

Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Pompa Air Tenaga Surya Berbasis IoT Menggunakan Sensor Ultrasonik dan ESP32

Design and Construction of an IoT-Based Solar Water Pump Automatic Control System Using Ultrasonic Sensors and ESP32

Hafiz Nashwan Abdillah¹, Nia Larasanti², Tria Pramuswari³, Muhammad Anwar Sadat Faidar⁴, Fika Trisnawati⁵, Sigit Doni Ramdan⁶, Elka Pranita⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Universitas Teknokrat Indonesia

Jl. Z.A. Pagar Alam No. 9-11 Kedaton, Bandar Lampung, 0721 - 702022

hafiz_nashwan_abdillah@teknokrat.ac.id¹, nia_larasanti@teknokrat.ac.id²

Abstrak – Keterbatasan pasokan air di daerah terpencil dan tingginya biaya operasional pompa air konvensional menjadi motivasi utama penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem kontrol otomatis pompa air DC 12 V yang menggunakan sumber daya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS 20 Wp) dan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh.

Kata Kunci: PLTS, Pompa Air, IoT, ESP32, Sensor Ultrasonik, Histeresis.

Abstract – Water scarcity in remote areas and the high operating costs of conventional water pumps are the primary motivations for this research. This study aims to design, implement, and test an automatic control system for a 12 V DC water pump powered by a Photovoltaic System (PV 20 Wp), leveraging Internet of Things (IoT) technology for remote monitoring and control.

Keywords: PV System, Water Pump, IoT, ESP32, Ultrasonic Sensor, Hysteresis

1. Pendahuluan

Kebutuhan air bersih merupakan tantangan utama di berbagai bidang, terutama pada bidang pertanian dan rumah tangga, khususnya di daerah terpencil yang sering mengalami pemadaman listrik. Salah satu solusi mengatasi kebutuhan air tersebut adalah menggunakan pompa air untuk pengisian air dari sumber air atau di dalam tanah yang saat ini, pompa air masih sering menggunakan daya dari PLN (Perusahaan Listrik Negara). Meskipun PLN menyediakan infrastruktur yang luas, ketergantungan ini membawa konsekuensi berupa potensi peningkatan biaya operasional seiring kenaikan tarif dan masalah keandalan di mana penyaluran daya listrik tidak seimbang di berbagai daerah, serta memberikan dampak lingkungan karena sebagian besar pembangkit PLN masih menggunakan bahan bakar fosil.

Sebagai solusi masalah, digunakan energi baru terbarukan sebagai pembangkit listrik, salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang menggunakan energi matahari sebagai pembangkit listrik. PLTS ini muncul sebagai alternatif sumber daya yang lebih murah, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Penggunaan PLTS untuk menggerakkan pompa air menawarkan potensi untuk mengurangi biaya listrik dan menjamin pasokan air yang stabil, terutama di wilayah dengan intensitas sinar matahari tinggi seperti Indonesia. Namun, untuk



mencapai efisiensi penggunaan PLTS sebagai sumber listrik pompa air yang maksimal, diperlukan peningkatan, terutama di bidang otomatisasi kontrol ketersediaan air di dalam tandon.

Secara konvensional, sistem pengisian air otomatis biasanya menggunakan sensor sederhana seperti pelampung. Meskipun sederhana dan mudah digunakan, namun sensor pelampung tersebut memiliki keterbatasan dalam hal presisi, dan rentan terhadap kerusakan mekanis seperti pelampung macet atau tersangkut, lengan atau engsel pada sensor bisa rusak, atau bahkan bisa kemasukan air. Selain itu, diperlukan juga pengembangan lebih lanjut terhadap pemantauan ketersediaan air secara *real-time* menggunakan internet. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk mengatasi keterbatasan dan melakukan pengembangan tersebut dengan mengimplementasikan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pengganti sensor pelampung dan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT).

