

## RANCANGAN ALAT PELACAK KELEMBAPAN PERKEBUNAN DAN PENGUKUR TINGGI AIR SAWAH BERBASIS SENSOR

### DESIGN OF WHEAT FIELD HUMIDITY TRACKING TOOLS AND PLANTATION WATER HEIGHT MEASURING, BASED ON SENSOR

Nabila Sofie Octavianti<sup>1)</sup>, Miftakhul Rizky<sup>2)</sup>, Wisnu Aryo Sulistiono<sup>3)</sup>, Prisa Marga Kusumantara<sup>4)</sup>

E-mail : <sup>1)</sup>20082010092@student.upnjatim.ac.id, <sup>2)</sup>20082010082@student.upnjatim.ac.id, <sup>3)</sup>20082010083@student.upnjatim.ac.id, <sup>4)</sup>prisamarga.si@upnjatim.ac.id

<sup>1,2,3,4</sup> Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, UPN Veteran Jawa Timur

#### Abstrak

Di era sekarang, manusia harus beradaptasi dengan pesatnya kemajuan teknologi termasuk di bidang pertanian. Para petani juga nantinya dapat menggunakan teknologi untuk memudahkan aktivitas mereka khususnya dengan konsep *Internet of Things (IoT)*. Model yang diusung *IoT* yakni dengan menghubungkan antara *hardware* dengan *smartphone* melalui akses internet. Penelitian ini berfokus pada pembuatan simulator pendeteksi ketinggian air dan kelembapan tanah menggunakan *wokwi* dan *blynk*. Alat ini akan memberikan informasi sebagai acuan untuk mengatur frekuensi irigasi dan memberikan kelembapan terbaik untuk tanaman. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini antara lain studi literatur, merancang simulator sensor, uji coba, dan interpretasi hasil. Komponen yang digunakan dalam *wokwi* meliputi mikrokontroler *ESP32*, sensor jarak *HC-SR04* dan kelembapan *DHT*, lampu *LED*, layar *LCD*, *relay module*, *A4988 motor driver* dan *stepper motor*. Rangkaian yang dibuat akan menampilkan beberapa output dengan media layar *LCD*, motor penggerak pompa air, lampu *LED*, dan data yang dikirim secara *wireless* kepada *client*. Perangkat pendeteksi kelembapan tanah dan ketinggian air ini bisa dikatakan berhasil diuji coba. Namun, masih diperlukan praktek dengan perangkat asli di dunia nyata untuk mengetahui apakah simulator dapat diimplementasikan dengan baik.

**Kata kunci:** *Internet of Things (IoT)*, Pertanian, Ketinggian Air, Kelembapan Tanah

#### Abstract

*In the current era, humans have to adapt to rapid technological advances, including in the agricultural sector. Farmers could also use technology to facilitate their activities, especially with the Internet of Things (IoT) concept. The model promoted by IoT is by connecting hardware with smartphones via internet access. This research focuses on creating a water level and soil moisture detection simulator using wokwi and blynk. This tool will provide information as a reference for adjusting irrigation frequency and providing the best humidity for plants. The research methods used in this research include literature study, designing a sensor simulator, testing, and interpreting the results. Components used in wokwi include an ESP32 microcontroller, HC-SR04 distance and DHT humidity sensors, LED lights, LCD screen, relay module, A4988 motor driver and stepper motor. The circuit created will display several outputs using an LCD screen, water pump motor, LED lights, and data sent wirelessly to the client. This device for detecting soil moisture and water levels can be said to have been successfully tested. However, real practice is still needed to find out whether the simulator can be implemented well.*

**Keywords:** *Internet of Things (IoT)*, Agriculture, Water Level, Soil Moisture

## 1. PENDAHULUAN

Ada banyak cara yang dapat dilakukan untuk mendukung kegiatan pertanian dan perkebunan agar dapat memperoleh hasil panen yang berkualitas dan berjumlah banyak.

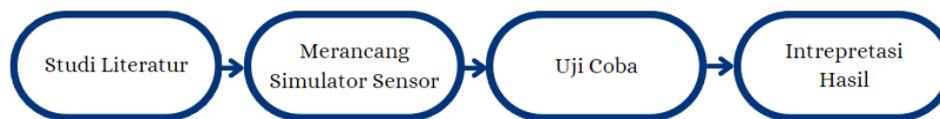
Tentunya, kelembapan tanah dan ketinggian air merupakan faktor yang sangat mempengaruhi hasil pertumbuhan tanaman perkebunan dan pertanian. Di zaman modern ini, sudah banyak teknologi dan metode yang dapat mendukung proses terkait pengairan pada sawah dan lahan perkebunan. Salah satunya yaitu dengan membuat simulasi pengukur kelembapan tanah dan ketinggian air berbasis sensor dengan konsep *IoT*. Alasan dilakukannya simulasi adalah agar tidak memakan biaya lebih banyak jika ingin membuat rancangan tertentu, dalam kasus ini yaitu membuat rancangan pelacak dan pengukur ketinggian air sawah serta kelembapan tanah lahan perkebunan.

