

Smart Gardening Berbasis IoT Menggunakan Pengendali Mikro ESP32 Serta Protokol Komunikasi Modbus

Yani Prabowo¹, Tatang Wirawan Wisjhnuadji¹, Yan Everhard¹, Daffa Putra¹

¹Fakultas Teknologi Informasi, Sistem Komputer, Universitas Budi Luhur, Jakarta, Indonesia

Email: ¹yani.prabowo@budiluhur.ac.id, ²wisjhnuadji@budiluhur.ac.id,
³yan.everhard@budiluhur.ac.id, ⁴daffaputra@gmail.com,

(* : coressponding author)

Abstrak–Internet saat ini sudah menjadi bagian dari kehidupan manusia baik didesa maupun dikota, selama masih terjangkau oleh jaringan komunikasi selular maka internet akan mudah diakses, oleh siapapun selama mempunyai perangkat, internet ini selanjutnya akan disebut dengan Internet of Things (IoT), Internet ini selain memberikan berbagai informasi bisa juga digunakan untuk sistem pengendalian atau sistem control. Untuk memanfaatkan Internet ini diperlukan sebuah perangkat yang memiliki akses ke jaringan internet tersebut, mikrokontroler ESP32 adalah salah satu mikrokontroler yang dapat digunakan mengakses internet, dengan mikrokontroler ini dapat juga difungsikan sebagai pengendali dimana dapat menerima data dari lingkungan kemudian mengolah data tersebut sesuai dengan program yang ditanamkan. Tidak tertutup kemungkinan mikrokontroler tersebut dapat diterapkan dalam perkebunan, bagaimanakah membuat desain sistem minimum berbasis mikrokontroler ESP32 dengan kemampuan komunikasi melalui internet untuk diterapkan dalam perkebunan. Metoda dalam penelitian ini adalah desain dan rancangbangun minimum sistem berbasis mikrokontroler dan bagaimanakan melakukan integrasi antar perangkat IoT berbasis mikrokontroler serta bagaimana protocol dan teknologi SCADA, dapat diterapkan sebagai sistem yang handal.

Kata Kunci: Internet of Things, ESP32, Mikrokontroler, Komunikasi, Protokol

Abstract–The internet has now become part of human life both in villages and cities, as long as it is still accessible by cellular communication networks, the internet will be easily accessible, by anyone as long as they have a device, this internet will hereinafter be called the Internet of Things (IoT), this internet in addition to providing Various information can also be used for control systems or control systems. To utilize the Internet, you need a device that has access to the internet network, the ESP32 microcontroller is one of the microcontrollers that can be used to access the internet, with this microcontroller it can also be used as a controller which can receive data from the environment and then process the data according to the embedded program. . It is possible that the microcontroller can be applied in plantations, how to create a minimum system design based on an ESP32 microcontroller with communication capabilities via the internet to be applied in plantations. The method in this research is the design and minimum design of a microcontroller-based system and how to integrate between microcontroller-based IoT devices and how SCADA protocols and technology can be implemented as a reliable system.

Keywords: Internet Of Things, ESP32, Microcontroller, Communication, Protocol

1. PENDAHULUAN

Sebagai sebuah negara agraris yang kaya akan sumber daya alam, Indonesia memiliki potensi besar sebagai sumber pendapatan dan produksi pangan. Ketersediaan air memiliki peran yang sangat krusial dalam menjaga kelangsungan hidup tanaman dan pertanian. Oleh karena itu, diperlukan implementasi sistem pengaturan untuk mengendalikan saluran irigasi agar dapat secara efektif dan optimal memanfaatkan pasokan air yang tersedia (Setiadi, 2018). Irigasi atau pengairan merupakan proses mengalirkan air ke sawah-sawah dengan menggunakan bangunan atau saluran-saluran yang dirancang secara teratur. Tujuannya adalah untuk memastikan penggunaan air yang efisien dengan membuang sisa air yang tidak diperlukan setelah air tersebut telah dimanfaatkan sebaik mungkin (Samsugi, 2020). Irigasi merupakan aspek yang sangat krusial dalam menyediakan, mengatur, dan juga membantu dalam pembuangan air untuk mendukung kegiatan pertanian. Irigasi seringkali menjadi solusi untuk memberikan suplai air yang cukup bagi tanaman ketika curah hujan tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan air tanaman (Supriyanto, 2020). Di lapangan, terdapat beberapa permasalahan yang sering muncul terkait sistem manajemen irigasi. Saat ini, mayoritas sistem irigasi masih menggunakan teknologi konvensional, yang mengharuskan segala aktivitas dilakukan secara manual oleh petani. Sebagai contoh, kendali buka-tutup saluran air dan pemantauan ketersediaan serta distribusi air ke lahan pertanian seringkali

