

Perancangan Sistem Irigasi Berbasis *IoT* pada Sawah Padi di Kecamatan Wangon, Kabupaten Banyumas

Iqsyahiro Kresna A^{1*}, Ipam Fuaddina Adam²

^{1,2}*Teknik Informatika, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Indonesia*

*Corresponding Author:hiro@ittelkom-pwt.ac.id

Abstract

Tanaman Padi adalah salah satu tanaman yang membutuhkan perhatian khusus dalam hal suplai air. Tanaman ini cenderung membutuhkan air dalam jumlah cukup pada saat masa tanamnya, tetapi juga tidak boleh terus menerus tergenang air. Kesalahan dalam pengairan pada tanaman padi dapat menyebabkan panen yang tidak maksimal, batang tanaman padi mudah busuk, tanaman padi mudah roboh, dan gagal panen. Hal ini terjadi karena cuaca yang tidak pasti dan tidak sesuai dengan masa tanam tanaman padi. Dibutuhkan sebuah sistem yang dapat memantau jumlah air pada sawah tanaman padi dan mengatur debit air yang ada di sawah, sehingga petani padi dapat memaksimalkan panennya. Sistem *IoT* untuk irigasi dapat membantu para petani memantau kondisi persawahannya dengan cara mengeluarkan debit air yang tidak diperlukan ataupun memompa air dengan jumlah sesuai kebutuhan dan kondisi tanaman padi.

Keywords: Padi, irigasi, *IoT*,

I. INTRODUCTION

DI Indonesia, tanaman padi merupakan yang paling penting, makanan pokok masyarakat Indonesia adalah beras yang dihasilkan dari padi. Beras merupakan makanan sumber karbohidrat yang utama di kebanyakan negara Asia. Padi (*Oryza Sativa*) merupakan salah satu tanaman budidaya terpenting dalam peradaban manusia. Padi memiliki banyak varietas yang ditanam di sawah dan di ladang [1]. Tingkat konsumsi penduduk Indonesia makin meningkat dari tahun ke tahun

Tahun 2020 BPS mencatat produksi padi di Indonesia meningkat 0,08% dari tahun sebelumnya [2]. Kemudian luas panen padi Indonesia tercatat 10,66 juta hektar, namun hasil ini menurun 0,19% dari tahun 2019 [2]. Pada Rapat Kerja Nasional Pembangunan Pertanian tahun 2021, Presiden Indonesia juga menyampaikan bahwa penggunaan teknologi pada pertanian merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan pembangunan pertanian dan harus benar-benar dikembangkan agar produksi pertanian dapat bersaing dengan komoditas dari luar negeri, dan penerapan cara-cara konvensional tidak bisa terus dilanjutkan [3].

Umumnya, masyarakat yang mayoritas pekerjaannya adalah seorang petani menjalankan kegiatan pertanian secara konvensional, atau secara tradisional dari proses penanaman, pengairan, hingga pemanenan padi pada musim panen. Sistem pengairan atau irigasi merupakan proses pengairan yang dilakukan secara terus menerus agar ketersediaan air dapat terpenuhi dari waktu ke waktu dan sangat mempengaruhi hasil produksi yang sedang dijalankan. Air juga merupakan komponen utama dalam proses fotosintesis, pelarut dan translokasi unsur hara untuk proses pertumbuhan tanaman [4]. Kebutuhan air setiap tanaman memiliki kadar yang berbeda-beda. Pada sistem pengairan oleh petani konvensional atau tradisional sawah hanya digenangi air

secara terus-menerus tanpa memiliki batasan seperti kedalaman air, atau kondisi sekitar lahan. Kemudian sistem *monitoring* atau kontrol pengairan juga masih dilakukan secara manual. Hal ini sering kali dialami oleh petani yang perlu memantau kondisi pengairan agar sawah tetap dalam kondisi lembap sampai waktu yang ditentukan untuk panen.

