

Pengujian Alat Bantu Ajar Praktikum Sensor Dan Aktuator Berbasis Internet Of Things (IoT) ESP8266 Menggunakan Aplikasi Blynk Dan ThingSpeak

Susanna, Murdianto

Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis ESP32 Desa Purwajaya

Ahmad Syafi'i, Abdul Hamid Kurniawan, Rusda

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

Muhammad Dwiki Abdillah, Marson Ady Putra, Rusda

Penerapan Aplikasi Factory I/O Untuk Proses Kontrol Simulasi Dengan Animasi Sortir Benda Logam Dan Nonlogam Berbasis PLC

Farras Aprilistian Ardana, Erry Yadie, Prihadi Murdiyat

Analisis Pemanfaatan PLTS Pada Mesin Penanam Padi

Vogie Prames Wara Laksono Putra, Cornelius Sarri, Toyib



KATA PENGANTAR

Ucapan syukur dipanjatkan kepada Allah SWT atas terbitnya jurnal PoliGrid volume 5 nomor 2. Kemudian, ucapan terima kasih disampaikan kepada para *author* yang telah memberikan kepercayaan kepada redaksi PoliGrid, para mitra bestari (*reviewer*) yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk melakukan proses *review*, juga kepada tim editor atas komitmennya untuk menyelesaikan terbitan ini.

Untuk meningkatkan kualitas artikel dan penerbitan Poligrid dari waktu ke waktu, selain dilakukan perbaikan-perbaikan, Poligrid juga telah diajukan kembali untuk melalui proses reakreditasi. Harapan dari proses ini adalah meningkatnya nilai akreditasi, yang akan semakin mendorong *author* dari berbagai perguruan tinggi, institusi, dan industri untuk mempercayakan artikel-artikel terbaiknya untuk dimuat di Poligrid. Faktor-faktor seperti jumlah sitasi yang meningkat, kontinuitas penerbitan diharapkan dapat menjadi pertimbangan asesor untuk meningkatkan level akreditasi.

Selanjutnya, terbitan kali ini memuat artikel tentang aplikasi mikrokontroler dan *Internet of Things* (IoT) pada bidang pertanian, pelatihan, dan penerangan jalan umum (PJU) bertenaga pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), juga penggunaan *software* aplikasi untuk meningkatkan pengalaman mahasiswa dalam mendayagunakan perangkat PLC. Semoga artikel-artikel tersebut dapat memberikan manfaat pada khalayak luas khususnya yang menekuni bidang kelistrikan dan elektronika. Aamiin.

Redaksi

DEWAN REDAKSI

- Pelindung : Direktur Politeknik Negeri Samarinda
- Penasehat : Wakil Direktur I
Wakil Direktur II
Wakil Direktur III
- Penanggung jawab : Kepala P3M
- Pengarah : Ketua Jurusan Teknik Elektro
- Ketua Penyunting : Ir. Prihadi Murdiyat, M.T., Ph. D.
Politeknik Negeri Samarinda
- Anggota Penyunting : Rusda, ST., MT.
Politeknik Negeri Samarinda
Prof. Dr. Hakkun Elmunsyah, S.T., M.T.
Universitas Negeri Malang
Restu Mukti Utomo, S.T., M.T.
Universitas Mulawarman
Marson Ady Putra, S.ST., M.T.
Politeknik Negeri Samarinda
Muhammad Agung Nursyeha, S.T., M.T.
Institut Teknologi Kalimantan
- Mitra Bestari : Dr. Ir. Era Purwanto, M. Eng.
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Prof. Novie Ayub Windarko, S.T., M.T., Ph. D.
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Herman Yuliandoko, S.T., M.T.
Politeknik Negeri Banyuwangi
Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, M.T.
Universitas Brawijaya Malang
Ir. Nur Alif Mardiyah, M.T.
Universitas Muhammadiyah Malang
Prof. A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M. Eng. Sc., Ph.D.
Politeknik Negeri Ujung Pandang
Dr. Ir. Ermanu Azizul Hakim, M.T.
Universitas Muhammadiyah Malang

Happy Aprillia, S.ST., M.T., M.Eng., Ph.D.
Institut Teknologi Kalimantan

Riza Hadi Saputra, S.T., M.T.
Institut Teknologi Kalimantan

Andhika Giyantara, S.T., M.T.
Institut Teknologi Kalimantan

Sujito, S.T., M.T., Ph.D.
Universitas Negeri Malang

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR

DEWAN REDAKSI

DAFTAR ISI

	Halaman
Pengujian Alat Bantu Ajar Praktikum Sensor Dan Aktuator Berbasis Internet of Things (IoT) ESP8266 Menggunakan Aplikasi Blynk dan ThingSpeak Susanna, Murdianto	42 - 49
Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis ESP32 Desa Purwajaya Ahmad Syafi'I, Abdul Hamid Kurniawan, Rusda	50 - 56
Rancang Bangun Miniature Solar Tracking System Pada Penerangan Jalan Bertenaga Surya Berbasis Arduino Muhammad Dwiki Abdillah, Marson Ady Putra, Rusda	57 - 70
Penerapan Aplikasi Factory I/O Untuk Proses Kontrol Simulasi Dengan Animasi Sortir Benda Logam Dan Nonlogam Berbasis PLC Farras Aprilistian Ardana, Erry Yadie, Prihadi Murdiyat	71 - 80
Analisis Pemanfaatan PLTS Pada Mesin Penanam Padi Vogie Prames Wara Laksono Putra, Cornelius Sarri, Toyib	81 - 89

Pengujian Alat Bantu Ajar Praktikum Sensor dan Aktuator Berbasis *Internet Of Things* (IoT) ESP8266 Menggunakan Aplikasi Blynk dan ThingSpeak

Murdianto¹, Susanna²

¹Teknik Mesin ,Politeknik Negeri Samarinda, Jl. Dr. Ciptomangunkusumo, Kampus Gunung Panjang, Samarinda, 75121

²Teknologi Informasi,Politeknik Negeri Samarinda, Jl. Dr. Ciptomangunkusumo, Kampus Gunung Panjang, Samarinda, 75121
susanna@polnes.ac.id

Abstrak- *Internet of Things* merupakan suatu penemuan yang sangat bermanfaat khususnya bagi dunia Pendidikan. Demikian juga untuk sistem kendali berbasis *Internet of Things* (IoT) terutama sensor dan aktuator dapat dijadikan area penelitian yang berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Proposal ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kendali berbasis IoT yang menggunakan modul ESP8266. Pengembangan perangkat lunak dilakukan menggunakan platform pemrograman yang sesuai, seperti Arduino IDE atau PlatformIO. Kode program ditulis untuk mengatur koneksi Wi-Fi, integrasi dengan sensor dan aktuator, serta logika kendali berbasis kondisi yang diinginkan. sistem akan diimplementasikan di lokasi yang ditentukan dan disiapkan untuk pemantauan dan pengendalian jarak jauh melalui antarmuka pengguna yang sesuai. Sistem yang dibangun menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama dan komunikasi IoT melalui platform yang dipilih terbukti dapat bekerja secara stabil dan efisien pada saat pengujian dengan menunjukkan bahwa alat ini dapat berfungsi dengan baik menggunakan sensor dan aktuator yang digunakan, termasuk pemantauan data sensor secara *real-time* dan respon aktuator yang tepat. Dengan demikian, alat ini layak digunakan sebagai media pembelajaran untuk praktikum sensor dan aktuator dan IoT. Pada tahap pengujian alat digunakan aplikasi blynk untuk mengendalikan motor dan motor dapat digerakkan melalui aplikasi Blynk. Pada pengujian sensor DHT11, sensor dapat dimonitor dengan hasil awal suhu ruang 29,80°C dengan kelembaban 67% pada aplikasi ThingSpeak.

Kata-kata kunci: *Internet of Things, NodeMCUESP8266, Arduino IDE, sensor, aktuator*

I. PENDAHULUAN

Dalam konteks pendidikan teknologi dan teknik, pembelajaran praktis tentang konsep-konsep seperti *Internet of Things* (IoT) sangat penting terutama yang terintegrasi dengan Sistem kendali. Mahasiswa perlu memahami bagaimana mengembangkan sistem IoT yang efisien menggunakan teknologi yang tersedia saat ini. Dalam hal ini, penggunaan ESP8266 sebagai modul Wi-Fi dalam pengembangan sistem kendali berbasis IoT yang mudah untuk dipahami dan diterapkan dalam mata kuliah yang mereka pelajari. Kurangnya sumber daya yang jelas dan terstruktur dalam bentuk media ajar atau alat ajar dapat menjadi hambatan bagi pendidik dan pembelajar. Oleh karena itu, pengembangan media ajar atau alat ajar yang berfokus pada perancangan dan

implementasi sistem kendali berbasis IoT menggunakan ESP8266 menjadi penting.

Media ajar atau alat ajar ini akan membantu memperkenalkan konsep-konsep dasar IoT khususnya pada sistem kendali atau sistem kontrol yang terdiri sensor dan aktuator. Dengan memberikan panduan langkah-demi-langkah dalam penggunaan ESP8266 sebagai platform IoT. dalam merancang dan mengimplementasikan solusi IoT.

Dengan menyediakan media ajar atau alat ajar yang mudah diakses, diharapkan bahwa mahasiswa dan dosen praktikan dapat memberikan pendekatan pembelajaran yang lebih efektif untuk materi mengenai IoT ini, dosen dan mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan yang diperlukan untuk menghadapi tantangan dalam dunia nyata terkait dengan IoT dan teknologi terkait.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan mengimplementasikan alat bantu ajar berbasis sensor dan aktuator yang terhubung melalui *Internet of Things* (IoT), yang dirancang untuk mempermudah mahasiswa dalam memahami konsep praktikum terkait sensor dan kontrol aktuator. Alat ini memungkinkan mahasiswa untuk mengamati dan mengontrol proses secara *real-time* dari jarak jauh melalui aplikasi IoT, sehingga mereka dapat mempelajari respon sistem terhadap perubahan input secara langsung dengan menggunakan aplikasi yang menggunakan platform Iot. Dengan adanya alat bantu ini, diharapkan proses belajar menjadi lebih interaktif, praktis, dan mendalam, meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam memahami teknologi sensor, aktuator, dan jaringan IoT.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Hemat energi dan efisiensi dari biaya energi listrik penerapan IoT dalam penerapannya dalam kendali lampu rumah jarak jauh dengan berbasis NodeMCU[1] Kemajuan pesat dari teknologi dan internet bukan hanya sebatas pada jejaring WEB melalui *browser*nya, tetapi juga hampir dari segala aspek kehidupan tidak lepas dari kendali internet. *Internet of Thing*(IoT) mengacu pada suatu jaringan yang menghubungkan berbagai perangkat dalam dunia nyata dengan protocol yang berbeda – beda [2]. Pada penelitian lainnya IoT di rancang untuk memonitoring pemakaian daya

listrik pada rumah kos, sehingga memudahkan pemilik kos untuk memonitoring penggunaan daya listrik dari para penyewa[3].

Penelitian lain yang sejenis yang menggunakan mikrokontroler [4]. Menggunakan ESP32 untuk menunjang pembelajaran pada praktikum mikrokontroler dan mikroprosesor sehingga lebih efektif dan efisien.

A. Internet of Things

IoT adalah singkatan dari *internet of things* yang mana memiliki arti internet merupakan segalanya. Dalam hal ini bisa disimpulkan bahwa internet berperan penting dalam segala aktivitas dilakukan. IoT adalah salah satu dari sekian banyak teknologi yang dikembangkan untuk menghadapi era digital seperti sekarang dan dapat memudahkan masyarakat dan pengguna ketika memakainya serta dapat mengatasi kesulitan berbasis digital tersebut.

IoT merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus yang memungkinkan untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen. *Internet Of Things* atau sering disebut IoT adalah sebuah gagasan dimana semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai penghubung. misalnya CCTV yang terpasang di sepanjang jalan dihubungkan dengan koneksi internet dan disatukan di ruang kontrol yang jaraknya mungkin puluhan kilometer. atau sebuah rumah cerdas yang dapat control lewat smartphone dengan bantuan koneksi internet. pada dasarnya perangkat IoT terdiri dari sensor sebagai media pengumpul data, sambungan internet sebagai media komunikasi dan server sebagai pengumpul informasi yang diterima sensor dan untuk analisa. [5]

Pada penelitian lainnya *Internet Of Thing* dalam pembelajaran masih terdapat kesenjangan dan minimnya inovasi yang menghambat pedagogi dalam memahami pembelajaran, dari hal tersebut diperlukan inovasi agar mahasiswa dapat memperelajari secara mendalam mengenai Internet of things[6], [7]

A. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer yang seluruh atau Sebagian elemennya dikemas dalam bentuk 1 chip IC, sehingga sering disebut *single chip microcomputer*. Mikrokontroler juga merupakan sistem computer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik yaitu sebagai input, proses dan output. Pada penelitian ini digunakan 2 jenis mikrokontroler yaitu Arduino UNO [8] dan mikrokontroler NodeMCU ESP 8266 sebagai kendali dan pengirim datanya.

B. NodeMCU ESP8266

Mikrokontroler NodeMCU merupakan pengembangan Node MCU ESP8266 dengan modul ESP-12E yang berisi chip ESP8266 yang memiliki mikroprosesor Tensilica Xtensa 32-

bit LX106 RISC. Mikroprosesor ini mendukung RTOS dan beroperasi pada frekuensi jam 80MHz hingga 160 MHz yang dapat disesuaikan. NodeMCU memiliki RAM 128 KB dan memori Flash 4MB untuk menyimpan data dan program. Kekuatan pemrosesannya yang tinggi dengan Wi-Fi / Bluetooth bawaan dan fitur *Deep Sleep Operating* menjadikannya ideal untuk proyek IoT.

NodeMCU dapat ditenagai menggunakan jack Micro USB dan pin VIN (External Supply Pin). Ini mendukung antarmuka UART, SPI, dan I2C. [Gambar 1](#) merupakan bentuk dari Modul ESP32[9]



Gambar 1. Modul NodeMCU ESP8266

C. Pemrograman NodeMCU ESP8266 dengan Arduino IDE

Board NodeMCU dapat dengan mudah diprogram dengan Arduino IDE karena mudah digunakan. Memprogram NodeMCU dengan Arduino IDE tidak akan memakan waktu 5-10 menit. dibutuhkan Arduino IDE, kabel USB, dan papan NodeMCU itu sendiri.



Gambar 2. Konfigurasi NodeMCU ESP32

D. Sensor dan Aktuator

Sensor adalah jenis transduser yang digunakan untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor sering digunakan untuk pendeteksian pada saat melakukan pengukuran atau pengendalian. Transduser merupakan sistem yang melengkapi agar sensor tersebut mempunyai keluaran sesuai yang kita inginkan dan dapat langsung dibaca pada keluarannya. Sensor juga merupakan alat untuk mendeteksi/mengukur sesuatu, yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik.

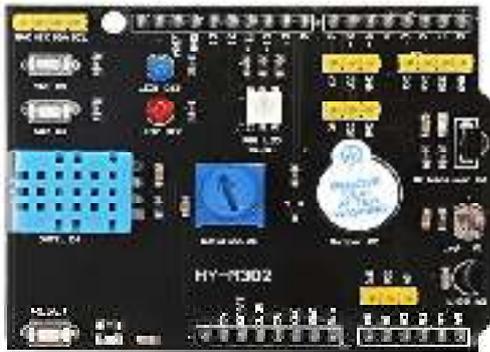
Pada sistem pengendali dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh kontroler sebagai otaknya. pada teknik pengukuran dan pengaturan secara elektronik berfungsi mengubah tegangan fisik menjadi besaran listrik yang proposional. Misalnya temperatur, cahaya, gaya, kecepatan putaran

Sensor dalam teknik pengukuran dan pengaturan ini harus memnuhi persyaratan-persyaratan kualitas yakni:

1. Linieritas konversi harus benar-benar proposional, jadi karakteristik konversi harus linier.
2. Tidak tergantung temperature, Keluaran inverter tidak boleh tergantung pada temperatur disekelilingnya, kecuali sensor suhu.
3. Kepekaan sensor harus dipilih sedemikian, sehingga pada nilai-nilai masukan yang ada dapat diperoleh tegangan listrik keluaran yang cukup besar.
4. Waktu tanggapan adalah waktu yang diperlukan keluaran sensor untuk mencapai nilai akhirnya pada nilai masukan yang berubah secara mendadak. Sensor harus dapat berubah cepat bila nilai masukan pada sistem tempat sensor tersebut berubah.

E. Modul KEYES HY- M-302

KEYES *multifunction Shield V1* adalah papan pembelajaran berbasis Arduino. Namun dapat digunakan juga untuk NODEMCUESP 32 dengan mengetahui spesifikasi dari alat ini, Modul ini sudah terhubung dengan masing – masing pin sehingga memudahkan penggunaannya. Gambar modul seperti pada [Gambar 3](#) berikut.



Gambar 3 . Gambar Modul Sensor HY-M302

Spesifikasi:

- Mampu menggabungkan *shield* dengan pengontrol utama yang ada di pasaran, seperti Arduino UNO R3, MEGA2560, Duemilanove, Leonardo dan MEGA2560
- Dua lampu indikator LED 3mm untuk menunjukkan kondisi kerja program untuk memodulasi program dengan mudah (D12= merah, D13= biru)
- Sakelar tombol 2 saluran untuk mewujudkan eksperimen interupsi eksternal (sw1=D2, sw2=D3)
- Satu tombol Reset
- Modul sensor suhu dan kelembapan DHT11 mendeteksi suhu dan kelembapan (data=D4) (gunakan perpustakaan dht11.h) • Satu potensiometer rotasi, berfungsi sebagai input analog (analog A0 pin)
- Satu modul *buzzer* pasif untuk alarm dan mengeluarkan suara (pin D5) • Satu LED RGB penuh warna (pin PWM: D9, D10, D11)
- Resistansi foto untuk mendeteksi intensitas cahaya (analog A1 pin)
- Sensor suhu LM35D untuk mengukur suhu (pin analog A2) • Penerima inframerah

- VS1838 untuk mendeteksi fungsi penerimaan IR dengan monitor rx Led1 (data masuk=D6) (gunakan perpustakaan IRremote.h)
- 2 saluran 3 pin digital generik I/ Port O (D7, Vcc, GND / D8, Vcc, GND)
- Port analog generik 1 saluran 3 pin (A3, Vcc, GND)
 - Satu port antarmuka IIC (GND, Vcc, SDA, SCL) • Satu port serial TTL (TXD, RXD, Vcc, GND)

F. Aktuator

Aktuator adalah bagian yang berfungsi sebagai penggerak dari perintah yang diberikan input, aktuator biasanya berupa piranti elektromekanik yang menghasilkan daya Gerakan. Aktuator juga merupakan alat yang mengubah sinyal listrik menjadi gerakan mekanis digunakan sebagai proses lanjutan dari keluaran suatu proses olah data yang dihasilkan oleh suatu sensor atau kontroler. Motor DC

Motor DC (*Direct Current*) adalah mesin listrik yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanik. Prinsip dasar motor DC didasarkan pada interaksi antara medan magnet dan arus listrik yang mengalir dalam kumparan untuk menghasilkan gaya gerak yang dikenal sebagai gaya Lorentz. Ketika arus mengalir melalui lilitan dalam medan magnet, gaya ini menyebabkan rotor atau angker motor bergerak, menciptakan gerakan rotasi.

Motor DC terdiri dari beberapa komponen utama seperti kumparan medan (*field winding*), angker (*armature*), komutator, dan sikat (*brushes*). Medan magnet yang dihasilkan dapat berasal dari magnet permanen atau elektromagnetik pada stator. Komutator bertanggung jawab untuk mengubah arah arus di dalam kumparan angker sehingga torsi tetap konstan selama rotasi.

1. Jenis-Jenis Motor DC

Motor DC umumnya dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan cara pengaturan medan magnetnya, yaitu:

2. Motor Servo

Motor Servo merupakan motor listrik dengan menggunakan sistem *closed loop*. Sistem tersebut digunakan untuk mengendalikan akselerasi dan kecepatan pada sebuah motor listrik dengan keakuratan yang tinggi. Motor servo digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi mekanik melalui interaksi dari kedua medan magnet permanent.

Motor berfungsi sebagai penggerak roda gigi agar dapat memutar potensiometer dan poros *output*-nya secara bersamaan. Potensiometer atau encoder berfungsi sebagai sensor yang akan memberikan sinyal umpan balik ke sistem kontrol untuk menentukan posisi targetnya. Biasanya potensiometer pada motor servo digunakan dalam pengaplikasian sederhana seperti mobil *remote kontrol*. Sedangkan *encoder* bisa diaplikasikan pada motor servo industri.[10]



Gambar 4 . Motor servo

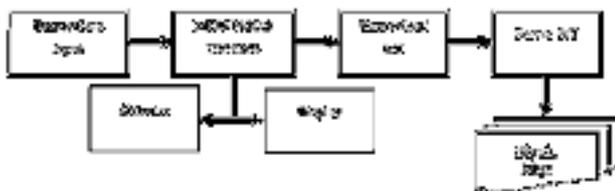
III. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium Jurusan Teknologi Informasi dengan estimasi waktu selama 6 bulan, Pengujian, pengumpulan dan disain dari rancangan. Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut. Alat yang digunakan adalah Komputer / Laptop yang berfungsi untuk pemrograman dan membuat aplikasi IoT, multimeter, sumber tegangan DC, tang Potong, obeng +/- dll.

Untuk bahan yang digunakan sensor modul Modul KEYES HY- M-302, Arduino Uno , Node ESP 8266, LCD Aktuator (Motor DC, motor servo, solenoid valve dll)

A. Blok Diagram dan Disain Alat

Blok diagram perancangan alat ditunjukkan pada [Gambar 5](#).



Gambar 5. Blok diagram perancangan alat ajar praktikum sensor dan aktuator

Pada [Gambar 5](#) yang merupakan blok diagram dari perancangan alat yang terdiri dari ,

1. Sensor/data input
2. Microcontroller Node MCU ESP8266
3. Komunikasi IoT
4. Server IoT
5. Aktuator
6. Display

Penelitian ini merupakan perancangan dan pembuatan sehingga masing – masing bagian pada blok diagram hanya perlu diuji untuk dapat beroperasi dengan baik. Berikut merupakan penjelasan dari masing – masing blok diagram pada [Gambar 5](#).,

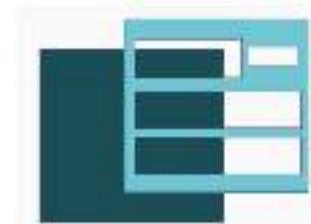
- Sensor / Data input merupakan modul yang berisi sensor – sensor seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya pada BAB II, yaitu keyes – H M302, yang terdiri dari sensor LM 35, sensor DHT 11, microswitch sebagai input, *buzzer*, trimpot, LDR (*light emitting diode*), dll
- NodeMCU3 ESP8266 adalah salah satu perangkat mikrokontroler yang digunakan untuk mengendalikan perangkat IoT. Modul ini juga sebagai komunikasi dengan internet melalui WiFi

serta dapat sebagai input dan output untuk memonitor sensor dan aktuator pada alat ajar ini.

