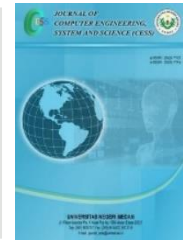


Contents list available at www.jurnal.unimed.ac.id

CESS
(Journal of Computing Engineering, System and Science)

journal homepage: <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/cess>



**Sistem Pemantauan dan Kendali Tanaman Kentang Media Aeroponik
Berbasis Internet of Things**

**Aeroponic Media Potato Plant Monitoring and Control System
Internet of Things Based**

Mella Geovanie^{1*}, Ikhwan Ruslianto², Uray Ristian³

^{1,2,3}Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak

email: ¹mellageovanie@student.untan.ac.id, ²ikhwanruslianto@siskom.untan.ac.id,
³eristian@siskom.untan.ac.id

ABSTRAK

Aeroponik merupakan salah satu metode bercocok tanam tanpa media tanah, bekerja dengan cara menyemprotkan air dan larutan nutrisi dalam bentuk kabut pada akar tanaman. Penggunaan metode aeroponik sendiri memerlukan *monitoring* dan kendali untuk suhu udara, kelembapan udara, suhu air, dan kadar nutrisi. Pengaturan yang salah dapat menyebabkan tanaman mengalami kekeringan, kebusukan akar hingga kekurangan unsur nutrisi yang menyebabkan kematian pada tanaman. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem yang dapat melakukan *monitoring* dan kendali terhadap pengaturan suhu udara, kelembapan udara, suhu air, dan kandungan nutrisi. Penelitian ini membangun sistem berbasis *Internet of Things* yang dapat membantu dalam memberikan informasi terkait nilai suhu udara, kelembapan udara, suhu air, dan kandungan nutrisi yang ditampilkan pada aplikasi *website*. Sistem juga dapat melakukan kendali yang dapat diatur dalam mode manual dan otomatis. Pada sistem hasil pengujian pembacaan nilai sensor memiliki akurasi sebesar 98,56% untuk suhu udara, dan 96,89% untuk akurasi pembacaan kelembapan udara, 99,64% untuk akurasi pembacaan suhu air, 97,02% untuk akurasi pembacaan larutan nutrisi dan 99,86% untuk akurasi pembacaan ketinggian air. Hasil pengujian pada pengamatan tanaman kentang selama 21 hari menunjukkan peningkatan pertumbuhan ketinggian tanaman tertinggi dengan rata-rata 4,36cm dan pertumbuhan ketinggian tanaman terendah memiliki rata-rata 0,96 cm.

Kata Kunci: *Aeroponik; Internet of Things; Penyemprotan; Nutrisi; Website*

*Penulis Korespondensi:

email: mellageovanie@student.untan.ac.id

ABSTRACT

Aeroponics is a farming method without soil media that works by spraying water and a nutrient solution in the form of a mist on plant roots. The use of the aeroponic method itself requires monitoring and controlling air temperature, air humidity, water temperature, and nutrient levels. Incorrect settings can cause plants to experience drought, root rot, and a lack of nutritional elements, which can cause plant death. Therefore, we need a system that can monitor and control air temperature, air humidity, water temperature, and nutrient content. This research builds an Internet of Things-based system that can assist in providing information regarding the values of air temperature, air humidity, water temperature, and nutrient content displayed on the website application. The system can also perform manual and automatic control functions. In the test results, the sensor value reading system has an accuracy of 98.56% for air temperature, 96.89% for accuracy of air humidity readings, 99.64% for accuracy of water temperature readings, 97.02% for accuracy of nutrient solution readings, and 99.86% for accuracy of water level readings. The test results from observing potato plants for 21 days showed an increase in growth in the highest plant height with an average of 4.36 cm and the lowest plant height growth with an average of 0.96 cm.

Keywords: *Aeroponics; Internet of Things; Nutrient; Spraying; Website.*

1. PENDAHULUAN

Peningkatan perkembangan perekonomian dan pertumbuhan jumlah penduduk sejalan dengan meningkatnya kebutuhan akan lahan [1]. Terjadi persaingan antar penduduk untuk memanfaatkan sumber daya lahan, sehingga mendorong terjadinya alih fungsi lahan pertanian menjadi non-pertanian. Lahan pertanian merupakan lahan yang paling rentan untuk di alih fungsi karena memiliki topografi yang datar dan berada dekat dengan permukiman penduduk. Ketersediaan lahan ini menjadi kendala bagi petani terutama untuk pertanian hortikultura seperti kentang yang memiliki jumlah lahan sangat kecil dibandingkan dengan lahan pertanian lainnya. Tanaman kentang (*Solanum tuberosum*) merupakan tanaman jenis dikotil yang termasuk dalam famili *Solanaceae* dan memiliki umbi batang yang dapat dimakan. Kentang memiliki warna batang bermacam-macam seperti hijau, merah atau ungu tua yang dipengaruhi oleh umur tanaman dan faktor lingkungan tempat pertumbuhan kentang [2]. Kentang merupakan salah satu tanaman pangan utama keempat setelah padi, gandum, dan jagung. Indonesia membudidayakan jenis kentang varietas Granola yang memiliki kualitas mutu unggul. Kentang varietas Granola memiliki ketahanan terhadap serangan penyakit dan dapat dipanen dalam jangka waktu 100-110 hari [3]. Keadaan iklim yang ideal untuk budidaya tanaman kentang sendiri terdiri dari suhu udara yang berkisar antara 15-25 °C, kelembapan udara mencapai 70-90% [4]. Tanaman kentang yang dibudidayakan menggunakan media aeroponik juga memerlukan pengaturan dan pemantauan nutrisi secara optimal, nutrisi yang sesuai dengan tanaman kentang yaitu sekitar 1000-1500 ppm untuk tanaman kentang dengan usia muda, larutan nutrisi yang diberikan terdiri dari kalsium nitrat, Fe7, kalium nitrat, KH₂PO₄, mono ammonium fosfat, kalium sulfat, magnesium sulfat, magnesium sulfat, cupro sulfat, zinc sulfat, asam borat, amonium hepta molybdat atau natrium molybdat [5].

