
Aplikasi Sensor Soil Moisture YL-69 dan Sensor Ultrasonic HC-SR07 pada Smart Irrigation

Application of YL-69 Soil Moisture Sensor and Ultrasonic Sensor HC-SR07 on Smart Irrigation

I Wayan Krisma Kartika, I Putu Adhi Satria, I Gede Galang Wididana,
Nyoman Anom Dewa Brata Paramartha, Ida Bagus Irawan Purnama, I Gusti Putu Mastawan Eka Putra,
I Wayan Raka Ardana, Anak Agung Ngurah Gde Sapteka*

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali, Badung, Bali, Indonesia

**email: sapteka@pnb.ac.id*

Abstract

Limited water is one of main problems for farmers in agriculture, so the uses of an irrigation system must be able to drain water effectively and efficiently on agricultural land. To solve this farmer problem, this study proposes automatic control and monitoring of irrigation in agricultural system called smart irrigation. This smart irrigation drains water by adjusting the soil moisture needed by plants in plantation and adjusting the water level needed by plants in rice field. It is equipped with a soil moisture sensor YL-69 which measures soil moisture that can be applied in gardens and an ultrasonic sensor HC-SR07 which measures the water level that can be applied in rice fields. The advantages of smart irrigation are that apart from being able to adjust to the condition of water needs for plants. It is also equipped with normal limit range setting via the Android application. So, smart irrigation can be easily set or adjusted by farmers according to the plants to be planted, without changing the code for microcontroller. Smart irrigation is also equipped with manual control from Android and sensor interference anticipation and making it easier for farmers to irrigate. In testing the ultrasonic sensor at a water level of 8 cm, an average error is obtained of 3.319 percent. Soil moisture sensor testing on wet soil obtained an average error of 0.69 percent. Thus, the soil moisture sensor and ultrasonic sensor can be used properly on smart irrigation in garden and rice field.

Keyword: *smart irrigation, wireless sensor network, soil moisture, ultrasonic, Node MCU 8266*

Abstrak

Keterbatasan air merupakan salah satu permasalahan utama petani dalam pertanian sehingga penggunaan sistem irigasi harus dapat mengaliri air dengan efektif dan efisien pada lahan pertanian. Mengatasi permasalahan petani tersebut, penelitian ini mengusulkan kendali otomatis dan pemantauan pada irigasi dalam sistem pertanian yang disebut dengan *smart irrigation*. *Smart irrigation* ini mengalirkan air dengan menyesuaikan kelembaban tanah yang dibutuhkan tanaman pada perkebunan dan menyesuaikan ketinggian air yang dibutuhkan tanaman pada persawahan. *Smart irrigation* ini dilengkapi sensor *soil moisture* YL-69 yang mengukur kelembaban tanah yang dapat diaplikasikan di kebun dan sensor *ultrasonic* HC-SR07 yang mengukur ketinggian air yang dapat diaplikasikan di sawah. Kelebihan *smart irrigation* ini selain dapat menyesuaikan dengan kondisi kebutuhan air terhadap tanaman, juga dilengkapi dengan pengaturan rentang batas normal melalui aplikasi Android. Dengan demikian, *smart irrigation* dapat diatur dengan mudah oleh petani menyesuaikan dengan tanaman yang akan ditanam, tanpa mengubah pengkodean pada mikrokontroler. *Smart irrigation* juga dilengkapi dengan kontrol manual dari Android, sertaantisipasi jika terjadi gangguan pada sensor dan memudahkan petani dalam melakukan irigasi. Dalam pengujian sensor *ultrasonic* pada ketinggian air 8 cm diperoleh rata-rata galat (*error*) sebesar 3,39 %. pengujian sensor *soil moisture* pada tanah basah diperoleh rata-rata galat (*error*) sebesar 0,69 %. Dengan demikian sensor *soil moisture* dan sensor ultrasonic dapat digunakan dengan baik pada *Smart Irrigation* di kebun maupun sawah.

