
**MONITORING TANAMAN HIDROPONIK DENGAN IMPEMENTASI
INTERNET OF THINGS (IOT) DI GREEN HOUSE
PRODI BIOLOGI UIN AR-RANIRY**

Muslich Hidayat¹, Ima Dwitawati², dan Icha Widya Pratiwi³

¹*Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry,
Banda Aceh, Indonesia*

^{2,3}*Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry,
Banda Aceh, Indonesia*

Received : 01 Oktober 2024 Accepted : 22 Oktober 2024 Published : 30 Oktober 2024

ABSTRACT

The Internet of Things can be used in the field of monitoring hydroponic plants. To make it easier to measure air temperature and humidity, water temperature, light intensity, water pH and water TDS values, this research developed a tool with IoT technology to monitor these six parameters. In this research, hardware was designed using an ESP32 WROOM-32U microcontroller, DHT22 sensor, DS18B20 sensor, BH1750 sensor, DFRobot TDS sensor, pH4502C sensor. The implementation of this monitoring tool is used in the Green house of the Biology Study Program, Faculty of Science and Technology, UIN Ar-Raniry Banda Aceh. The sensor measurement results were tested by comparing with a national standard manual tool, The measurement accuracy of this tool is quite good, which ranges from 94.91% - 99.24%. With the accuracy of each sensor: The DHT22 sensor for measuring temperature has an accuracy rate of 99.24% while humidity is 98.47%, the DS18B20 sensor has an accuracy rate of 94.91%, the BH1750 sensor has an accuracy rate of 96.31%, the TDS sensor has a accuracy is 99.51%, and the pH4502C sensor has an accuracy rate of 98.38%.

Keywords: Internet of Things (IoT), Hydroponic, ESP32, Arduino IoT Cloud

ABSTRAK

Internet of Things dapat digunakan dalam bidang pemantauan tanaman hidroponik. Untuk memudahkan pengukuran suhu dan kelembaban udara, suhu air, intensitas cahaya, pH air, dan nilai TDS air, maka pada penelitian ini dikembangkan sebuah alat dengan teknologi IoT untuk memonitoring keenam parameter tersebut. Pada penelitian ini, perancangan perangkat keras menggunakan mikrokontroler ESP32 WROOM-32U, sensor DHT22, sensor DS18B20, sensor BH1750, sensor TDS DFRobot, sensor pH4502C. Implementasi alat monitoring tersebut digunakan di Green house Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Hasil pengukuran sensor diuji dengan membandingkan dengan alat manual berstandar nasional, untuk akurasi pengukuran alat ini cukup baik, yaitu berkisar antara 94,91% - 99,24%. Dengan akurasi masing-masing sensor: Sensor DHT22 untuk mengukur suhu memiliki tingkat akurasi 99,24% sedangkan kelembaban 98,47%, sensor DS18B20 memiliki tingkat akurasi 94,91%, sensor BH1750 memiliki tingkat akurasi 96,31%, sensor TDS memiliki tingkat akurasi 99,51%, dan sensor pH4502C memiliki tingkat akurasi 98,38%.

Kata kunci: *Internet of Things (IoT)*, Hidroponik, ESP32, *Arduino IoT Cloud*

Corresponding Author:

Muslich Hidayat

Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh 23111, Indonesia

Email: muslich.hidayat@ar-raniry.ac.id

PENDAHULUAN

Zaman digital telah merubah berbagai kegiatan manusia yang dulunya dilakukan secara konvensional menjadi mungkin dilakukan secara digital dengan kehadiran, kecanggihan, dan kemudahan yang ditawarkan oleh *Internet of Things* (IoT). IoT merupakan sebuah konsep yang mengkombinasikan alat ke dalam teknologi dengan memanfaatkan sensor dan program *software* yang terhubung ke internet dengan tujuan untuk saling berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan mengubah data dengan alat (Syahrir dkk, 2020). Perkembangan IoT berkembang pesat, maka dari itu penulis tertarik untuk mengimplementasikan IoT dari sektor pertanian untuk memonitoring tanaman hidroponik. Alat monitoring dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 WROOM-32U yang memiliki kelebihan sudah mempunyai WiFi dan Bluetooth dan dapat mengambil sinyal lebih stabil. Pada penelitian ini menggunakan 5 sensor untuk membangun alat monitoring, yaitu sensor DHT22 untuk mengukur tingkat suhu dan kelembaban udara, sensor DS18B20 untuk mengukur suhu air, sensor BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya, sensor Total Dissolved Solids (TDS) untuk mengukur nilai TDS air, sensor pH 4502C untuk mengukur derajat kebasahan atau keasaman pada larutan (Syahrir dkk, 2020).

Implementasi alat monitoring dilakukan pada *Green house* Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Pemanfaatan perangkat IoT pada tanaman hidroponik bertujuan agar lebih mudah untuk mengetahui nilai TDS air, intensitas cahaya, pH air, suhu air, suhu udara dan kelembaban udara secara realtime menggunakan smartphone maupun web.

METODE PENELITIAN

Observasi Awal

Penulis melakukan studi literatur dengan mencari landasan teori dari beberapa buku, jurnal, internet, website, dan penelitian tugas akhir yang sejenis dengan topik permasalahan yang penulis lakukan.

Analisis Kebutuhan Alat dan Bahan

Analisa kebutuhan alat dan bahan merupakan tahap yang paling utama dilakukan dalam perancangan suatu sistem. Pada tahapan ini terdiri dari gambaran dari sistem, batasan-batasan yang dilakukan sistem, menganalisa alat dan bahan yang diperlukan untuk penelitian.

Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Pada tahap ini, dilakukan penggabungan antara komponen-komponen perangkat keras dengan sensor. Alat yang diperlukan dalam penelitian ini

adalah ESP32 WROOM-32U, Breadboard Power Supply, Sensor TDS, sensor pH 42502C, Sensor DHT22, Sensor DS18B20, Sensor BH1750 yang satu dengan lainnya akan dihubungkan dengan kabel *jumper male to female*.

Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Proses perancangan perangkat lunak (*software*) pada penelitian ini menggunakan komponen perangkat lunak yang berfungsi memprogram sensor untuk membaca dan mengendalikan sensor agar berjalan dengan baik, proses ini menggunakan perangkat lunak *Arduino IoT Cloud*.

Teknik Pengujian

Adapun beberapa pengujian yang dilakukan antara lain pengujian keakuratan sensor, pengujian respon alat dalam menanggapi perintah yang sudah di program serta pengujian kesesuaian data sensor dari ESP32 ke aplikasi *Arduino Cloud Remote*. Untuk melihat persentase kesalahan pada sensor dapat melakukan perhitungan persentase error menggunakan rumus berikut :

$$\% \text{ Error} = \frac{x-x_1}{x} \times 100 \% \quad (\text{Chuzaini, 2022})$$

Dimana:

x = Data sebenarnya pada alat manual

x_1 = Data terukur pada sensor

% *Error* = Persentase kesalahan

Untuk melihat keakuratan sensor dapat melakukan perhitungan akurasi alat menggunakan rumus berikut :

$$\text{akurasi alat} = 100\% - \% \text{ error} \quad (\text{Chuzaini, 2022})$$

Dimana:

% *error* = Persentase kesalahan

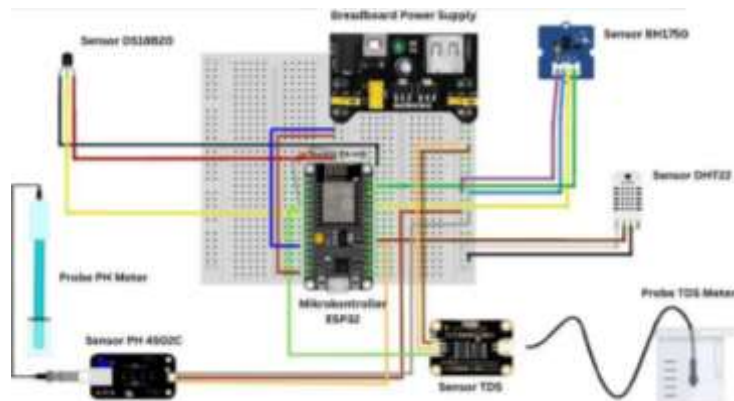
akurasi alat = Keakuratan sensor

Hasil pengujian yang valid apabila hasil akurasi (ketepatan) alat yang diperoleh bernilai baik. Akurasi alat dinyatakan baik jika nilai akurasinya berada pada rentang 90-100% (Muryanto, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancang Bangun Perangkat Keras (*Hardware*)

Implementasi akhir perangkat keras alat monitoring tanaman hidroponik dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan perangkat keras telah berhasil dilakukan dimana terdiri dari Mikrokontroler ESP32 WROOM-32U yang dilengkapi *WIFI* dan *Bluetooth* sebagai pusat kendali sistem. Kemudian untuk mendapatkan data lingkungan maka pada mikrokontroler disematkan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, sensor DS18B20 untuk mengukur suhu air, sensor BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya, sensor TDS untuk mengukur partikel zat terlarut dan sensor pH 4502C untuk mengukur asam dan basa air (Gambar 1).

Hasil Rancang Bangun Perangkat Lunak (*Software*)

Hasil rancangan perangkat lunak (*software*) alat monitoring tanaman hidroponik pada dashboard web *Arduino IoT Cloud* dan tampilan pada aplikasi *Arduino Cloud Remote* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Dashboard *Arduino IoT Cloud*

Perancangan *software* berfungsi sebagai *output* yang dapat dilihat oleh pengguna dan berfungsi juga sebagai perintah untuk menentukan kerja dari masing-masing sensor. Ada 7 proses yang terdapat dalam program ini, yaitu :

1. Setiap sensor telah diprogram sesuai fungsinya masing-masing melalui *text editor Arduino IOT Cloud* dan disimpan pada memori ESP32 WROOM-32U

- untuk mengirimkan data sensor ke server *Arduino IOT Cloud*.
2. *Power supply* dihubungkan ke sumber listrik agar memberikan tegangan listrik ke mikrokontroler yang membuat masing-masing sensor menyala.
 3. Pembacaan sensor DHT22 dapat membaca suhu dan kelembaban sesuai instruksi program. Hasil pembacaan dikirim ke server *Arduino IOT Cloud* dan dapat ditampilkan melalui *dashborad Arduino IOT Cloud*.
 4. Pembacaan sensor DS18B20 dapat membaca suhu pada *probe* sesuai instruksi program. Hasil pembacaan dikirim ke server *Arduino IOT Cloud* dan dapat ditampilkan melalui *dashborad Arduino IOT Cloud*.
 5. Pembacaan sensor BH1750 dapat membaca intensitas cahaya sesuai instruksi program. Hasil pembacaan dikirim ke server *Arduino IOT Cloud* dan dapat ditampilkan melalui *dashborad Arduino IOT Cloud*.
 6. Pembacaan sensor TDS yang sebelumnya sudah dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk menentukan tingkat akurasi yang sesuai dengan alat ukur TDS Meter dan dilakukan sesuai instruksi program. Hasil pembacaan dikirim ke server *Arduino IOT Cloud* dan dapat ditampilkan melalui *dashborad Arduino IOT Cloud*.
 7. Pembacaan sensor pH 4502C yang sebelumnya sudah dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk menentukan tingkat akurasi yang sesuai dengan alat ukur pH Meter dan dilakukan sesuai instruksi program. Hasil pembacaan dikirim ke server *Arduino IOT Cloud* dan dapat ditampilkan melalui *dashborad Arduino IOT Cloud*.