Pertumbuhan pada bibit tanaman padi dipengaruhi oleh faktor seperti kedalaman air, kebutuhan air, suhu, intensitas cahaya, dan persediaan unsur hara [5]. Terdapat faktor yang dapat dikuasai petani, ada yang tidak dapat dikuasai, sebagai faktor alamiah, seperti iklim, suhu udara, tekstur dan struktur tanah. Tentunya diperlukan teknologi yang dapat memperhatikan faktor-faktor tersebut agar pertumbuhan padi dapat lebih maksimal dan terkontrol.

Berdasarkan hasil observasi di kecamatan Wangon kabupaten Banyumas, penelitian ini memfokuskan faktor kedalaman air pada tanaman padi. Hal ini karena pada pertanian di lingkungan sekitar, proses pengairan dan pengolahan lahan menjadi hal utama dalam pertanian padi. Kemudian belum adanya alat bantu atau sensor yang digunakan oleh petani untuk mengetahui kedalaman air yang sesuai untuk tanaman padi dengan menggunakan *microcontroller* arduino uno, memanfaatkan sensor, dan NodeMCU untuk menyampaikan informasi kepada petani melalui *website* platform IoT.

II. LITERATURE REVIEW

A. Penelitian Terkait

Penelitian oleh Anip Febriko (2017) membuat sistem kontrol peternakan ikan dengan menggunakan *microcontroller* berbasis android. Sistem ini menggunakan Arduino uno sebagai *microcontroller* dan modul *Bluetooth* sebagai penghubung antara Arduino uno dan *smartphone*. Hasil penelitian ini sistem berfungsi dengan baik dan data yang dikirim melalui *bluetooth* dapat terkirim pada jangkauan jarak 30 meter jika tanpa hambatan, dan 24 meter jika terdapat hambatan. Sistem dapat bekerja untuk mengontrol pakan ikan dan pemberian air [6].

Penelitian oleh Husdi (2018) membuat *monitoring* kelembaban tanah pertanian menggunakan *soil moisture sensor* fc-28 dan Arduino uno. Hasil penelitian diperoleh nilai *range* untuk tanah kondisi basah yaitu 150-339, kondisi lembap *range* 340-475, dan kondisi kering memiliki *range* 476-1023. Data hasil *monitoring* kelembaban ini kemudian dideteksi oleh sistem sehingga tampil pada layer LCD dan dapat diteruskan ke komputer dalam tampilan *website* [7].

Penelitian oleh Pamuji Setiawan, dkk (2018) membuat Sistem Irigasi Sawah Otomatis Menggunakan Arduino Berbasis *Artificial Intelligence*. *Microcontroller* yang digunakan adalah jenis ATMega328 dengan menggunakan beberapa sensor seperti sensor suhu, air, ultrasonik, dan kecepatan air. Sistem yang dibuat dapat melakukan pengairan secara otomatis dan dapat mengirimkan informasi dari sensor ke petani melalui *sms gateway* dalam bentuk notifikasi [8].

Penelitian oleh Sintia, Wulantika, dkk. (2018) mengimplementasikan sebuah sistem *monitoring* yang mendeteksi kelembaban tanah dan suhu udara pada tanaman. Informasi tersebut kemudian diteruskan oleh sistem ke pengguna melalui *sms*. Sistem ini dibangun dengan menggunakan *microcontroller* Arduino uno dan memanfaatkan GSM SIM900A [9].

Penelitian oleh Adi Candra (2020) membuat *prototype* sistem kontrol air sawah otomatis dengan parameter level air di desa Bontoraja Kabupaten Bulukumba. *Microcontroller* yang digunakan yaitu ATMega328 dan motor AC sebagai pemutar pintu air. Sistem mampu mendeteksi level ketinggian air dan mengontrol sistem irigasi dengan baik. Sistem ini juga menggunakan algoritma *greedy* untuk mendeteksi titik terdekat pada pengujian level air [10].

Penelitian oleh Gusrio Tendra (2020) Sistem Penyiraman pestisida otomatis menggunakan arduino uno dan GSM *shield* SIM800L. Sistem yang dibuat dapat melakukan irigasi secara otomatis sesuai *setting* waktu yang diatur pada sistem [11].

