

Penerapan IoT Untuk Kontrol Pompa Pengairan Sawah Dan Monitoring Air Dengan Aplikasi Mobile

Nafis Pratama Putra¹, Basuki Rahmat², Eka Prakarsa Mandyartha³

^{1,2,3} Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

¹22081010230@student.upnjatim.ac.id

²basukirahmat.if@upnjatim.ac.id

³eka_prakarsa.fik@upnjatim.ac.id

*Corresponding author email: basukirahmat.if@upnjatim.ac.id

Abstrak— Sistem irigasi konvensional yang masih banyak digunakan oleh petani umumnya dilakukan secara manual tanpa mempertimbangkan kondisi lingkungan secara *real-time*, sehingga berpotensi menyebabkan pemborosan air, energi, serta menurunkan produktivitas pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol pompa air berbasis *Internet of Things (IoT)* yang mampu melakukan monitoring dan pengendalian irigasi secara otomatis dan jarak jauh melalui aplikasi *mobile*. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor kelembapan tanah dan sensor hujan sebagai sumber data lingkungan, serta *platform cloud* firebase sebagai media penyimpanan dan komunikasi data secara *real-time*. Aplikasi *mobile* berbasis android digunakan sebagai antarmuka untuk menampilkan data sensor serta mengontrol pompa air melalui fitur *ON/OFF* dan *timer*. Metode penelitian meliputi tahap perancangan, pembuatan alat, serta pengujian yang terdiri dari pengujian modul, integrasi, dan sistem secara keseluruhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca data sensor dengan stabil, mengirimkan data secara *real-time*, serta merespon kondisi lingkungan dengan tepat dalam mengontrol pompa air. Seluruh komponen sistem dapat bekerja secara terintegrasi tanpa kendala yang signifikan.

Kata Kunci— *IoT*, irigasi, kelembapan tanah, hujan, firebase, aplikasi android, kontrol pompa air.

I. PENDAHULUAN

Sektor pertanian memiliki peran strategis dalam menyediakan pangan, serta mendukung ketahanan pangan dan perekonomian nasional [1]. Kegiatan pertanian mencakup berbagai tahapan, mulai dari pengolahan lahan hingga pascapanen. Namun, dalam praktiknya, masih banyak petani yang menggunakan sistem irigasi konvensional, yaitu mengandalkan pompa air listrik yang dioperasikan secara manual [2]. Proses ini mengharuskan petani menentukan waktu dan jumlah penyiraman berdasarkan perkiraan, tanpa didukung data kondisi lahan yang akurat [2].

Keterbatasan informasi terkait kelembapan tanah, curah hujan, serta kebutuhan air tanaman menyebabkan irigasi sering tidak optimal. Hal ini berpotensi menimbulkan pemborosan air atau bahkan kekurangan suplai air, yang pada akhirnya berdampak pada pertumbuhan tanaman dan hasil produksi pertanian [2]. Oleh karena itu, diperlukan solusi berbasis teknologi yang

mampu meningkatkan efisiensi irigasi serta mendukung pertanian berkelanjutan [3].

Seiring perkembangan teknologi, sektor pertanian mulai menggunakan konsep pertanian modern berbasis *IoT* [3]. Salah satu implementasinya adalah sistem kontrol dan monitoring irigasi yang dapat diakses secara jarak jauh melalui perangkat *mobile* [4]. Dalam penelitian ini dikembangkan sebuah sistem, yaitu sistem *IoT* untuk kontrol pompa pengairan sawah dan monitoring kondisi lahan melalui aplikasi *mobile*.

Sistem memanfaatkan sensor kelembapan tanah dan sensor hujan untuk memperoleh data kondisi lingkungan secara *real-time*, yang kemudian dikirimkan ke sistem melalui jaringan internet dan dikelola menggunakan layanan *cloud* firebase [5], [6]. Sistem ini dilengkapi dengan mikrokontroler, modul komunikasi, serta aktuator berupa relay untuk mengendalikan pompa air secara otomatis. Pengguna dapat memantau kondisi lahan dan mengontrol pompa melalui aplikasi *mobile* berbasis android, sehingga proses irigasi menjadi lebih efisien dan terkontrol [7].

Pengembangan sistem ini bertujuan menciptakan solusi irigasi cerdas berbasis *IoT* yang meningkatkan efisiensi penggunaan air, mempermudah pengelolaan lahan, serta mendukung produktivitas pertanian. Sistem ini diharapkan dapat membantu petani memantau kondisi lahan secara berkala dan mengoptimalkan pengairan melalui monitoring kelembapan tanah serta curah hujan secara *real-time*. Dengan demikian, penelitian ini memberikan solusi dalam pengelolaan pengairan sawah secara otomatis dan jarak jauh, dan berkontribusi pada pengembangan pertanian modern yang efisien, serta berkelanjutan.

Novelty penelitian ini terletak pada pengembangan sistem *IoT* irigasi sawah yang komprehensif, menggunakan Firebase sebagai backend *real-time* (lebih stabil daripada Blynk), sensor hujan untuk mencegah over-irrigation, serta aplikasi android, timer otomatis, dan kontrol manual jarak jauh. Sistem ini menggunakan kontrol otomatis berbasis kelembapan tanah & sensor hujan, berfokus pada lahan sawah untuk mendukung ketahanan pangan, serta dilengkapi ESP32, relay, dan LCD, sehingga irigasi menjadi lebih efisien dan adaptif.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Permasalahan Faktual

Metode irigasi atau pengairan tanaman yang digunakan oleh masyarakat masih terbilang tradisional karena umumnya

dilakukan secara manual dengan menggunakan pompa air yang dioperasikan secara langsung. Pengairan tanaman tersebut kurang efisien dari segi waktu, energi, dan penggunaan air sehingga dapat mempengaruhi hasil panen yang kurang optimal [8]. Pengairan dengan metode tersebut tidak disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan tanaman sehingga dapat menghambat pertumbuhan tanaman serta dapat merugikan petani karena pemborosan air dan energi. Menghadapi permasalahan tersebut, dibutuhkan teknologi yang mampu mengontrol kondisi kelembaban tanah secara berkala serta mengatur proses pengairan tanaman dari jarak jauh secara otomatis dengan *timer* dan disesuaikan sesuai kebutuhan tanaman untuk meningkatkan efisiensi waktu, energi, dan penggunaan air.