- Komunikasi Iot, NodeMCU ESP8266 memiliki fitur Wi-Fi yang memungkinkan komunikasi IoT untuk mengirimkan data sensor ke *server* IoT atau menerima perintah dari perangkat pengguna melalui internet. Ada beberapa protokol dan platform yang dapat digunakan untuk komunikasi IoT
- Server IoT berfungsi sebagai pusat pengumpulan, pemrosesan, dan visualisasi data yang diterima dari ESP8266. Server ini juga dapat memberikan perintah kembali ke ESP8266 untuk mengontrol aktuator berdasarkan hasil analisis data. Platform server IoT yang bisa digunakan meliputi:
 - ✓ Blynk Cloud: Memungkinkan kontrol perangkat melalui aplikasi dengan interface yang sederhana. Platform IoT berbasis cloud yang memungkinkan kontrol dan pemantauan perangkat melalui aplikasi seluler. Dengan Blynk, NodeMCUESP8266 dapat dikendalikan atau diotomatisasi dari jarak jauh melalui aplikasi
 - ✓ MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*): Protokol pesan yang ringan dan efisien yang digunakan dalam aplikasi IoT untuk komunikasi *real-time* antara perangkat. NodeMCUESP8266 dapat menggunakan MQTT untuk mengirim data sensor ke *broker* MQTT atau menerima perintah untuk mengontrol aktuator. MQTT Broker: Seperti Mosquitto, digunakan untuk pengiriman pesan antara perangkat IoT secara real-time.
 - ✓ ThingSpeak: Digunakan untuk menampilkan data dalam grafik, serta dapat memberikan analisis berbasis data yang dikirimkan dari NodeMCU32. ThingSpeak juga merupakan Platform IoT yang menyediakan fitur analisis data dan visualisasi. Data dari sensor yang dikumpulkan oleh ESP8266 dapat dikirim ke ThingSpeak untuk dianalisis atau divisualisasikan dalam bentuk grafik.

B. Disain dan Perancangan Alat.

Penggunaan aplikasi 3D menggunakan tinkercad.com untuk mendisain awal dari alat ajar praktikum sensor dan aktuator seperti pada [Gambar 6](#).



Gambar 6. Disain alat ajar praktikum sensor dan aktuator

[Gambar 6](#). merupakan disain alat ajar praktikum yang terdiri dari modul sensor, *driver actuator*, *project board*, Arduino dan NodeMCU32. Disain menggunakan tinkercad.com,

merupakan aplikasi online yang dapat membuat aplikasi disain 3D untuk alat maupun komponen – komponen yang digunakan. Rancangan dan tata letak seperti pada [Gambar 7](#).



Gambar 7. Tata letak alat ajar

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen dan analisis dari implementasi alat ajar sensor dan actuator berbasis *Internet of Things* (IoT) yang telah dikembangkan. Dilakukan pengujian dari sensor – sensor dan actuator yang terdapat pada alat ajar atau trainer berikut ini,

A. Pengujian Sensor DHT dengan Aplikasi Thingspeak

Pengujian alat ajar ini dapat dilakukan dengan aplikasi IoT, misalnya seperti thingspeak, yang merupakan aplikasi Untuk menghubungkan sensor DHT11 dengan NodeMCU dan memonitor data suhu dan kelembaban di ThingSpeak, pada modul ajar terdapat sensor DHT11, untuk menguji sensor ini bekerja dengan baik maka akan dilakukan pengujian dengan menggunakan NodeMcuESP 8266, untuk mengujinya disiapkan sebagai berikut, komponen yang diperlukan:

1. NodeMCU (ESP8266)
2. Modul Sensor DHT11**
3. Kabel jumper

Koneksi DHT11 ke NodeMCU, seperti pada [Tabel 1](#).

TABEL 1
TABEL KONEKSI DHT DAN NODEMCU

No	NodeMCU8266	Modul DHT
		11
1	VCC (3,3V)	VCC
2	GND	GND
3	D4	Data

Pada [Tabel 1](#), hubungan dari data DHT11 bisa saja menggunakan PIN Node Mcu dari data D1-D8, tapi pada pengujian ini menggunakan D4, sebagai input dari sensor DHT11. Kemudian Langkah selanjutnya adalah koneksi menggunakan Aplikasi *ThingSpeak*.

Langkah – Langkah menggunakan Akun dan Channel ThingSpeak:

1. Buka *browser* ,ThingSpeak (<https://thingspeak.com>) jika belum memiliki buat *channel* baru di ThingSpeak:

2. Masukkan nama untuk *channel* dan tambahkan dua "Field" untuk ****Suhu**** dan Kelembaban
3. Catat API Key dari *channel* yang dibuat, Anda akan memerlukan Write API Key untuk mengirim data.

Langkah instalasi *Library* di Arduino IDE :

1. Instal *library* DHT:
2. Buka Arduino IDE, klik "Sketch" > "Include Library" > "Manage Libraries".
3. Masukkan DHT sensor *library*, dari Adafruit dan instal.
4. Juga instal *library* Adafruit Unified Sensor jika diminta.
5. Instal *library* ESP8266, buka "File" > "Preferences" dan tambahkan URL board ESP8266 di "Additional Board Manager URLs" http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json
6. Kemudian buka "Tools" > "Board" > "Boards Manager" dan cari ESP8266 untuk menginstalnya.

Kode program NodeMCU untuk DHT11 dan ThingSpeak: Berikut adalah contoh kode untuk membaca suhu dan kelembaban dari DHT11 dan mengirimkannya ke *ThingSpeak* :

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <DHT.h>
// Pengaturan WiFi
const char* ssid = "Nama_WiFi_Anda";
const char* password = "Password_WiFi_Anda";
// API Key ThingSpeak
const char* apiKey = "API_KEY_THINGSPEAK";
// Pengaturan DHT11
#define DHTPIN D4 // Pin D4 pada NodeMCU untuk data DHT11
#define DHTTYPE DHT11 // Gunakan sensor DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
// Pengaturan server ThingSpeak
const char* server = "api.thingspeak.com";
WiFiClient client;
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(10);
  // Inisialisasi DHT11
  dht.begin();
  // Koneksi ke WiFi
  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.print("Menghubungkan ke ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi terhubung");
}
void loop() {
  // Membaca suhu dan kelembaban
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature(); // Celcius
  // Periksa apakah pembacaan berhasil
  if (isnan(h) || isnan(t)) {
    Serial.println("Gagal membaca dari sensor DHT11");
    return;
  }
}
```

```

}
//Menampilkan data di Serial Monitor
Serial.print("Suhu: ");
Serial.print(t);
Serial.print(" °C ");
Serial.print("Kelembaban: ");
Serial.print(h);
Serial.println(" %");
// Koneksi ke ThingSpeak
if (client.connect(server, 80)) {
  String postStr = "api_key=" + String(apiKey) +
"&field1=" + String(t) + "&field2=" + String(h);
  client.println("POST /update HTTP/1.1");
  client.println("Host: api.thingSpeak.com");
  client.println("Connection: close");
  client.println("Content-Type: application/x-
www-form-urlencoded");
  client.println("Content-Length: " +
String(postStr.length()));
  client.println();
  client.println(postStr);
}
  client.stop();
// Tunggu 20 detik sebelum mengirim data lagi
delay(20000);}
    
```

Penjelasan Kode :

- WiFi Connection: Kode atas menggunakan WiFi untuk menghubungkan NodeMCU ke jaringan.
- DHT11: Sensor DHT11 dihubungkan ke pin D4, dan suhu serta kelembaban dibaca.
- ThingSpeak API: Data suhu dan kelembaban dikirim ke ThingSpeak menggunakan 'Write API Key'.
- Delay: Data dikirim setiap 20 detik (d disesuaikan dengan limit ThingSpeak).

Langkah mengunggah kode ke NodeMCU adalah sebagai berikut:

1. Hubungkan NodeMCU ke komputer menggunakan kabel USB.
2. Pilih NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module), sebagai board di Arduino IDE.
3. Pilih port pada pengujian menggunakan port USB com13 kemudian unggah kode.

Untuk mengamati data di Thingspeak, setelah kode diunggah dan NodeMCU berjalan, buka *dashboard* ThingSpeak untuk melihat grafik suhu dan kelembaban yang dikirim oleh NodeMCU. Maka akan tampak seperti pada [Gambar 8](#).



Gambar 8. Hasil koneksi dari alat ajar dengan aplikasi IoT

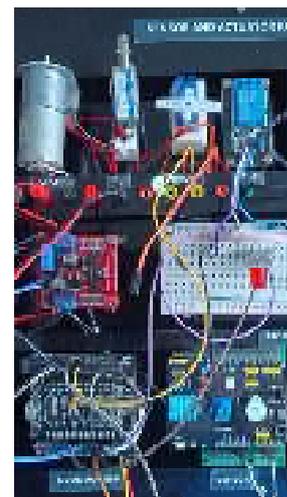
Untuk menguji sensor, solder dipanaskan dan diletakkan di dekat sensor, sehingga data keluaran sensor DHT11 berubah seperti pada [Gambar 9](#).



Gambar 9.. Sensor DHT11 setelah dipanaskan suhu meningkat

B. Pengujian Aktuator Relay Menggunakan Aplikasi Blynk Sebagai Sistem Kendali

Kemudian untuk menguji perangkat lainnya digunakan relay sebagai aktuator dan juga LED sebagai indikator yang juga merupakan aktuator karena berfungsi sebagai output. Untuk mengontrol *relay* menggunakan NodeMCU (ESP8266) dengan aplikasi Blynk, siapkan kabel – kabel jumper untuk menghubungkan dengan input pada NodeMCUESP8266 yang terdapat pada modul ajar. Koneksi modul ajar dengan *relay* adalah seperti pada [Gambar 10](#).



Gambar 10. Koneksi NodeMCU dengan relay

Menghubungkan VCC pada *relay* pada sumber tegangan 5V kemudian GND pada GND, dan input relay pada pin D5 pada ESP8266. Kemudian setelah terhubung buat kode program pada IDE Arduino seperti pada langkah sebelumnya. Kemudian setelah terhubung buat visual pada aplikasi Blynk pada handphone atau di website Blynk.com, dengan menggunakan akun yang sebelumnya sudah didaftarkan. Seperti pada langkah – langkah berikut

1. Langkah – Langkah membuat aplikasi kendali relay menggunakan relay
 - Install aplikasi Blynk dari Google Play Store atau Apple App Store.
 - Buat akun jika belum memilikinya.
 - Buat proyek Baru : Pilih ESP8266 sebagai perangkat (Device).

- Pilih WiFi sebagai koneksi.
 - Ambil "Auth Token" , ini akan dikirim ke email atau yang terdapat pada metadata pada aplikasi blynk .
2. Instal Library Blynk di Arduino IDE
- Buka Arduino IDE dan pilih "Sketch" > "Include Library" > "Manage Libraries".
 - Cari Blynk dan instal Blynk Library.
3. Contoh Kode untuk Kontrol Relay dengan Blynk**

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "Your Template ID"
#define BLYNK_DEVICE_NAME "Your Device Name"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "Your Auth Token"
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
char auth[] = "YourAuthToken";
// WiFi credentials
char ssid[] = "namawifi";
char pass[] = "PasswordWiFi";
// Pin kontrol relay
int relayPin = D5; // Sesuaikan dengan pin yang
// Anda gunakan
void setup()
{
  // Inisialisasi koneksi ke Blynk
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  // Inisialisasi pin relay sebagai output
  pinMode(relayPin, OUTPUT);
  // Matikan relay (LOW = off, HIGH = on untuk
  // kebanyakan modul relay)
  digitalWrite(relayPin, LOW);
}
void loop()
{
  // Jalankan Blynk
  Blynk.run();}

// Widget Blynk (Tombol) untuk mengontrol relay
BLYNK_WRITE(V1)
{
  int buttonState = param.asInt();
  if (buttonState == 1) {
    digitalWrite(relayPin, HIGH); // Relay ON
  } else {
    digitalWrite(relayPin, LOW); // Relay OFF }}
```

Kemudian membuat layout pada aplikasi Blynk seperti pada [Gambar 11](#).



Gambar 11. Tampilan Blynk ON OFF Relay

[Gambar 11](#) merupakan contoh tampilan untuk tampilan aplikasi Blynk untuk mengendalikan ON OFF relay, di mana relay ini berfungsi juga sebagai otomatis yang dapat dikendalikan menggunakan Aplikasi IoT dengan Blynk, kemudian tampilan jika dikendalikan seperti pada [Gambar 12](#).



Gambar 12. Tampilan Blynk mengendalikan relay saat bekerja

[Gambar 12](#) merupakan kontrol *relay* dari aplikasi Blynk setelah NodeMCU terhubung ke Blynk melalui WiFi, buka aplikasi Blynk.

- Tekan tombol yang sudah diatur di aplikasi untuk mengontrol relay (nyala/mati).
- Pastikan WiFi memiliki koneksi yang stabil.
- Anda dapat mengubah pin relay dan virtual pin sesuai kebutuhan.
- Jika relay bekerja secara terbalik (HIGH = mati, LOW = nyala), bisa menukar logika di “digitalWrite()”.

Dari hasil pengujian menggunakan relay ini, pada saat aplikasi di tekan tombol ON dan OFF relay menyala sesuai dengan program yang telah dibuat. Berikutnya dilakukan pengujian untuk sensor DHT 11, seperti tampak pada gambar aplikasi ThingSpeak menunjukkan suhu ruang 29° C dan kelembaban 67%. Kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan solder untuk menaikan suhu pada sensor DHT11 terjadi kenaikan suhu mencapai 40°C, dan kelembaban 32%.

Dalam pengujian yang perlu diperhatikan adalah pengawatan atau koneksi dari sensor atau aktuator yang akan di gunakan untuk praktikum, sehingga pengujian dapat bekerja sesuai dengan program yang telah dibuat.

Alat ajar sensor dan aktuator ini, terdiri dari modul yaitu sensor HY-M302 yang langsung bisa dikoneksikan dengan modul aktuator, seperti *relay*, *solenoid valve* atau motor DC.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, sistem modul alat ajar berbasis NodeMCU ESP8266 yang terintegrasi dengan sensor dan aktuator berhasil berfungsi dengan baik. Sistem ini mampu mengumpulkan data dari sensor seperti suhu dan kelembaban secara *real-time* dan mengirimkannya ke platform IoT seperti ThingSpeak dan Blynk. Selain itu, modul ini juga dapat mengendalikan aktuator seperti *relay* dan motor servo melalui aplikasi berbasis internet. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat ini stabil dalam hal koneksi jaringan, pengiriman data, dan respon terhadap perintah dari aplikasi pengguna. Dengan demikian, alat ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran praktikum yang efektif untuk mengenalkan konsep IoT dan otomasi kepada peserta didik.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Widianti dan I. Setiadi, "Perancangan dan pembuatan sistem kendali lampu rumah jarak jauh berbasis internet of things (IOT) menggunakan Nodemcu," *Sinov* vol. 5, no. 1, 2023, doi: 10.55606/sinov.v5i1.587.
- [2] G. Hergika, S. Siswanto, S. Surati, "Perancangan internet of things (iot) sebagai kontrol infrastruktur dan peralatan toll pada PT. Astra Infratoll Road," *Prosisko* vol. 8, no. 2, 2021, [Online]. Available: <https://www.esp8266.com/viewtopic.php?p=68657>
- [3] I. S. Hudan dan T. Rijanto, "Rancang bangun sistem monitoring daya listrik pada kamar kos berbasis internet of things (IoT)," *Jurnal Teknik Elektro* vol. 8 no. 1, 2019, Unesa. [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/25791>
- [4] D. Wara dan B. Suprianto, "Pengembangan trainer internet of things berbasis mikrokontroler ESP32 pada mata pelajaran pemrograman, mikroprosesor dan mikrokontroler di SMK Negeri 2 Surabaya." *JPTE* vol. 10 no. 2, 2021.
- [5] S. E. Mawaddah, S. Sumariyah, dan S. Suryono "Prototipe sistem kendali perabot elektronik rumah tangga berbasis internet of things," *Jurnal Otomasi, Kontrol & Instrumentasi*, vol. 14, no. 2, p. 2022, [Online]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.blynk>
- [6] I. A. Ghashim dan M. Arshad, "Internet of things (iot)-based teaching and learning: modern trends and open challenges," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 21, Nov. 2023, doi: 10.3390/SU152115656.v
- [7] H. Aldowah, S. Ul Rehman, S. Ghazal, dan I. Naufal Umar, "Internet of things in higher education: a study on future learning," *J Phys Conf Ser*, vol. 892, no. 1, p. 012017, Sep. 2017, doi: 10.1088/1742-6596/892/1/012017.
- [8] S. Susanna dan M. Murdianto, "Pemanfaatan trainer kit microcontroller untuk menguji dan kalibrasi sensor kits pada Laboratorium Teknologi Informasi Polnes," *Just TI* vol. 13, no. 2, pp. 61-66, Jul. 2021, doi: 10.46964/JUSTTI.V13I2.477.
- [9] "https://components101.com/development-boards/nodemcu-esp8266-pinout-features-and-datasheet."
- [10] "Motor Servo Towerpro SG90 Dan Penerapannya - Vayuyaan." Accessed: Aug. 26, 2024. [Online]. Available: https://vayuyaan-com.translate.goog/blog/towerpro-sg90-servo-motor-and-its-application/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc

Rancang Bangun Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis ESP32 di Desa Purwajaya

Ahmad Syafi'i¹, Abdul Hamid Kurniawan², Rusda³
^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda
 Jl. Dr. Ciptomangunkusumo, Kampus Gunung Panjang, Samarinda, 75121
 abdul.hamid.kurniawan@gmail.com

Abstrak- Tanaman memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan manusia sehingga pertanian merupakan sektor yang sangat penting untuk menunjang persediaan pangan masyarakat. Keberhasilan dalam bidang pertanian turut dipengaruhi oleh ketersediaan air dan pengelolaan pengairan pada lahan, seperti petani di Desa Purwajaya yang memiliki sebuah kendala yaitu penyiraman air pada tanaman yang masih menggunakan cara konvensional sehingga penggunaan air di lahan pertanian yang lebih atau kekurangan dapat menyebabkan tanaman membusuk dan mengering. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat penyiraman tanaman otomatis dengan IoT di Desa Purwajaya berbasis ESP32 dan aplikasi Blynk. Pada penelitian ini dirancang dan diimplementasikan alat dengan perangkat keras (ESP32, sensor DHT22, sensor YL-69, relay, dan pompa air) dan perangkat lunak (aplikasi Blynk). Alat ini memungkinkan monitoring dan kontrol penyiraman tanaman secara langsung dengan mendeteksi kelembaban tanah maupun melalui *smartphone*. Metode penelitian melibatkan studi literatur, perancangan sistem perangkat keras (mikrokontroler), perancangan sistem perangkat lunak (aplikasi Blynk), dan uji coba sistem secara langsung. Hasil pengujian alat secara keseluruhan menyatakan bahwa sistem ini bekerja sesuai dengan harapan, dimana sensor YL-69 dapat mendeteksi tingkat kelembaban tanah, kemudian memberikan sinyal ke relay untuk kendali pompa air melakukan penyiraman. Pengujian pada sensor DHT22 memiliki rata-rata persentase nilai error di bawah 10%.

Kata kunci: Penyiraman Tanaman, YL-69, ESP32, IoT, Monitoring

I. PENDAHULUAN

Tanaman adalah tumbuhan yang dipelihara dan dirawat untuk diambil manfaat atau dipanen ketika telah mencapai waktu tertentu. Tanaman memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan manusia. Pertanian merupakan sektor yang sangat penting untuk menunjang persediaan pangan masyarakat. Keberhasilan dalam bidang pertanian turut dipengaruhi oleh ketersediaan air dan pengelolaan pengairan pada lahan. Adanya potensi persebaran sumber daya air yang tidak merata, mengakibatkan lahan pertanian tidak mendapatkan pengairan dengan baik sehingga produktivitas tanaman menjadi tidak maksimal [1].

Pada bidang pertanian terdapat sebuah kendala bagi para petani maupun penggemar tanaman, yaitu penyiraman air pada tanaman yang masih menggunakan cara konvensional dirasakan sulit untuk dilakukan oleh para petani. Mereka sering mengalami kelelahan dalam melakukan penyiraman karena aktivitas tersebut membutuhkan tenaga fisik yang cukup besar. juga penggunaan air di lahan pertanian yang lebih atau

kekurangan dapat menyebabkan tanaman membusuk dan mengering [2].

Alat ini dibuat untuk suatu sistem kontrol pengairan yang lebih efisien dalam merawat tanaman. Untuk itu dirancangnya sebuah alat monitoring dan penyiraman tanaman otomatis dengan *Internet of Things* (IoT) yang dapat melakukan kontrol dan monitoring.

Pada pembuatan alat ini menggunakan dua buah sensor yaitu sensor YL-69 dan sensor DHT22. Sensor YL-69 digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban tanah, sensor DHT22 berfungsi sebagai pemantau nilai suhu udara dan kelembaban udara disekitar tanaman. Alat ini juga dilengkapi *Liquid Crystal Display* (LCD) yang dapat menampilkan nilai tiap sensor dan alat pada penelitian ini berbasis mikrokontroler ESP32 dan aplikasi Blynk sebagai platform IoT.

II. LANDASAN TEORI

A. ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things*. ESP32 sendiri tidak jauh berbeda dengan ESP8266 yang familiar di pasaran, hanya saja ESP32 lebih kompleks dibandingkan ESP8266 salah satunya karena memiliki pin yang lebih banyak terutama pin analog, cocok digunakan dengan proyek yang besar. Mikrokontroler ESP32 dilengkapi mikrokontroler SoC yang nantinya terintegrasi dengan WiFi, bluetooth, dan berbagai komunikasi lainnya. ESP32 memiliki cip yang cukup lengkap, prosesor, memori, dan akses ke GPIO [3]. Bentuk fisik ESP32 dapat dilihat pada Gambar 1.