Secara teori, kelembapan tanah merupakan kadar air yang tersimpan di antara ruang pori tanah [1]. Kelembapan tanah yang dibutuhkan tanaman bervariasi tergantung jenis tanaman dan jenis tanah. Namun, padi memerlukan kelembapan tanah yang tidak terlalu basah atau terlalu kering, tetapi cukup. Dari studi literatur, level kelembapan tanah yang dinilai kering berkisar antara 0%-40%, kelembapan ideal 40%-60%, kelembapan tanah basah 60%-100% [2]. Sedangkan, ketinggian air yang dinilai ideal yakni 4-8 cm di bawah permukaan tanah [3].

Penelitian dengan tema *IoT* seperti ini sudah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti. Salah satunya, yang dilakukan oleh Gunawan, I. K. pada tahun 2021, perancangan sistem *IoT* berbasis mikrokontroler untuk mengukur kelembapan gabah. Sistem ini menggunakan *wokwi* sebagai simulator dan membuat perangkat asli di dunia nyata dengan acuan rancangan pada *wokwi*. Sistem ini berupa alat yang dapat memilah gabah mana yang cukup lembap untuk digiling untuk dikirim ke proses penggilingan. Sebaliknya, gabah yang tidak lembap akan disimpan di tempat lain. Hasilnya, perangkat ini dapat berjalan dengan baik sehingga dapat mengoptimasi pengeringan secara sempurna [4]. Penelitian lainnya dilakukan oleh Mansa, J. W. pada tahun 2022 perancangan sistem pemantau kelembapan tanah menggunakan sensor YL-69, Arduino UNO R3 sebagai mikrokontroler, modul ESP8266-01 yang berfungsi untuk menghubungkan *WiFi* dengan mikrokontroler, dan *LCD* sebagai tempat menampilkan angka kelembapan. Sistem ini menggunakan *Thingspeak* yang dapat diakses melalui *PC* dan *Thingview* yang dapat diakses melalui *smartphone* [5]. Sedangkan, penelitian ini berfokus pada proses mengirigasi sawah, memantau kelembapan tanah serta mengontrol pompa air sesuai dengan hasil yang ditampilkan pada sensor kelembapan tanah. Penelitian ini tidak melakukan praktek asli di dunia nyata menggunakan *hardware* karena keterbatasan materi dan waktu.

Diharapkan dengan adanya prototipe pengukur kelembapan tanah berbasis sensor *DHT* dan *HC-SR04* ini, petani dapat mengamati dari jauh tingkat ketinggian air dan kelembapan dalam tanah di sawah maupun perkebunan. Alat ini akan memberikan informasi sebagai acuan untuk mengatur frekuensi irigasi dan memberikan kelembapan terbaik untuk tanaman. Diharapkan penggunaan prototipe dapat membantu meningkatkan produktivitas hasil panen di sawah dan perkebunan.

## 2. METODOLOGI



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Gambar 1 di atas merupakan alur metode penelitian ini yang terdiri dari langkah-langkah penulisan untuk mendapatkan hasil penelitian. Metode ini meliputi tahap-tahap sebagai berikut.

### 2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari lebih dalam mengenai kelembapan tanah yang harus dimiliki padi dan ketinggian air yang digunakan dalam perkebunan.

## 2.2 Rancang Simulator Sensor

Dalam proses pembuatan rancangan, digunakan web simulator elektronik yang disebut *wokwi*. Rancangan pada *wokwi* ini menggunakan komponen yang meliputi mikrokontroler *ESP32*, sensor-sensor seperti sensor jarak dan kelembapan, lampu *LED*, layar *LCD*, *relay module*, *motor driver* dan *stepper motor*.