2.2 Studi Literatur Penelitian Terkait

Berdasarkan penelitian Wahid *et al* (2023) dipaparkan, peneliti merancang alat untuk memudahkan irigasi tanaman yang dapat dilakukan secara otomatis dari jarak jauh. Alat tersebut dilengkapi dengan pemantauan suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah, serta penyiraman secara otomatis untuk tanaman hias. Sistem tersebut menggunakan sensor DHT22 yang berguna untuk pengukuran suhu dan kelembaban udara pada lingkungan sekitar tanaman, serta sensor kelembaban tanah untuk mendeteksi dan mengukur kelembaban tanah. Keseluruhan perangkat dalam sistem tersebut dikendalikan melalui mikrokontroler ESP32 yang dapat menampilkan data pemantauan tanaman melalui dashboard blynk.

Berdasarkan perancangan sistem yang dilakukan Septiawan *et al* (2024), peneliti merancang alat monitoring penyiraman tanaman otomatis berbasis *IoT* sehingga dapat memudahkan petani dalam memelihara tanaman dengan mengatur penyiraman air yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Sistem alat ini dilengkapi dengan sensor kelembaban tanah untuk memantau kondisi tanaman secara berkala. Keseluruhan data yang diperoleh dari seluruh sensor yang ada dikirimkan ke server dan ditampilkan melalui aplikasi untuk menampilkan informasi berupa detail kelembaban tanah. Adanya sistem ini dapat membantu petani dalam mengambil keputusan berdasarkan data serta mempermudah pemeliharaan tanaman. Keunggulan pembaruan pada penelitian ini yaitu terhubung dengan aplikasi *mobile* berbasis android sehingga memudahkan proses pemantauan kondisi tanaman dan pompa jarak jauh secara berkala dengan lebih fleksibel karena bisa melalui *smartphone*. Adanya sensor hujan dapat mendeteksi hujan di lahan pertanian sehingga dapat mengoptimalkan penggunaan air dengan menonaktifkan pengairan secara otomatis serta melindungi tanaman dari kelebihan air.

2.3 Aplikasi Mobile (Android)

Android merupakan sistem pengoperasian yang berbasis linux untuk perangkat *mobile*. Sistem android mencakup berbagai komponen seperti sistem operasi, *middleware*, serta aplikasi. Android menyediakan *platform* terbuka sehingga dapat digunakan untuk membuat serta mengembangkan aplikasi [11].

Melalui android, pengguna juga dapat mengakses internet dan fitur-fitur canggih lainnya, memperoleh informasi dan layanan dengan lebih cepat dan efisien [12].



Gbr. 1. Android studio
Sumber android [25]

2.4 Firebase

Firebase adalah *platform* yang dikembangkan oleh Google dan dikenal karena kemudahan serta efektivitasnya. Firebase dilengkapi dengan berbagai fitur yang lengkap untuk *firestore database*, *google cloud messaging*, *real-time database*, autentikasi pengguna, dan fitur machine learning [13]. Cara kerjanya seperti halnya aplikasi server yang dibuat dengan manual yang mana aplikasi yang terkoneksi dengan firebase akan berjalan sesuai perangkat yang sudah diintegrasikan [14].



Gbr. 2. Firebase
Sumber firebase [26]

2.5 Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem *IoT* karena telah dilengkapi dengan modul komunikasi Wi-Fi dan bluetooth dalam satu chip, memiliki performa yang cukup tinggi serta konsumsi daya yang relatif rendah, sehingga cocok untuk aplikasi monitoring dan kontrol secara *real-time*. Dalam implementasinya, ESP32 sering dimanfaatkan untuk sistem otomatisasi, termasuk pada bidang pertanian cerdas, karena kemampuannya dalam mengintegrasikan berbagai sensor dan aktuator dalam satu sistem yang terhubung ke jaringan internet [15], [16].

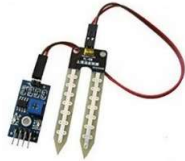


Gbr. 3. Mikrokontroler ESP32
Sumber shopee [27]

2.6 Sensor Kelembapan Tanah

Sensor kelembaban tanah atau sensor *soil moisture* merupakan alat pengukur kelembapan pada tanah. Cara penggunaannya yaitu dengan menancapkan *probe* sensor pada tanah lalu sensor tersebut akan mendeteksi kelembapan tanah [8]. Menurut Lestari *et al* (2024), tingkat kelembapan tanah dikategorikan menjadi tiga, yaitu kelembapan tanah kering (0% - 40%), kelembapan tanah ideal (40% - 60%), serta kelembapan tanah

basah (60% - 100%). Alat sensor ini dapat digunakan untuk mendeteksi persentase kelembapan tanah dan bekerjasama dengan komponen alat yang lain untuk mengatur penyiraman secara otomatis berdasarkan tingkat kelembapan yang telah ditentukan sesuai kebutuhan tanaman.



Gbr. 4. Sensor kelembapan tanah
Sumber shopee [28]

2.7 Sensor Hujan

Alat sensor hujan disebut juga *raindrop* sensor merupakan suatu alat yang berfungsi dalam mendeteksi hujan di sekitarnya. Alat ini juga dapat dimanfaatkan untuk mengukur curah hujan [18]. *Output* dari analog pada sensor hujan dimanfaatkan untuk mendeteksi keberadaan hujan. Saat tidak terjadi hujan, sensor akan menghasilkan nilai *output* yang tinggi, sedangkan saat terdeteksi adanya hujan nilai *output*nya menjadi rendah [19].



