

Rancang Bangun *Miniature Solar Tracking System* Pada Penerangan Jalan Bertenaga Surya Berbasis Arduino

Muhammad Dwiki Abdillah¹, Marson Ady Putra², Rusda³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda

marson@polnes.ac.id

Abstrak, Krisis energi global dan isu-isu lingkungan mendorong pengembangan sumber energi berkelanjutan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Efisiensi penyerapan energi matahari oleh PLTS untuk penerangan jalan umum masih rendah karena posisi panel surya pada penerangan jalan umum yang statis atau tidak mengalami perubahan posisi, mengakibatkan panel surya menyerap sinar matahari tidak optimal dan energi listrik yang dihasilkan tidak mencukupi untuk pengisian baterai, sehingga baterai sering mengalami pengosongan dan mengakibatkan penurunan umur pakai atau bahkan rusak. Penelitian ini mengembangkan sistem pelacak matahari *Solar Tracking System* (STS) berbasis arduino ke dalam miniatur penerangan jalan dengan skala 1:2 sehingga dapat meningkatkan penyerapan energi matahari. Sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) digunakan sebagai sensor pembaca posisi sinar matahari dan menggerakkan motor DC actuator melalui relay yang dikendalikan oleh Arduino Mega. Hasil rancangan ini menunjukkan bahwa panel surya dengan STS menjaga penyerapan radiasi matahari lebih optimal, di mana waktu puncak energi matahari yang dapat diserap panel surya pukul 08.00 hingga 17.30 mencapai 300.30 Wh. Sehingga energi listrik yang dihasilkan tersebut masih tersisa untuk disimpan pada baterai sehingga baterai tetap terjaga terisi setiap hari.

Kata kunci: Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya, System Solar Tracker, Arduino Mega, Sensor LDR, RTC.

I. PENDAHULUAN

Krisis energi global dan isu-isu lingkungan semakin mendesak untuk menemukan sumber energi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Salah satu solusi yang sedang dikembangkan adalah pemanfaatan energi matahari melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [1]. PLTS menawarkan alternatif yang menjanjikan dalam menyediakan daya listrik yang bersih dan dapat diandalkan. Namun, faktor pengoperasian PLTS masih menjadi tantangan utama yang perlu diatasi untuk memaksimalkan pemanfaatan energi matahari [2].

Salah satu masalah yang signifikan adalah kurangnya optimalisasi penyerapan energi matahari oleh PLTS yang digunakan untuk penerangan jalan umum ketika menggunakan panel surya statis. Posisi dan orientasi panel surya yang tetap membuat penyerapan energi matahari tidak maksimal sepanjang hari [3], sehingga daya listrik yang dihasilkan tidak optimal untuk mengisi baterai. Kondisi ini mengakibatkan penerangan jalan umum tidak mendapatkan suplai listrik yang

cukup, terutama di daerah yang banyak penghalangnya seperti pepohonan dan bangunan besar yang menghalang penyerapan energi matahari pada panel surya.

Selain itu, kurangnya suplai listrik yang dihasilkan dapat menyebabkan baterai sering mengalami pengosongan ketika kebutuhan listrik pada malam hari selalu sama dan kapasitas baterai yang tidak memiliki kapasitas yang cukup karena kurangnya energi listrik yang masuk ke baterai disebabkan kurang optimalnya panel surya menghasilkan energi listrik. Jika kondisi ini terjadi terus menerus, baterai akan mengalami penurunan umur pakai atau bahkan rusak [4]. Pengosongan baterai yang berulang kali mempercepat degradasi kapasitas penyimpanan, yang pada akhirnya mengurangi kinerja keseluruhan sistem penerangan jalan.

Untuk mengatasi masalah ini, penggunaan sistem pelacakan matahari (*Solar Tracking System*, STS) yang menggunakan teknologi arduino untuk penerangan jalan umum. Dengan implementasi STS yang diharapkan dapat meningkatkan optimalisasi penyerapan energi matahari dan menjadikan penerangan jalan lebih berkelanjutan. Dengan demikian, kinerja PLTS meningkat, dan daya listrik yang dihasilkan dalam sehari lebih optimal untuk mengisi baterai.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Sebelumnya

Penelitian “Energy Efficient Hybrid Dual Axis Solar Tracking System” oleh Rashid Ahammed Ferdaus, Mahir Asif Mohammed, Sanzidur Rahman, Sayedus Salehin, dan Mohammad Abdul Mannan membahas pengembangan sistem pelacakan surya yang efisien secara energi [5]. Sistem ini menggabungkan mekanisme pelacakan berbasis peta surya dan sensor cahaya berkelanjutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pelacakan hibrida memiliki keuntungan daya yang hampir setara dengan sistem pelacakan dua sumbu berkelanjutan, sambil menghemat daya operasi hingga 44,44%. Penelitian ini berkontribusi dalam mengoptimalkan efisiensi pelacakan surya dan memanfaatkan energi surya secara lebih baik.

Penelitian “Dual Axis Solar Tracker with IoT Monitoring System Using Arduino” oleh Mohamad Nur Aiman Mohd Said, Siti Amely Jumaat, dan Clarence Rimong Anak Jawa membahas pengembangan sistem pelacakan surya dengan dua sumbu yang dilengkapi dengan sistem pemantauan IoT menggunakan Arduino [6]. Sistem ini memanfaatkan empat resistor tergantung cahaya (LDR) untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari dan dua motor servo untuk menggerakkan panel surya sesuai dengan posisi cahaya matahari yang

dideteksi oleh LDR. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pelacakan surya dua sumbu menghasilkan lebih banyak daya, tegangan, dan arus dibandingkan dengan sistem pelacakan surya satu sumbu. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam meningkatkan efisiensi penggunaan energi surya.

Penelitian “Desain dan Implementasi Pelacakan Surya Elektronik Cerdas Berbasis Arduino” oleh Muthna Jasim Fadhil, Rashid Ali Fayadh, dan Mousa K. Wali membahas penggunaan panel surya yang mengikuti pergerakan matahari untuk menghasilkan energi listrik secara optimal [7]. Dalam penelitian ini, mereka menggunakan motor servo yang terhubung dengan panel surya. Mikrokontroler Arduino (mode UNO) diprogram menggunakan bahasa C++, dan pemrosesan pelacakan cahaya matahari diimplementasikan dengan menggunakan resistor tergantung cahaya (LDR), chip IC H-bridge, dan rangkaian mikrokontroler Arduino yang dirancang menggunakan perangkat lunak Proteus. Hasilnya adalah pengurangan biaya dan penghematan energi yang signifikan saat sistem ini diimplementasikan.

Penelitian berjudul “Rancang Bangun *Solar Tracker* Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Metode *Real Time Clock*” oleh Ridwan Eko Laksono membahas tentang pengaplikasian *solar tracker* menggunakan metode *real time clock* pada panel surya [8]. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *solar tracker* dapat meningkatkan efisiensi panel surya. Penelitian ini menggunakan metode *Real Time Clock* pada panel surya dengan komponen Arduino. Penelitian ini juga membandingkan daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya dengan 3 jenis pengujian yang berbeda berdasarkan sudut yang diaplikasikan, baik dinamis maupun statis.

B. Tenaga Surya

Energi terbarukan adalah solusi penting untuk memenuhi permintaan listrik yang terus meningkat setiap hari, terutama karena pasokan energi fosil terbatas. Indonesia memiliki potensi besar dalam memanfaatkan energi matahari untuk mengatasi krisis energi karena letaknya di sekitar khatulistiwa. Namun, tidak semua radiasi matahari yang mencapai bumi bisa dimanfaatkan karena sebagian terpantul oleh atmosfer [8]. Radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi terdiri dari dua jenis, yaitu:

1. Radiasi langsung (terjadi ketika langit cerah dan sinar matahari tidak terhalang oleh apa pun).
2. Radiasi tidak langsung (terjadi ketika langit mendung dan sinar matahari terhalang oleh awan sehingga intensitasnya berkurang).

C. Faktor Pengoperasian Panel Surya

Energi maksimum dari panel surya tidak hanya bergantung pada intensitas matahari, tetapi juga pada faktor lingkungan berikut [8]:

1. Radiasi Matahari

Variasi tegangan dan arus pada panel surya dipengaruhi oleh radiasi matahari yang tidak selalu sama di setiap lokasi dan waktu. Sebagian radiasi matahari diserap, dipantulkan, atau dihamburkan oleh atmosfer.

2. Temperatur Udara

Suhu optimal untuk panel surya adalah 25°C. Setiap kenaikan suhu 10°C mengurangi daya yang dihasilkan sebesar 0,4%.

3. Atmosfer Bumi

Kondisi cuaca seperti mendung, berawan, cerah, atau hujan mempengaruhi jumlah daya yang dihasilkan oleh panel surya.

4. Sudut Posisi Panel Surya Terhadap Matahari

Karena matahari bergerak relatif terhadap bumi, sudut cahaya matahari berubah sepanjang waktu. Menentukan sudut optimal panel surya berdasarkan letak geografis membantu memaksimalkan energi yang dihasilkan.

