Sistem Monitoring dan Proteksi Penyiraman Bibit Bawang Merah Berbasis *Internet of Things* di UD. Bolotani

Fellix Chrisna Putra Pratama*1, Miftakhul Huda2 , Septriandi Wirayoga3

[1,2,3]Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia
Email: [1]2241190023@student.polinema.ac.id, [2]miftakhul.huda@polinema.ac.id,
[3]yoga.septriandi@polinema.ac.id

Nomor Handphone : 081903460091

Abstrak

Kondisi perawatan manual dan rentannya komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terhadap kerusakan menjadi kendala utama dalam budidaya bibit bawang merah. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* yang dilengkapi proteksi perangkat keras pada sistem pompa air bertenaga surya. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 untuk mengolah data dari sensor suhu DS18B20 dan sensor kelistrikan PZEM-017. Untuk melindungi relay dan pompa DC dari lonjakan arus dan tegangan balik, sistem proteksi dirancang menggunakan MCB 30A, dioda *Schottky*, dioda *Transient Voltage Suppressor* (TVS), dan kapasitor. Data diproses dan dikirim secara *real-time* ke *firebase* untuk ditampilkan pada *dashboard website*. Hasil pengujian menunjukkan akurasi pembacaan lingkungan yang sangat baik, dengan sensor suhu mencapai 99,29%. Pembacaan parameter kelistrikan oleh PZEM-017 juga terbukti stabil dengan akurasi 97,87% terhadap *wattmeter* dan 99,01% terhadap multimeter. Selain itu, pemanfaatan panel surya 200Wp beroperasi secara baik; *Solar Charge Controller* MPPT berhasil menstabilkan tegangan keluaran 24V untuk pengisian daya konstan pada baterai LiFePO4 24V 15Ah.

Kata kunci: Bawang Merah, *Internet of Things,* panel surya, *monitoring,* sistem proteksi

Abstract

The reliance on manual maintenance and the vulnerability of Solar Power Plant (PLTS) components to damage remain major constraints in shallot seedling cultivation. This study aims to design an Internet of Things (IoT)-based monitoring system equipped with hardware protection for a solar-powered water pump system. The system utilizes an ESP32 microcontroller to process data from a DS18B20 temperature sensor and a PZEM-017 electrical sensor. To protect the relays and DC pump from current surges and reverse voltage, the protection system is designed using a 30A MCB, a Schottky diode, a Transient Voltage Suppressor (TVS) diode, and a capacitor. Data is processed and sent in real-time to Firebase to be displayed on a website dashboard. The test results indicate excellent environmental reading accuracy, with the temperature sensor achieving 99.29%. The electrical parameter readings by the PZEM-017 also proved to be stable, with an accuracy of 97.87% compared to a wattmeter and 99.01% compared to a multimeter. Furthermore, the utilization of a 200Wp solar panel operates efficiently; the MPPT Solar Charge Controller successfully stabilizes the 24V output voltage for constant charging of a 24V 15Ah LiFePO4 battery.

Keywords: *Shallot, Internet of Things, solar panel, Monitoring, protection system.*

This work is an open access article and licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

1. PENDAHULUAN

Bawang merah merupakan komoditas pertanian penting di Indonesia yang membutuhkan perawatan optimal, khususnya dalam proses penyiraman. Namun, sistem penyiraman dan pemantauan kondisi tanaman, seperti kelembapan tanah, suhu, dan pH air, umumnya masih dilakukan oleh petani secara manual. Metode konvensional ini sering kali tidak akurat, sulit dikontrol, dan berisiko merusak akar tanaman akibat kekurangan atau kelebihan air. Permasalahan serupa juga dialami oleh mitra UD. Bolotani, yang masih mengandalkan pompa berbahan bakar gas LPG serta melakukan pemantauan lahan secara manual sehingga kurang efisien dan memakan banyak waktu serta tenaga.

Penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang dikombinasikan dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan solusi yang cocok untuk mengaplikasikan penyiraman dan pemantauan jarak jauh. Akan tetapi, implementasi PLTS pada sektor pertanian sering kali dihadapkan pada kendala teknis, seperti kelebihan pengisian daya baterai atau *overcharge*, lonjakan arus beban, hingga resiko korsleting yang dapat merusak sensor. Oleh karena itu, sebuah sistem proteksi perangkat keras sangat diperlukan untuk mengatasi gangguan dan mengurangi dampak kerusakan pada sistem kelistrikan.

