

Sistem Monitoring dan Kontrol Aeroponik Menuju Smart Greenbox untuk Tanaman Selada berbasis IoT

Nyoman Karna^{1,*}, Rangga Naufal², Sevierda Raniprima³, I Kadek Andrean Pramana Putra⁴,
Dewa Ayu Putu Rahyuni⁵, I Ketut Parti⁶

^{1,2,3}School of Electrical Engineering, Universitas Telkom, Bandung, Indonesia

⁴School of Computing, Universitas Telkom, Bandung, Indonesia

⁵Faculty of Economics & Business, Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia

⁶Department of Electrical Engineering, Politeknik Negeri Bali, Bali, Indonesia

Email: ^{1,*}aditya@telkomuniversity.ac.id, ²ranganaufal@student.telkomuniversity.ac.id, ³sevierda@telkomuniversity.ac.id,

⁴andrepramana@student.telkomuniversity.ac.id, ⁵dewaa21002@mail.unpad.ac.id, ⁶partigen@pnb.ac.id

Email Penulis Korespondensi: aditya@telkomuniversity.ac.id

Submitted: 09/02/2023; Accepted: 27/03/2023; Published: 31/03/2023

Abstrak—Komoditas hortikultura merupakan pertanian yang cukup banyak peminatnya di pasar. Berdasarkan hal tersebut dibuat sistem penanaman dengan metode aeroponik dengan sistem pemantauan dan kontrol berbasis *Internet of Things* (IoT) agar pertumbuhannya tetap terjaga. Suatu sistem dengan perencanaan yang kompleks dibutuhkan untuk mempermudah dalam kehidupan manusia. Maka dirancang suatu sistem pemantauan dan kontrol jarak jauh dengan teknologi IoT pada metode aeroponik. Cara kerja alat ini yaitu mengirimkan data sensor dari NodeMCU melalui jaringan internet ke *cloud* dan data tersimpan secara *real-time* di *firebase*, data dikirim ke platform Android sehingga data dapat dibaca oleh *user* dan data dikirim ke *google spreadsheet* secara otomatis yang nantinya akan dianalisis, data akan *update* data setiap 15 menit. Pada penelitian ini dilakukan kalibrasi sensor DHT11 dengan HTC Digital mendapatkan tingkat akurasi kelembaban 95,5% dan suhu 97%, sensor LDR dengan LUX meter mendapatkan tingkat akurasi 75,163%, sensor pH dengan pH meter 97,33%, sensor ultrasonik dengan penggaris mendapatkan akurasi 100%, dan *bandwidth* yang digunakan sebesar 20 Mbps. Pengujian kualitas jaringan yaitu *delay*, dengan 3 waktu pengujian yang berbeda, jam sibuk (19.00 - 23.00 WIB), jam kosong (01.00 - 03.00 WIB), jam normal (12.00 - 14.00 WIB). Dari hasil pengujian jaringan mendapatkan *delay minimum* 0,255 detik dan *maksimum* 0,291 detik. Hasil pengujian alat selama penyemaian pada tanaman selada dapat bertumbuh dengan baik.

Kata Kunci: Aeroponik; Firebase; Hortikultura; Internet of Things; Smart Green Box

Abstract—Horticultural commodities are agriculture that has a lot of demand in the market. Based on this, a planting system with the aeroponic method was made with an IoT-based monitoring and control system so that its growth is maintained. A system with complex planning is needed to simplify human life. Then a remote monitoring and control system was designed with IoT technology in the aeroponic method. The way this tool works is to send sensor data from the Node MCU via the internet to the cloud and the data is stored in real-time in the Firebase, the data is sent to the Android platform so that the data can be read by the user and the data is sent to a Google spreadsheet automatically which will later be analyzed. Will update data every 15 minutes. In this study, calibration of the DHT11 sensor with HTC Digital obtained an accuracy of 95.5% humidity and 97% temperature, the LDR sensor with LUX meter obtained an accuracy rate of 75.163%, pH sensor with pH meter 97.33%, ultrasonic sensor and ruler. get 100% accuracy, the bandwidth used is 20 Mbps. The network quality test is delayed, with 3 different test times, busy hours (19.00 - 23.00 WIB), empty hours (01.00 - 03.00 WIB), normal hours (12.00 - 14.00 WIB). From network testing, the minimum delay is 0.255 seconds, and the maximum is 0.291 seconds. The results of testing tools during seeding, lettuce plants can grow well.

Keywords: Aeroponic; Firebase Horticulture; Internet of Things; Smart Green Box

1. PENDAHULUAN

Komoditas hortikultura merupakan kelompok pertanian yang sangat beragam. Komoditas tersebut telah tumbuh dan berkembang menjadi komoditas pertanian yang cukup banyak peminatnya di pasar. Rata-rata permintaan kebutuhan pasar dari produk hortikultura mencapai 11% [1]. Kondisi ini dapat dipengaruhi oleh faktor kesadaran masyarakat bahwa tanaman hortikultura tidak hanya sebagai bahan pangan, tetapi juga mempunyai kontribusi pada sektor kesehatan, estetika dan lingkungan [2].