Penelitian oleh Narendra, dkk (2020) menerapkan teknologi *internet of things* dengan membuat perancangan sistem irigasi untuk tanaman cabai menggunakan *microcontroller* Nodemcu. Sistem dapat melakukan pengairan secara otomatis dengan parameter kelembaban tanah yang terdeteksi. Pengguna dapat memberikan instruksi atau perintah melalui gawai yang terhubung jaringan internet dengan Nodemcu [12].

B. NodeMCU ESP8266

NodeMcu Esp8266 merupakan *firmware* interaktif berbasis LUA memiliki 4MB flash, 11 pin GPIO di mana 10 di antaranya dapat digunakan untuk PWM, 1 pin ADC, 2 pasang UART, WiFi 2,4GHz serta mendukung WPA/ WPA2, diprogram dengan Bahasa C dan *support* terhadap Arduino IDE. NodeMCU ini berfungsi sebagai *microcontroller* yang menjadi pusat kontrol dalam teknologi *internet of things* dan juga berfungsi sebagai tempat untuk melakukan *upload* program yang sudah dibuat [12].

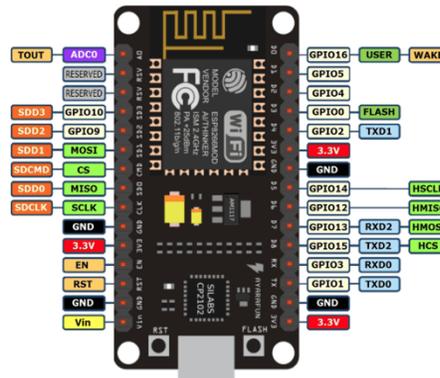


Fig. 1. NodeMCU

C. Arduino Uno

Arduino uno merupakan papan elektronik yang menggunakan *microcontroller* chip ATmega328. Merek ATmega yang diproduksi oleh Atmel corporation. Arduino uno mempunyai 14 pin *input/output* (6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 analog *input*, crystal oscillator 16 MHz, jack power, koneksi USB, ICSP header, dan tombol reset. Arduino mampu menunjang kerja *microcontroller*, dan mudah dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB [13][6].

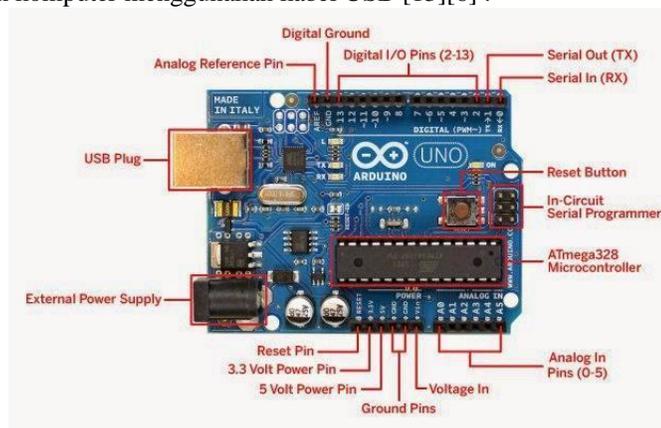


Fig. 2. Arduino Uno

D. Sensor Kelembaban

Soil moisture sensor merupakan sensor kelembaban yang dapat mendeteksi kelembaban di dalam tanah. Sensor kelembaban ini menggunakan FC-28 *soil moisture sensor* yang sudah dilengkapi dengan potensiometer dan komparator LM393, sehingga deteksi kelembaban lebih akurat [14][7] .