D. Solar Tracker

Solar Tracker adalah perangkat yang digunakan untuk memaksimalkan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Karena posisi matahari berubah sepanjang hari, panel surya akan bekerja optimal jika selalu menghadap langsung ke matahari. *Solar tracker* membantu mengarahkan panel surya agar selalu menghadap matahari. Ada dua jenis utama *solar tracker*: *single axis* dan *dual axis* [8]. Karena pada penelitian ini menggunakan *single axis* maka berikut adalah penjelasannya.

1.) Single Axis Solar Tracker

Single axis solar tracker mengikuti pergerakan matahari baik secara vertikal maupun horizontal dengan satu sumbu rotasi. *Solar tracker* horizontal cocok untuk daerah tropis di mana matahari berada tepat di atas saat tengah hari. *Solar tracker* vertikal cocok untuk daerah di mana matahari tidak berada tepat di atas tetapi memiliki waktu siang yang panjang. Bentuk *solar tracker single axis* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Single axis solar tracker* [8].

E. Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS)

Penerangan jalan umum tenaga surya adalah penerangan jalan yang sumber listriknya berasal dari matahari tidak bersumber dari PLN yang menggunakan listrik dari tenaga fosil (batu bara, minyak bumi, dan gas bumi). Jumlah energi matahari yang tak terbatas, gratis, mudah didapatkan serta tidak menimbulkan polusi bagi lingkungan tentunya mendorong masyarakat untuk menggunakan energi alternatif tersebut [9].

1). Komponen – Komponen PJUTS

Beberapa komponen dalam merancang penerangan jalan umum tenaga surya, yaitu :

a. Panel Surya

Efisiensi panel surya *polycrystalline* berkisar antara 13% hingga 16%, yang membuatnya lebih terjangkau dari segi harga. Untuk menghasilkan jumlah listrik yang sama, panel *polycrystalline* memerlukan area permukaan yang lebih luas dibandingkan dengan panel surya *monocrystalline*. Meskipun demikian, [Gambar 2](#) merupakan panel *polycrystalline* yang memiliki keunggulan dalam kemampuannya untuk tetap menghasilkan listrik saat kondisi cuaca mendung, meskipun efisiensinya tidak setinggi *monocrystalline* [\[8\]](#).



Gambar 2. Panel surya *Polycrystalline* [\[8\]](#).

b. Baterai

Baterai atau aki, sebagaimana yang ditunjukkan pada [Gambar 3](#), memiliki peran krusial dalam sistem penerangan jalan umum berbasis tenaga surya. Komponen ini berfungsi sebagai media penyimpanan energi hasil konversi sinar matahari menjadi listrik, sehingga memastikan ketersediaan daya saat dibutuhkan. Tanpa baterai atau aki, lampu hanya bisa menyala saat terkena sinar matahari langsung. Dengan adanya baterai atau aki, energi tersebut bisa disimpan untuk digunakan di malam hari atau saat cuaca tidak cerah. Ini membuat sistem penerangan jalan lebih andal dan optimal [\[8\]](#).



Gambar 3. Baterai [\[8\]](#).

c. Solar Charge Controller (SCC)

Charge Controller, yang ditampilkan pada [Gambar 4](#), adalah perangkat elektronik yang berperan dalam mengatur aliran arus searah (DC) dari panel surya ke baterai. Perangkat ini berfungsi untuk mencegah pengisian berlebih (*overcharging*) ketika baterai sudah penuh dan melindungi sistem dari kelebihan tegangan yang dihasilkan panel surya. Dengan memanfaatkan teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM), perangkat ini mengelola proses pengisian baterai dan penyaluran arus dari baterai ke beban [\[8\]](#).



Gambar 4. *Solar charge controller* [\[8\]](#).

2). Menentukan kapasitas PJUTS

a. Menentukan Daya Lampu

• Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya (I) dengan satuan kandela (cd) adalah arus cahaya dalam lumen yang diemisikan setiap sudut ruang (pada arah tertentu) oleh sebuah sumber cahaya [\[9\]](#). Intensitas Cahaya dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$\Phi = I \times \omega \quad (1)$$

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \omega = 4\pi \quad (2)$$

Keterangan :

I = Intensitas cahaya dalam candela(cd)

Φ = Fluks cahaya dalam lumen (lm)

ω = Sudut ruang (Steradian)

• Efikasi Cahaya

Efikasi cahaya diukur dalam besaran lumen/watt di mana semakin besar efikasi berarti semakin baik kerja lampu tersebut dalam mengonversi energi listrik menjadi energi cahaya [\[9\]](#). Efikasi cahaya dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$K = \frac{\Phi}{P} \quad (3)$$

Keterangan :

K = Efikasi Cahaya (Lumen/Watt)

Φ = Fluks Cahaya (Lumen)

P = Daya Listrik (Watt)

• Iluminasi

Iluminasi adalah intensitas penerangan atau kekuatan penerangan yang disebut tingkat pencahayaan suatu bidang [\[9\]](#). Intensitas Iluminasi dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$E = \frac{I}{d^2} \quad (4)$$

Keterangan :

E = Intensitas penerangan di suatu titik dari bidang yang diterangi (Lux)

I = Intensitas cahaya (cd)

d = Jarak dari sumber cahaya ke titik kerja (m)

b. Menentukan Kapasitas Baterai

Untuk menentukan kapasitas sebuah baterai yang akan digunakan untuk penerangan jalan umum, dapat ditentukan dengan melakukan perhitungan kapasitas baterai pada persamaan di bawah ini [\[9\]](#).

$$\text{Kapasitas baterai (Ah)} = \frac{\text{Energi Total}}{V_s} \quad (5)$$

Keterangan :

Energi Total = Daya (Watt)

V_s = Tegangan baterai (Volt DC)

Dikarenakan besarnya *Deep of Discharge* (DOD) pada baterai 80%, maka kapasitas baterai yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Cadangan baterai (Cb)} = \frac{Ah}{DOD} \quad (6)$$

c. Menentukan Kapasitas Panel Surya

Untuk menghitung daya modul surya yang akan digunakan menggunakan rumus berikut [9].

$$ET = \text{waktu backup} \times P \times \text{waktu kerja beban} \quad (7)$$

Sehingga :

$$P_{\text{modul surya}} = \frac{\text{Energi Total}}{\text{Insolasi Matahari}} \times 1.1 \quad (8)$$

Keterangan :

$P_{\text{modul surya}}$ = Watt Peak (W_p)
 Insolasi Matahari = Hari perjam (h/jam)
 Energi Total = Daya (Watt)

d. Menentukan Kapasitas SCC

Untuk menentukan kapasitas SCC yang digunakan dilakukan perhitungan sebagai berikut [9].

$$I_{\text{max}} = \frac{P_{\text{modul surya}}}{V_s} \quad (9)$$

Keterangan :

I_{max} = Arus maksimal (Ampere)
 $P_{\text{modul surya}}$ = Watt Peak (W_p)
 V_s = Tegangan baterai (Volt DC)

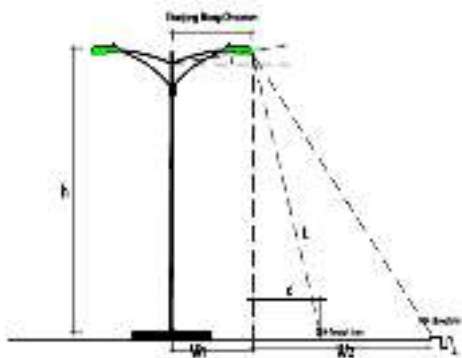
3). Menentukan Sudut Stang Ornamen Tiang LPJUTS

Untuk menentukan sudut kemiringan stang ornamen, agar titik penerangannya mengarah ke tengah-tengah jalan [9].

$$t = \sqrt{h^2 + c^2} \quad (10)$$

Sehingga :

$$\cos \varphi = \frac{h}{t} \quad (11)$$



Gambar 5. Penentuan sudut stang ornamen terhadap lebar jalan [9].

Keterangan :

t = Jarak Lampu Ke tengah-tengah Jalan
 h = Tinggi Tiang
 c = Jarak Horizontal Lampu dengan Tengah Jalan
 $w1$ = Tiang ke Ujung Lampu
 $w2$ = Jarak Horizontal Lampu ke Ujung Jalan

F. Arduino Mega

Arduino Mega ditunjukkan pada [Gambar 6](#) adalah mikrokontroler yang menggunakan ATmega2560. Modul ini memiliki 54 pin digital input/output, dengan 14 pin untuk PWM output dan 16 pin untuk analog input. Selain itu, terdapat 4 pin untuk UART, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, power jack, header ISCP, dan tombol reset. Modul ini dilengkapi dengan semua yang dibutuhkan untuk memprogram mikrokontroler, seperti kabel USB dan catu daya melalui adaptor atau baterai [10].



Gambar 6. Arduino Mega [10].