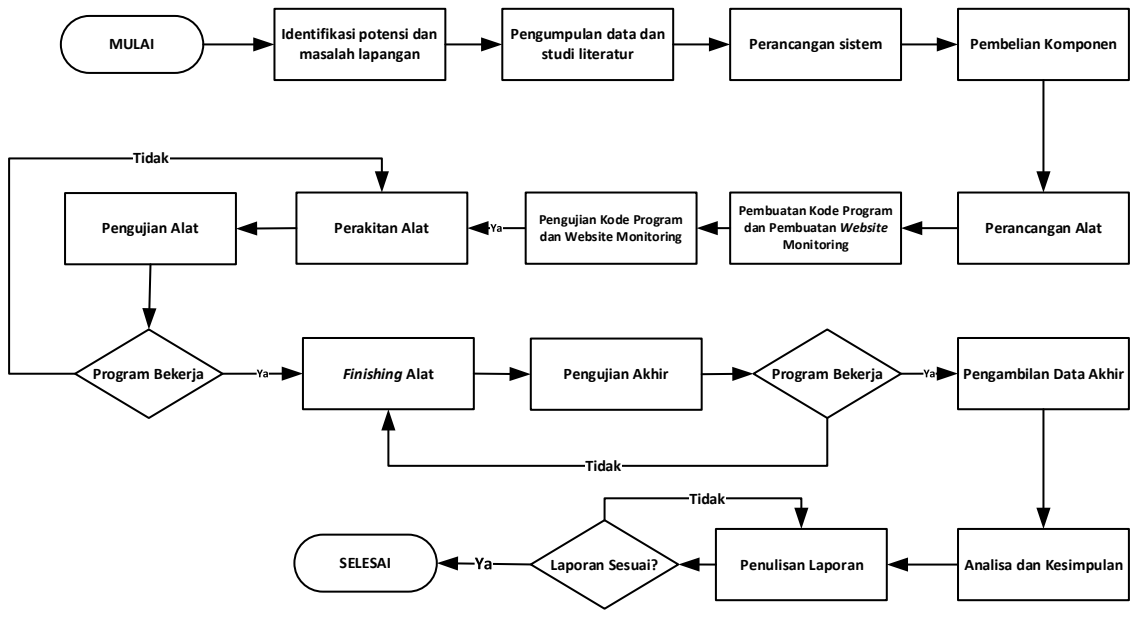
Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem *monitoring* dan proteksi pada penyiraman bibit bawang merah otomatis bertenaga surya berbasis IoT. Sistem ini dirancang untuk memudahkan petani dalam memantau kondisi lingkungan secara *real-time* melalui *dashboard website*, meliputi pembacaan suhu dari sensor DS18B20, pemantauan parameter daya beban dari sensor PZEM-017, serta parameter pompa air. Melalui hubungan antara otomatisasi IoT dan sistem proteksi beban, alat ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi waktu, mengoptimalkan hasil pembibitan, sekaligus menjaga keandalan sistem penyiraman otomatis keras secara berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang difokuskan pada perancangan, pengembangan, dan pembuatan sistem secara langsung untuk diaplikasikan oleh petani. Melalui metode ini, dirancang sebuah sistem *monitoring* dan proteksi pada penyiraman bibit bawang merah yang beroperasi secara otomatis. Metode Penelitian R&D dipilih tidak hanya untuk menghasilkan perangkat keras yang berfungsi optimal, tetapi juga diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi terapan guna mewujudkan sistem pertanian cerdas di masa depan.