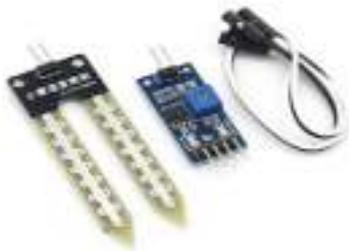
Gambar 1. ESP32

B. Sensor YL-69

Sensor *soil moisture* adalah sensor kelembaban tanah yang bekerja dengan prinsip membaca jumlah kadar air dalam tanah di sekitarnya. Sensor ini merupakan sensor ideal untuk memantau kadar air atau kelembaban tanah untuk tanaman.

Sensor ini menggunakan dua konduktor untuk melewatkan arus melalui tanah, kemudian membaca nilai resistansi untuk mendapatkan tingkat kelembaban. Ada tiga buah pin yang terdapat pada sensor ini yang mana masing masing pin memiliki tugas tersendiri, yaitu: *analog output*, *ground* dan *power*. Sensor *soil moisture* dalam penerapannya membutuhkan daya sebesar 3,3 V atau 5 V dengan keluaran tegangan sebesar 0 - 4,2 V [4]. Bentuk fisik sensor YL-69 dapat dilihat pada Gambar 2. Sensor ini mampu membaca kadar air yang memiliki 3 kondisi dengan presentase 0 – 100% tergantung dengan program yang akan digunakan penggunaannya yaitu:

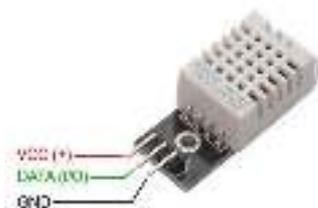
1. 0 – 40% = Tanah Lembab
2. 40 – 70% = Tanah Basah
3. 70 – 100% = Tanah Basah



Gambar 2. Sensor YL-69

C. Sensor DHT22

Sensor DHT22 adalah salah satu sensor yang dapat mengukur dua parameter lingkungan sekaligus, yakni suhu (*temperature*) dan kelembaban udara (*humidity*). DHT22 memiliki akurasi yang lebih baik dari pada DHT11 dengan galat relatif pengukuran suhu 14% dan kelembaban 18% serta *range* pengukuran suhu dan kelembaban yang lebih lebar dan mampu mentransmisikan sinyal output melewati kabel yang panjang (hingga 20m) sehingga cocok untuk ditempatkan di mana saja. Sensor DHT22 memiliki 3 buah pin yaitu pin VCC, pin Ground, dan pin Data [5]. Bentuk fisik sensor DHT22 seperti pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Sensor DHT22

D. Liquid Crystal Display

Liquid crystal display (LCD) adalah komponen yang dapat menampilkan tulisan. Salah satu jenisnya memiliki 4 baris dengan setiap baris terdiri dari 20 karakter LCD seperti itu biasa disebut LCD 20x4. Modul LCD merupakan modul display yang multifungsi, karena dapat digunakan untuk menampilkan berbagai macam tampilan. Dapat menampilkan berupa huruf, angka dan karakter lainnya serta dapat menampilkan teks maupun pesan singkat lainnya [6].

Submitted: 12/08/2024; Revised: 28/08/2024;
 Accepted: 06/11/2024; Online first: 09/12/2024
<https://doi.org/xx.xxxx>

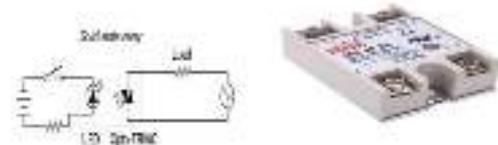
Modul I2C atau singkatan dari *Inter Integrated Circuit* merupakan modul *interface* antara LCD dengan mikrokontroler ESP32. Modul I2C digunakan untuk meminimalisir pemakaian pin pada LCD. Modul ini memiliki 4 pin yang terhubung ke mikrokontroler ESP32 yaitu pin SCL dan SDA sebagai komunikasinya serta pin VCC dan *Ground* sebagai sumber tegangan untuk menghidupkan LCD I2C [7]. Bentuk fisik LCD 20x4 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. LCD 20x4

E. Solid State Relay

Pengertian dan fungsi *solid state relay* (SSR) sebenarnya sama dengan *relay* elektromekanik atau *magnetic contactor* (MC) yaitu sebagai saklar elektronik yang biasa digunakan atau diaplikasikan di industri-industri sebagai alat pengendali. Namun *relay* elektromekanik memiliki banyak keterbatasan bila dibandingkan dengan SSR, salah satunya seperti siklus hidup kontak yang terbatas, mengambil banyak ruang, dan besarnya daya kontaktor *relay*. Karena keterbatasan ini, banyak produsen *relay* menawarkan perangkat SSR dengan semikonduktor modern yang menggunakan SCR, TRIAC, atau *output* transistor sebagai pengganti saklar kontak mekanik. *Output device* (SCR, TRIAC, atau transistor) adalah optikal yang digabungkan sumber cahaya LED yang berada dalam *relay*. *Relay* akan dihidupkan dengan energi LED ini, biasanya dengan tegangan *power* DC yang rendah. Isolasi optik antara *input* dan *output* ini menjadi kelebihan yang ditawarkan oleh SSR bila dibanding *relay* elektromekanik [8]. Bentuk fisik SSR dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. LCD 20x4

F. Pompa Air

Pompa air (*water pump*) adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan zat cair dari suatu tempat ke tempat lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi ke cairan yang di pindahkan dan berlangsung secara kontinyu. Prinsip kerja pompa adalah membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (hisap) dan keluaran (*discharge*). Dengan kata lain pompa berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik dari sumber tenaga (penggerak) menjadi energi kinetik (kecepatan), dalam hal ini tenaga tersebut dapat digunakan untuk mengalirkan zat cair dan

mengatasi hambatan-hambatan pada pengaliran. Sebuah peralatan mekanis dengan sumber daya sebagai penggerak yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan (fluida) dari satu tempat ke tempat lain, Dimana cairan hanya mengalir bila ada perbedaan tekanan. Pompa yang digunakan dengan spesifikasi 125 Watt dengan kapasitas 18 liter/menit telah disediakan oleh petani [9].

G. Power supply

Arus bolak-balik atau arus AC (*alternating current*) adalah arus listrik yang kita gunakan di rumah, kantor dan pabrik pada umumnya adalah di bangkitkan, di kirim dan di distribusikan ke tempat masing-masing dalam bentuk arus bolak-balik atau arus AC. Akan tetapi, peralatan elektronika yang kita gunakan sekarang ini sebagian besar membutuhkan arus DC dengan tegangan yang lebih rendah untuk pengoperasiannya. Oleh karena itu, hampir setiap peralatan elektronika memiliki sebuah rangkaian yang berfungsi untuk melakukan konversi arus listrik dari arus AC menjadi arus DC dan juga untuk menyediakan tegangan yang sesuai dengan rangkaian elektroniknya. Rangkaian yang mengubah arus listrik AC menjadi DC ini disebut dengan DC *power supply* atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Catu daya DC. DC *power supply* atau catu daya ini juga sering dikenal dengan nama “adaptor”. Sebuah DC *power supply* atau adaptor pada dasarnya memiliki 4 bagian utama agar dapat menghasilkan arus DC yang stabil. Keempat bagian utama tersebut diantaranya adalah *transformer*, *rectifier*, *filter* dan *voltage regulator* [10]. Bentuk fisik *power supply* DC dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Power supply DC 12V-12A

H. Buck converter

Buck converter merupakan salah satu jenis *converter* DC ke DC yang menghasilkan tegangan DC yang berasal dari sumber DC lain. Fungsi dari *buck converter* adalah menurunkan tegangan output (keluaran) menjadi lebih rendah dari tegangan inputnya. *Buck converter* digunakan pada peralatan elektronik yang membutuhkan rating tegangan yang lebih rendah dari rating tegangan catu daya [11]. Bentuk fisik *buck converter* dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Buck converter

Submitted: 12/08/2024; Revised: 28/08/2024;
 Accepted: 06/11/2024; Online first: 09/12/2024
<https://doi.org/xx.xxxx>

I. Aplikasi Blynk

Blynk merupakan sebuah layanan server yg dipakai guna mendukung *project Internet of Things* (IoT). Layanan server ini mempunyai ruang lingkup pengguna mobile baik iOS dan juga Android. Aplikasi pendukung IoT ini dapat diunduh dengan mudah melalui *google play store* atau *apps store*. Blynk dibuat guna mengontrol dan memonitoring sebuah *hardware* pada jarak yang jauh dengan menggunakan komunikasi data internet ataupun intranet (jaringan LAN). Kemampuan dalam menyimpan data & menampilkan data secara visual baik memakai angka, warna dan juga grafis semakin memudahkan pengguna pada pembuatan *project* dibidang IoT [12]. Tampilan aplikasi blynk dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Tampilan aplikasi Blynk

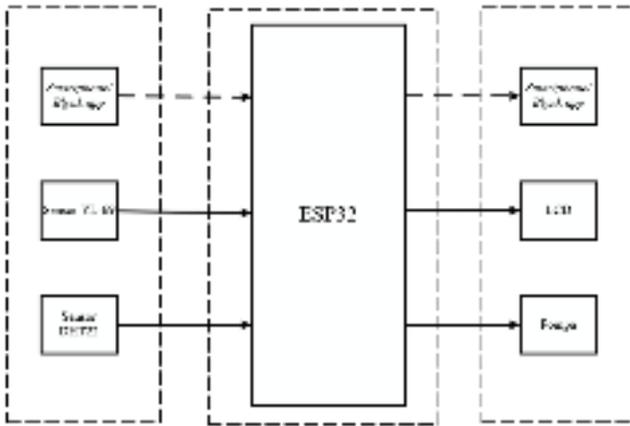
III. METODOLOGI PERANCANGAN

A. Waktu dan Lokasi

Waktu yang dibutuhkan untuk perancangan tugas akhir ini dilaksanakan mulai bulan Februari tahun 2024 sampai dengan bulan Mei tahun 2024. Tempat pelaksanaan perancangan di Laboratorium Mikroprosesor Jurusan Teknik Elektro dan Desa Purwajaya Kilometer 5, Kecamatan Loa Janan, Kutai Kartanegara.

B. Gambaran Umum Sistem

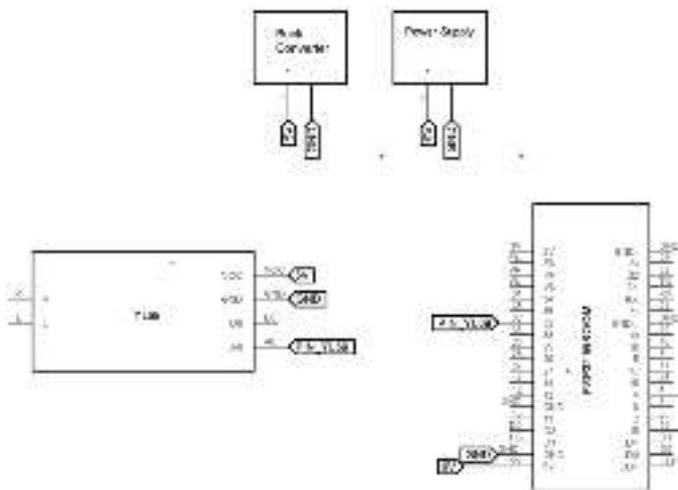
Penelitian ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang menjadi modul utamanya, berfungsi untuk memproses setiap data yang berasal dari nilai sensor yang sedang berjalan, adapun sensor yang digunakan adalah sensor kelembaban tanah, suhu dan kelembaban udara. Sensor tersebut digunakan untuk mengidentifikasi keadaan pada tanah dan udara sekitar tanaman. Nilai dari data-data sensor tersebut nantinya akan di tampilkan pada LCD agar hasil data dapat terbaca dengan mudah oleh pengguna. Alat penyiram tanaman otomatis tersebut juga terintegrasi dengan aplikasi *android* yaitu blynk sebagai antarmuka antara pengguna dengan perangkat ESP32, sehingga dapat mempermudah proses pemantauan alat penyiram tanaman otomatis tersebut. Gambar 9 merupakan blok diagram dari sistem yang telah dibuat.



Gambar 9. Blok diagram sistem

C. Perancangan Sensor YL-69

Sensor YL-69 berfungsi untuk mengukur kelembaban pada tanah. Cara kerja dari sensor ini ialah dengan memasukkan atau menancapkan sensor kedalam tanah, dimana nantinya sensor ini akan mengukur tingkat kelembaban tanah tersebut, kemudian selanjutnya akan diproses melalui sistem yang dibuat. Pengujian sensor YL-69 akan dilakukan dengan menggunakan beberapa uji coba pada tanah untuk pengujian apakah sensor tersebut masih layak. Pada Gambar 10 merupakan skematik dari perancangan sensor YL-69 di mana sensor ini memerlukan tegangan *input* 5V dan data sensor dihubungkan dengan pin 32 pada mikrokontroler ESP32.

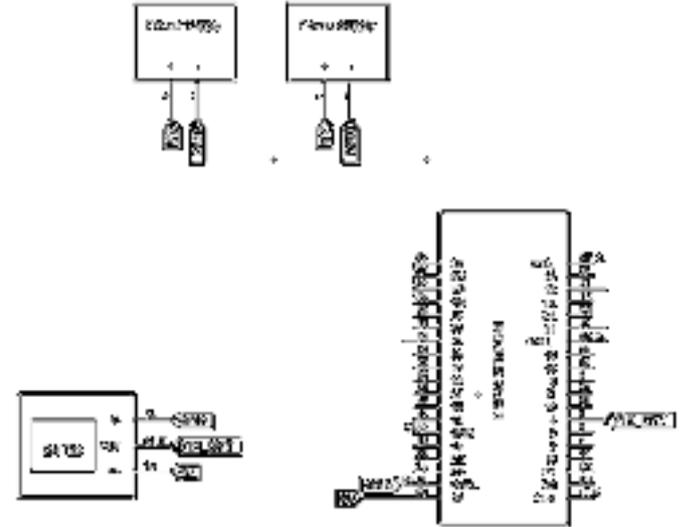


Gambar 10. Skematik sensor YL-69

D. Perancangan Sensor DHT22

Sensor DHT 22 berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban pada udara. Cara kerja dari sensor ini adalah cukup dengan meletakkannya pada ruang terbuka atau ruang tertentu yang akan dilakukan pengukuran suhu dan kelembaban udaranya, kemudian selanjutnya akan diproses melalui sistem yang telah dibuat. Pengujian sensor DHT22 dilakukan dengan melakukan perbandingan menggunakan alat thermo-hygrometer yang diukur dalam bentuk persentase error. Dimana

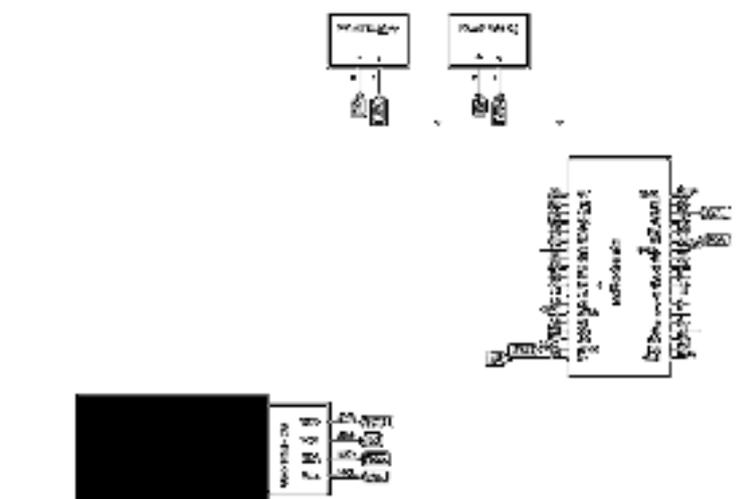
akan dilihat nilai eror pada suhu dan kelembaban udara. Maka selanjutnya akan dilihat apakah sensor DHT22 bekerja dengan baik dan akurat melalui hasil persentase eror tersebut. Pada Gambar 11 merupakan skematik dari perancangan sensor DHT22 di mana sensor ini memerlukan tegangan *input* 5V dan data sensor dihubungkan dengan pin 4 pada mikrokontroler ESP32.



Gambar 11. Skematik sensor DHT22

E. Perancangan LCD I2C 20x4

Tampilan atau display adalah salah satu hal yang penting untuk menampilkan data dari setiap sensor yang digunakan, namun sebelum dilakukan pengujian, *display* tersebut harus dipastikan dapat berfungsi dengan baik. LCD pada alat monitoring tersebut akan diuji untuk menampilkan beberapa data sederhana untuk memastikan fungsinya berjalan dengan baik. Pada Gambar 12 merupakan skematik dari perancangan sensor DHT22 di mana sensor ini memerlukan tegangan *input* 5V, SCL dihubungkan dengan pin 22 dan SDA dihubungkan ke pin 21 pada mikrokontroler ESP32.

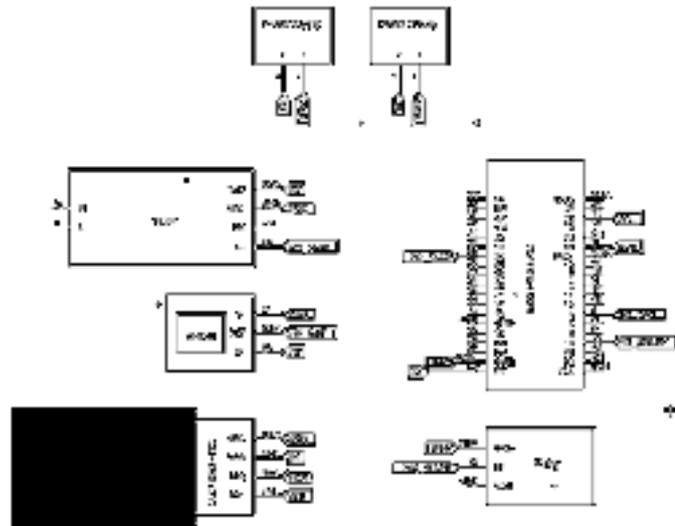


Gambar 12. Skematik LCD I2C

F. Perancangan Keseluruhan Sistem

Setelah melakukan perancangan per-komponen, maka selanjutnya dapat dilakukan pengujian untuk seluruh komponen yang sudah menjadi satu bagian pada alat penyiram tanaman otomatis berbasis ESP32 dimana harapannya alat tersebut dapat bekerja dengan semestinya.

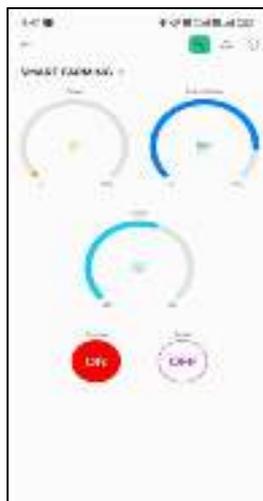
Setelah skematik telah selesai, maka rancangan kontruksi dapat dibuat *wiring diagram*, sehingga proses pengkabelan dari masing-masing komponen dapat terlihat dengan jelas, dan mudah untuk melihat pengkabelan di setiap komponen. Pada Gambar 13 merupakan gambaran *wiring diagram* dari perancangan alat keseluruhan.



Gambar 13. Skematik Sensor YL-69

G. Perancangan Aplikasi Blynk

Perancangan sistem pada smartphone menggunakan aplikasi Blynk meliputi membuat projek baru, penambahan *display* untuk projek dan mengatur pin di setiap *display*. Perancangan ini untuk melihat kesesuaian tampilan nilai sensor antara LCD dengan Blynk. Pada Gambar 14 merupakan tampilan awal dari aplikasi Blynk.



Gambar 14. Tampilan Aplikasi Blynk

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor DHT22

Pengujian pada sensor DHT22 dilakukan dengan membandingkan sensor suhu udara dan kelembaban udara DHT22 dengan alat ukur Hygro-Thermometer yang kemudian akan dilihat nilai eror pada sensor tersebut. Pengujian dilakukan saat siang hari dengan kondisi cuaca mendung dan sejuk, serta dengan rentang waktu pengambilan data setiap 5 menit sampai dengan 10 menit. Pada Tabel 1 dan Tabel 2 merupakan hasil pengujian sensor DHT22, data pada tabel tersebut menunjukkan sensor dalam keadaan baik dalam mengukur suhu udara maupun kelembaban udara dengan presentasi eror kurang dari 10%.

TABEL 1
HASIL PENGUJIAN SUHU UDARA

Uji Coba	Hygro-Thermometer (°C)	Sensor DHT22 (°C)	Nilai Error Sensor (%)
1	35	35,60	1,71
2	35,5	34,50	2,98
3	32,1	33,30	3,73
4	31,1	32,70	5,14
5	29,7	31,50	6,05

TABEL 2
HASIL PENGUJIAN KELEMBABAN UDARA

Uji Coba	Hygro-Thermometer (°C)	Sensor DHT22 (°C)	Nilai Error Sensor (%)
1	62	61,50	0,80
2	61	63,60	4,26
3	66	67,70	2,57
4	66	67,50	2,27
5	74	75,70	2,02

B. Pengujian Sensor YL-69

Pengujian pada sensor YL-69 sangat penting karena sensor ini adalah sensor utama dari alat penyiram tanaman otomatis ini, dimana sensor akan mendeteksi tingkat kelembaban tanah untuk dilakukan penyiraman. Dalam penelitian ini peneliti melakukan pengujian dengan uji coba kalibrasi sensor dengan menggunakan 2 sampel tanah yaitu, tanah dalam keadaan kering dan tanah dalam keadaan basah (terendam air). Pada Gambar 5 merupakan hasil pengujian, serta dapat dilihat hasil pengujian yang telah dilakukan sensor YL-69 dapat berfungsi dengan baik, keadaan tanah pada pembacaan sensor sesuai dengan kondisi pada 2 sample tanah yang telah disediakan, yaitu tanah kering dan tanah.





Gambar 15. Hasil pengujian sensor YL-69

C. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk menguji kinerja sistem alat penyiram tanaman otomatis di Desa Purwajaya. Pengujian dilakukan langsung pada lahan pertanian di Desa Purwajaya dengan merangkai semua komponen dan memasukkan program yang telah dibuat pada mikrokontroler. Pengujian ini akan menguji coba sistem mulai dari pembacaan nilai pada tiap-tiap sensor hingga kontrol *relay* terhadap pompa. Pengambilan data pada pengujian ini dilakukan pada siang hari dengan kondisi cuaca mendung, cukup berangin, serta dengan rentang waktu pengambilan data setiap 10 menit sampai dengan 20 menit. Pada Gambar 6 merupakan proses pemasangan alat dan pada Gambar 7 merupakan penempatan sensor YL-69 pada lahan pertanian di Desa Purwajaya. Tabel 3 merupakan hasil pengambilan data keseluruhan alat penyiram tanaman otomatis di Desa Purwajaya.