G. Real Time Clock (RTC)

Modul RTC DS1302 merupakan perangkat yang mengintegrasikan fungsi jam dan kalender dengan RAM statis berkapasitas 31 byte. Modul ini berkomunikasi dengan mikroprosesor melalui antarmuka serial yang sederhana, menyediakan informasi waktu secara lengkap, meliputi detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun. Sebagaimana ditunjukkan pada [Gambar 7](#), modul ini dilengkapi fitur otomatis untuk menyesuaikan tanggal akhir bulan pada bulan-bulan yang memiliki kurang dari 31 hari, termasuk penanganan tahun kabisat. Selain itu, jam dapat diatur dalam format 24 jam atau 12 jam dengan indikator AM/PM. [8].



Gambar 7. Modul RTC DS1302 [4].

H. Modul MicroSD Card

Modul kartu SD adalah komponen elektronik yang digunakan untuk menyimpan data dari sensor yang terhubung ke mikrokontroler seperti Arduino. Data dapat disimpan dalam format file seperti .csv atau .txt. Kartu SD atau micro SD digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pencatatan dan visualisasi data. Modul adaptor kartu micro SD memudahkan akses ke kartu SD. Pada [Gambar 8](#) modul ini memiliki antarmuka SPI dan pengatur tegangan 3.3V untuk menyediakan daya yang tepat ke kartu SD [8].



Gambar 8. Modul MicroSD Card [8].

I. Liquid Cristal Display(LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) adalah modul yang berfungsi sebagai monitor pada Arduino. LCD terdiri dari material kristal cair yang dioperasikan dengan sistem dot *matrix*. Terdapat dua jenis utama LCD: LCD teks untuk menampilkan tulisan dan LCD grafik untuk menampilkan gambar. Modul LCD bisa menampilkan teks, simbol, dan karakter dengan kualitas baik. Salah satu jenis LCD yang populer adalah LCD 20x4 yang ditunjukkan pada [Gambar 9](#), yang memiliki 20 kolom dan 4 baris, dengan kapasitas hingga 80 karakter [8].



Gambar 9. Liquid Crystal Display (LCD) [8].

J. Buck regulator LM2596

Buck regulator LM2596 adalah modul konverter tegangan DC yang memanfaatkan IC LM2596 untuk menurunkan tegangan melalui metode *switching*. Modul ini, seperti yang terlihat pada [Gambar 10](#), mampu menerima tegangan input antara 4V hingga 35V dan menghasilkan tegangan output yang dapat disesuaikan dalam rentang 1,23V hingga 30V dengan kapasitas arus maksimum 3A. Tegangan output dapat diatur menggunakan potensiometer yang terintegrasi pada modul. Untuk mencegah terjadinya korsleting, pastikan pemasangan kabel *input* dan *output* sesuai dengan label yang tertera [8].



Gambar 10. Buck regulator LM2596 [8].

K. Modul Sensor Tegangan

[Gambar 11](#) menunjukkan modul sensor tegangan yang berfungsi untuk mengukur tegangan dari sumber listrik AC maupun DC. Modul ini bekerja berdasarkan prinsip pembagi tegangan, di mana tegangan *input* dikonversi menjadi tegangan yang lebih kecil menggunakan dua resistor yang terintegrasi pada modul. Resistor pertama memiliki nilai resistansi sebesar 30 k Ω , sedangkan resistor kedua memiliki resistansi sebesar 7,5 k Ω [8].



Gambar 11. Modul sensor tegangan [8].

L. Modul Sensor Arus WCS1700

Sensor arus WCS1700 70A sebagaimana yang ditunjukkan pada [Gambar 12](#) digunakan untuk mengukur arus listrik AC dan DC hingga 70A. Sensor ini bekerja berdasarkan efek *Hall*, di mana medan magnet menghasilkan tegangan yang bisa diukur saat arus listrik mengalir. Sensor ini memiliki lubang konduktor berdiameter 9.0 mm untuk kabel. Pada tegangan 5V, sensor ini memiliki sensitivitas 33 mV/A, artinya setiap perubahan arus sebesar 1A akan menghasilkan perubahan tegangan sebesar 33 mV. *Output* sensor ini adalah tegangan yang sebanding dengan arus yang diukur [11].



Gambar 12. Sensor arus WCS1700 [11].

M. Modul Sensor MPU6050

Sensor gerak MPU6050 adalah sensor dengan ADC 16-bit yang memiliki *gyroscope* 3-sumbu, *accelerometer* 3-sumbu, dan *Digital Motion Processor* (DMP) untuk mengukur posisi suatu benda. Sensor ini mengumpulkan data dari *gyroscope* dan *accelerometer* selama sinkronisasi pengambilan sampel, mencakup data *gyroscope* 3-sumbu, data *accelerometer* 3-sumbu, dan data suhu. MPU6050 adalah sensor cerdas yang mengintegrasikan transduser, memori, ADC, *mikrokontroler*, dan antarmuka dengan keluaran data 16-bit, sehingga memiliki akurasi yang sangat tinggi [12].



Gambar 13. Modul sensor gerak MPU6050 [12].

N. Modul Sensor LDR + Relay 5V

LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah jenis resistor yang resistansinya berubah sesuai dengan intensitas cahaya. Saat terkena cahaya terang, resistansinya menurun; saat cahaya redup, resistansinya naik. Prinsip kerja LDR adalah fotokonduktivitas [13]. Modul ini menggunakan LDR dan

transistor untuk mengendalikan *relay*. Ketika LDR mendeteksi cahaya, resistansinya berubah, mengaktifkan transistor, yang kemudian mengendalikan *relay*. *Relay* ini menghubungkan atau memutuskan sirkuit lain, seperti menghidupkan atau mematikan perangkat yang terhubung. Modul ini juga memiliki potensiometer untuk mengatur sensitivitas LDR terhadap cahaya, sehingga kita bisa mengubah ambang batas cahaya yang mengaktifkan *relay*.



Gambar 14. Modul *Light Dependent Resistor* (LDR) [14].

O. Modul *Relay* 5V

Modul *relay* adalah saklar elektromagnetik yang digunakan untuk memutus atau mengalihkan kontak listrik. Di dalamnya terdapat kumparan elektromagnetik yang mengelilingi inti besi. Ketika arus listrik mengalir kumparan, medan magnet yang dihasilkan akan membuka atau menutup kontak internal, mengendalikan sirkuit listrik yang terhubung. *Relay* memungkinkan pengendalian arus listrik yang lebih besar dengan menggunakan arus listrik yang lebih kecil, sehingga sering digunakan dalam otomatisasi dan kontrol [9].



Gambar 15. Modul *Relay* 5V [15].

P. Motor DC Matrix Actuator

Matrix actuator yang digunakan untuk menggerakkan parabola adalah jenis *actuator* hidrolik. *Actuator* ini digunakan untuk menggerakkan parabola 6-10 feet (*dish* atau jaring) dan inputnya adalah 12V, 24V, dan 36V DC. Motor DC *actuator* adalah sebuah komponen penggerak mekanis yang dapat digunakan dalam sistem pelacak matahari (*solar tracker*). Motor ini mengendalikan gerakan panel surya. Namun, *driver* motor DC konvensional yang digunakan dalam sistem pelacakan surya biasanya tidak memberikan opsi untuk kontrol kecepatan dan torsi.



Gambar 16. Motor DC *Matrix Actuator* 18''.

III. METODE PERANCANGAN

A. Waktu dan Lokasi

Waktu dan tempat dalam pelaksanaan perancangan penulisan skripsi ini adalah dilakukan pada bulan Januari 2024 sampai dengan Juni 2024, dengan tempat pelaksanaan di Laboratorium Mikroprosesor Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Samarinda. Lokasi penelitian bertepatan di jalan depan gedung Laboratorium Elektro dan luas jalan yang digunakan sebagai objek penelitian sudah ditentukan untuk melakukan penelitian dan pengambilan data. Luas jalan yang sudah ditentukan pada Gambar 17 yang bertanda kotak garis merah.



Gambar 17. Tempat penelitian.

B. Jenis Data dan Sumber Data

Pada perancangan penelitian ini, ada beberapa jenis data yang akan dikumpulkan dan dianalisis yaitu berupa data tegangan, arus, dan kemiringan (derajat). Data kinerja *mikrocontroller* saat beroperasi dan data kinerja *solar tracker* dengan berbagai cuaca serta berbagai kondisi iklim. Data tersebut mencakup pada daya yang digunakan saat sistem itu bekerja. Sumber data yang digunakan dalam perancangan ini, berupa jurnal – jurnal yang terkait dengan penerangan jalan dan sistem *solar tracker*, buku – buku, dan situs web.

C. Peralatan dan Material

Pada perancangan alat *solar tracker*, terdapat peralatan dan material yang digunakan untuk merancang, membangun, dan menguji alat *solar tracker* berbasis arduino dan akan dijabarkan dalam susunan tabel.

1.) Peralatan Kerja Dan Material Yang Digunakan

Berikut adalah Tabel 1 yang menyajikan daftar peralatan dan material yang digunakan untuk membangun alat *solar tracker* tersebut hingga selesai.