## 2.3 Uji Coba

Uji coba ini dilakukan dengan melakukan *running* terhadap rancangan pada *wokwi*. Apabila terdapat *error* terhadap *code* yang dibuat maka *wokwi* dapat memberikan pesan *error*, serta apabila ada konfigurasi yang gagal maka rancangan simulasi tidak akan bekerja sesuai yang diharapkan. Dari indikator-indikator tersebutlah dapat dilakukan *debugging* agar rancangan simulasi dapat bekerja dengan semestinya. Selain itu, Uji coba juga dilakukan setiap rancangan simulasi ditambah komponennya untuk menghindari kegagalan ketika rangkaian sudah kompleks.

## 2.4 Interpretasi Hasil

Interpretasi hasil dari simulasi dapat disimpulkan ketika melakukan uji coba atau melakukan *running* terhadap hasil rancangan simulasi. Apabila hasil uji coba rancangan pada simulasi *wokwi* untuk sisi *hardware* dapat berjalan dengan baik dengan menampilkan data dari sensor dan komponen-komponen lain seperti *LCD*, *relay module*, *LED*, *stepper motor* dan *motor driver* dapat bekerja dengan semestinya, serta *blynk* yang terkoneksi sebagai sisi *client* yang juga dapat membaca data hasil sensor serta dapat mengontrol *stepper motor* yang pada simulasi ini berperan seolah sebagai pompa air. Maka, hasil rancangan simulasi dapat dikatakan berhasil. Tetapi, rancangan simulasi ini masih perlu dibuktikan dengan praktek di dunia nyata.

## 2.5 Pustaka

### 2.5.1 *Wokwi*

*Wokwi* adalah platform yang dapat digunakan sebagai simulator *Electronics Development Board* seperti *Arduino*, *ESP32*, dan *Raspberry Pi Pico*. *Wokwi* memiliki kelebihan dibandingkan platform simulasi yang lain [6].

#### 2.5.1.1 Mikrokontroler *ESP32*

*ESP32* merupakan teknologi baru penerus *ESP8266* dengan biaya terjangkau, daya sistem yang rendah pada chip mikrokontroler terintegrasi *Wi-Fi*, kemampuan mode *Bluetooth* ganda dan lebih fleksibel [7]. *ESP32* dapat digunakan sebagai mikrokontroler pada rancangan simulasi elektronik di *wokwi*.

#### 2.5.1.2 Sensor Jarak Ultrasonik *HC-SR04*

Sensor ini berfungsi untuk menafsirkan pantulan gelombang suara menjadi eksistensi atau jarak suatu benda. Sensor ini disebut sensor ultrasonik karena menggunakan bunyi ultrasonik. Pada sensor ultrasonik, gelombang suara dibangkitkan melalui alat yang bernama *piezoelektrik*. *Piezoelektrik* ini menghasilkan gelombang suara ultrasonik ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Osilator akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima [8]. *HC-SR04* merupakan salah satu sensor dari sekian banyaknya sensor yang disediakan di website *wokwi*.

### 2.5.1.3 Lampu LED

Lampu LED hanya akan menyala apabila dialiri listrik. Rangkaian lampu LED ini berfungsi sebagai indikator baik atau buruknya level air yang menggenang dalam sawah.

### 2.5.1.4 Layar LCD

Layar LCD merupakan jenis media yang menampilkan teks, karakter angka, dan simbol. Layar ini pada rancangan berfungsi untuk menampilkan informasi kelembapan dan ketinggian air [9].

### 2.5.1.5 Sensor DHT

Sensor DHT adalah modul sensor yang berfungsi untuk membaca dan mendeteksi suhu dan kelembapan dengan akurat [10]. Tetapi, pada rancangan ini yang dipakai hanya data kelembapannya saja.

### 2.5.1.6 A4988 Stepper Motor Driver

Driver A4988 digunakan untuk mengatur pengoperasian bipolar motor stepper di simulasi wokwi. Driver mengatur arah putar motor stepper dan step pada motor stepper. Driver motor stepper A4988 pada dasarnya adalah rangkaian transistor yang mengatur suplai daya ke motor [11]. Rangkaian ini bersama bipolar stepper motor nantinya berperan layaknya sebagai pompa air yang digunakan untuk menyemprot air di lahan perkebunan atau memompa air ke lahan irigasi sawah.

### 2.5.1.7 Relay Module

Relay merupakan modul yang menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi [12]. Pada rancangan ini relay module yang berperan sebagai saklar elektrik yang dapat menentukan lampu LED yang akan dinyalakan pada kondisi tertentu.

### 2.5.1.8 Bipolar Stepper Motor

Motor stepper adalah satu jenis motor yang putarannya berdasarkan langkah. Motor stepper banyak digunakan dalam aplikasi industri karena kehandalan dan kemampuan kontrol *open loop* [13]. Bipolar stepper motor ini menjadi satu kesatuan dengan A4988, berperan seperti layaknya pompa air yang dapat dikontrol dengan remot.