Kata kunci: *smart irrigation, wireless sensor network, soil moisture, ultrasonic, Node MCU 8266*

PENDAHULUAN

Tumbuhan merupakan salah satu makhluk hidup yang membutuhkan air untuk perkembangan

hidupnya. Tanah yang subur merupakan salah satu syarat agar tanaman dapat tumbuh dengan baik (Kafiar *et al.*, 2018). Wilayah Nusa Tenggara memiliki hamparan lahan kering yang luas dan

berpotensi untuk dikembangkan. Ketersediaan air sebagai salah satu penentu dalam upaya pemanfaatan lahan kering, berperan dalam membantu meningkatkan produktivitas lahan. Potensi dan peluang pemanfaatan air tanah untuk irigasi lahan kering di Nusa Tenggara secara teknis memungkinkan untuk diterapkan (Soedireja, 2017). Padi, jagung, kedelai dan bawang merah merupakan komoditas pangan unggulan di Indonesia. Jagung dan bawang merah umumnya ditanam sesudah padi atau kedelai di lahan sawah tadah hujan sehingga rentan terhadap kekeringan. Wilayah dengan tekstur tanah pasir memiliki periode waktu tanam relatif lebih pendek karena tanah ini tidak dapat menahan air lebih lama di dalam tanah yang menyebabkan cekaman air lebih cepat terjadi. Tanaman padi lebih rentan terhadap kekeringan jika dibandingkan dengan tiga tanaman lainnya sehingga risiko kehilangan hasil juga relatif lebih tinggi (Hariyanti *et al.*, 2019).

Ketersediaan air pada tumbuhan kacang hijau berpengaruh terhadap proses fisiologis dan metabolisme dalam tanaman. Respon pertama tanaman dalam menanggapi kondisi defisit air atau cekaman air yang parah ialah dengan cara menutup stomata. Penutupan dan atau penyempitan stomata menghambat akan proses fotosintesis. Respon yang kedua yaitu penurunan konsentrasi klorofil daun serta kekurangan air akan mempengaruhi kandungan dan organisasi klorofil dalam kloroplas pada jaringan. Pengaruh cekaman air pada pertumbuhan tanaman dicerminkan oleh daun-daun yang lebih kecil (Felania, 2017).

Saat ini perkembangan dunia digitalisasi semakin berkembang. Pada pengukuran panjang umumnya hanya bisa diukur melalui pengukuran manual yaitu mengukur perangkat yang ingin diketahui panjangnya. Namun, sekarang dunia digitalisasi mampu melakukan pengukuran tanpa menyentuh perangkat yang akan diukur. Salah satunya adalah dengan memanfaatkan sumber gelombang suara atau biasa disebut sebagai gelombang ultrasonic untuk membuat prototype alat ukur jarak digital berbasis mikrokontroler Arduino Due menggunakan sensor HCSR04. Hasil pengukuran ditampilkan dalam perangkat komputer untuk memudahkan pembacaan. Perancangan ini dikendalikan melalui Arduino Due berjalan dengan baik dan bisa diakses secara *realtime* (Puspasari *et al.*, 2019).

Dari hasil penelitian Galih Mardika & Kartadi mengenai alat pengatur kelembaban tanah pada penanaman pohon gaharu menggunakan sensor kelembaban tanah YL-69 dan Arduino Mega 2560 diketahui bahwa sensor kelembaban tanah ini dapat dikatakan mempunyai nilai keakuratan 88,76% (Galih Mardika & Kartadie, 2019).

Penelitian mengenai aplikasi sistem smart home berbasis (IoT) *Internet of Things* menggunakan

modul NodeMCU ESP8266 sebagai *microcontroller* dan aplikasi Android Blynk sebagai alat pengendali ataupun monitoring telah dilakukan juga oleh Hidayati *et al.* yang terdiri dari pengendali lampu, pengendali kipas angin, monitoring suhu ruangan, pendeteksi pergerakan di suatu ruangan, dan pendeteksi kebocoran gas. Terdapat tiga sensor yang digunakan yaitu sensor PIR untuk mendeteksi adanya pergerakan, sensor MQ2 untuk mendeteksi adanya kebocoran gas, dan sensor DHT11 untuk monitoring suhu. Selain itu dalam rancangan sistem ini juga memakai *relay* yang digunakan sebagai penghubung lampu dan kipas angin dengan sistem. Dari hasil pengujian dan analisis, pengendalian pegalatan elektronik pada *smart home* ini beroperasi sesuai perintah yang diberikan. Selama sistem terkoneksi dengan jaringan internet (*Wi-Fi*) secara stabil dan *continue*, tidak akan terjadi kendala pada sistem *smart home* berbasis IoT (*Internet of Things*) ini (Hidayati *et al.*, 2018).