Aeroponik merupakan metode penanaman dengan teknik menggantungkan akar tanaman di udara sebagai media tanam yang larutan nutrisinya diberikan dengan cara dikabutkan atau disemprotkan ke akar tanaman tersebut. Metode aeroponik dapat tumbuh di tempat lembab tanpa memerlukan media tanah, karena akar yang menggantung di udara, metode ini hampir bisa di implementasikan di mana saja [3]. Suatu sistem dengan perencanaan yang kompleks dibutuhkan untuk mempermudah dalam kehidupan manusia. Maka dirancang suatu sistem pemantauan dan kontrol jarak jauh dengan teknologi IoT pada metode aeroponik [4].

Pada penelitian Tugas Akhir ini merancang alat dari perpaduan dari penelitian sebelumnya dengan biaya yang murah serta dapat menjaga pertumbuhan, kesehatan, mengamati kinerja sensor dan tegangan yang dihasilkan oleh alat selama waktu penyemaian. NodeMCU sebagai mikrokontroler serta *Platform Firebase* digunakan untuk menyimpan data yang secara otomatis, sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) [5] sebagai parameter tambahan untuk melengkapi faktor lingkungan agar data informasi dan data lebih lengkap. Pengukuran performansi jaringan dengan waktu *delay* yang berbeda, jenis tumbuhan yang digunakan yaitu selada.

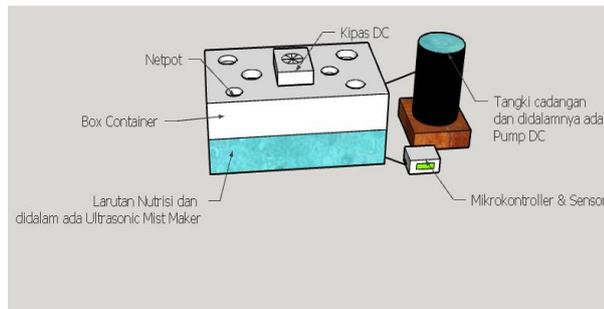
Cara kerja alat ini yaitu mengirimkan data sensor dari *NodeMCU* melalui jaringan internet ke *cloud* dan data tersimpan secara *real-time* di *firebase*, lalu data dikirim ke *platform* Android agar data dapat dibaca oleh *user* dan data dikirim ke *google spreadsheet* secara otomatis yang nantinya akan dianalisis, data akan *update* data setiap 15 menit. *Lactuca Sativa L* atau selada merupakan jenis sayuran yang banyak dijumpai di Indonesia, sebab mempunyai harga jual yang tinggi [6]. Jenis sayur-mayur ini juga mudah untuk dibudidayakan, karena banyak digunakan sebagai lalapan ataupun penghias makanan. Seiring berkembangnya teknologi dan pengetahuan masyarakat, maka permintaan produksi semakin tinggi [7]. Hasil dari penelitian ini adalah *dataset*, sekumpulan data yang merelasikan antara kelembaban udara, temperatur, kedalaman air, kelembaban media tanam, intensitas cahaya, pertumbuhan, kesehatan serta tegangan dari tiap parameter.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian kami ini menggunakan konsep penelitian terapan (*applied research*). Sehingga bertujuan memberikan solusi di bidang pertanian dengan menggunakan teknologi sebagai alat bantu untuk meningkatkan hasil pertumbuhan tanaman selada. Dalam pengumpulan data kami menggunakan dua metode yaitu Studi Pustaka (*Library Research*) dan Studi Lapangan (*Field Research*) [8].