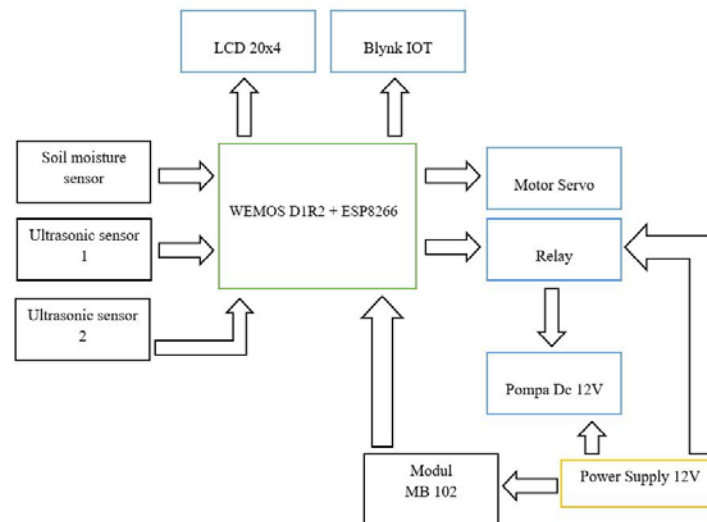
tidak berjalan secara optimal. Selain itu, tantangan lain muncul karena luas lahan dan variasi jenis tanaman yang ditanam di setiap wilayah pertanian, yang mempengaruhi kebutuhan air yang harus dipenuhi (Miftahul, 2022). Dalam kegiatan pertanian, terdapat faktor yang dapat diatur atau dikendalikan oleh petani, dan ada juga faktor alamiah yang di luar kendali petani, seperti kondisi iklim, suhu udara, serta tekstur dan struktur tanah. Untuk memastikan pertumbuhan padi yang optimal dan terkendali, diperlukan penggunaan teknologi yang dapat memperhatikan serta mengakomodasi faktor-faktor tersebut (Kresna, 2022). Saat ini, belum ada sistem yang secara optimal dapat menyediakan irigasi untuk semua area persawahan. Hal ini menyebabkan pasokan air yang tersedia belum mencukupi untuk mengairi semua lahan pertanian. Petani menghadapi kesulitan disaat ketinggian air meningkat karena belum ada sarana yang dapat menampungnya, sehingga mereka harus secara terus-menerus memantau dan mengatur debit air yang tiba-tiba meningkat (Mulyadi, 2022).

Di zaman saat ini, teknologi telah menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan manusia dan dipergunakan untuk mempermudah berbagai pekerjaan sehari-hari (Harnansyah, 2021). Salah satu solusi untuk mengatasi kesulitan dan kendala dalam monitoring sawah padi adalah dengan menerapkan teknologi Internet of Things (Kusuma, 2021). Sistem ini memiliki kemampuan untuk memantau tingkat kelembaban tanah, sehingga dapat memberikan informasi mengenai kualitas lahan pertanian (Setiawan, 2021). Lebih lanjut, diharapkan bahwa sistem kendali ini dapat memberikan kemudahan bagi para petani dengan mengatur aliran air irigasi secara otomatis sesuai dengan tingkat kelembaban tanah saat itu (Nasarudin, 2020).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Rancangan Diagram Blok

Perancangan dilakukan berdasarkan blok per blok dari setiap rangkaian, tiaptiap dari blok mempunyai fungsi serta perannya masing-masing dan blok rangkaian satu dengan blok rangkaian yang lainnya merupakan satu kesatuan yang saling berkaitan dan berhubungan serta membentuk sebuah kesatuan yang saling menunjang kerja dari sistem. Gambar diagram blok dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1.Diagram Blok

Pada gambar 1 menjelaskan tentang sistem irigasi sawah otomatis. Berikut keterangan diagram blok:

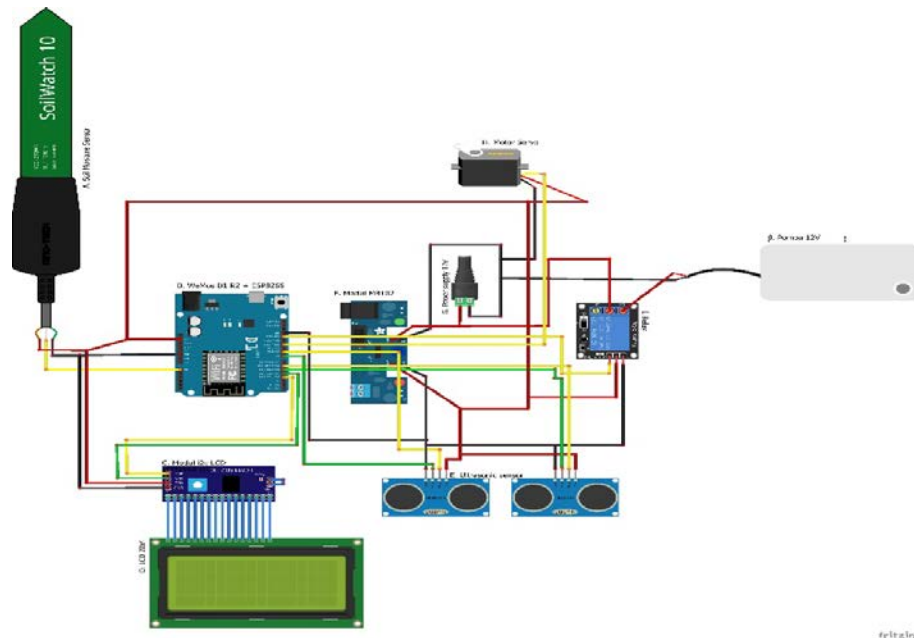
1. Wemos D1R2, merupakan sebuah unit mikrokontroler yang memiliki kemampuan *wifi* berbasis ESP8266, mikrokontroler ini dapat digunakan untuk membuat suatu *project* yang menggunakan konsep IOT. Pada sistem ini berfungsi sebagai pengirim dan penerima data yang akan ditampilkan pada aplikasi Blynk IOT pada *smartphone* dan sebagai pengatur

untuk mengendalikan dari semua proses dimana Wemos D1R2 akan memproses semua masukan dan keluaran dari sensor dan aktuator yang digunakan pada sistem.

2. Soil Moisture Sensor, merupakan sebuah sensor yang berfungsi untuk membaca kelembaban tanah. Sensor ini dapat dimanfaatkan pada sistem pertanian, perkebunan, maupun sistem hidroponik. Sensor ini dapat digunakan untuk memantau kelembaban tanah atau untuk sistem penyiraman otomatis secara offline maupun online. Sensor ini dapat diakses pada mikrokontroler seperti Arduino dan Wemos D1R2. Pada sistem ini *soil moisture sensor* berfungsi untuk mendeteksi kelembaban tanah pada sawah.
3. Ultrasonic Sensor, merupakan sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang frekuensi sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Pada sistem ini *ultrasonic sensor* berfungsi untuk mendeteksi ketinggian air pada sawah dan pada bak penampungan air.
4. Motor Servo, merupakan motor dengan umpan balik tertutup berfungsi untuk mendorong atau memutar objek. Pada sistem ini motor servo berfungsi untuk membuka atau menutup pintu air pada bak penampungan air menuju ke sawah.
5. Relay, merupakan modul yang dapat digunakan sebagai switch atau saklar elektrik untuk perangkat lain. Relay dikontrol dengan tegangan dari pin pada Wemos sehingga dapat melakukan perintah *high* atau *low*. Pada sistem ini berfungsi untuk mengatur pompa DC agar menyala atau berhenti mengisi air.
6. Pompa DC 12V, merupakan pompa yang menggunakan arus DC 12V, berfungsi untuk mengalirkan air. Pada sistem ini berfungsi untuk mengisi air ke bak penampungan air.
7. LCD 20x4, merupakan layar penampil data maupun nilai yang menggunakan kristal cair sebagai bahan untuk menampilkan karakter sesuai program yang diberikan oleh mikrokontroler Wemos D1R2.
8. Modul MB102, merupakan modul yang berfungsi untuk menurunkan dari tegangan input menuju tegangan output. Pada sistem ini berfungsi sebagai penurun tegangan dari DC 12 Volt menjadi DC 5 Volt.
9. Blynk IOT, sebagai aplikasi yang berfungsi untuk mengontrol pompa DC dan motor servo dan memonitor kelembaban tanah dan ketinggian air melalui *smartphone*.
10. *Power Supply* 12V, berfungsi sebagai sumber tegangan pada sistem dan juga sebagai pengubah arus dari AC 220V menjadi DC 12V.