Penelitian mengenai Penerapan Firebase Realtime Database pada Aplikasi E-Tilang Smartphone berbasis Mobile Android dilakukan oleh Maulana pada tahun 2020. Hasil pengujian terhadap Aplikasi E-tilang menunjukkan 80,5% responden menerima Penerapan Firebase *Realtime Database* pada Aplikasi E-Tilang Smartphone berbasis Mobile Android (Maulana, 2020).

Penelitian tentang *wireless sensor network* (WSN) untuk pemantauan kualitas udara dengan pemasangan lebih dari satu perangkat *node* sensor pada lokasi tertentu dan satu sink yang bertindak untuk mengumpulkan data dari *node* sensor lalu mengirimkannya ke server telah dilakukan oleh Arya *et al.* Data kualitas udara yang didapatkan oleh *node* sensor kemudian diklasifikasikan menggunakan metode klasifikasi pada *data mining*, yaitu *k-nearest neighbor* (K-NN). Sebelum dilakukan klasifikasi menggunakan K-NN, dilakukan normalisasi data yang menghasilkan *decimal scaling* dengan performa yang baik untuk data kualitas udara. Nilai k yang digunakan untuk klasifikasi K-NN yaitu 5 dan diperoleh tingkat akurasi yang dihasilkan oleh sistem sebesar 94,28%, presisi sebesar 85,16%, dan *recall* sebesar 93,35% (Arya *et al.*, 2018).

Penelitian mengenai akuisisi data sensor ultrasonik HC-SR04 menggunakan mikrokontroler ATMEGA 8535 sudah dilakukan oleh Julian & Triyana dengan nilai sensitivitas sensor terhitung sebesar 117,35 $\mu\text{s}/\text{cm}$, skala off-set nol-nya adalah 68,11 μs , memiliki akurasi pengukuran sebesar 99,94%, nilai repeatibilitas pengukuran oleh sensor sebesar 98,44%, tingkat ketelitian yang tinggi yaitu 99,76-99,99% untuk sepuluh kali pengulangan pengukuran jarak sepanjang 20 cm dan *error* hasil pengukuran terbesar diamati untuk jarak permukaan dinding penghalang sepanjang 1 cm yaitu 177,67%. Hal

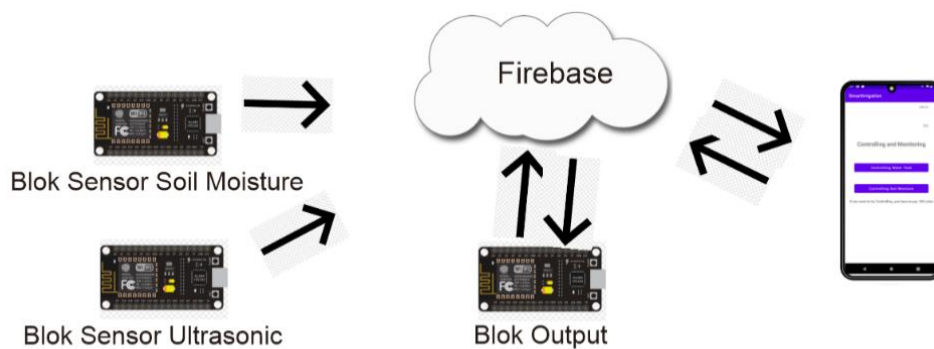
tersebut diakibatkan oleh limit minimum pengukuran yang dimiliki sensor HC-SR04 adalah 2 cm (Julian & Triyana, 2017).

Keterbatasan air merupakan salah satu permasalahan utama petani dalam pertanian, maka penggunaan sistem irigasi harus dapat mengaliri air dengan efektif dan efisien pada lahan pertanian. Irigasi yang efektif dan efisien harus dapat menyesuaikan kebutuhan air terhadap tanaman. Setiap tanaman memiliki kebutuhan air yang berbeda, ada yang habitatnya kering, lembab dan basah. Untuk memenuhi kebutuhan air tanaman yang berbeda tersebut, maka dilakukan penelitian tentang aplikasi sensor *soil moisture* YL-69 dan sensor *ultrasonic* HC-SR07 pada *smart irrigation*.

