

PROTOTYPE PENGAWASAN DAN PENGONTROLAN AERATOR UNTUK BUDIDAYA UDANG BERBASIS IOT

Mawardi¹, Panangian Mahadi Sihombing², Solly Adelisa³, Muhammad Amril Siregar⁴,
Muhammad Aditia Dwi Putra⁵, Dona Tiara Lubis⁶, Masdania Zurairah Siregar⁷

¹Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar, Jl. Pintu Air IV No. 214 Kwala Bekala-Padang Bulan, Kota Medan 20142

^{2,3,5,6}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar, Jl. Pintu Air IV No. 214 Kwala Bekala-Padang Bulan, Kota Medan 20142

⁴Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara, Politeknik Penerbangan Medan, Jl. Penerbangan No. 85 Sempakata-Medan Selayang, Kota Medan 20131

⁷Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar, Jl. Pintu Air IV No. 214 Kwala Bekala-Padang Bulan, Kota Medan 20142

Email : *²mahadinababan@gmail.com

Artikel Info

Artikel Historis :
Terima 5 April 2023
Terima dan di revisi 23 April 2023
Disetujui 24 April 2023
Kata Kunci :
Aerator, budidaya udang, *Internet of Things* (IoT), Wemos D1R2, blynk IoT.



This work is licensed under
Creative Commons Attribution License
4.0 CC-BY International licens

Abstrak

Aerator sering digunakan pada kolam budidaya udang karena berperan meningkatkan kualitas air dengan cara meningkatkan oksigen terlarut. Kadar oksigen terlarut yang cukup sangat dibutuhkan oleh udang untuk dapat berkembang dengan baik. Berdasarkan hal tersebut, aerator sangat berperan penting untuk meningkatkan budidaya udang. Namun, pemakaian aerator secara terus menerus dapat menyebabkan peningkatan biaya produksi berupa pemakaian listrik. Selain itu, pemakaian aerator secara terus menerus juga dapat memperpendek usia pemakaian aerator itu sendiri. Dengan demikian, penelitian ini telah menghasilkan sebuah prototipe kontrol aerator secara otomatis sehingga diharapkan dapat mengatasi masalah tersebut. Prototipe ini juga berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mengetahui suhu air kolam melalui *smartphone* pengguna. Prototipe ini mengaplikasi Wemos D1R2 sebagai prosesor untuk mengontrol aerator serta terhubung ke jaringan internet untuk mengaplikasikan teknologi IoT. Selain itu, aplikasi Blynk IoT juga digunakan pada *smartphone* pengguna agar dapat terhubung ke prototipe yang dibangun. Beberapa modul lain seperti sensor DS18B20, LCD, relay juga digunakan untuk kinerja prototipe yang dihasilkan.

Keywords :

Aerator, shrimp farming, Internet of Things (IoT), Wemos D1R2, blynk IoT.

Abstract

Aerators are often used in shrimp farming ponds because they play a role in improving water quality by increasing dissolved oxygen. Sufficient levels of dissolved oxygen are needed by shrimp to develop properly. Based on this, aerators play an important role in improving shrimp farming. However, the continuous use of aerators can lead to an increase in production costs in the form of electricity consumption. In addition, the continuous use of the aerator can also shorten the service life of the aerator itself. Therefore, in this study, a prototype of the aerator control has been designed automatically so that it is expected to overcome this problem. This prototype is also based on the Internet of Things (IoT) to monitor the

temperature of the pool water through the user's smartphone. This prototype applies the Wemos D1R2 as a processor to control the aerator and connect to the internet network to apply IoT technology. In addition, the Blynk IoT application is also used on users' smartphones in order to connect to the built prototype. Several other modules such as the DS18B20 sensor, LCD, relay are also used for the performance of the resulting prototype.