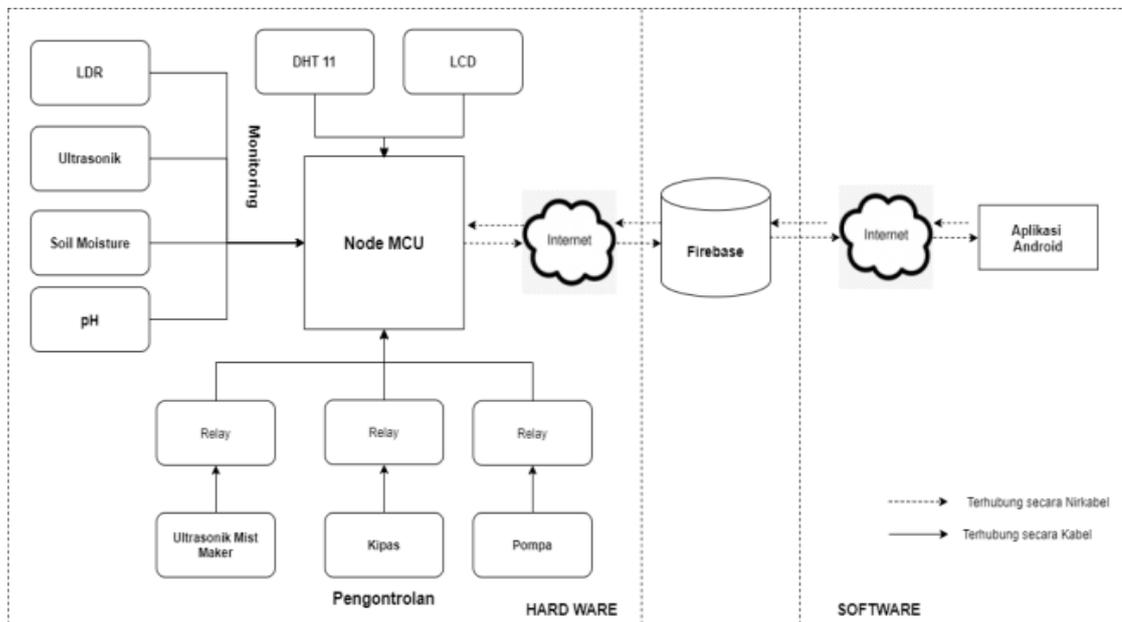
2.1 Desain Umum Sistem

Pada penelitian ini perancangan komponen-komponen *Aeroponik* terdiri dari *Box Container* yang telah dimodifikasi, selang, net pot, *rockwool*, *pump* DC, tangki cadangan, kipas DC, *ultrasonic mist maker*, dan sensor LDR. *Box Container* 60L sebagai media penanaman, *ultrasonic mist maker* untuk mengubah larutan menjadi kabut halus. *Pump* DC untuk mengisi cairan nutrisi yang telah berkurang secara otomatis karena hasil pengkabutan, kipas DC memberikan sirkulasi pengkabutan merata ke akar yang menggantung di udara serta jenis sayur yang digunakan yaitu selada [9]. Ilustrasi dari komponen-komponen yang digunakan perancangan *Aeroponik* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain sistem perancangan aeroponik

2.2 Alur Kerja sistem



Gambar 2. Diagram kerja

Pada Gambar 2 terdapat komponen yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan fungsi kerjanya serta penjelasan dari masing-masing blok ditulis sebagai berikut:

a. Blok Sistem Monitoring

Pada bagian monitoring data akan masuk ke platform *firebase*, proses pengiriman data hasil *monitoring* ke *firebase* menggunakan modul ESP8266 pada *board NodeMCU* agar dapat terkoneksi jaringan internet dan dapat diamati *user* menggunakan *smartphone* [10][11] [12]. Terdapat 5 parameter sensor yaitu Sensor *Soil Moisture* untuk mengamati kelembaban *rockwool*, sensor DHT11 untuk mengamati kelembaban dan suhu di lingkungan pengujian, *ultrasonic* untuk menjaga ketinggian air di dalam *Box Container*, serta pH meter untuk mengamati nilai pH dari larutan nutrisi yang terlarut dalam air, sensor LDR untuk mengamati intensitas cahaya di sekitar [13].

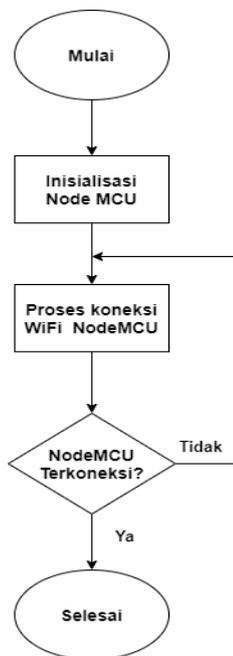
b. NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 merupakan papan mikrokontroler yang berfungsi sebagai pusat pengendali perangkat penanaman. Data yang terkirim ke sistem monitoring berupa inputan dan nilai akan dicocokkan dengan nilai yang telah terprogram. Jika hasil data berada di luar rentang nilai maka diteruskan ke bagian proses pengontrolan, lalu data akan diteruskan ke platform *firebase* melalui *chip* ESP8266 yang telah terhubung dengan jaringan internet[12] [11].

c. Proses Pengontrolan

Proses ini merupakan cara untuk menyesuaikan kembali nilai dari hasil pengamatan sistem monitoring. Sistem pengontrolan akan bekerja jika kelembaban kurang dari 85°C dan akan *ON/OFF* tiap 5 menit mengikuti waktu server dan ketinggian air kurang dari 5 cm. Selanjutnya proses penambahan air dari tangki cadangan ke dalam *box container*, jika ketinggian air di dalam *box container* kurang dari 5 cm maka *Pump Direct Current (DC)* menyala dan ketika sudah melebihi 5 cm pengontrolan mati secara otomatis. Proses pengontrolan suhu dan kelembaban didasarkan pada hasil pengukuran sensor DHT11. Jika kelembaban di bawah rentang nilai yang diberikan maka *Ultrasonic Mist Maker* dan kipas DC *ON* secara otomatis selama nilai kelembaban berada di dalam rentang nilai maka *Ultrasonic Mist Maker* akan mati [14].

2.3 Proses Koneksi Sistem ke WIFI



Gambar 3. Flowchart proses koneksi sistem ke WIFI

Pada Gambar 3 terdapat *flowchart* yang dimana sistem akan melakukan inisialisasi untuk mengaktifkan seluruh variabel yang telah terhubung ke program. Lalu *NodeMCU* akan melakukan konektivitas ke jaringan internet, kemudian mengecek apakah *NodeMCU* terhubung dengan jaringan internet. Apabila belum terhubung maka akan mencoba melakukan kembali koneksi ke internet setelah terhubung maka data akan diolah oleh sistem dan dikirimkan secara *realtime* ke *firebase* melalui ESP8266 [10],[12].

