

Implementasi Pompa Air Berbasis Teknologi Digital di Lahan Pertanian Tadah Hujan

Implementation of Digital Technology-Based Water Pump in Rainfed Agricultural Areas

Nur Azmi Ainul Bashir Suwandi^{1*}, Restiadi Bayu Taruno², Labibah Zahrotul Hasanah³, M. Minanurrofiq⁴

^{1,3,4}Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta, Sleman, Indonesia

²Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta, Sleman, Indonesia

¹nurazmiab@unu-jogja.ac.id, ²ubay@unu-jogja.ac.id, ³labibahzaha@student.unu-jogja.ac.id,

⁴muhammad.minanurrofiq.kom21@student.unu-jogja.ac.id

Abstract

Manual/conventional diesel water pumps can be converted into automatic water pump systems using digital technology. This serves as a proposed solution to the issues associated with diesel water pumps. These issues arise from operational difficulties, as not all residents are capable of operating the pump, requiring greater effort during operation. Additionally, the pump's location, which is often damp, slippery, and prone to venomous animals, poses challenges for operators when turning the pump on and off. This study employs the waterfall method with a focus on testing and implementing the developed system. The goal of implementing this system is to assist farmers in rainfed paddy fields in operating water distribution pumps more easily. The system developed in this study has been applied in real-world conditions in the rainfed agricultural area of Pagergunung hamlet, Sitimulyo, Piyungan. Moreover, this study utilizes an intelligent system with a timer and remote control using the Ubidots user interface, distinguishing it from previous studies. The system was tested in two stages: pre-implementation and post-implementation. The first stage involved six testing sessions, while the second stage consisted of two sessions. The overall test results indicated a 97% success rate in the first stage and a 100% success rate in the second stage. The system operates automatically according to schedule and can also be remotely controlled via mobile or cellular devices.

Keywords: Automatic Pump; Digital Technology; Rain Sensor; Rainfed Irrigation; Ubidots

Abstrak

Pompa air diesel manual/konvensional dapat diubah menjadi sistem pompa air otomatis dengan teknologi digital. Hal itu menjadi usulan solusi dari masalah masalah pompa air diesel yang terjadi. Berawal dari permasalahan operasional yang tidak mudah karena tidak semua warga mampu mengoperasikan pompa tersebut, membutuhkan tenaga lebih besar dalam pengoperasiannya, kondisi lokasi tempat pompa yang lembab, licin, dan rawan hewan berbisa menyulitkan operator dalam menyalakan dan mematikan pompa. Penelitian ini menggunakan metode waterfall dengan fokus pengujian dan implementasi sistem yang dibangun. Tujuan implementasi sistem ini adalah memudahkan petani di kawasan lahan pertanian tadah hujan dalam mengoperasikan pompa distribusi air. Sistem yang dibangun pada penelitian ini telah diterapkan pada kondisi sesungguhnya di kawasan tadah hujan, padukuhan Pagergunung, Sitimulyo, Piyungan. Di sisi lain, penelitian ini menggunakan sistem cerdas dengan pewaktu dan kontrol jarak jauh menggunakan antar muka pengguna Ubidots. Hal ini yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya. Sistem ini diuji dalam dua tahap yaitu tahap sebelum implementasi dan tahap sesudah implementasi. Tahap pertama dilakukan pengujian sebanyak enam sesi, sedangkan tahap kedua dilakukan sebanyak dua sesi. Hasil pengujian secara keseluruhan menunjukkan 97% percobaan tahap pertama berhasil, sedangkan tahap kedua mencapai keberhasilan 100%. Sistem dapat berjalan secara otomatis sesuai jadwal, juga dapat dikontrol dari jarak jauh melalui perangkat mobila maupun seluler.

Kata kunci: Pompa Otomatis; Sensor Hujan; Tadah Hujan; Teknologi Digital; Ubidots

1. Pendahuluan

Lahan pertanian tadah hujan adalah lahan pertanian yang tidak dapat ditanami tanaman secara terus-menerus sepanjang tahun [1] karena sangat bergantung pada curah hujan [2]. Pengairan lahan pertanian tadah hujan dilakukan dengan mengalirkan dari sumber air seperti sumur, bor, maupun sungai menuju ke lahan

atau sawah menggunakan pompa air. Salah satu contoh yaitu pada lahan lahan pertanian tadah hujan yang berada di padukuhan Pagergunung. Lahan tersebut diairi air sungai Opak menggunakan pompa diesel manual. Menurut warga sekitar, hal ini dilakukan untuk menjaga lahan tetap dapat ditanami selama musim kemarau. Secara geografis padukuhan

Pagerngunung berada lebih tinggi dari aliran sungai opak dan berada di kaki perbukitan, sehingga penggunaan pompa menjadi pilihan dalam mengalirkan air dari sungai ke lahan/sawah [3], [4], [5]. Pompa diesel yang digunakan adalah pompa yang dihidupkan dan dimatikan secara manual. Pompa diesel tersebut ditempatkan di dekat sungai. Adapun pompa tersebut telah digunakan lebih dari 15 tahun (dipasang sekitar tahun 2008-2009).

Seiring berjalannya waktu, ditemukan permasalahan operasional pompa diesel yang telah terpasang di dekat sungai opak tersebut. Masalah yang ditimbulkan antara lain operasional yang tidak mudah karena tidak semua warga mampu mengoperasikan pompa tersebut, membutuhkan tenaga lebih besar dalam pengoperasiannya, kondisi lokasi tempat pompa yang lembab, licin, dan rawan hewan berbisa menyulitkan operator dalam menyalakan dan mematikan pompa. Bukan hanya itu, operator yang bertugas adalah orang-orang tertentu yang telah ditunjuk sesuai kesepakatan. Hal ini menjadi ketergantungan warga lainnya [4].

Berdasarkan permasalahan di atas, maka penulis memberikan usulan penggunaan teknologi digital dalam operasional pompa diesel tersebut. Teknologi yang digunakan adalah otomatisasi pompa sekaligus memperbaharui pompa diesel konvensional menjadi pompa elektrik. Adapun rumusan permasalahan penelitian ini adalah bagaimana mengimplementasikan pompa air otomatis berbasis teknologi digital ke lahan tadah hujan sesungguhnya. Teknologi digital yang digunakan adalah penggunaan perangkat komputer dan sistem tertanam untuk mengoperasikan pompa tersebut yang selanjutnya disebut dengan sistem kendali. Tujuan penerapan teknologi ini yaitu sebagai penyederhanaan operasional pompa, khususnya dalam proses operasional, sekaligus mengurangi risiko dari permasalahan yang disebutkan di atas. Penyampaian pada artikel ini berfokus pada hasil pengujian sistem dan implementasinya pada lahan tadah hujan sebenarnya.