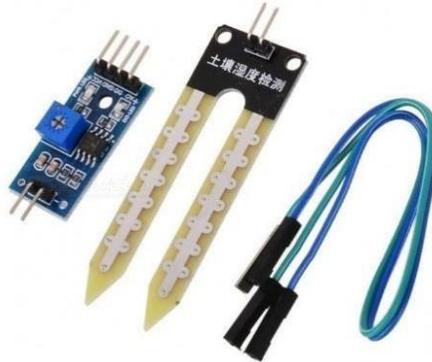


Fig. 3. FC-28 soil moisture sensor

E. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gelombang suara ultrasonik. Sensor ultrasonik terdiri dari rangkaian pemancar (*transmitter*) dan rangkaian penerima (*receiver*). Pada penelitian ini digunakan SRF05 yang merupakan sensor pengukur jarak sebagai ketinggian air yang menggunakan gelombang ultrasonik. Prinsip kerja sensor Ultrasonik ini adalah *transmitter* mengirimkan seberkas gelombang ultrasonik, lalu diukur waktu yang dibutuhkan hingga datangnya pantulan dari objek. Perhitungan jarak dengan mengalikan kecepatan suara dengan waktu pantul kemudian dibagi dua [15].



Fig. 4. Sensor Ultrasonik

F. *Sensor Suhu DS18B20*

Sensor suhu DS18B20 adalah sensor suhu digital kabel tunggal atau hanya 1 pin jalur data komunikasi. Setiap sensor DS18B20 memiliki nomor seri 64-bit yang unik, yang berarti dapat menggunakan beberapa sensor pada bus daya yang sama (banyak sensor terhubung ke GPIO yang sama). Ini sangat berguna untuk merekam data untuk proyek kontrol suhu. DS18B20 adalah sensor yang murah, akurat, dan sangat mudah digunakan. Rentang pengukuran suhu sensor adalah dari -55 derajat Celcius hingga +125 derajat Celcius, dengan akurasi sekitar 0,5 derajat Celcius dari -10 derajat Celcius hingga +85 derajat Celcius [16].



Fig. 5. Sensor Suhu DS18B20

III. RESEARCH METHODOLOGY

G. *Objek dan Subjek Penelitian*

Objek penelitian pada perancangan sistem irigasi sawah tanaman padi adalah tanaman padi yang ada di sawah di daerah kecamatan desa Wangon, kecamatan Wangon, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah. Sedangkan subjeknya adalah sistem irigasi pada sawah tanaman padi.

H. *Metode Prototype*

Menurut Ogedebe (2012), *prototyping* dimulai dengan pengumpulan kebutuhan, melibatkan pengembang dan pengguna sistem untuk menentukan tujuan, fungsi dan kebutuhan operasional sistem. Langkah-langkah dalam *prototyping* adalah sebagai yaitu Pengumpulan Kebutuhan., Proses desain yang cepat, Membangun prototipe, dan Evaluasi dan perbaikan.

Metode *Prototype* adalah teknik pengembangan sistem yang menggunakan *prototype* untuk menggambarkan sistem sehingga klien atau pemilik sistem mempunyai gambaran jelas pada sistem yang akan dibangun oleh tim pengembang. Tujuan *prototyping* ini adalah mengembangkan model menjadi sistem final [17].

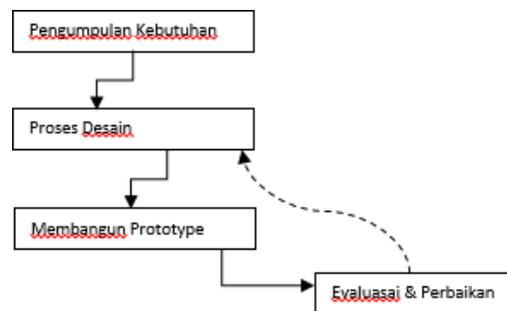


Fig. 6. Metode *Prototype*

I. *Internet of Things*

Internet of things merupakan sebuah penggabungan kata dari *internet* dan *things* arti sebuah kata dari internet adalah sebuah jaringan komputer yang menggunakan jaringan protokol dan arti kata *things* dapat diartikan sebagai objek fisik [13]. Objek-objek tersebut akan dikirimkan melalui internet. Dari data pembacaan sensor yang sudah dikirim melalui internet maka memerlukan sebuah penyajian yang dapat dimengerti oleh pengguna agar dapat mempermudah pertukaran informasi dan data Antara Bahasa *analog sensor* dengan Bahasa digital server atau aplikasi yang dapat dipahami oleh pengguna aplikasi [18].