Aeroponik berasal dari kata *aero* yang berarti udara dan *ponic* yang berarti cara menanam. Aeroponik merupakan model tanam dengan perakaran tanaman berada di udara. Sistem aeroponik bekerja dengan cara menyemprotkan larutan nutrisi dalam bentuk kabut ke akar tanaman [6]. Proses aeroponik dengan penyemprotan larutan nutrisi dapat membantu tanaman dalam memperoleh oksigen, air, dan nutrisi dalam waktu bersamaan sehingga memungkinkan tanaman dapat bernapas dengan baik dan lebih mudah dalam penyerapan nutrisi. Aeroponik sendiri dapat digunakan untuk tanaman yang mempunyai bola akar kecil hingga menengah salah satunya tanaman kentang [7]. Penggunaan media aeroponik dalam budidaya tanaman kentang dapat memberikan solusi untuk mengurangi penggunaan lahan pertanian, akan tetapi penggunaan model aeroponik ini memerlukan pengawasan dan perawatan yang baik seperti pengaturan suhu air, suhu udara, kelembapan dan kadar nutrisi yang tepat agar tidak menyebabkan tanaman menjadi kering atau membusuk. Berdasarkan pemaparan tersebut diperlukan suatu sistem yang dapat melakukan *monitoring* dan kendali pada tanaman kentang yang menggunakan media aeroponik untuk mempermudah dalam pengawasan tanaman kentang.

Penelitian terkait tentang pemantauan dan kontrol aeroponik budidaya kentang pernah dilakukan sebelumnya dengan judul “Pengembangan Sistem Pengaturan Larutan Nutrisi Otomatis pada Budidaya Kentang Aeroponik” [5]. Penelitian ini mengembangkan sistem yang dapat memberikan pengaturan pada larutan nutrisi tanaman kentang dengan menggunakan pengukuran dari TDS meter. Hasil dari pengujian penelitian ini adalah sensor TDS dapat mengukur kadar larutan nutrisi dalam campuran air dengan akurasi mencapai 98.28% dan dapat melakukan kendali pada air larutan nutrisi secara otomatis sampai mencapai rentang ppm yang sudah diatur sebelumnya. Penelitian selanjutnya berjudul “Rancang Bangun Alat Ukur Sistem *Monitoring* pH, Temperatur, dan Kelembapan Akuarium Ikan Hias Berbasis Arduino Uno” [8]. Penelitian ini menggunakan sensor DHT11 dalam *monitoring* suhu udara dan kelembapan udara pada akuarium ikan hias. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dengan membandingkan pengukuran sensor DHT11 dan Hygrometer didapati pada percobaan pertama nilai dari sensor DHT11 dan Hygrometer memiliki kesamaan dengan tingkat persentase mencapai 100%, pada percobaan kedua *persentase* mencapai 98% dan pada percobaan ketiga persentase kembali mencapai 100%. Penelitian ketiga merupakan penelitian dengan judul “Sistem *Monitoring* pH Air dan Kontrol Pompa Air Untuk Persiapan Penyiraman Tanaman Berbasis *Internet of Things*” (Studi Kasus: *SMART GARDEN* FMIPA Untan) [9]. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan sensor ultrasonik untuk membaca data ketinggian air. Hasil dari pengujian sistem ini yaitu sistem mampu membaca ketinggian air dan dapat mengendalikan pompa untuk mengalirkan air dari Penampungan A ke Penampungan B. Penelitian selanjutnya berjudul “Implementasi Sistem Kontrol dan *Monitoring* pH pada Tanaman Kentang Aeroponik secara *Wireless*” [10]. Penelitian ini menggunakan tanaman kentang aeroponik dengan melakukan pengiriman data secara *wireless* hasil dari penelitian ini adalah tingkat keakuratan pengiriman data yang mencapai 99,98% pada satu node sensor dan 96,13% pada dua node sensor.

2. DASAR/TINJAUAN TEORI

2.1. Tanaman Kentang

Tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan tanaman yang memiliki nilai ekonomi tinggi dalam bidang industri makanan olahan, perdagangan dan pertanian [11]. Pengembangan budidaya tanaman kentang sangat diperlukan untuk memenuhi permintaan

kentang dalam negeri. Pertumbuhan tinggi tanaman kentang pada media tanam tanah memiliki tinggi rata-rata 4,51 – 4,99 cm per minggu dengan lama pertumbuhan dari penanaman hingga masa panen mencapai 100-110 hari [12]. Tumbuhan kentang memiliki kondisi optimal yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Optimal Pertumbuhan Tanaman Kentang

Parameter	Kondisi Optimal
Suhu Udara dan Air	15-25°C
Kelembapan Udara	70-90%
Larutan Nutrisi	1000-1500 PPM

2.2. Aeroponik

Aeroponik adalah suatu metode bercocok tanam sayuran dengan media tanam udara tanpa menggunakan tanah. Pada metode ini tanaman akan memperoleh nutrisi melalui larutan hara yang disemprotkan pada akar tanaman dalam bentuk kabut. Metode aeroponik ini merupakan metode pengembangan dari hidroponik. Adapun perbedaan dari kedua metode ini adalah metode aeroponik membiarkan akar tanaman menggantung diudara proses penyiraman dilakukan dengan menyemprot air dalam bentuk kabut. Sedangkan, pada metode hidroponik penyiraman tanaman dilakukan dengan merendam akar tanaman dalam air [13].

2.3. Internet of Things

Internet of Things (IoT) merupakan komunikasi antara dua perangkat atau lebih melalui internet. *Internet of Things* merupakan revolusi internet yang memungkinkan manusia dapat berinteraksi dengan mesin, selain itu mesin dengan mesin lainnya dapat saling berkomunikasi melalui jaringan yang dinamis [14]. Konsep dari *Internet of Things* memungkinkan perluasan konektivitas internet pada benda fisik seperti sensor jaringan dan aktuator untuk menghasilkan sebuah data dan mengelola sebuah sistem secara mandiri.

2.4. NodeMCU ESP32

NodeMCU ESP32 adalah sebuah mikrokontroler yang dibangun oleh *expressive system* dan merupakan pengembangan lebih lanjut dari NodeMCU ESP8266 untuk aplikasi IoT. ESP32 memiliki dua jenis pin yaitu pin analog dan pin digital yang mana pin analog berfungsi sebagai masukkan data sensor yang dibaca dan pin digital menjadi keluaran dari relay dan sensor [9]. Pada penelitian ini ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler yang mana menjadi penerima data dari sensor TDS, sensor DS18B20, sensor DHT11, dan sensor ultrasonik.

2.5. Sensor DHT11

Sensor DHT11 merupakan sensor yang dapat membaca nilai temperatur dan kelembapan dengan nilai keluaran berupa sinyal digital. Resolusi dari sensor DHT11 adalah 8 bit dengan akurasi minimum pengukuran yaitu kurang lebih 1°C dan akurasi maksimum mencapai 2°C [15]. Pada penelitian ini sensor DHT11 digunakan untuk mengukur keadaan suhu dan kelembapan udara pada tempat perakaran tanaman kentang dengan rentang pengukuran yang mengikuti kondisi ideal pertumbuhan tanaman yaitu 15°C hingga 25°C.