## 2.5.2 Blynk

Blynk adalah aplikasi yang berfungsi mengontrol hardware dari jarak jauh, dapat menampilkan data sensor, dapat menyimpan data, visual dan melakukan banyak hal canggih lainnya. Ada tiga komponen utama dalam platform yaitu blynk app, blynk server, dan blynk library [14]. Pada rancangan ini, blynk akan berperan sebagai remot serta pemantau jarak jauh yang dapat melihat keadaan kelembapan tanah serta ketinggian air dan mengontrol nyala/matinya motor yang digambarkan sebagai pompa air.

### 2.5.2.1 Templates

Pada platform blynk, kita dapat membuat template yang dapat diatur untuk dihubungkan mikrokontroler bertipe apa beserta tipe koneksi yang diinginkan, ESP32 adalah salah satu hardware yang didukung dan tipe koneksi yang bisa diterapkan salah satunya yakni Wi-Fi. Template ini juga menampung konfigurasi untuk Datastream atau bisa diartikan sebagai saluran data yang masuk dan keluar dari perangkat dan cloud. Selain itu, juga ada pengaturan web dashboard sebagai konfigurasi rangkaian widget yang dapat

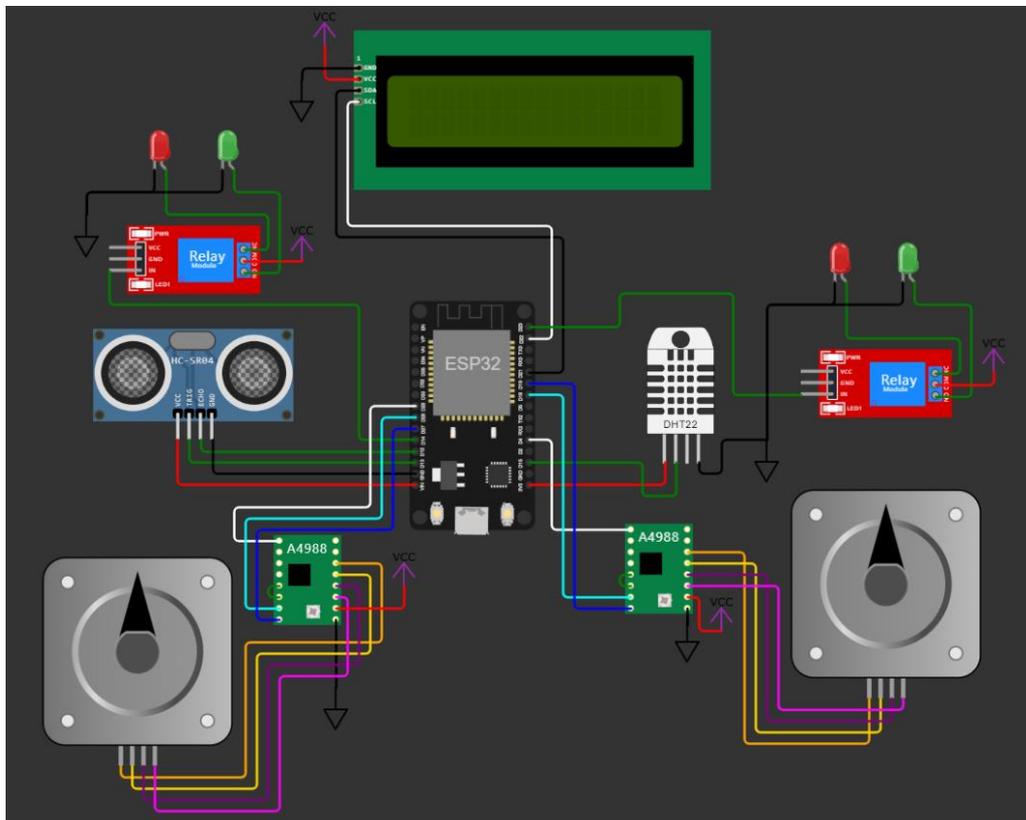
memvisualisasikan data perangkat dan dapat diakses ketika *template* ini nanti diterapkan ke *Devices* di *blynk*.