Penelitian sejenis sebelumnya telah dilakukan oleh beberapa penulis berikut. Fauzia, dkk [6] pada tahun 2023 merancang sistem/perangkat kontrol pompa otomatis menggunakan aplikasi seluler untuk pemantauan pompa. Burlian dan Bella [7] pada tahun 2022 membuat desain alat dengan penjadwalan pengairan otomatis untuk akuaponik. Zikrilla, dkk [8] pada tahun 2021 membuat desain sistem irigasi otomatis yang operasionalnya didasarkan oleh kelembaban tanah dengan menggunakan sensor YL-69. Pada tahun yang sama juga dirancang pompa tangki air pintar otonom yang ditujukan untuk efisiensi penggunaan air dan kemudahan pengoperasian oleh Aly Sayyed M [9]. Reddy, dkk [10] pada tahun yang sama membuat desain pompa air otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang bertujuan untuk mengatasi pemborosan air dan meningkatkan efisiensi penggunaan air. Widodo [11] pada tahun 2023

membuat prototipe deteksi hujan berbasis Arduino UNO menggunakan *rain drop sensor module*. Pada tahun yang sama Setiadi, dkk [12] merancang aplikasi sistem monitoring deteksi hujan berbasis maps dan IoT, sedangkan pada tahun 2021, sedangkan Fauza [13] pada tahun 2021 merancang detektor hujan sederhana berbasis *rain drop sensor* menggunakan *buzzer* dan LED.

Penelitian-penelitian di atas menghasilkan luaran berupa purwarupa atau prototipe. Penelitian-penelitian tersebut dijadikan sebagai acuan dalam penelitian oleh penulis dengan beberapa fokus seperti ringkasan penelitian terdahulu beserta relevansinya dengan penelitian yang dilakukan pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Relevansi Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian yang Dilakukan

Penelitian Sebelumnya	Hasil Penelitian	Relevansi dengan Penelitian oleh Penulis
Fauzia, dkk [6]	Merancang sistem/perangkat kontrol pompa otomatis menggunakan aplikasi seluler untuk pemantauan pompa.	Penggunaan aplikasi seluler, dengan pembaruan atau perbedaan aplikasi pada penelitian ini
Burlian dan Bella [7]	Membuat desain alat dengan penjadwalan pengairan otomatis untuk akuaponik.	Penerapan konsep timer yang mirip dengan penelitian sebelumnya
Zikrilla, dkk [8]	Membuat desain sistem irigasi otomatis yang operasionalnya didasarkan oleh kelembaban tanah dengan menggunakan sensor YL-69	Penerapan operasional irigasi berdasarkan inputan dari sensor.
Sayyed M [9]	Merancang pompa tangki air pintar otonom yang ditujukan untuk efisiensi penggunaan air dan kemudahan pengoperasian	Penerapan konsep timer yang mirip dengan penelitian sebelumnya
Reddy, dkk [10]	Membuat desain pompa air otomatis berbasis Internet of Things (IoT)	Penerapan konsep IoT dengan inputan dari perangkat selular yang mirip dengan penelitian sebelumnya
Setiadi, dkk [12]	Merancang aplikasi sistem monitoring deteksi hujan berbasis maps dan IoT	Konsep komunikasi IoT yang diusung pada penelitian tersebut digunakan dalam penelitian ini.
Fauza [13]	Merancang detektor hujan sederhana berbasis <i>rain drop sensor</i> menggunakan <i>buzzer</i> dan LED	Rangkaian detektor hujan dengan <i>rain drop sensor</i> diterapkan pada penelitian

		ini.
Widodo [11]	Membuat prototipe deteksi hujan berbasis Arduino UNO menggunakan <i>rain drop sensor module</i> .	Penggunaan sensor hujan dalam penelitian ini

Penelitian terdahulu berkaitan dengan PLTS meliputi, Bahari, dkk [14] melakukan optimalisasi PLTS sebagai penggerak pompa air. Sinaga, dkk [15] juga menggunakan PLTS untuk irigasi persawahan. Sembiring dan Ritonga [16] menggunakan PLTS untuk operasional pompa air. Dalam penelitian Taruno, dkk [5] juga menggunakan PLTS meskipun bukan untuk pengairan melainkan *smart farming*. Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian ini memiliki relevansi dalam hal penggunaan PLTS dan pompa air. Meskipun demikian, penggunaan PLTS pada penelitian ini adalah untuk sistem kendali pompa air dan mendukung terus beroperasinya perangkat jaringan untuk menyediakan jaringan sebagai penopang konsep IoT.

Penelitian oleh penulis memiliki fokus dalam implementasi dari sistem yang pernah diteliti sebelumnya. Adapun implementasi yang menjadi referensi penulis adalah penelitian oleh Rohmah, dkk [17]. Rohmah, dkk melakukan implementasi sistem kontrol pompa semi-otomatis untuk irigasi di lahan pertanian tadah hujan. Sistem kontrol yang dibuat yaitu penggunaan *timer* sebagai acuan operasional pompa air. Pompa akan berjalan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan sebelumnya. Penelitian lainnya oleh Annur, dkk [18] juga mengimplementasikan deteksi hujan. Pada penelitiannya monitoring hujan dikombinasikan dengan monitoring banjir dengan basis MQTT Over WebSocket secara *real time*. Relevansi beberapa penelitian tersebut adalah penerapan teknologi pada kehidupan nyata atau pada kondisi sesungguhnya sehingga bermanfaat untuk penggunaannya.

Di sisi lain, hasil penelitian ini juga menjadi penyempurna penyampaian hasil penelitian khususnya bagian hasil uji coba dan antar muka pengguna oleh penulis yang telah diterbitkan sebelumnya mengenai hal yang sama [19].

2. Metodologi Penelitian

Berikut ini adalah metode penelitian yang dilakukan.

2.1. Tahap penelitian

Penelitian ini memiliki tujuh tahapan meliputi analisis dan perumusan masalah, identifikasi kebutuhan sistem, desain dan perakitan perangkat keras, pembuatan antarmuka pengguna, integrasi sistem, pengujian dan evaluasi, serta implementasi sistem.

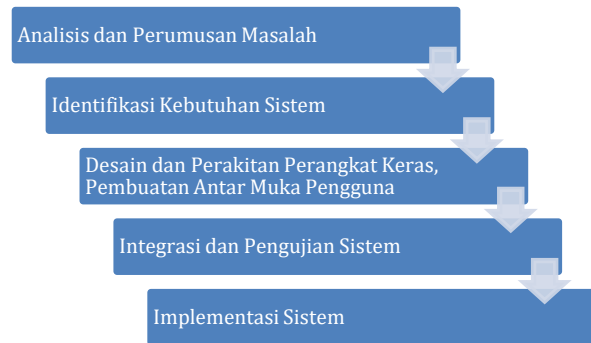
- 1) Tahap analisis dan perumusan masalah. Pada tahap ini, peneliti memulai dengan melakukan identifikasi mendalam terhadap permasalahan

yang ada di lapangan. Langkah ini melibatkan pengumpulan data melalui observasi langsung, wawancara dengan pihak-pihak terkait, serta analisis kondisi lahan sawah dan karakteristik geografis lokasi penelitian. Pemahaman mengenai kondisi geografis sangat penting karena akan memengaruhi cara sistem bekerja, termasuk kebutuhan energi dan mekanisme kendali pompa air. Selain itu, diskusi intensif dengan stakeholder yang berkaitan dengan kawasan tadah hujan dilakukan untuk memvalidasi temuan permasalahan dan merumuskan langkah-langkah strategis untuk penyelesaian masalah. Hasil dari tahap ini adalah perumusan masalah yang jelas, yang menjadi dasar dalam pengembangan sistem kendali otomatis pompa air berbasis energi cerdas.