TABEL 1
PERALATAN KERJA DAN MATERIAL YANG DIGUNAKAN

No.	Alat	Jumlah	Material	Jumlah
1	Laptop	1	Papan PCB	4
2	Tang kombinasi	1	Spacer	-
3	Obeng + dan -	1	Baut dan mur 3mm	-
4	Multimeter digital	1	Pinset	-
5	Breadboard	1	Timah	1
6	Solder	1	Kabel hubung	-
7	Lem tembak	1	Isolasi kabel	1
8	Gerinda	1	Terminal kabel	2
9	Bor listrik	1	Kabel NYAF 1.5mm	-
10	Mesin las	1	Kabel NYA 0.7 mm	-
			MC4	2

2.) Komponen Penerangan Jalan

Berikut adalah [Tabel 2](#) yang menyajikan daftar komponen yang digunakan untuk melengkapi sistem penerangan jalan berbasis PLTS yang akan diberikan sistem *solar tracker*.

TABEL 2.
KOMPONEN PENERANGAN JALAN

No.	Komponen	Jumlah
1	Panel surya <i>polycrystalline</i>	1
2	Baterai aki	1
3	<i>Solar Charge Controller</i> (SCC)	1
4	Lampu penerangan LED	1
5	Motor dc <i>actuator</i> 12V	1
6	Kerangka penerangan jalan	1
7	Box panel	1

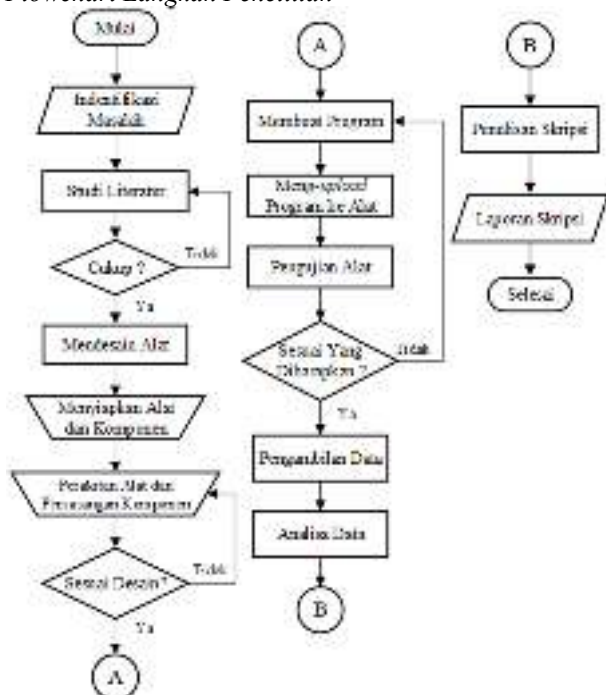
3.) Komponen Kontrol

Berikut adalah [Tabel 3](#), yang menyajikan daftar komponen kontrol yang digunakan untuk memberikan sistem pengendalian *solar tracker* dan juga sebagai *monitoring* parameter dari PLTS tersebut.

TABEL 3.
KOMPONEN KONTROL DAN *MONITORING*

No.	Komponen	Jumlah
1	Arduino Mega	1
2	LCD I2C 20*4	1
3	<i>Buck regulator</i> LM2596	2
4	Modul RTC	1
5	Modul <i>microSD card</i>	1
6	Modul <i>relay</i> 5V 3 <i>channel</i>	2
7	Sensor tegangan	1
8	Sensor arus WCS1700 70A	1
9	Sensor MPU6050	1
10	Sensor LDR + relay 5	2

D. Flowchart Langkah Penelitian

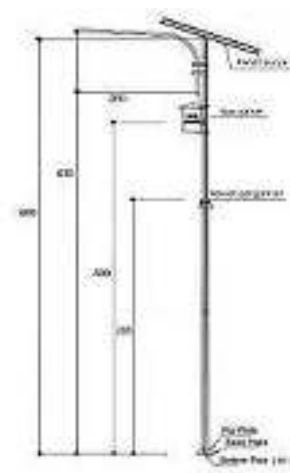


Gambar 18. Flowchart langkah penelitian.

Flowchart langkah penelitian adalah representasi visual dari urutan langkah-langkah atau prosedur yang harus dilakukan dalam sebuah penelitian. Tujuannya adalah untuk memberikan pandangan yang jelas dan sistematis tentang bagaimana penelitian akan dilaksanakan dari awal hingga akhir. Langkah-langkah penelitian ini dapat dilihat pada [Gambar 18](#) yang merupakan representasi visual dari urutan prosedur yang harus dilakukan dalam penelitian ini.

E. Desain dan Rancangan Penelitian

Perancangan desain yang dibuat dengan titik lokasi penelitian yang ditunjukkan pada [Gambar 17](#) dengan lebar jalan 5 meter dan panjang jalan 16 meter dan penempatan PJUTS tersebut berada di tengah panjang jalan lalu diposisikan tepi jalan. Jalan tersebut adalah jalan kampus yang mana jenis jalan tersebut termasuk dalam jalan lokal dengan standar ketinggian tiang penerangan jalan yaitu 6 – 7 meter sehingga digunakan tiang 6 meter. Pada jalan tersebut yaitu jalan dua arah dengan satu jalan maka ditentukan jenis tiang lampu pada [Gambar 19](#).



Gambar 19. Jenis tiang PJUTS.

Setelah menentukan jenis tiang maka menentukan kemiringan stang ornamen dengan panjang stang ornamen 2 meter dan tinggi tiang 6 meter maka untuk menentukan sudut stang ornamen menggunakan Persamaan 11. Terlebih dahulu mencari nilai t dengan Persamaan 10.

$$t = \sqrt{h^2 + c^2} \quad (10)$$

$$t = \sqrt{6^2 + 2^2}$$

$$t = 6.324 \text{ m}$$

Pada Persamaan 9 dihasilkan nilai t sebesar 6.324 m

$$\cos \varphi = \frac{h}{t} \quad (11)$$

$$\cos \varphi = \frac{6}{6.324}$$

$$\cos \varphi = 0.948$$

$$\cos \varphi^{-1} = 18.55$$

Jadi sudut stang ornamen yang penerangannya mengarah ke tengah-tengah jalan adalah sebesar $18,55^\circ$ dan dibulatkan menjadi 20° .

Menentukan daya lampu yang dibutuhkan pada titik jalan tersebut dengan menentukan intensitas cahaya dengan diketahui $E = 12 \text{ lux}$ dan $d = 6 \text{ meter}$, maka untuk mencari nilai I dapat diselesaikan pada Persamaan 4.

$$E = \frac{I}{d^2} \quad (4)$$

$$12 = \frac{I}{6^2}$$

$$I = 12 \times 6^2 = 432 \text{ candela}$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada Persamaan 4 maka besar intensitas cahaya dengan iluminasi 12 lux dan tinggi tiang 6 meter adalah 432 candela .

Setelah menentukan intensitas cahaya, langkah selanjutnya yaitu menentukan fluks cahaya (lumen) dengan yang diketahui intensitas sebesar 432 candela dan $\omega = 4 \pi$. Maka untuk menentukan nilai Φ dapat menggunakan Persamaan 2.

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (2)$$

$$432 = \frac{\Phi}{4 \pi}$$

$$\Phi = 432 \times 4 \times 3.14 = 5425.92 \text{ lumen}$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada Persamaan 2, maka besar fluks cahaya yang diperoleh adalah 5425.92 lumen .

Setelah mendapatkan nilai flux cahaya kemudian dapat menentukan besar daya lampu yang akan digunakan dengan menggunakan Persamaan 3, dengan diketahui efikasi lampu LED adalah 150 lumen/watt dan $\Phi = 5425.92 \text{ lumen}$. Maka menentukan nilai P dapat menggunakan Persamaan 3.

$$K = \frac{\Phi}{P} \quad (3)$$

$$150 = \frac{5425.92}{P}$$

$$P = \frac{5425.92}{150} = 36.1 \text{ Watt}$$

Karena daya lampu tersebut tidak ada di pasaran, maka penulis menggunakan lampu LED 40 watt yang sesuai dengan katalog di pasaran.

Dalam menentukan daya modul surya harus diketahui berapa energi total yang akan digunakan dan sebuah data besar radiasi dari situs Global Solar Atlas, Samarinda menerima iradiasi horizontal global rata-rata sebesar 4.303 kWh/m^2 per hari. Satu jam puncak matahari setara dengan 1 kWh/m^2 sehingga insolasi matahari = 4.3 h/jam . Dalam penerangan jalan berbasis tenaga surya pada standarnya bisa menyuplai tanpa matahari selama 2 hari, maka untuk menentukan daya modul panel surya menggunakan Persamaan 8. Terlebih dahulu mencari nilai ET dengan Persamaan 7.

$$ET = \text{waktu backup} \times P \times \text{waktu kerja beban} \quad (7)$$

$$ET = 2 \times 40 \times 12 \text{ jam} = 920 \text{ Wh}$$

Pada Persamaan 7 dihasilkan nilai ET sebesar 920 Wh

$$P_{\text{modul surya}} = \frac{\text{Energi Total}}{\text{Insolasi Matahari}} \times 1.1 \quad (8)$$

$$P_{\text{modul surya}} = \frac{920}{4.3} \times 1.1$$

$$P_{\text{modul surya}} = 235.3 \text{ Wp}$$

Dikarenakan modul surya 235.3 Wp tersebut tidak terdapat dipasaran maka penulis menggunakan 1 buah modul surya 200 Wp .