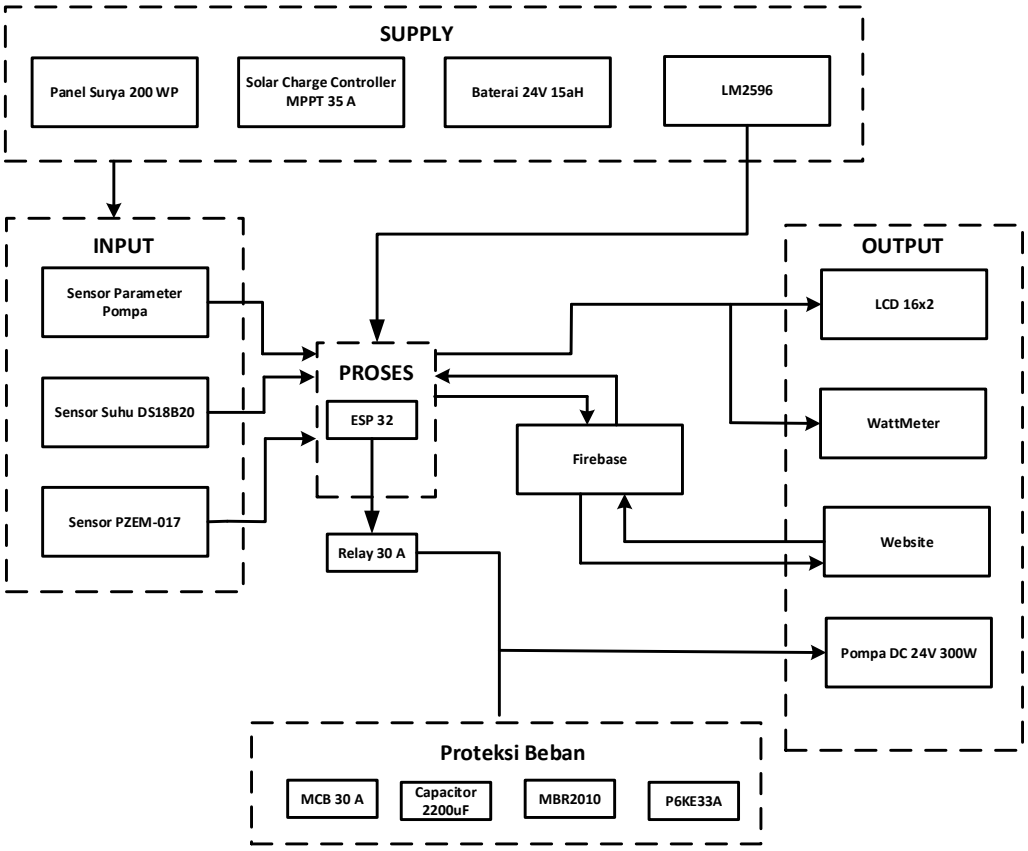
2.1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan secara terstruktur meliputi identifikasi lapangan, studi literatur, , perancangan sistem, perancangan alat, pembuatan perangkat lunak,perakitan alat. Jika pada tahap pengujian alat berhasil maka akan dilanjutkan pada tahap *finishing* alat secara keseluruhan. Namun apabila pada tahap tersebut terdapat kesalahan maka kembali pada tahap perakitan alat. Setelah itu dilanjut ke *finishing* alat dan pengujian akhir, jika pengujian akhir berhasil maka akan diteruskan ke pengambilan data akhir dan penulisan laporan. Urutan hal tersebut bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

2.2. Diagram Blok Sistem



Gambar 2 Diagram Blok Sistem

Pada diagram blok sistem terbagi menjadi 5 bagian yang meliputi *supply* yang berisi panel surya yang berguna untuk menerima cahaya matahari,MPPT yang berguna untuk mengatur daya yang masuk dari panel surya ke baterai,baterai yang berguna sebagai tempat penyimpanan energi dan LM2596 sebagai penurun tegangan dari baterai ke *mikrokontroller* ESP32.

