

Pengembangan Pompa Sprayer Otomatis Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Tenaga Surya sebagai Sumber Energi

Muhammad Agil Al Fatah, Salahuddin*, Abdullah Manalu, Rahmawati

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B. Aceh - Medan Km. 280 Buketrata 24301 INDONESIA

*E-mail: salahuddin.mt@pnl.ac.id

Abstract

Article history:

Received: 17-06-2025

Accepted: 08-07-2025

Published: 03-08-2025

Keywords:

mikrokontroler;

panel surya;

sensor ultrasonic;

sprayer otomatis;

tenaga surya.

The challenges associated with manual irrigation systems, which require significant labor and time, highlight the need for the development of an energy-efficient and environmentally friendly automatic liquid spraying system. This study aims to design and evaluate an automatic sprayer pump system based on a microcontroller (Arduino Mega 2560) powered by a solar panel. The system is controlled using a PS2 joystick remote and utilizes an ultrasonic sensor to monitor the fluid level in the tank. Test results show that the system can operate effectively within a remote control range of up to 30 meters, and the ultrasonic sensor exhibited an average error rate of only 3.22%. Charging with an 80 WP solar panel takes approximately 5 hours to produce 400 Wh of energy. The pump is capable of operating for up to 30 minutes before the battery voltage drops to 11.1 V. With a total energy consumption of 400 Wh, this system is feasible for use in small-scale farming and remote areas.

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan teknologi hemat energi dan ramah lingkungan terus meningkat, seiring dengan isu global tentang perubahan iklim dan keterbatasan sumber energi fosil. Di sektor pertanian, penggunaan alat bantu seperti pompa sprayer manual masih mendominasi, meskipun alat ini memiliki banyak keterbatasan, seperti ketergantungan terhadap tenaga manusia, inefisiensi waktu, serta kesulitan akses energi di daerah terpencil. Oleh karena itu, diperlukan solusi otomatisasi yang tidak hanya mampu meningkatkan efisiensi kerja petani, namun juga mandiri secara energi [1].

Sebagian besar penduduk Indonesia bekerja sebagai petani atau bercocok tanam sebagai mata pencaharian mereka. Banyak petani menggunakan alat penyemprot saat mengelola lahan mereka. Salah satu alat penyemprot adalah alat penyemprot gendong atau disebut juga *knapsack sprayer*. Alat semprot ini bersifat manual kurang efektif karena masih mengandalkan tenaga tangan manusia secara terus menerus untuk memompa cairan sehingga lebih menyita tenaga dan waktu [2-4].

Selain itu pengembangan alat semprot pertanian manual juga mengandalkan semprotan dengan menggunakan mesin diesel. Alat ini dapat mempermudah manusia karena alat penyemprot bertenaga mesin diesel lebih praktis. Alat semprot tenaga mesin diesel

mampu menghasilkan tekanan sprayer yang besar sehingga dapat menjangkau jarak yang lebih luas. Namun penggunaan bahan bakar diesel menambah pengeluaran biaya dan tentu saja tidak ramah lingkungan. Bahan bakar diesel menghasilkan emisi yang berbahaya bagi lingkungan [5,6].

Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah dengan mengintegrasikan teknologi mikrokontroler dan energi terbarukan, seperti tenaga surya, dalam sistem penyemprotan cairan. Mikrokontroler, seperti Arduino Mega 2560, mampu menangani berbagai perangkat *input* dan *output* secara efisien dan hemat daya. Selain itu, penggunaan panel surya sebagai sumber daya utama memungkinkan sistem beroperasi secara *off-grid*, sangat sesuai untuk diterapkan di wilayah pertanian dengan akses listrik terbatas [7-9].

Berbagai penelitian telah mengusulkan penerapan otomatisasi berbasis mikrokontroler dalam irigasi dan penyemprotan tanaman. Namun, banyak sistem yang masih tergantung pada jaringan listrik konvensional atau tidak dilengkapi dengan pemantauan volume cairan secara *real-time*. Oleh karena itu, pengembangan sistem pompa *sprayer* otomatis berbasis mikrokontroler dengan pemanfaatan energi surya yang dilengkapi dengan sensor pemantau *level* cairan dan kendali jarak jauh menjadi solusi inovatif [10,11].