Setelah didapat kapasitas modul surya kemudian menentukan kapasitas sebuah baterai yang akan digunakan untuk penerangan jalan umum tenaga surya yang telah diketahui ET sebesar 920 Wh dan tegangan yang digunakan pada beban sebesar 12 V . Maka dapat ditentukan dengan melakukan perhitungan kapasitas baterai pada Persamaan 5.

$$\text{Kapasitas baterai (Ah)} = \frac{\text{Energi Total}}{V_s} \quad (5)$$

$$\text{Kapasitas baterai (Ah)} = \frac{920}{12}$$

$$\text{Kapasitas baterai (Ah)} = 76.666 \text{ (80 Ah)}$$

Dikarenakan besarnya *deep of discharge* (DOD) pada baterai 80% , maka kapasitas baterai yang digunakan adalah ditentukan lagi dengan Persamaan 6.

$$\text{Cadangan baterai (Cb)} = \frac{\text{Ah}}{\text{DOD}} \quad (6)$$

$$\text{Cadangan baterai (Cb)} = \frac{80}{0.8} = 100 \text{ Ah}$$

Jadi baterai yang digunakan berkapasitas 100 Ah untuk PJUTS pada penelitian ini.

Setelah mendapatkan hasil kapasitas baterai yang digunakan maka selanjutnya menentukan kapasitas sebuah *solar charge controller*, untuk menentukan kapasitas SCC yang digunakan Persamaan 9.:

$$I_{\text{max}} = \frac{P_{\text{modul surya}}}{V_s} \quad (9)$$

$$I_{\text{max}} = \frac{200}{12} = 16.6 \text{ (20 A)}$$

Kapasitas SCC pada perencanaan penelitian ini adalah berkapasitas 20 A sesuai dengan katalog yang ada di pasaran.

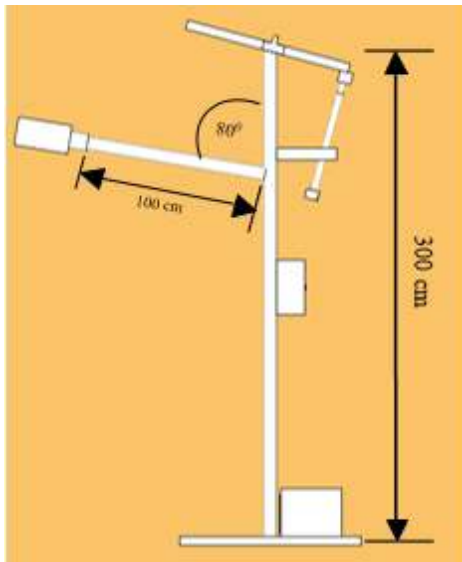
Dari seluruh perhitungan perancangan desain PJUTS pada penelitian ini akan diperkecil untuk merancang sebuah miniatur. Ukuran tersebut akan diskalakan menjadi $1 : 2$ dari hasil perhitungan sehingga didapat hasil ukuran miniatur yang dijelaskan pada [Tabel 4](#) dan gambar desain perancangan miniatur pada [Gambar 20](#) dan [Gambar 21](#).

TABEL 4.
HASIL PERHITUNGAN PERANCANGAN UNTUK DESAIN MINIATUR

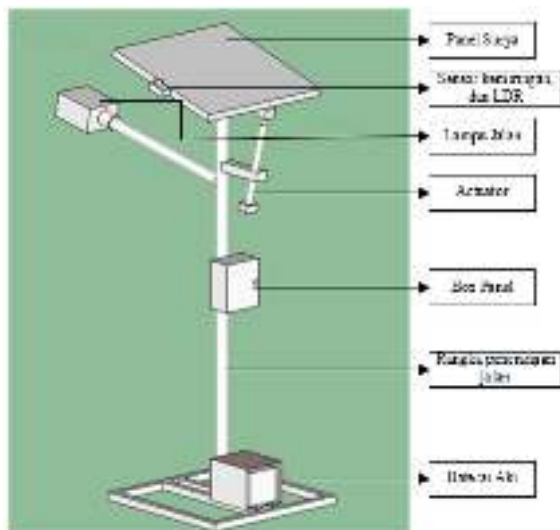
No.	Komponen	Ukuran Sebenarnya	Ukuran Miniatur
1	Tinggi tiang	6 meter	3 meter
2	Sudut stang ornament	20°	10°
3	Panel surya	200 Wp	100 Wp
4	Baterai	100 Ah	50 Ah
5	SCC	20 A	10 A
6	Lampu LED	40 Watt	20 Watt

Pada [Gambar 21](#) terdapat komponen – komponen dari PJUTS tersebut yang sudah diskalakan $1:2$ dari hasil

perhitungan sebelumnya dan digunakan sebuah motor *actuator* untuk *system solar tracker* tersebut. Pada *box panel* tidak hanya komponen SCC namun terdapat kontrol untuk menjalankan *system tracker* dan beberapa komponen untuk *monitoring system*. Merancang miniatur ini bertujuan untuk memudahkan untuk meneliti sebuah penerangan jalan umum tenaga surya yang dimasukkan sebuah *system solar tracker*. Sehingga dalam menunjang sebuah data penelitian akan mudah diperoleh dari miniatur tersebut.



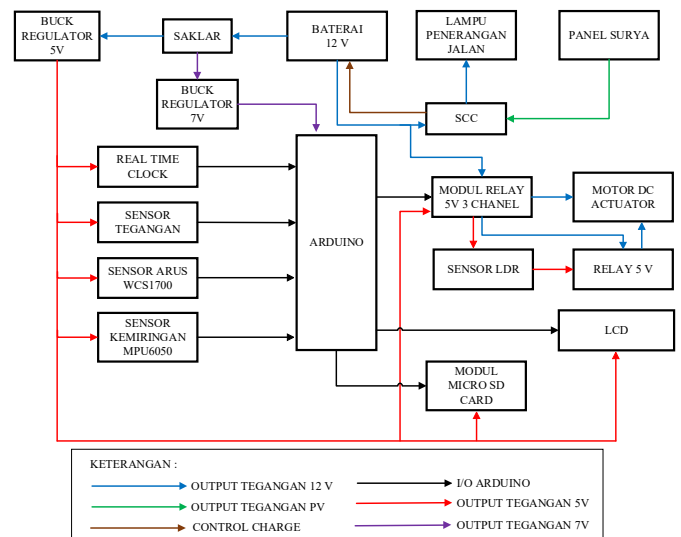
Gambar 20. Ukuran desain miniatur *solar tracker*.



Gambar 21. Desain miniatur *solar tracker* pada PJUTS.

F. Gambaran Umum Sistem

Diagram sistem yang diusulkan dalam penelitian ini adalah sebuah representasi visual dari bagaimana *solar tracker* yang akan beroperasi dengan komponen utama dan komponen pendukung penelitian yang mana sebagai penunjang memperoleh sebuah data yang akan dianalisis. Diagram alir dari sistem *solar tracker* dapat dilihat pada [Gambar 22](#).



Gambar 22. Diagram alir dari sistem *solar tracker*.

Pada [Gambar 22](#) yaitu diagram dari aliran sistem kerja alat *solar tracker* yang dilengkapi dengan komponen utama dan komponen pendukung penelitian. Komponen utama terdiri dari komponen penerangan jalan berbasis tenaga surya dan komponen sistem *solar tracker*. Komponen penerangan jalan berbasis tenaga surya yaitu panel surya, baterai, SCC dan lampu penerangan. Komponen sistem *solar tracker* terdiri dari mikrocontroller Arduino Mega, modul RTC, modul sensor LDR, modul relay 5v, layar LCD dan *buck regulator* (penurun tegangan). Kemudian terdapat komponen pendukung penelitian yaitu sensor tegangan, sensor arus WCS1700, sensor kemiringan MPU6050 dan modul *microSD card*.