2.2 Rancangan Perangkat Keras(Hardware)

Rangkaian sistem perangkat keras dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2.Rangkaian Perangkat Keras

Pada gambar 2. peneliti menggunakan mikrokontroler Wemos D1R2 sebagai inti untuk proses *input* dan *output* sistem, dengan menggunakan 3 sensor sebagai input yaitu *soil moisture sensor* untuk mengukur kelembaban tanah yang terhubung pada pin A0 dan 2 *ultrasonic sensor* untuk mengukur ketinggian air yang terdiri dari *ultrasonic sensor* 1 terhubung pada pin D5 dan D6 dan *ultrasonic sensor* 2 terhubung pada pin D7 dan D8 pada Wemos D1R2. Kemudian untuk output pada alat yang pertama adalah relay yang terhubung pada pin D3, digunakan sebagai saklar untuk pompa yang dimana pompa merupakan output untuk mengisi air pada bak penampungan air, untuk kabel positif pompa terhubung pada pin NO (normaly open) apabila high maka pompa akan menyala dan apabila low maka pompa akan mati, pompa mendapatkan daya dari kabel positif *power supply* 12V yang terhubung ke pin COM pada relay, kemudian kabel negatif pompa terhubung dengan kabel negatif *power supply* 12V. Relay mendapat daya dari modul MB102 yang terhubung langsung dengan *power supply*. Untuk ouput yang kedua, yaitu motor servo terhubung ke pin D4 pada Wemos D1R2, digunakan untuk mengendalikan pintu air pada bak penampungan air menuju ke sawah.LCD 20x4 digunakan sebagai output untuk interface agar user dapat mengetahui nilai-nilai pada sensor pada sistem, pin SCL pada LCD terhubung ke pin D1 dan SDA terhubung ke pin D2 pada Wemos D1R2.

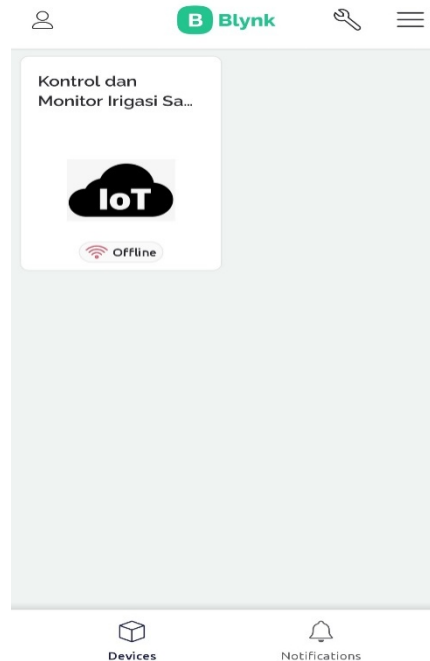
2.3 Rancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Rangkaian sistem perangkat keras dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini:

Dalam penelitian ini untuk melakukan perancangan, diperlukan perangkat lunak (*Software*) yang dapat membantu yaitu dapat memproses data-data sensor sebagai *input*, sehingga dapat dihasilkannya sebuah *output* sebagai nilai akhir dari sistem rancangan ini. Dalam hal ini *software* yang dimaksud ialah Arduino IDE sebagai software pemrograman untuk alat dan Blynk IOT untuk tampilan pada android.