Setelah berhasil merancang dan membangun sistem monitoring tanaman hidroponik, proses selanjutnya melakukan uji kalibrasi sensor terhadap sampel. Uji kalibrasi ini menggunakan alat ukur berstandarnasional seperti pH meter, TDS meter, termometer, luxmeter untuk dikalibrasikan dengan sensor pH 4502C, TDS, DHT22, DS18B20, dan BH1750.

Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor DHT22

Penulis melakukan percobaan sebanyak sepuluh kali untuk mengetahui rata-rata sensor DHT22 dengan durasi waktu sensor stabil 10 detik disetiap percobaan (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor DHT22 (Suhu)

No	Durasi Waktu Kestabilan	Suhu Udara °C		Kesalahan Error Alat (%)
		Alat Ukur	Sensor	
1	10 detik	32,4	32,60	0,61
2		32,4	32,60	0,61
3		32,4	32,60	0,61

No	Durasi Waktu Kestabilan	Suhu Udara ⁰ C		Kesalahan Error Alat (%)
		Alat Ukur	Sensor	
4		32,3	32,60	0,92
5		32,4	32,70	0,92
6		32,4	32,70	0,92
7		32,4	32,80	1,23
8		32,4	32,70	0,92
9		32,3	32,60	0,92
10		32,3	32,60	0,92
Rata-rata Kesalahan Error Alat (%)				0,76
Akurasi Alat (100% - Persentase Kesalahan)				99,24

Tabel 2. Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor DHT22 (Kelembapan)

No	Durasi Waktu Kestabilan	Kelembapan (%)		Kesalahan Error Alat (%)
		Alat Ukur	Sensor	
1	10 detik	71	72,20	1,69
2		71	72,50	2,11
3		71	72,20	1,69
4		71	72,40	1,97
5		71	72,10	1,54
6		71	72,50	2,11
7		71	72,20	1,69
8		71	72,80	2,53
9		71	71,00	0
10		71	71,00	0
Rata-rata Kesalahan Error Alat (%)				1,53
Akurasi Alat (100% - Persentase Kesalahan)				98,47

Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor DS18B20

Percobaan dilakukan sebanyak sepuluh kali dengan durasi waktu sensor 10 detik untuk mengetahui rata-rata sensor DS18B20. Adapun hasil pengujian kalibrasi sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor DS18B20

No	Durasi Waktu Kestabilan	Suhu Air (⁰ C)		Kesalahan Error Alat (%)
		Alat Ukur	Sensor	
1	10 detik	32,4	30,50	5,86
2		32,4	30,50	5,86
3		32,4	31,00	4,32
4		32,4	30,50	5,86

No	Durasi Waktu Kestabilan	Suhu Air (⁰ C)		Kesalahan Error Alat (%)
		Alat Ukur	Sensor	
5		32,4	30,50	5,86
6		32,4	30,50	5,86
7		32,4	31,00	4,32
8		32,4	31,00	4,32
9		32,4	31,00	4,32
10		32,4	31,00	4,32
Rata-rata Kesalahan Error Alat (%)				5,09
Akurasi Alat (100% - Persentase Kesalahan)				94,91

Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor BH1750

Selanjutnya penulis melakukan percobaan sebanyak sepuluh kali untuk mengetahui rata-rata sensor BH1750 dengan durasi waktu sensor stabil 10 detik disetiap percobaan. Adapun hasil pengujian kalibrasi sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor BH1750

No	Durasi Waktu Kestabilan	Intensitas Cahaya (<i>Lux</i>)		Kesalahan Error Alat (%)
		Alat Ukur	Sensor	
1	10 detik	4900	4874,15	0,52
2		4870	4709,17	3,30
3		4880	4697,17	3,74
4		4870	4667,50	4,15
5		4830	4465,00	7,55
6		4820	4479,17	7,07
7		4510	4593,33	1,84
8		4440	4344,17	2,15
9		4430	4210,00	4,96
10		4420	4344,17	1,71
Rata-rata Kesalahan Error Alat (%)				3,69
Akurasi Alat (100% - Persentase Kesalahan)				96,31

Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor TDS

Pengambilan data dimulai dari 0 PPM – 809 PPM. Percobaan dilakukan sebanyak sepuluh kali dengan durasi waktu sensor stabil 10 detik. Adapun hasil pengujian kalibrasi pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor BH1750

No	Durasi Waktu Kestabilan	TDS (ppm)		Kesalahan Error Alat (%)
		Alat Ukur	Sensor	
1	10 detik	292,1	297,19	1,74
2		292,1	298,74	2,27
3		292,1	293,72	0,55
4		292,1	292,19	0,03
5		292,1	291,62	0,16
6		292,1	292,38	0,09
7		292,1	292,00	0,03
8		292,1	292,19	0,03
9		292,1	292,38	0,09
10		292,1	292,00	0,03
Rata-rata Kesalahan Error Alat (%)				0,49
Akurasi Alat (100% - Persentase Kesalahan)				99,51

Uji Kalibrasi dan Keakuratan Sensor pH4502C

Pengujian *buffer* dilakukan dua kali, pertama uji kalibrasi sensor pH 4502C dengan buffer pH 7 untuk mendapatkan hasil tegangan. yang terbaca pada sensor adalah 2,43. Kemudian hasil tegangan tersebut dikonfigurasi dan disimpan ke dalam program sehingga menghasilkan pH 7,27. Kedua, uji kalibrasi sensor pH 4502C dengan buffer pH 4 untuk mendapatkan hasil tegangan yang terbaca pada sensor adalah 3,29.

Kemudian hasil tegangan tersebut dikonfigurasi dan disimpan ke dalam program sehingga menghasilkan nilai pH 4,00. Hasil tegangan air hidroponik yang terbaca pada sensor adalah 1,95 dan 1,87. Kemudian hasil tegangan tersebut dikonfigurasi dan disimpan ke dalam program, sehingga menghasilkan nilai pH 9,11 dan 9,41.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor pH4502C

No	Durasi Waktu Kestabilan	Tegangan (V)	TDS (ppm)		Kesalahan Error Alat (%)
			Alat Ukur	Sensor	
1	10 detik	2,01	9,36	8,90	4,91
2		2,00	9,33	9,00	3,53
3		2,00	9,25	9,00	2,70
4		1,88	9,28	9,20	0,86
5		1,88	9,24	9,20	0,43
6		1,96	9,27	9,10	1,83
7		1,95	9,20	9,11	0,97

No	Durasi Waktu Kestabilan	Tegangan (V)	TDS (ppm)		Kesalahan Error Alat (%)
			Alat Ukur	Sensor	
8		1,95	9,21	9,11	1,08
9		1,88	9,21	9,20	0,10
10		1,88	9,20	9,20	0,00
Rata-rata Kesalahan Error Alat (%)					1,64
Akurasi Alat (100% - Persentase Kesalahan)					98,36

Hasil penelitian ini memiliki akurasi alat baik dengan rentang nilai masing-masing sensor 94,91% - 99,24%. Sensor DHT22 untuk suhu memiliki akurasi 99,24% sedangkan kelembapan 98,47%, sensor DS18B20 dengan akurasi 94,91%, sensor BH1750 dengan akurasi 96,31%, sensor TDS dengan akurasi 99,51%, dan sensor pH 4502C dengan akurasi 98,38% . Jika dihitung nilai rata-ratanya, akurasi alat terhadap keseluruhan sistem menghasilkan nilai sebesar 97,80% dengan kesalahan error rata-rata sebesar 2,2 %.