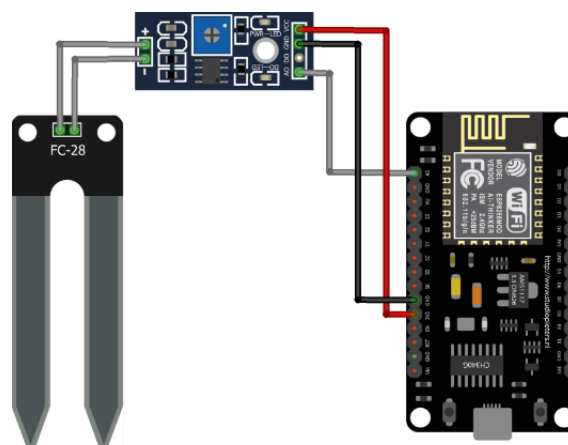
METODE

Penelitian mengenai aplikasi sensor *soil moisture* YL-69 dan sensor *ultrasonic* HC-SR07 pada *smart*

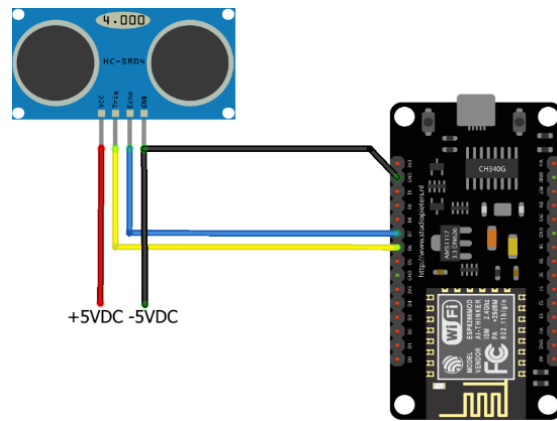
irrigation ini dilakukan dengan perancangan dan pembuatan sistem, serta dilakukan pengujian dan analisis terhadap sensor *soil moisture* yang mengukur kelembaban tanah pengaplikasian pada kebun dan sensor *ultrasonic* yang mengukur ketinggian air (*water level*) pada sawah. Peralatan dan sensor yang diteliti meliputi sebuah sensor *soil moisture* (YL-69), sebuah sensor *ultrasonic* (HC-SR04), 3 buah Node MCU ESP 8266 dan sebuah modul *relay 2 channel*. Pengujian nilai sensor dilakukan melalui perbandingan dengan alat pengukuran manual dan dengan referensi hasil pengujian sensor terdahulu. Untuk ini juga dikerjakan perancangan *database* Firebase dan aplikasi Android seperti pada Gambar 1 serta dilakukan perangkaian dan penyusunan *prototype* seperti pada Gambar 2 dan Gambar 3 serta rangkaian node MCU 8266 dan modul *relay output 2 channel* seperti pada Gambar 4.