### 2.5.2.2 Devices

Setelah mengkonfigurasi *template devices* di *blynk*, *template* tersebut bisa diterapkan ke *devices* di mana perangkat-perangkat yang sudah dirancang bisa dipantau dan diatur.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

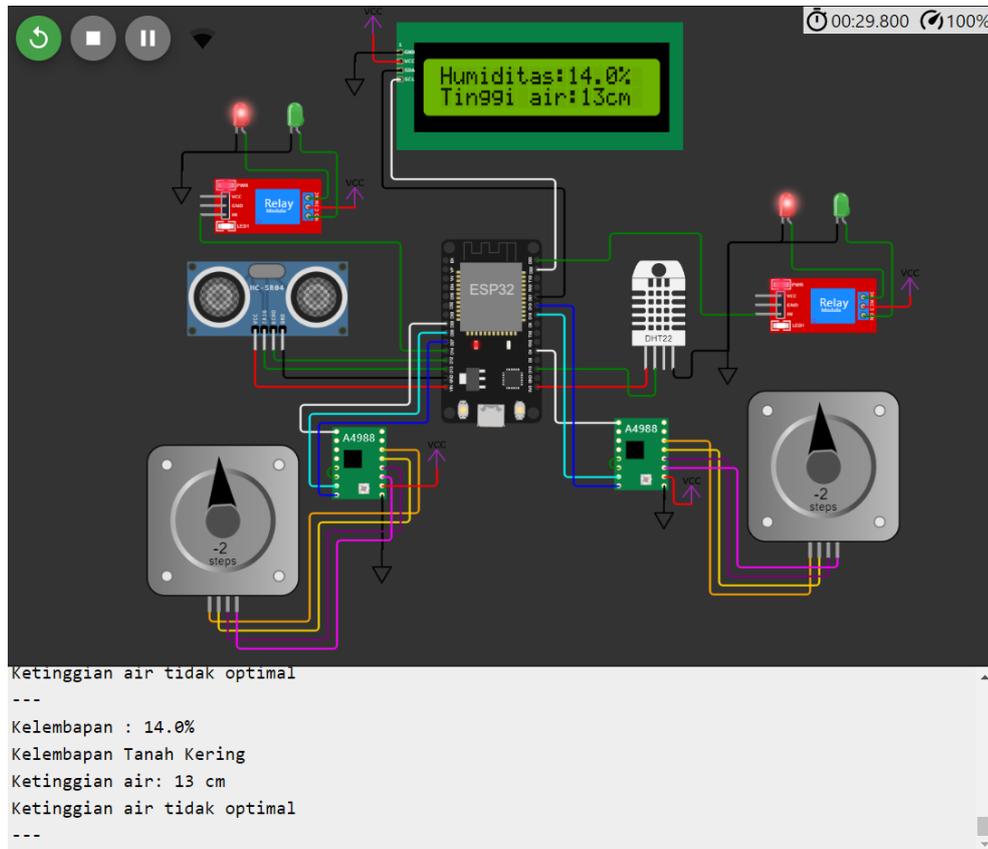
Dari hasil perancangan simulator yang telah dibahas di pustaka, rancangan *Internet of Things (IoT)* ini menggunakan *wokwi* seperti pada Gambar 2 untuk simulasi sisi *hardware* dan *blynk* untuk simulasi sisi *client*. Pada simulasi sisi *hardware*, prototipenya menggunakan beberapa komponen yang terdiri dari mikrokontroler *ESP32*, sensor *DHT*, sensor jarak ultrasonik *HC-SR04*, lampu *LED*, layar *LCD*, *A4988 driver*, *bipolar motor stepper*, dan *relay module*. Sistem ini dibuat dengan tujuan untuk memantau ketinggian level air serta tingkat kelembapan tanah dan mengontrol air di saluran irigasi sawah dan lahan perkebunan dengan memanfaatkan *stepper motor* yang berperan layaknya pompa air. Selain itu, dari simulasi sisi *client* menggunakan *blynk* ini nantinya berfungsi agar *monitoring* dan pengontrolan ini dapat dilakukan dari jarak jauh menggunakan jaringan internet.



Gambar 2. Rancangan Simulasi Perangkat Pengukur Kelembapan dan Ketinggian Air pada *Wokwi*