Beberapa penelitian sebelumnya juga telah mengembangkan sistem *sprayer* otomatis berbasis mikrokontroler. Perancangan alat penyemprotan tanaman cabai sistem kontrol otomatis berbasis IoT telah dikembangkan, *sprayer* otomatis berbasis Arduino dengan pengaturan waktu semprot tertentu, namun masih mengandalkan sumber listrik PLN [12,13]. Sementara itu, potensi pemanfaatan sel surya untuk mendukung energi di bidang pertanian telah diaplikasi untuk sistem pompa air, namun belum diaplikasikan untuk sistem *sprayer* berbasis kontrol otomatis [14]. Kajian-kajian ini menunjukkan bahwa masih terdapat peluang untuk mengintegrasikan sistem otomasi mikrokontroler dengan sumber energi terbarukan dalam konteks penyemprotan pertanian.

Novelty dari penelitian ini terletak pada integrasi sistem *sprayer* otomatis berbasis mikrokontroler yang sepenuhnya menggunakan tenaga surya sebagai sumber energi utama, sehingga memungkinkan sistem beroperasi secara mandiri, efisien, dan ramah lingkungan tanpa ketergantungan terhadap jaringan listrik. Selain itu, sistem ini dapat diprogram untuk melakukan penyemprotan otomatis berdasarkan interval waktu atau sensor kelembaban, sehingga meningkatkan presisi dan

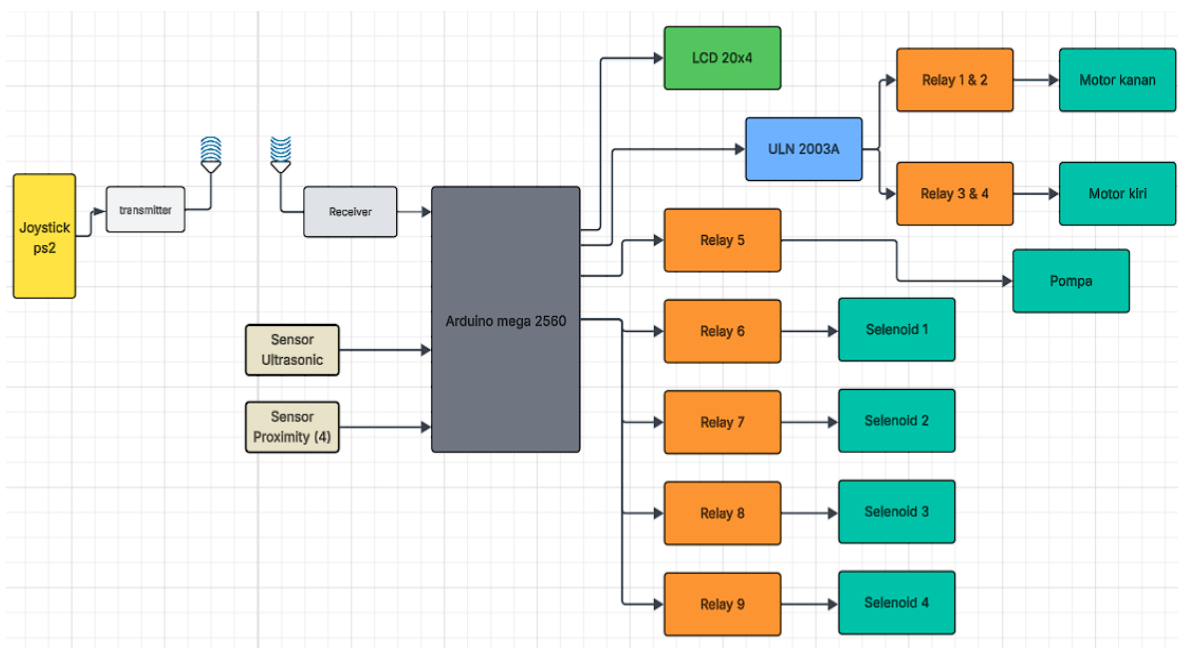
efektivitas distribusi cairan pada tanaman. Pendekatan ini belum banyak diterapkan secara menyeluruh dalam sistem pertanian skala kecil di daerah terpencil, sehingga dapat memberikan kontribusi nyata terhadap teknologi pertanian cerdas (*smart agriculture*) di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pompa *sprayer* otomatis berbasis mikrokontroler dengan sumber daya dari panel surya, menguji kinerja sistem dalam hal efisiensi energi, akurasi pemantauan cairan, dan ketahanan operasional, dan menganalisis kesesuaian sistem dengan kebutuhan pertanian skala kecil hingga menengah, khususnya di daerah dengan keterbatasan listrik.