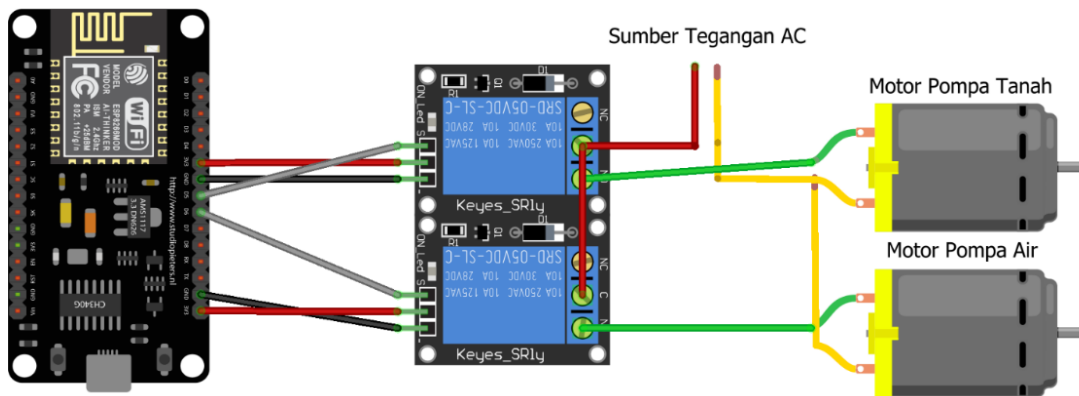
Gambar 1. Diagram Blok Sistem



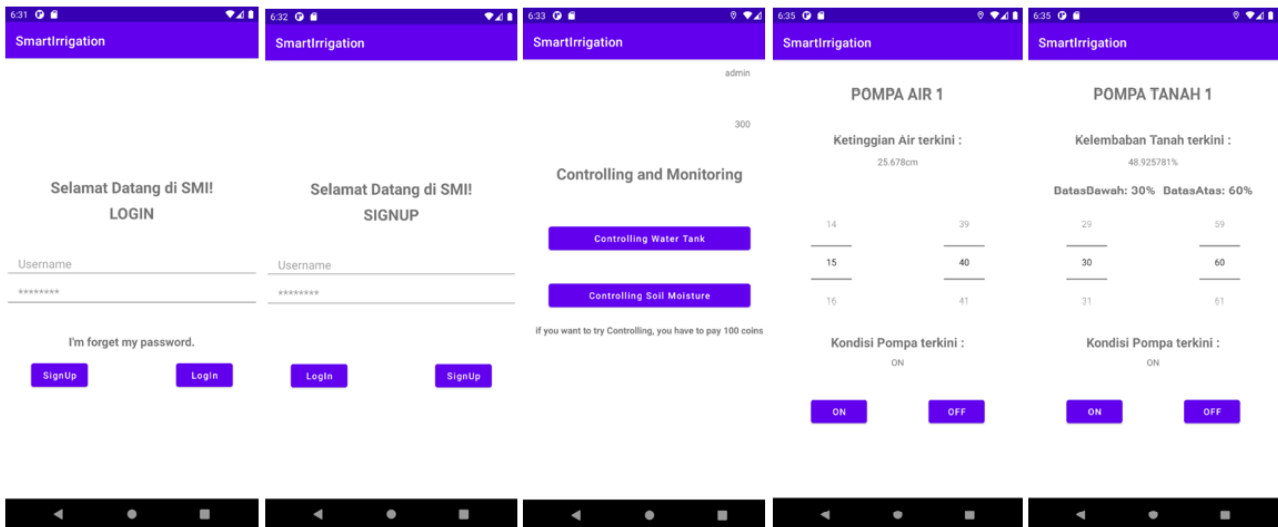
Gambar 2. Skematik Sensor *Soil moisture* YL-69 dan Node MCU 8266



Gambar 3. Skematik Sensor *Ultrasonic* HC-SR04 dan Node MCU 8266



Gambar 4. Skematik Node MCU 8266 dan Modul *Relay* Output 2 Channel



Gambar 5. Tampilan Aplikasi *Smartphone* Android

Cara Kerja

Smart irrigation atau irigasi pintar ini memfokuskan pemanfaatan air yang efisien dan efektif. *Smart irrigation* ini mengalirkan air dengan menyesuaikan kelembaban tanah yang dibutuhkan tanaman pada perkebunan dan menyesuaikan ketinggian air yang dibutuhkan tanaman pada persawahan. Kelebihan *smart irrigation* ini selain dapat menyesuaikan dengan kondisi kebutuhan air terhadap tanaman, juga dilengkapi dengan pengaturan rentang batas normal

melalui aplikasi Android. Dengan demikian, *smart irrigation* dapat diatur dengan mudah oleh petani menyesuaikan dengan tanaman yang akan ditanam, tanpa mengubah pengkodean untuk *microcontroller*. *Smart irrigation* juga dilengkapi dengan kontrol manual dari Android sebagai antisipasi jika terjadi gangguan pada sensor dan memudahkan petani dalam melakukan pengirigasian. Sistem ini juga menggunakan *Wireless Sensor Network* (WSN) sehingga mengurangi koneksi kabel antar input

sensor dengan output yang menggunakan koneksi *wi-fi*. Sistem WSN memudahkan penambahan dan pengurangan bagian input maupun bagian output. Tampilan aplikasi smartphone Android ditunjukkan pada Gambar 5.