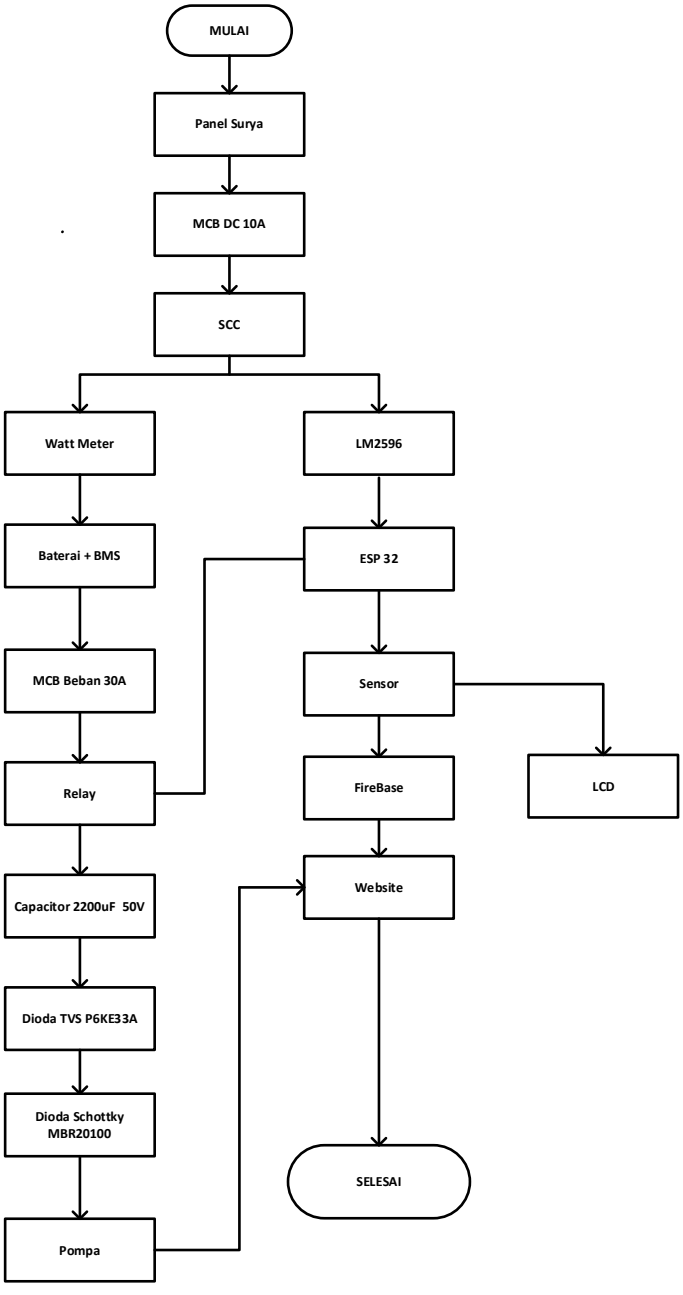
Input yang berisi sensor yang digunakan untuk pembaca kondisi pada lahan yaitu sensor parameter pompa yaitu sensor *soil moisture capacitive* V1.2 yang berguna untuk membaca kelembapan media tanam.Kemudian terdappat sensor BH1750 yaitu sensor intensitas cahaya untuk mendeteksi cahaya matahari.Kemudian terdapat sensor Ph air yang digunakan untuk mendeteksi kondisi air untuk penyiraman,sensor YF-S201 yaitu sensor laju aliran air yang digunakan untuk mengetahui debit air,sensor DS18B20 yaitu sensor suhu media tanam yang digunakan untuk mengetahui suhu pada media tanam dan sensor PZEM-017 yaitu sensor tegangan dan arus yang berguna untuk mengetahui berapa daya yang terpakai saat pompa menyala.

Proses yang berisi *mikrokontroller* ESP32 sebagai otak sistem sekaligus sebagai penghubung dengan *firebase* dan *website*. Sedanglan *Output* yang berisi LCD untuk menampilkan pembacaan dari sensor,*wattmeter* sebagai tampilan daya yang masuk dari panel surya ke baterai dan ,*website* untuk menampilkan data melalu*i smartphone* pengguna dan pompa DC. Pada proteksi beban berisi komponen yaitu dioda TVS P6KE33A,dioda *schottky* MBR30100,dan capacitor 2200uF 50V yang digunakan untuk memproteksi sistem penyiraman. Urutan hal tersebut bisa dilihat pada Gambar 2.

2.3. Perancangan Logika Sistem

Proses diawali dengan panel surya yang menerima cahaya dari matahari dilanjut dengan MCB DC 10A yang berfungsi untuk pengaman utama di jalur panel surya lalu terdapat MPPT 35 A yang berfungsi untuk mengatur pengisian baterai, kemudian terbagi menjadi 2 jalur yaitu *wattmeter* yang akan membaca daya yang masuk dari panel surya menuju baterai dan LM2596 yang menurunkan tegangan ke 5V untuk *supply mikrokontroller* ESP32.