Gbr. 5. Sensor hujan
Sumber shopee [29]

2.8 LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan komponen elektronika yang bermanfaat dalam menunjukkan tampilan data berupa huruf, karakter, hingga grafik. LCD dibuat dengan teknologi *CMOS logic* yang cara kerjanya memantulkan cahaya yang terdapat di sekitarnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit* LCD [20].



Gbr. 6. LCD 16x2
Sumber shopee [30]

2.9 Relay

Relay dapat difungsikan sebagai alat pengendali perangkat yang memiliki daya tinggi, seperti halnya pompa air, dengan menggunakan sinyal yang memiliki daya rendah dari rangkaian sistem kontrol. Manfaat lain dari penggunaan relay yaitu membantu melindungi komponen sensitif dari resiko kerusakan akibat lonjakan tegangan, panas berlebihan, dan arus berlebih.

Relay juga digunakan dalam aplikasi untuk mengontrol pompa air baik saat posisi menyala maupun mati, serta bekerja dengan tegangan yang sesuai [21].



Gbr. 7. Relay
Sumber shopee [31]

2.10 Power supply

Power supply mengeluarkan arus dengan dua metode, yang pertama menggunakan *push button* yang berguna sebagai pengatur jumlah transistor. Metode kedua, yaitu dengan mengganti tegangan *input* dioda penyearah [22].



Gbr. 8. Power supply
Sumber shopee [32]

2.11 Router

Router merupakan perangkat keras yang dapat dimanfaatkan untuk membagi koneksi internet ke berbagai perangkat dalam satu jaringan. Fungsi dari *router* yaitu sebagai penghubung jaringan untuk meneruskan data dari satu jaringan ke jaringan lain. *Router* juga dapat dimanfaatkan sebagai penghubung antara satu LAN dengan LAN yang lain [23].



Gbr. 9. Router
Sumber shopee [33]

2.12 Pompa Air Submersible

Pompa air *submersible* berguna untuk mendorong air ke permukaan. Pengoperasian pompa air *submersible* terletak dibawah permukaan air yang bekerja mengubah energi kinetik menjadi energi potensial [24].



Gbr. 10. Pompa air *submersible*
Sumber shimizu [34]

III. DESAIN DAN PERANCANGAN

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap untuk mencapai hasil. Penelitian dibagi menjadi beberapa tahap utama sesuai gbr. 11.



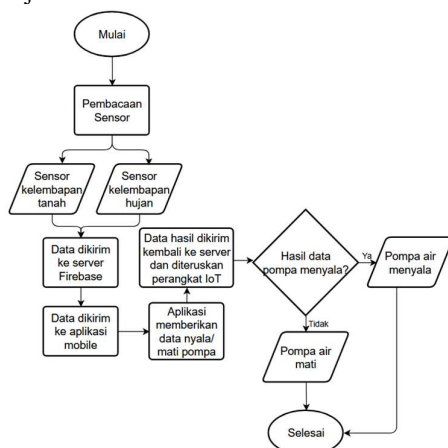
Gbr. 11. Flowchart alur penelitian

3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahap pencarian data, informasi, dan literatur dari berbagai sumber yang valid dan relevan dengan topik sehingga dapat memperkuat penulisan penelitian ini. Literatur yang digunakan acuan seperti alat dan bahan untuk perancangan, *software* maupun perangkat lunak yang berasal dari jurnal, buku ilmiah, dan beberapa artikel dari internet.

3.2 Identifikasi Kebutuhan Perancangan Alat

Perancangan sistem mencakup pembuatan alat, pemrograman mikrokontroler ESP32, kalibrasi sensor kelembapan tanah dan hujan, serta integrasi relay untuk pompa air, router internet, Firebase, dan aplikasi Android Studio berdasarkan observasi dan studi literatur. Alur kerjanya memanfaatkan data sensor secara real-time yang dikirim ke server, kemudian diproses untuk mengontrol pompa air (nyala/mati) secara otomatis melalui aplikasi mobile sesuai flowchart, sehingga proses irigasi menjadi lebih efisien.

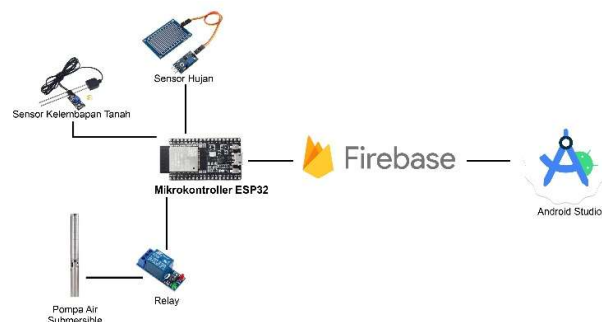


Gbr. 12. Flowchart alur kerja sistem

Penjelasan Alur Sistem:

1. Proses sistem dimulai dari inisialisasi perangkat.
2. Mikrokontroler melakukan pembacaan data dari sensor yang terpasang.
3. Sensor mengukur tingkat kelembapan tanah sebagai indikator kebutuhan air pada lahan.
4. Sensor mendeteksi adanya hujan untuk mengetahui kondisi lingkungan yang mempengaruhi kebutuhan irigasi.
5. Data hasil pembacaan sensor dikirim ke server (firebase) untuk disimpan dan diproses.
6. Data yang telah tersimpan di server diteruskan ke aplikasi *mobile* agar dapat dipantau oleh pengguna.
7. Berdasarkan data yang diterima, aplikasi menentukan perintah untuk menyalakan atau mematikan pompa.
8. Perintah dari aplikasi dikirim kembali ke server, kemudian diteruskan ke perangkat *IoT* sebagai instruksi kontrol.
9. Sistem melakukan pengecekan terhadap perintah yang diterima:
10. Jika Ya, maka pompa air akan dinyalakan.
11. Jika Tidak, maka pompa air tetap mati.
12. Proses berakhir dan akan kembali mengulang siklus pembacaan sensor secara berkala.