Gambar 17. Penempatan sensor YL-69

TABEL 3
HASIL PENGUJIAN ALAT PENYIRAMAN OTOMATIS

No	Waktu	Sensor DHT 22		Sensor YL-69	Pompa
		Suhu udara (oC)	Kelembatan Udara (%)	Kelembahan Tanah (%)	On/off
1	14.06	36,80	57,50	59	Off
2	14.16	38,00	55,50	59	Off
3	14.30	38,50	55,30	59	Off
4	14.40	38,60	53,70	62	Off
5	14.50	38,50	54,10	60	Off
6	15.05	37,90	55,70	62	Off
7	15.15	37,50	58,50	60	Off
8	15.25	35,50	64,20	64	Off
9	15.30	35,10	65,30	68	Off
10	15.45	34,40	68,50	58	Off
11	15.55	33,00	73,50	57	Off
12	16.05	31,10	75,20	58	Off
13	16.20	31,10	79,90	65	Off
14	16.30	31,20	79,90	65	Off
15	16.45	31,30	79,80	64	Off
Rata - rata		35,23	65,10	57,73	-

Pada Tabel 3 diatas dapat dilihat hasil dari pengujian keseluruhan alat penyiram tanaman otomatis berfungsi dengan baik, sensor yang digunakan juga mengalami perubahan nilai pada tiap-tiap waktunya. Sensor suhu dan kelembaban udara perubahan nilai dipengaruhi oleh faktor cuaca, dimana pada saat melakukan pengujian cuaca sedang mendung cukup berangin dan mulai pukul 15.30 terdapat rintik hujan mulai turun. Sedangkan pada sensor kelembaban tanah perubahan nilainya cenderung variatif sesuai dengan deteksi sensor terhadap tanah

D. Pengujian Daya

Pada pengujian ini penulis juga melakukan pengujian daya untuk mengetahui daya yang dikonsumsi pada tiap komponen yang digunakan pada alat penyiram tanaman otomatis. Kemudian pengujian daya juga dilakukan pada keseluruhan sistem dengan 2 kondisi yaitu ketika alat penyiram tanaman keadaan *stand by* dan ketika alat penyiram tanaman melakukan penyiraman, hasil pengujian daya listrik. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 16. Pemasangan Alat

TABEL 4
HASIL PENGUJIAN ALAT PENYIRAMAN OTOMATIS

No	Nama Komponen	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (Watt)
1.	Buck Converter	9	9,93	0,04965
2.	ESP32	9	122,4	1,1016
3.	Sensor DHT22	5	2,27	0,01135
4.	Sensor YL-69	5	3,88	0,0194
5.	LCD I2C 20x4	5	4,25	0,2125
6.	Relay (SSR)	3	7,21	0,02163
Pengujian Keseluruhan Keadaan Stand By				
7.	Alat Penyiram Tanaman Otomatis	221,5	4,50	0,99675
Pengujian Keseluruhan Keadaan Penyiraman				
9.	Alat Penyiram Tanaman Otomatis	221,5	6,75	1,495125

Setelah dilakukan pengukuran dan perhitungan pada tiap-tiap komponen maupun keseluruhan alat penyiram tanaman, maka didapat hasil total daya yang digunakan pada alat penyiram tanaman otomatis saat melakukan penyiraman adalah 1,495125 W.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Setelah dilakukan proses perancangan dan pengujian alat penyiram tanaman otomatis dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Dimana alat bekerja secara otomatis melakukan penyiraman tanaman ketika sensor kelembaban tanah YL-69 mendeteksi tanah dalam keadaan kering, dan akan berhenti ketika tanah terdeteksi dalam keadaan lembab dan basah. Kemudian Sensor DHT22 memiliki akurasi dengan persentase eror terhadap nilai suhu udara dan kelembaban udara kurang dari 10% yang didapat dengan melakukan perbandingan menggunakan alat ukur Hygro-Thermometer, sensor tersebut membaca dengan sangat baik. Sedangkan untuk sensor YL-69 tingkat akurasi kelembaban tanah dapat diatur kembali pada kode program sesuai dengan kebutuhan kelembaban tanah pada daerah tanah tertentu.

B. Saran

Diperlukan pengembangan sistem lebih lanjut dengan sensor-sensor lain yang memiliki spesifikasi dan akurasi yang lebih tinggi. Kemudian alat ini juga dapat diubah atau ditingkatkan dengan menggunakan sumber listrik alternatif yang dapat berfungsi secara mandiri seperti PLTS. Alat ini dapat dikembangkan dengan metode penyiraman lainnya, seperti metode penyiraman terjadwal pada tanaman-tanaman tertentu, untuk memberikan fleksibilitas yang lebih besar dalam pengaturan penyiraman tanaman. Diperlukan pompa air dan sistem pengairan yang lebih baik dengan tenaga yang lebih besar, agar alat yang diimplementasikan dapat menjangkau lebih luas lahan pertanian yang diperlukan.

REFERENSI

[1] A. Auhaz, " Prototipe alat monitoring dan penyiram tanaman berbasis IoT," *Skripsi*, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. 2022.

[2] F. Saputra, "Analisis ketersediaan dan kebutuhan air irigasi untuk pertanian di Kecamatan Padang Ganting Kabupaten Tanah Datar," *Jurnal Buana*, vol. II, no. 2, pp. 585-586, 2018.

[3] M. Nizam, H. Yuana, dan Z. Wulansari "Mikrokontroler ESP32 sebagai alat monitoring pintu berbasis web," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 6 , no. 2, pp. 767-768, 2022.

[4] H. S. S. A. M. Dwiki Fadhilah, "Design an internet of things-based automatic wateringtool with Whatsapp Notifications", *e-Proceeding of Engineering*, vol. VIII, no. 6, pp. 11818-11818, 2021.

[5] A. Yuandika dan B. N. Jati "Sistem monitoring level air, kelembaban, dan suhu di danau Politeknik Negeri Samarinda," *PoliGrid*, vol. 4, no. 01, pp. 1-10, 2023.

[6] "Liquid Crystal Display (LCD) 20x4," *blogUNNES*, 13 Oktober 2019. [Online]. Available: <https://blog.unnes.ac.id/antosupri/liquid-crystal-display-lcd-16-x-2/>. [Accessed 31 Oktober 2023].

[7] M. D. K. Aji, J. Jamaaluddin, I. Anshory, dan A. Ahfas "Implementation of RFID for verification of PC Usage in the UMSIDA’s Electrical Engineering Laboratory based on the internet of things," *Procedia of Engineering and Life Science*, vol. 1, no. 2, pp. 1-8, 2021.

[8] E. Kustiawan,, "Meningkatkan efisiensi peralatan dengan menggunakan solid state relay (SSR) dalam pengaturan suhu pack pre-heating oven (PHO)," *Jurnal STT YUPPENTEK*, vol. 9, no. 1, pp 1-6, 2018.

[9] I. Nugrahanto, "Pembuatan water level sebagai pengendali water pump otomatis berbasis transistor," *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik - Sistem*, vol. 13 no. 1, pp. 59-60, 2017.

[10] J. S. Wakur, "Alat penyiram tanaman otomatis menggunakan Arduino Uno," *Skripsi*, Politeknik Negeri Manado, 2015.

[11] Z. W. Kusuma, S. Pradana, dan A. H. Kurniawan "Rancang bangun modul praktikum penggunaan bipolar junction transistor sebagai sakelar berbasis Arduino Mega," *PoliGrid*, vol. 1, no. 1, pp. 14-23, 2020.

[12] A. Hasan, "Sistem monitoring suhu dan kelembaban pada inkubator bayi berbasis internet of things," *Skripsi*, Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2019.

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.

$$\Phi = I \times \omega \tag{1}$$

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \omega = 4\pi \tag{2}$$

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.

$$K = \frac{\Phi}{P} \tag{3}$$

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.

$$E = \frac{I}{d^2} \tag{4}$$

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 [\[9\]](#).

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

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 :

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

c. Menentukan Kapasitas Panel Surya

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

$$ET = \text{waktu backup} \times P \times \text{waktu kerja beban} \tag{7}$$

Sehingga :

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

Keterangan :

- P_{modul surya}* = Watt Peak (*W_p*)
- Insolasi Matahari* = Hari per jam (*h/jam*)
- Energi Total* = Daya (*Watt*)

d. Menentukan Kapasitas SCC

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

$$I_{\text{max}} = \frac{P_{\text{modul surya}}}{V_s} \tag{9}$$

Keterangan :

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

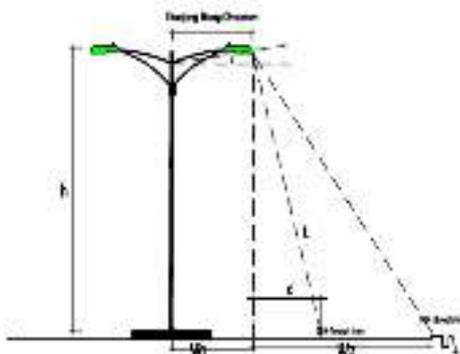
3). Menentukan Sudut Stang Ornamen Tiang LPJUTS

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

$$t = \sqrt{h^2 + c^2} \tag{10}$$

Sehingga :

$$\text{Cos } \varphi = \frac{h}{t} \tag{11}$$



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	Batterai 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

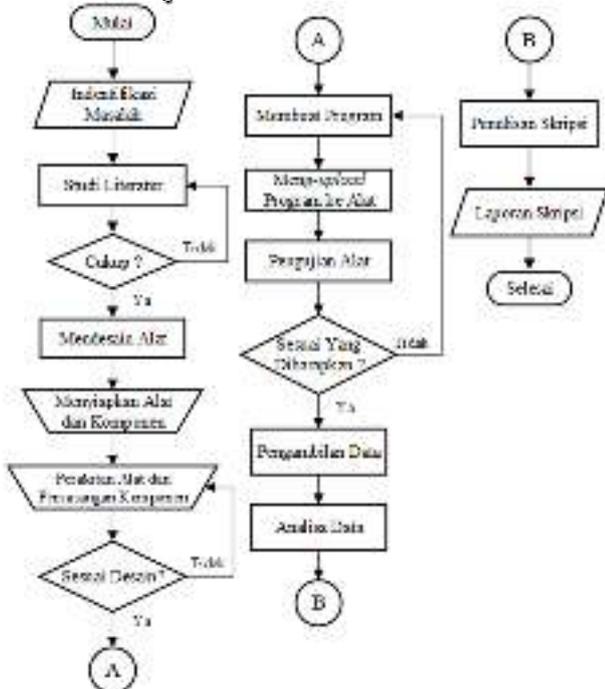
3.) *Komponen Kontrol*

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*



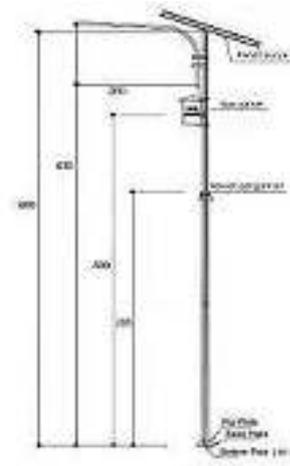
Gambar 18. *Flowchart* langkah penelitian.

Submitted: 08/08/2024; Revised: 09/12/2024;
Accepted: 10/12/2024; Online first: 10/12/2024
<https://doi.org/xx.xxxx>

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.

$$t = \sqrt{h^2 + c^2} \tag{10}$$

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

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

Pada Persamaan 9 dihasilkan nilai *t* sebesar 6.324 m

$$\cos \varphi = \frac{h}{t} \tag{11}$$

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

$$\cos \varphi = 0.948$$

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

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

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.

$$E = \frac{I}{d^2} \tag{4}$$

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

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

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.

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \tag{2}$$

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

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

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.

$$K = \frac{\Phi}{P} \tag{3}$$

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

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

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/m² per hari. Satu jam puncak matahari setara dengan 1 kWh/m² sehingga insolasi matahari = 4.3h/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.

$$ET = \text{waktu backup} \times P \times \text{waktu kerja beban} \tag{7}$$

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

Pada Persamaan 7 dihasilkan nilai ET sebesar 920Wh

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

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

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

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 920Wh dan tegangan yang digunakan pada beban sebesar 12V. Maka dapat ditentukan dengan melakukan perhitungan kapasitas baterai pada Persamaan 5.

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

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

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

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

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

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

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.:

$$I_{\text{max}} = \frac{P_{\text{modul surya}}}{V_s} \tag{9}$$

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

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

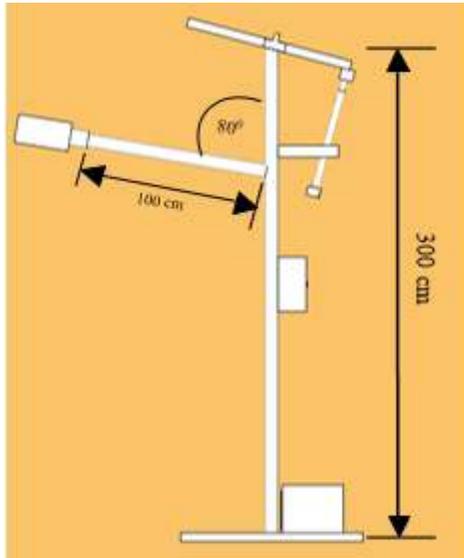
Dari seluruh perhitungan perancangan desain PJUTS pada penelitian ini akan diperkecil untuk merancang sebuah miniatur. Ukuran tersebut akan diskalakan menjadi 1 : 2 dari hasil perhitungan sehingga didapat hasil ukuran miniatur yang dijelaskan pada [Tabel 4](#) dan gambar desain perancangan miniatur pada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

TABEL 4.
HASIL PERHITUNGAN PERANCANGAN UNTUK DESAIN MINIATUR

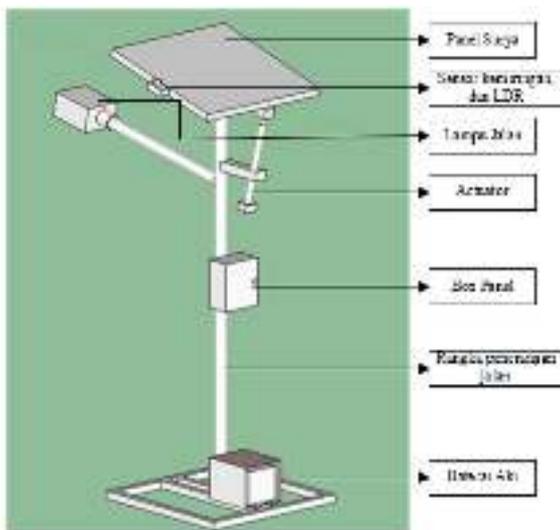
No.	Komponen	Ukuran Sebenarnya	Ukuran Miniatur
1	Tinggi tiang	6 meter	3 meter
2	Sudut stang ornament	20 ^o	10 ^o
3	Panel surya	200 Wp	100 Wp
4	Baterai	100 Ah	50 Ah
5	SCC	20 A	10 A
6	Lampu LED	40 Watt	20 Watt

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.



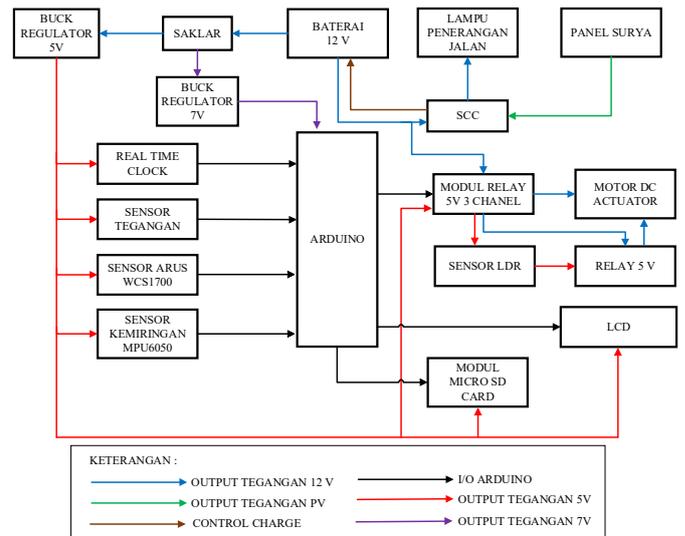
Gambar 20. Ukuran desain miniatur *solar tracker*.



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 <i>error</i> 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 <i>error</i> (%)
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 <i>error</i> 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 SUDUT DARI HANDPHONE

No	Hasil pengukuran kemiringan sudut menggunakan sensor MPU6050	Pengukuran kemiringan sudut digital (menggunakan <i>handphone</i>)	Persentase error (%)
1	5 ^o	5 ^o	0
2	10 ^o	10 ^o	0
3	15 ^o	15 ^o	0
4	20 ^o	20 ^o	0
5	25 ^o	25 ^o	0
6	30 ^o	30 ^o	0
7	40 ^o	40 ^o	0
8	50 ^o	50 ^o	0
9	60 ^o	60 ^o	0
10	71 ^o	70 ^o	0.0143
Total persentase <i>error</i> 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 KΩ	ON	NC menjadi terbuka NO menjadi tertutup
2		Cahaya gelap dengan resistansi > 6.04 KΩ	OFF	NC tetap NO tetap
3	LDR 2	Cahaya terang dengan resistansi < 9.76 KΩ	ON	NC menjadi terbuka NO menjadi tertutup
4		Cahaya gelap dengan resistansi > 9.76 KΩ	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.



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

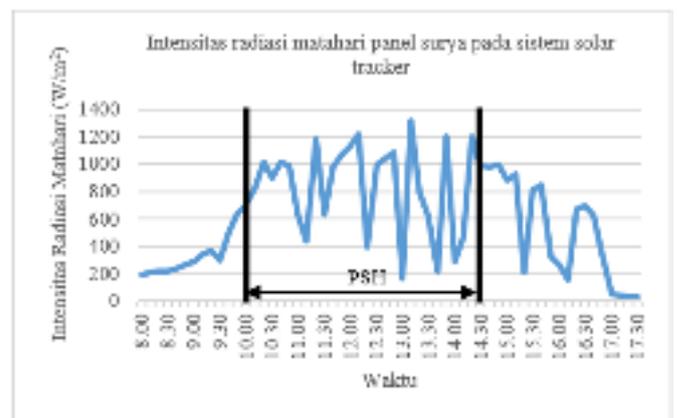
Data Solar Tracker Pada MicroSD Card					
Tanggal	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Kemiringan (°)
20/06/2024	08.00	12.16	0.53	6.44	32° Timur
20/06/2024	09.00	12.41	1.01	12.53	30° Timur
20/06/2024	10.00	12.68	1.83	23.20	24° Timur
20/06/2024	11.00	12.69	1.83	23.22	15° Timur
20/06/2024	12.00	12.71	1.82	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.

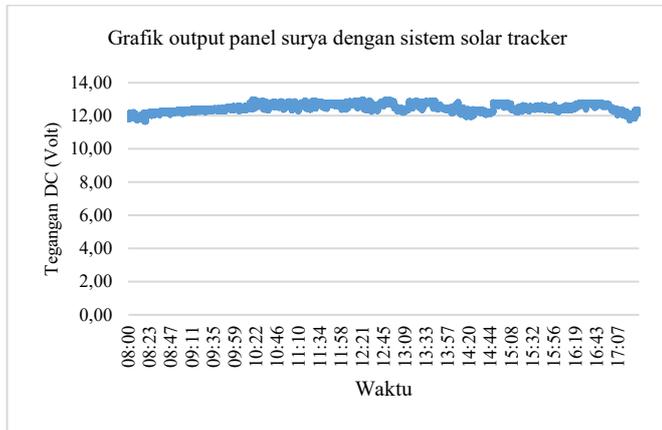


Gambar 30. Grafik hasil intensitas radiasi matahari dari sistem solar tracker.

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.

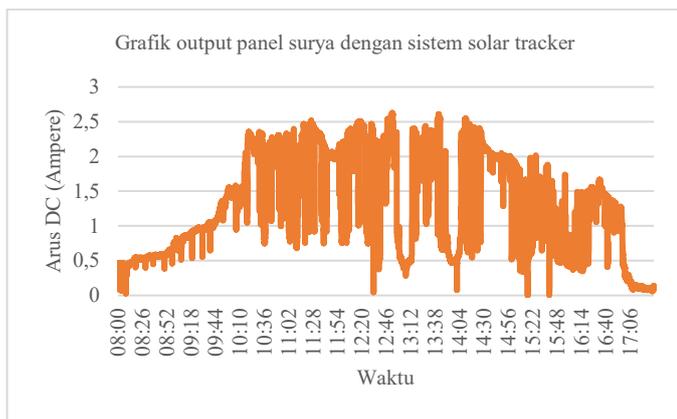
Dari hasil sistem solar tracker yang mengikuti matahari dan menerima radiasi matahari yang optimal telah terbentuk sebuah grafik intensitas radiasi matahari yang diperoleh oleh sistem solar tracker yang ditunjukkan Gambar 30. Karakteristik

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.

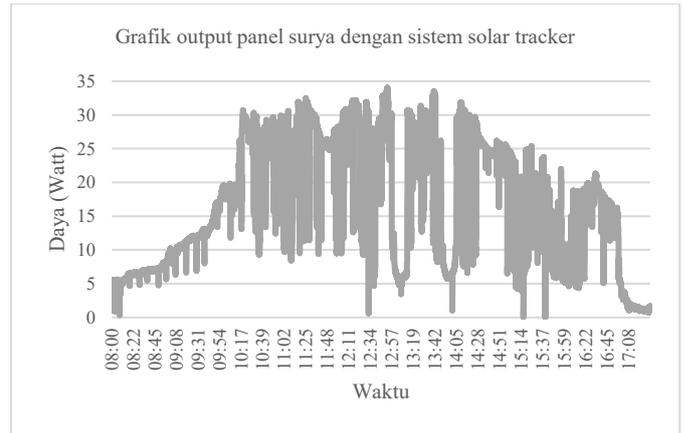


Gambar 31. Grafik hasil *output* tegangan panel surya dari sistem *solar tracker*.

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.

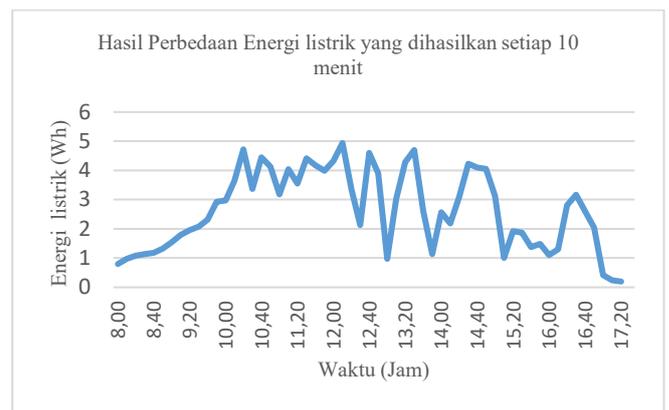


Gambar 32. Grafik hasil *output* arus panel surya dari sistem *solar tracker*.