Diagram alir pemrograman *microcontroller* ditunjukkan pada Gambar 6. Inisialisasi atau pemberian nama dilakukan pada masing-masing *microcontroller* baik sebagai blok sensor maupun output. Masing-masing *microcontroller* melalui ESP8266 akan terhubung dengan *wi-fi* yang sudah diatur SSID dan *password* pada saat pemrograman. Selanjutnya Node MCU mengirimkan data hasil pengukuran masing-masing sensor ke *database* Firebase. Pada blok output akan mengambil data sensor dari *database* Firebase dan mengontrol output *microcontroller* yang terhubung dengan *relay* serta menyesuaikan data sensor dari *database* dengan parameter batas atas dan batas bawah dari *user* melalui aplikasi Android. Setelah data sensor terkirim ke *database*, *user* juga dapat mengakses dan membaca hasil tampilan nilai yang terukur pada masing-masing sensor baik sensor *soil moisture* dan sensor *ultrasonic*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

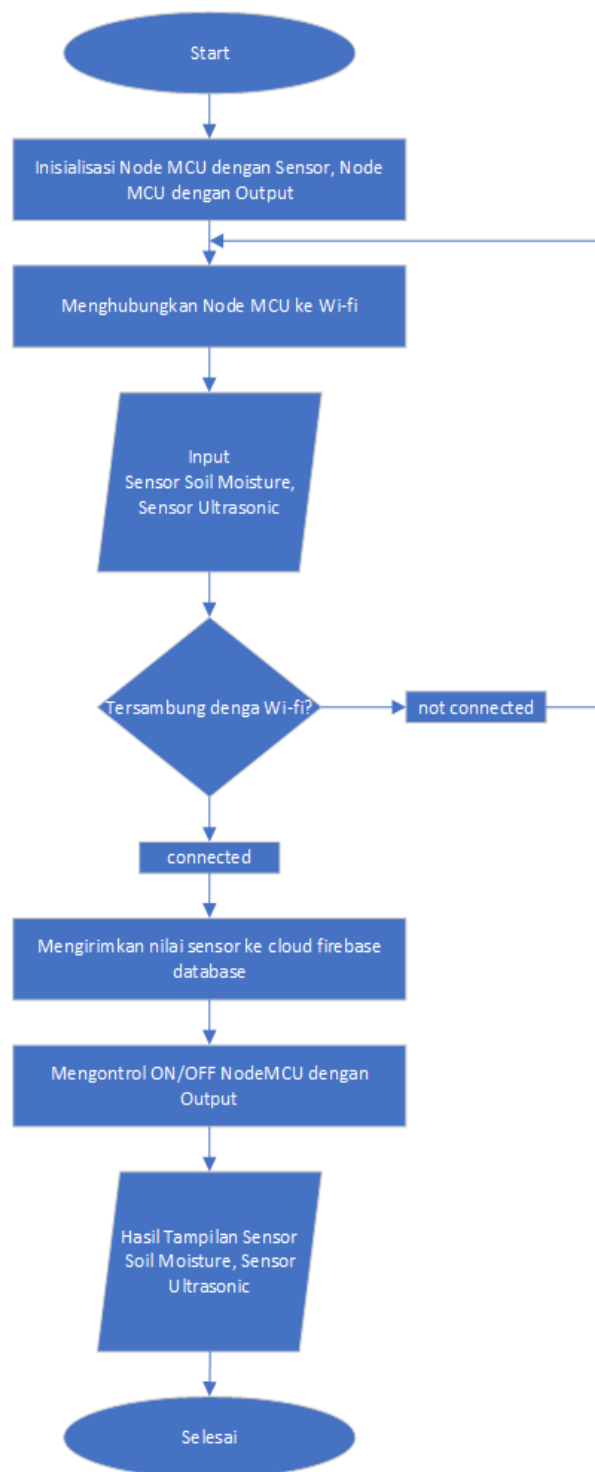
Pada pembuatan alat *smart irrigation* ini dilakukan percobaan pada kebun irigasi tetes. Sensor *soil moisture* dipasang pada salah satu tanaman sebagai referensi kelembaban tanah pada kebun. Sensor *ultrasonic* dipasang pada *tank* sebagai simulasi sawah pada kebun tersebut. Tempat pemasangan sensor *soil moisture* YL-69 ditunjukkan pada Gambar 7 dan tempat pemasangan sensor *ultrasonic* HC-SR04 ditunjukkan pada Gambar 8.