Proses selanjutnya terdapat Baterai sebagai penyimpanan, dan MCB 30A sebagai pengaman di jalur beban. Kemudian relai 30A berfungsi sebagai saklar untuk menyalakan atau mematikan pompa yang diperintahkan oleh ESP-32. Terdapat PCB proteksi yang berisi dioda TVS P6KE33A untuk membatasi lonjakan sesaat sehingga tegangan berlebih tidak mencapai rangkaian kontrol.dioda *schottky* MBR30100 untuk pengaman terhadap tegangan balik dan capacitor 2200uF 50V yang berfungsi untuk penyaring *ripple* serta menjaga kestabilan tegangan suplai saat pompa pertama kali menyala ataupun saat pompa mati, Urutan hal tersebut bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Perancangan Logika Sistem

2.4. Perhitungan Sistem

1. Perhitungan MCB panel surya 10A

Perhitungan arus kontinu *maximum*

I_{max} : $Isc\ x\ 1{,}25$ (1)

I_{max} : 4.94 x 1,25 = 6,175A

Perhitungan rating *minimum* MCB

$Rating\ MCB\ Minimum = I_{max}\ x\ 1{,}25$

$Rating\ MCB\ Minimum = 6{,}175\ x\ 1{,}25 = 7{,}71\ A$

2. Perhitungan MCB beban 30A

$$I_{nominal} = \frac{300}{24} = 12{,}5A \quad (2)$$

$I_{start} = \ 2\ x\ 12{,}5 = 25\ A$

3. Perhitungan MPPT 35A

$$I_{MPPT} = \frac{200}{24} x\ 1.25 = 10.41\ A \quad (3)$$

Penentuan spesifikasi komponen kelistrikan utama dihitung berdasarkan kebutuhan daya dan faktor keamanan sistem operasional. Pada jalur suplai panel surya, batas perlindungan minimum yang dibutuhkan adalah 7,71 A berdasarkan perhitungan dari arus hubung singkat (Isc) sebesar 4,94 A, sehingga ditentukan penggunaan MCB DC berkapasitas 10 A. Sementara itu, pada jalur beban, pompa air DC 24V 300W yang digunakan memiliki arus nominal 12,5 A. Dikarenakan pompa dapat memicu lonjakan arus awal hingga mencapai 25 A saat pertama kali dihidupkan, maka ditentukan MCB 30 A. Kapasitas ini dinilai cukup untuk menahan tarikan awal tanpa mengalami *trip*, namun tetap bekerja memutus arus jika terjadi korsleting di atas 30 A.Untuk pengontrol daya dari panel surya, batas minimum arus yang dibutuhkan adalah 10,41 A. Penggunaan MPPT dengan kapasitas 35 A dipilih guna memberikan kelonggaran operasional agar perangkat tidak mengalami panas berlebih, serta mampu menerima tegangan panel surya yang dapat menyentuh angka 50 V.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kalibrasi Sensor Suhu DS18B20

Sebelum digunakan untuk sistem penyiraman bibit bawang merah,sebaiknya sensor DS18B20 dikalibrasi untuk diuji keakuratannya. Data kalibrasi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Kalibrasi sensor suhu DS18B20

Keterangan Suhu	Sensor Suhu DS18B20	Soil Termometer	Error (%)	Akurasi
Basah	32.5 °C	32.3 °C	0.62 %	99.38 %
Basah	33.2 °C	33.5 °C	0.90 %	99.10 %
Basah	34.0 °C	33.8 °C	0.59 %	99.41 %
Lembab	28.5 °C	28.2 °C	1.06 %	98.94 %
Lembab	29.1 °C	29.1 °C	0.00 %	100.0 %
Lembab	29.8 °C	30.1 °C	1.00 %	99.00 %
Kering	26.3 °C	26.0 °C	1.15 %	98.95 %
Kering	26.8 °C	26.9 °C	0.37 %	99.63 %
Kering	27.2 °C	27.0 °C	0.74 %	99.26 %
Rata Rata :			0.71%	99.29%

Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan dengan alat ukur termometer analog yang sudah teruji akurat, dan pada proses kalibrasi dapat disimpulkan bahwa sensor suhu DS18B20 terbukti sangat baik dalam membaca suhu pada media tanam bibit bawang merah yaitu *cocopeat* dalam kondisi basah, lembab maupun kering. Sehingga didapat hasil rata-rata akurasi yang telah dihitung menggunakan rumus persamaan (4) dan (5) mencapai 99.29% dan nilai error 0.71%.