Sistem ini mengintegrasikan sensor kelembapan tanah dan sensor hujan untuk memperoleh kondisi lingkungan secara *real-time*, yang kemudian dikirimkan ke *platform cloud* firebase dan diakses melalui aplikasi *mobile* yang dikembangkan menggunakan android studio. Dengan arsitektur ini, proses monitoring dan pengendalian pompa air dapat dilakukan secara otomatis dari jarak jauh. Gbr. 13 menunjukkan arsitektur sistem kontrol pompa air berbasis *IoT* yang memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data.



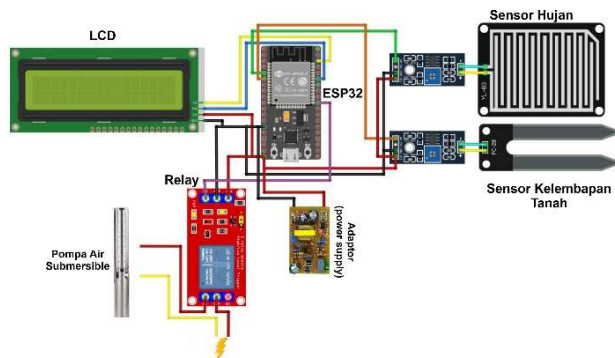
Gbr. 13. Arsitektur sistem kontrol pompa submersible

Penjelasan Skema Sistem:

1. Sensor Kelembapan Tanah berfungsi untuk mengukur kadar air dalam tanah. Data yang dihasilkan menjadi parameter utama dalam menentukan kebutuhan irigasi.
2. Sensor hujan mendeteksi adanya curah hujan di lingkungan sekitar, sehingga sistem dapat menghindari penyiraman berlebih saat hujan terjadi.

3. Mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang menerima data dari sensor, mengolahnya, dan mengirimkan data tersebut ke server melalui koneksi jaringan.
4. Router digunakan sebagai media komunikasi yang menghubungkan ESP32 dengan internet, untuk pengiriman data ke server firebase secara *real-time*.
5. Firebase berfungsi sebagai media penyimpanan dan pengelolaan data secara *real-time*. Data sensor yang dikirim oleh ESP32 disimpan dan dapat diakses oleh aplikasi *mobile*.
6. Aplikasi *mobile* (android studio) digunakan oleh pengguna untuk memantau kondisi lahan dan memberikan perintah kontrol (menyalakan atau mematikan pompa air).
7. LCD (*Liquid Crystal Display*) untuk menampilkan informasi secara langsung di perangkat, seperti nilai kelembapan tanah, status hujan, dan kondisi pompa.
8. Relay bertindak sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh ESP32 untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik ke pompa air.
9. Pompa air *submersible* digunakan untuk mengalirkan air ke lahan pertanian. Operasionalnya dikontrol secara otomatis berdasarkan data perintah dari aplikasi.

Pada sistem ini seluruh komponen dirangkai dan dihubungkan sesuai dengan kebutuhan komunikasi data dan distribusi daya, sehingga sistem dapat bekerja secara otomatis dan terintegrasi. Gbr. 14 menunjukkan skema rangkaian sistem kontrol pompa air berbasis *IoT* yang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali.

Gbr. 14. Skema rangkaian sistem *IoT*

Penjelasan Skema Sambungan

1. ESP32 sebagai pusat kendali berfungsi sebagai pengolah utama yang menerima *input* dari sensor dan mengirimkan sinyal kontrol ke relay serta menampilkan data ke LCD.
2. Koneksi Sensor Hujan: VCC sensor → 5V ESP32, GND sensor → GND ESP32, dan Pin *output* (AO) → GPIO34 ESP32
3. Koneksi Sensor Kelembapan Tanah: VCC sensor → 5V ESP32, GND sensor → GND ESP32, dan Pin *output* (AO) → GPIO35 ESP32

4. Koneksi LCD (I2C): VCC → 5V, GND → GND, SDA → pin GPIO21 ESP32, dan SCL → GPIO22 ESP32
5. Koneksi Relay: VCC relay → 5V, GND relay → GND, dan IN relay → GPIO5 ESP32
6. Koneksi Pompa Air *Submersible*: Salah satu jalur listrik pompa diputus dan dihubungkan ke terminal relay (COM dan NO/NC).
7. Adapter (*power supply*) digunakan sebagai sumber tegangan utama untuk mensuplai daya ke ESP32 sesuai kebutuhan tegangan komponen.

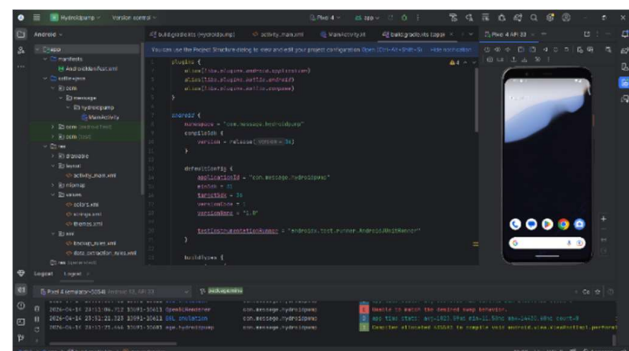
Seluruh komponen saling terhubung, di mana sensor memberikan *input* ke ESP32, kemudian ESP32 memproses data dan mengontrol relay serta menampilkan informasi pada LCD.