2.4 Pengujian Sistem

Untuk mengetahui suatu sistem dapat bekerja dengan baik, maka dibutuhkan pengujian sistem, di mana proses pengujian dibagi menjadi dua, yaitu pengujian jaringan dan alat. Untuk melakukan pengujian alat digunakan persentase *error* sedangkan parameter jaringan menggunakan skema pengujian *Quality of Service* [15].

2.5 Skema Pengujian Quality of Service (QoS)

Penelitian ini melakukan pengujian sebanyak 3 skenario terdiri dari jam sibuk, jam kosong, jam normal. Berdasarkan hasil temuan perusahaan jangkauan internet asal Inggris, *OpenSignal*. Jam sibuk secara global pada pukul 19.00 - 23.00, *OpenSignal* juga menyatakan waktu yang paling baik untuk mengakses internet secara global pada pukul 01.00-03.00, jam normal di rentang antara 12.00 - 14.00, Skenario pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini menggunakan 100 sampel data, dengan *Bandwith* jaringan 20Mbps yang dimana pengujian pada masing-masing skenario ini dilakukan dengan rata-rata waktu 1 hari. Keterangan pada masing - masing skenario pengujian ditunjukkan pada Tabel 1 [15].

Table 1. Skema pengujian terhadap masing-masing skenario

Skenario Pengujian		
Jam Kosong Server	Jam Normal Server	Jam Sibuk Server
Waktu yang akan dilakukan untuk melakukan pengujian pada alat yang paling optimal di rentang waktu pukul 01.00-03.00 WIB. Pada penelitian ini melakukan pengambilan sampel data sebanyak 100 data.	Waktu yang akan dilakukan untuk melakukan pengujian pada alat yang paling optimal di rentang waktu pukul 12.00-14.00 WIB. Pengambilan data pada penelitian ini sebanyak 100 data.	Waktu yang akan dilakukan untuk melakukan pengujian pada alat yang paling optimal di rentang waktu pukul 20.00-23.00 WIB. Pengambilan data pada penelitian ini sebanyak 100 data.
Pengujian dilakukan ketika mikrokontroler mengirimkan data ke database.	Pengujian dilakukan ketika mikrokontroler mengirimkan data ke database.	Pengujian dilakukan ketika mikrokontroler mengirimkan data ke database.
Untuk mengukur delay menggunakan tools wireshark	Untuk mengukur delay menggunakan tools wireshark.	Untuk mengukur delay menggunakan tools wireshark.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tegangan Kipas

Table 2. Hasil tegangan dari Kipas DC

No	Sensor DHT 11	Kondisi Kipas DC	Nilai (V DC)
1	< 85	ON	5 V
2	> 85	OFF	0 V

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa tegangan yang masuk menggunakan adaptor USB sebesar 5V dan tegangan yang digunakan 5V, kipas DC dapat bekerja di rentang 5-12V. Kipas akan menyala jika kelembaban kurang dari 85%.

3.2 Tegangan Ultrasonic Mist Maker

Table 3. Hasil tegangan dari *Ultrasonic Mist Maker*

No	Sensor DHT 11	Kondisi <i>Ultrasonic Mist Maker</i>	Nilai (V AC)
1	<85	ON	24 V
2	>85	OFF	0 V

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan bahwa tegangan yang masuk sebesar tegangan *output* sebesar 24V. Tegangan tersebut digunakan untuk mengaktifkan *Ultrasonic Mist Maker* ketika relay mendapatkan perintah untuk menyala karena kelembaban kurang dari 85%.

3.3 Tegangan Pump DC

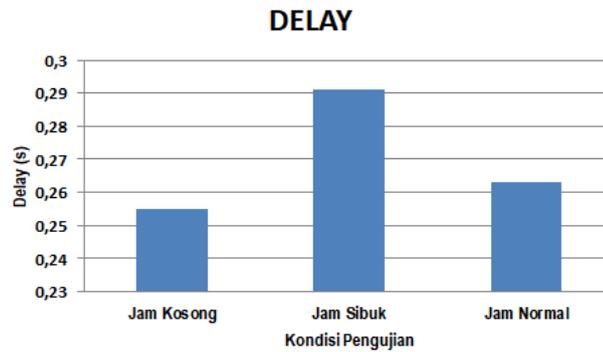
Table 4. Hasil tegangan dari *Pump DC*

No	Sensor Ultrasonik	Kondisi <i>Pump DC</i>	Nilai (V DC)
1	<85	ON	3.1 V
2	>85	OFF	0 V

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan adaptor USB sebesar 5V, tegangan tersebut diturunkan menggunakan *step down* menjadi 3,1V *Pump DC* akan menyala jika ketinggian air kurang dari 5 cm.