PENDAHULUAN

Terdapat dua aspek penting untuk mempertahankan kualitas air pada budidaya udang, yaitu konsentrasi oksigen terlarut (*dissolve oxygen* – DO) dan suhu air. Pemberian oksigen sangat diperlukan bagi udang agar dapat hidup dan berkembang dengan baik. Konsentrasi oksigen terlarut yang kurang dari 3 mg/L dapat menyebabkan udang menjadi stres dan menurunkan daya tahan tubuhnya. Bahkan, Jika konsentrasi oksigen terlarut kurang dari 1,5 mg/L akan menyebabkan udang menjadi mati [1]. Besar kecilnya udang dalam mengonsumsi oksigen dipengaruhi oleh beberapa faktor yang salah satunya adalah suhu air. Reaksi enzimatik dari tubuh udang dipengaruhi oleh suhu air. Setiap kenaikan suhu air sebesar 10°C mampu meningkatkan konsumsi oksigen oleh udang yang mencapai 2 sampai 3 kali lipat. Selain suhu air, ukuran tubuh udang juga mempengaruhi konsumsi oksigen. Udang dengan ukuran lebih kecil cenderung mengonsumsi oksigen lebih tinggi dari pada udang yang lebih besar [2]. Selain pengaruh cuaca, kadar oksigen terlarut dipengaruhi juga oleh jumlah pakan yang tersisa pada kolam udang. Hal itu disebabkan karena udang dapat mengonsumsi oksigen lebih tinggi setelah makan dibandingkan sebelum makan [3]. Aerator digunakan untuk budidaya udang karena berperan untuk meningkatkan kualitas air dengan cara meningkatkan oksigen terlarut. Aerator bekerja dengan menghasilkan riak air dalam tambak sehingga dapat menghasilkan aliran air dengan percikan air yang kuat. Dengan demikian, hal tersebut menciptakan gelembung udara ke dalam air dan membentuk sistem aerasi secara mekanis. Dengan adanya aerator maka dapat membantu menaikkan konsentrasi oksigen terlarut ketika air mengalami kekurangan oksigen dan membantu

mengurangi CO₂ yang berlebih. Selain meningkatkan jumlah oksigen terlarut, aerator juga dapat membantu proses pemupukan air. Proses ini dilakukan dalam upaya pembentukan kualitas air yang berhubungan dengan kecerahan dan warna air kolam, dengan menstimulasi kestabilan pertumbuhan *phytoplankton* [4]. Berdasarkan hal tersebut, aerator sangat bermanfaat untuk meningkatkan kualitas air pada budidaya udang. Namun, pemakaian aerator secara terus menerus akan meningkatkan biaya produksi berupa pemakaian listrik. Selain itu, pemakaian aerator secara terus menerus juga dapat memperpendek usia pemakaian aerator itu sendiri. Oleh karena itu, pada penelitian ini telah dirancang sebuah prototipe kontrol aerator secara otomatis sehingga diharapkan dapat mengatasi masalah tersebut. Prototipe ini juga dilengkapi dengan aplikasi *Internet of Things* (IoT) sehingga dapat memantau suhu air kolam melalui *smartphone* [5]. Prototipe yang telah dihasilkan ini menggunakan sebuah Wemos D1R2 sebagai prosesor untuk mengontrol aerator serta menghubungkan Prototipe ke jaringan internet menggunakan antena mikrostrip [6]–[8]. Jaringan internet yang terhubung melalui propagasi gelombang radio ke Prototipe digunakan agar dapat mengaplikasikan teknologi IoT [9]–[11]. Sehingga, melalui sebuah *smartphone* dapat diketahui suhu air kolam dari tempat yang jauh. Aerator bekerja secara otomatis berdasarkan instruksi dari Wemos D1R2. Wemos D1R2 menginstruksikan aerator untuk bekerja atau tidak berdasarkan hasil pembacaan suhu air kolam yang dikirimkan oleh sensor suhu jenis *waterproof* dari DS18B20 [12]. Prototipe ini memiliki keunikan dibandingkan dengan Prototipe yang dihasilkan dari penelitian relevan sebelumnya.

Penelitian Relevan

Perancangan Prototipe terkait sistem pengawasan dan pengontrolan tambak udang berbasis IoT telah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya. Berikut ini adalah beberapa ulasan dari penelitian sebelumnya terkait perancangan Prototipe kontrol dan monitoring suhu air kolam pada tambak udang.

1. Pada Penelitian [13] telah dirancang sebuah alat pengontrolan aerator secara otomatis pada tambak udang. Berdasarkan penelitian tersebut diketahui bahwa aerator bekerja hampir 5 jam untuk dapat mencapai kadar oksigen terlarut 5 mg/L. Penelitian tersebut belum dilengkapi dengan sistem pengawasan berbasis IoT.
2. Pada Penelitian [14] telah dirancang sebuah alat kontrol otomatis kadar PH pada tambak udang. Alat tersebut akan mengaktifkan pompa larutan basa maupun asam untuk mencapai kadar PH yang ditentukan. Penelitian tersebut tidak mengontrol suhu air budidaya udang.
3. Pada Penelitian [15] telah dirancang sebuah alat pengawasan parameter PH, ketinggian dan kekeruhan air pada tambak udang. Penelitian tersebut hanya sebatas pengawasan parameter dengan mengirimkan notifikasi *short message service* (sms). Dengan demikian, pengerjaan untuk mencapai parameter yang telah ditentukan masih dilakukan oleh manusia.