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. Soleimanezhad, 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].

Penerapan Aplikasi Factory I/O Untuk Proses Kontrol Simulasi Dengan Animasi Sortir Benda Logam Dan Nonlogam Berbasis PLC

Farras Aprilistian Ardana¹, Erry Yadie², Prihadi Murdiyati³
^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda
 erryadie@polnes.ac.id

Abstrak- Perkembangan teknologi industri modern menuntut pemahaman yang mendalam tentang penggunaan *Programmable Logic Controller* (PLC). PLC merupakan perangkat elektronika digital dengan memori yang dapat diprogram untuk menjalankan instruksi khusus seperti operasi aritmetika, pewaktu, pencacah, logika, dan sekuensial guna mengendalikan perangkat dalam suatu sistem. Namun, kurangnya sarana pembelajaran menyebabkan rendahnya tingkat pemahaman mahasiswa mengenai konsep dasar dan praktik PLC. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan aplikasi Factory I/O sebagai media pembelajaran penggunaan PLC bagi mahasiswa Teknik Elektro, dengan fokus pada sebuah studi kasus sistem penyortiran benda logam dan nonlogam. Factory I/O adalah *software* simulasi yang memungkinkan perancangan dan pengujian sistem kontrol industri secara virtual. Dalam penelitian ini, Factory I/O digunakan untuk merancang simulasi pabrik yang kemudian dikendalikan oleh PLC dan dimonitor melalui HMI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini berhasil memisahkan benda logam dan nonlogam serta memberikan gambaran nyata tentang implementasi teori di industri. Dengan demikian, aplikasi Factory I/O yang dikombinasikan dengan PLC dan HMI dapat dimanfaatkan sebagai sarana pembelajaran pada mata kuliah PLC.

Kata kunci: Factory I/O, PLC, HMI, Media Pembelajaran.

I. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi industri modern, pemahaman konsep dan praktik penggunaan *Programmable Logic Controller* (PLC) menjadi keterampilan yang sangat penting bagi para mahasiswa teknik khususnya pada mahasiswa Teknik Elektro. NEMA mengartikan PLC sebagai perangkat elektronika digital yang memanfaatkan memori yang bisa diprogram untuk memuat serangkaian perintah yang mengatur instruksi khusus, seperti logika, urutan, pengaturan waktu, perhitungan, dan operasi aritmetika. Dengan penggunaan modul I/O digital dan analog, PLC ini digunakan untuk mengoperasikan berbagai perangkat pada sebuah proses [1].

Pada konteks pembelajaran pada mata kuliah PLC kurangnya sarana atau bahan pembelajaran dapat menurunkan tingkat pemahaman mahasiswa terkait konsep konsep dasar dan praktik penggunaan PLC itu sendiri, yang mana hal ini akan sangat penting bagi setiap mahasiswa ketika telah lulus dari sebuah perguruan tinggi vokasi khususnya, maka dari itu pendekatan yang menarik dan interaktif menjadi salah satu kunci untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap

konsep-konsep dasar dan praktik penggunaan PLC. Salah satu cara untuk mencapai hal ini adalah melalui penggunaan sebuah aplikasi simulasi plant industri yang realistis, seperti Factory IO.

Klasifikasi bahan logam dan nonlogam dalam dunia industri sering dilakukan karena kedua bahan tersebut mempunyai sifat, kegunaan, proses produksi, dan pengelolaan limbah yang berbeda serta untuk faktor keamanan lingkungan bersama. Dalam sistem penyortiran, PLC digunakan untuk mengontrol perangkat seperti *conveyor*, sensor pendeteksi logam (*proximity inductive*), aktuator pemisah, dan lainnya untuk memisahkan benda logam dan nonlogam.

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan aplikasi Factory IO sebagai media pembelajaran untuk mata kuliah PLC, dengan fokus pada studi kasus sistem pemilahan logam dan nonlogam. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan kualitas pembelajaran pada mata kuliah PLC, dan mempersiapkan mahasiswa dengan keterampilan yang relevan dan diperlukan dalam dunia industri.

II. LANDASAN TEORI

A. Simulasi

Simulasi adalah sarana untuk mereplikasi atau mendeskripsikan fitur, tampilan, serta sifat-sifat dari sistem yang sebenarnya. Gagasan utama dari simulasi adalah untuk mereplikasi situasi dunia sebenarnya dengan metode matematis, lalu mempelajari ciri maupun aspek operasinya dan menarik kesimpulan serta menghasilkan keputusan berdasarkan hasil simulasi. Karena cara ini, sistem dalam kehidupan nyata tidak perlu diintervensi atau dimodifikasi hingga diketahui kelebihan dan kekurangan dari suatu keputusan [2].

B. Factory I/O

Factory I/O merupakan sebuah simulasi plant yang berwujud 3 dimensi dirancang guna memahami sistem otomasi. Didesain agar mudah digunakan, memungkinkan untuk membangun pabrik virtual dengan cepat menggunakan pilihan komponen industri yang umum digunakan [3]. Menggunakan perintah drag dan drop, perangkat lunak Factory I/O memanfaatkan keterbaruan teknologi untuk memfasilitasi pembuatan sistem industri 3D dengan lebih cepat dan mudah.

Sistem yang dibuat menggunakan Factory I/O dapat dikendalikan secara langsung dalam waktu nyata [4].

Factory I/O memiliki banyak pilihan I/O Drivers yang dapat digunakan untuk menjalankan scene yang telah dibuat sebelumnya, hal ini menjadi salah satu keunggulan, karena dengan ini Factory I/O menjadi software yang fleksibel dalam penggunaannya. Berikut adalah beberapa pilihan driver yang dapat digunakan :

- Advantech USB 4750 & USB 4704
- Allen-Bradley Logix5000
- Automgen Server
- Control I/O
- Modbus TCP/IP Client
- Modbus TCP/IP Server
- OPC Client DA/UA
- Siemens LOGO!
- Siemens S7-PLCSIM

Dari berbagai driver yang tersedia, dipilih driver yang berbasis pada Modbus TCP/IP Client karena pada penelitian ini digunakan hardware PLC Schneider Modicon M221. Selain PLC Schneider, jenis PLC lain juga dapat dikonfigurasi pada software Factory I/O yakni seperti PLC Siemens, Omron, maupun jenis PLC lain yang support terhadap protokol Modbus TCP/IP.

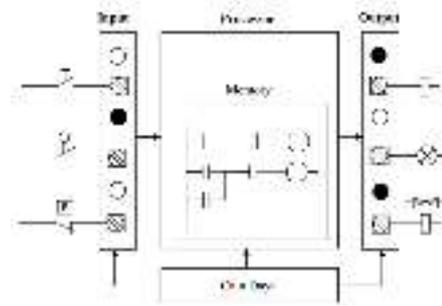
C. Programmable Logic Controller (PLC)

Pengertian PLC menurut National Electrical Manufactures Association (NEMA) merupakan sebuah perangkat elektronika digital yang memanfaatkan sebuah memory yang bisa diprogram untuk memuat beberapa perintah dari sebuah instruksi khusus seperti operasi matematika, timer, counter, logika, dan sekuensial untuk mengontrol perangkat dalam suatu sistem. PLC dibuat sebagai pengganti sistem kendali konvensional, dengan gagasan utama mengganti kontrol relai, timer, counter, dan sebagainya yang diperlukan untuk menerapkan rangkaian kontrol [5].

Ada 4 bagian utama dari perangkat PLC, yang meliputi [6]:

1. Central Processing Unit (CPU) – berdasar pada program, prosesor mengendalikan peralatan atau sistem.
2. Input – diperlengkap dengan interface antara PLC dan peralatan masukan diluar PLC.
3. Output - diperlengkap dengan interface antara PLC dan peralatan keluaran diluar PLC.
4. Power supply – diperlengkap dengan berbagai tingkat tegangan yang diinginkan untuk processor atau komponen input dan output.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram sistem kontrol PLC [6].

D. Bahasa Pemrograman

IEC 1131-3 menetapkan dua bahasa pemrograman berbasis grafis dan dua bahasa pemrograman berbasis teks:

Bahasa pemrograman berbasis grafis antara lain:

1. Diagram tangga (LD)
2. Function Block Diagram (FBD).

Bahasa pemrograman berbasis teks antara lain:

1. Instruction List (IL)
2. Structured Text (ST)

Selain itu IEC 1131 juga menetapkan bahasa pemrograman yang berfokus pada objek yang dikenal sebagai Sequential Function Chart (SFC). SFC terkadang diklasifikasikan sebagai bahasa IEC 1131-3. Namun pada penelitian ini penulis hanya akan membahas bahasa pemrograman Ladder Diagram [6].

Micro Control (1999), menjelaskan ladder diagram menampilkan program dengan bentuk grafik. Diagram ini berasal dari rangkaian rele yang tersusun yang mengilustrasikan aliran arus listrik. Pada diagram tangga terdapat 2 garis vertikal yang mana garis vertikal sebelah kiri terhuung dengan sumber tegangan plus (+) pada power supply dan garis sebelah kanan terhubung dengan sumber tegangan mines (-) pada power supply. Program ini dibuat menggunakan bentuk pictorial atau lambang yang identik dengan circuit konvensional. Program ditampilkan pada layar dengan elemen-elemen seperti kontak NO, kontak NC, pewaktu, sequencer dll. ditampilkan seperti dalam bentuk pictorial. Diagram tangga disusun oleh dua vertical line yang menggambarkan rel daya. Di antara vertical line tersebut disusun horizontal line yang disebut rung yang digunakan untuk meletakkan komponen sistem kendali [7].

E. PLC Schneider Modicon M221

PLC Schneider Modicon M221 adalah sebuah kontroler logika yang dapat diprogram, dipasang pada industri dan digunakan untuk mengontrol proses otomatisasi. Diproduksi oleh Schneider Electric, PLC ini dirancang dengan ukuran yang ringkas namun memberikan performa tinggi. PLC ini mendukung berbagai bahasa pemrograman dan protokol komunikasi industri untuk integrasi yang lebih baik dengan perangkat dan sistem lain dalam lingkungan industri [8].

Sebagai perangkat yang dapat diprogram, PLC Schneider Modicon M221 memungkinkan pengguna untuk mengembangkan program kontrol yang disesuaikan dengan

kebutuhan spesifik aplikasi industri, seperti pengendalian mesin, proses manufaktur, dan sebagainya. Keamanan terintegrasi, kemampuan komunikasi yang baik, dan fleksibilitas dalam pengembangan program menjadi ciri utama PLC Schneider Modicon M221 [8]. Untuk bentuk fisiknya dapat dilihat pada [Gambar 2](#).



Gambar 2. Bentuk Fisik PLC Schneider Modicon M221 [8].

F. EcoStruxure Machine Expert Basic V1.2.1

EcoStruxure Machine Expert - Basic adalah alat pemrograman grafis yang dirancang untuk membantu mengkonfigurasi, mengembangkan, dan menjalankan program untuk *Programmable Logic Controller*. *Software* ini menyediakan antarmuka yang mudah digunakan, sehingga dapat digunakan oleh pengguna dengan berbagai tingkat pengalaman.

EcoStruxure Machine Expert juga merupakan penerus dari perangkat lunak pemrograman Schneider Electric SoMachine, menawarkan kompatibilitas dengan versi sebelumnya. EcoStruxure Machine Expert - Basic juga menyediakan fitur simulasi yang memungkinkan para pengembang menguji dan memvalidasi program mereka tanpa harus terhubung ke perangkat keras fisik. Hal ini mempercepat siklus pengembangan dan meminimalkan risiko kesalahan saat program diimplementasikan pada lingkungan produksi [9].

G. Human Machine Interface (HMI)

Human Machine Interface (HMI) merupakan perangkat *interface* antara peralatan atau pabrik dengan seorang operator. Kebanyakan HMI tersusun oleh sebuah *center computer* atau beberapa *computer* terpisah yang digunakan untuk memantau dan mengendalikan peralatan, pabrik, dan *process*. Maksud dari penggunaan HMI ialah untuk menghimpin serta menunjukkan informasi dari sebuah proses pada *plant*. HMI bisa difungsikan secara langsung dengan PLC. Dengan berkembangnya teknologi yang semakin maju, penggunaan keduanya secara berdampingan menjadi sebuah keharusan pada pembuatan mesin produksi. Hal ini harus dilakukan karena meminimalisir kesalahan manusia dan menghindari ketergantungan manusia terhadap kapasitas produksi [10]. Pada penelitian ini penulis menggunakan *Human Machine Interface* (HMI) dari Schneider Electric dengan seri HMIGTO3510 yang dapat dilihat pada [Gambar 3](#).



Gambar 3. Bentuk fisik HMIGTO3510 [11].

H. Vijeo Designer 6.2

Vijeo Designer 6.2 adalah sebuah *software* yang bisa digunakan untuk membuat panel operator serta mengonfigurasi parameter operasi untuk *Human Machine Interface* (HMI). *Software* ini menyediakan semua *tools* yang digunakan untuk membuat proyek HMI, mulai dari akuisisi data hingga pembuatan dan tampilan animasi gambar [12].

Dengan Vijeo Designer, kita dapat mengonfigurasi panel HMI untuk berkomunikasi secara bersamaan dengan berbagai perangkat Schneider Electric dan pihak ketiga yang berbeda. Unit HMI berikut ini dapat dirancang dan dikonfigurasi menggunakan *software* Vijeo Designer [12]:

1. Seri XBT GC
2. Seri XBT GT
3. Seri XBT GK
4. Seri XBT GTW
5. Seri XBT GH
6. Seri Compact iPC
7. Seri Smart iPC
8. Seri HMIGTO
9. Seri HMIGTU
10. Seri HMISTO
11. Seri HMISTU

I. Logam dan Nonlogam

Logam dapat diartikan sebuah unsur kimia yang memiliki sifat sebagai berikut: Lentur, kuat, keras, konduktor listrik dan panas, berkilau, dan umumnya memiliki titik leleh yang tinggi [13]. Logam dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu logam ferro (besi) dan logam non ferro (bukan besi). Paduan logam yang tersusun dari kombinasi besi dan karbon disebut logam ferro sedangkan logam non-ferro merupakan logam yang secara kimiawi tidak mengandung unsur besi (Fe), sehingga disebut sebagai logam non-ferro [14].

Unsur nonlogam adalah unsur yang tidak mempunyai ciri yang serupa dengan logam. Secara umum, unsur-unsur non logam berbentuk gas atau padatan pada suhu serta tekanan normal. Nonlogam adalah kumpulan unsur kimia yang memiliki sifat elektronegatif, artinya elektron valensi dari atom lain lebih mudah ditarik daripada ketika melepaskan. Kebanyakan unsur nonlogam dapat dijumpai pada bagian atas tabel periodik, selain unsur hidrogen yang terletak di kiri atas bersanding dengan logam alkali [15].

J. Sensor Proximity Inductive

Salah satu komponen yang dapat menentukan ada atau tidaknya suatu benda adalah sensor *proximity*. Sensor jarak induktif banyak digunakan untuk mendeteksi benda logam non-kontak pada jarak tertentu. Sensor induktif mengidentifikasi benda logam yang berdekatan dengan mengukur arus yang dihasilkan oleh medan magnet. Sensor jarak semacam ini beroperasi melalui teknik induktif dan kapasitif, yang mengandalkan medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh osilator frekuensi tinggi di sekitar permukaan sensor. Amplitudo getaran di sekitar sensor dipengaruhi oleh jenis zat logam tertentu yang memiliki efek material induktif dan kapasitif [16]. Untuk bentuk fisiknya dapat dilihat pada [Gambar 4](#).

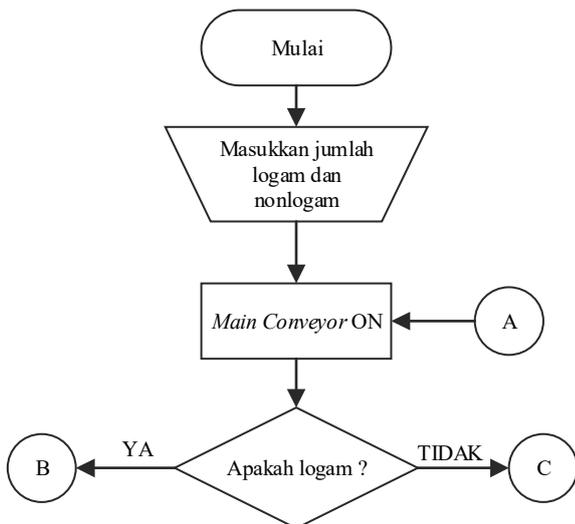


Gambar 4. Bentuk fisik sensor *proximity inductive* [16].

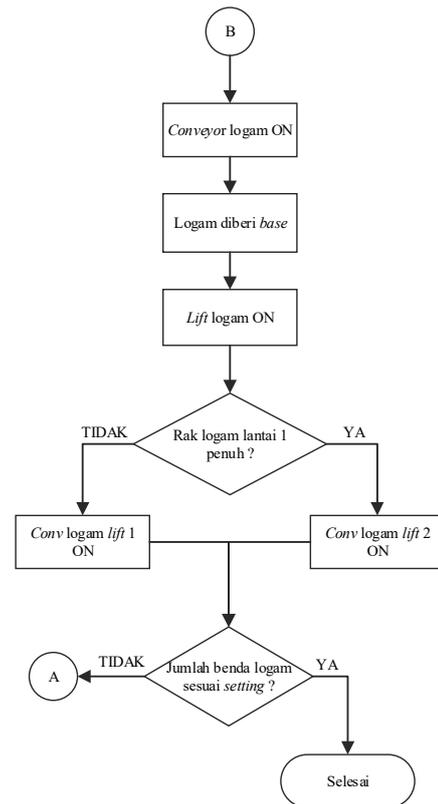
III. METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir (Flowchart) Prinsip Kerja Sistem

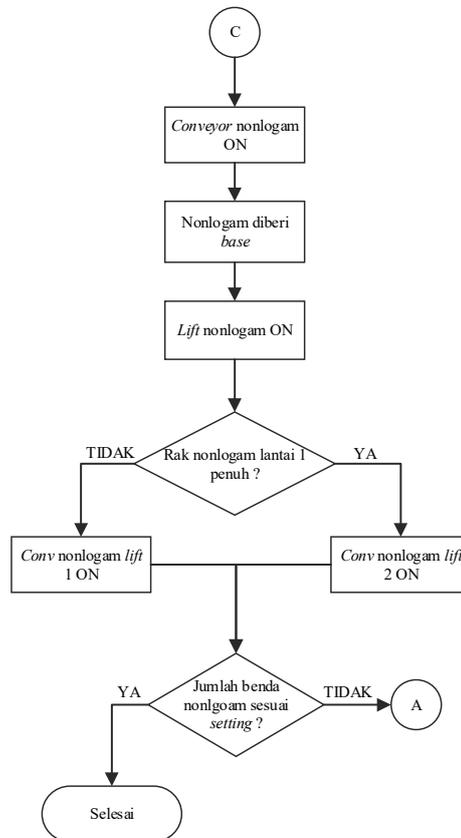
Proses prinsip kerja sistem dengan judul Penerapan Aplikasi Factory I/O Untuk Proses Kontrol Simulasi Dengan Animasi Sortir Benda Logam Dan Nonlogam Berbasis PLC memiliki beberapa tahapan, yaitu dapat dilihat pada [Gambar 5](#), [Gambar 6](#), dan [Gambar 7](#).



Gambar 5. Diagram alir (flowchart) prinsip kerja sistem



Gambar 6. Diagram alir (flowchart) prinsip kerja sistem (lanjutan)



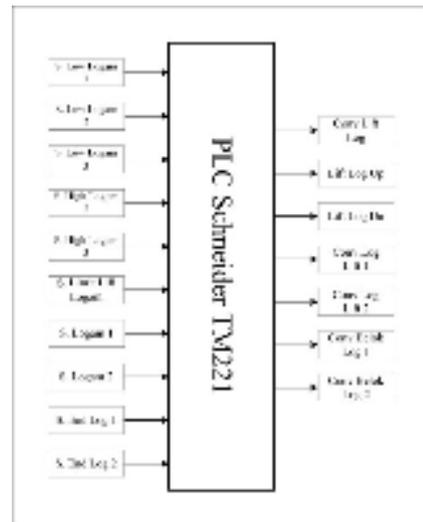
Gambar 7. Diagram alir (flowchart) prinsip kerja sistem (lanjutan)

B. Diagram Blok Sistem

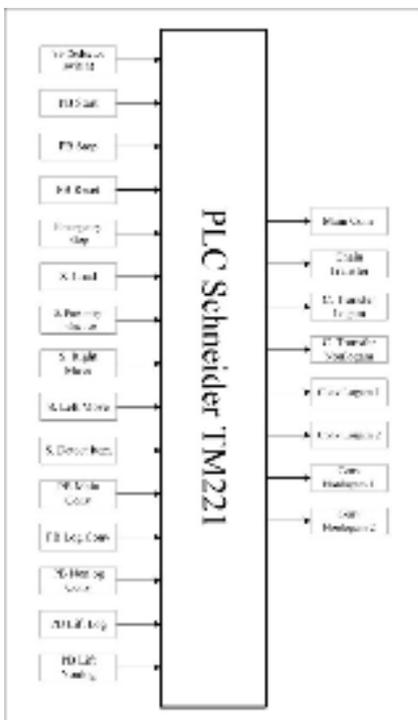
Pada diagram blok ini terdapat komponen *input* dan *output* PLC yang terhubung ke pin PLC Schneider TM221. Komponen ini terdiri dari sensor *proximity inductive*, *proximity capacitive*, *infrared* serta beragam jenis *conveyor*. Pada sistem ini diagram blok dibagi menjadi 5 bagian, yakni sebagai berikut :

1. Diagram blok sistem utama
2. Diagram blok lengan robot benda logam
3. Diagram blok lengan robot benda nonlogam
4. Diagram blok *lift* benda logam
5. Diagram blok *lift* benda nonlogam

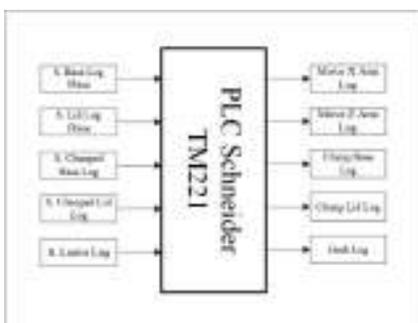
Karena diagram blok lengan robot serta *lift* pada logam dan nonlogam hanya terdapat perbedaan penamaan saja maka untuk diagram blok nonlogam dapat diwakilkan dengan diagram blok logam. Berikut diagram blok sistem pada rancangan sistem sortir benda logam dan nonlogam dapat diperhatikan pada [Gambar 8.](#) s/d [Gambar 10.](#)



Gambar 10. Diagram blok *lift* benda logam.