3.3 Tahap Pembuatan Alat

Tahap pembuatan alat merupakan tahap perancangan alat yang akan dibuat. Mulai dari pembuatan alat tersebut sesuai dengan yang telah direncanakan sebelumnya, pemasangan komponen sensor kelembapan tanah, sensor hujan, relay *on/off*, dan perancangan aplikasi *mobile*.

Gbr. 15. Pemasangan komponen *IoT*

Sistem *IoT* dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali. Perangkat ini dirakit dalam *box* yang berfungsi melindungi komponen elektronik, serta dilengkapi dengan sensor, dan relay sebagai aktuatur. Sistem ini dirancang untuk melakukan monitoring kondisi lingkungan dan mengontrol pompa air secara otomatis dari jarak jauh.

Gbr. 16. Pembuatan aplikasi *mobile*

Aplikasi *mobile* berbasis android dikembangkan menggunakan android studio sebagai pengembangan utama. Aplikasi ini dirancang sebagai antarmuka (*user interface*) untuk sistem *IoT*, yang berfungsi memantau kondisi sensor dan mengontrol perangkat seperti pompa air secara jarak jauh. Pada tampilan terlihat struktur project, editor kode, serta emulator android yang digunakan untuk melakukan pengujian aplikasi secara langsung. Oleh karena itu pembuatan alat harus dilakukan secara teliti agar alat dapat bekerja dengan baik.

3.4 Tahap Pengujian Alat

Pada tahap pengujian alat sistem kontrol pompa pengairan sawah dan monitoring air berbasis aplikasi *mobile* ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan alat dalam melakukan monitoring air dan mengontrol pompa dengan yang diharapkan atau tidak. Pengujian akan dilaksanakan langsung pada pompa *submersible* pada sumur dan lahan milik pribadi. Skenario pengujian dilakukan sebagai berikut:

1. Pengujian alat dilakukan dengan menguji setiap komponen untuk memastikan masing-masing bagian berfungsi dengan baik. Pada tahap ini dilakukan pengujian sensor kelembapan tanah untuk memastikan nilai sesuai dengan kondisi aktual tanah, serta pengujian sensor hujan untuk mendeteksi adanya air. Selanjutnya dilakukan pengujian pada mikrokontroler ESP32 dalam membaca data sensor dan mengirimkannya ke server firebase. Modul relay juga diuji untuk memastikan dapat merespon sinyal *HIGH/LOW* dari mikrokontroler dalam mengaktifkan dan menonaktifkan pompa air. Selain itu, pengujian aplikasi *mobile* dilakukan dengan memastikan setiap fitur seperti tampilan data sensor dan tombol kontrol pompa dapat berjalan tanpa *error*.
2. Pengujian integrasi dilakukan setelah seluruh modul berfungsi dengan baik secara individu. Pada tahap ini dilakukan pengujian keterhubungan antar komponen, yaitu sensor, mikrokontroler, server (firebase), dan aplikasi *mobile*. Data dari sensor diuji apakah dapat dikirim oleh ESP32 ke server, kemudian diteruskan ke aplikasi *mobile* secara *real-time*. Selanjutnya diuji apakah perintah dari aplikasi *mobile* dapat dikirim kembali ke server dan diteruskan ke ESP32 untuk mengontrol relay dan pompa air. Pengujian ini bertujuan memastikan seluruh komponen dapat bekerja secara terintegrasi dan tidak terjadi kegagalan komunikasi antar sistem.
3. Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan keseluruhan alat bekerja sesuai dengan perancangan dalam kondisi nyata. Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan berbagai kondisi lingkungan, seperti tanah kering, tanah lembap, serta kondisi hujan. Sistem diuji apakah dapat secara otomatis dari perintah aplikasi. Selain itu, dilakukan pengujian kontrol jarak jauh melalui aplikasi *mobile* untuk memastikan pengguna dapat memantau dan mengendalikan pompa secara *real-time*. Tahap ini bertujuan memastikan sistem berjalan secara optimal, stabil, dan sesuai dengan kebutuhan operasional di lapangan.

3.5 Pengumpulan dan Pengolahan Data

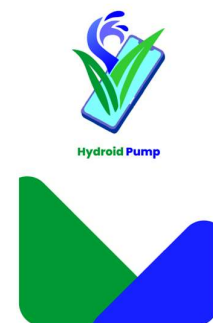
Tahap pengumpulan dan Pengolahan data dari hasil pengujian alat beserta hasil efektivitas sistem yang telah dibuat. Data yang dikumpulkan merupakan hasil pemantauan sensor kelembapan tanah dan sensor hujan, kemudian respon sistem terhadap perintah yang diberikan pada aplikasi *mobile*. Setelah data terkumpul, langkah berikutnya yaitu mengolah dan menganalisis data untuk mengetahui apakah setiap komponen berfungsi sesuai dengan spesifikasi. Hasil dari pengolahan data ini akan dijadikan dasar evaluasi dalam penyempurnaan sistem jika diperlukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil implementasi memberikan serta menganalisis kinerja sistem yang telah dirancang, meliputi aplikasi *mobile*, perangkat *IoT*, dan proses pengujian sistem. Pengembangan aplikasi *mobile* menunjukkan bahwa aplikasi yang dibangun menggunakan android studio mampu berfungsi sebagai antarmuka yang efektif dalam sistem *IoT*. Aplikasi dapat menampilkan data sensor kelembapan tanah dan sensor hujan secara *real-time* yang dikirimkan melalui server firebase. Selain itu, fitur kontrol pompa air melalui tombol *ON/OFF* berjalan dengan baik, di mana setiap perintah yang diberikan pengguna dapat dikirim dan diterima oleh sistem.

1. Halaman awal aplikasi

Halaman awal aplikasi (*splash screen*) pada aplikasi Hydroid Pump berfungsi sebagai tampilan pembuka saat pengguna pertama kali menjalankan aplikasi. Pada halaman ini digunakan untuk proses inisialisasi awal sistem sebelum pengguna diarahkan ke halaman utama aplikasi.