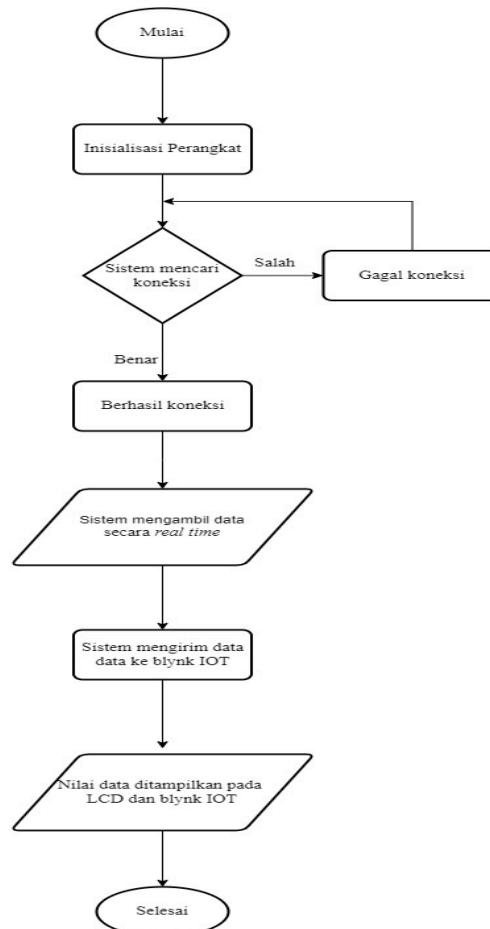
Pada proses penerimaan data yang diperoleh dari mikrokontroler Wemos D1R2, peneliti menggunakan sebuah aplikasi open source berbasis IoT sebagai user interface untuk kontrol dan monitor yang mudah dipahami. Tampilan aplikasi yang digunakan sebagai berikut:

1. Download aplikasi Blynk IoT terdapat di Playstore dan App Store.
2. Daftar email untuk melakukan proses selanjutnya.
3. Setelah mendaftar, masuk ke aplikasi Blynk dengan memasukkan id dan password yang sudah didaftarkan sebelumnya. Gambar tampilan awal Blynk IoT dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar3.Tampilan Blynk IoT

Cara kerja alat secara keseluruhan adalah yang pertama adalah inisialisasi perangkat pada sistem. Kemudian sistem mencari koneksi apakah terhubung dengan koneksi atau tidak, apabila terhubung maka sistem akan mengambil data dari sensor secara real-time, setelah mengambil data sistem akan mengirim data ke Blynk IOT dan kemudian data akan ditampilkan pada LCD dan Blynk IOT yang dimana akan digunakan sebagai monitoring alat. Pada gambar 2.4. pertama adalah inisialisasi pada Blynk IOT dan Wemos D1R2. Setelah inisialisasi Blynk IOT dan Wemos D1R2 mencari jaringan internet apakah ada atau tidak, apabila ada internet maka Wemos D1R2 dan Blynk IOT akan terhubung dengan internet, dan apabila tidak ada internet maka keduanya akan mencari apakah ada koneksi atau tidak. Bila sudah terhubung perlu diperhatikan bahwa keduanya terhubung ke koneksi yang sama, apabila tidak terhubung dengan koneksi yang sama maka keduanya akan gagal koneksi atau dengan kata lain tidak terhubung. Setelah keduanya terhubung maka sistem akan mengambil data secara *real time* dan setelah mendapatkan data secara *real time*, sistem akan mengirim data tersebut ke Blynk IOT dan kemudian Blynk IOT akan menampilkan data dari sensor guna sebagai monitoring alat.



Gambar 4.Flowchart Kerja Alat

Langkah awal adalah inisialisasi pada Blynk IOT dan Wemos D1R2. Setelah inisialisasi Blynk IOT dan Wemos D1R2 mencari jaringan internet apakah ada atau tidak, apabila ada internet maka Wemos D1R2 dan Blynk IOT akan terhubung dengan internet, dan apabila tidak ada internet maka keduanya akan mencari apakah ada koneksi atau tidak. Bila sudah terhubung perlu diperhatikan bahwa keduanya terhubung ke koneksi yang sama, apabila tidak terhubung dengan koneksi yang sama maka keduanya akan gagal koneksi atau dengan kata lain tidak terhubung. Setelah keduanya terhubung maka sistem akan mengambil data secara *real time* dan setelah mendapatkan data secara *real time*, sistem akan mengirim data tersebut ke Blynk IOT dan kemudian Blynk IOT akan menampilkan data dari sensor guna sebagai monitoring alat.