Sensor ultrasonik mengukur ketinggian air dengan akurasi tinggi berdasarkan waktu tempuh pantulan gelombang suara. Akurasi data digital ini memungkinkan logika kontrol yang lebih presisi untuk menghidupkan dan mematikan pompa air. Data dari sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan dikirimkan ke platform IoT (Blynk) untuk pemantauan *real-time* dan kontrol jarak jauh. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi energi surya dan menjamin pasokan air terpenuhi secara otomatis dan optimal.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian pengembangan (*Research and Development*). Fokusnya pada perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem kontrol pompa air otomatis dengan sumber daya PLTS berbasis IoT dan sensor ultrasonik.

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Monitoring Level Air

Monitoring level air merupakan proses pengawasan dan pengukuran ketinggian atau volume air, baik secara manual maupun otomatis, dengan memanfaatkan teknologi seperti sensor dan sistem IoT (*Internet of Things*) untuk memastikan ketersediaan air tetap optimal (D.Endah dkk., 2021), mencegah resiko seperti kekeringan atau banjir, serta mendukung efisiensi pengelolaan air dalam berbagai aplikasi, seperti rumah tangga, industri dan lingkungan (Herdianto dkk., 2021).

2.1.2. IoT (*Internet of Things*)

IoT adalah sistem jaringan yang menghubungkan perangkat fisik melalui internet (R. Hiunarto dkk., 2023) memungkinkan alat seperti sensor, perangkat elektronik, dan teknologi cerdas untuk berinteraksi, mengumpulkan, dan berbagi data secara otomatis, sehingga mendukung efisiensi, integrasi, dan berbagai kebutuhan di bidang rumah tangga maupun industri.

2.1.3. Sensor Ultrasonik HC SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 adalah sensor yang digunakan untuk mengukur jarak suatu objek dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik. Sensor ini sering digunakan dalam aplikasi IoT, robotika, dan proyek mikrokontroler untuk mendeteksi jarak tanpa kontak fisik. Setelah gelombang pantul mencapai penerima, sinyalnya akan diproses untuk menghitung jarak benda (Herdiana dkk., 2020). Sensor ini mampu mendeteksi benda sampai dengan jarak 4 m (Ramadhan dkk., 2020).

2.1.4. ESP32

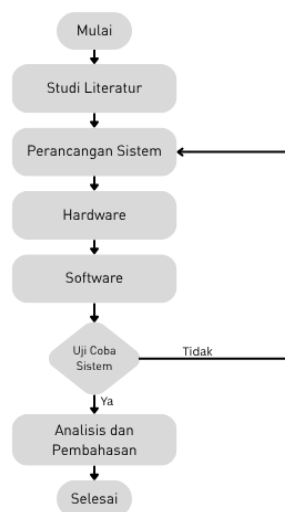
ESP32 adalah papan pengembangan berbasis mikrokontroler yang dilengkapi dengan kemampuan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, dirancang khusus untuk aplikasi IoT,

memungkinkan perangkat untuk saling berkomunikasi secara nirkabel. Dengan berbagai pin input/output yang dapat digunakan untuk menghubungkan sensor, aktuator, dan perangkat lainnya, serta kompatibilitas dengan Arduino IDE, ESP32 menawarkan kemudahan dalam pemrograman dan fleksibilitas tinggi dalam pengembangan proyek (Annisa dkk., 2025).

2.1.5. Blynk

Blynk merupakan sebuah platform IoT yang dirancang untuk memberikan solusi fleksibel dan mudah digunakan dalam mengontrol serta memantau perangkat keras (B. Arief dkk., 2024) seperti ESP32 yang terhubung dengan sensor ultrasonik, melalui antarmuka aplikasi berbasis seluler atau desktop yang sederhana dan dapat disesuaikan, sehingga memungkinkan pengguna untuk mengintegrasikan berbagai fungsi, seperti pengumpulan data secara *real-time*, pengelolaan notifikasi otomatis saat level air mencapai batas tertentu, dan akses jarak jauh yang memanfaatkan konektivitas internet secara optimal, yang pada akhirnya mendukung pengembangan sistem monitoring level air berbasis IoT dengan tingkat efisiensi, akurasi, dan responsivitas tinggi dalam menghadapi dinamika perubahan kondisi lingkungan secara berkelanjutan (K.Rindra dkk., 2021).