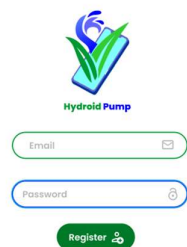


Gbr. 17. Halaman awal aplikasi

2. Halaman registrasi

Halaman *register* pada aplikasi digunakan sebagai antarmuka bagi pengguna untuk membuat akun sebelum mengakses sistem. Pada halaman ini terdapat beberapa kolom, yaitu kolom *email* yang digunakan sebagai identitas pengguna, kolom *password* sebagai keamanan akun, serta tombol *register* untuk memproses data yang telah diinput. Data yang dimasukkan

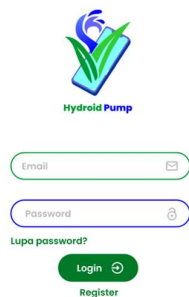
akan diverifikasi dan disimpan pada sistem sehingga pengguna dapat mengakses fitur monitoring dan kontrol pompa air.



Gbr. 18. Halaman *register*

3. Halaman *login*

Halaman *login* pada aplikasi berfungsi sebagai gerbang autentikasi bagi pengguna untuk mengakses sistem. Pada halaman ini terdapat kolom *email* dan *password* yang digunakan untuk memasukkan data akun yang telah terdaftar. Selain itu, tersedia tombol *login* untuk memproses autentikasi pengguna, tombol lupa *password* yang digunakan untuk melakukan pemulihan akun jika pengguna mengalami kendala dalam mengingat kata sandi, serta tombol *register* yang mengarahkan pengguna ke halaman pendaftaran akun baru.



Gbr. 19. Halaman *login*

4. Halaman *dashboard*

Halaman *dashboard* pada aplikasi merupakan halaman utama yang menampilkan informasi dan kontrol sistem secara *real-*

time. Pada bagian kiri atas terdapat tombol *logout* yang digunakan untuk keluar dari akun pengguna. *Dashboard* ini menampilkan data kelembapan tanah dan sensor hujan secara *real-time* sebagai indikator kondisi lingkungan lahan. Selain itu, tersedia tombol *ON/OFF* pompa air yang memungkinkan pengguna mengendalikan pompa secara langsung. Fitur *set timer* juga disediakan untuk mengatur jadwal otomatis pengoperasian pompa air sesuai kebutuhan.



Gbr. 20. Halaman *dashboard*

Dari sisi perangkat keras, sistem *IoT* terintegrasi dengan kontrol *box* pompa *submersible* menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung ke modul relay. Relay berfungsi mengontrol aliran listrik secara eksternal tanpa memodifikasi rangkaian internal pompa, sehingga lebih aman dan mudah diterapkan. Saat relay aktif, pompa menyala, saat relay nonaktif, pompa mati. Integrasi ini dapat memungkinkan pengoperasian pompa secara otomatis dari jarak jauh melalui sistem *IoT*. Hasil implementasi sistem berbasis ESP32 menunjukkan kinerja yang baik, di mana sensor kelembapan tanah dan sensor hujan dapat mendeteksi perubahan kondisi secara stabil. Data sensor diproses oleh ESP32, dikirim ke firebase, dan ditampilkan secara *real-time* pada aplikasi *mobile*. Modul relay berhasil mengontrol pompa air *submersible* secara otomatis sesuai perintah aplikasi, sementara LCD menyediakan informasi kondisi lahan secara langsung di perangkat, sehingga memudahkan pemantauan.

Pengujian alat dilakukan untuk memastikan bahwa sistem kontrol pompa air berbasis *IoT* dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian dilakukan dalam tiga tahap, yaitu pengujian modul, integrasi, dan sistem secara keseluruhan.

1. Pada pengujian modul, setiap komponen diuji secara terpisah. Sensor kelembapan tanah diuji dengan membandingkan nilai *output* terhadap kondisi tanah (kering, lembap, basah), sedangkan sensor hujan diuji dengan memberikan air secara langsung pada permukaan

sensor. Mikrokontroler ESP32 diuji dalam membaca data sensor dan mengirimkannya ke server firebase. Selain itu, modul relay diuji untuk memastikan dapat merespon perintah *ON/OFF* dalam mengaktifkan pompa air.

2. Pada pengujian integrasi, seluruh komponen sistem dihubungkan dan diuji secara bersamaan. Data dari sensor dikirim oleh ESP32 ke Firebase, kemudian ditampilkan pada aplikasi *mobile*. Selanjutnya dilakukan pengujian kontrol, di mana perintah dari aplikasi dikirim kembali ke ESP32 untuk mengaktifkan atau mematikan relay dan pompa air. Hasil menunjukkan bahwa komunikasi data berjalan dengan baik dan sistem dapat bekerja secara *real-time*.
3. Pada pengujian sistem, dilakukan simulasi kondisi nyata seperti tanah kering, tanah lembap, dan kondisi hujan. Sistem diuji apakah mampu merespon kondisi tersebut dengan tepat, yaitu menyalakan pompa saat tanah kering dan mematikannya saat tanah cukup lembap atau saat hujan terdeteksi. Selain itu, dilakukan pengujian kontrol jarak jauh melalui aplikasi untuk memastikan sistem berjalan stabil dan sesuai kebutuhan operasional.