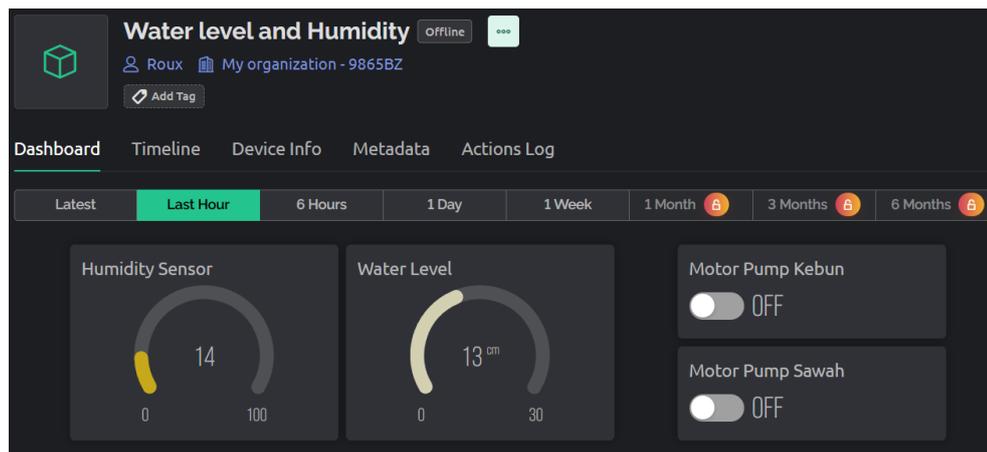
Alat ini bekerja dimulai dari mikrokontroler *ESP32* mengirimkan perintah berupa pengecekan kelembapan dan ketinggian air pada sensor *DHT* dan sensor *HC-SR04*. Kemudian, sensor akan mendeteksi tingkat kelembapan tanah dan ketinggian air lalu dikirim ke *ESP32* untuk disampaikan ke layar *LCD*. Tidak hanya itu, data yang direkam juga berperan sebagai patokan bagaimana *LED* menyala. Apabila sensor *DHT*

mengirimkan informasi bahwa kelembapan tanah ideal yakni bernilai 40%-60%, maka *ESP32* akan mengirimkan datanya ke *relay module* yang akan membuka jalur listrik pada *LED* hijau agar menyala. Sebaliknya, apabila data nilai kelembapan tanah di bawah 40% atau di atas 60%, maka *relay module* akan membuka jalur listrik yang menyalakan *LED* berwarna merah sebagai tanda peringatan. Untuk pengukuran ketinggian air menggunakan sensor *HC-SR04*, apabila ketinggian air berkisar antara 4-8 cm, maka *LED* hijau akan menyala karena dinilai ideal. Lalu, apabila ketinggian air berada di bawah 4 cm, tandanya tanah kering. Namun, apabila ketinggian air berada lebih dari 8 cm dari permukaan tanah maka termasuk tanah basah. Data yang dikirimkan bersifat *real-time*. Pada Gambar 3 dapat dilihat hasil simulasi yang berjalan.



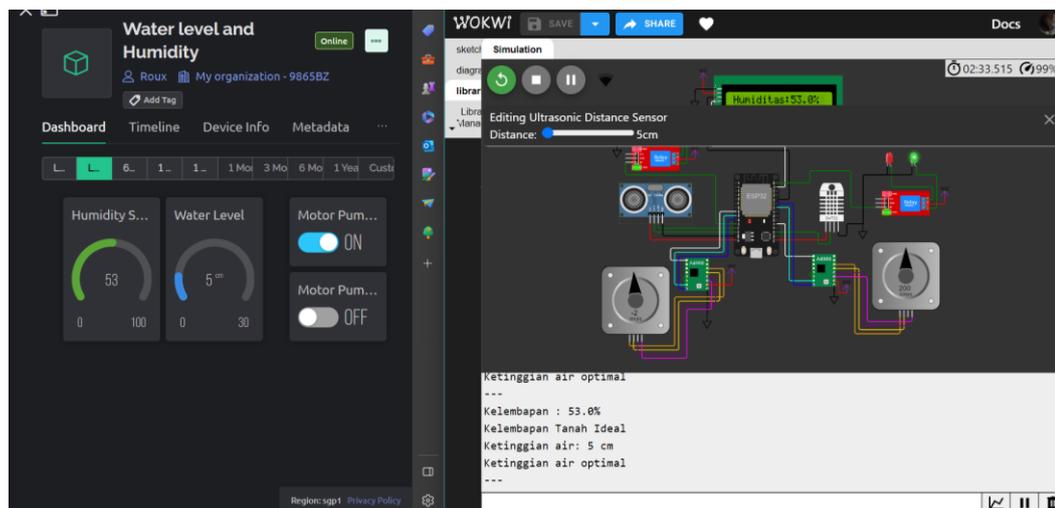
Gambar 3. Simulasi Prototipe yang dijalankan

Dapat dilihat di *serial monitor* tersebut informasi tentang kelembapan serta ketinggian air, serta bentuk peringatannya pada lampu *LED* merah yang menyala apabila kelembapan tanah kering dan ketinggian air tidak optimal. *LCD* juga dapat menampilkan informasi kelembapan dan ketinggian air dengan baik.