2.6. Sensor TDS (*Total Dissolved Solids*)

TDS (*Total Dissolved Solids*) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan tingkat zat padat yang terlarut dari dalam air. Zat yang terlarut dapat berupa zat organik dan

anorganik. Sensor TDS dapat membaca jumlah zat yang terlarut di dalam air sehingga dapat mengetahui kualitas sebuah air dan kandungan larutan nutrisi dalam air [16]. Tingkat ppm yang diperhatikan dalam penelitian ini adalah dari rentang 1000 ppm hingga 1500 ppm.

2.7. Sensor DS18B20

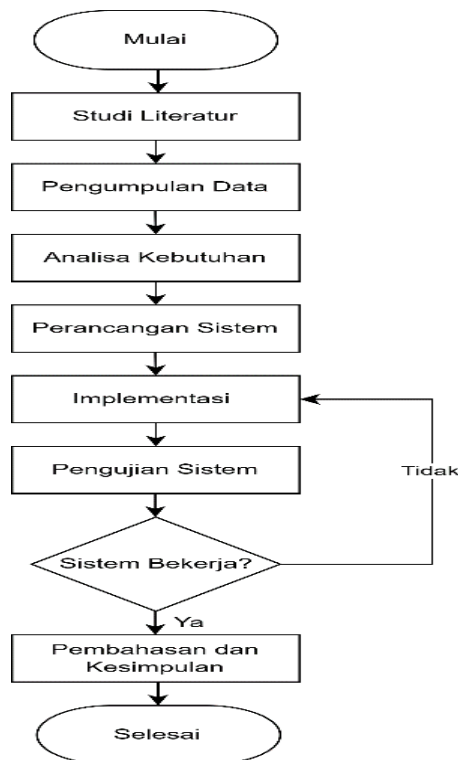
Modul sensor suhu DS18B20 adalah sensor suhu yang tahan terhadap air, lembab dan anti karat karena dikemas dalam tabung stainless steel dengan kualitas tinggi [17]. Sensor suhu DS18B20 merupakan sensor suhu yang memiliki keluaran digital dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi [18]. Sensor DS18B20 digunakan pada penelitian ini untuk membaca ketinggian suhu air yang digunakan untuk pengkabutan tanaman kentang pada wadah penampungan air.

2.8. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik merupakan modul yang terdiri dari *chip* pembangkit sinyal dengan frekuensi 40KHz dengan dua buah sensor bulat yang bertugas membaca data jarak dari dengan memancarkan gelombang ultrasonik. Sensor ultrasonik bertugas untuk mengubah besaran fisis menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Prinsip kerja dari sensor ini adalah sebagai pemancar (*transmitter*) yang bertugas untuk mengirimkan berkas gelombang ultrasonik. Kemudian pemancar akan menerima pantulan dari obyek yang diukur. Sensor ultrasonik memiliki empat pin utama yaitu pin *power* (VCC), pin *trigger* (trig), pin *echo* (echo) dan pin *ground* (gnd) [19]. Pada penelitian ini sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi ketinggian air yang terdapat pada bak penampungan air.

3. METODE

Tahap metode penelitian membahas mengenai tahapan-tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian. Tahapan penelitian terdiri dari studi literatur, metode pengumpulan data, analisa kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian sistem, pembahasan, dan kesimpulan.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

3.1. Studi Literatur

Tahap studi literatur dalam penelitian ini dilakukan dengan mencari referensi terkait tanaman kentang, metode aeroponik, dan penggunaan sensor-sensor yang diperlukan dalam *monitoring* tanaman aeroponik. Sumber referensi berdasarkan dari jurnal ilmiah, buku, dan prosiding terkait yang dapat menjadi acuan dalam pembangunan sistem.

3.2. Pengumpulan Data

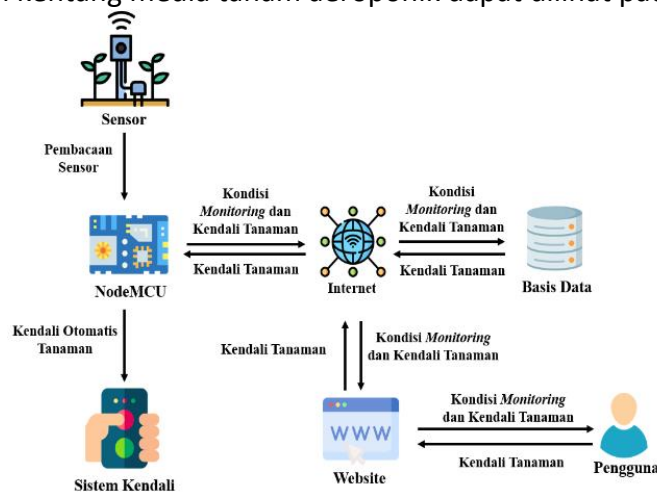
Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan pengamatan tanaman kentang, kondisi lingkungan kentang selama 21 hari. Data yang dikumpulkan meliputi data pertumbuhan tinggi tanaman, data monitoring tanaman yaitu suhu air, suhu udara, kelembapan udara, dan kandungan larutan nutrisi pada tanaman kentang.

3.3. Analisa Kebutuhan

Tahap analisa kebutuhan dilakukan dengan menganalisa kebutuhan yang diperlukan untuk membangun sistem monitoring dan kendali tanaman kentang media tanam aeroponik. Analisa kebutuhan sendiri terdiri dari analisa kebutuhan perangkat lunak dan analisa kebutuhan perangkat keras. Analisa perangkat lunak meliputi analisa kebutuhan program aplikasi, *library* dan *plugin* yang digunakan untuk membangun sistem. Analisa perangkat keras meliputi analisa penggunaan NodeMCU ESP32, Arduino Uno, sensor TDS, sensor DS18B20, sensor DHT11, sensor Ultrasonik, dan modul *relay*.