TABEL I
PENGUJIAN *BLACKBOX*

Fitur	Input	Proses	Output	Hasil
Sensor kelembapan Tanah	Kondisi tanah (0-100%)	Sensor membaca kondisi tanah	Nilai terbaca	Berhasil
Sensor hujan	Kondisi hujan (0-100%)	Sensor membaca kondisi	Status terbaca	Berhasil
ESP32 ke firebase	Data sensor dikirim	Data diproses dan dikirim ke server	Data tampil di aplikasi	Berhasil
Firebase ke aplikasi	Data tersedia	Aplikasi mengambil data	Data tampil <i>real-time</i>	Berhasil
Tombol <i>ON</i> pompa	Tekan tombol <i>ON</i>	Perintah dikirim ke ESP32	Relay aktif, pompa menyala	Berhasil
Tombol <i>OFF</i> pompa	Tekan tombol <i>OFF</i>	Perintah dikirim ke ESP32	Relay mati, pompa mati	Berhasil
Fitur <i>timer</i> otomatis	Set waktu tertentu	Sistem menjalankan jadwal	Pompa aktif sesuai waktu	Berhasil
Login aplikasi	Email & password valid	Sistem verifikasi	Berhasil masuk <i>dashboard</i>	Berhasil
Register aplikasi	Input data user	Data disimpan di firebase	Akun berhasil dibuat	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian modul, integrasi, dan sistem, seluruh komponen berfungsi dengan baik. Sensor, relay, ESP32, server, dan aplikasi dapat beroperasi secara individual, saling terhubung, serta berkomunikasi dengan lancar. Sistem juga mampu merespons kondisi lingkungan secara tepat, seperti menyalakan pompa saat tanah kering dan mematikannya saat lembap atau hujan. Dengan demikian, sistem kontrol irigasi yang dirancang telah memenuhi tujuannya, yaitu efisien dan dapat dikendalikan secara jarak jauh.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem kontrol pompa air berbasis *IoT* telah berhasil direalisasikan dan berfungsi sesuai tujuan. Sistem mampu memantau kondisi kelembapan tanah dan curah hujan secara *real-time*, mengirim data ke firebase, serta menampilkannya pada aplikasi android. Aplikasi mendukung kontrol manual (*ON/OFF*) dan otomatis. Integrasi perangkat keras (ESP32, sensor, relay, pompa) berkinerja stabil dengan respon yang tepat. Seluruh pengujian menunjukkan sistem bekerja optimal tanpa kendala signifikan. Sistem ini menjadi solusi efektif bagi petani untuk mengelola irigasi secara otomatis dari jarak jauh, mendukung pertanian modern yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan.

VI. REFERENSI

- [1] Suryana, Achmad. "Menuju ketahanan pangan indonesia berkelanjutan 2025: tantangan dan penanganannya." *Forum Penelitian Agro Ekonomi*. Vol. 32. No. 2. 2014.
- [2] Nasarudin, Muhammad, Sirajuddin Haji Abdullah, G. D. Putra, dan Diah Ajeng Setiawati. "Sistem Kendali Penggunaan Air Irigasi Dengan Aplikasi Smartphone Berbasis Kelembapan Tanah Control System Of Irrigation Water Utilization Using Smartphone Application Based On Soil Moisture." *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* Vol 9, no. 3 (2020): 248-256.
- [3] Wahyudi, W., A. I. Pradana, dan H. Permatasari. "Implementasi Sistem Irigasi Otomatis Berbasis IoT untuk Pertanian Greenhouse." *J. Pendidik. dan Teknol. Indones* 5.2 .2025.
- [4] Walid, Miftahul, Hoiriyah Hoiriyah, dan Ali Fikri. "Pengembangan Sistem Irigasi Pertanian Berbasis Internet of Things (IoT)." *Jurnal Mnemonic* 5.1 (2022): 31-38.
- [5] Nugroho, Adib. *Sensor Soil untuk Mengukur Kelembapan Tanah Berbasis IoT*. Diss. Universitas Islam Indonesia, 2025.
- [6] Prayoga, Made Wira Prayoga. "SISTEM MONITORING DAN PENGELOLAAN SAMPAH BERBASIS IOT DAN CLOUD MENGGUNAKAN GOOGLE FIREBASE PADA TEMPAT SAMPAH PINTAR." *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan* 13.3 2025.
- [7] Pratama, Hamzah Akbar, Afu Ichsan Pradana, dan Ratna Puspita Indah. "PENGEMBANGAN SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS TANAMAN BAYAM BERBASIS INTERNET OF THINGS." *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)* 7.3 (2025): 1624-1631.
- [8] Ridwan, Taufik & Ahmad Mawardi. "Rancang Bangun Otomasi Penyiraman Tanaman Berbasis Arduino Uno dan Liquid Cristal Display." *Jurnal Teknik Elektro* 6.1 (2022): 42-48.
- [9] Wahid, Hafid Affan, Joni Maulindar, dan Afu Ichsan Pradana. "Rancang bangun sistem penyiraman tanaman otomatis aglonema berbasis iot menggunakan blynk dan nodemcu 32." *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research* 3.2 (2023): 6265-6276.
- [10] Septiawan, Wahyu Adi, Wawan Krisdiyanto, dan Muhammad Rif'an. "SISTEM MONITORING DAN PENYIRAMAN TANAMAN