3.4 Pengukuran Kualitas Jaringan

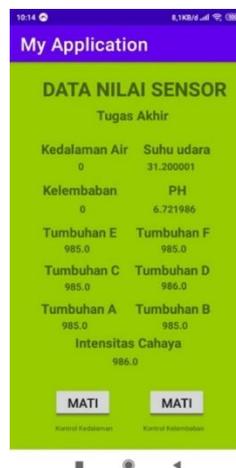
Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan waktu berdasarkan *OpenSignal* dari perangkat ke *database*. Pengukuran QoS dilakukan di dalam rumah dan hanya mengukur parameter *delay*.



Gambar 4. Grafik hasil pengukuran kualitas jaringan

Berdasarkan Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa pada jam normal memiliki delay sebesar 0,263 detik, sedangkan pada jam sibuk terdapat *delay* 0,291 detik, *delay* pada jam kosong 0,255 detik. *Bandwidth* yang digunakan sangat mempengaruhi, jika besar penggunaan *bandwidth* maka delay yang didapat akan semakin besar. *Bandwidth* disebabkan oleh banyaknya aktivitas yang terjadi sehingga *bandwidth* yang tersisa menjadi sedikit. Pada pengujian ini kami menggunakan WiFi sehingga kualitas jaringan tergantung jarak dan banyaknya yang mengakses pada jam tersebut. Menurut standar ITU-T G.1010 delay yang di dapatkan termasuk kategori baik apabila jumlah delay <250 ms, pada penelitian ini delay yang didapatkan yaitu 255ms, yang dimana masuk dalam kategori cukup, sehingga proses pengiriman data masih bisa berjalan dengan baik [16].

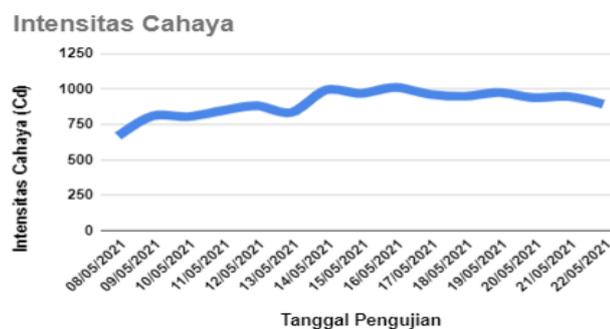
3.5 Tampilan Smartphone



Gambar 5. Tampilan Aplikasi pada Smartphone

Pada gambar 5 data yang muncul pada aplikasi sama dengan yang ada pada database *firebase*, data ini akan terupdate secara *real-time* dimana nilainya akan berubah sesuai dengan kondisi lingkungan di Smart Greenbox. Pengiriman dan penerimaan data dikatakan berhasil, apabila nilai data yang tampil pada aplikasi sama dengan di *firebase*. Jika tombol kelembaban dan kedalaman *On* maka akan bernilai 1, *Android studio* mengirimkan perintah ke *firebase* untuk segera mengirimkan data, sebaliknya jika *Off* akan bernilai 0. Dalam pengujian tersebut penulis menyimpulkan, bahwa pengiriman dan pengontrolan berhasil.

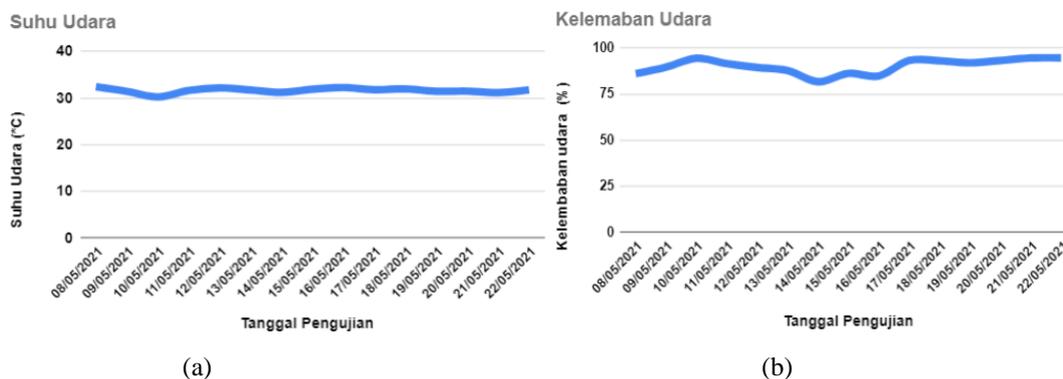
3.6 Hasil Pengujian Sensor LDR



Gambar 6. Hasil pengujian sensor LDR

Berdasarkan gambar 6 menunjukkan bahwa sensor LDR mendapatkan hasil rata-rata intensitas cahaya dengan nilai 902,854 candela, nilai tersebut didapatkan selama 14 hari pada proses penyemaian selada.