Rumus Perhitungan Nilai *Error*:

$$Error(\%) = \frac{Hasil\ Sensor - Nilai\ Alat\ Ukur}{Nilau\ Alat\ Ukur} \times 100\% \quad (4)$$

Rumus Perhitungan Nilai Akurasi

$$Akurasi(\%) = 100\% - Error(\%) \quad (5)$$

3.2. Kalibrasi Sensor PZEM-017

Sebelum digunakan untuk membaca tegangan,arus dan daya yang dikeluarkan oleh pompa DC 24V 300W sebaiknya sensor PZEM-017 dikalibrasi untuk diuji keakuratannya. Data kalibrasi dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Kalibrasi sensor suhu PZEM-017

Beban	Parameter	Nilai PZEM	Nilai AVO Meter	Error (%)	Akurasi (%)
Pompa 12V 5W	Tegangan (V)	13.05 V	13.01 V	0.31 %	99.69 %
	Arus (A)	0.16 A	0.16 A	0.00 %	100.00 %
	Daya (P)	2.08 W	2.08 W	0.00 %	100.00 %
Pompa 12V 180W	Tegangan (V)	12.90 V	13.01 V	0.85 %	99.15 %
	Arus (A)	5.40 A	5.20 A	3.85 %	96.15 %
	Daya (P)	69.50 W	67.65 W	2.73 %	97.27 %
Pompa 24V 300W	Tegangan (V)	24.38 V	24.34 V	0.16 %	99.84 %
	Arus (A)	12.45 A	12.40 A	0.40 %	99.60 %
	Daya (P)	303.5 W	301.82 W	0.57 %	99.43 %
Rata-Rata				0.99 %	99.01 %

Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan dengan alat ukur AVO *meter* dan *wattmeter* yang sudah teruji akurat, dan pada proses kalibrasi dapat disimpulkan bahwa sensor suhu PZEM-017 terbukti sangat baik dalam membaca tegangan,arus dan daya pada beberapa beban sepeerti pompa 12V 5W,pompa 12V 180W dan pompa 24V 300W. Sehingga didapat hasil rata-rata akurasi yang telah dihitung menggunakan rumus persamaan (4) dan (5) mencapai 99.01% dan nilai error 0.99%.

3.3. Pengujian Proteksi Pengisian Baterai 24V 15aH

Solar PV merupakan sumber tenaga utama pada sistem monitoring dan proteksi penyiraman bibit bawang merah ini. Pada subbab ini akan menyajikan hasil analisis *Solar Charge Control* MPPT 35 A dalam memproteksi proses pengisian baterai. Jenis panel surya yang digunakan pada penelitian ini adalah panel surya jenis polycrystalline sebanyak 2 buah yang dirangkai secara seri yang memiliki total 200 WP dengan baterai 24V 15aH.

Pada SCC MPPT 35A dapat diatur pengaturan pengisian tegangan, pada pengaturan *Low Voltage Disconnect* diatur pada tegangan 24V sehingga saat tegangan 24V MPPT akan membiarkan pengisian baterai berjalan dengan normal, dan pada pengaturan *floating voltage* diatur pada tegangan 27.2V sehingga pengisian baterai dapat direm oleh MPPT ketika tegangan menyentuh 27.2V dan disini BMS telah melakukan *passive balancing* sehingga tegangan pada setiap sel berhasil disama ratakan. dan *discharge voltage* diatur pada tegangan 28.8V sehingga ketika baterai menyentuh angka 28.8V

pengisian baterai akan dihentikan oleh MPPT sehingga tidak terjadi pengisian berlebih. Pada saat tegangan pada MPPT 35A terbaca 29 V hal itu merupakan sifat dari MPPT yang memberikan tegangan lebih tinggi dari total kapasitas penuh baterai yaitu 28.8V agar arus tidak kembali ke panel surya.

3.4. Pengujian Proteksi *Hardware*

Pengujian pada terminal *output* PCB proteksi menunjukkan kondisi akhir tegangan yang langsung diterima oleh motor pompa DC setelah diamankan oleh rangkaian proteksi. Saat pompa dinyalakan, terdeteksi lonjakan awal sebesar 30V yang kemudian turun secara berkala ke 25.31V hingga akhirnya stabil di 24.71V. Lonjakan awal hingga 30V ini membuktikan bahwa Dioda TVS P6KE33A beroperasi dengan baik. Karena dioda ini dirancang untuk memotong tegangan di atas 33V, dioda tersebut membiarkan lonjakan 30V tersebut lewat tanpa membebani komponen. Di saat yang bersamaan, penurunan tegangan yang mulus dari 30V menuju 25.31V dan stabil di angka 24.71V merupakan hasil kerja dari Kapasitor Elektrolit 2200uF. Kapasitor ini bertugas sebagai penyimpan dan penyaring energi sementara yang bertugas meredam tarikan arus besar saat pompa baru mulai berputar, sehingga pasokan tegangan yang masuk ke pompa tetap halus dan tidak langsung turun secara drastis.

