus dihasilkan untuk jalan lokal adalah 2-5 lux.
2. Daya listrik yang dibutuhkan sepanjang jalan Sunda kecamatan Lubuk pakam adalah 2,03 kW dan konsumsi energi yang dibutuhkan yaitu 24,36 kWh/hari, sedangkan konsumsi energi per bulan adalah 730,8 kWh/bulan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bayu, H., & Windarta, J. (2021). Tinjauan Kebijakan dan Regulasi Pengembangan PLTS di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(3), 123–132. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.10043>
- Evalina, N., Irsan, F., & Azis, A. (2023). *The Use of Solar Power in Liquid Spraying Robots. 1*(2), 131–135.
- Gunawan, N. S., Kumara, I. N. S., & Irawati, R. (2019). Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) 26,4 Kwp Pada Sistem Smart Microgrid Unud. *Jurnal SPEKTRUM*, 6(3), 1. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2019.v06.i03.p01>
- Mustiadi, I., & Lusiana Utari, E. (2023). Efektifitas Pengisian Baterai Menggunakan Solar Panel 50 WP (WattPeak) dengan Metode PWM (Pulse Width Modulation). *Jurnal Teknologi*, 16(1), 55–61. <https://doi.org/10.34151/jurtek.v16i1.4186>
- Nugraha, I. M. A. (2020). Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Energi Pada Kapal Nelayan: Suatu Kajian Literatur. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 4(2), 101. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2020.vol.4.no.2.76>
- Sugirianta, I., Saputra, G., & Sunaya, G. (2019). Modul Praktek PLTS On-Grid Berbasis Micro Inverter. *Jurnal Matrix*, 9(1), 19–27.
- Zainuddin, M. (2017). Pengaruh Masuknya PLTS on Grid Skala Besar Pada Sistem Distribusi 20 KV Terhadap Kualitas Tegangan dan Rugi-rugi Daya. *Fortei*, October 2017, 7.
- Abit Duka, E. T., Setiawan, I. N., & Ibi Weking, A. (2018). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga Dan Pengairan Kabupaten Badung. *Jurnal SPEKTRUM*, 5(2), 67. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p09>

- Awal, H., & Irma, I. (2022). Penerapan Panel Surya Untuk Aktifitas Pendidikan di SD Negeri 23 V Koto Timur. *Majalah Ilmiah UPI YPTK*, 29(1), 73–78. <https://doi.org/10.35134/jmi.v29i1.112>
- Bayu, H., & Windarta, J. (2021). Tinjauan Kebijakan dan Regulasi Pengembangan PLTS di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(3), 123–132. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.10043>
- Bayu Kusuma, K., Indra Partha, C. G., & Sukerayasa, I. W. (2020). PERANCANGAN SISTEM POMPA AIR DC DENGAN PLTS 20 kWp TIANYAR TENGAH SEBAGAI SUPLAI DAYA UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN AIR MASYARAKAT BANJAR BUKIT LAMBUH. *Jurnal SPEKTRUM*, 7(2), 46. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2020.v07.i02.p7>
- Evalina, N., Azis H, A., Rimbawati, & Cholish. (2019). Efficiency analysis on the inverter using the energy-saving lamp. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 674(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/674/1/012034>
- Evalina, Noorly, Cholish, Abdullah, & Zainul Haq, M. (2021). Analisa Hubungan Seri Dan Paralel Terhadap Karakteristik Solar Sel Di Kota Medan. *Teknik Elektro*, 3(2), 94–100. <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/view/v3i2.6492/5248>
- Evalina, Noorly, Faisal Irsan Pasaribu, & Abdul Azis H. (2021). The Use of Inverters in Solar Power Plants for Alternating Current Loads. *Britain International of Exact Sciences (BIOEx) Journal*, 3(3), 151–158. <https://doi.org/10.33258/bioex.v3i3.496>
- Evalina, Noorly, Irsan, F., & Azis, A. (2023). *The Use of Solar Power in Liquid Spraying Robots*. 1(2), 131–135.