Dengan pendekatan ini, diharapkan sistem dapat meningkatkan produktivitas pertanian, mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, serta mendukung prinsip pertanian berkelanjutan.

2. Metode

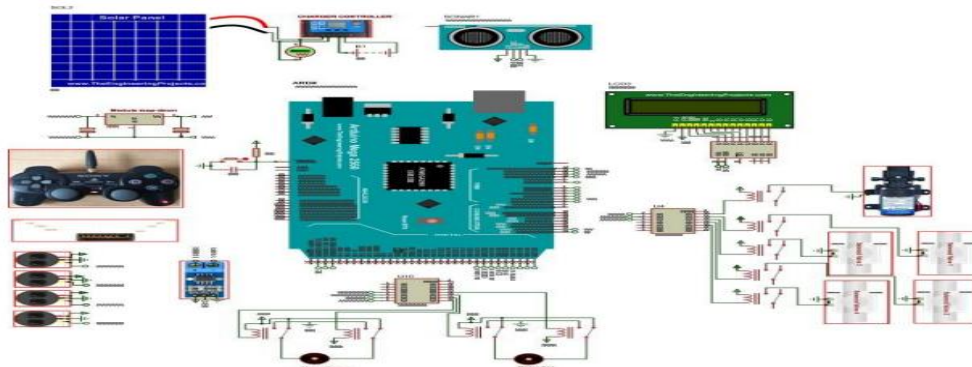
Perancangan alat pompa *sprayer Eco Green* yang berbasis mikrokontroler dengan pemanfaatan energi surya mencakup perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Desain perangkat keras terdapat dalam bentuk diagram blok sistem yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem pompa *sprayer*

Rangkaian sistem kontrol pada pompa *sprayer eco green* berbasis mikrokontroller dengan pemanfaatan tenaga surya secara

keseluruhan dalam membangun sistem kontrol dapat dilihat pada Gambar 2.