Fig. 7. Internet of Things

J. Arsitektur Sistem Rangkaian

Arsitektur sistem merupakan rencana atau jalur pemetaan dari *input*, proses hingga *output* pada sistem irigasi sawah yang dibangun. Arduino diberi *power supply* sebesar 9V untuk menjalankan rangkaian alat, dan *power supply* 5V untuk pompa air. Ketika sistem pertama kali dijalankan, maka RTC akan membaca tanggal dan waktu saat ini. Kemudian menampilkan hasilnya pada LCD. Slide selanjutnya LCD akan menampilkan hasil pembacaan dari sensor suhu dan sensor kelembaban. Diteruskan kembali dengan sensor ultrasonik yang membaca tinggi air dan kondisi pompa apakah harus menyala atau mati sesuai nilai dari sensor ultrasonik. Jika relay mendeteksi tinggi air <5cm maka secara otomatis akan bernilai *low* dan mengalirkan tegangan ke pompa untuk menyala. Jika relay mendeteksi tinggi air >5cm maka secara otomatis akan bernilai *high* dan tidak mengalirkan tegangan ke pompa dan pompa mati. Pembacaan sensor tersebut dikomunikasikan secara serial dengan nodemcu, dan dikirimkan ke blynk cloud menggunakan wifi ponsel yang sudah terhubung. Data sensor akan tampil pada *dashboard* blynk cloud.

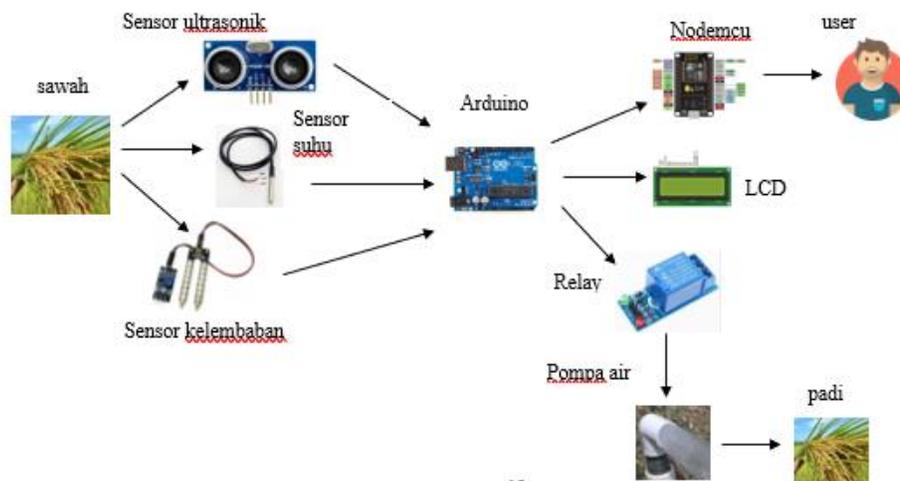


Fig. 8. Arsitektur Sistem

IV. RESULT AND DISCUSSION

A. Implementasi Rangkaian Perangkat IoT

Rangkaian keseluruhan terdiri dari rangkaian elektronik dan wadah pengujian. Wadah pengujian di implementasikan menggunakan bahan kaca dengan bentuk tabung dengan tinggi 17 cm. *Power supply* 9V digunakan sebagai tegangan untuk arduino, dan *power supply* 5V digunakan untuk memberi tegangan pada pompa air. Sumber air irigasi disimulasikan menggunakan wadah berisi air yang dapat mengalirkan air ke wadah pengujian.