Gambar 8. Diagram blok sistem utama.



Gambar 9. Diagram blok lengan robot benda logam.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Program PLC

Dalam pembuatan program *ladder diagram* digunakan *software programming* yakni Machine Expert Basic. Pada program yang telah dibuat terdapat 10 *section* yang terdiri dari :

- 1) Sortir Sistem
- 2) Main Robot
- 3) Log Robot
- 4) Nonlog Robot
- 5) Lift Logam
- 6) Lift Nonlogam
- 7) To Hardware
- 8) HMI Tampak Atas
- 9) HMI Tampak Samping (Logam)
- 10) HMI Tampak Samping (Nonlogam)

B. Pengujian Program Ladder PLC

Pengujian program *ladder* PLC pada sistem ini meliputi pengujian seluruh komponen *input* dan *output* yang terdapat pada program. Pengujian dilakukan pada mode *auto* yaitu pengujian ketika terdapat masukkan benda logam. *Input* dan *output* program ini akan diuji dengan menampilkan nilai dalam bentuk logika yakni hanya 1 dan 0 untuk tiap *input* atau *output*-nya.

Data hasil pengujian ini disajikan dalam bentuk tabel, pada tabel ini akan dibandingkan kondisi *input* dan *output* dalam beberapa langkah pengujiannya, untuk tabel pengujian mode *auto* dengan masukkan benda logam dapat dilihat pada Gambar 11.

TABEL PENGUJIAN BENDA LOGAM																												
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
INPUT	SS Auto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	
	PB Start	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	1	
	PB Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	PB Stop	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	1	0	
	S. Proximitv Inductive	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	S. Load	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	S. Right Move	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	S. Sum Log Base	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	S. Base Log Place	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	S. Lid Log Place	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	S. Clamped Base Log	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	S. Clamped Lid Log	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	S. Detect Log	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	S. Leave Log	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	S. Low Logam 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	0	0	0	1	0	0	
	S. Low Logam 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	S. High Logam 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	S. Low Logam 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	1	1	0	0	0	0	
	S. High Logam 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	1	0	0	0	0	
	S. Limit Lift Logam L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		1	0	0	0	0	0	0	0	
	S. Limit Lift Logam R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0		0	1	1	0	0	0	0	0	
	S. Detect Item	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	S. Logam 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	S. Logam 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	1	0	0	0	0	
	S. End Log 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	S. End Log 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	1	0	0	
	Emergency Stop	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	1	
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
OUTPUT	Move X Arm Log	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0		
	Move Z Arm Log	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	Raise Log	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
	Conv Lift Log	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0		1	0	0	1	0	0	0	0	
	Lift Log Dn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	1	0	0	0	
	Lift Log Up	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0		0	1	1	0	0	0	0	0	
	Slow Logam	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0		0	0	1	1	0	0	0	0	
	Conv Log Lift 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1		0	0	0	0	0	0	0	
	Conv Log Lift 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	1	1	1	0	0	
	Conv Belok Log 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1		0	0	0	0	0	0	0	
	Conv Belok Log 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	1	1	1	0	0	
	Ext Conv Log 1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0		1	0	0	0	0	1	0	0
	Ext Conv Log 2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0		1	0	0	0	0	1	0	0
	Main Conv	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	0	0
	Chain Transfer	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
	C. Transfer Logam	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
	Conv Logam 1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0		1	0	0	0	0	1	0	0
	Conv Logam 2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0		1	0	0	0	0	1	0	0
	Base Log	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
	Clamp Base Log	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
Clamp Lid Log	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
Grab Log	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 11. Pengujian mode *auto* dengan masukkan benda logam.

Dapat dilihat pengujian sistem pada mode *auto* dengan memasukkan benda logam, sistem ini akan mulai beroperasi ketika *selector switch* dipindah pada posisi *auto* kemudian tombol *start* ditekan. Selanjutnya sistem akan bekerja secara otomatis dalam melakukan pemilahan, umumnya setiap *output* akan aktif ketika dipicu oleh sensor-sensor yang terdapat pada sistem ini. Sistem ini akan berhenti ketika tombol *stop* ataupun tombol *emergency* ditekan, namun ketika dihentikan dengan tombol *emergency*, maka untuk mengaktifkan sistem ini kembali harus *me-reset* tombol *emergency* terlebih dahulu.

C. Program HMI

Dalam pembuatan program HMI digunakan *software programming* yakni Vijeo Designer 6.2. Pada program terdapat 7 panel yang terdiri dari :

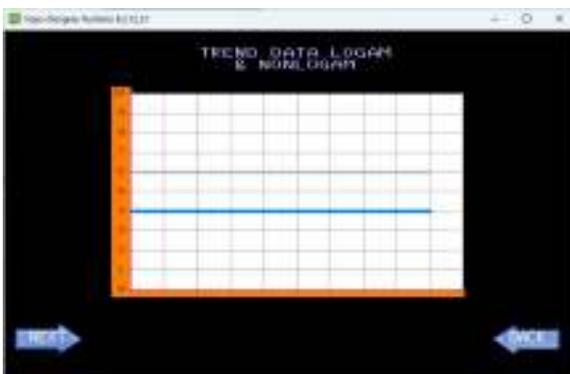
- 1) Home page
- 2) Plant Utama
- 3) Value Setting
- 4) Trend Data
- 5) Tampak Atas
- 6) Tampak Samping 1
- 7) Tampak Samping 2

D. Pengujian Program HMI

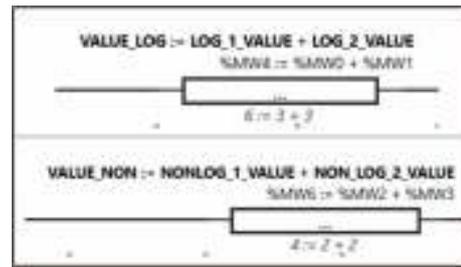
Pengujian program HMI pada sistem ini meliputi pengujian seluruh *object* pada setiap panel. Pada pengujian ini *object* akan diuji per setiap *panel*-nya, setiap *object* yang diuji akan dibandingkan dengan program *ladder* pada PLC. Berikut adalah pengujian setiap *panel*-nya :

1) Trend Data (panel 4)

Pada panel ini yang diuji adalah kesesuaian antara nilai pada *object trend graph* yang terdapat pada HMI dengan *memory word* pada PLC, pada pengujian ini *memory word* diberi nilai, yang mana untuk *memory word* dengan alamat %MW4 diberi nilai 6 (benda logam) sedangkan *memory word* dengan alamat %MW6 diberi nilai 4 (benda nonlogam), kemudian akan dibandingkan antara *memory word* pada PLC dengan *object trend graph* yang terdapat pada HMI. Berikut pengujiannya dapat diperhatikan pada Gambar 12. dan Gambar 13.



Gambar 12. Pengujian *object trend graph*.



Gambar 13. Nilai *memory word panel* 4 pada PLC.

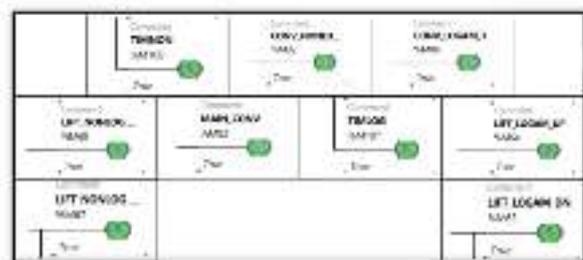
Dapat dilihat pada Gambar 12. bahwa *object trend graph* menampilkan nilai 6 untuk benda logam yang ditandai dengan garis berwarna perak dan 4 untuk benda nonlogam yang ditandai dengan garis berwarna biru, kemudian dapat dilihat pada Gambar 13. bahwa nilai *memory word* untuk benda logam adalah 6 dan nilai *memory word* untuk benda nonlogam adalah 4, hal ini menandakan bahwa *object trend graph* pada HMI dengan *memory word* pada PLC sesuai, maka *object trend graph* pada HMI telah sesuai dengan fungsi yang diinginkan.

2) Tampak Atas (panel 5)

Pada panel ini yang diuji adalah kesesuaian antara *object* lampu indikator yang terdapat pada panel dengan output sebenarnya pada PLC, pada pengujian ini semua output diaktifkan, kemudian akan dibandingkan antara output PLC dengan *object* lampu indikator pada HMI. Berikut pengujiannya dapat diperhatikan pada Gambar 14. dan Gambar 15.



Gambar 14. *Object* lampu indikator pada panel 5.



Gambar 15. *Output panel* 5 pada PLC.

Dapat dilihat pada kedua gambar sebelumnya bahwa seluruh *object* lampu indikator pada HMI panel 5 menyala dan seluruh *variable output* PLC panel 5 juga berada pada logika 1 yang artinya *output* ini dalam keadaan aktif, ini menandakan

bahwa lampu indikator dan *output* PLC sesuai, maka *object* lampu indikator ini dapat bekerja dengan baik.

E. Scene Factory I/O

Dalam pembuatan *scene* Factory I/O, *scene* dibuat berdasarkan deskripsi kerja yang diinginkan, pada penelitian ini *scene* yang akan dibuat adalah *scene* yang berisikan sebuah *plant* yang memiliki tujuan untuk mensortir benda logam dan nonlogam menggunakan sebuah sensor *proximity inductive*. Setelah benda disortir, selanjutnya setiap benda akan diberi sebuah *base*, pada proses ini digunakan sebuah lengan robot untuk memudahkan pemberian *base* pada setiap benda. Setelah benda diberi *base*, maka proses selanjutnya benda akan melewati sebuah *lift* yang akan memindahkan benda dari lantai dasar ke lantai 2 atau 3. Kemudian benda akan dipindahkan pada rak penyimpanan 1 dan 2.

Pada aplikasinya benda logam dan nonlogam akan dipisahkan ke sisi kiri dan kanan dari *plant*, yang mana keduanya memiliki proses yang sama, keseluruhan *scene* dapat dilihat pada [Gambar 16](#). dan [Gambar 17](#).



Gambar 16. Keseluruhan *scene* tampak depan pada Factory I/O.



Gambar 17. Keseluruhan *scene* tampak samping pada Factory I/O.

F. Pengujian Scene Factory I/O

Pengujian *scene* Factory I/O pada sistem ini meliputi pengujian *input* dan *output* pada *scene*. Pada pengujian ini *input* dan *output* pada *scene* akan diuji, setiap *input* dan *output* yang diuji akan dibandingkan dengan program *ladder* pada PLC. Berikut adalah pengujian setiap detail dari *scene*-nya :

1) *Panel Box*

Pada bagian *panel box*, *input* dan *output* yang diuji adalah 9 buah *push button*, 1 buah *selector switch*, dan 1 buah

emergency stop sebagai *input*, serta 2 buah lampu indikator dan 2 buah *led display* sebagai *output*. Pada pengujian ini setiap *input* akan dipaksa aktif pada *software* Factory I/O kemudian dibandingkan dengan *input* pada *ladder* PLC, sedangkan untuk *output* akan diaktifkan pada *ladder* PLC kemudian dibandingkan dengan *output* pada *software* Factory I/O. Berikut pengujiannya dapat dilihat pada [Gambar 18](#). dan [Gambar 19](#).



Gambar 18. Pengujian *panel box* pada *software* Factory I/O.



Gambar 19. Pengujian *panel box* pada *ladder diagram*.

Dapat dilihat dari [Gambar 18](#). dan [Gambar 19](#). bahwa ketika seluruh *input* diaktifkan pada Factory I/O, maka seluruh *input* pada *ladder* akan berlogika 1 yang artinya *input* ini aktif. Kemudian ketika *output* pada PLC diberi logika 1, maka seluruh *output* pada Factory I/O juga akan aktif, kedua hal tersebut membuktikan bahwa antara *software* Factory I/O dengan PLC telah terkoneksi dengan baik.

Kemudian seperti yang ditunjukkan *operation block* pada [Gambar 19](#). bahwa nilai *memory* %MW4 dan %MW6 yang merupakan alamat dari *led display* jumlah benda logam dan nonlogam seperti pada 16. diberi nilai 4 dan 6, lalu dapat dilihat bahwa *led display* menampilkan nilai yang sesuai dengan nilai yang ditulis pada %MW4 dan %MW6, yang artinya *software* Factory I/O telah terkoneksi dengan baik dengan PLC.

2) *Chain Transfer*

Pada bagian *chain transfer*, *input* dan *output* yang diuji adalah 4 buah sensor sebagai *input*, serta 3 buah motor sebagai *output*. Pada pengujian ini setiap *input* akan dipaksa aktif pada *software* Factory I/O kemudian dibandingkan dengan *input* pada *ladder* PLC, sedangkan untuk *output* akan diaktifkan pada *ladder* PLC kemudian dibandingkan dengan *output* pada

software Factory I/O. Berikut pengujiannya dapat dilihat pada [Gambar 20](#), dan [Gambar 21](#).



Gambar 20. Pengujian *chain transfer* pada software Factory I/O.



Gambar 21. Pengujian *chain transfer* pada software Factory I/O.

Dapat dilihat dari [Gambar 20](#), dan [Gambar 21](#), bahwa ketika seluruh *input* diaktifkan pada Factory I/O, maka seluruh *input* pada *ladder* akan berlogika 1 yang artinya *input* ini aktif. Kemudian ketika *output* pada PLC diberi logika 1, maka seluruh *output* pada Factory I/O juga akan aktif, kedua hal tersebut membuktikan bahwa hubungan PLC dengan Factory I/O telah berhasil.

3) Main Conveyor

Pada bagian *main conveyor*, *input* dan *output* yang diuji adalah 2 buah sensor sebagai *input*, serta 1 buah *conveyor* sebagai *output*. Pada pengujian ini setiap *input* akan dipaksa aktif pada software Factory I/O kemudian dibandingkan dengan *input* pada *ladder* PLC, sedangkan untuk *output* akan diaktifkan pada *ladder* PLC kemudian dibandingkan dengan *output* pada software Factory I/O. Berikut pengujiannya dapat dilihat pada [Gambar 22](#), dan [Gambar 23](#).



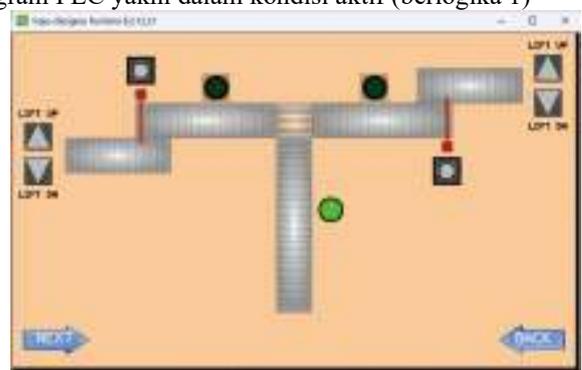
Gambar 22. Pengujian *main conveyor* pada software Factory I/O.



Gambar 23. Pengujian *main conveyor* pada *ladder diagram*.

Dapat dilihat dari [Gambar 22](#), dan [Gambar 23](#), bahwa ketika seluruh *input* diaktifkan pada Factory I/O, maka seluruh *input* pada *ladder* akan berlogika 1 yang artinya *input* ini aktif. Kemudian ketika *output* pada PLC diberi logika 1, maka seluruh *output* pada Factory I/O juga akan aktif, kedua hal tersebut membuktikan bahwa antara software Factory I/O dengan PLC telah terhubung dengan baik.

Sebagai tambahan dapat dilihat pada [Gambar 24](#), yang merupakan gambar panel HMI yang merepresentasikan output berupa *main conveyor*, gambar tersebut menunjukkan bahwa indikator *main conveyor* juga dalam kondisi aktif maka ini sesuai dengan yang tertera pada software Factory I/O dan program PLC yakni dalam kondisi aktif (berlogika 1)



Gambar 24. Pengujian *main conveyor* pada panel HMI

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa simulasi *plant* sistem penyortiran benda logam dan nonlogam menggunakan software Factory I/O, PLC, dan HMI dapat terkoneksi dengan baik serta sesuai dengan deskripsi kerja yang diinginkan, artinya software Factory I/O dapat dimanfaatkan sebagai sarana dalam membuat simulasi *plant* sebuah sistem penyortiran benda logam dan nonlogam yang diotomasi oleh PLC dan dapat dipantau melalui perangkat HMI.

REFERENSI

- [1] D. Yuhendri, "Penggunaan PLC sebagai pengontrol peralatan building otomatis," *Journal of Electrical Technology*, vol. 3, no. 3, p. 121, 2018.
- [2] I. D. Wijaya, E. S. Astuti dan A. Prasetyo, "Simulasi pembelajaran penanganan kebakaran hutan berbasis Android," *Prosiding SENTIA*, vol. 8, p. 289, 2016.
- [3] Real Games, "Welcome," Real Games, 2023. [Online]. Available: <https://docs.factoryio.com/#about>. [Diakses 10 Desember 2023].
- [4] G. . R. Hidayat dan . I. H. Kurniawan, "Simulasi alat pengisi barang dan pengepakan barang menggunakan Factory IO," *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, vol. 3, no. 1, p. 16, 2021.
- [5] W. M. A. Artiyasa, D. M. Taufik dan A. D. Wibowo, "Sistem penetasan telur berbasis PLC," *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, vol. 7, no. 1, pp. 47-48, 2020.

- [6] T. BSE, *Sistem Kontrol Terprogram Semester 4*, Jakarta: Buku Sekolah Elektronik, 2014.
- [7] M. Fahri, K. M. Ismail dan O. Fatra, "Rancangan sistem otomatis start dan monitoring air handling unit terminal 2 Bandar Udara Internasional Soekarno - Hatta," *Langit Biru: Jurnal Ilmiah Aviiasi*, vol. 14, no. 1, p. 12, 2021.
- [8] Schneider Electric, "Modicon M221 Logic Controller User Guide," Mei 2023. [Online]. Available: <https://www.se.com/id/id/download/document/EIO0000000976/>. [Diakses 4 Desember 2023].
- [9] Schneider Electric, "EcoStruxure Machine Expert - Basic V1.2," Juni 2022. [Online]. Available: https://www.se.com/id/id/download/document/Machine_Expert_Basic_V1_2_SPI/. [Diakses 12 Oktober 2023].
- [10] Y. Prasetyo, N. A. Hidayatullah, B. Artono dan B. D. S, "Power factor correction using programmable logic control based rotary method," *Journal of Physics: Conference Series*, p. 2, 2021.
- [11] Schneider Electric, "Advanced touchscreen panel 800 x 480 pixels WVGA- 7.0" TFT," 2023.
- [12] Schneider Electric, "Vijeo Designer Tutorial," April 2014. [Online]. Available: <https://www.se.com/id/id/download/document/VD-userguide-V6.2/>. [Diakses 4 Desember 2023].
- [13] A. K. Samlawi dan R. Siswanto, *Diktat Bahan Kuliah Material Teknik*, Banjarmasin: Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, 2016.
- [14] E. Ferdiansyah, *Ilmu Bahan Teknik 1*, Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013.
- [15] E. Ferdiansyah, *Ilmu Bahan Teknik 2*, Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013.
- [16] D. Aribowo, D. R. Ekawati dan N. Rahmah, "Sistem perancangan conveyor menggunakan sensor proximity PR18-8DN pada wood sanding machine," *Edusaintek: Jurnal Pendidikan, Sains dan Teknologi*, vol. 8, no. 1, p. 71, 2021.

Analisis Pemanfaatan PLTS Pada Mesin Penanam Padi

Vogie Prames Wara Laksono Putra¹, Cornelius Sarri², Toyib³

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

Jl. Dr. Ciptomangunkusumo, Kampus Gunung Panjang, Samarinda, 75121

vogieprameswaral.p18642005@gmail.com

Abstrak-Energi terbarukan merupakan energi alternatif yang ketersediaannya melimpah di alam dengan proses yang berkelanjutan dan dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari. Salah satu pemanfaatan yang paling sering digunakan adalah energi panas matahari atau surya. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan bentuk realisasi pemanfaatan energi surya itu sendiri. Pemanfaatan energi surya juga dapat digunakan dalam sektor pertanian untuk membantu masyarakat desa dalam bertani khususnya dalam penanaman padi. Sebagai contoh, yaitu memodernisasi alat pertanian, seperti penerapan *solar sel* pada alat penanam padi. Penelitian ini dilakukan untuk merencanakan, merancang serta mengetahui kemampuan panel surya untuk mensuplai beban motor DC pada mesin penanam padi. Hasil dari perencanaan ini menggunakan 2 buah panel surya berjenis *monocrystalline* dengan kapasitas sebesar 120 Wp yang dihubungkan seri, 2 buah baterai dengan kapasitas sebesar 12V 30Ah yang dihubungkan seri, *solar charge controller* dengan kapasitas sebesar 12/24V 20A dengan beban motor DC sebesar 250W. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh efisiensi konversi energi surya terbesar yaitu 35,2% sedangkan efisiensi terkecil yaitu 11,51%. Dengan rata-rata efisiensi konversi energi panel surya antara 16,14% sampai dengan 24,35%. Dan efisiensi motor DC sebagai penggerak lengan penanam yang disuplai oleh sistem yaitu sebesar 91,02%. Pada penelitian ini masih memiliki kekurangan yaitu motor DC mudah panas saat bekerja sebagai penggerak lengan penanam padi, hal tersebut dikarenakan pengontrolan kecepatan putar motor yang mengakibatkan tegangan yang disuplai tidak sesuai dengan spesifikasi motor DC.

Kata kunci : pembangkit listrik tenaga surya, mesin penanam padi, panel surya, *solar charge controller*, baterai, motor DC, radiasi matahari, efisiensi.

I. PENDAHULUAN

Energi terbarukan merupakan energi alternatif yang ketersediaannya melimpah di alam. Energi terbarukan tidak akan pernah habis dan dapat dimanfaatkan secara terus-menerus dalam penggunaannya. Pemanfaatan sumber energi terbarukan dapat digunakan dalam kebutuhan sehari-hari seperti rumah tangga dan industri. Salah satu pemanfaatan yang paling sering digunakan adalah energi panas matahari atau surya.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan bentuk realisasi pemanfaatan energi surya itu sendiri. PLTS merupakan salah satu sarana untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan penggunaan energi listrik yang ramah lingkungan. Kebutuhan energi listrik yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari seperti rumah tangga dan industri yang sangat besar bagi masyarakat, selama ini disuplai dari listrik PLN yang menggunakan bahan energi fosil yang tidak dapat diperbarui.