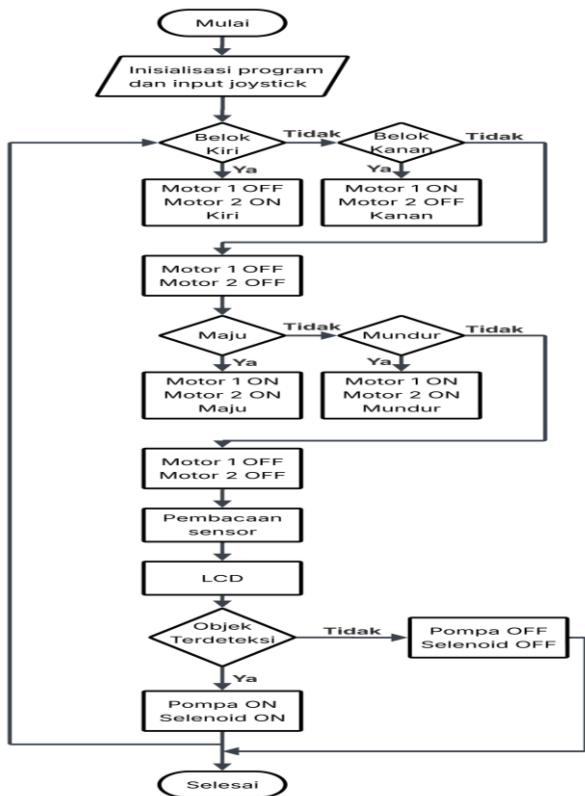


Gambar 2. Keseluruhan sistem pompa *sprayer eco green*

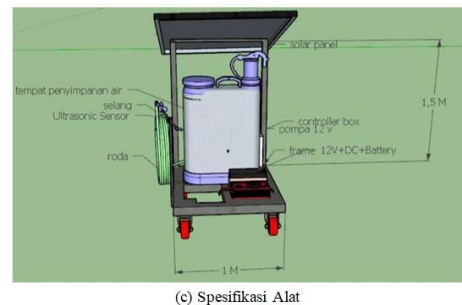
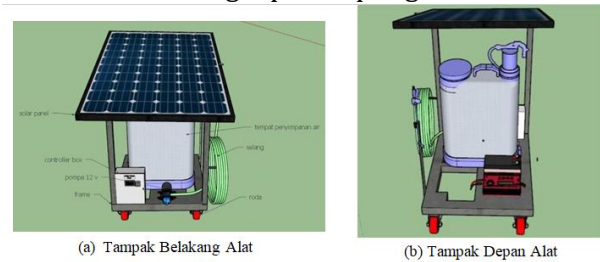
Perancangan sistem terdiri dari beberapa komponen utama antara lain adalah Arduino Mega 2560 sebagai otak kendali, Joystick PS2 wireless untuk kendali jarak jauh, sensor ultrasonik untuk monitoring *level* cairan, pompa air, motor DC, dan *relay* sebagai *actuator*, panel surya 80 WP sebagai sumber daya, baterai 12V 100Ah untuk penyimpanan daya. Flowchart sistem pompa *sprayer eco green* diperlihatkan pada Gambar 3.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil rancangan pompa *sprayer ecogreen* diperlihatkan pada Gambar 4. Dari Gambar 4 terlihat tampak belakang alat yang juga dilengkapi dengan *remot control* dan roda agar lebih mudah untuk dipindahkan. Pada alat terdapat *solar cell* yang diletakkan diatas alat agar lebih efisien dalam mendapatkan cahaya matahari sebagai sumber daya energinya. Kapasitas dari *solar cell* yang digunakan adalah 80 WP, dengan berat 6,5 kg dan dimensi 870 mm x 670 mm x 30 mm. Secara keseluruhan peralatan terdiri dari empat buah penyemprot dan satu buah tangki penampung.



Gambar 3. Flowchart sistem pompa *sprayer eco green*



Gambar 4. Rancangan alat pompa *sprayer ecogreen* dan spesifikasinya

3.1 Pengujian Remote PS2

Joystick PS2 digunakan untuk mengontrol pergerakan pompa secara manual. Nilai analog

joystick di posisi netral adalah sekitar 600. Pengendalian motor ditentukan berdasarkan nilai sudut (x) dan (y), dimana $x > 600$, motor maju (relay 1 dan 3 aktif), $x < 600$, motor mundur (relay 2 dan 4 aktif), $y > 600$, belok kanan (relay 3 aktif, hanya motor kiri aktif) $y < 600$, belok kiri (relay 1 aktif, hanya motor kanan aktif)

Jangkauan kendali diuji hingga jarak 30 meter, masih terhubung baik, pada jarak 35–40 meter, koneksi mulai terputus-putus, dan pada jarak >41 meter, koneksi gagal. Hasil pengujian dari remote PS2 didapatkan bahwa jarak efektif 30 meter menunjukkan bahwa sistem cukup andal untuk pengoperasian lapangan kecil hingga sedang. Kemudian penurunan performa diatas 30 meter disebabkan oleh keterbatasan sinyal RF joystick, serta penetapan nilai tengah (600) lebih tinggi dari teoritis (512) menunjukkan adanya variasi hardware dari joystick, yang perlu dikalibrasi ulang pada desain massal.