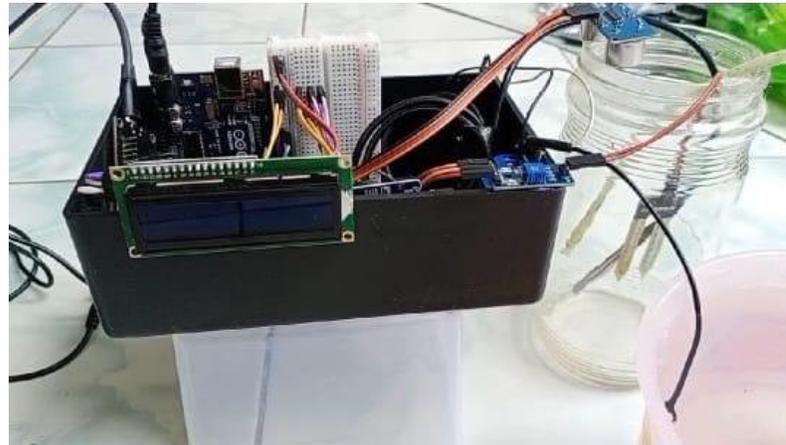


Fig. 9. Rangkaian Perangkat IoT

B. Implementasi Program

Petani dapat melakukan *monitoring* perangkat menggunakan aplikasi Blynk. Pada aplikasi Blynk menampilkan hasil pembacaan sensor suhu, kelembaban, dan tinggi air. Kelembaban dan Jarak menggunakan *widget gauge* sedangkan suhu menggunakan label. Namun karena Blynk adalah platform *IoT* gratis sehingga data yang dikirim ke sistem terkadang mengalami *delay* atau jeda. Pengguna yang sudah memiliki akun dan membuat *template* maka hasil sensornya akan muncul pada halaman *Web dashboard* [19].

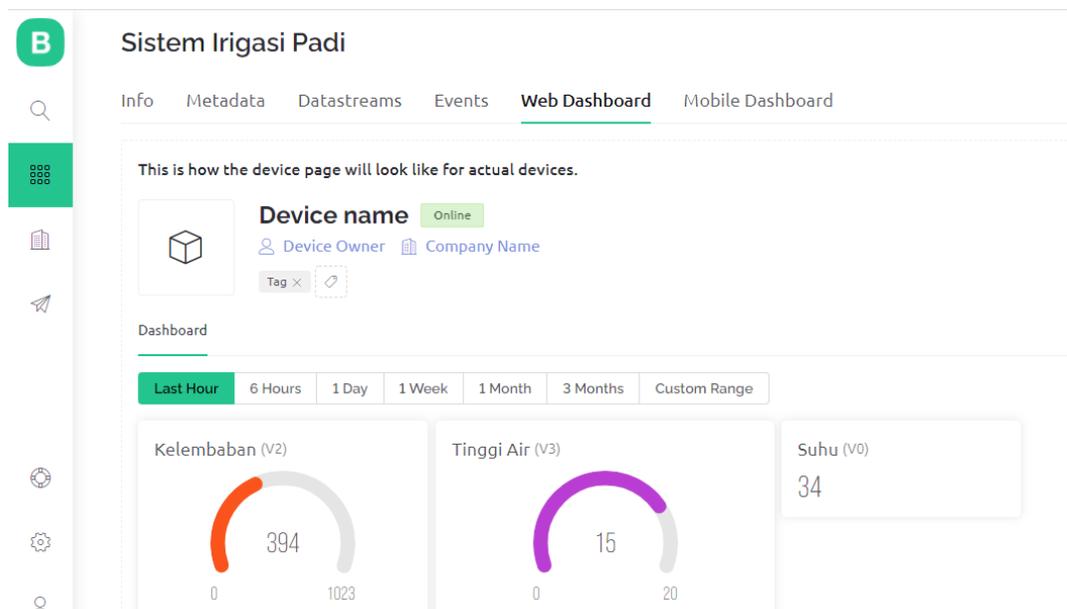


Fig. 10. Dashboard Blynk

C. Pengujian Komponen Alat

Berdasarkan hasil pengujian komponen alat, semua komponen yang digunakan berfungsi dengan baik dan memberikan indikasi yang sesuai dengan kebutuhan sistem. Sehingga dapat disimpulkan

secara fisik bahwa masing-masing komponen berfungsi dengan baik dan dapat digunakan sebagai komponen perancangan sistem irigasi padi di sawah.