- 2) Tahap identifikasi kebutuhan sistem. Pada tahap ini, dilakukan analisis kebutuhan teknis dan fungsional dari sistem yang akan dibangun. Peneliti mengidentifikasi bahwa pompa konvensional perlu diganti agar dapat beroperasi secara otomatis sesuai jadwal yang telah ditentukan atau kondisi tertentu, misalnya dalam kondisi hujan. Selain itu, kebutuhan untuk mengontrol pompa dari jarak jauh juga menjadi prioritas agar pengoperasiannya lebih efisien dan dapat dilakukan oleh pengguna yang tidak selalu berada di lokasi. Selanjutnya peneliti menentukan komponen yang dibutuhkan, baik perangkat keras seperti mikrokontroler, sensor hujan, relay, dan modul WiFi, maupun perangkat pendukung lainnya seperti sistem catu daya dari panel surya dan lainnya. Semua kebutuhan ini dirancang berdasarkan kebutuhan dan keterbatasan calon pengguna, sehingga sistem dapat digunakan secara efektif dan mudah dipahami.
- 3) Tahap berikutnya meliputi desain dan perakitan perangkat keras, serta pembuatan antar muka pengguna. Setelah kebutuhan sistem ditetapkan, tahap berikutnya adalah mendesain perangkat keras dan mengembangkan antarmuka pengguna. Pada tahap desain perangkat keras, dilakukan simulasi rangkaian elektronik untuk memastikan semua komponen dapat bekerja dengan baik sebelum dirakit secara fisik. Proses ini melibatkan penyusunan rangkaian sensor, aktuator, dan mikrokontroler, termasuk kalibrasi awal untuk memastikan keakuratan sensor. Setelah itu, perangkat keras dirakit secara fisik dengan merujuk pada hasil simulasi. Di sisi lain, pembuatan antarmuka pengguna dilakukan melalui platform IoT yang telah ditentukan, seperti Ubidots. Peneliti membuat akun dan dashboard IoT yang berfungsi untuk mengontrol pompa secara jarak jauh, serta menampilkan indikator operasional sistem yaitu ON/OFF atau menyala/mati. Antarmuka ini dirancang agar intuitif dan mudah digunakan oleh pengguna yang tidak memiliki latar belakang teknis.

- 4) Tahap integrasi komponen sistem, pengujian, dan evaluasi. Tahap ini merupakan salah satu langkah kritis dalam pengembangan sistem. Integrasi dilakukan untuk memastikan perangkat keras, antarmuka pengguna, dan perangkat jaringan dapat berfungsi secara sinergis. Instalasi jaringan komunikasi, seperti WiFi atau modem, dilakukan untuk memungkinkan komunikasi antara perangkat keras dan dashboard IoT. Setelah integrasi selesai, dilakukan pengujian sistem untuk memeriksa apakah semua komponen bekerja sesuai dengan spesifikasi. Pengujian meliputi uji konektivitas jaringan, pengujian fungsi otomatisasi, dan pengoperasian pompa dalam berbagai kondisi, seperti ketika terdeteksi hujan atau saat dioperasikan secara manual melalui antarmuka pengguna. Selain itu, indikator utama keberhasilan pengujian tiap tahap ada pada hasil pengujian alat berdasarkan waktu dan inputan. Kedua tahap memiliki indikator yang sama dalam pengujiannya. Pengujian dinyatakan berhasil apabila pompa otomatis dapat menyala sesuai waktu yang ditentukan dan/atau sesuai perintah dari aplikasi. Evaluasi dari pengujian ini dilakukan secara berulang hingga sistem mencapai tingkat keandalan yang diharapkan, yaitu tidak adanya gangguan kendali atau kegagalan operasional selama pengujian berlangsung sampai dengan setelah penerapannya ke lokasi sesungguhnya.
- 5) Tahap implementasi sistem. Tahap terakhir dari penelitian ini adalah implementasi sistem di lapangan. Alat yang telah selesai diuji coba dipasang di lokasi sebenarnya, yaitu pada kawasan lahan pertanian tadah hujan yang menjadi objek penelitian. Implementasi ini melibatkan instalasi perangkat keras, perangkat lunak, dan perangkat jaringan secara menyeluruh. Peneliti juga melakukan pelatihan kepada pengguna sistem, seperti kelompok tani, agar mereka dapat mengoperasikan dan merawat sistem dengan baik. Pada tahap ini, dilakukan pula pemantauan awal untuk memastikan bahwa sistem berjalan dengan baik sesuai dengan kebutuhan pengguna. Data dari implementasi sistem digunakan untuk mengevaluasi efektivitas alat dalam membantu proses distribusi air, khususnya dalam kondisi geografis dan cuaca yang menantang. Implementasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat memberikan solusi yang nyata dan dapat diandalkan bagi kebutuhan irigasi di kawasan pertanian tadah hujan.

Berikut ini adalah bagan tahapan penelitian yang dilakukan.

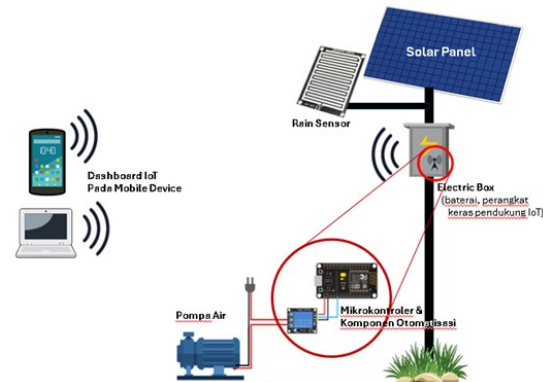


Gambar 1. Bagan Tahapan Penelitian

Berdasarkan penjelasan dan gambaran tahapan penelitian di atas, maka penelitian ini menggunakan metode *waterfall*. Tiap tahapan pada metode ini dapat berjalan apabila tahapan sebelumnya telah diselesaikan.

2.2. Desain dan Komponen Sistem

Sistem dibagi menjadi beberapa bagian penting meliputi bagian kontrol yang meliputi kontroler dan komponen otomatisasi, bagian *supply* daya yang meliputi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), bagian komunikasi yang meliputi komponen jaringan dan perangkat komunikasi, serta bagian antar muka pengguna. Gambar 2 berikut ini adalah gambaran umum sistem yang dirancang.

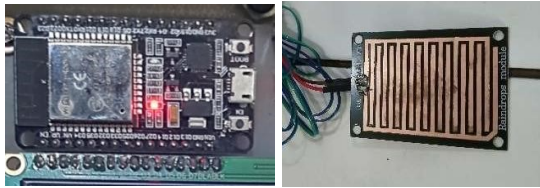


Gambar 2. Gambaran umum sistem

Berikut penjelasan komponen-komponen dari gambar di atas.