3.4. Perancangan Sistem

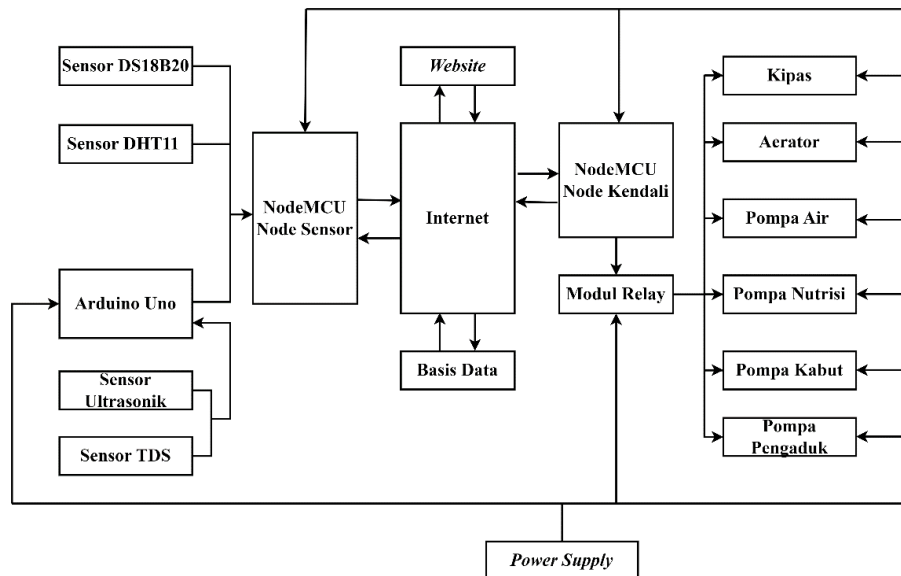
Penelitian ini membangun sebuah sistem yang dapat melakukan *monitoring* terhadap kondisi suhu air, suhu udara, kelembapan udara, dan kandungan larutan nutrisi pada tanaman kentang yang ditanam menggunakan media aeroponik. Selain melakukan *monitoring* sistem ini juga melakukan manipulasi untuk kondisi suhu air, suhu udara, kelembapan udara, dan kandungan larutan nutrisi pada lingkungan media tanam yang sesuai dengan parameter pertumbuhan tanaman kentang. Perancangan sistem *monitoring* dan kendali pada penelitian ini terdiri dari perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras terdiri dari perancangan mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan Arduino Uno beserta sensor-sensor yang digunakan dalam penelitian ini seperti sensor TDS, sensor DS18B20, sensor DHT11, dan sensor ultrasonik. Perancangan perangkat lunak terdiri dari perancangan diagram alir kerja NodeMCU ESP32, perancangan antarmuka *website*, dan perancangan API (*Application Programming Interface*). Rancangan umum sistem *monitoring* dan kendali tanaman kentang media tanam aeroponik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Sistem Monitoring dan Kendali Tanaman Kentang

3.4.1. Perancangan Arsitektur Sistem

Perancangan arsitektur sistem bertujuan untuk memberikan gambaran bentuk dari perangkat keras yang akan digunakan. Mikrokontroler yang digunakan terdiri dari NodeMCU dan Arduino Uno. NodeMCU digunakan untuk membaca nilai dari sensor DHT11, sensor DS18B20 dan untuk modul *relay*. Sedangkan, Arduino Uno bertugas untuk membaca nilai dari sensor TDS dan sensor Ultrasonik. Modul *relay* akan terhubung pada sistem kendali berupa pompa air, pompa nutrisi, pompa pengaduk, kipas, dan aerator. Pompa air digunakan untuk mengisi air pada tempat penampungan penyiraman tanaman kentang. Pompa nutrisi digunakan untuk menambahkan larutan nutrisi pada air yang terdapat di penampungan penyiraman tanaman. Pompa pengaduk akan bertugas untuk mencampur air dan larutan nutrisi pada tempat penampungan penyiraman tanaman. Kipas bertugas untuk menurunkan suhu udara pada perakaran tanaman kentang. Aerator digunakan untuk menurunkan suhu air yang terdapat pada penampungan penyiraman tanaman kentang. Rancangan arsitektur sistem dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan Arsitektur Sistem Monitoring dan Kendali.

3.4.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan sistem *monitoring* dan kendali pada NodeMCU bertujuan untuk memberikan alur logika dari pembacaan nilai sensor dan pembacaan status kendali pada perangkat keras yang terhubung NodeMCU. Perancangan perangkat lunak NodeMCU terdiri dari dua yaitu perancangan pembacaan sensor dan perancangan kendali sistem.

3.5. Implementasi Sistem

Tahap implementasi merupakan tahap merealisasikan rancangan perangkat keras maupun perangkat lunak yang telah dibuat. Implementasi sistem pertama yaitu melakukan proses perakitan perangkat keras kemudian dilanjutkan dengan menambahkan program perangkat lunak pada perangkat keras.

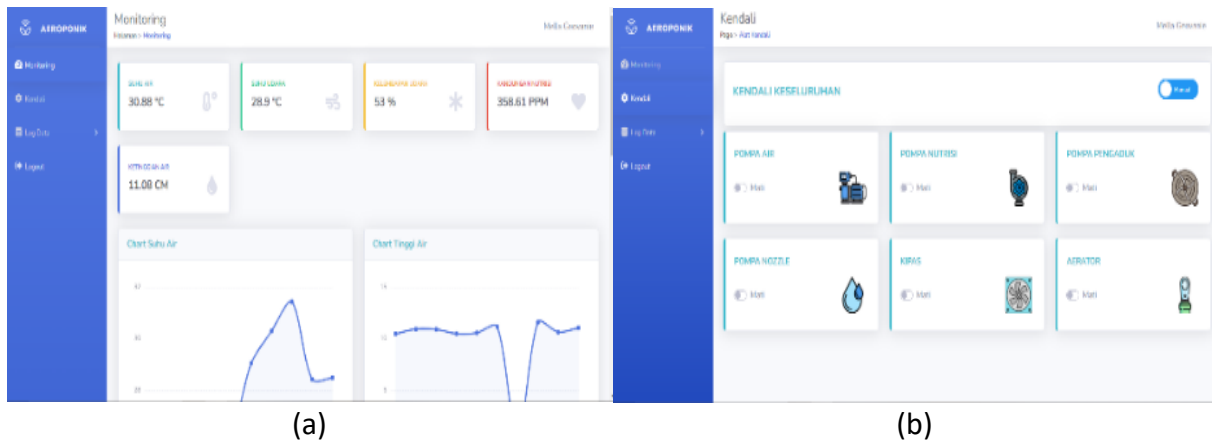
3.5.1. Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras merupakan proses perakitan komponen-komponen yang dihubungkan satu persatu sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Implementasi perangkat keras meliputi implementasi sistem pembacaan suhu air, implementasi sistem pembacaan suhu udara dan kelembapan udara, implementasi sistem

pembacaan kandungan larutan nutrisi, implementasi sistem pembacaan ketinggian air, dan implementasi sistem kendali pada modul *relay*.

3.5.2. Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak berupa implementasi dalam pembuatan kode program yang akan menghubungkan dan mendapatkan data dari perangkat keras. Implementasi perangkat lunak meliputi implementasi kode program pada NodeMCU ESP32, implementasi antarmuka, dan implementasi API. Tampilan implementasi antarmuka dapat dilihat pada Gambar 4.