3.2 Pengujian Sensor Ultrasonik untuk Level Cairan

Pengujian dilakukan dengan membandingkan pengukuran level cairan antara mistar dan sensor ultrasonik. Data menunjukkan rata-rata error pengukuran sebesar 3,22%, level penuh, 25 cm (20 liter), Level sedang, 13 cm (8 liter), dan level kosong, 0 cm (0 liter). Pengukuran sensor didasarkan pada waktu pantulan gelombang ultrasonik. Waktu tempuh dihitung dengan rumus:

$$\text{waktu} = \frac{2 \times \text{jarak}}{v} \dots\dots\dots(1)$$

dengan $v = 340 \text{ m/s}$

Dengan contoh pengukuran waktu tempuh pada Jarak 1 cm diperoleh waktu tempuh 58,82 μs dan pada jarak 25 cm diperoleh waktu tempuh 1470,5 μs

Dimana dari hasil pengujian diperoleh error <5% yang merupakan nilai yang sangat baik dalam sistem monitoring non-kontak, kemudian sensor ini efektif dan efisien untuk sistem pemantauan cairan skala kecil dan faktor utama error adalah gangguan pantulan gelombang dan posisi sensor yang tidak tegak lurus terhadap permukaan cairan.

3.3 Lama Operasi Pompa

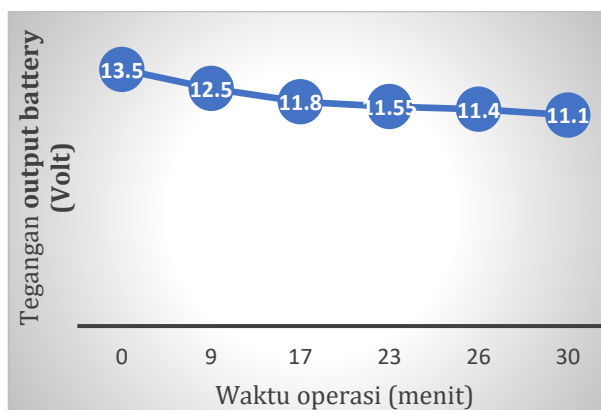
Pengujian dilakukan untuk mengetahui ketahanan daya baterai saat sistem aktif. Data

hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan baterai awal 13,5 V, dan setelah 30 menit tegangan baterai turun menjadi 11,10 V, seperti ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Waktu operasi tegangan baterai

Waktu operasi (menit)	Tegangan output battery (Volt)
0	13,5
17	11,8
26	11,4
30	11,1

Grafik data pengujian jangka waktu pompa sprayer beroperasi dapat dilihat pada Gambar 4. Semakin besar tegangan output baterai yang digunakan maka waktu pemakaian semakin menurun. Lama waktu pompa sprayer beroperasi dipengaruhi oleh tegangan keluaran baterai. Semakin kecil tegangan output baterai maka untuk operasi pompa sprayer semakin singkat.



Gambar 4. Data pengujian jangka waktu pompa sprayer dapat beroperasi

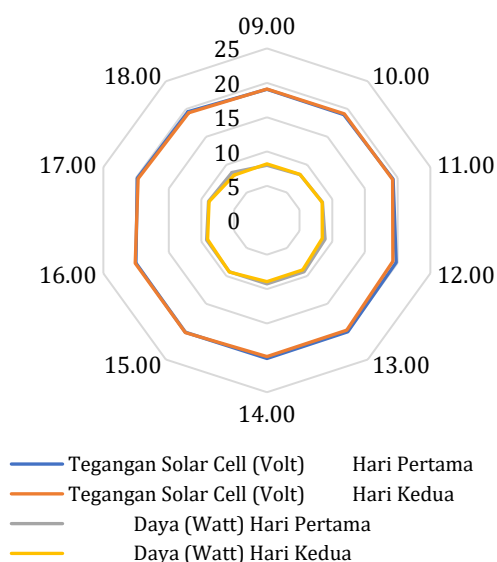
3.4 Pengujian Solar Cell

Panel surya 80 WP diuji selama dua hari, dengan pengukuran tegangan dan daya setiap jam dari pukul 09.00 hingga 18.00. Hasil pengukuran tegangan ditunjukkan dalam Tabel 2.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa daya maksimum tercapai saat intensitas cahaya maksimal (jam 13.00–16.00 WIB). Lama penyinaran efektif sekitar 5 jam dan menghasilkan total 400 Wh. Data pengujian solar cell pada hari pertama dan kedua dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 2. Pengujian daya panel surya