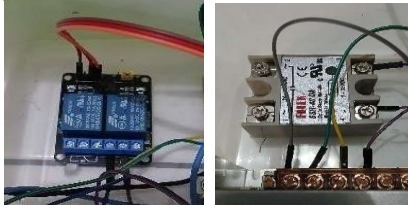
- 1) **Kontroler dan Komponen Otomatisasi**
Komponen kontroler dan otomatisasi berfungsi sebagai inti dari sistem yang mengatur operasional secara otomatis berdasarkan input yang diterima dari sensor dan memberikan output berupa perintah kepada perangkat lain. Komponen ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu kontroler dan komponen otomatisasi. Kontroler yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini telah dilengkapi dengan modul WiFi bawaan. Modul WiFi memungkinkan ESP8266 untuk mendukung

komunikasi antara perangkat, termasuk perangkat selular atau mobile, yang merupakan elemen penting dalam penerapan teknologi berbasis Internet of Things (IoT) [18]. Ukurannya yang kecil menjadikannya sangat fleksibel untuk integrasi ke dalam sistem yang ringkas dan efisien. Hal ini yang menjadikan pertimbangan penulis dalam memilih gambar mikrokontroler tersebut. Berikut ini adalah mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini (Gambar 3 sebelah kiri), sekaligus sensor hujan sebagai inputan sistem kendali.



Gambar 3. Mikrokontroler ESP8266 (kiri) dan Sensor Hujan (kanan)

Komponen masukan utama dari sistem ini adalah sensor hujan. Fungsinya mendeteksi kehadiran air hujan [11], [12]. Sensor ini menjadi elemen penting karena data yang dihasilkannya digunakan oleh kontroler untuk mengambil keputusan otomatis terkait operasional sistem. Sementara itu, komponen keluaran sistem adalah relay, yang bertindak sebagai sakelar elektronik. Relay berfungsi untuk menggantikan sakelar manual konvensional, di mana operasinya dikendalikan langsung oleh perintah dari kontroler [19]. Berikut ini adalah relay sebagai *output* dari sistem yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 4. Relay (kiri) dan Solid State Relay (kanan)

Sensor hujan dan relay menjadi pilihan utama sebagai komponen dalam sistem ini sesuai dengan kebutuhan yang meliputi komponen yang dikendalikan sejenis sakelar yaitu relay [17], [19], dan komponen pendeteksi keadaan cuaca yang dalam hal ini adalah pendeteksi hujan yaitu sensor hujan [11], [12], [13].

2) PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi solusi alternatif sumber daya pada sistem ini. Komponen utama PLTS yang digunakan meliputi panel surya, *solar charge controller*, *inverter*, dan baterai. Panel surya bertugas mengonversi energi matahari menjadi energi listrik, sedangkan *solar charge controller* digunakan untuk mengatur proses pengisian daya ke baterai guna mencegah

overcharging yang dapat merusak komponen [5], [14]. Energi yang disimpan dalam baterai kemudian digunakan untuk menghidupkan sistem, bahkan ketika tidak ada sinar matahari, seperti pada malam hari atau saat cuaca mendung [15], [16]. Selain itu, *inverter* juga digunakan untuk mengonversi arus searah (DC) dari baterai menjadi arus bolak-balik (AC), yang dibutuhkan oleh beberapa komponen sistem. PLTS ini dirancang untuk mengantisipasi potensi gangguan pasokan listrik dari jaringan utama, seperti pemadaman listrik. Dalam kasus tersebut, PLTS mampu menyediakan catu daya sementara sehingga memastikan operasional sistem tetap berjalan normal tanpa hambatan [14], [16]. Dengan integrasi PLTS, sistem ini menjadi lebih mandiri dan ramah lingkungan karena memanfaatkan energi terbarukan.

3) Perangkat Komunikasi

Perangkat komunikasi dalam sistem ini mencakup modul WiFi, router atau modem, serta perangkat mobile maupun seluler. Perangkat-perangkat ini memungkinkan sistem untuk mendukung fitur pengontrolan jarak jauh. Modul WiFi yang terintegrasi dalam mikrokontroler ESP8266 berfungsi sebagai penghubung antara kontroler dan jaringan internet. *Router* atau modem WiFi bertugas menyediakan akses jaringan internet di lokasi penerapan sistem, sementara perangkat mobile atau seluler digunakan oleh pengguna untuk mengakses sistem dari jarak jauh [20], [21]. Fungsi utama perangkat komunikasi adalah untuk memungkinkan interaksi pengguna dengan sistem, seperti menyalakan atau mematikan pompa, memantau status sistem, dan mendapatkan notifikasi kondisi operasional sistem secara real-time. Dengan adanya perangkat komunikasi ini, pengguna tidak perlu berada di lokasi fisik perangkat untuk mengoperasikan sistem. Hal terpenting adalah tersedianya jaringan internet, maka perangkat komunikasi ini dapat mendukung kendali sistem yang efisien dan efektif dari mana saja.

4) Antarmuka Pengguna

Antarmuka pengguna (*user interface*) dirancang untuk memberikan kemudahan kepada pengguna dalam mengoperasikan sistem berbasis Internet of Things (IoT). Dalam penelitian ini, antarmuka pengguna dibuat menggunakan platform yang mendukung IoT, seperti Ubidots, yang menyediakan fitur kontrol dan monitoring yang terintegrasi. Antarmuka pengguna ini memungkinkan pengguna untuk mengakses sistem melalui perangkat mobile atau seluler [22]. Desain antarmuka yang sederhana menjadikan sistem ini lebih ramah pengguna dan mendukung kemudahan pengoperasian di berbagai kondisi. Hal ini memberikan nilai tambah signifikan dalam

memanfaatkan teknologi IoT untuk pengelolaan sistem berbasis digital.

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut ini adalah hasil dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan.

3.1. Penerapan Teknologi Digital pada Pompa

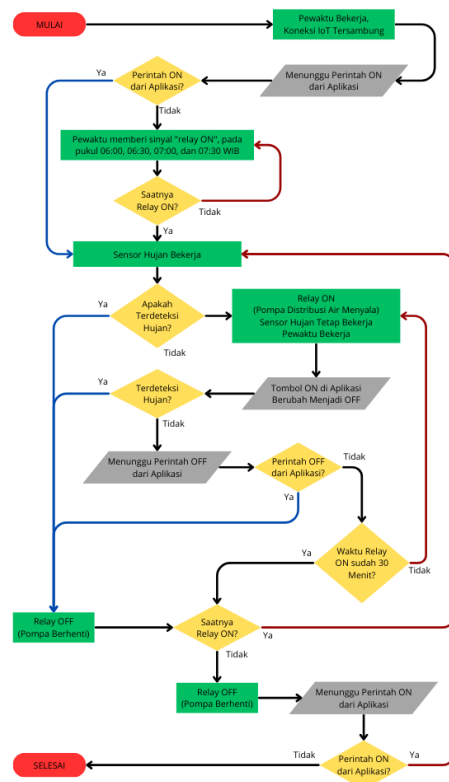
Hasil dari penelitian ini adalah pengembangan sebuah sistem pompa air berbasis teknologi digital yang mampu beroperasi secara otomatis tanpa memerlukan campur tangan langsung dari pengguna. Teknologi ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan sistem penyiraman, khususnya pada lahan pertanian. Sistem ini mampu menghidupkan dan mematikan pompa air secara terjadwal dan terintegrasi dengan sensor, sehingga mengurangi ketergantungan pada intervensi manusia dalam operasionalnya. Gambar di bawah ini (Gambar 5) adalah gambar perangkat sistem kendali dalam boks kontrol yang telah dirangkai secara lengkap.