- OTOMATIS PADA BUNGA MAWAR MENGGUNAKAN ESP 32." Journal of Computer Science and Informatics (JOCSI) 2.1 (2024): 38-44.
- [11] Hasibuan, Liyando Hermawan, dan Kusbianto Maruf. "Mobile aplikasi berbasis Android untuk sistem usulan publik operasional dan pemilihan Kota Palangka Raya." Jurnal Teknologi Informasi 14.1 (2020): 64-70.
- [12] Rifa'i, Hikmal Dwi, Umar Faruq Vista, Rapina Rapina, dan Putri Rantika. "PERANCANGAN APLIKASI MOBILE BERBASIS ANDROID" CALL EXPERT" UNTUK MENGHUBUNGKAN PENGGUNA DENGAN PAKAR MENGGUNAKAN METODE WATERFALL." Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informatika dan Komputer (2024): 308-318.
- [13] Sari, Ratih Nurdiani, Novrina Novrina, dan Arya Rangga Kusuma. "Pemanfaatan React Native Dan Firebase Untuk Pembuatan Aplikasi Jual-Beli Item Game Online." Jurnal Ladang Artikel Ilmu Komputer 2.1 (2022): 17-22.
- [14] Setyawan, Ryan Ari. "Penerapan Firebase Realtime Database pada aplikasi catatan harian diabetes melitus." Jurnal Informatika Komputer, Bisnis dan Manajemen 22.1 (2024): 1-9.
- [15] AR, Harlan Kurnia. "Implementasi IoT pada sistem monitoring suhu dan kelembaban menggunakan ESP32, Firebase dan Kodular." JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika) 9.1 (2025): 1781-1787.
- [16] Saputra, Erlangga Adi, M. Ridhwan Sufandi, dan Nurul Fadilah. "SISTEM MONITORING DAN KONTROL TANAMAN HIDROPONIK BERBASIS IOT MENGGUNAKAN MICROCONTROLLER ARDUINO DAN ESP32 DI ALWI MINI FARM." Kohesi: Jurnal Sains dan Teknologi 10.2 (2025): 11-20.
- [17] Lestari, Aninda Ayu, Devita Ayu Ramadhani, Nana Yuliana Saputri, Noviana Puspitasari, dan Indra Fardhani. "Identify the Types of Grass in the Lembah Dieng Area, Malang Regency, East Java." Jurnal Biologi Tropis 24, no. 1 (2024): 313-321.
- [18] Mustar, Muhamad Yusvin & Rama Okta Wiyagi. "Implementasi Sistem Monitoring Deteksi Hujan dan Suhu Berbasis Sensor Secara Real Time." Semesta Teknik 20, no. 1 (2017): 20-28.
- [19] Prakoso, Erlangga Bayu Yudho, et al. "Rancang Bangun Alat Alarm Peringatan Hujan dengan Menggunakan Sensor Raindrop Untuk Petani." Uranus: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika 2.3 (2024): 83-92.
- [20] Handaru, Arrafi Alief, M. Jasa Afroni, dan Bambang Minto Basuki. "Rancang bangun alat pendeteksi hujan otomatis menggunakan modul GSM berbasis mikrokontroler Atmega 328p." Science Electro 10.1 2019.
- [21] Fathurahman, Alfredo Devananda, dan Asepta Surya Wardhana. "SISTEM PENGENDALIAN OTOMATIS POMPA AIR BERBASIS TRANSISTOR DAN RELAY DENGAN SENSOR LEVEL." Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral. Vol. 4. No. 1. 2024.
- [22] Muhamad Yusvin Mustar, R. O. W. "Implementasi Sistem Monitoring Deteksi Hujan dan Suhu Berbasis Sensor Secara Real Time (Implementation of Rain Detection and Temperature Monitoring System Based on Real Time Sensor)." Semesta Teknik 20.1 (2017): 20-28.
- [23] Tjandi, Yunus. "SISTEM KONTROL PERANGKAT LISTRIK HEMAT ENERGI PADA BANGUNAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)." SEMINAR NASIONAL DIES NATALIS 62. Vol. 1. 2023.
- [24] Iman, Dede Fauzul, dan Bagus Dwi Cahyono. "Pemeliharaan Pompa Submersible Sebagai Sistem Penyedotan Air Limbah Di Pt. Krakatau Tirta Industri." Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan 12 (2024): 4374-4382.
- [25] Android Studio. Diakses dari <https://developer.android.com/studio/images/android-studio-stable.svg> pada 17 April 2026.
- [26] Firebase. Diakses dari <https://firebase.google.com/?hl=id> pada 17 April 2026.
- [27] Modul ESP32 ESP-32 WIFI BLUETOOTH 30 Pin 38 Pin Micro USB TYPE C Development Board. Diakses dari <https://shopee.co.id/product/66424740/4656090413> pada 17 April 2026.
- [28] Sensor Kelembaban Tanah Soil Moisture ARDUINO Modul Hygrometer YL-69. Diakses dari <https://shopee.co.id/Sensor-Kelembaban-Tanah-Soil-Moisture-ARDUINO-Modul-Hygrometer-YL-69-i.158052110.17765500514> pada 17 April 2026.
- [29] Sensor Hujan Rain Raindrop Humidity Tetesan Air. Diakses dari <https://shopee.co.id/Sensor-Hujan-Rain-Raindrop-Humidity-Tetesan-Air-i.26071365.4048914236> pada 17 April 2026.
- [30] LCD Display 1602 With I2C IIC Module Backlight Modul 16x2 Character. Diakses dari <https://shopee.co.id/LCD-Display-1602-With-I2C-IIC-Module-Backlight-Modul-16x2-Character-i.26071365.14941627581> pada 17 April 2026.
- [31] Relay 1 Channel 5V Volt DC output 250VAC 30VDC 10A module opto-isolated optocoupler support high and. Diakses dari <https://shopee.co.id/product/85446693/5441354640> pada 17 April 2026.
- [32] EELIC MDL Modul Adaptor DC Terdapat Pilihan Type 12V 0.5A, 12V 1A, 12V 1.5A. Diakses dari <https://shopee.co.id/EELIC-MDL-Modul-Adaptor-DC-Terdapat-Pilihan-Type-12V-0.5A-12V-1A-12V-1.5A-i.2798689.23754149851> pada 17 April 2026.
- [33] TP-LINK TL-WR840N 300Mbps Wireless N Router. Diakses dari <https://shopee.co.id/product/308460192/17997992053> pada 17 April 2026.
- [34] Pompa Submersible SHIMIZU SPG07-238K BIT. Diakses dari <https://shimizu.co.id/product/submersible/pompa-submersible-2-inch-long-cable/spg07-238k-bit-pompa-submersible-2inch/> pada 17 April 2026.