Jam (WIB)	Tegangan (V) Hari Pertama	Tegangan (V) Hari Kedua	Daya (W) Pertama	Daya (W) Hari Kedua
09.00	19.05	19.09	8.001	8.208
10.00	19.10	19.16	8.213	8.238
11.00	19.33	19.23	8.505	8.461
12.00	19.78	19.27	8.901	8.478
13.00	20.05	19.77	9.223	8.896
14.00	20.09	19.81	9.241	8.914
15.00	20.15	20.17	9.269	9.278
16.00	20.02	20.13	9.209	9.058
17.00	19.82	19.67	8.919	8.851
18.00	19.52	19.34	8.588	8.122



Gambar 5. Grafik data pengujian solar cell pada hari pertama dan kedua

Efisiensi sistem surya sangat tergantung pada waktu dan intensitas sinar matahari kemudian nilai tegangan dan daya konsisten antara hari pertama dan kedua, menandakan stabilitas modul surya, sehingga panel 80 WP cukup untuk kebutuhan sistem.

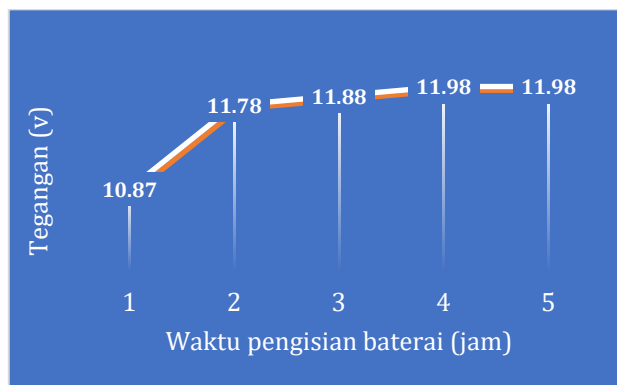
3.5 Pengujian Pengisian Baterai

Waktu pengisian baterai (100 Ah, 12 V) dari kondisi kosong hingga penuh ditunjukkan dalam Tabel 3. Dari data dapat dilihat bahwa total waktu pengisian selama 10 jam dengan tegangan maksimal yang dihasilkan sebesar 11,98 V dengan arus pengisian meningkat dari 1,7 A menjadi 2,5 A.

Tabel 3. Data pengujian baterai

Waktu Pengisian Baterai (Jam)	Tegangan (V)	Arus (A)
2	10.87	1.7
4	11.78	1.9
6	11.88	2.1
8	11.98	2.49
10	11.98	2.5

Pada pengujian pengisian didapatkan bahwa waktu pengisian cukup panjang, disebabkan oleh *output* arus yang relatif kecil dari panel (dibatasi oleh intensitas cahaya), Dengan cuaca cerah, 1 hari penuh cukup untuk pengisian penuh baterai dan dianjurkan menambahkan *MPPT charge controller* untuk efisiensi pengisian lebih baik.



Gambar 6. Grafik data pengujian baterai

4. Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian, maka dapat disimpulkan bahwa:

Sistem pengendali manual berbasis *joystick* PS2 bekerja dengan baik hingga jarak 30 meter, mampu mengontrol arah gerak melalui transmisi sinyal sudut *joystick* ke mikrokontroler dan aktuator.

Sensor ultrasonik memiliki akurasi cukup baik dengan rata-rata error 3,22%, mampu memantau *level* cairan dari penuh hingga kosong secara konsisten, mendukung otomatisasi pompa.

Sistem tenaga surya 80 WP mampu menghasilkan energi hingga 9,26 W dalam kondisi optimal (pukul 10.00–15.00 WIB), cukup untuk memenuhi kebutuhan daya 400 Wh/hari dalam *mode off-grid*.