Komponen utama sistem *solar tracker* terdiri dari sensor LDR, sistem RTC, dan relay 5V untuk mengoperasikan sistem *tracker*. Penelitian ini menggunakan komponen tambahan untuk mendapatkan data hasil rancang bangun sistem *solar tracker*. Pada sistem ini, sensor LDR dikendalikan oleh modul relay 3 kanal, bukan oleh mikroprosesor Arduino. Salah satu kanal relay menghubungkan atau memutuskan sumber 5V ke sensor LDR sesuai dengan waktu dan sudut yang ditentukan. Sensor LDR memiliki pengaturan resistansi yang dapat diatur sesuai kebutuhan. Sensor ini memiliki relay yang aktif jika resistansinya rendah karena terkena cahaya. Sensor ini mengendalikan motor DC *actuator* pada siang hari, sementara pada malam hari modul relay 3 kanal akan mengubah polaritas untuk mengembalikan *actuator* ke posisi semula. Sistem RTC digunakan untuk mengatur jadwal kerja *tracker*, dan ada SD card untuk menyimpan data dari jam 08.00 hingga 17.30. Setiap jam akan diambil rata-rata dari 11.400 data yang mencakup tegangan *output* panel, arus *output* panel, daya panel, kemiringan panel, serta waktu dan tanggal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor Tegangan

Dalam penelitian ini, sensor tegangan diuji menggunakan mikroprosesor Arduino Mega dan ditampilkan di LCD. Sensor mengubah tegangan menjadi sinyal analog yang dibaca oleh Arduino Mega dengan bantuan pembagi tegangan. Data

tersebut diolah menjadi sinyal digital untuk ditampilkan di LCD. Hasil pengujian sensor dapat dilihat pada [Gambar 23](#), dibandingkan dengan pengukuran menggunakan AVO meter. Sensor mengukur tegangan *output* dari *power supply* INSTEK GPS-30300, yang bisa menghasilkan tegangan DC dari 0V hingga 30V dengan arus hingga 3A. [Tabel 5](#) menunjukkan hasil pengujian sensor, dibandingkan dengan pengukuran menggunakan multimeter Fluke.



Gambar 23. Hasil pengujian sensor tegangan DC yang dibandingkan dengan alat ukur multimeter Fluke.

TABEL 5.
DATA HASIL PENGUJIAN DARI SENSOR TEGANGAN DC YANG
DIBANDINGKAN DENGAN ALAT UKUR MULTIMETER FLUKE

No.	Hasil pengukuran menggunakan sensor tegangan	Hasil pengukuran menggunakan multimeter FLUKE	Persentase error (%)
1	5.03 V	5.087 V	0.0112
2	5.96 V	6.08V	0.0197
3	6.96 V	7.06 V	0.0142
4	8.02 V	8.07 V	0.0062
5	8.97 V	9.04 V	0.0077
6	9.95 V	10.06 V	0.0109
7	11.00 V	11.08 V	0.0072
8	11.97 V	12.08 V	0.0091
9	14.04V	14.05 V	0.0007
10	16.02V	16.02 V	0.0000
Total persentase error sensor tegangan			0.0087

B. Pengujian Sensor Arus WCS1700

Penelitian ini menggunakan sensor arus DC WCS1700 yang terintegrasi dengan Arduino Mega. Sensor ini mengukur arus yang mengalir melalui lubang berdiameter 9.0mm, menciptakan medan magnet yang diambil oleh IC *Hall* untuk menghasilkan tegangan proporsional. Tegangan ini diproses oleh Arduino Mega dan ditampilkan dalam bentuk sinyal digital pada LCD, memberikan informasi yang dapat dipahami manusia. Proses ini memvalidasi kinerja sensor WCS1700 untuk memberikan pembacaan yang akurat dan konsisten, mendukung kesimpulan yang valid dalam penelitian ini. Pengujian melibatkan pengukuran arus baterai saat pengisian dengan menggunakan sumber daya *Instek* GPS-3030. Hasil pengukuran dibandingkan dengan multimeter FLUKE, seperti yang terlihat pada [Gambar 24](#) dan [Tabel 6](#).



Gambar 24. Hasil pengujian sensor arus WCS1700 yang dibandingkan dengan alat ukur multimeter Fluke.

TABEL 6.
DATA HASIL PENGUJIAN SENSOR ARUS WCS1700 YANG
DIBANDINGKAN DENGAN ALAT UKUR MULTIMETER FLUKE

No	Hasil pengukuran menggunakan sensor arus WCS1700	Hasil pengukuran menggunakan alat ukur multimeter FLUKS	Persentase error (%)
1	0.23 A	0.229 A	0.0043
2	0.43 A	0.426A	0.0093
3	0.63 A	0.638 A	0.0125
4	0.85	0.847 A	0.0035
5	1.00 A	1.006 A	0.0059
6	1.22 A	1.202 A	0.0149
7	1.41 A	1.402 A	0.0057
8	1.61 A	1.610 A	0
9	1.83 A	1.824 A	0.0032
10	2.03 A	2.032 A	0.0009
Total persentase error sensor arus WCS1700			0.0061

C. Pengujian Sensor MPU6050

Penelitian ini menggunakan sensor MPU6050 untuk melacak kemiringan panel surya dalam sistem pelacak matahari. Sensor ini dikalibrasi agar memberikan pembacaan yang akurat dengan menyesuaikan *offset* dan skalanya. Setelah kalibrasi, pembacaan sensor dibandingkan dengan pengukuran sebenarnya untuk memastikan akurasi. Hasilnya, sensor memberikan pembacaan yang konsisten dan akurat. [Gambar 25](#) menunjukkan perbandingan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur sebenarnya pada kemiringan 20°, dan hasilnya tercantum dalam [Tabel 7](#). Penelitian ini membuktikan bahwa sensor MPU6050 dapat diandalkan dan membantu meningkatkan efisiensi panel surya.



Gambar 25. Hasil pengujian sensor kemiringan MPU6050 yang dibandingkan dengan alat ukur digital dari *handphone*.

TABEL 7.
DATA HASIL PENGUJIAN SENSOR KEMIRINGAN SUDUT (MPU6050)
YANG DIBANDINGKAN DENGAN ALAT UKUR DARI HANDPHONE

No	Hasil pengukuran kemiringan sudut menggunakan sensor MPU6050	Pengukuran kemiringan sudut digital (menggunakan <i>handphone</i>)	Persentase error (%)
1	5°	5°	0
2	10°	10°	0
3	15°	15°	0
4	20°	20°	0
5	25°	25°	0
6	30°	30°	0
7	40°	40°	0
8	50°	50°	0
9	60°	60°	0
10	71°	70°	0.0143
Total persentase error sensor kemiringan MPU6050			0.0014

D. Pengujian Sensor Modul LDR + Relay 5V

Pada penelitian ini penulis menggunakan sensor cahaya yaitu modul LDR yang terdapat *relay* tersebut untuk membaca arah pergerakan matahari. Dan dilakukan pengujian fungsi modul apakah sesuai dengan fungsionalnya agar dalam pengujian *solar tracker* dapat berjalan sesuai dengan tujuan. Pada [Gambar 26](#) terdapat dua modul sensor LDR yang mana sensor LDR 1 memiliki fungsi mendeteksi kondisi terang atau gelapnya cuaca sehingga jika kondisi terang sesuai batas bawah resistansinya maka *relay* LDR 1 akan ON. Dan juga pada LDR 2 berfungsi sebagai pendeteksi cahaya yang lebih fokus ke arah matahari, jika didapat kondisi terang sesuai batas bawah resistansinya maka *relay* LDR 2 akan ON. Dan pada [Tabel 8](#) terdapat hasil pengujian fungsional dari sebuah sensor LDR dengan menguji batas resistansi untuk *relay* bekerja dan tidak bekerja.



Gambar 26. Pengujian sensor LDR satu modul dengan *relay* 1 channel.

TABEL 8.
HASIL PENGUJIAN SENSOR LDR MEMILIKI RELAY 1 CHANEL

No	Sensor	Kondisi LDR	Hasil Sensor	Kondisi Relay
1	LDR 1	Cahaya terang dengan resistansi < 6.04 K Ω	ON	NC menjadi terbuka NO menjadi tertutup
2		Cahaya gelap dengan resistansi > 6.04 K Ω	OFF	NC tetap NO tetap
3	LDR 2	Cahaya terang dengan resistansi < 9.76 K Ω	ON	NC menjadi terbuka NO menjadi tertutup
4		Cahaya gelap dengan resistansi > 9.76 K Ω	OFF	NC tetap NO tetap

Pada [Gambar 27](#) merupakan bentuk penempatan sensor LDR 1 dan LDR 2. Di mana peletakan sensor LDR 1 dapat menangkap cahaya matahari secara luas karena diberikan luas permukaan yang tembus cahaya pada permukaan penutup

untuk pembacaan cahaya sekitar. Kemudian pada posisi sensor LDR 2 terdapat bentuk kotak dengan tinggi 5 cm dari permukaan penutup *box* dan diberikan luas permukaan yang tembus cahaya yang kecil dan memanjang untuk memfokuskan sensor LDR ke cahaya matahari.



Gambar 27. Bentuk posisi peletakan sensor LDR 1 dan LDR 2.

E. Hasil dan Pengujian Sistem Solar Tracker

1.) Hasil Perancangan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya Dengan Sistem Solar Tracker

Hasil dari perancangan dan desain PJUTS dengan sistem *solar tracker* dapat dilihat pada [Gambar 28](#) dan [Gambar 29](#). Dari dua gambar tersebut telah berhasil merakit konstruksi dari desain miniatur PJUTS yang akan dioperasikan dan diambil data parameter yang dibutuhkan seperti tegangan *ouput* panel, arus *output* panel, daya *output* panel, kemiringan panel dan intensitas radiasi matahari. Pada [Gambar 28](#) adalah hasil miniatur tampak kanan dan pada [Gambar 29](#) adalah hasil miniatur tampak kiri. Hasil miniatur ini sudah sesuai dengan gambar perancangan desain pada [Gambar 21](#).