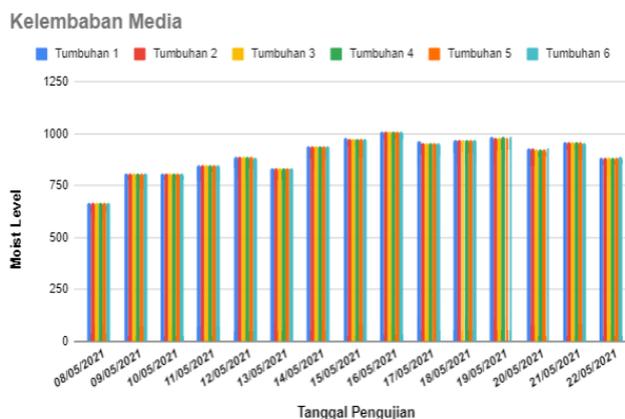
3.7 Hasil Pengujian sensor DHT11



Gambar 7. Hasil Pengujian sensor DHT11 (a) pengujian sensor pada suhu udara (b) pengujian sensor pada kelembapan udara

Berdasarkan gambar 7 (a) menunjukkan bahwa sensor DHT11 mendapatkan hasil rata-rata kelembaban 90,32% dan gambar 7 (b) menunjukkan suhu dengan nilai 31,64°C, yang didapatkan selama 14 hari pada proses penyemaian selada. Hal tersebut membuat tumbuhan selada kelembapannya tetap terjaga dan dapat bertumbuh dengan baik .

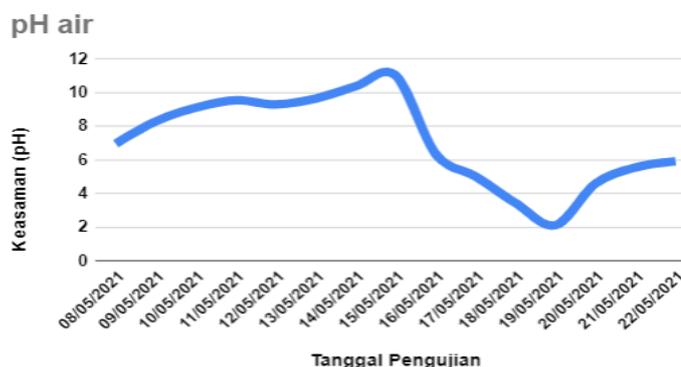
3.8 Pengujian sensor Soil Moisture



Gambar 8. Grafik hasil pengujian sensor *Soil Moisture*

Berdasarkan gambar 8 menunjukkan bahwa hasil pengujian ada 3 jenis nilai yang tersimpan yang sesuai dengan berdasarkan *moist level*, dimana nilai *high* yaitu berada pada rentang nilai 700-1023, sedangkan *variabel normal* berada pada rentang nilai 350-700 dan *variable low* berada pada rentang 0-350. Sensor *soil moisture* mendapatkan rata-rata *high* dengan nilai 901,17.

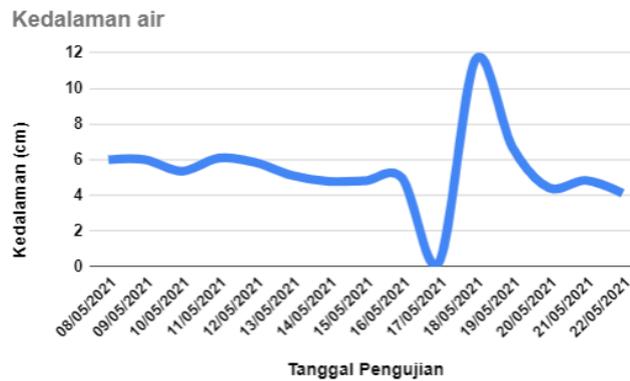
3.9 Hasil Pengujian sensor pH



Gambar 9. Grafik dari hasil pengujian sensor pH

Berdasarkan Gambar 9 menunjukkan bahwa hasil pengujian sensor mendapatkan hasil rata-rata 7,157 pH, hal tersebut dapat dipengaruhi oleh pembentukan konstanta ADC sensor pH ke pH meter tinggi. Maka hasil pH yang didapat menunjukkan bahwa pH air yang digunakan masih berada dalam batas normal.

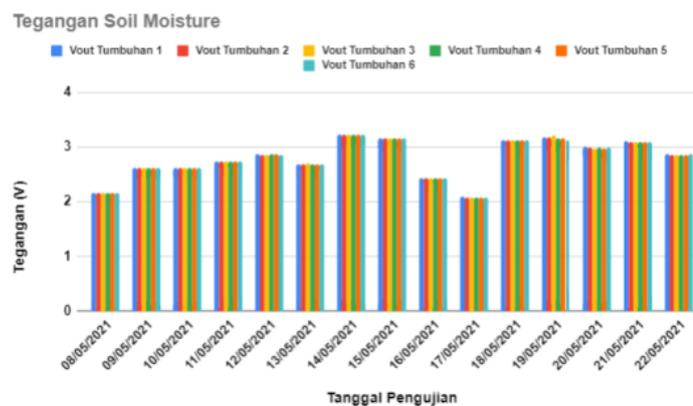
3.10 Hasil Pengujian sensor Ultrasonik



Gambar 10. Grafik dari hasil pengujian sensor Ultrasonik

Berdasarkan gambar 10 menunjukkan bahwa hasil rata-rata kedalaman air yang didapatkan selama rentang waktu 14 hari penyemaian 5.38 cm. Dapat disimpulkan bahwa berdasarkan grafik sensor kurang bagus dalam mengamati ketinggian air karena terhalang kabut yang dihasilkan *ultrasonic mist maker* untuk menyemprotkan ke akar.