Dengan demikian, diperoleh perbandingan hasil penelitian ini lebih baik dengan penelitian sebelumnya oleh (Fabiola, 2022) yang menghasilkan nilai kesalahan error sebesar 28% dan pengiriman data *monitoring* sistem hidroponik berhasil ditampilkan dalam bentuk Gambar pada *platform OvoRD*. Begitu pula jika dibandingkan dengan hasil penelitian (Ahmad, 2022) yang menyatakan bahwa kinerja sistem monitoring suhu dan kelembapan tanah memiliki ketahanan 10 jam 27 menit, dengan akurasi suhu tanah sebesar 98,05%, akurasi sensor kelembapan tanah sebesar 90,2%, akurasi suhu udara sebesar 98,3%, dan akurasi kelembapan udara sebesar 96,88%. Selanjutnya, perbandingan dengan hasil penelitian (Denny, 2022) dalam mengukur karakteristik tanah menggunakan sensor DS18B20 dan sensor pH tanah menghasilkan tingkat kesalahan error untuk keseluruhan sensor sebesar 18,24%. Kemudian, perbandingan dengan hasil penelitian (Rustan, 2021) dalam memantau hidroponik menggunakan logika fuzzy menghasilkan akurasi alat terhadap sistem sebesar 98,16 %.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat monitoring menggunakan ESP32 WROOM-32U dapat berjalan dengan baik sesuai fungsinya dan memiliki tingkat akurasi yang baik, dengan rentang nilai 94,91% - 99,24%. Sensor DHT22 untuk suhu memiliki akurasi 99,24% sedangkan kelembapan 98,47%, sensor DS18B20 dengan akurasi 94,91%, sensor BH1750 dengan akurasi 96,31%, sensor TDS dengan akurasi 99,51%, dan sensor pH 4502C dengan akurasi 98,38% . Jika dihitung nilai rata-ratanya, akurasi alat terhadap keseluruhan sistem menghasilkan nilai sebesar 97,80%. WROOM-32U berhasil membaca kelima sensor, mengirimkan data sensor, dan menampilkannya di

dashboard web dan di aplikasi *Arduino Cloud Remote* untuk smartphone Android/IOS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Pusat Penelitian UIN Ar Raniry yang telah mensupport dana dari penelitian tahun anggaran 2024 sehingga penelitian dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adin, R. K. (2021). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Otomasi Hidroponik Secara Internet of Things (IoT) Menggunakan Arduino Nano*. Afandi, M. (2020). *Sistem Kontrol Otomatis Dan Monitoring EC Berbasis IoT Untuk Pemberian Pupuk Pada Tanaman Selada*.
- Ahmad, T. (2022). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Tanah Berbasis Internet of Things*. 10(3), 268–280.
- Chuzaini, F., Wedi, D., Mata, S., Grogolan, A., Ngunut, D., & Tirta, S. (2022). IoT Monitoring Kualitas Air dengan Menggunakan Sensor Suhu , pH , dan Total Dissolved Solids (TDS). *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 11(3), 46–56.
- Darmawan, M. A., Tri, & Putri, W. O. (2022). *Prototipe Sistem Kendali Jarak Jauh Pada Pakan Dan Pintu Kandang Kucing*. 12(1), 21–30. <https://doi.org/10.33322/sutet.v12i1.1664>.
- Doni Rahmad, R. M. (2012). Sistem Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Iot (Internet of Thing) Menggunakan Nodemcu ESP8266. *Jurnal Teknologi Elekterika*, 2(2), 516–522.
- Fabiola. (2022). Internet of Things-Based Hydroponic System Monitoring Design. *Teknik Informatika* Vol. 17 No. 1 January-March 2022, Pp. 129-138, 17(1), 129–138.
- Fauziah, S. A. (2022). *Monitoring Dan Kontroling Tanaman Bawang Merah Berbasis Internet of Things*. Syarifah Asmul Fauziah Syarifah Asmul Fauziah.
- Hieu, H. (2023). *Design And Implementation Of A Ble Gateway Using Esp32 Chipset*.
- Khuriati, A. (2022). *Sistem Pemantau Intensitas Cahaya Ambien Dengan Sensor BH1750 Berbasis Mikrokontroller Arduino Nano*. 25(13).
- Kudadiri, Y. A., & Priyulida, F. (2021). Rancang Bangun Sensor Bh1750 Berbasis Mikrokontroller Sebagai Fototerapi Pada Penderita Hiperbilirubin/Bayi