Gambar 5. Rangkaian Sistem Kendali Pompa

Keunggulan lain dari teknologi ini adalah kemampuannya untuk dikontrol dan dipantau dari jarak jauh menggunakan teknologi digital. Sistem ini dapat dilengkapi dengan konektivitas berbasis Internet of Things (IoT), yang memungkinkan pengguna untuk memantau status pompa, seperti apakah pompa sedang menyala atau mati, melalui sebuah dashboard digital. Pengguna juga dapat melakukan perubahan pada pengaturan sistem, seperti mengubah jadwal penyiraman atau sensitivitas sensor hujan, tanpa harus berada di lokasi pompa. Hal ini memberikan fleksibilitas yang besar, terutama bagi para petani yang memiliki lahan yang luas atau berada di lokasi yang sulit dijangkau. Secara keseluruhan, sistem pompa air otomatis ini menawarkan solusi modern yang mampu menjawab tantangan dalam pengelolaan irigasi, memadukan teknologi digital dengan kebutuhan pertanian, serta meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan dalam penggunaan sumber daya.

Cara kerja sistem kendali penyiraman ini dirancang untuk bekerja secara otomatis sesuai dengan pengaturan awal yang telah ditetapkan pada mikrokontroler. Waktu penyiraman telah dijadwalkan pada pukul 06.00, 06.30, 07.00, dan pukul 07.30, sehingga dalam kondisi normal, pompa air akan beroperasi sebanyak empat sesi per hari. Setiap sesi diatur agar pompa menyala selama 30 menit dan kemudian mati secara otomatis setelah durasi tersebut berakhir. Siklus ini akan terus berjalan hingga seluruh sesi dalam satu hari selesai dilaksanakan sesuai jadwal. Penjadwalan yang terstruktur ini dirancang untuk memastikan efisiensi dalam penyiraman lahan pertanian serta memaksimalkan penggunaan air secara bijak dan terkontrol.

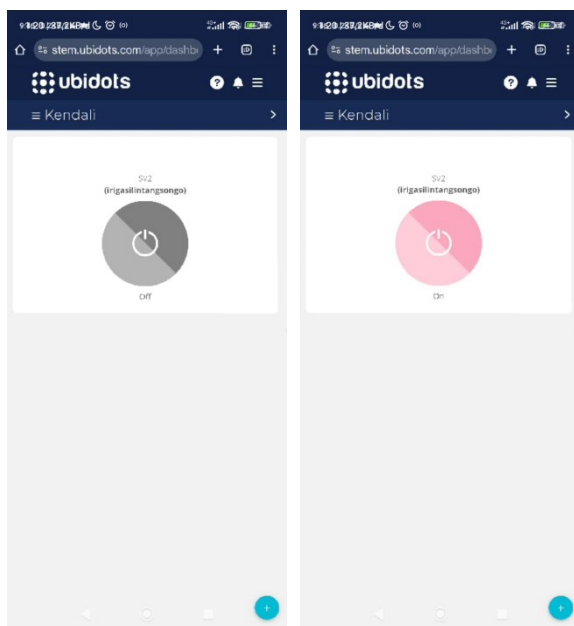


Gambar 6. Diagram Alir Sistem

Selain penjadwalan waktu, sistem ini juga dilengkapi dengan sensor hujan yang berfungsi untuk mendeteksi ada/tidaknya hujan. Sensor hujan akan mendeteksi hujan pada waktu-waktu di mana pompa air dijadwalkan menyala [5]. Sensor ini bekerja secara real-time untuk memastikan bahwa penyiraman tidak dilakukan pada saat terjadi hujan, sehingga air tidak terbuang percuma. Apabila sensor mendeteksi hujan pada saat jadwal pompa air menyala, maka mikrokontroler akan memerintahkan relay untuk mematikan pompa secara otomatis. Dalam hal ini, penyiraman untuk sesi tersebut akan dibatalkan, dan pompa akan menunggu sesi penjadwalan berikutnya untuk beroperasi. Sebaliknya, apabila pada saat operasional pompa terdeteksi hujan mendadak, sistem juga secara otomatis akan mematikan pompa untuk

mencegah penyiraman berlanjut. Integrasi antara penjadwalan waktu dan deteksi hujan ini membuat sistem penyiraman lebih cerdas dan adaptif terhadap kondisi lingkungan. Secara ringkas cara kerja sistem tersebut adalah seperti diagram alir berikut ini pada Gambar 6.

Sistem pompa air yang dikembangkan dalam penelitian ini juga dilengkapi dengan kemampuan pengoperasian jarak jauh melalui perangkat mobile atau seluler. Fitur ini memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT), yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol pompa air secara real-time tanpa harus berada di lokasi fisik perangkat. Teknologi ini dirancang untuk memberikan kemudahan dan fleksibilitas kepada pengguna, terutama bagi mereka yang memiliki lahan pertanian yang luas atau tidak selalu berada di dekat lokasi pompa. Dengan teknologi ini, pengoperasian pompa menjadi lebih praktis dan efisien, serta mendukung pola kerja modern yang berbasis teknologi. Peneliti menggunakan aplikasi berbasis IoT dari platform Ubidots untuk membangun antarmuka pengguna yang sederhana namun fungsional. Antarmuka ini dirancang sedemikian rupa agar mudah digunakan bahkan oleh pengguna yang tidak memiliki latar belakang teknis.



Gambar 7. Tampilan Tombol saat OFF (kiri) dan ON (kanan)

Hasil diskusi dengan calon pengguna sistem yang dalam hal ini adalah petani, pada saat identifikasi kebutuhan menetapkan di dalam aplikasi hanya disediakan tombol ON/OFF untuk menyalakan/mematikan pompa secara jarak jauh. Dalam implementasinya, jadwal penyiraman ini diatur oleh salah satu anggota atau ketua kelompok tani yang memiliki pemahaman mengenai pemrograman mikrokontroler. Orang yang bertanggung jawab ini akan melakukan pengaturan awal pada sistem, termasuk penjadwalan penyiraman, kalibrasi sensor

hujan, dan konfigurasi lainnya sesuai dengan kebutuhan lahan pertanian. Peran ini sangat penting untuk memastikan bahwa sistem berjalan sesuai rencana dan kebutuhan lapangan. Selain itu, pengetahuan teknis yang dimiliki oleh anggota tersebut memungkinkan adanya fleksibilitas dalam menyesuaikan jadwal atau memperbaiki pengaturan apabila terdapat perubahan kebutuhan di masa depan. Adapun penjadwalan penyiraman didasarkan pada hasil diskusi kelompok tani. Keterlibatan kelompok tani dalam pengelolaan teknologi ini, diharapkan bukan hanya mendapatkan manfaat dari sistem otomatis ini tetapi juga memiliki keterampilan teknis untuk mendukung keberlanjutannya. Gambar 7 adalah tampilan Ubidots dalam kondisi pompa mati/OFF (kiri), dan pompa menyala/ON (kanan).