Baterai 12V 100Ah dapat menopang operasi sistem selama ±30 menit per siklus hingga tegangan minimal 11,1 V, menunjukkan

efisiensi dan daya tahan yang memadai untuk penggunaan periodik.

Daftar Pustaka

- [1] Manalu, A., 2021. *Rancang bangun pompa sprayer eco green berbasis mikrokontroller dengan pemanfaatan tenaga surya*. Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [2] Guntur, A.P., Iqbal, I. & Sapsal, M.T., 2016. *Uji kinerja knapsack sprayer tipe Pb 16 menggunakan hollow cone nozzle dan solid cone nozzle*. Jurnal Agritechno, pp.107-113.
- [3] Marno, M., Abadi, S., Widiyanto, E., Utomo, U.U., Fauji, N. & Hanifi, R., 2020. *Modifikasi dan pengujian sistem penyemprot padi dengan penambahan pompa elektrik*. JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi), Vol. 4, No. 1, pp.1-6.
- [4] Annafiyah, A., Anam, S., & M. Fatah, M., 2021. *Rancang bangun sprayer pestisida menggunakan pompa air DC 12 V dan panjang batang penyemprot 6 meter*. J. Rekayasa Mesin, Vol. 16, No. 1, p. 90.
- [5] Setiawan, E., & M. Muslimin, M.I., 2022. *Rancang bangun nozzle sprayer pada mesin rotary drum filter 3M*. Semin. Nas. Inov. Teknol., Vol. 6, No. 2, pp. 545-551.
- [6] Mustain, I. & Yudisworo, W.D., 2018. *Studi rancang bangun dan pengujian pada stand alonesprayer pestisida bertenaga surya*. In *Prosiding Seminar Nasional Energi & Teknologi (Sinergi)* (pp. 187-192).
- [7] Zamzami, Z., Salahuddin, S., Anwar, A. & Yusman, Y., 2021. *Rancang bangun robot humanoid berbasis mikrokontroler Atmega 2560*. Jurnal Infomedia: Teknik Informatika, Multimedia, dan Jaringan, Vol. 6, No. 1, pp.22-26.
- [8] Adhiem, M.A., Permana, S.H. & Faturahman, B.M., 2021. *Pembangkit listrik tenaga surya bagi pembangunan berkelanjutan*. Publica Indonesia Utama.
- [9] Maula, N., Zamzami, Z. & Yassir, Y., 2024. *Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) off-grid menggunakan baterai lithium-ion untuk perkebunan di desa Blang Pie*. Jurnal TEKTRON, Vol. 8, No. 2, pp.249-255.
- [10] Maulana, M.Y., Jati, B.P. & Widiastuti, I., 2024. *Analisa perbandingan efisiensi konversi energi antara PV (photovoltaic) monocrystalline 50 WP dan polycrystalline 50 WP pada berbagai intensitas cahaya*. CYCLOTRON, Vol. 7, No. 02, pp.1-7.
- [11] Pangestu, A., 2018. *Modifikasi sprayer knapsack menjadi sprayer pompa elektrik*. Universitas Sriwijaya.
- [12] Makarim, M.F., Nurmuslimah, S. & Sulaksono, D.H., 2022. *Sistem kontrol otomatis penyemprotan pestisida pada lahan pertanian padi menggunakan mikrokontroler arduino berbasis Internet of Things*. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*.
- [13] Rizkitinus, F., Purnomo, F.E., Prayoga, F.A., Ristaulia, N. & Rabani, M.R., 2025. *Perancangan alat penyemprotan tanaman cabai sistem kontrol otomatis berbasis IoT*. The Indonesian Journal of Computer Science, Vol. 14, No. 3.
- [14] Fuadiyah, T. & Sudarti, S., 2022. *Potensi pemanfaatan sel surya untuk mendukung energi di bidang pertanian*. JTPG (Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo), Vol. 7, No. 2, pp.75-79.
- [15] Fathurrohman, G., 2023. *Perancangan alat sprayer menggunakan pengkabut mini dengan tenaga panel surya*. Agricultural Engineering Innovation Journal, Vol. 1, No. 1, pp.1-11.