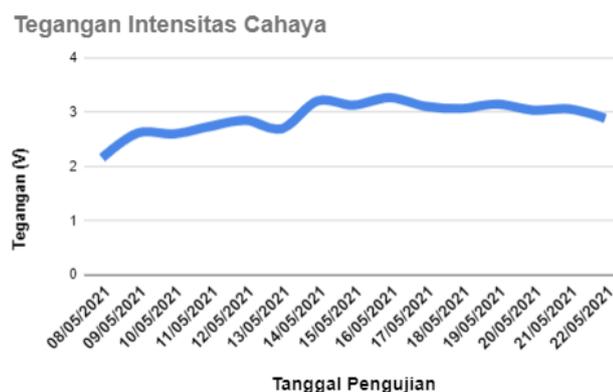
3.11 Hasil Pengujian Tegangan Sensor Soil Moisture



Gambar 11. Grafik dari hasil pengujian tegangan pada sensor Soil Moisture

Berdasarkan gambar 11 menunjukkan hasil rata-rata tegangan *soil moisture* dengan nilai 2.793 V. Sedangkan grafik nilai minimum berada pada tegangan 2V dan nilai tertinggi pada tegangan 3.2 V.

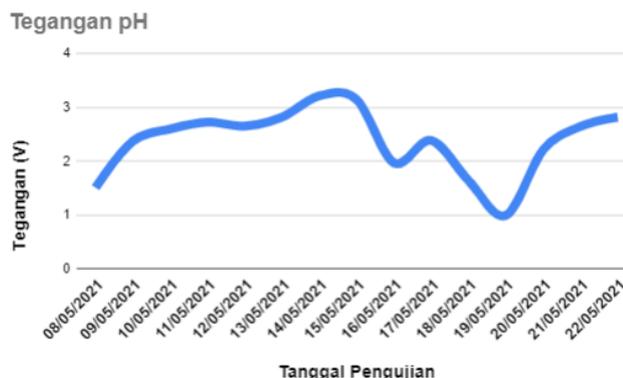
3.12 Hasil Pengujian Tegangan sensor LDR



Gambar 12. Grafik dari hasil pengujian tegangan sensor LDR

Berdasarkan gambar 12 menunjukkan hasil rata-rata tegangan sensor LDR 2.91V. Berdasarkan grafik nilai minimum tegangan berada pada tegangan 2.2 V dan nilai tertinggi pada tegangan 3.2 V.

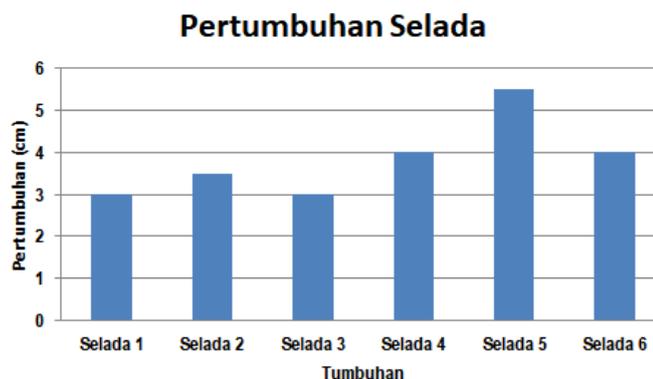
3.13 Hasil Pengujian Tegangan pH



Gambar 13. Grafik dari hasil pengujian tegangan pH

Berdasarkan gambar 13 menunjukkan hasil rata-rata tegangan sensor pH 2.4V. Berdasarkan grafik nilai minimum tegangan berada pada 2 V dan nilai tertinggi pada tegangan 3.2 V.

3.14 Hasil Pertumbuhan Selada



Gambar 14. grafik pertumbuhan tanaman selada

Berdasarkan gambar 14 menunjukkan hasil proses pertumbuhan 6 sample tanaman selada selama 14 hari penyemaian dengan menggunakan metode aeroponik didapatkan nilai rata-rata pertumbuhan tanaman selada yaitu 3.83cm, sementara pertumbuhan maksimum tanaman selada dapat mencapai 5.5cm dan pertumbuhan minimum tanaman selada yaitu 3cm.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap sistem *controlling* dengan aplikasi pada system *Aeroponic* dengan berbasis *Internet of Things*, maka hasil yang didapatkan dari pengujian sensor pada faktor lingkungan yang merelasikan kelembaban media tanam masing-masing didapatkan dengan nilai rata-rata untuk kelembaban udara 90.32%, suhu 31.64 C, pH air sebesar 7.157, intensitas cahaya sebesar 902.854 candela, volume kedalaman air 5 cm, sedangkan untuk masing-masing tegangan sensor yaitu; sensor *Soil Moisture* sebesar 2.79V, sensor LDR sebesar 2.91, sensor pH sebesar 2.4 V, *Ultrasonic Mist Maker* sebesar 24V, Kipas DC sebesar 5 V, dan *Pump DC* 5 V. Berdasarkan fungsi alat secara menyeluruh dapat menjaga pertumbuhan selada sehingga tumbuh cepat dengan tinggi 5.5 cm dengan jangka waktu 14 hari, serta dengan kondisi sehat seperti daun yang berwarna hijau muda. Kemudian untuk data suhu, kelembapan, intensitas cahaya dan pH dapat tersimpan di *database*, sehingga bisa menampilkan kondisi suhu, kelembapan, intensitas cahaya dan pH dari aplikasi secara *real-time* berdasarkan data yang ada pada *database*. Maka dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan selada dengan menggunakan metode aeroponik berfungsi dengan baik.