3.1.1. Hasil Pengujian Operasional Pompa

Sebelum diterapkan pada lokasi sesungguhnya. Sistem pompa air ini telah diuji terlebih dahulu. Pengujian ini menjadi pengujian Tahap 1 dari penelitian yang dilakukan. Percobaan pertama sampai dengan ketiga hanya menjadwalkan tiga sesi yang meliputi pukul 06:00, 06:30, dan 07:00 dengan durasi maksimal pompa menyala/beroperasi selama 90 menit. Pada percobaan keempat sampai dengan keenam, satu sesi ditambah untuk memperpanjang waktu menyala pompa menjadi 120 menit atau ditambah 30 menit dari pengujian sebelumnya. Berikut ini adalah hasil pengujian dari sistem pompa ini yang telah dipublikasikan pada jurnal sebelumnya [19] dengan menambahkan hasil pengujian lanjutan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Perangkat Sebelum Diterapkan

Uji Coba	Metode	Waktu Hujan	Durasi	Keterangan
Ke 1	Otomatis	06:00	Tidak	30 ON-OFF Oto
	Otomatis	06:30	Tidak	30 ON-OFF Oto
	Otomatis	07:00	Tidak	30 ON-OFF Oto
	Smartphone	08:35	Tidak	30 ON Man -OFF Oto
	Smartphone	09:40	Tidak	10 ON-OFF Man
Ke 2	Otomatis	06:00	Tidak	30 ON-OFF Oto
	Otomatis	06:30	Tidak	30 ON-OFF Oto
	Otomatis	07:00	Tidak	30 ON-OFF Oto
	Smartphone	08:00	Tidak	10 ON-OFF Man
	Laptop	08:55	Ya	5 ON Man-OFF Oto, Hujan
Ke 3	Komputer	09:30	Ya	15 ON Man-OFF Oto, Hujan
	Otomatis	06:00	Tidak	30 ON-OFF Oto
	Otomatis	06:30	Tidak	30 ON-OFF Oto
	Otomatis	07:00	Tidak	30 ON-OFF Oto
	Smartphone	10:45	Tidak	10 ON-OFF Man
Ke 4	Laptop	11:00	Tidak	20 ON-OFF Man
	Komputer	11:30	Ya	5 ON Man-OFF Oto, Hujan
	Otomatis	06:00	Ya	- error
	Otomatis	06:30	Ya	0 OFF, Hujan
	Otomatis	07:00	Tidak	4 ON-OFF Oto, Hujan
Ke 5	Otomatis	07:30	Tidak	21 ON-OFF Oto, Hujan
	Smartphone	08:05	Ya	0 OFF, Hujan
	Smartphone	08:15	Ya	3 ON Man -OFF Oto, Hujan
	Otomatis	06:00	Ya	0 OFF, Hujan
	Otomatis	06:30	Tidak	30 ON-OFF Oto
Ke 6	Otomatis	07:00	Ya	4 ON-OFF Oto, Hujan
	Otomatis	07:30	Ya	0 OFF, Hujan
	Smartphone	08:10	Ya	0 OFF, Hujan
	Smartphone	08:25	Ya	3 ON Man-OFF Oto, Hujan
	Otomatis	06:00	Tidak	30 ON-OFF Oto
	Otomatis	06:30	Tidak	30 ON-OFF Oto
	Otomatis	07:00	Ya	4 ON -OFF Oto, Hujan
	Oto	07:30	Ya	2 ON -OFF Oto, Hujan
	Laptop	08:05	Tidak	6 ON Man-OFF Oto, Hujan
	Laptop	08:15	Tidak	9 ON Man-OFF Oto, Hujan

Keterangan:

Man = Manual, Oto = Otomatis, ON = Menyala, OFF = Mati

Pengujian tahap pertama dilakukan sebanyak 35 sesi yang dibagi menjadi enam pengujian. Terjadi satu kegagalan atau *error* pada pengujian tahap pertama. Kegagalan tersebut terjadi pada percobaan keempat di sesi pertama atau sesi ke-18 pada tahap ini, sehingga tingkat keberhasilan pengujian tahap pertama ini sebesar 97%. Adapun penelitian-penelitian sebelumnya diketahui tidak terjadi kegagalan pada saat pengujian.

3.1.2. Penerapan Pompa dengan Teknologi Digital

Pompa dengan teknologi digital selanjutnya disebut dengan sistem kendali seperti yang dijelaskan di atas, diterapkan pada lahan tadah hujan di Padukuhan Pagergunung. Pompa diesel manual yang letaknya sekitar lebih kurang 500 m dari lahan pertanian digantikan dengan pompa elektrik yang telah sedikit dimodifikasi pada bagian sumber dayanya. Modifikasi yang dilakukan adalah penerapan perangkat otomatis yang dilengkapi pula dengan pengontrol jarak jauh. Di sisi lain, sumber air yang awalnya menggunakan air Sungai Opak untuk mengalir lahan pertanian tadah hujan digantikan dengan sumber air tanah yang diambil dari sumur bor di dekat lokasi lahan pertanian.

Penerapan sistem sejenis telah dilakukan pula oleh Rohmah, dkk [17], yang menerapkan sistem semi-otomatisnya pada lahan pertanian tadah hujan. Adapun hasil dari penelitian Rohmah, dkk [17], yaitu penggunaan *timer* sebagai acuan operasional pompa air. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan yaitu adanya penambahan sensor sebagai pengandali pompa agar tidak beroperasi saat terdeteksi hujan, serta penambahan fitur kontrol jarak jauh.