Pengujian Sensor Ultrasonic HC-SR04

Hasil pengujian sensor *ultrasonic* HC-SR04 ditunjukkan pada Tabel 1. Persamaan (1) digunakan untuk menentukan *error* sensor:

$$Error (\%) = \frac{X_{sen_{ul}} - X_{manual}}{X_{manual}} \times 100\% \quad [1]$$

Berdasarkan Tabel 1, pengujian sensor *ultrasonic* pada ketinggian air 8 cm diukur dengan penggaris. Pengukuran sensor diperoleh hasil dari batas bawah 7,33 cm sampai batas atas 8,28 cm, sehingga diperoleh rata-rata pengukuran sebesar 8,02 cm. Berdasarkan pengolahan data memperhitungkan galat atau *error*, diperoleh galat tertinggi sebesar 8,41% pada perolehan pengukuran sensor 8,28 cm dan galat terendah diperoleh 2,16% pada perolehan pengukuran sensor 7,33 cm sehingga diperoleh rata-rata galat (*error*) sebesar 3,32%.



Gambar 6. Diagram Alir



Gambar 7. Tempat Pemasangan Sensor *Soil moisture* YL-69

Tabel 1. Hasil Pengukuran Sensor *Ultrasonic* HC-SR04 Perbandingan dengan Pengukuran Jarak Manual

No	Tinggi Air/cm (Manual)	Tinggi Air/cm (Sensor)	Nilai Error %
1	8	8,17	2,16
2	8	8,26	3,23
3	8	8,21	2,59
4	8	7,74	3,23
5	8	8,24	3,02
6	8	7,33	8,41
7	8	7,83	2,16
8	8	8,28	3,45
9	8	8,17	2,16
10	8	7,38	7,76
11	8	8,19	2,37
12	8	8,26	3,23
13	8	7,74	3,23
14	8	8,26	3,23
15	8	7,72	3,45
16	8	8,24	3,02
17	8	8,19	2,37
18	8	7,83	2,16
19	8	8,17	2,16
20	8	8,24	3,02
Jumlah Nilai Sensor:		160,45	66,38
Max Nilai Sensor:		8,28	8,41
Min Nilai Sensor:		7,33	2,16
Rata-Rata Nilai Sensor:		8,02	3,32



Gambar 8. Tempat Pemasangan Sensor *Ultrasonic* HC-SR04

Pengujian Sensor *Soil Moisture* YL-69

Selain menggunakan sensor *ultrasonic* HC-SR04, pengujian dilakukan dengan sensor *soil moisture* YL-69. Hasil pengujian sensor *soil moisture* YL-69 ditunjukkan pada Tabel 2. Persamaan (2) digunakan untuk menentukan *error* sensor *soil moisture*.

$$= Error(\%) = \frac{|M_{sens} - M_{sens_rata}|}{M_{sens_rata}} \times 100\% \quad [2]$$

Dimana M_{sens} adalah nilai sensor *soil moisture* dan M_{sens_rata} adalah nilai rata-rata sensor *soil moisture*

Tabel 2. Hasil Pengukuran Sensor *Soil moisture* YL-69

No.	Kelembaban Tanah % (Sensor)	Nilai Error %
1	42,87	0,37
2	43,55	1,21
3	43,16	0,31
4	43,46	0,99
5	42,87	0,37
6	43,26	0,53
7	43,07	0,08
8	42,77	0,60
9	43,26	0,53
10	42,58	1,06
11	42,77	0,60
12	43,26	0,53
13	42,87	0,37
14	43,55	1,21
15	42,48	1,28
16	42,58	1,06
17	43,36	0,76
18	42,77	0,60
19	43,36	0,76
20	42,77	0,60
Jumlah Nilai Sensor:	860,64	13,84
Max Nilai Sensor:	43,55	1,28
Min Nilai Sensor:	42,48	0,08
Rata-Rata Nilai Sensor:	43,03	0,69

Berdasarkan Tabel 2, pengujian sensor *soil moisture* pada tanah basah. Pengukuran sensor diperoleh hasil dari batas bawah 42,48% sampai batas atas 43,55%, sehingga diperoleh rata-rata pengukuran sebesar 43,03%. Berdasarkan pengolahan data memperhitungkan galat atau *error*, diperoleh galat tertinggi sebesar 1,28% pada perolehan pengukuran sensor 43,55% dan galat terendah diperoleh 0,08% pada perolehan pengukuran sensor 42,48%, sehingga diperoleh rata-rata galat (*error*) sebesar 0,69%.