Selanjutnya Wemos D1R2 dan Blynk IOT mencari apakah ada koneksi atau tidak, bila ada maka keduanya akan terhubung dan apabila tidak maka gagal terhubung. Kemudian Blynk IOT menunggu perintah dari user apakah user ingin memberi perintah atau tidak. Apabila user memberi perintah berupa klik tombol on maka user dapat membuka pintu air dan menyalakan pompa dengan sesuka hati, dan apabila user tidak mengklik tombol on maka pintu air akan terbuka dan pompa akan menyala otomatis saat nilai kelembaban pada tanah dan ketinggian air pada sawah dan bak penampungan kurang dari nilai yang ditentukan. Pintu air akan tertutup dan pompa akan mati ketika nilai kelembaban pada tanah dan ketinggian air pada sawah dan bak penampungan telah sesuai dengan nilai yang ditentukan.

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan alat, maka tahap selanjutnya yang akan dilakukan adalah melakukan pengujian pada alat yang telah dibuat. Pengujian dan pengamat ini

dilakukan terhadap perangkat keras dan keseluruhan dari sebuah sistem yang terdapat pada peralatan sistem irigasi sawah otomatis ini.

3.1 Pemasangan Perangkat Lunak

Sesudah melakukan rancangan dan pembuatan alat, langkah yang selanjutnya adalah penyusunan sebuah program untuk mengendalikan alat yang disertakan pada sistem ini. Program pengendalian diberikan untuk mengatur proses kerja dari alat pada masing-masing rangkaian. Setiap pengendali yang disusun berbasis kontroler yang dalam hal ini menggunakan aplikasi pemrograman yaitu Arduino IDE. Bahasa pemrograman yang digunakan sebagai pengatur untuk sistem alat ini adalah Bahasa c. Berikut adalah langkah-langkah pemrograman yang dilakukan agar pengendalian tersebut dapat berfungsi dengan sebagaimana mestinya adalah sebagai berikut:

1. Susunan pembuatan program sesuai dengan *flowchart* alat sebagai alur pengatur.
2. Program dibuat dalam Bahasa C dan ditulis maupun dikompikasi menggunakan compiler dari Arduino IDE seperti pada gambar 3.1 dibawah ini.



```
#define SERIAL_PORT "/dev/ttyUSB0"
#define SERIAL_BAUD_RATE 9600
#define SERIAL_DEVICE_NAME "Kontrol dan Monitor Irigasi Sawah"
#define SERIAL_BUFFER_SIZE 1024

#define SERIAL_PORT Serial
#include <Serial.h>
#include <SoftwareSerial.h>

char auth[] = "1234567890";
char ssid[] = "WiFi";
char pass[] = "1234567890";

BlynTimer timer;
#define soil A0 // soil moisture
#define triggerPin 14 // Ultrasonic 1
#define echoPin 15 // Ultrasonic 1
#define triggerPin2 16 // Ultrasonic 2
#define echoPin2 17 // Ultrasonic 2
#define ping 20 // delay ping
#include <Servo.h> // Servo
#include <Wire.h> // I2C
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //LCD

Servo myservo;
long duration, jarak, tinggi;
long duration2, jarak2, tinggi2;
```

Gambar 5.Arduino IDE

1. Kemudian identifikasi com berapa yang terkoneksi oleh USB mikro yang tersambung ke PC atau laptop, hal ini dapat dilihat pada *my computer>manage>device manager>ports (COM&LPT)*.
2. Lalu selanjutnya *compile* kemudian *upload*.
3. Lakukan uji coba terhadap alat, apakah sesuai dengan perancangan yang disusun atau belum. Jika belum, lakukan pengecekan pada alur program atau ubah program sampai alat bekerja dengan semestinya.

3.2 Aplikasi Blynk IoT

Pada gambar 6 terlihat *widget* yang digunakan untuk membuat *interface* pada aplikasi Blynk IOT. Berikut adalah penjelasan dari widget - widget yang digunakan:

1. *WidgetGauge*: Widget ini peneliti gunakan sebagai tampilan nilai data dari *soil moisture sensor*. *Widget* ini yang digunakan sebagai indikator kering atau basah nya tanah, nilai dari widget ini 0–100% 0% untuk menandakan bahwa tanah kekurangan air dan 100% untuk menandakan bahwa tanah sudah cukup air.
2. *Widget Labeled Value*: *Widget* ini digunakan sebagai tampilan pada Blynk IOT untuk nilai data dari *ultrasonic sensor 1* yang mengukur ketinggian air pada sawah.
3. *Widget Labeled Value*: *Widget* ini digunakan sebagai tampilan pada Blynk IOT untuk nilai data dari *ultrasonic sensor 2* yang mengukur ketinggian air pada bak penampungan air.