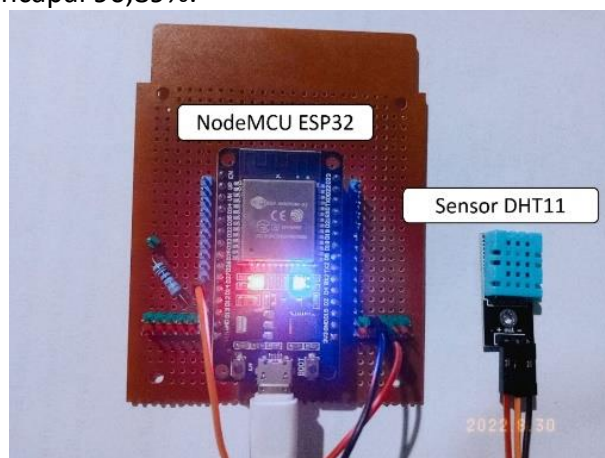
Gambar 4. Halaman Antarmuka (a) Monitoring Tanaman (b) Kendali Tanaman

3.6. Pengujian Sistem

Pengujian sistem terdiri dari pengujian perangkat keras dan perangkat lunak. Proses pengujian dilakukan dengan tujuan untuk memastikan semua fungsi-fungsi dari sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

3.6.1. Pengujian Sistem Pembacaan Suhu dan Kelembapan Udara

Pengujian pembacaan nilai suhu dan kelembapan udara dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor DHT11 dengan hasil pembacaan alat ukur thermo-higrometer digital. Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali percobaan dengan suhu udara yang bervariasi. Tingkat akurasi yang dihasilkan pada pembacaan suhu udara mencapai 98,56% dan kelembapan udara mencapai 96,89%.



Gambar 5. Implementasi Sistem Pembacaan Suhu Udara dan Kelembapan Udara

Tabel 2. Hasil Pengujian Suhu Udara Sensor DHT11 dan Alat Ukur Thermo-Higrometer

Pengukuran	1	2	3	4	5	...	26	27	28	29	30	Rata-rata
Alat Ukur	15,3	15,7	16,4	16,7	16,9	...	27,8	30,5	28	29,6	31,6	
Sensor	15,6	16	16,2	17	17,1	...	28,2	31,1	28,4	30,1	31,9	
Galat Absolut	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	...	0,4	0,6	0,4	0,5	0,3	0,3
Galat Relatif (%)	1,96	1,91	1,21	1,80	1,18	...	1,43	1,96	1,42	1,68	0,94	1,29
Akurasi (%)	98,0	98,0	98,7	98,2	98,8	...	98,5	98,0	98,5	98,3	99,0	98,5
	4	9	9	0	2	...	7	4	8	2	6	6

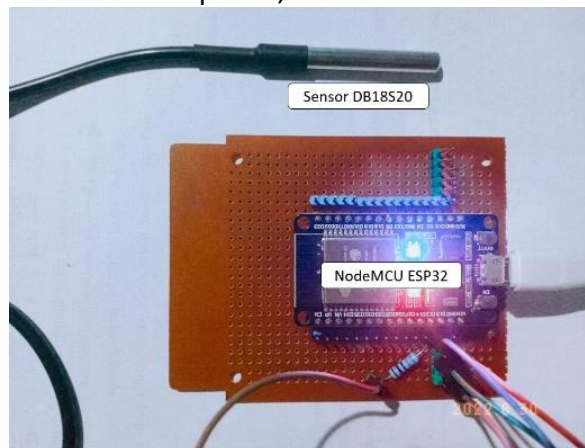
Sensor DHT11 dapat membaca dua kondisi dalam satu perangkat yaitu suhu udara dan kelembapan udara. Hasil untuk pengukuran kelembapan udara sensor DHT11 dibandingkan dengan alat ukur thermo-higrometer digital dapat dilihat Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kelembapan Udara dan Alat Ukur Thermo-Higrometer

Pengukuran	1	2	3	4	5	...	26	27	28	29	30	Rata-rata
Alat Ukur	59	39	40	52	60	...	70	43	52	76	89	
Sensor	61	42	41	54	59	...	73	45	53	79	91	
Galat Absolut	2	3	1	2	1	...	3	2	1	3	2	1,8
Galat Relatif (%)	3,38	7,69	2,50	3,84	1,66	...	4,28	4,65	1,92	3,94	2,24	3,11
Akurasi (%)	96,6	92,3	97,5	96,1	98,3	...	95,7	95,3	98,0	96,0	97,7	96,8
	2	1	0	6	4	...	2	5	8	6	6	9

3.6.2. Pengujian Sistem Pembacaan Suhu Air

Pengujian pembacaan nilai suhu air dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor DB18S20 dengan hasil pembacaan alat ukur thermo-higrometer digital. Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali percobaan dengan suhu air yang bervariasi. Tingkat akurasi yang dihasilkan dari sensor DB18S20 mencapai 99,64%.



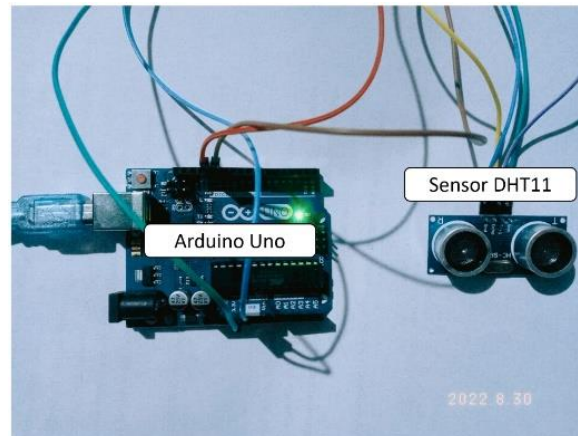
Gambar 6. Implementasi Sistem Pembacaan Suhu Air

Tabel 4. Hasil Pengujian Suhu Air dan Alat Ukur Termo-Higrometer

Pengukuran	1	2	3	4	5	...	26	27	28	29	30	Rata-rata
Alat Ukur	27,5	27,4	28,3	28,6	28,9	...	25,9	26,8	27,6	28,1	29,3	0,093
Sensor	27,6	27,6	28,4	28,3	28,4	...	25,9	26,8	27,6	28,1	29,4	
Galat Absolut	0,12	0,22	0,14	0,29	0,47	...	0,07	0,01	0,08	0,04	0,14	0,093
Galat Relatif (%)	0,43	0,80	0,49	1,01	1,62	...	0,27	0,03	0,28	0,14	0,47	0,36
Akurasi (%)	99,5	99,2	99,5	98,9	98,3	...	99,7	99,9	99,7	99,8	99,5	99,6
	7	0	1	9	8	...	3	7	2	6	3	4

3.6.3. Pengujian Sistem Pembacaan Ketinggian Air

Pengujian pengukuran ketinggian air dilakukan dengan membandingkan nilai pengukuran antara sensor ultrasonik dan alat ukur meteran. Pengujian pengukuran ketinggian dilakukan sebanyak 30 kali percobaan dengan ketinggian air yang bervariasi. Pengukuran ketinggian air dilakukan dalam satuan panjang cm untuk sensor ultrasonik maupun alat ukur meteran. Tingkat akurasi dari pengujian sistem ketinggian air mencapai 99,86%.