Gambar 28. Miniatur PJUTS dengan sistem *solar tracker* tampak samping kanan.

Submitted: 08/08/2024; Revised: 09/12/2024;

Accepted: 10/12/2024; Online first: 10/12/2024

<https://doi.org/xx.xxxx>



Gambar 29. Miniatur PJUTS dengan sistem solar tracker tampak samping kiri.

2.) Hasil Data Pada Sistem Solar Tracker

Pengujian ini dilakukan untuk menjalankan sistem solar tracker dan mendapatkan data yang diperlukan, seperti nilai output tegangan panel, arus output panel, kemiringan sudut panel, dan waktu real-time dari pembacaan sensor. Data tersebut disimpan di kartu memori microSD card, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 9. Tabel ini merupakan sampel per jamnya dari keseluruhan data yang mencapai 11.400 data. Data dicatat dari pukul 08.00 hingga 17.30, sehingga Tabel 9 hanya merupakan sampel perjamnya yang membuktikan bahwa sistem solar tracker bekerja sesuai dengan prinsip yang digunakan. Perbedaan kemiringan sudut ini disebabkan oleh pelacakan matahari menggunakan sensor LDR. Oleh karena itu, sistem solar tracker dapat dikatakan berhasil.

TABEL 9.
SAMPEL HASIL DATA SISTEM SOLAR TRACKER YANG TERSIMPAN
PADA MICRO SD CARD

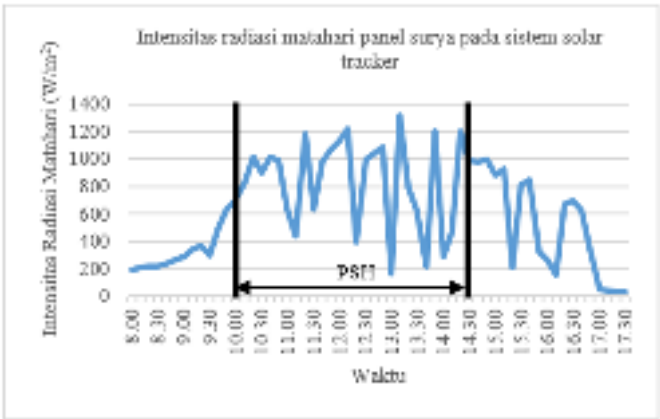
Data Solar Tracker Pada MicroSD Card					
Tanggal	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Kemiringan (°)
20/06/2024	08.00	12.16	0.53	6.44	32° Timur
20/06/2024	09.00	12.41	1.01	12.53	30° Timur
20/06/2024	10.00	12.68	1.83	23.20	24° Timur
20/06/2024	11.00	12.69	1.83	23.22	15° Timur
20/06/2024	12.00	12.71	1.82	23.13	9° Timur
20/06/2024	13.00	12.61	1.32	16.64	3° Timur
20/06/2024	14.00	12.37	1.63	20.16	10° Barat
20/06/2024	15.00	12.51	0.86	10.75	13° Barat
20/06/2024	16.00	12.63	1.03	13.01	21° Barat
20/06/2024	17.00	12.23	0.13	1.58	32° Barat

Data pada Tabel 9 menunjukkan hasil daya yang dihasilkan oleh panel surya, di mana daya tersebut merupakan hasil perkalian antara tegangan output panel dan arus panel, sehingga dapat diketahui daya dalam satu jamnya (Wh). Data

ini membuktikan bahwa sistem solar tracker bergerak mengikuti matahari. Sistem ini menyimpan data dimulai pada pukul 08.00, dengan panel menghadap matahari terbit pada kemiringan sudut -32 derajat (32 derajat ke arah timur), seperti yang terlihat pada Tabel 9. Sistem berakhir menyimpan data pada pukul 17.00, dengan panel menghadap matahari terbenam pada kemiringan sudut 32 derajat ke arah barat.

3). Hasil Dan Analisis Proses Sistem Kerja Solar Tracker Terhadap Mengikuti Arah Matahari

Proses sistem solar tracker bertujuan untuk mengoptimalkan penyerapan energi matahari oleh panel surya. Sistem ini bekerja dengan menyesuaikan posisi panel surya mengikuti pergerakan matahari dari terbit hingga terbenam. Data intensitas radiasi matahari yang diterima panel surya akan berubah-ubah setiap jamnya karena pergerakan matahari. Hasil data intensitas radiasi tersebut juga dipengaruhi oleh faktor cuaca yang dapat menyebabkan variasi nilai radiasi. Namun, dengan adanya sistem solar tracker, intensitas radiasi yang diterima panel surya menjadi lebih optimal. Data hasil pengukuran intensitas radiasi ini dapat dilihat pada Gambar 30.

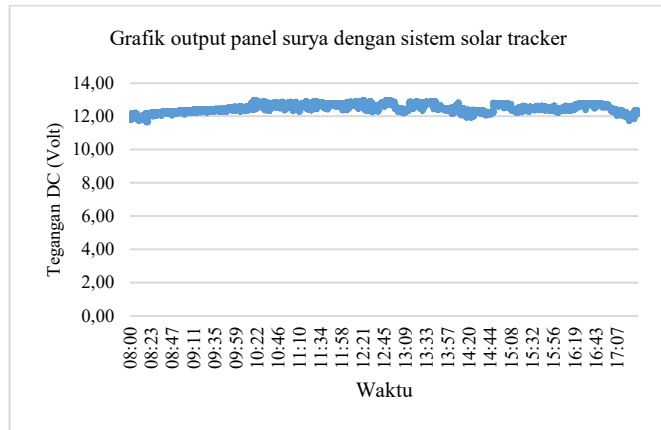


Gambar 30. Grafik hasil intensitas radiasi matahari dari sistem solar tracker.

Berdasarkan data dari Gambar 30 sebuah gambar grafik, puncak intensitas radiasi matahari tercatat pada pukul 13.10 dengan nilai 1319,2 W/m² dan sudut kemiringan panel 6 derajat barat. Data ini diambil dari pengukuran yang dilakukan setiap 10 menit mulai pukul 08.00 hingga 17.30 menggunakan solar power meter. Alat ukur ditempatkan sejajar dengan panel surya untuk mendapatkan nilai intensitas radiasi yang diterima panel dan data kemiringan sudut panel dicatat bersamaan dengan pengukuran radiasi, ditampilkan di layar LCD. Pada Gambar 30 terdapat garis waktu Peak Sun Hour (PSH) yang mana sebuah waktu lama insolasi matahari di Samarinda yaitu 4.3 jam. Dari waktu tersebut PJUTS dengan sistem solar tracker dapat memaksimalkan waktu tersebut karena dengan sistem ini panel surya akan terus menghadap matahari sehingga radiasi matahari yang diterima akan selalu dinilai puncak pada setiap waktunya.

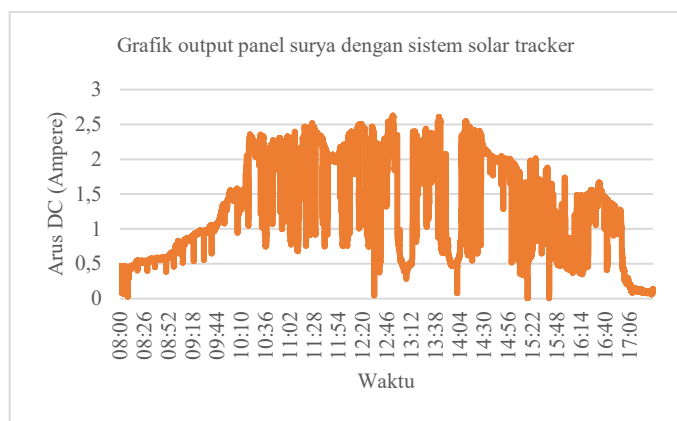
Dari hasil sistem solar tracker yang mengikuti matahari dan menerima radiasi matahari yang optimal telah terbentuk sebuah grafik intensitas radiasi matahari yang diperoleh oleh sistem solar tracker yang ditujukan Gambar 30. Karakteristik

grafik tersebut sangat mempengaruhi dari hasil *output* panel surya dari segi tegangan, arus dan daya yang dihasilkan. Tegangan yang dihasilkan akan sesuai spesifikasinya dan faktor radiasi yang diterima, namun dalam sistem penerangan jalan ini menggunakan tegangan 12 V sehingga panel surya akan dibatasi oleh SCC untuk mengisi baterai sesuai dengan batas pengisiannya. Jadi pada [Gambar 31](#) tegangan yang dihasilkan rentan dari 11 volt hingga 13 volt DC saja.