- Kuning. *Jurnal Mutiara Elektromedik*, 5(2), 46–51. <https://doi.org/10.51544/elektromedik.v5i2.3361>.
- Megawati, S. (2021). Pengembangan Sistem Teknologi Internet of Things Yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia. *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, 5(1), 19–26. <https://doi.org/10.26740/jieet.v5n1.p19-26>.
- Muryanto, M. (2020). Validasi Metode Analisa Amonia pada Air Tanah Menggunakan Metode Spektrofotometri. *Indonesian Journal of Laboratory*, 2(1), 40. <https://doi.org/10.22146/ijl.v2i1.54490>.
- Nasrah, A., Bogi, N., & Susi. (2022). *Realisasi Perangkat Iot Untuk Sistem Monitoring Media Tanam Berbasis Smart Greenbox Untuk Pertumbuhan Tanaman Cabai Realization Of Iot Device For Smart Greenbox Based Plant Media Monitoring System For Chili Plant Growth*. 9(2), 577–588.
- Nurhadi, Madrofi, Sucipto Putra Wisnu Agung, H. A. (2022). *Bang Bang Controller Pelarutan Nutrisi AB Mix Tanaman Hidroponik Rumahan*. 3, 305–314.
- Padi, P., Utomo, D. T., Etikasari, B., Mahendra, O. Y., & Munih, M. (2022). *Alat Ukur Karakteristik Tanah Berbasis IoT untuk Tanaman*. 2022 (November), 553–562.
- Reza, M., Bintoro, A., & Putri, R. (2021). Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Penyimpanan Gabah untuk Menjaga Kualitas Beras Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Energi Elektrik*, 9(2), 14. <https://doi.org/10.29103/jee.v10i1.4309>.
- Riandhika, C. B. (2022). *Rancang Bangun Alat Monitoring Kualitas Air Kolam di UIN Smart Garden Berbasis IOT*. 8.5.2017, 2003–2005.
- Rustan, M. F. (2021). Smart Monitoring Hidroponik Berbasis Internet of Things. *Journal of Computer and Information System (J-CIS)*, 4(2), 51–61. <https://doi.org/10.31605/jcis.v4i2.1494>.
- Saputro, A. F. Y., & Prasetyo, D. A. (2022). Rancang Bangun Thermopen Sebagai Pengukur Suhu Menggunakan Sensor Ds18B20 Dilengkapi Internet of Things. Emitor: *Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 26–33. <https://doi.org/10.23917/emitor.v22i1.14928>.
- Suryana, T. (2021). *Measuring Light Intensity Using the BH1750 Sensor*. *Komputa Unikomm 2021*, 1–16.
- Susilawati. (2019). *Dasar – Dasar Bertanam Secara Hidroponik*.

- Syahrir, S., Syarif, M. I., & Bastian, A. (2020). Rancang Bangun Monitoring Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things (IoT). *Seminar Nasional Hasil...6(1)*, 62–67. <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/download/2387/2099>.
- Umar, M. H. A. (2022). *Sistem Informasi Pemantauan Mobile Berbasis Internet of Things Untuk Hidroponik Rakit Apung Tanaman Kangkung*.
- Wiguna, A. R. (2020). *Analisis Cara Kerja Sensor Ultrasonic Dan Motor Servo Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Untuk Pengusir Hama Disawah*. *OSF Preprints*, December. https://www.researchgate.net/profile/RobbyEndra/publication/347690066_Analisis_Cara_Kerja_Sensor_Ultrasonic_Dan_Motor_Servo_Menggunakan_Mikrokontroler_Arduino_Uno_Untuk_Pengusir_Hama_Disawah/links/5fe32604299bf140883796a7/Analisis-Cara-Kerja-Sensor-Ultra.