Gambar 4. Rancangan *Blynk* untuk Pengguna

Pada Gambar 4 bisa dilihat rancangan *platform blynk* yang berperan sebagai simulasi pengendalian *client* dari *cloud*, setelah membuat *template* dengan empat *datastream* yang dibuat *widgetnya* pada *dashboard* dengan peran masing-masing berupa membaca hasil dari sensor kelembapan dan ketinggian air serta menyalakan motor yang berperan sebagai pompa air untuk perkebunan atau sawah, *template* tersebut diterapkan ke *devices* untuk memperoleh *token* yang dapat menyambungkan koneksi antara *blynk* dengan rancangan simulasi di *wokwi*. Setelah berhasil dikoneksikan, proses *monitoring* dan pengendalian *motor driver* bisa dilakukan dari *platform blynk*. Contoh hasil simulasi antara *wokwi* dengan *blynk* dapat dilihat pada gambar 5 berikut.



Gambar 5. Simulasi Prototipe yang sudah disambungkan dengan *Blynk*

Dapat dilihat pada Gambar 5 bahwa *platform blynk* berhasil membaca data yang dikirimkan oleh sensor dan *ESP32* dengan baik dengan kelembapan bernilai 53% dan ketinggian airnya 5cm. Selain itu, fungsi pengendalian *motor driver* melalui *blynk* juga berhasil, dengan bukti bahwa apabila saklar dari sisi *blynk* di ubah ke *ON*, maka *motor driver* akan melakukan rotasi hingga 200 *steps*, dalam interpretasinya berarti *motor pump* memompa air untuk menyiram lahan perkebunan dan mengirigasi lahan pertanian.

Dari penjelasan hasil di atas, rancangan simulasi telah berhasil bekerja dengan harapan. Mulai dari sisi hardware yang diinterpretasikan oleh *wokwi*, pada simulasi tersebut pembacaan hasil sensor kelembapan dan kedalaman air dapat ditampilkan di *serial monitor* dan *LCD* hingga peringatan tingkat keidealannya kelembapan dan ketinggian air yang

diinterpretasikan oleh lampu *LED*. Selain itu, *serial monitor* juga dapat menampilkan *log* apabila kelembapan tanah dan ketinggian air termasuk kategori ideal atau tidak. Yang terakhir, *blynk* sebagai simulasi sisi *client* juga dapat melakukan *monitoring* dan mengontrol *motor driver* yang berperan seolah pompa air yang dapat mengirigasi sawah dan menyirami tanah perkebunan. Meskipun rancangan simulasi ini dapat bekerja dengan baik, tapi masih memerlukan praktek dengan perangkat asli di dunia nyata untuk mengetahui apakah implementasinya dapat dilakukan sesuai dengan rancangan simulasi, atau memerlukan beberapa perubahan karena skenario di dunia nyata yang berbeda-beda. Sebagai contoh, dimana mikrokontroler *ESP32* harus diletakkan untuk mendukung kerja rangkaian perangkat-perangkat *IoT* tersebut pada lingkungan persawahan dan perkebunan tertentu.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah pembuatan prototipe *Internet of Things (IoT)* yang mengandalkan sensor *DHT* dan sensor *HC-SR04* sebagai sensor untuk memantau kelembapan lahan kebun dan ketinggian air sawah dapat dikatakan berhasil. Dengan cara kerjanya yaitu sensor-sensor mengirimkan data ke mikrokontroler *ESP32*, kemudian data tersebut diolah dan dikirimkan ke perangkat yang membutuhkan seperti *LCD*, *Relay Module* dan juga *client* yang diperantarakan dengan platform *Blynk* melalui *cloud*. Selain itu, *client* juga dapat mengirimkan perintah dari *cloud* ke mikrokontroler *ESP32* untuk menyalakan/mematikan motor yang diinterpretasikan sebagai pompa air untuk menyirami lahan perkebunan atau mengirigasi perairan sawah. Diharapkan rangkaian ini dapat menjadi acuan proyek nyata dalam pembuatan simulator pendeteksi ketinggian air dan kelembapan tanah. Penelitian rancangan yang sudah dilakukan ini masih memerlukan praktek langsung dengan perangkat aslinya untuk melihat apakah implementasinya dapat digunakan di dunia nyata.