Selanjutnya, pada saat relay memutus aliran daya untuk mematikan pompa, tegangan operasional yang semula berada di 24.71V turun seketika ke 5.85V sebelum akhirnya turun menuju skala *milivolt*. Sisa tegangan sementara di level 5.85V ini menunjukkan bahwa Kapasitor 2200uF kembali bekerja melakukan proses pelepasan muatan secara bertahap, sehingga transisi pemutusan arus ke motor tidak terjadi terlalu kasar. Pengujian pada sisi *output* ini juga membuktikan bahwa tidak ada lonjakan tegangan negatif yang tajam saat arus diputus. Hal ini menjadi bukti bahwa Dioda *Schottky* MBR30100 telah bekerja maksimal sebagai jalur pembuangan. Dioda ini berhasil menangkap dan meredam efek tegangan kejut berbalik arah atau *Back-EMF* yang dimunculkan oleh kumparan motor pompa ketika dimatikan. Arus sisa yang berbahaya tersebut dibiarkan berputar di area beban hingga habis, sehingga komponen kendali utama terbebas dari risiko kerusakan.

3.5. Hasil Perancagan Monitoring

Hasil perancangan aplikasi pemantauan pada sistem penyiraman otomatis ini diimplementasikan dalam bentuk antarmuka *website* yang terhubung secara *real-time* dengan basis data *Firebase*. *Mikrokontroler* ESP32 bertugas menyimpan data dari berbagai sensor dan mengirimkannya ke sistem *firebase* setiap detik. Pada tampilan utama, *dashboard* monitoring membuat pengguna dapat memantau kondisi lingkungan lahan pembibitan bawang merah secara detail. Parameter yang ditampilkan mencakup suhu media tanam dari sensor DS18B20, tingkat pH air, kelembapan tanah, tingkat intensitas cahaya, serta status kapasitas dan tegangan baterai sistem.

Selain menampilkan kondisi lingkungan, *website* ini juga menyediakan *dashboard* khusus untuk parameter pompa air. *Dashboard* ini menampilkan status aktif pompa, konsumsi daya harian (Wh), tegangan dan arus kerja, serta parameter aliran air yang menampilkan laju aliran air dan total volume air yang disalurkan. Untuk keperluan analisis petani, sistem merekam riwayat data secara otomatis yang diperbarui setiap satu jam atau setiap kali pompa menyala. Data tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik parameter sensor dan dapat diunduh oleh pengguna dalam format PDF sebagai laporan.

Untuk menjamin keamanan sistem alat, *software* ini turut dilengkapi dengan fitur *dashboard* proteksi. *Dashboard* ini dirancang untuk menampilkan status baterai serta memberikan peringatan secara langsung apabila terjadi hal yang tidak diinginkan pada sistem. Peringatan tersebut akan muncul ketika sensor mendeteksi arus ekstrem yang melebihi batas 30 A, maupun ketika tegangan baterai mengalami penurunan di bawah ambang batas 24 V. Peringatan dini pada *website* ini sangat krusial untuk mencegah kerusakan pada komponen perangkat keras selama sistem beroperasi di lahan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, sistem monitoring dan proteksi penyiraman bibit bawang merah berbasis *Internet of Things* (IoT) telah berhasil dibuat. *Mikrokontroler* ESP32 secara efektif dapat menggabungkan pembacaan sensor lingkungan dan parameter pompa, lalu menampilkannya secara *real-time* melalui *dashboard website* menggunakan basis data *Firebase*. Sistem pemantauan menunjukkan tingkat presisi pengukuran yang sangat baik, di mana sensor suhu DS18B20 mencapai akurasi rata-rata 99,29%. Selain itu, sensor PZEM-017 mencatat akurasi pengukuran tegangan

di atas 99,00%, serta arus dan daya di atas 96% ketika menjalankan beban induktif berupa pompa air DC. Pada sisi suplai energi, sistem panel surya 200Wp yang dikendalikan oleh MPPT 35 A terbukti beroperasi sangat stabil untuk menjaga tegangan dan melakukan pengisian konstan pada baterai LiFePO4 24V 15Ah