Berdasarkan uraian dari beberapa penelitian sebelumnya, terdapat beberapa orisinalitas penelitian yang telah dihasilkan ini terhadap penelitian relevan sebelumnya. Keorisinalitas penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya adalah berupa beberapa keunggulan dari penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan. Beberapa keunggulan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Prototipe yang telah dihasilkan ini berfungsi mengontrol secara otomatis kerja ON/OFF aerator berdasarkan pembacaan suhu air kolam pada budidaya udang menggunakan sensor suhu DS18B20.

Karena kadar DO pada air kolam dapat direpresentasikan berdasarkan suhu air kolam, maka pada penelitian ini tidak menggunakan sensor DO.

2. Prototipe ini memiliki fitur pengawasan berbasis IoT sehingga pengguna dapat mengawasi keadaan suhu air dari tempat jauh.

METODE PENELITIAN

Terdapat dua tahapan penting dalam perancangan prototipe pengawasan dan pengontrolan secara otomatis aerator untuk budidaya udang pada penelitian ini, yaitu simulasi rangkaian menggunakan simulator proteus yang diikuti dengan pembuatan program dan perancangan perangkat keras. Tahapan perancangan Prototipe diperlihatkan pada Gambar 1 berikut.

1. Alat dan bahan yang diperlukan untuk pembuatan Prototipe kontrol aerator pada budidaya udang diperlihatkan pada Tabel 1. Aplikasi Blynk dapat diunduh pada aplikasi *Google Play Store* secara gratis selanjutnya dilakukan penginstalan ke dalam *Smartphone*. Aplikasi Blynk akan mengirimkan kode token ke alamat email pengguna. Kode token tersebut digunakan untuk menghubungkan prosesor yang digunakan dengan *smartphone* [16].
2. Pembuatan program di *software Arduino IDE* diperlukan agar Wemos dapat bekerja sesuai dengan keinginan. Program-program tersebut terdiri dari program untuk memproses keluaran setiap sensor DS18B20 dan RTC, program untuk menjalankan aerator, LCD dan komunikasi terhadap aplikasi blynk pada *smartphone*.

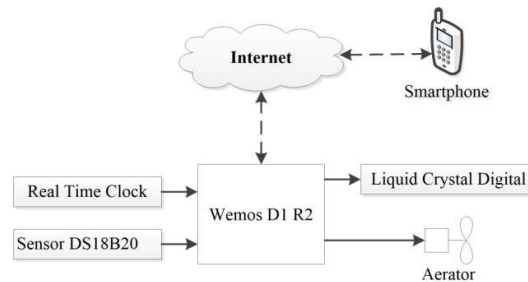


Gambar 1. Diagram Alir Perancangan Prototipe

- Perancangan rangkaian komponen elektronika dan pengujian program dilakukan menggunakan bantuan simulator proteus [17]. Hal tersebut diperlukan untuk mengurangi biaya akibat kesalahan dalam perakitan. Jika perancangan rangkaian dan pengujian program bekerja dengan baik pada simulator proteus, maka tahapan selanjutnya adalah perakitan perangkat keras dan pengujian Prototipe secara keseluruhan.

Diagram Blok

Diagram blok rancangan prototipe pengawasan dan pengontrolan aerator pada budidaya udang diperlihatkan pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 2. Diagram Blok Prototipe Pengawasan dan Pengontrolan Aerator

Diagram blok tersebut terdiri dari tujuh komponen utama, yaitu Wemos D1 R2, *real time clock* (RTC), sensor DS18B20, *liquid crystal digital* (LCD), aerator, *smartphone* dan jaringan internet. Penjelasan diagram blok tersebut adalah sebagai berikut, pertama sensor DS18B20 mengukur suhu air pada budidaya udang dan mengubah nilai suhu tersebut ke dalam suatu besaran sinyal digital yang dapat diproses oleh prosesor Wemos D1 R2 secara kontiniu [17], [18]. Pada saat yang sama, RTC juga mengirimkan suatu besaran sinyal digital yang dapat diproses oleh Wemos D1 R2 menjadi besaran waktu saat itu (*real time*). Kedua, Wemos D1 R2 memproses sinyal digital yang diterima dari sensor DS18B20 menjadi besaran suhu dalam satuan °C dan ditampilkan pada LCD [18]. Jika suhu air > 30°C maka Wemos D1 R2 mengirimkan sinyal ke aerator untuk bekerja. Selanjutnya, jika suhu air < 28°C maka Wemos D1 R2 juga mengirimkan sinyal ke aerator untuk tidak bekerja. Batasan suhu tersebut dipilih sebagai parameter aerator bekerja karena pada suhu 25–30°C udang dapat berkembang dengan baik. Batasan suhu 28°C dipilih untuk menghentikan kerja aerator agar pemakaian listrik lebih efisien karena pada suhu tersebut udang sudah dapat berkembang dengan baik. Wemos D1 R2 juga memproses sinyal dari RTC dan mengirimkan sinyal digital ke LCD untuk menampilkan waktu secara *real time*. Ketiga, Wemos D1 R2 juga mengirimkan