2.2. Alur Penelitian



Gambar 1 Alur Penelitian

2.2.1. Perancangan Sistem *Hardware*

a. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pada bagian ini ditentukan spesifikasi dan kapasitas komponen utama, dua panel surya 10 Wp sebanyak dua buah, *charge controller*, dan baterai 12 V yang sesuai untuk menggerakkan pompa DC 12 V.

b. Sistem Kontrol dan Akuisisi Data

Bagian ini meliputi mikrokontroler ESP32 sebagai kontroler, modul relay sebagai saklar hidup/mati pompa air, dan pompa air DC 12 V sebagai aktuator.

c. Sistem Sensor

Digunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang dipasang di atas tandon penampung (drigen 10 L) untuk mengukur jarak ke permukaan air dan mengkonversinya menjadi ketinggian air.

2.2.2. Perancangan Sistem *Software*

a. Pemrograman ESP32

Kode program ESP32 ditulis untuk melaksanakan fungsi utama : membaca data dari sensor ultrasonik, mengimplementasikan logika kontrol otomatis untuk pompa air, melakukan koneksi Wi-Fi dan platform IoT (Blynk), mengirim data *real-time*, dan menerima perintah kontrol jarak jauh.

b. Pengembangan Platform Blynk

Digunakan platform Blynk sebagai antarmuka untuk visualisasi data ketinggian air (*real-time*) dan kontrol *on/off* pompa dari jarak jauh.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan dua panel surya 10 Wp (total 20 Wp) dan pompa DC 12 V (5W) untuk mengisi drigen 10 L (27 cm tinggi efektif) yang menggunakan baterai 12 V sebagai sumber daya.

3.1. Kinerja Sensor Ultrasonik dan Logika Kontrol

Sistem kontrol menggunakan dua ambang batas utama pada drigen 10 L :

- Kondisi Kosong : Jarak ultrasonik ≈ 25 cm (ketinggian air ≈ 2 cm) \rightarrow Pompa ON
- Kondisi Penuh : Jarak ultrasonik ≈ 5 cm (ketinggian air ≈ 22 cm) \rightarrow Pompa OFF
-

Tabel 1. Pengujian Kinerja Sistem Otomatis Pompa Air

Waktu	Kondisi Tangki (Display LCD)	Jarak Sensor (Perkiraan)	Status Pompa (Relay)	Keterangan
14:06	Kosong/Pompa ON	≈ 25 cm	ON	Sistem otomatis aktifkan pompa (pompa ON)
14:09	Setengah/Pompa ON	≈ 15 cm	ON	Pompa tetap ON untuk pengisian
14:12	Penuh/Pompa OFF	≈ 5 cm	OFF	Sistem otomatis nonaktifkan pompa (pompa OFF)

Sensor ultrasonik berhasil memberikan pembacaan jarak yang akurat untuk memicu logika kontrol yang presisi. Integrasi dengan ESP32 dan modul relay memungkinkan pompa aktif pada 14:06 dan nonaktif pada 14:12. Penerapan menjaga pompa tetap ON saat level air setengah terisi hingga penuh terbukti efektif, mencegah pompa sering hidup-mati dan melindungi perangkat keras. Output visual pada LCD I2C memberikan umpan balik status yang jelas (*real-time*).

3.2. Kinerja Pengisian Drigen dan Penggunaan Daya Baterai

Pompa DC 12 V (diestimasi 5 W) berhasil mengisi drigen 10 L dalam waktu 6 menit).

- Energi Konsumsi : energi yang digunakan per siklus pengisian adalah 0.5 Wh ($5 \text{ W} \times 0,1 \text{ jam}$), setara dengan $\approx 0,04$ Ah dari kapasitas baterai 12 V.
- Efisiensi : kebutuhan daya pompa untuk satu kali siklus pengisian sangat kecil, menunjukkan sistem kontrol motor pompa bekerja secara efisien. Hal ini penting untuk meminimalkan beban pada sistem baterai PLTS.