Keunggulan sistem ini juga didukung oleh keberhasilan sistem proteksi pada perangkat keras dan perangkat lunak Pada perangkat keras, kapasitor 2200uF secara baik dapat meredam lonjakan arus saat motor pompa pertama kali dihidupkan. Penggunaan Dioda TVS P6KE33A berhasil memotong lonjakan tegangan di atas 33 V, sementara Dioda Schottky MBR30100 secara sempurna menangkap arus balik dari motor sehingga komponen relai terhindar dari risiko percikan api maupun kerusakan fatal. Sebagai bentuk proteksi ganda, perangkat lunak yang ditanamkan pada *mikrokontroler* mampu bekerja secara baik dalam memutuskan aliran daya menuju pompa secara otomatis apabila sistem mendeteksi tegangan baterai menurun di bawah 24 V atau ketika beban arus melonjak hingga melampaui batas 30 A

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Fahroni, M.R. (2020) Otomatisasi Penyiraman Tanaman Bawang Merah Dengan Metode Irigasi Kabut Berbasis Arduino Uno dan IoT [Skripsi Sarjana, Universitas Islam Indonesia] Repository Universitas Islam Indonesia

[2] Gunoto, P. Hutapea D,H. (2022) Analisa Daya Pada Panel Surya Di Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftoop On Grid Kapasitas 30 KVA Gedung Kantor PT.Energi Listrik Batam, Jurnal Sigma Teknika.,5(1), 057-069.

[3] Saputra R. (2024). Rancang Bangun Sistem Monitoring Konversi Energi Pada Panel Surya Berbasis Website.[Skripsi Sarjana, Universitas Medan Area] Repository Universitas Medan Area.

[4] Majid, F.M Isdamiwah (2024) Pengujian Kinerja Sensor PZEM-004 & PZEM-017 Pada Sistem PLTS

[5] Sulistiawati, B.I, Soetedjo, A. Alvandy F.R (2024). Perbandingan MPPT Dengan PWM Pada Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman. Jurnal Fortech,5(2) 2721-2858

[6] Abdul A. & Irene K.F. (2021). Analisis Sistem Proteksi Arus Lebih Pada Penyulang Cendana Gardu Induk Bungaran Palembang. Jurnal Ampere.4(2) 2477-2755.

[7] Murani, A.N, Wahyuni. S, dkk.(2025) Analisis Penggunaan Visual Studio Code Sebagai Editor Pemrograman Terbaik Untuk Pemula Pada Mahasiswa Informatika Universitas Nurul Huda. Jurnal Rekayasa Informatika,2(2),1-10.

[8] Djulihenanto S. Saputra M.. dkk (2025). Implementasi Sistem Proteksi Arus dan Tegangan Lebih Pada PLTS 10x100 Wp. Jurnal sistem kelistrikan. 12(1), 2407-2338.

[9] Permana D. F. W., Mustofa A. H., Nuryani L., Kristiaputra P. S. & Alimudin Y. (2021). Budidaya Bawang Merah di Kabupaten Brebes. Jurnal Bina Desa, 3(2), 125-132.

[10] Sorijul Hadi,Anzali Ika Cahyati,dkk.(2023)Smart Farming System pada Tanaman Bawang Merah Berbasis Internet of Things. 12(3) 739-753.

[11] M. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, "Mikrokontroler ESP32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web," JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), vol. 6, no. 2, pp. 767–772, Sep. 2022.

[12] F. R. Ibrahim, F. T. Syifa, and H. Pujiharsono, "Penerapan Sensor Suhu DS18B20 dan Sensor pH sebagai Otomatisasi Pakan Ikan Berbasis IoT," Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE), vol. 5, no. 2, pp. 63–73, Jul. 2023, doi: 10.20895/JTECE.V5I2.844.

[13] M. F. Majid, Isdawimah, and N. Nadhiroh, "Pengujian Kinerja Sensor PZEM-004 & PZEM-017 Pada Sistem PLTS," Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, vol. 10, pp. 88–92, 2024.

[14] H. Sungkowo, A. Setiawan, B. I. Kurniawan, E. E. P. Pradana, R. D. Lestari, and A. D. T. Setyawan, "Analisis Pengujian Relay Proteksi Menggunakan Relay Testing Unit Tipe PTE-100-C Plus," Prosiding (Politeknik Negeri Malang), pp. 54–59

[15] Nurhayati, "Penggunaan Media Liquid Crystal Display (LCD) untuk Meningkatkan Mutu Pembelajaran Pendidikan Agama Islam," Jurnal Sosial dan Teknologi (SOSTECH), vol. 1, no. 11, pp. 1489–1493, Nov. 2021