4. *Widget Button*: Peneliti memilih *widget* ini untuk digunakan sebagai tombol untuk membuka dan menutup pintu air secara manual. Pada tampilan *OFF* maka pintu air akan tertutup dan pada tampilan *ON* maka pintu air akan terbuka.
5. *Widget Button*: Peneliti memilih *widget* ini untuk digunakan sebagai tombol untuk menyalakan dan mematikan pompa secara manual. Pada tampilan *OFF* maka pompa akan mati dan pada tampilan *ON* maka pompa akan menyala. Untuk tampilan akhir Blynk IOT yang siap digunakan dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6.Sistem Menu Pengendalian Blynk IoT

Hasil Pengukuran dan Monitoring dapat dilihat pada Gambar 3.3.



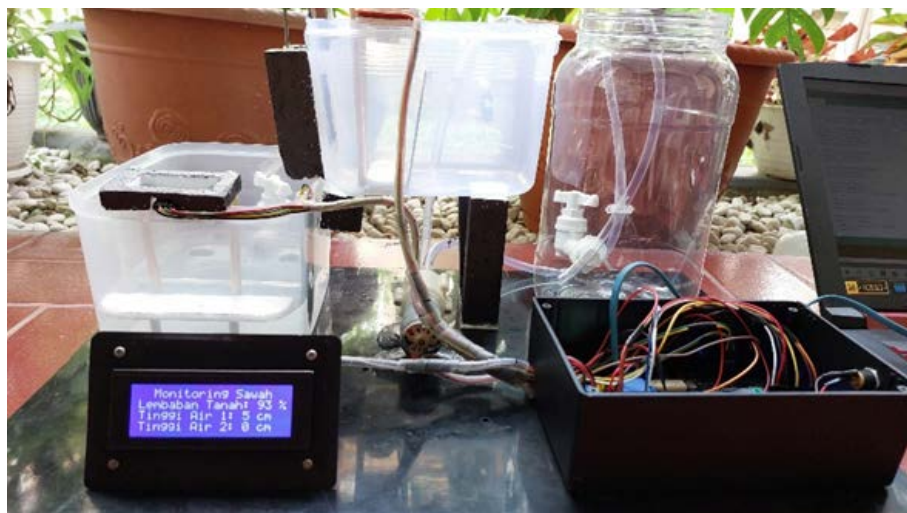
Gambar 7.Tampilan LCD pada Lahan Persawahan

Motor servo digunakan sebagai pintu air untuk mengaliri air dari bak penampungan menuju sawah, oleh karena itu pengujian ini dilakukan agar motor servo dapat berjalan dengan semestinya. Hasilnya terlihat pada Tabel 3.1

Tabel 1.Pengendalian Pintu Air

Tinggi Air Pada Sawah	Kelembaban Tanah Pada Sawah	Keterangan
≤ 2	≥ 380	Pintu air terbuka
≥ 5	≤ 350	Pintu air tertutup
≥ 5	≥ 380	Pintu air terbuka
≤ 2	≤ 350	Pintu air terbuka

Pada tabel 1 terdapat 4 hasil dari pengujian motor servo, dapat dilihat berturut turut, yang pertama apabila tinggi air pada sawah ≤ 2 dan kelembaban tanah pada sawah ≥ 380 maka pintu air akan terbuka, yang kedua apabila ketinggian air ≥ 5 dan kelembaban tanah ≤ 350 maka pintu air akan tertutup, yang ketiga apabila ketinggian air ≥ 5 dan kelembaban tanah ≥ 380 maka pintu air akan terbuka dan yang keempat apabila ketinggian air ≤ 2 dan kelembaban tanah ≤ 350 maka pintu air akan terbuka. Tampilan prototipe dapat dilihat pada Gambar 3.4