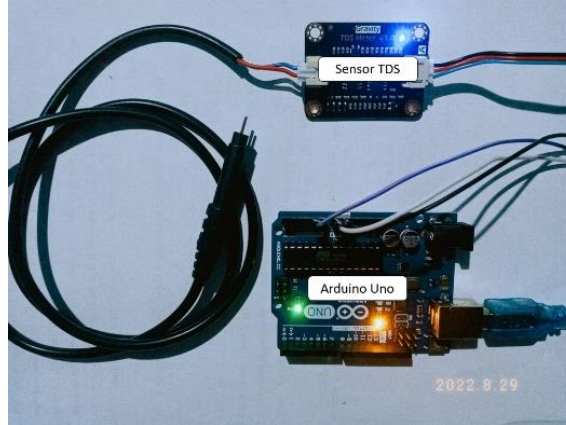
Gambar 7. Implementasi Sistem Pembacaan Ketinggian Air

Tabel 5. Hasil Pengujian Ketinggian Air dan Alat Ukur Meteran

Pengukuran	1	2	3	4	5	...	26	27	28	29	30	Rata-rata
Alat Ukur	6,1	6,2	9,1	10,5	11,2	...	30,1	30,5	32,7	33,4	34,1	0,04
Sensor	5,99	6,10	9,20	10,59	11,21	...	30,16	30,52	32,68	33,46	34,21	
Galat Absolut	0,11	0,10	0,10	0,09	0,01	...	0,06	0,02	0,02	0,06	0,11	0,04
Galat Relatif (%)	1,80	1,61	1,09	0,85	0,08	...	0,19	0,06	0,06	0,17	0,32	0,14
Akurasi (%)	98,2	98,3	98,9	99,1	99,9	...	99,8	99,9	99,9	99,8	99,6	99,8
	0	9	1	5	2	...	1	4	4	3	8	6

3.6.4. Pengujian Sistem Pembacaan Kandungan Nutrisi

Pengujian sensor larutan nutrisi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor larutan nutrisi dengan alat ukur tds meter. Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali percobaan dengan tingkat kandungan nutrisi yang variatif. Tingkat akurasi dari pengujian sensor mencapai 97,02%.



Gambar 8. Implementasi Sistem Pembacaan Kandungan Larutan Nutrisi

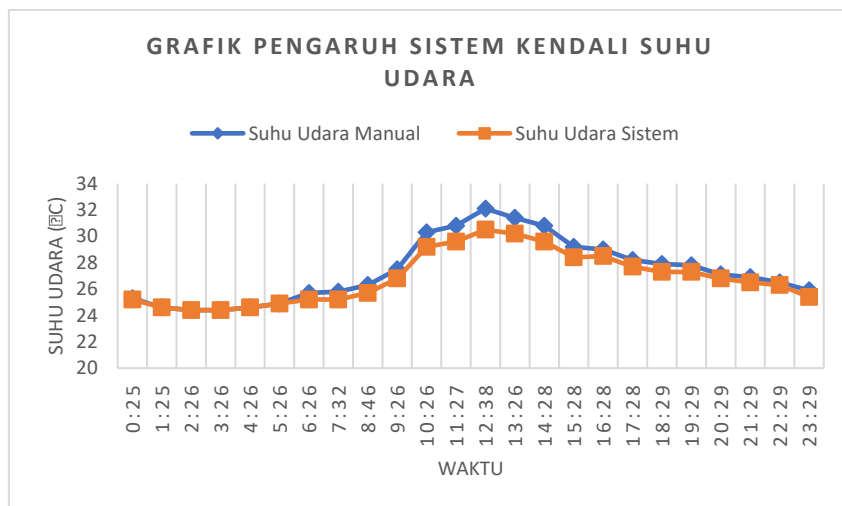
Tabel 6. Hasil Pengujian Kandungan Larutan Nutrisi dan Alat Ukur TDS Meter

Pengukuran	1	2	3	4	5	...	26	27	28	29	30	Rata-rata
Alat Ukur	55	42	95	229	364	...	164	166	164	153	153	
Sensor	58,6	38,6	91,2	214,	361,	...	163	165	163	154	152	
	1	2	1	35	22	...	5,12	6,05	1,31	1,03	8	
Galat Absolut	3,61	3,39	3,79	14,6	2,78	...	9,88	10,9	8,96	2,03	3	5,11
Galat Relatif (%)	6,56	8,07	3,98	6,39	0,76	...	0,60	0,65	0,52	0,13	0,19	2,98
Akurasi (%)	93,4	91,9	96,0	93,6	99,2	...	99,4	99,3	99,4	99,8	99,8	97,0
	4	3	2	1	4	...	0	5	8	7	1	2

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

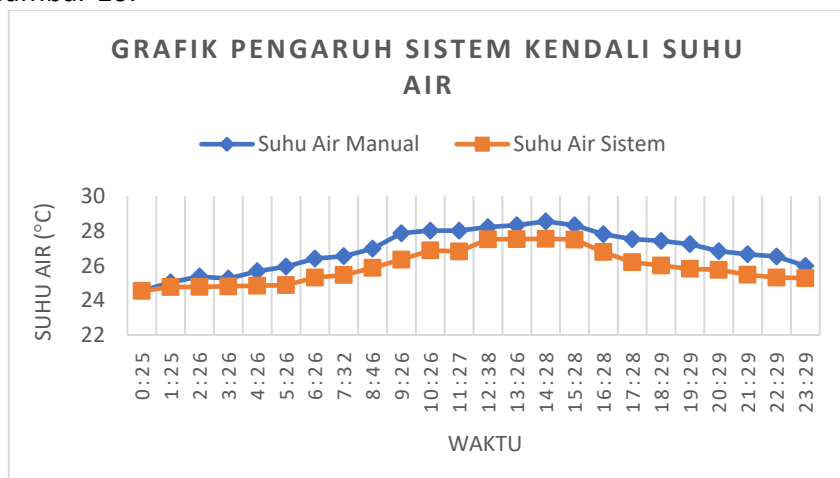
4.1. Kondisi Pemantauan Lingkungan Pertumbuhan Tanaman Kentang

Kondisi lingkungan pertumbuhan tanaman kentang selama masa pengamatan 21 hari didapati kondisi suhu udara tertinggi selama pemantauan bernilai 31,8°C dan suhu udara terendah bernilai 23,9°C, suhu air tertinggi bernilai 28,37°C dan suhu air terendah bernilai 25,18°C, tingkat kelembapan udara tertinggi mencapai 95% dan kelembapan udara terendah 70%, kondisi kandungan nutrisi tertinggi yaitu mencapai 1459 ppm dan kandungan nutrisi terendah mencapai 959,1 ppm. Kendali tanaman kentang meliputi pompa air, pompa nozzle, pompa pengaduk, pompa nutrisi, kipas, aerator. Pengaruh sistem kendali kipas pada lingkungan pertumbuhan tanaman kentang dapat dilihat pada Gambar 9.