Setelah sistem ini diterapkan pada kondisi nyata sistem di uji coba kembali untuk memastikan kinerjanya tetap optimal. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali. Hal ini dilakukan karena tidak terjadi kegagalan selama pengujian tahap kedua, serta pengujian lebih banyak telah dilakukan sebelum penerapan sistem. Berikut ini adalah hasil percobaan setelah alat diterapkan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Perangkat Setelah Diterapkan

Uji Coba	Metode	Waktu Hujan	Durasi	Keterangan
Ke 1	Otomatis	06:00 Tidak	30	ON-OFF Oto
	Otomatis	06:30 Tidak	30	ON-OFF Oto
	Otomatis	07:00 Tidak	30	ON-OFF Oto
	Otomatis	07:30 Ya	6	ON-OFF Oto, Hujan
	Smartphone	08:05 Ya	0	OFF, Hujan
	Smartphone	08:15 Ya	2	ON Man -OFF Oto, Hujan
Ke 2	Otomatis	06:00 Tidak	30	ON-OFF Oto
	Otomatis	06:30 Ya	6	ON-OFF Oto, Hujan
	Otomatis	07:00 Ya	4	ON -OFF Oto, Hujan
	Otomatis	07:30 Ya	2	ON -OFF Oto, Hujan
	Smartphone	08:05 Ya	4	ON Man-OFF Oto, Hujan
	Smartphone	08:15 Ya	3	ON Man-OFF Oto, Hujan

3.2. Pembahasan

Penelitian Bashir, dkk [19] dengan penambahannya pada Tabel 1 menunjukkan pengujian dilakukan sebanyak enam kali dengan masing-masing pengujian memiliki detail pengujian berbeda. Pengujian pertama sampai dengan ketiga dilakukan menggunakan pewaktu yang ditentukan hanya pada pukul 06:00, 06:30, dan 07:00. Selain menggunakan pewaktu, pengujian pengujian pertama juga dilakukan menggunakan *smartphone*, sedangkan pengujian kedua dan ketiga dilakukan menggunakan perangkat yang bervariasi. Pengujian di luar pewaktu ini dikhususkan untuk pengontrolan sistem secara jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan tidak ada kendala, dibuktikan tidak adanya kegagalan (*error*).

Percobaan selanjutnya dilakukan dengan menambah satu sesi penjadwalan pada sistem dengan durasi yang sama seperti jadwal sebelumnya. Dampaknya adalah waktu operasional standar pompa menjadi 120 menit atau 2 jam dari sebelumnya hanya 90 menit atau 1,5 jam. Pada percobaan keempat sampai dengan keenam, kondisi eksternal berupa hujan yang diindikasikan memengaruhi sistem mulai diterapkan. Diawal pengujian keempat, terdapat *error* karena sistem belum terkoneksi dengan jaringan sehingga tidak bisa mengirim maupun menerima informasi. Percobaan dilanjutkan dengan kondisi seperti pada Tabel 1 di atas.

Hasil senada terlihat pada tabel hasil pengujian sistem setelah diterapkan. Hal ini menunjukkan sistem berjalan secara konsisten meskipun ekosistemnya berbeda. Pengujian pewaktu maupun antar muka pengguna dapat dinyatakan sesuai. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya anomali pada sistem.

Secara garis besar, pengujian sebelum dan sesudah penerapan sistem pada kondisi kenyataan telah berhasil. Hasil pengujian seperti yang dilakukan penulis telah selaras dengan hasil penelitian sejenis sebelumnya [11], [13]. Widodo [11] menyebutkan bila tidak mendeteksi hujan, maka indikator LED menyala, dan sebaliknya. Di sisi lain, Naila [13] menyebutkan bel/buzzer berbunyi apabila sensor hujan basah. Bila dibandingkan dengan penelitian ini, maka LED pada penelitian [11] berupa relay pada penelitian ini. Adapun bila dibandingkan dengan penelitian Naila [13], maka rbel/buzzerlah yang digantikan oleh relay.

Keberhasilan uji coba perangkat mobile maupun seluler senada dengan penelitian terdahulu. Aly [9] menggunakan perangkat seluler untuk mengontrol pompa. Rajput [23] pun demikian, hasil penelitiannya menunjukkan pompa air dapat dikontrol dari jarak jauh melalui perangkat seluler. Ada pula Alam [24] yang hasil penelitiannya menyebutkan hal senada dengan Rajput [23]. Bukan hanya itu, Rajput [23] juga menghasilkan sistemnya dapat berjalan secara otomatis. Hasil ini sesuai dengan penelitian oleh

Reddy [10]. Reddy menghasilkan pompa yang sepenuhnya otomatis.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu pada implementasi sistem yang dibuat. Penelitian-penelitian sebelumnya menghasilkan prototipe alat, kecuali Rohmah dkk [17] yang juga mengimplementasikan sistemnya, dengan penerapan pewaktu sebagai kendali sistem semi-otomatisnya.

3.2.1. Kegagalan Pengujian

Diketahui kegagalan terjadi karena ketidaksiapan seluruh perangkat. Setelah dilakukan pengecekan sebelum sesi berikutnya, diketahui bahwa kondisi perangkat jaringan dan perangkat kendali yang saat itu belum siap karena sebelumnya keseluruhan komponen dalam keadaan tidak beroperasi. Seperti yang telah disampaikan sebelumnya bahwa pengujian keempat sampai dengan keenam merupakan pengujian lanjutan yang sebelumnya hanya dilakukan sampai dengan pengujian ketiga [19]. Ketidaksiapan perangkat yang dimaksud yaitu waktu menyalakan perangkat jaringan dan sistem kendali sangat dekat dengan waktu operasional sistem itu sendiri. Hal ini tidak terjadi pada percobaan pertama sesi pertama dan percobaan-percobaan berikutnya karena semua perangkat sistem dalam keadaan siap operasi. Bukan hanya itu, pada penelitian-penelitian sebelumnya diketahui tidak terjadi kegagalan saat pengujian. Hal ini menjadi temuan sekaligus catatan penting bahwa persiapan perangkat sebelum pengujian perlu dilakukan sebelum mendekati waktu operasional sistem itu sendiri, untuk memberikan waktu kalibrasi setiap perangkat sistem.

4. Kesimpulan

Sesuai dengan rumusan permasalahan yang diangkat pada penelitian ini, maka teknologi digital dengan konsep sistem kendali diimplementasikan pada pompa air di padukuhan Pagergunung dengan menggunakan penerapan teknologi komputer dan kendali. Teknologi tersebut dilengkapi dengan jaringan internet dan penerapan energi baru terbarukan berupa PLTS. Ini dapat menggantikan kerja pompa manual konvensional yang telah lama digunakan. Perakitan sistem kendali, pembaruan pompa, pemasangan perangkat komunikasi, dan pembuatan antar muka komputer menghasilkan implementasi yang diharapkan. Konsep IoT yang diterapkan pada implementasi sistem ini membantu pengguna dalam pengontrolan pompa dari jarak jauh. Adapun pengujian yang dilakukan sebelum dan sesudah penerapan pada lokasi nyata sistem ini memastikan konsistensi sistem. Meskipun hasil uji menunjukkan adanya *error* pada satu kondisi di tahap pertama pengujian, namun keberhasilan yang lebih banyak dapat meyakinkan bahwa sistem berjalan sesuai harapan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang telah mendanai penelitian ini melalui program Penelitian Dosen Pemula. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta yang telah memfasilitasi secara administratif dan teknis penelitian serta mendukung kelancaran pelaksanaan penelitian.