Table 1. Tabel Hasil Pengujian Komponen Alat

No	Alat dan Bahan	Apakah berfungsi?	Keterangan
1	Arduino	Ya	LED ON menyala
2	Sensor Ultrasonik	Ya	Nilai berubah sesuai jarak benda di depan sensor
3	Sensor Suhu	Ya	Nilai suhu berubah sesuai kondisi sekitar sensor
4	Sensor Kelembaban	Ya	Nilai suhu berubah sesuai kondisi sekitar sensor
5	Relay dan pompa air	Ya	Relay mengaktifkan / mematikan pompa air sesuai ketinggian air
6	LCD	Ya	LED menyala data sensor tampil
7	RTC	Ya	LED menyala tanggal dan waktu sesuai
8	NodeMCU	Ya	Terhubung ke wifi ponsel

D. Pengujian Pembacaan Sensor

Pada pembacaan sensor, diperoleh data bahwa semua sensor berhasil membaca perubahan yang terjadi pada saat pengujian. Sensor ultrasonik membaca ketinggian air, dan nilai selalu berubah sesuai kondisi air. Sensor suhu dan kelembaban juga menampilkan nilai sensor dengan stabil selama pengujian dilakukan. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa ketiga sensor sudah berjalan dengan baik karena dapat membaca nilai sensor yang sesuai dengan kondisi lingkungan dan status pompa sudah sesuai.

Table 2. Tabel Hasil Pengujian Pembacaan Sensor

Pengujian ke-	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Tinggi Air (cm)	Pompa Air
1	27.46	0.6	0	Hidup
2	27.33	25.8	1	Hidup
3	27.11	28.3	1	Hidup
4	27.19	34.8	2	Hidup
5	27.14	38.72	3	Hidup
6	27.19	39.8	4	Hidup
7	27.12	45.72	5	Mati
8	27.13	45.8	7	Mati
9	27.06	49.8	8	Mati
10	27.19	51.3	9	Mati

V. CONCLUSION

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan pada rancangan sistem irigasi padi di sawah menggunakan Arduino uno dan Nodemcu maka hasilkan kesimpulan bahwa perancangan sistem irigasi sawah berbasis

microcontroller berhasil dibuat dan dapat berjalan dengan baik sesuai program yang sudah dilakukan *input* pada sistem. Dengan memanfaatkan Nodemcu sebagai pengirim data pada blynk cloud sehingga pengguna dapat melakukan *monitoring* melalui ponsel/komputer. Pompa menyala jika ketinggian air kurang dari 5cm, dan pompa mati jika ketinggian air lebih dari 5 cm.

ACKNOWLEDGEMENT

Terima kasih kepada pihak-pihak yang sudah membantu kelancaran penelitian ini sampai dengan terbitnya artikel pada jurnal.