REFERENCES

- [1] Y. Y. Tuhumena, W. B. Parera, and R. Kaplale, "PERMINTAAN SAYURAN DAUN DI NEGERI PESISIR DAN PEGUNUNGAN KECAMATAN LEITIMUR SELATAN (STUDI KASUS NEGERI RUTONG DAN NEGERI NAKU) LEAF VEGETABLES IN DOMESTIC DEMAND AND COASTAL MOUNTAINS SOUTH DISTRICT LEITIMUR (CASE STUDY OF DOMESTIC AND FOREIGN NAKU RUTONG)."
- [2] Direktorat Jenderal Holtikultura, "Pedoman Teknis Peningkatan Produksi, Produktivitas Dan Mutu Produk Hortikultura Berkelanjutan Tahun 2014," p. 88, 2013.



- [3] S. L. H. Siregar and M. Rivai, “Monitoring dan Kontrol Sistem Penyemprotan Air Untuk Budidaya Aeroponik Menggunakan NodeMCU ESP8266,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 7, no. 2, 2019, doi: 10.12962/j23373539.v7i2.31181.
- [4] G. H. Indrajaya, M. Ramdhani, and M. A. Murti, “Rancang Bangun Total Dissolve Solids (tds) Meter Pada Tanaman Aeroponik Berbasis Internet Of Things (iot),” *eProceedings of Engineering*, vol. 6, no. 3, pp. 10105–10111, 2019.
- [5] D. Aribowo, G. Priyogi, and S. Islam, “APLIKASI SENSOR LDR (LIGHT DEPENDENT RESISTOR) UNTUK EFISIENSI ENERGI PADA LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM”.
- [6] S. V. Asprillia, A. Darmawati, and W. Slamet, “Pertumbuhan dan produksi selada (*Lactuca sativa* L.) pada pemberian berbagai jenis pupuk organik,” *Journal of Agro Complex*, vol. 2, no. 1, p. 86, Feb. 2018, doi: 10.14710/joac.2.1.86-92.
- [7] S. A. Adimihardja, G. Hamid, and E. Rosa, “Pengaruh Pemberian Kombinasi Kompos Sapi dan Ferimix Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Dua Kultivar Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) Dalam Sistem Hidroponik Rakit Apung,” *Jurnal Pertanian*, vol. 4, no. 1, pp. 6–20, 2013.
- [8] R. Y. Endra, A. Cucus, and M. A. Wulandana, “Perancangan Aplikasi Berbasis Web Pada System Aeroponik untuk Monitoring Nutrisi Menggunakan Framework CodeIgniter,” vol. 11.
- [9] Fiqhi, Y. Prabowo, and G. Gata, “Sistem Aeroponik Berbasis Arduino Uno dan Komunikasi GSM Untuk Pemberian Larutan Nutrisi Untuk Budidaya Sayuran”, doi: <https://doi.org/10.29207/resti.v1i2.40>.
- [10] S. K. Dirjen, P. Riset, D. Pengembangan, R. Dikti, and I. Firman Maulana, “Penerapan Firebase Realtime Database pada Aplikasi E-Tilang Smartphone berbasis Mobile Android,” *masa berlaku mulai*, vol. 1, no. 3, pp. 854–863, 2017.
- [11] M. Fajar Wicaksono, “IMPLEMENTASI MODUL WIFI NODEMCU ESP8266 UNTUK SMART HOME,” 2017.
- [12] A. Satriadi and dan Yuli Christiyono, “PERANCANGAN HOME AUTOMATION BERBASIS NodeMCU.” [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>
- [13] J. Eka Candra and A. Maulana Universitas Putera Batam, Penerapan Soil Moisture Sensor Untuk Desain System Penyiram Tanaman Otomatis.
- [14] F. Aziz and B. Suprianto, “Rancang Bangun Sistem Pengendalian Kelembapan pada Sistem Tanam Aeroponik Menggunakan Kontroler PID 595 RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN KELEMBAPAN PADA SISTEM TANAM AEROPONIK MENGGUNAKAN KONTROLLER PID.”
- [15] M. Rusdan, S. Tinggi, and T. Bandung, “Analisis Quality of Service (QoS) Pada Jaringan Wireless (Studi Kasus: Universitas Widyatama).” [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/338571285>
- [16] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, “ITU-T End-user multimedia QoS categories,” 2001.