sinyal analog ke jaringan internet secara kontinu. Sinyal tersebut berupa sinyal hasil pembacaan suhu air budidaya udang dari sensor DS18B20 dan sinyal berupa waktu *real time* dari RTC. Dengan demikian, pengguna dapat mengetahui suhu air secara *real time* dari melalui *smartphone* yang terintegrasi dengan aplikasi Blynk.

Alat dan Bahan

Terdapat beberapa kebutuhan fungsional dalam merancang prototipe seperti diperlihatkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kebutuhan Fungsional

Perangkat Keras atau Lunak	Kuantitas
Wemos D1 R2	1 buah
Sensor DS18B20	1 buah
RTC	1 buah
LCD 2x16	1 buah
Module Relay	3 buah
Adaptor 9 Volt	1 buah
Kabel Penghubung	Secukupnya
Smartphone	1 buah
Stop Kontak	4 lubang
Saklar	1 buah
Simulator Proteus	1 buah
Arduino IDE	1 buah
Aplikasi Blynk	1 buah

Wemos D1 R2 berfungsi sebagai prosesor untuk memproses sinyal yang masuk dari setiap sensor dan menjalankan aerator sesuai dengan input sinyal. Sensor DS18B20 berfungsi mengukur suhu air dan mengkonversi besaran tersebut menjadi besaran sinyal digital. RTC berfungsi mendeteksi waktu secara *real time* dan mengirimkannya dalam bentuk besaran digital ke prosesor Wemos D1 R2. LCD berfungsi menampilkan nilai hasil pengukuran suhu air dan waktu *real time* dari setiap sensor melalui prosesor Wemos D1 R2. Module relay berfungsi menjalankan aerator yang terhubung dengan sumber listrik AC-220Volt berdasarkan perintah prosesor Wemos D1 R2. Power Supply 12 V merupakan sumber tegangan untuk prosesor Wemos D1 R2. Kabel penghubung berfungsi untuk menghubungkan setiap perangkat keras agar saling terhubung

satu sama lain. *Smartphone* berfungsi sebagai media untuk mengawasi dan mengontrol aerator berdasarkan nilai suhu air. Stop kontak empat lubang berfungsi untuk sumber daya aerator dan adaptor 12 Volt. Lampu indikator dan saklar adalah dua komponen yang dibuat saling terhubung yang masing-masing berfungsi sebagai indikator ada atau tidaknya arus listrik yang mengalir dan pemutus/penghubung arus listrik pada prototipe secara keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Program Kontrol Aerator Otomatis

Pada penelitian ini, aerator bekerja secara otomatis berdasarkan suhu air tambak udang. Jika suhu air lebih dari 30°C maka aerator secara otomatis bekerja, namun jika suhu air kurang dari 28°C maka aerator berhenti bekerja secara otomatis juga. Pada prototipe ini, aerator direpresentasikan sebagai bola lampu. Berikut ini adalah program yang dirancang agar aerator bekerja secara otomatis.

```
const int TEMP_THRESHOLD_UPPER = 30;
const int TEMP_THRESHOLD_LOWER = 28;
const int RELAY_1 = D6;

void setup()
{
    pinMode(RELAY_1, OUTPUT);
}

void loop()
{
    if(tempCelsius >= TEMP_THRESHOLD_UPPER)
    {
        digitalWrite(RELAY_1, LOW);
    } else if(tempCelsius < TEMP_THRESHOLD_LOWER)
    {
        digitalWrite(RELAY_1, HIGH);
    }
}
```

“const int TEMP_THRESHOLD_UPPER = 30;” menetapkan batas suhu tertinggi air adalah 30°C dan const int