Memanfaatkan PLTS merupakan salah satu cara mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi berbahan

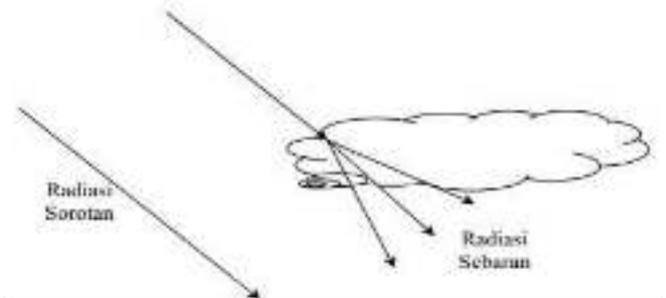
fosil. Pemanfaatan energi surya juga dapat digunakan dalam sektor pertanian untuk membantu masyarakat desa dalam bertani. Sebagai contoh, yaitu memodernisasi alat pertanian, seperti penerapan *solar sel* pada alat penanam padi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis akan melakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan PLTS pada suatu mesin penanam padi yang sumber energi utamanya menggunakan energi surya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Radiasi Matahari

Posisi matahari dan kedudukan suatu wilayah di permukaan bumi memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap potensi radiasi matahari pada suatu wilayah. Potensi radiasi matahari itu sendiri dapat berubah tiap waktu, tergantung dari kondisi atmosfer, posisi (garis lintang), serta waktu (jumlah hari dalam tahun dan lama penyinaran matahari dalam satu hari) [1]. Radiasi matahari atau surya ini sendiri memiliki 2 jenis pancaran radiasinya yaitu, radiasi secara langsung (*direct radiation*) yang radiasi matahari langsung dipancarkan ke arah bumi dan radiasi sebaran (*diffuse radiation*) yang radiasinya tidak langsung mengarah ke bumi dikarenakan terhalang oleh molekul gas, debu dan uap air di atmosfer (awan) [2]. Radiasi langsung dan radiasi sebaran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Radiasi langsung dan radiasi sebaran pada permukaan horizontal

Radiasi matahari merupakan sinar yang dipancarkan matahari ke permukaan bumi, yang disebabkan adanya emisi bumi dan gas pijar panas matahari selama periode waktu. Radiasi dan sinar matahari dipengaruhi oleh berbagai hal sehingga pancarannya yang sampai dipermukaan bumi sangat bervariasi [3]. Adapun data intensitas radiasi matahari yang tercatat oleh Badan Pusat Statistik (BPS) kota Samarinda pada tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1
INTENSITAS RADIASI MATAHARI KOTA SAMARINDA TAHUN 2018

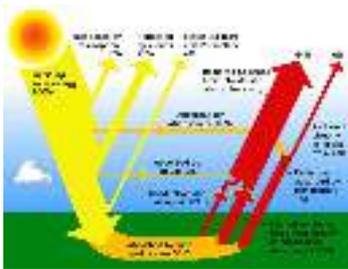
Bulan	Intensitas radiasi matahari Kota Samarinda (kWh/m ²)
Januari	4.66
Februari	4.88

Maret	4.99
April	4.98
Mei	4.89
Juni	4.76
Juli	4.76
Agustus	4.87
September	4.92
Oktober	5.04
November	4.8
Desember	4.42
Rata-Rata	4.83

B. Energi Surya

Energi surya adalah energi yang didapat dengan mengubah energi panas surya (matahari) melalui peralatan tertentu menjadi sumber daya bentuk lain (energi listrik. Energi surya menjadi salah satu sumber pembangkit listrik selain air, uap, batu bara, minyak bumi dan biogas [4].

Energi surya merupakan energi yang telah dimanfaatkan di banyak belahan dunia dan jika dieksplotasi dengan tepat, energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama, energi surya secara langsung dapat digunakan untuk memproduksi listrik melalui sel surya [5]. Pancaran energi surya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pancaran energi surya

C. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan suatu sistem pembangkit listrik yang dimana sistem tersebut menggunakan energi matahari dan kemudian diubah menjadi energi listrik dengan memanfaatkan teknologi *photovoltaic* [6]. Sistem PLTS membutuhkan cahaya atau sinar matahari dalam penggunaannya untuk menghasilkan energi listrik berupa listrik DC dan dapat dikonversi menjadi listrik AC apabila diperlukan. Oleh karena itu, meskipun saat cuaca mendung selama masih terdapat cahaya matahari maka, PLTS tetap bisa menghasilkan energi listrik [7]. Sistem pembangkit listrik tenaga surya dapat dilihat pada Gambar 3.

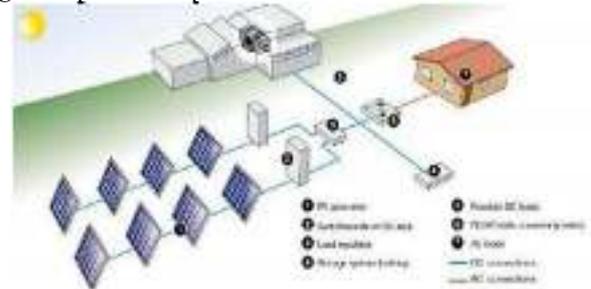


Gambar 3. Sistem pembangkit listrik tenaga surya

Sistem PLTS dibagi menjadi tiga jenis, yaitu PLTS *off-grid*, PLTS *on-grid* dan PLTS *Hybrid* [8]. Dan berikut merupakan penjelasan dari jenis – jenis pembangkit listrik tenaga surya:

1) PLTS Off-Grid

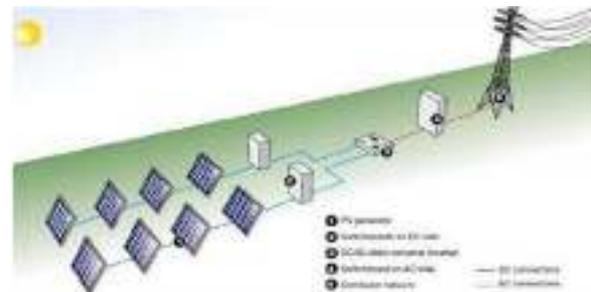
PLTS *off-grid* adalah sistem PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan. Suatu PLTS *off-grid* biasanya dikelola secara komunal atau yang sering disebut sistem PLTS berdiri sendiri (*stand-alone*), beroperasi secara independen dan tanpa terhubung dengan jaringan apapun termasuk PLN. Untuk sistem ini biasanya dilengkapi dengan penyimpanan berupa baterai (*storage*) untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan di siang hari untuk memenuhi kebutuhan listrik pada cuaca mendung ataupun pada saat malam hari [9]. Sistem PLTS *off-grid* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sistem PLTS *off-grid*

2) PLTS On-Grid

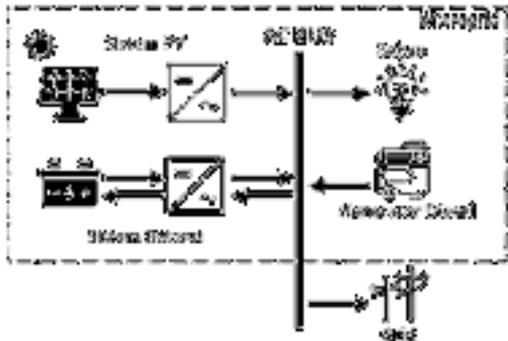
PLTS *on-grid* atau *Grid-Connected PV Plant* adalah sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan. Berdasarkan pola operasi penyaluran tenaga listrik, sistem PLTS *on-grid* dibedakan menjadi dua yaitu, sistem PLTS dengan menggunakan penyimpanan berupa baterai (*storage*) *Grid-Connected PV with a battery back up* dan sistem PLTS tanpa baterai *Grid-Connected PV without a battery back up*. Fungsi dari penyimpanan pada sistem PLTS *Grid-Connected PV with a battery back up* ini adalah sebagai penyuplai tenaga listrik ke beban apabila jaringan atau *grid* mengalami kegagalan untuk periode tertentu dan sebagai suplai tenaga listrik ke jaringan listrik PLN [2]. Sistem PLTS *on-grid* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sistem PLTS *on-grid*

3) PLTS Hybrid

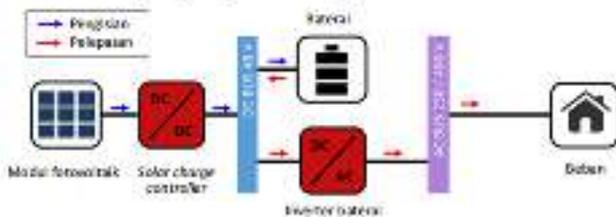
PLTS *Hybrid* adalah sistem PLTS yang dalam pengoperasiannya digabungkan dengan jenis pembangkit listrik lain, dengan sumber energi yang berbeda (dua atau lebih). Hal ini dilakukan guna mendapatkan kehandalan sistem yang lebih baik [2]. Sistem PLTS *hybrid* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Sistem PLTS hybrid

D. Komponen PLTS Pada Mesin Penanam Padi

Sistem pembangkitan energi listrik dengan menggunakan energi surya atau biasa disebut PLTS, tidak hanya sekedar membutuhkan modul panel surya saja, akan tetapi dibutuhkan komponen-komponen utama lainnya seperti *Solar Charge Controller* (SCC), *Inverter* dan *Baterai* [10]. Sama halnya dengan mesin penanam padi ini, komponen yang dibutuhkan kurang lebih sama seperti yang dijelaskan diatas. Hanya saja, pada mesin ini tidak menggunakan *Inverter* sebagai penyearah arus. Dikarenakan beban yang digunakan adalah beban DC yang tidak perlu pengkonversian dalam penggunaannya. Pada mesin penanam padi ini, menggunakan sistem *DC-Coupling* pada penerapannya. *DC-Coupling* ini sendiri merupakan sistem penyambungan rangkaian modul *Photovoltaic* ke sisi DC sistem PLTS melalui *solar charge controller*. Konfigurasi sistem *DC-coupling* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Konfigurasi sistem *DC-coupling*

Dan berikut merupakan komponen-komponen utama pada mesin penanam padi berbasis PLTS:

1) Panel Surya

Komponen utama dari Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) pada mesin penanam padi adalah modul surya atau panel surya. Panel surya adalah sebuah komponen yang terdiri dari beberapa sel surya dan berfungsi sebagai pengubah energi matahari menjadi energi listrik berupa arus listrik searah (DC). Panel ini sendiri terdiri dari beberapa sel surya yang tersusun baik secara seri maupun paralel. Umumnya, sebuah panel ataupun modul surya terdiri dari 32-40 sel surya [11]. Panel surya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Panel Surya

Sel surya pada modul surya tersebut pada dasarnya berjenis diode yang tersusun atas P-N *junction*. Sel surya terbuat dari bahan semikonduktor yang dapat menghasilkan listrik arus searah (DC). Seperti yang dijelaskan diatas, dalam penggunaannya sel-sel surya dihubungkan satu sama lain. Hal tersebut dilakukan agar dapat menghasilkan daya dengan kombinasi tegangan dan arus yang dikehendaki [12].

Menentukan banyaknya jumlah panel surya yang akan digunakan dalam mesin penanam padi sangatlah penting, dan berikut adalah cara untuk menentukan jumlah panel surya ditunjukkan pada Persamaan 1 [13]:

$$Jumlah\ Modul\ Surya = \frac{P_{Watt\ peak}}{P_{MPP}} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- P_{MPP} = Daya maksimum panel surya yang digunakan (W)
- P_{Wattpeak} = Daya yang dibangkitkan (Wp)

2) Baterai

Baterai adalah komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dan dapat dipergunakan sewaktu-waktu pada malam hari ataupun saat cuaca mendung [10]. Baterai memenuhi dua tujuan penting dalam sistem *photovoltaic*, yaitu untuk memberikan daya listrik kepada sistem ketika daya tidak disediakan oleh panel surya dan untuk menyimpan kelebihan daya yang ditimbulkan oleh panel surya setiap kali daya itu melebihi suatu beban [12]. Baterai dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Baterai

Baterai yang biasa digunakan dalam pengaplikasian PLTS adalah baterai yang bebas pemeliharaan bertimbal asam (*maintenance-free lead acid batteries*), yaitu baterai *recombinant* atau VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) [12]. Sebenarnya tidak hanya jenis *Lead Acid* saja yang dapat dipakai sebagai penyimpanan PLTS seperti *lithium ion*, *Zinc air*, *Nickel cadium* dan lain-lainnya. Keunggulan baterai jenis *Lead Acid* ini dibandingkan baterai jenis lain adalah karena andal dalam waktu lama, lebih aman, mudah digunakan dan biaya yang relatif lebih rendah per siklusnya [9]. Kapasitas baterai umumnya dinyatakan dalam Ampere hour (Ah). Nilai Ah dalam baterai menunjukkan nilai arus yang dapat dilepaskan dan dikalikan dengan nilai waktu untuk pelepasan tersebut [11].

Adapun cara menentukan kapasitas baterai yang dibutuhkan ditunjukkan pada persamaan 2 sebagai berikut [14]:

$$C = \frac{W \times AD}{(DOD \times Vs)} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- C = Kapasitas baterai yang dibutuhkan (Ah)
- DOD (*Deep of Discharge*) = Kedalaman kapasitas yang diambil dari baterai
- AD = *Autonom Days* (Hari Otonom)
- Vs = Tegangan Sistem

Lama pengisian baterai dapat dilihat dari besarnya Ampere hour dari kapasitas baterai, adapun lama pengisian baterai menggunakan persamaan 3 sebagai berikut [15]:

$$T = \frac{C}{I} (1 + 20\%) \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

- T = Lama waktu pengisian (*Hours*)
- C = Kapasitas (Ampere hour)
- I = Arus pengisian (Ampere)
- 20% = (% De-efisiensi)

3) *Solar Charge Controller (SCC)*

Solar charge controller (SCC) atau biasa dikenal dengan sebutan *battery charge regulator (BCR)* adalah komponen yang digunakan untuk mengatur arus searah (DC) yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* berfungsi mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari panel surya [13]. SCC juga memiliki dua jenis yang berbeda yaitu *Pulse Wide Modulation (PWM)* dan *Maximum Power Point Tracker (MPPT)*.

SCC tipe PWM menggunakan lebar *pulse* dari *on* dan *off* elektrik, sehingga tercipta *sinewave electrical form*. *Pulse Wide Modulation PWM* ini mampu melakukan penyesuaian dengan tegangan pada baterai sehingga jika tegangan dari panel surya dibawah tegangan kerja pada baterai maka akan secara otomatis tidak bisa melakukan pengisian ke baterai [3]. SCC tipe PWM dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. SCC tipe PWM

SCC tipe MPPT memiliki kemampuan dengan pengisian yang lebih besar, dikarenakan MPPT ini sendiri mempunyai kemampuan mendeteksi sekecil apapun daya yang dihasilkan oleh panel surya. MPPT adalah jenis SCC yang sering digunakan pada sistem pembangkit listrik tenaga surya. Hal tersebut dikarenakan kualitas pada pengisian beban yang lebih unggul dari jenis PWM, karena kemampuan mendeteksi daya yang dihasilkan oleh panel surya sekecil apapun dan hal itulah yang membuat MPPT jauh lebih efisien dibandingkan SCC jenis PWM [3]. SCC tipe MPPT dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. SCC tipe MPPT

Kapasitas dari SCC dapat dicari dengan rumus dalam persamaan 4 sebagai berikut [16]:

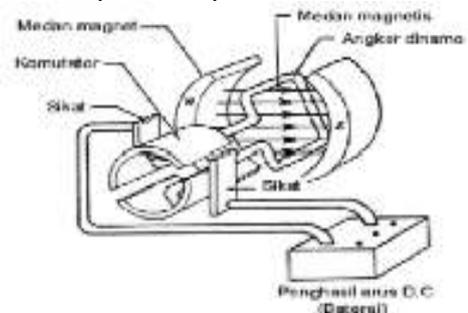
$$\text{Kapasitas SCC} = \frac{\text{Demand Watt} \times \text{Safety Factor}}{\text{System Voltage}} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

- Safety Factor* (Faktor Keamanan) = 125% atau 1.25
- System Voltage* (Tegangan Sistem) = Tegangan yang dibangkitkan *array*

4) *Motor DC*

Motor DC (Direct Current) merupakan peralatan elektromagnetik dasar yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang ditemukan oleh Michael Faraday lebih dari seabad yang lalu. Motor DC dikenalkan dengan menentukan arah dan kecepatan putarnya. Dan kecepatan putar motor DC diatur oleh besarnya arus yang diberikan. Arah putaran motor DC searah dengan arah jarum jam (*Clock Wise/CW*) atau berlawanan arah jarum jam (*Counter Clock Wise/CCW*). Arah putaran motor DC tersebut bergantung dari hubungan kutub yang diberikan pada motor DC itu sendiri [17]. Motor DC dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Motor DC

III. METODE PENELITIAN

A. *Parameter Operasi Dalam Penelitian*

Untuk dapat membantu dan sebagai acuan petunjuk dalam mengukur suatu variabel operasional digunakanlah parameter operasi untuk mempermudahnya. Dan berikut adalah parameter operasi yang digunakan:

1) *Tegangan*

Nilai tegangan yang dihasilkan oleh sebuah panel surya berupa tegangan DC, yang memiliki batas tegangan pada daya maksimum atau *Voltage at Pmax (Vmp)* sebesar 18,2 V dan tegangan *open circuit (Voc)* sebesar 21,51 V. Parameter yang dipakai adalah tegangan Voc dengan melakukan pengukuran menggunakan *Solar Charge Controller (SCC)* dengan type *Maximum Power Point Tracker (MPPT)* merk Epever XTRA 2210N/XDS2 dan Voltmeter Digital.

2) Arus

Nilai arus yang dihasilkan oleh sebuah panel surya berupa arus DC, yang memiliki daya maksimum atau *Current at Pmax* (Imp) sebesar 6,67 A dan arus *short circuit* (Isc) sebesar 7,19 A. Parameter yang dipakai adalah arus *short circuit* (Isc) dengan melakukan pengukuran menggunakan *Solar Charge Controller* (SCC) dengan type *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) merk Epever XTRA 2210N/XDS2, *Clampmeter* Digital dan Amperemeter Digital.

3) Suhu

Sebuah panel surya biasanya memiliki temperatur atau suhu normal saat beroperasi. Dalam penelitian ini, panel surya dapat beroperasi normal jika temperature selnya berada pada suhu 33°C. Maka untuk mengetahuinya, digunakan alat ukur thermometer inframerah yang dipancarkan melalui permukaan kaca panel surya. Pada penelitian ini, digunakan *Thermometer Infrared* Digital model GM320.

Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) kota Samarinda pada tahun 2018 suhu udara dan kelembapan udara kota Samarinda dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2
SUHU UDARA DAN KELEMBAPAN UDARA KOTA SAMARINDA
TAHUN 2018

Bulan/Month	Suhu Udara / Temperature (°C)			Kelembapan Udara / Humidity (%)		
	Min / Min	Maks / Max	Rata-rata / Average	Min / Min	Maks / Max	Rata-rata / Average
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Januari / January	24,3	32,8	27,6	60	91	81
Februari / February	24,5	32,5	27,6	62	93	82
Maret / March	24,7	32,7	27,9	59	92	80
April / April	25,1	32,9	27,8	60	94	82
Mei / May	25,1	33,0	27,8	63	94	84
Juni / June	23,5	32,9	27,8	62	93	83
Juli / July	21,7	31,9	27,9	62	91	81
Agustus / August	23,2	32,8	28,0	60	90	78
September / September	24,8	33,6	28,1	55	90	77
Oktober / October	24,8	32,9	27,8	61	93	81
November / November	24,9	32,8	27,9	63	92	82
Desember / December	24,1	33,4	28,2	60	91	80
Rata-rata	24,2	32,9	27,9	61	92	81

4) Intensitas Radiasi Matahari

Intensitas radiasi matahari merupakan sebuah besaran energi yang diterima dalam per satuan luas dan dan per satuan waktu. Dengan satuan waktu, yang menunjukkan lamanya matahari bersinar dalam satu hari. Besarnya intensitas radiasi matahari dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, musim, topografi wilayah, ketebalan awan dan posisi lintang lokasi. Dan pengaruh awan di atmosfer juga mempengaruhi jumlah penerimaan radiasi matahari di permukaan bumi.

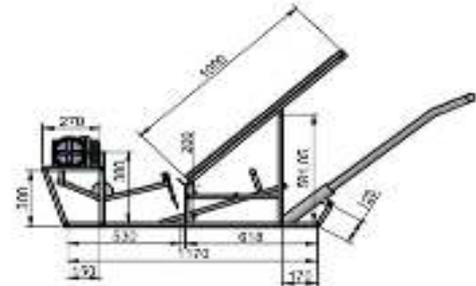
Untuk mengukur nilai dari suatu intensitas radiasi matahari ke permukaan bumi dan akan diterima oleh panel surya digunakan alat ukur *Solar Power Meter*. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan *Solar Power Meter* tipe SM206-Solar.

B. Desain PLTS Pada Mesin Penanam Padi

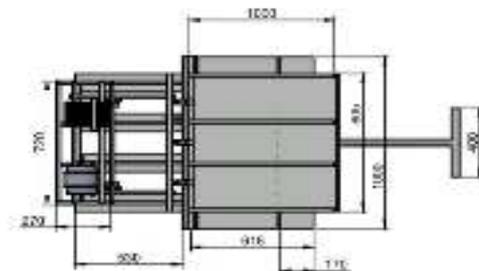
Desain dibuat sebagai perencanaan awal untuk mengetahui panjang, lebar, tinggi dan lain-lain pada mesin penanam padi. Desain yang akan dibuat ada 2 jenis, desain perencanaan ukuran rangka mesin penanam padi dan desain perencanaan PLTS pada mesin penanam padi. Berikut adalah desain PLTS pada mesin penanam padi.

1) Desain Rangka Mesin Penanam Padi

Desain rangka mesin penanam padi dan rangka penyangga panel surya dibuat menggunakan beberapa bahan dari besi hollow dan desain tersebut menunjukkan ukuran rangka mesin penanam padi dari tampak samping dan atas. Desain rangka mesin penanam padi dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.