Gambar 8.Prototipe Alat

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pengujian alat, dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol dan monitor irigasi sawah otomatis berbasis IOT dengan menggunakan 3 sensor yaitu *soil moisture sensor* dan 2 *ultrasonic sensor* dan mikrokontroler Wemos D1R2 sebagai pengatur input dan output, telah berhasil menghasilkan tampilan monitor melalui layar LCD dan aplikasi Blynk IOT. Sistem ini terbukti efisien dan tidak memerlukan banyak tenaga karena mengandalkan pengukuran kelembaban tanah dan ketinggian air pada sawah melalui *soil moisture sensor* dan *ultrasonic sensor*. Ketika nilai kelembaban tanah ≥ 380 dan nilai ketinggian air ≤ 2 cm, pintu air secara otomatis akan terbuka. Selain itu, sistem ini dapat terhubung dengan Blynk IOT ketika jaringan *WiFi* yang samaterhubung ke kedua perangkat. Meskipun alat ini telah diimplementasikan, namun masih didapatkan beberapa aspek yang perlu dikembangkan. Oleh karena itu, sangat diharapkan saran dari berbagai pihak guna meningkatkan kualitas alat ini. Beberapa aspek yang perlu dikembangkan adalah menambahkan sensor *buzzer* yang akan berbunyi ketika tanah mengalami kekeringan, serta memilih sensor *ultrasonic* yang lebih baik untuk pembacaan ketinggian air dan menambahkan sebuah *output* untuk air apabila ketinggian air terlalu tinggi. Dengan melibatkan masukan dari berbagai pihak, diharapkan alat ini dapat dikembangkan menjadi lebih baik dan efisien dalam mengatasi permasalahan pada irigasi sawah.

REFERENCES

- D. Setiadi and M. N. Abdul Muhaemin, (2018). "PENERAPAN INTERNET OF THINGS (IoT) PADA SISTEM MONITORING IRIGASI (SMART IRIGASI)," *Infotronik J. Teknol. Inf. dan Elektron.*, vol. 3, no. 2, p. 95.
- S. Samsugi, Z. Mardiyansyah, and A. Nurkholis, (2020). "Sistem Pengontrol Irigasi Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno," *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 1, no. 1, p. 17.
- Supriyanto and E. S. Wibawa, (2020). "Sistem Monitoring Dan Kontroling Irigasi Sawah Menggunakan Microcontroller Wemos D1 Berbasis Internet Of Things," *Elkom J. Elektron. dan Komput.*, vol. 13, no. 2, pp. 87–93.
- W. Miftahul, H. Hoiriyah, and A. Fikri, (2022). "PENGEMBANGAN SISTEM IRIGASI PERTANIAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)," *J. Mnemon.*, vol. 5, no. 1, pp. 31–38.
- I. Kresna A, (2022). "Perancangan Sistem Irigasi Berbasis IoT pada Sawah Padi di Kecamatan Wangon, Kabupaten Banyumas," *LEDGER J. Inform. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–9.
- Mulyadi, D. Rosadi, and R. Risanti, (2022). "Sistem Monitoring Otomatis Irigasi Pertanian Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Daerah Pesawahan," vol. 16, no. 2, pp. 118–123.
- B. M. Harnansyah, I. Sunaryantiningsih, and B. Fandidarma, (2021). "Prototype Pengontrol Dan Monitoring Pompa Air Untuk Pengairan Sawah Berbasis IoT," *ELECTRA Electr. Eng. Artic.*, vol. 2, no. 1, p. 9.
- R. R. Kusuma, N. Alawiyah, and M. Anwar, (2021). "Rancang Bangun SMART FIELD SYSTEM Berbasis IoT sebagai alat Pemantau dan Pengontrol Keadaan Sawah dengan Aplikasi Smartphone Melalui Internet," *National Conference PKM Center Sebelas Maret University*, pp. 377–382.
- H. Setiawan, J. Sahertian, and M. A. D. Dara, (2021). "Rancang Bangun Sistem Monitoring Penyiram Tanaman Padi Berbasis IoT (Internet Of Things)," *Inov. Teknol.*, pp. 166–173.
- M. Nasarudin, S. H. Abdullah, G. M. D. Putra, and D. A. Setiawati, (2020). "Sistem Kendali Penggunaan Air Irigasi Dengan Aplikasi Smartphone Berbasis Kelembaban Tanah," *J. Tek. Pertan. Lampung*, vol. 9, no. 3, pp. 248–256.