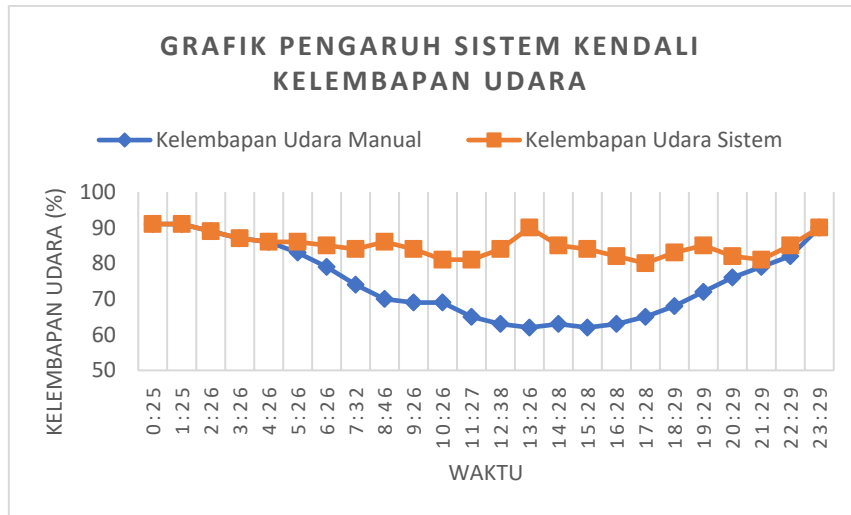
Gambar9. Grafik Pengaruh Sistem Kendali Suhu Udara

Penggunaan aerator dalam menurunkan suhu air memiliki rata-rata penurunan sebesar 1,002°C. Penurunan suhu air tidak mengalami perubahan yang cukup besar dalam penggunaan aerator sehingga aerator kurang efektif digunakan untuk menurunkan suhu air dengan selisih cukup besar tetapi, penggunaan aerator cukup baik untuk penurunan air yang tidak terlalu tinggi. Pengaruh kendali sistem aerator terhadap penurunan suhu air dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Pengaruh Sistem Kendali Suhu Air

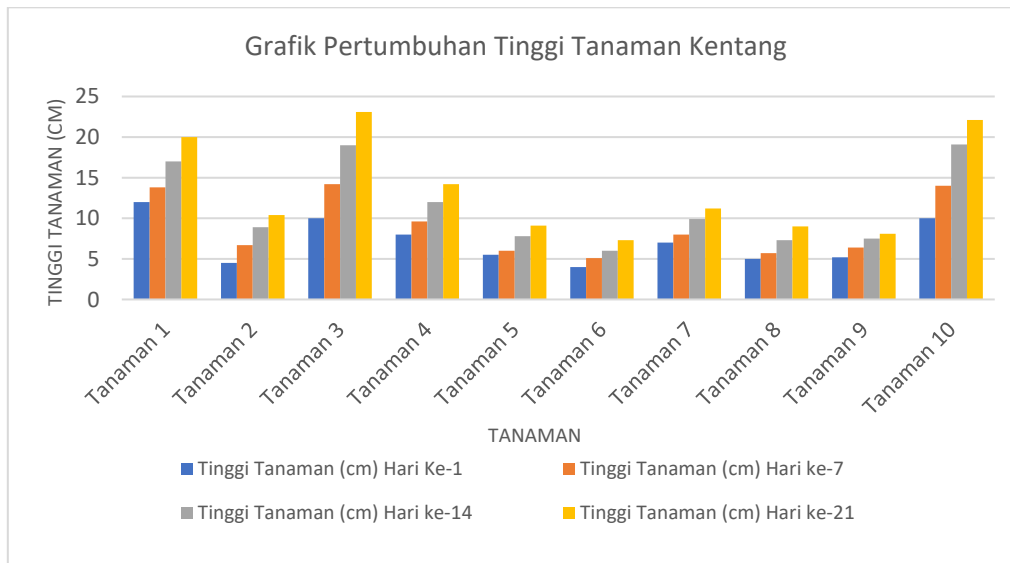
Penggunaan nozzle dalam meningkatkan kelembapan udara sangat efektif karena dapat meningkatkan kelembapan lebih dari 5% dengan rata-rata peningkatan kelembapan sebesar 10,167%. Peningkatan tersebut berlangsung cukup cepat sehingga kondisi ideal kelembapan udara tanaman kentang dapat dengan mudah terpenuhi. Peningkatan kelembapan udara menggunakan kendali nozzle dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Pengaruh Sistem Kendali Kelembapan Udara

4.2. Pertumbuhan Tinggi Tanaman Kentang

Perbandingan pertumbuhan tinggi tanaman kentang dilakukan untuk mengetahui pengaruh sistem *monitoring* dan kendali pada masing-masing tanaman kentang. Pengamatan dilakukan dengan 10 sampel tanaman kentang yang diberikan perlakuan yang sama untuk diperhatikan tingkat pertumbuhan masing-masing tanaman. Riwayat pertumbuhan tinggi tanaman kentang dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Pertumbuhan Tinggi Kentang

Berdasarkan data grafik pertumbuhan tinggi tanaman kentang dapat dilihat jika tanaman 3, dan tanaman 10 memiliki jarak pertumbuhan yang lebih pesat. Rata-rata pertumbuhan tanaman tertinggi terdapat pada tanaman 3 dengan pertumbuhan 4,36 cm per minggu. Kemudian, diikuti dengan pertumbuhan tanaman ke 10 yaitu sebesar 4,03 cm per minggu. Tanaman dengan tingkat pertumbuhan terendah terjadi pada tanaman 9 yaitu rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman 0,96cm per minggu dan tanaman 6 dengan rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman 1,1cm per minggu. Pertumbuhan tinggi tanaman kentang bervariasi meskipun melalui perlakuan yang sama oleh sistem.

5. KESIMPULAN

Pertumbuhan tanaman kentang tertinggi mencapai 4,36 cm per minggu dan pertumbuhan terendah 0,96 cm per minggu. Perbedaan tingkat pertumbuhan tanaman kentang yang menggunakan sistem dan media tanam tanah mencapai 0,15-3,6 cm dimana pertumbuhan menggunakan sistem lebih lambat dibandingkan pertumbuhan media tanam tanah.