3.3. Analisis Pengisian Baterai PLTS 20 Wp (Studi Kasus Kondisi Mendung)

Analisis menunjukkan potensi masalah keandalan sumber energi di kondisi cuaca buruk (mendung):

Tabel 2. Data Pengujian Kinerja PLTS 20 Wp

Waktu	Tegangan (V)	Kondisi Cuaca	Keterangan
11:30 – 12:00	6,5 V → 8 V	Mendung Berubah	Kenaikan tegangan signifikan, menunjukkan fase <i>bulk charging</i> yang masih efektif, meskipun fluktuatif karena awan.
12:00 – 12:30	8 V → 8,7 V	Mendung Stabil	Stagnasi Tegangan. Arus output dari PLTS 20 Wp tidak cukup untuk meningkatkan tegangan baterai lebih lanjut.
12:30 – 13:00	8,7 V → 10,5 V	Cerah Berubah	Kondisi cuaca kembali cerah sehingga kenaikan tegangan kembali signifikan.
13:30 – 14:00	10,5 V → 12 V	Cerah Stabil	Kondisi cerah stabil mampu mengisi baterai sesuai dengan yang dibutuhkan dan tetap stabil ketika digunakan untuk pompa air.

Meskipun PLTS memiliki daya puncak 20 Wp (dengan arus maksimal secara teori sekitar 1,12 A), kondisi mendung secara drastis mengurangi intensitas radiasi, menyebabkan arus aktual menurun hampir nol dan mengakibatkan tegangan baterai stagnan pada 8,7 V. Jika siklus pengisian pompa (0,5 Wh) berulang tanpa adanya sinar matahari yang memadai, baterai beresiko menunjukkan bahwa sistem PLTS harus memiliki *oversizing* yang memadai atau baterai berkapasitas besar untuk menanggulangi periode mendung.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan Sistem Kontrol Otomatis Pompa Air Tenaga Surya Berbasis IoT menggunakan Sensor Ultrasonik dan ESP32.

1. Sensor ultrasonik dan ESP32 memberikan kontrol ketinggian air yang sangat akurat pada drigen 10 L, dengan keadaan pompa air menyala secara stabil untuk mencegah kerusakan pompa.
2. Efisiensi : Pompa DC 12 V efisien, hanya membutuhkan 0,5 Wh untuk satu siklus pengisian 6 menit.

3. Kinerja PLTS P_{wp} tidak andal pada kondisi mendung tebal, di mana arus pengisian baterai menjadi sangat minimal, menyebabkan tegangan stagnan. Untuk meningkatkan keandalan sistem ini di daerah terpencil, dibutuhkan peningkatan kapasitas panel surya atau baterai, atau penggunaan SCC MPPT untuk mengoptimalkan penangkapan energi dari panel.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan Terima Kasih kepada dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan dukungan yang telah diberikan selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Seminar Nasional Teknik Elektro selaku penyelenggara yang memberikan kesempatan untuk mengikuti acara seminar ini.

Tidak lupa penulis juga menyampaikan apresiasi kepada semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Referensi

- [1] D. Endah, I. H. Santoso, and N. B. A. Karna, "Perancangan dan Implementasi Smart Garden For Watering Berbasis IoT Menggunakan Telegram dan Blynk," *e-Proceeding Eng.*, vol. 8, no. 5, pp. 1-10, 2021.
- [2] Herdianto, S. Efendi, and Hafni, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Akuisisi Data Kualitas Air Danau Berbasis Internet of Things," *Senaris*, vol. 4, pp. 2-5, 2021.
- [3] K. Rindra, A. Widodo, F. Baskoro, and N. Kholis, "Sistem Monitoring Level Ketinggian Air Pada Tandon Rumah Tangga Berbasis IoT (*Internet of Things*)," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 17-22, 2021.