REFERENCES

- [1] Kementerian Perdagangan, "Profil Komoditas Padi," in *Komoditas Tanaman Pangan di Indonesia*, 2017, p. 38.
- [2] B. P. Statistika, "Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2020." <https://www.bps.go.id/publication/2021/07/12/b21ea2ed9524b784187be1ed/luas-panen-dan-produksi-padi-di-indonesia-2020.html> (accessed Mar. 13, 2021).
- [3] D. I. sekretariat P. Biro Pers, Media, "Peresmian Pembukaan Rapat Kerja Nasional Pembangunan Pertanian Tahun 2021." <https://www.presidentri.go.id/transkrip/peresmian-pembukaan-rapat-kerja-nasional-pembangunan-pertanian-tahun-2021/>.
- [4] W. WIRAATMAJA, *Suhu, Energi Matahari, Dan Air Dalam Hubungan Dengan Tanaman*. 2017.
- [5] Zuni Fitriyantini S.TP, "Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bibit Pada Tanaman Padi," *Online*, 2019. <http://cybex.pertanian.go.id/mobile/artikel/70498/Faktor-Yang-Mempengaruhi-Pertumbuhan-Bibit-Pada-Tanaman-Padi/>.
- [6] A. Febtriko, "Sistem Kontrol Perternakan Ikan Dengan Menggunakan Mikrokontroller Berbasis Android," *J. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 1, pp. 140–149, 2017.
- [7] H. Husdi, "Monitoring Kelembaban Tanah Pertanian Menggunakan Soil Moisture Sensor Fc-28 Dan Arduino Uno," *Ilk. J. Ilm.*, vol. 10, no. 2, pp. 237–243, 2018, doi: 10.33096/ilkom.v10i2.315.237-243.
- [8] P. Setiawan and E. Y. Anggraeni, "Purwarupa Sistem Pengairan Sawah Otomatis Dengan Arduino Berbasis Artificial Intelegent," *Explor. J. Sist. Inf. dan Telemat.*, vol. 9, no. 2, 2018, doi: 10.36448/jsit.v9i2.1086.
- [9] W. Sintia, D. Hamdani, and E. Risdianto, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kelembaban Tanah dan Suhu Udara Berbasis GSM SIM900A dan Arduino Uno," *J. Kumparan Fis.*, vol. 1, no. 2, pp. 60–65, 2018.
- [10] A. Candra, "Prototype Sistem Kontrol Air Sawah Otomatis Berdasarkan Level Air Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Pada Desa Bontoraja Kabupaten Bulukumba," *JEECOM J. Electr. Eng. Comput.*, vol. 2, no. 1, pp. 22–33, 2020, doi: 10.33650/jeeecom.v2i1.1087.
- [11] G. Tendra, "Sistem Penyiraman Pestisida Otomatis Menggunakan Arduino UNO Dan GSM Sheild SIM 800L," *INFORMATIKA*, vol. 12, no. 2, p. 13, 2020, doi: 10.36723/juri.v12i2.225.
- [12] A. K. Nalendra and M. Mujiono, "Perancangan IoT (Internet of Things) Pada Sistem Irigasi Tanaman Cabai," *Gener. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 61–68, 2020, doi: 10.29407/gj.v4i2.14187.
- [13] Yankotinu Al Qod'r Jonnata, Fahrudin Mukti Wibowo, and Iqsyahiro Kresna A, "Prototype Pendeteksi Daerah Rawan Kecelakaan Berbasis Internet of," *J. RESTI*, vol. 1, no. 10, pp. 4–10, 2021.
- [14] M. Marjani, F. Nasaruddin, A. Gani, A. Karim, and I. Abaker, "Big IoT Data Analytics : Architecture , Opportunities , and Open Research Challenges," *IEEE Access*, vol. 5, no. c, pp. 1–17, 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2689040.
- [15] I. K. A, Y. A. Setyoko, and A. Wijayanto, "Analisis Perbandingan Performansi MIPv6 (Mobile Internet Protocol v6) dan HMIPv6 (Hierarchical Mobile Internet Protocol v6) pada VANET (Vehicular Ad- Hoc Network)," *J. Sist. Inf.*, vol. 5, no. 1, pp. 17–26, 2019.
- [16] H. D. Septama, T. Yulianti, W. E. Sulistyono, A. Yudamson, R. Suhud, and T. Atmojo, "Smart Warehouse : Sistem Pemantauan dan Kontrol Otomatis Suhu serta Kelembaban Gudang," *Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 0–3, 2018.
- [17] D. Purnomo, "Model Prototyping Pada Pengembangan Sistem Informasi," *J I M P - J. Inform. Merdeka Pasuruan*, vol. 2, no. 2, pp. 54–61, 2017, doi: 10.37438/jimp.v2i2.67.
- [18] E. Fuad, "Penerapan Internet of Things Pada Sistem Pengendalian Barang Elektronik Rumah Dan Suhu Ruang," *J. Fasilkom*, vol. 9, no. 2, pp. 381–386, 2019, doi: 10.37859/jf.v9i2.1411.
- [19] Blynk, "Blynk," 2022. <https://blynk.io/> (accessed Apr. 18, 2022).