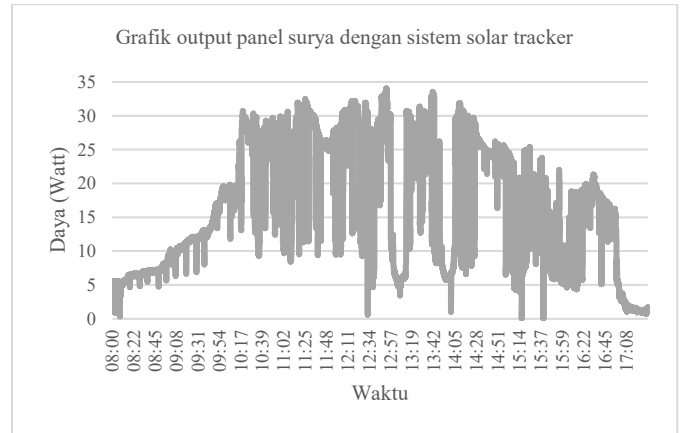


Gambar 31. Grafik hasil *output* tegangan panel surya dari sistem *solar tracker*.

Dari tegangan yang dibatasi untuk mengisi ke baterai dalam nilai arus dan daya yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan hasil radiasi yang diterima. Dapat dilihat pada [Gambar 32](#) yang merupakan hasil grafik dari arus pada panel surya menggunakan sistem *solar tracker* serta [Gambar 33](#) yang merupakan daya yang dihasilkan dari panel surya tersebut. Kedua grafik ini sangat dipengaruhi oleh nilai intensitas radiasi yang diterima oleh panel surya, sehingga memiliki karakteristik yang menjaga pengoptimalan dari penyerapan energi matahari.

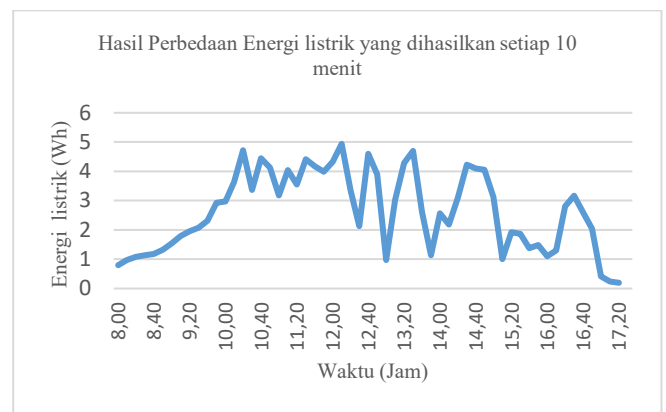


Gambar 32. Grafik hasil *output* arus panel surya dari sistem *solar tracker*.



Gambar 33. Grafik hasil *output* daya panel surya dari sistem *solar tracker*.

Sebuah data daya yang dihasilkan pada sistem *solar tracker* yang digambarkan pada [Gambar 33](#) itu merupakan data daya *realtime* dari jam 08.00 sampai 17.30. Pada [Gambar 34](#) merupakan konversi daya menjadi energi listrik yang dihasilkan namun dihitung dalam 10 menit sekali karena menyesuaikan waktu pengambilan data intensitas radiasi yang dilakukan 10 menit sekali. Energi yang dihasilkan dalam periode waktu tersebut adalah 300.30 Wh yang mana hasil energi ini telah melebihi dari energi yang dibutuhkan ketika PJUTS dengan sistem *solar tracker* bekerja, energi yang dibutuhkan yaitu 240.239976Wh. Dengan ini PJUTS dapat mengoptimalkan penyerapan energi matahari dengan maksimal dengan menghasilkan energi listrik yang melebihi energi yang dibutuhkan, namun tetap saja akan ada faktor cuaca yang akan mempengaruhi hasil energi listrik yang diperoleh sehingga tidak selalu bisa melebihi energi yang dibutuhkan namun dengan sistem ini penyerapan energi matahari akan dimaksimalkan dengan mengoptimalkan penyerapan energi matahari dengan mengikuti arah matahari bergerak.



Gambar 34. Grafik hasil energi panel surya dari sistem *solar tracker* setiap 10 menit.

V. KESIMPULAN

Dalam hasil rancang bangun miniatur *solar tracking system* untuk mengoptimalkan penyerapan energi matahari pada PLTS untuk penerangan jalan berbasis arduino mendapatkan hasil dan kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Sistem *solar tracker* yang diimplementasikan ke penerangan jalan umum bekerja dengan sesuai prinsip kerjanya yang mengikuti matahari sesuai orbitnya yaitu dari arah timur yaitu terbitnya matahari hingga terbenamnya matahari diarah barat dengan sistem pelacakan matahari menggunakan sensor LDR dan sistem RTC sudah bekerja sesuai prinsip kerjanya.
- 2) Hasil dari *solar tracker* pada panel surya menghasilkan nilai intensitas radiasi yang tinggi dari setiap waktunya karena panel surya selalu menghadap matahari sehingga nilai arus dan daya yang dihasilkan sangat maksimal dari setiap waktunya dan setiap kondisinya.

REFERENSI

- [1] M. Makkiabadi, S. Hoseinzadeh, A. Taghavirashidzadeh, M. Soleimaninezhad, M. Kamyabi, H. Hajabdollahi, M. M. Nezhad dan G. Piras, "Performance evaluation of solar power plants: a review and a case study," *MDPI*, vol. 9, no. 12, pp. 1-26, 2021.
- [2] M. M. Fouad, L. A. Shihata, dan E. I. Morgan, "An integrated review of factors influencing the performance of photovoltaic panels," *ELSEVIER*, vol. 80, pp. 1499-1511, 2017.
- [3] M. N. Aiman, M. Said, S. A. Jumaat, dan C. Rimong, "Dual axis solar tracker with IoT monitoring system using arduino," *J. Solar Energy Engineering*, vol. 140, no. 2, pp. 1-6, April 2018.
- [4] D. Ouyang, J. Weng, M. Chen dan J. Wang, "Impacts of current rates on the degradation behaviors of lithium-Ion batteries under over-discharge conditions," *Jurnal The Electrochemical Society*, vol. 166, no. 14, A3441, October 2019.
- [5] R. A. Ferdous, M. A. Mohammed, S. Rahman, S. Salehin, dan M. A. Mannan, "Energy Efficient Hybrid Dual Axis Solar Tracking System," *Journal of Renewable Energy*, pp. 1-12, 2014.
- [6] M. N. Aiman, M. Said, S. A. Jumaat, dan C. Rimong, "Dual axis solar tracker with IoT monitoring system using arduino," *International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS)*, vol. 11, no. 1, pp. 451-458, March 2020.
- [7] M. J. Fadhil, R. A. Fayadh, dan M. K. Wali, "Design and implementation of smart electronic solar tracker based on Arduino," *TELKOMNIKA*, vol. 17, no. 5, pp. 2486–2496, October. 2019.
- [8] R. E. Laksono, "Rancang bangun *solar tracker* berbasis Arduino UNO dengan menggunakan metode real time clock," Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2022.
- [9] R. A. Susilo, A. Sodikin, S. Ramadhani, L. H. Gunanto, Arbain, dan Qomaruddin, "Perencanaan penerangan jalan umum menggunakan pembangkit listrik tenaga surya pada jalan Ir. H. Nusyirwan Ismail, M.Si di kecamatan Samarinda Ulu, kota Samarinda," *J-ENSISTEC*, vol. 09, no. 2, pp. 785-793, June 2023.
- [10] Bachtiar, "Implementasi penggunaan Arduino Mega pada sistem parkir otomatis," Skripsi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2018.
- [11] "WCS1700 70A Hall Current Sensor Overcurrent Protection Module," iFutureTech. [Online]. Available: <https://ifuturetech.org/product/wcs1700-70a-hall-current-sensor-overcurrent-protection-module/>. [Accessed : Juni 25, 2024].
- [12] R. Setiawan, H. H. Triharminto, dan M. Fahrurrozi, "Gesture control menggunakan IMU MPU 6050 metode kalman filter sebagai kendali quadcopter," *J. Teknik Elektronika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara, Yogyakarta, Indonesia*, vol. 3, pp. 411–422, 2021.
- [13] Elvian dan C. Mutia, "Pengembangan aplikasi pengontrolan sistem pencahayaan otomatis menggunakan sensor LDR dan sensor PIR berbasis android (studi kasus : dalam dan luar ruangan)," *J. Literasi Informatika*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [14] Robu.in. "Photosensitive resistance sensor relay module". [Online]. Available: <https://robu.in/product/photosensitive-resistance-sensor-relay-module/#tab-specification>. [Accessed : Juni 30, 2024].
- [15] "5V Four-Channel Relay Module," Components101 [Online]. Available: <https://components101.com/switches/5v-four-channel-relay-module-pinout-features-applications-working-datasheet>. [Accessed : Juni 25, 2024].

Submitted: 08/08/2024; Revised: 09/12/2024;

Accepted: 10/12/2024; Online first: 10/12/2024

<https://doi.org/xx.xxxx>