#### 5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. G. Mardika and R. Kartadie, "Mengatur Kelembaban Tanah Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah YL-69 Berbasis Arduino pada Media Tanam Pohon Gaharu," *Journal of Education and ICT*, vol. 3, no. 2, pp. 130–140, 2019. Accessed: Oct. 26, 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.stkipggritulungagung.ac.id/index.php/joeict/article/view/1163/605>
- [2] L. A. Merbawani, M. Rivai, and H. Pirngadi, "Sistem Monitoring Profil Kedalaman Tingkat Kelembapan Tanah Berbasis IOT Dan Lora," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 10, no. 2, pp. A285–A291, 2021. doi:10.12962/j23373539.v10i2.68613
- [3] M. Bagus Budianto, A. Supriadi, S. Hidayat, and Salehudin, "Model IRIGASI hemat air perpaduan system of rice intensification (SRI) dengan alternate wetting and drying (AWD) Pada Padi Sawah," *Jurnal Teknik Pengairan*, vol. 11, no. 2, pp. 128–136, 2020. doi:10.21776/ub.pengairan.2020.011.02.06
- [4] I. K. W. Gunawan and C. Bella, Pemantauan Kelembaban Padi dengan Memanfaatkan Sensor Kelembaban Berbasis Mikrokontroler, vol. 1, no. 3, pp. 1–21, 2021.
- [5] J. W. Mansa, Q. C. Kainde, and F. I. Sangkop, "Sistem Monitor Kelembaban Tanah Berbasis internet of things (IOT)," *JOINTER : Journal of Informatics Engineering*, vol. 3, no. 01, pp. 17–21, 2022. doi:10.53682/jointer.v3i01.40
- [6] A. F. Oklilas, Abdurahman, R. Passarella, Sukemi, and M. A. Buchari, "Peningkatan Kemampuan Siswa SMKN 1 Tanjung Pandan Belitung Dalam simulasi online sistem Palang Pintu Kereta Api," *Jurnal Pengabdian Kolaborasi dan Inovasi IPTEKS*, vol. 1, no. 5, pp. 697–703, 2023. doi:10.59407/jpki2.v1i5.136
- [7] Putri Lemuel, "Rancang bangun pendeteksi suhu dan asap pada panel listrik berbasis internet of things menggunakan message queueing telemetry transport," *OPAC University*, pp. 1–3, 2020. Accessed: Oct. 6, 2023. [Online]. Available:

- [http://repository.trisakti.ac.id/usaktiana/index.php/home/detail/detail\\_koleksi/0/SKR/judul/00000000000000102334/](http://repository.trisakti.ac.id/usaktiana/index.php/home/detail/detail_koleksi/0/SKR/judul/00000000000000102334/)
- [8] A. Sandriyadi, “Alat Bantu Tunanetra Berbasis Arduino,” UTDI Repository, <https://eprints.utdi.ac.id/3903/> (accessed Oct. 6, 2023).
- [9] A. Kusumaningrum, A. Pujiastuti, and M. Zeny, “Pemanfaatan Internet of Things Pada Kendali Lampu,” Neliti, <https://media.neliti.com/media/publications/236219-pemanfaatan-internet-of-things-pada-kend-9849b1dd.pdf> (accessed Oct. 6, 2023).
- [10] H. A. Nugroho, “Monitoring Alat penetas Telur Dengan Android berbasis IOT,” UTDI Repository, <https://eprints.utdi.ac.id/8458/> (accessed Oct. 6, 2023).
- [11] A. Alfajri and M. Muskhir, “Sistem Kontrol Temperatur Metode Pid heatbed Dan Ekstruder Pada printer Tiga dimensi,” *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, vol. 5, no. 2, pp. 94–104, Feb. 2022. doi:10.38035/rrj.v5i2.462
- [12] R. D. Risanty and L. Arianto, “Rancang Bangun Sistem Pengendalian Listrik Ruangan dengan Menggunakan Atmega 328 dan SMS Gateway sebagai Media Informasi,” *Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 7, no. 2, pp. 45–54, 2017. Accessed: Oct. 25, 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/just-it/article/view/1070/984>
- [13] Wibowo, B. C., & Nugraha, F. (2021). Stepper Motor Speed Control Using Start-Stop Method Based On PLC. *J. Tek. Elektro dan Komput. UNSRAT*, 10, 213-220
- [14] F. Supegina and E. J. Setiawan, “Rancang Bangun IoT Temperature Controller untuk Enclosure BTS Berbasis Microcontroller WeMos dan Android,” *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana*, pp. 145–150, May 2017. Accessed: Oct. 26, 2023. [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/publications/141708-ID-none.pdf>