KESIMPULAN

Pada proses pembuatan dan proses pengujian alat *Smart Irrigation* dapat diperoleh kesimpulan bahwa dengan menggunakan mikrokontroler utama Node MCU 8266 yang sudah dilengkapi dengan modul *wi-fi* dapat dipergunakan sebagai komunikasi antar blok input sensor dengan blok output. Ini disebut juga

dengan WSN atau *wireless sensor network*, sehingga mengurangi koneksi kabel yang menghemat biaya pembuatan maupun perawatan dan juga memudahkan instalasi serta rugi-rugi daya lebih rendah dalam transfer data pada jarak yang jauh. Modul *wi-fi* pada *microcontroller* ini juga mengirimkan dan menerima data ke *database* Firebase, sehingga bisa diakses dengan aplikasi Android untuk memonitoring dan mengatur batas normal dari kebutuhan air pada tanaman yang ditanam.

Smart irrigation dilengkapi dengan sensor *soil moisture* yang mengukur kelembaban tanah pengaplikasian pada kebun dan sensor *ultrasonic* yang mengukur ketinggian air (*water level*) pada sawah. Dalam pengujian galat atau *error* sensor *ultrasonic* tertinggi diperoleh 8,41%, galat terendah diperoleh 2,16% dan rata-rata galat sebesar 3,32%. Dalam pengujian sensor *soil moisture* mendapatkan galat atau *error* tertinggi diperoleh 1,28%, galat terendah diperoleh 0,08% dan rata-rata galat sebesar 0,69%. Dengan demikian *sensor soil moisture* dan sensor *ultrasonic* dapat digunakan dengan baik pada *smart irrigation* yang diaplikasikan di kebun maupun sawah.

DAFTAR PUSTAKA

- Arya, T. F., Faiqurahman, M., & Azhar, Y. (2018). Aplikasi Wireless Sensor Network untuk Sistem Monitoring dan Klasifikasi Kualitas Udara. *Jurnal Sistem Informasi*, 14(2), 74–82. <https://doi.org/10.21609/jsi.v14i2.652>
- Felania, C. (2017). Pengaruh Ketersediaan Air Terhadap Pertumbuhan Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus*). *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Biologi Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta 2017*, 131–138.
- Galih Mardika, A., & Kartadie, R. (2019). Mengatur Kelembaban Tanah Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah yl-69 Berbasis Arduino Pada Media Tanam Pohon Gaharu. *JOEICT (Jurnal of Education and Information Communication Technology)*, 03(02), 130–140.
- Hariyanti, K. S., June, T., Koesmaryono, Y., Hidayat, R., & Pramudia, A. (2019). Penentuan Waktu Tanam dan Kebutuhan Air Tanaman Padi, Jagung, Kedelai dan Bawang Merah di Provinsi Jawa Barat dan Nusa Tenggara Timur. *Determination of Planting Time and Crop Water Requirements of Rice, Maize, Soybean and Shallot in West Java and East. Jurnal Tanah Dan Iklim*, 43(1), 83–92.
- Hidayati, N., Dewi, L., Rohmah, M. F., & Zahara, S. (2018). Prototype Smart Home Dengan Modul NodeMCU ESP8266 Berbasis Internet of Things (IoT). *Teknik Informatika Universitas Islam Majapahit*, 1–9.
- Maulana, I. F. (2020). Penerapan Firebase Realtime Database pada Aplikasi E-Tilang Smartphone berbasis Mobile Android. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 4(5), 854–863. <https://doi.org/10.29207/resti.v4i5.2232>
- Julian, T., & Triyana, K. (2017). Pengujian Akuisisi Data Sensor Ultrasonik HC-SR04 dengan Mikrokontroler Atmega 8535 (Testing Data Acquisition of Ultrasonic Sensor HC-SR04 using Atmega 8535 Microcontroller). *Uniera*, 6(1), 35–40.
- Kafiar, E. Z., Allo, E. K., & Mamahi, D. J. (2018). *Rancang Bangun Penyiram Tanaman Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor*. 7(3).
- Puspasari, F., Fahrurrozi, I., Satya, T. P., Setyawan, G., Al Fauzan, M. R., & Admoko, E. M. D. (2019). Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due Untuk Sistem Monitoring Ketinggian. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 15(2), 36. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v15i2.4393>
- Soedireja, H. R. (2017). Potensi dan Upaya Pemanfaatan Air Tanah untuk Irigasi Lahan Kering di Nusa Tenggara. *Jurnal Irigasi*, 11(2), 67. <https://doi.org/10.31028/ji.v11.i2.67-80>