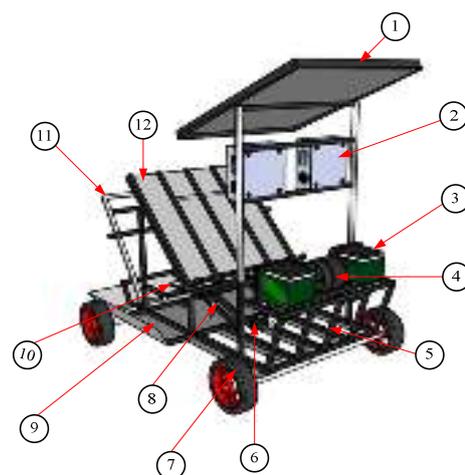
Gambar 13. Rangka mesin penanam padi tampak samping



Gambar 14. Rangka mesin penanam padi tampak atas

2) Desain PLTS Pada Mesin Penanam Padi

Desain PLTS pada mesin penanam padi merupakan gambaran keseluruhan dari mesin penanam padi yang akan dibuat. Berikut adalah desain PLTS pada mesin penanam padi. Desain PLTS pada mesin penanam padi dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Desain keseluruhan PLTS pada mesin penanam padi
Keterangan:

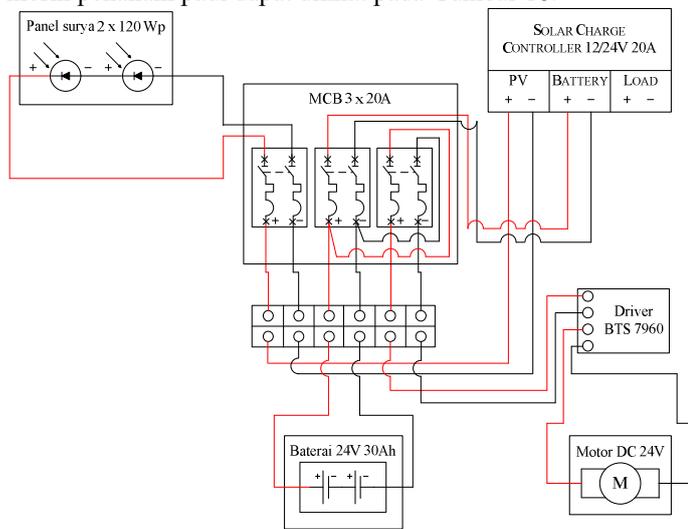
1. Panel surya
2. Box panel control

3. Baterai
4. Motor DC
5. Rangka mesin
6. As penggerak lengan penanam
7. Ban mesin penanam padi
8. Lengan penanam padi
9. Pelampung mesin penanam padi
10. Lengan penggerak penampang padi
11. Pegangan mesin penanam padi
12. Penampang padi

4. Beban Motor DC
 Beban yang digunakan pada penelitian ini adalah beban motor DC 24Volt dengan daya sebesar 250 Watt dan memiliki arus nominal (In) sebesar 3A serta memiliki kecepatan putar sebesar 4.200 rpm. Motor DC memiliki type *brushed* atau menggunakan sikat.
5. *Mini Circuit Breaker* (MCB) DC
 MCB pada penelitian ini berfungsi sebagai pengaman dari panel surya ke SCC, dari SCC ke baterai dan dari baterai ke beban. Kapasitas MCB yang digunakan adalah sebesar 20A.
6. *Driver* BTS 7960
 Driver BTS 7960 digunakan untuk mengatur kecepatan motor DC agar kecepatan lengan tanam sesuai dengan perencanaan.

C. Diagram Satu Garis PLTS Pada Mesin Penanam Padi

Diagram satu garis atau *single-line* diagram dibuat dengan tujuan untuk acuan dan gambaran awal (*wiring*) dalam pembuatan PLTS pada mesin penanam padi. Diagram satu garis PLTS pada mesin penanam padi. Diagram satu garis PLTS pada mesin penanam padi dapat dilihat pada Gambar 16.



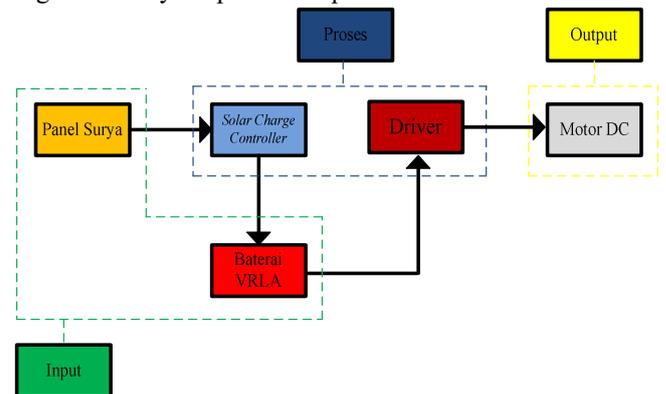
Gambar 16. *Single-line* diagram PLTS pada mesin penanam padi

Keterangan diagram satu garis sistem PLTS pada mesin penanam padi:

1. Panel surya
 Kapasitas panel surya yang digunakan pada penelitian ini adalah 120 Wp dengan jenis *monocrystalline*. Penelitian ini menggunakan 2 buah panel surya yang dihubungkan seri untuk memenuhi suplai tegangan ke beban dan penstabilan tegangan saat pengisian baterai.
2. *Solar Charge Controller* (SCC)
 Kapasitas SCC yang digunakan pada penelitian ini adalah 20A dengan *rating battery nominal voltage* 12/24V *Auto*, dan jenis SCC yang digunakan berjenis *maximum power point tracker* (MPPT). SCC memiliki tampilan untuk mengetahui tegangan yang dikeluarkan oleh panel surya, besar arus pengisian baterai dan daya yang dihasilkan oleh panel surya.
3. Baterai/Aki
 Baterai yang digunakan pada penelitian ini adalah 12Volt 30Ah, yang disusun secara seri untuk meningkatkan tegangan sebesar 24Volt untuk mensuplai beban motor DC yang telah ditentukan.

D. Blok Diagram

Blok diagram merupakan gambaran umum penelitian yang berguna untuk mengetahui proses kerja sistem sehingga memudahkan dalam proses penelitian dan perancangan alat. Dan berikut adalah blok diagram untuk sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada mesin penanam padi. Diagram bloknya dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Diagram blok sistem PLTS pada mesin penanam padi

Adapun penjelasan dari blok diagram ataupun gambaran umum system PLTS pada mesin penanam padi.

1. Panel surya dengan jenis *monocrystalline* sebagai inputan menerima energi matahari yang akan dirubah menjadi energi listrik arus searah (DC) yang berfungsi sebagai *power supply* atau sumber utama dari mesin penanam padi ini.
2. Yang kemudian dikelola oleh *solar charge controller* dan dapat langsung digunakan sebagai suplai beban DC yang dimana pada blok diagram tersebut mensuplai motor DC. Selain dapat mensuplai langsung ke beban, *solar charge controller* juga mengisi daya pada baterai.
3. Baterai tersebut juga dapat dikatakan sebagai *inputan* energi listrik, dan dapat digunakan pada saat cuaca tidak mendukung (mendung) ataupun malam hari. Jenis baterai yang digunakan pada mesin penanam padi adalah *lead acid* atau VRLA.
4. Dan beban yang digunakan pada mesin penanam padi ini adalah Motor DC dengan daya 250 W.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penghitungan Sistem PLTS Pada Mesin Penanam Padi

Perencanaan komponen PLTS yang akan digunakan pada mesin penanam padi terlebih dahulu di penghitungkan terlebih dahulu agar komponen yang digunakan tepat dengan beban yang terpasang. Perencanaan beban pada mesin penanam padi dan penghitungan komponen PLTS adalah sebagai berikut:

1) Menghitung Total Beban

Besar daya pada yang dihasilkan pada perancangan ini adalah 250 Watt, dengan asumsi yang akan direncanakan mesin penanam akan bekerja selama 3 jam maka, penghitungan total pemakaian energi yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Pemakaian Energi} &= (\text{Jumlah beban} \times \text{Daya beban}) \times \\ &\quad \text{Lama pemakaian beban} \\ \text{Pemakaian Energi} &= (1 \text{ Buah Motor DC} \times 250 \text{ Watt}) \times \\ &\quad 3 \text{ jam} \\ \text{Pemakaian Energi} &= 250 \text{ Watt} \times 3 \text{ jam} \\ \text{Pemakaian Energi} &= 750 \text{ Wh} / 0,750 \text{ kWh} \end{aligned}$$

2) Menentukan Kapasitas Dan Jumlah Panel

Perencanaan selanjutnya adalah untuk menentukan kapasitas dan jumlah panel surya yang akan digunakan. Setelah mengetahui jumlah daya perhari dari mesin penanam padi lalu kita tentukan waktu penyinaran terbaik matahari perharinya. Waktu penyinaran matahari terbaik pada 1 harinya yaitu, berlangsung sekitar 5 jam yang dimulai dari jam 10 sampai jam 15:00. Maka, untuk mengetahui kapasitas panel surya yang digunakan dapat menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas panel surya} &= \frac{\text{Jumlah daya perhari}}{\text{lama waktu penyinaran matahari terbaik}} \\ &= \frac{750 \text{ wh}}{5 \text{ h}} \\ &= 150 \text{ Wp} \end{aligned}$$

Maka, kapasitas panel surya yang digunakan adalah 150 Wp, dikarenakan keterbatasan oleh penulis panel surya yang digunakan adalah kapasitas 120 Wp. Setelah mengetahui kapasitas panel surya kemudian kita menghitung area array (PV area).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) kota Samarinda yang terdapat pada Gambar.14, di tahun 2018 suhu tertinggi di daerah Samarinda terjadi pada bulan September yang mencapai 33.6°C, sedangkan suhu minimum terjadi pada bulan Juli yaitu mencapai 21.7°C. Panel surya dengan kapasitas 120 Wp memiliki efisiensi sebesar 20%. Maka, besar daya yang berkurang pada saat suhu di sekitar panel surya mengalami kenaikan 8.6°C dari suhu normal 25°C dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} P \text{ saat naik } ^\circ\text{C} &= 0.5 \% \text{ per } ^\circ\text{C} \times P_{\text{mpp}} \times \Delta t \\ P \text{ saat naik } 8.6^\circ\text{C} &= 0.5 \% \text{ per } ^\circ\text{C} \times 120\text{W} \times 8.6^\circ\text{C} \\ &= 5.16 \text{ W} \end{aligned}$$

Daya keluaran maksimum panel surya pada saat naik menjadi 33.6°C dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} P_{\text{MPP}} \text{ saat naik menjadi } t \text{ } ^\circ\text{C} &= P_{\text{MPP}} - P \text{ saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C} \\ P_{\text{MPP}} \text{ saat } t = 33.6^\circ\text{C} &= 120 \text{ W} - 5.16 \text{ W} \\ &= 114.84 \text{ W} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluar maksimum modul surya pada saat suhu naik menjadi 33.6°C, maka nilai TCF dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{TCF} = \frac{P_{\text{mpp}} \text{ saat naik menjadi } t \text{ } ^\circ\text{C}}{P_{\text{mpp}}}$$

$$\text{TCF} = \frac{114.84 \text{ W}}{120 \text{ W}}$$

$$\text{TCF} = 0.957 \approx 0.96$$

Besar nilai efisiensi *output* (η_{out}) dari nilai efisiensi *solar charge controller* dan efisiensi baterai maka, besar nilai *output* adalah 93.3%. Maka untuk dapat memperoleh nilai luas area PV digunakan rumus:

$$PV_{\text{area}} = \frac{W}{G_{\text{av}} \times \eta_{\text{pv}} \times \text{TCF} \times \eta_{\text{out}}}$$

$$PV_{\text{area}} = \frac{4.83 \text{ kWh/m}^2 \times 0.20 \times 0.96 \times 0.933}{0.75}$$

$$PV_{\text{area}} = 0.866 \approx 0.87 \text{ m}^2$$

Setelah mengetahui luas area *array* maka, selanjutnya kita dapat mengetahui daya yang dibangkitkan oleh PLTS (*Wattpeak*). Dengan nilai area *array* 0.87m², *Peak Sun Insulation* sebesar 1.000 W/m² dan efisiensi panel surya sebesar 20% maka, dapat dihitung menggunakan rumus:

$$P_{\text{wattpeak}} = \text{area array} \times \text{PSI} \times \eta_{\text{pv}}$$

$$P_{\text{wattpeak}} = 0.87 \times 1.000 \text{ W/m}^2 \times 0.20$$

$$= 174 \text{ Wattpeak}$$

Panel surya yang digunakan pada perencanaan mesin penanam padi ini memiliki kapasitas P_{MPP} sebesar 120 Wp per panel surya. berdasarkan nilai P_{MPP} dan hasil penghitungan P_{wattpeak} maka, jumlah panel surya yang digunakan dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{P_{\text{wattpeak}}}{P_{\text{MPP}}}$$

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{174 \text{ Wattpeak}}{120 \text{ Wattpeak}}$$

$$\text{Jumlah Panel Surya} = 1.45 \approx 2 \text{ Panel Surya}$$

Setelah mengetahui jumlah panel surya yang akan digunakan. Selanjutnya, kita mencari tahu besaran dari nilai $V_{\text{mp array}}$ dan $I_{\text{mp array}}$ pada panel surya. Sistem panel surya yang digunakan pada perencanaan ini disusun secara seri untuk mendapatkan nilai tegangan sistem 24 Volt dan nilainya dapat disesuaikan dengan rating SCC yang digunakan adalah sebesar 12/24 VDC. Sehingga dari perencanaan tersebut, panel surya dapat menghasilkan tegangan dan arus dengan nilai yang dihitung dengan rumus:

$$V_{\text{mp array}} = V_{\text{mp}} \times 2$$

$$= 18,2 \times 2$$

$$= 36,4 \text{ VDC}$$

$$I_{\text{mp array}} = I_{\text{mp}} \times 1$$

$$= 6,67 \times 1$$

$$= 6,67 \text{ ADC}$$

3) Menentukan Kapasitas Solar Charge Controller

Menentukan kapasitas *solar charge controller* terlebih dahulu menghitung daya maksimal yang mampu dihasilkan oleh *array* panel surya, yaitu dengan rumus:

$$P_{\text{mpparray}} = V_{\text{mpparray}} \times I_{\text{mpparray}}$$

$$= 36,4 \text{ V} \times 6,67 \text{ A}$$

$$= 242,788 \text{ Watt}$$

Setelah mengetahui nilai daya maksimal yang mampu dihasilkan oleh *array* panel surya, dengan parameter *safety factor* yaitu, sebesar 1.25. Maka kapasitas *solar charge controller* dapat dihitung dengan Persamaan 4 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas SCC} &= \frac{\text{Demand Watt} \times \text{Safety Factor}}{\text{System Voltage}} \\ &= \frac{242,788 \text{ Watt} \times 1,25}{36,4 \text{ Volt}} \\ &= 8,3375 \text{ Ampere} \approx 10 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Berdasarkan penghitungan yang telah dilakukan, kapasitas solar charge controller yang digunakan pada perencanaan ini sebanyak 1 buah dengan minimum spesifikasi sebesar 10 Ampere atau lebih. Karena tidak ada spesifikasi SCC yang diinginkan yaitu sebesar 10 Ampere jadi penulis menggunakan solar charge controller dengan kapasitas sebesar 20 Ampere.

4) Menentukan Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai ditentukan berdasarkan energi listrik yang dibutuhkan pada motor dc selama 3 jam yaitu, 0,750 kWh. Dengan memperhatikan beberapa faktor maka kapasitas baterai dapat ditentukan. Beberapa faktor tersebut seperti, temperatur atau penempatan baterai, DoD (Deep of Discharge) yang biasa dimiliki baterai sebesar 80%, dan Autonom Days yaitu keadaan pada saat tidak ada radiasi (pancaran) sinar matahari atau keadaan dimana radiasi matahari tidak maksimal biasanya selama 3 hari.

Menentukan kapasitas atau kemampuan sebuah baterai dalam menyimpan energi listrik yang berasal dari panel surya, yang akan digunakan sebagai penyedia daya listrik ke beban secara efisien. Maka, besar kapasitas baterai yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan Persamaan 2 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Baterai} &= \frac{W \times AD}{(DoD \times Vs)} \\ &= \frac{750 \text{ Watt} \times 3 \text{ hari}}{(0,8 \times 24 \text{ Volt})} \\ &= \frac{2.250}{19,2} \\ &= 117,19 \text{ Ah} \approx 150 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Karena keterbatasan yang dialami penulis dalam melakukan perencanaan sistem PLTS ini, maka baterai yang digunakan hanya memiliki kapasitas 30 Ah. Kapasitas baterai yang akan digunakan, ditentukan berdasarkan energi listrik yang dibutuhkan motor DC selama 3 jam yaitu 750 Watt.

B. Pengujian Sistem PLTS Pada Mesin Penanam Padi

Pengujian sistem PLTS sebagai sumber utama pada mesin penanam padi yang dilakukan adalah pengujian sistem PLTS pada mesin penanam padi. Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui efektifitas kinerja sistem PLTS pada mesin penanam padi. Parameter – parameter operasi yang diambil pada pengujian ini yaitu tegangan dan arus pada baterai yang disuplai langsung oleh PLTS serta tegangan dan arus pada beban motor DC. Berikut merupakan data pengukuran yang ditunjukkan pada Tabel 3:

TABEL 3
PENGUJIAN SISTEM PLTS PADA MESIN PENANAM PADI

Menit	Pengukuran Baterai (DC)			Pengukuran Beban Motor (DC)		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	23.70	0.8	18.96	19.32	0.8	15.46

5	23.66	0.8	18.93	18.82	0.8	15.1
10	23.60	0.8	18.88	18.39	0.9	16.55
15	23.55	0.7	16.48	18.25	0.9	16.43
20	23.46	0.7	16.42	18.05	1	18.05
Rata-Rata	23.60	0.76	17.93	18.57	0.88	16.32

Berdasarkan pengukuran motor DC pada mesin penanam padi yang telah dilakukan, selanjutnya menghitung efisiensi pada motor DC. Penghitungan dapat dilakukan berdasarkan data rata-rata daya output baterai yang terhubung dengan sistem PLTS dan daya output dari motor DC yang terdapat pada Tabel 4.15. Penghitungan efisiensi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ \eta &= \frac{16.32}{17.93} \times 100\% \\ \eta &= 91,02\% \end{aligned}$$

Maka, dari penghitungan di atas nilai efisiensi yang di dapat dari motor DC adalah sebesar 91,02%. Dari hasil pengukuran pada Tabel 1, pengujian sistem PLTS dengan beban motor DC yang dilakukan selama 20 menit dengan jeda pengukuran per 5 menit, terjadi penurunan tegangan kerja dari motor DC setiap menitnya saat pengambilan data. Hal tersebut terjadi dikarenakan adanya pengontrolan kecepatan putar (PWM) sehingga tegangan kerja pada motor DC tidak sesuai dengan spesifikasi yang seharusnya digunakan. Hal ini juga mempengaruhi kinerja motor DC yang mengakibatkan motor DC lebih cepat panas.

V. SIMPULAN

Dari hasil perancangan, perhitungan, pengujian dan pembahasan yang telah dilaksanakan dari perencanaan pemanfaatan PLTS pada mesin penanam padi, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Kapasitas PLTS yang digunakan pada mesin penanam padi menggunakan panel surya dengan kapasitas 2 x 120 Wp, solar charge controller berkapasitas 12/24 V 20 A dan baterai 24 Volt 30 Ah.
2. Kinerja suatu panel surya sangat bergantung kepada tingkat radiasi cahaya matahari tiap harinya. Semakin besar radiasi atau penyinaran matahari, maka akan semakin besar pula arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya.
3. Efisiensi pada motor DC pada mesin penanam padi sudah sangat baik yaitu sebesar 91,02% tetapi, motor DC mudah panas hal ini disebabkan oleh pengontrolan kecepatan yang digunakan sehingga tegangan yang disuplai tidak sesuai dengan spesifikasi motor DC.

LAMPIRAN



REFERENSI

- [1] L. D. Rifai, S. H. Tongkukut dan S. S. Raharjo, "Analisis intensitas radiasi matahari di Manado dan Maros," *Jurnal MIPA Unsrat Online*, vol. 3, no. 1, pp. 49-52, 2014.
- [2] Y. Rahmawati and Sujito, *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Malang: Universitas Negeri Malang, 2019.
- [3] S. Sukmajati dan M. Hafidz, "Perancangan dan analisis pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 10 MW on grid di Yogyakarta," *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. 7, no. 1, pp. 49-63, 2015.
- [4] V. R. Yandri, "Prospek pengembangan energi surya untuk kebutuhan listrik di indonesia," *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, vol. 4, no. 1, pp. 14-19, 2012.
- [5] N. Safitri, T. Rihayat dan S. Riskina, *Buku Teknologi Photovoltaic*, Banda Aceh: Yayasan Puga Aceh Riset, 2019.
- [6] S.G. Ramadhan dan C. Rangkuti, "Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya di atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti," *Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan*, pp. 22.1-22.11, 2016.
- [7] I. B. K. Sugirianta, I. G. N. A. D. Saputra dan I. G. A. M. Sunaya, *Draft Buku Ajar Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Bali: Politeknik Negeri Bali, 2019.
- [8] B. Kencana, P. Budi, dkk., *Paduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat*, Jakarta: Tetra Tech ES, Inc., 2018.
- [9] B. Ramadhani, *Instalasi Pembangkit Tenaga Surya Dos & Don'ts*, Jakarta: Deutsche Gesellschaft fur International Zusammenarbeit, 2018.
- [10] L. Halim and C. F. Naa, "Desain sistem pendayaan energi listrik pada rumah kaca pintar dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga surya," *RESISTOR (elektronika kendali telekomunikasi tenaga listrik kOmputeR)*, vol. 2, no. 1, pp. 43-50, 2019.
- [11] T. Engelbertus, "Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya untuk catu daya tambahan pada Hotel Kini Kota Pontianak," *J3EIT Jurnal of Electrical Engineering, Energy, and Information Tecgnology*, vol. 4 no. 2, 2016.
- [12] J. Heri, "Pengujian sistem pembangkit listrik tenaga surya solar cell kapasitas 50WP," *Engineering: Jurnal Bidang Teknik*, vol. 3 no. 1 pp. 47-55, 2012.
- [13] Z. Syamsudin, S. Hidayat dan M. N. Effendi, "Perencanaan penggunaan plts di Stasiun Kereta Api Cirebon Jawa Barat," *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 1, pp. 70-83, 2017.
- [14] I. Hajar, *Studi Perencanaan Penambahan Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pulau Salemo*, Jakarta: Teknik Elektro STT-PLN, 2015.
- [15] A. Julisman, I. D. Sara dan R. H. Siregar, "Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola," *Jurnal Online Teknik Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 35-42, 2017.
- [16] V. R. Kossi, "Perencanaan PLTS terpusat (off-grid) di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah," *J3EIT Journal of Electrical Engineering, Eney, and Information Technology*, vol. 6 no.1, 2018.
- [17] Q. Hidayati, "Pengaturan kecepatan motor DC dengan menggunakan mikrokontroler Atmega 8535," *Jurnal Sains Terapan*, vol. 4 no. 1, pp. 1-5, 2012.