Reference

- [1] Padang Pariaman Distankp, "Padi Tadah Hujan dan Berumur Genjah," Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan. Accessed: Mar. 29, 2024. [Online]. Available: <https://distankp.padangpariamankab.go.id/home/posting/Padi-Tadah-Hujan-dan-Berumur-Genjah>.
- [2] Dimpertanpangan Demak Kab, "TEKNOLOGI BUDIDAYA PADI SAWAH TADAH HUJAN," Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Demak.
- [3] Y. Hendriana, R. Bayu Taruno, N. Azmi Ainul Bashir, J. Ipawati, and I. Unggara, "Water Quality Monitoring for Smart Farming Using Machine Learning Approach," vol. 5, no. 2, pp. 81–90, 2023.
- [4] Y. Hendriana, R. B. Taruno, Z. Zulkhairi, N. A. A. Bashir, J. Ipawati, and I. Unggara, "Water Quality Monitoring for Smart Farming Using Machine Learning Approach," *International Journal of Artificial Intelligence & Robotics (IJAIR)*, vol. 5, no. 2, pp. 81–90, Dec. 2023, doi: 10.25139/ijair.v5i2.7499.
- [5] R. B. Taruno, I. Unggara, J. Ipawati, Y. Hendriana, N. A. A. Bashir, and Z. Zulkhairi, "Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan Smart Farming System dalam Peningkatan Hasil Pertanian dan Perikanan," *Berdikari: Jurnal Inovasi dan Penerapan Ipteks*, vol. 11, no. 1, Apr. 2023, doi: 10.18196/berdikari.v11i1.16972.
- [6] N. D. S. D. E. S. Nur Fauziah, "Perancangan Alat Pengendali Air Berbasis IoT," *JUPITER: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro, dan Informatika*, vol. 1, no. 6, pp. 36–41, Nov. 2023.
- [7] A. Burlian and C. Bella, "RANCANG BANGUN PENJADWALAN OTOMATIS PEMBERIAN AIR PADA AKUAPONIK BERBASIS ARDUINO UNO R3."
- [8] Zikrilla *et al.*, "OTOMATISASI SISTEM IRIGASI PADA TANAMAN CABAI BERBASIS ARDUINO DENGAN PARAMETER KELEMBABAN TANAH," in *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*, 2021, pp. 301–308. Accessed: Jun. 22, 2024. [Online]. Available: <https://proceeding.isas.or.id/index.php/sentrinov/article/view/1106/469>
- [9] M. W. A. Aly Sayyed, "Towards an Autonomous and Smart Water Tank System," *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, vol. 9, no. 3, pp. 240–244, Mar. 2021, doi: 10.30534/ijeter/2021/15932021.
- [10] P. Jaya Prakash Reddy, G. Viswanadh, and S. Kumar Singh, "IoT based Smart Water Pump Switch," in *2021 2nd International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)*, IEEE, Apr. 2021, pp. 534–538. doi: 10.1109/ICIEM51511.2021.9445278.
- [11] A. Widodo and A. Sumaedi, "Prototipe Deteksi Hujan Berbasis Arduino Uno Menggunakan Rain Drop Sensor Module," *Jurnal Informatika STMIK Antar Bangsa*, vol. 9, no. 1, pp. 18–24, 2023.
- [12] Muhammad Fikri Setiadi, Muhammad Radzi Rathomi, and Nurfalinda, "RANCANG BANGUN APLIKASI SISTEM MONITORING DETEKSI HUJAN BERBASIS MAPS DAN IOT," Skripsi, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang, 2023.
- [13] N. Fauza, "RANCANG BANGUN PROTOTIPE DETEKTOR HUJAN SEDERHANA BERBASIS RAINDROP SENSOR MENGGUNAKAN BUZZER DAN

- LED,” *Jurnal Kumparan Fisika*, vol. 4, no. 3, pp. 163–168, Dec. 2021, doi: 10.33369/jkf.4.3.163-168.
- [14] Rendytama Fito Bahari, Ramadhani Firmansyah, and Ninik Martini, “Optimalisasi Pembangkit Listrik Energi Matahari sebagai Penggerak Pompa Air dengan Menggunakan Panel Surya,” *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 1–10, Nov. 2022, Accessed: Jun. 22, 2024. [Online]. Available: <http://repository.untag-sby.ac.id/13761/8/JURNAL.pdf>
- [15] H. H. Sinaga, D. Permata, N. Soedjarwanto, and N. Purwasih, “Pompa Air Tenaga Surya untuk Irigasi Persawahan bagi Masyarakat Desa Karang Rejo, Pesawaran, Lampung,” *Wikrama Parahita : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 5, no. 1, pp. 22–26, Mar. 2021, doi: 10.30656/jpmwp.v5i1.2633.
- [16] I. Gusti Pranata Sembiring and A. A. Ritonga, “Pemanfaatan Panel Surya Untuk Pompa Air Dengan Tenaga Matahari,” *Pemanfaatan Panel Surya (Iqbal, dkk.) Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, vol. 2, no. 2, pp. 165–171, 2024, doi: 10.5281/zenodo.10895553.
- [17] R. N. Rohmah, A. Supardi, B. Handaga, H. Supriyono, and A. Mulyaningtyas, “PENERAPAN ALAT PENGENDALI SEMI-OTOMASI POMPA AIR PADA SISTEM PENGAIRAN SAWAH TADAH HUJAN DI DESA WONOREJO”.
- [18] M. Rouzikin Annur, N. Hidayat, and A. A. Soebroto, “Implementasi Deteksi Hujan dan Banjir Secara Real Time Monitoring berbasis MQTT Over Websocket Menggunakan Modul ESP32,” 2021. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [19] R. B. T. Y. H. L. Z. H. Nur Azmi Ainul Bashir, “The Implementation of a Smart Energy System with IoT Concept for River Water Distribution Pumps in Rainfed Agricultural Areas,” *International Journal of Artificial Intelligence & Robotics (IJAIR)*, vol. 6, no. 2, Nov. 2024.
- [20] D. I. H. Putri, H. P. Pratama, and N. T. A. S. Sari, “Framework Design IoT for Smart Agriculture,” *Jurnal Sistem Cerdas*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2021.
- [21] N. Ulpah, L. Kamelia, and T. Prabowo, “Rancang Bangun Penyiraman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Smartphone,” *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, vol. 5, pp. 279–286, 2020.
- [22] J. Rohman, N. A. A. Bashir, J. Ipawati, and F. F. Laksana, “Permodelan UI/UX Aplikasi Santri Information Management System (SAIMS) Menggunakan Metode User Centered Design (UCD),” *JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer)*, vol. 7, no. 1, p. 72, Feb. 2023, doi: 10.26798/jiko.v7i1.702.
- [23] D. Batham, K. Singh Rajput, D. Singh Sikarwar, S. Jain, A. Mukharya, and K. Sabre, “AI-Based Motor/Water Pump Switching System,” in *International Conference for Undergraduate Students 2021 (ICUS-2021)*, 2021, pp. 1–5. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/365996401>
- [24] Md. N. Alam, A. Shufian, Md. A. Al Masum, and A. Al Noman, “Efficient Smart Water Management System Using IoT Technology,” in *2021 International Conference on Automation, Control and Mechatronics for Industry 4.0 (ACMI)*, IEEE, Jul. 2021, pp. 1–6. doi: 10.1109/ACMI53878.2021.9528202.