Sistem kendali memiliki pengaruh yaitu menurunkan suhu udara dengan rata-rata penurunan sebesar 0,68°C dan suhu air sebesar 1,002°C. Sistem ini dapat memenuhi kondisi ideal suhu air dan suhu udara pada malam hari, tetapi tidak dapat memenuhi kondisi ideal pada siang hari. Kelembapan udara mengalami peningkatan dengan rata-rata sebesar 10,167%, sehingga dapat memenuhi kondisi ideal pada siang hari maupun malam hari. Kondisi larutan kandungan nutrisi juga dapat terpenuhi dalam range 1.000–1.500 ppm.

Pembacaan nilai suhu udara menghasilkan akurasi sebesar 98,56%, akurasi kelembapan udara sebesar 96,89%, akurasi suhu air sebesar 99,64%, akurasi kandungan nutrisi 97,02%, dan akurasi ketinggian air sebesar 99,86%. Hasil tersebut menunjukkan sistem memiliki tingkat akurasi yang tinggi sehingga dapat bekerja dengan baik dalam membaca kondisi lingkungan tanaman kentang.

REFERENSI

- [1] G. K. Dewi and N. Syamsiyah, "Alih Fungsi Lahan Sawah Dan Pengaruhnya Terhadap Pendapatan Petani Di Desa Cacaban, Kecamatan Conggeang, Kabupaten Sumedang," *Mimb. Agribisnis J. Pemikir. Masy. Ilm. Berwawasan Agribisnis*, vol. 6, no. 2, p. 843, 2020, doi: 10.25157/ma.v6i2.3572.
- [2] V. I. Safitri, "Deteksi Penyakit Tanaman Kentang Menggunakan Metode Certainty Factor," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 1, no. 1, pp. 798–805, 2017.
- [3] P. Hidayah, M. Izzati, and S. Parman, "Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L. var. Granola) pada Sistem Budidaya yang Berbeda," *Bul. Anat. dan Fisiol.*, vol. 2, no. 2, p. 218, 2017, doi: 10.14710/baf.2.2.2017.218-225.
- [4] I. A. Sari, A. N. Handayani, and D. Lestari, "Smart Greenhouse sebagai Media Pembibitan Kentang Granola Kembang Berbasis Mikrokontroler," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Elektro Terap.*, vol. 02, no. 01, pp. 105–110, 2018, [Online]. Available: <https://prosiding.polinema.ac.id/sngbr/index.php/sntet/article/view/155>.
- [5] Wulandari and N. W. Sumiar, "Pengembangan Sistem Pengaturan Larutan Nutrisi Otomatis Pada Budidaya Kentang Aeroponik," *J. Ilmu Komput. dan Agri-Informatika*, vol. 8, no. 1, pp. 57–68, 2021, doi: 10.29244/jika.8.1.57-68.
- [6] Susilawati, *Dasar – Dasar Bertanam Secara Hidroponik*. 2019.
- [7] endang dwi Purbajanti, W. Slamet, and F. Kusmiyati, *Hydroponic Bertanam tanpa tanah*, 1st ed. Semarang: EF Press Digimedia, 2017.
- [8] B. P. C. Baretta, A. Harijanto, and M. Maryani, "Rancang Bangun Alat Ukur Sistem Monitoring pH, Temperatur, Dan Kelembapan Akuarium Ikan Hias Berbasis Arduino Uno," *J. Pembelajaran Fis.*, vol. 10, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.19184/jpf.v10i1.21900.
- [9] Solihin, D. Triyanto, and U. Ristian, "Sistem Monitoring pH Air Dan Kontrol Pompa Air Untuk Persiapan Penyiraman Tanaman Berbasis Internet of Things (Studi Kasus: SMART GARDEN FMIPA UNTAN)," *Coding J. Komput. dan Apl.*, vol. 09, no. 02, pp. 239–249, 2021.

- [10] A. W. Wicaksono, E. R. Widasari, and F. Utaminingrum, "Implementasi Sistem Kontrol dan Monitoring pH pada Tanaman Kentang Aeroponik secara Wireless," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 5, pp. 386–398, 2017.
- [11] P. D. I. I. R. Sastrahidayat, *Tanaman Kentang dan Pengendali Hama Penyakitnya*, 1st ed. Malang: Tim UB Press, 2011.
- [12] U. Yulianti and Yefriwati, "Pengaruh Jarak Tanaman Terhadap Pertumbuhan Umbi Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum*.L) di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Barat," vol. 1, no. 2, pp. 40–47, 2020.
- [13] F. El Khair and R. Ferdian, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Pertumbuhan Sayuran di Dalam Ruangan dengan Metode Tanam Aeroponik," *Chipset*, vol. 1, no. 1, pp. 5–9, 2020.
- [14] S. Mluyati and S. Sadi, "INTERNET OF THINGS (IoT) PADA PROTOTIPE PENDETEKSI KEBOCORAN GAS BERBASIS MQ-2 dan SIM800L," *J. Tek.*, vol. 7, no. 2, 2019, doi: 10.31000/jt.v7i2.1358.
- [15] M. F. Wicaksono, "Implementasi Modul Wifi NODEMCU ESP8266 Untuk Smart Home," *J. Tek. Komput. Unikom*, vol. 6, no. 1, 2017, doi: 10.33751/komputasi.v16i2.1622.
- [16] N. C. Putra, Jayanta, and Y. Widiastiwi, "Penerapan Logika Fuzzy Untuk Mendeteksi Kualiatas Air Higiene Sanitasi Menggunakan Metode Sugeno (Studi Kasus : Air Tanah Kota Bekasi)," *J. Semin. Nas. Mhs. Ilmu Komput. dan Apl.*, vol. 1, no. 4, pp. 693–706, 2020.
- [17] M. T. Sulisty, "Sistem Pengukuran Kadar Ph , Suhu , Dan Sensor Turbidity Pada Limbah Rumah Sakit Berbasis Arduino UNO," pp. 1–10, 2019.
- [18] E. Nurazizah, R. Mohamad, and R. Achmad, "Rancang Bangun Termometer Digital Berbasis Sensor Ds18b20 Untuk Penyandang Tunanetra | Nurazizah | eProceedings of Engineering," vol. 4, no. 3, pp. 3294–3301, 2017, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/4858/4812>.
- [19] A. F. Adella, M. F. P. Putra, F. Taufiqurrahman, and A. B. Kaswar, "Sistem pintu cerdas menggunakan sensor ultrasonic berbasis internet of things," *J. Media Elektr.*, vol. 17, no. 3, pp. 1–7, 2020.