TEMP_THRESHOLD_LOWER = 28
menetapkan batas suhu terendah air adalah 28°C. “const int RELAY_1 = D6;” menyatakan bahwa relay yang digunakan sebagai aktuator untuk menginstruksikan aerator bekerja secara otomatis dihubungkan ke pin D6 Wemos D1R2. “pinMode(RELAY_1, OUTPUT);” mengeset bahwa relay 1 (relay aerator otomatis) sebagai keluaran (output).
“if(tempCelsius>=TEMP_THRESHOLD_UPPER)” dan “digitalWrite(RELAY_1, LOW);” menyatakan jika suhu air lebih besar dari batas suhu tertinggi dalam penelitian ini adalah 30°C, maka Relay 1 tidak dialiri arus oleh pin D6 Wemos D1R2 sehingga aerator bekerja. Relay 1 merupakan relay jenis normally close (NC). Selanjutnya, “else if(tempCelsius<TEMP_THRESHOLD_LOWER)” dan “digitalWrite(RELAY_1, HIGH);” menyatakan jika suhu air lebih kecil dari batas suhu terendah, yaitu 28°C, maka Relay 1 dialiri arus oleh pin D6 Wemos D1R2. Sehingga, Relay 1 bekerja untuk menghentikan aerator yang sedang bekerja.

Program Notifikasi ke *Smartphone*

Berikut ini adalah program yang diperlukan untuk mengirimkan notifikasi suhu air yang terlalu tinggi ke pengguna melalui email dan aplikasi Blyn IoT.

```
void loop()
{
  if(tempCelsius>=TEMP_THRESHOLD_UPPER)
  {
    Blynk.logEvent("Suhu", "Suhu air lebih dari 30 derajat Celsius");
  } else if(tempCelsius < TEMP_THRESHOLD_LOWER)
  {
  }
}
```

Blynk.logEvent("Suhu", "Suhu air lebih dari 30 derajat Celsius") adalah program untuk mengirimkan pesan “Suhu air lebih dari 30

derajat Celsius” ke *smartphone*. Jika suhu tidak sampai 30°C maka prototipe tidak mengirimkan ke *smartphone*.

Program Kontrol Aerator dengan IoT

Program yang diperlukan untuk mengontrol aerator bekerja berdasarkan suhu air adalah sebagai berikut.

```
void loop()
{
  if(tempCelsius>=TEMP_THRESHOLD_UPPER)
  {
    digitalWrite(RELAY_1, LOW); // turn on
  } else if(tempCelsius < TEMP_THRESHOLD_LOWER)
  {
    digitalWrite(RELAY_1, HIGH); // turn off
  }
}
```

digitalWrite(RELAY_1, LOW); adalah program untuk memerintahkan Aerator 1 bekerja jika suhu air lebih besar dari 30°C. Relay yang digunakan adalah tipe *normally open* sehingga diperlukan perintah LOW untuk menjadikan *relay close*. Sedangkan digitalWrite(RELAY_1, HIGH); adalah program untuk memerintahkan Aerator 1 berhenti bekerja jika suhu air yang terbaca oleh sensor suhu kurang dari 28°C.

Pengujian Prototipe

Gambar 3 adalah hasil perancangan prototipe secara keseluruhan. Pengujian prototipe dilakukan dengan menggunakan dua buah wadah berupa gelas yang diisi air panas dan air dingin. Air pada kedua wadah tersebut mewakili air pada tambak udang.



Gambar 3. Pengujian Alat Keseluruhan

Pada Gambar 3 terdapat dua buah bola lampu yang merepresentasikan Aerator Utama (lampu di sebelah kanan) dan Aerator Ekstra (lampu di sebelah kiri). Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa sensor DS18B20 dimasukkan ke dalam wadah air panas yang bersuhu 38,94°C seperti yang ditampilkan pada *smartphone*. Karena suhu lebih besar dari 30°C maka Aerator Utama yang direpresentasikan oleh bola lampu di sebelah kanan bekerja. Sedangkan Aerator Ekstra yang direpresentasikan oleh lampu di sebelah kiri juga dinyalakan dengan mengaplikasikan IoT melalui *smartphone*. Aerator Ekstra dapat dikontrol secara manual (aplikasi IoT) menggunakan *smartphone* yang telah terinstal dengan aplikasi Blynk IoT. Gambar 4 adalah tampilan Aerator Ekstra yang telah berhenti bekerja ditandai dengan bola lampu di bagian sebelah kiri yang telah padam.



Gambar 4. Tampilan Aerator Ekstra Mati

Berdasarkan Gambar 4. terlihat bahwa tombol *button* pada *smartphone* berubah dari *OFF* menjadi *ON*. Sehingga menjadikan Aerator Ekstra yang direpresentasikan pada bola lampu di sebelah kiri mati. Sedangkan Aerator Utama yang direpresentasikan oleh lampu di bagian kanan tetap menyala. Hal tersebut disebabkan karena sensor masih membaca suhu air lebih

besar dari 30°C pada bagian wadah yang berisi air panas.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data simulasi dan pengukuran maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Prototipe kontrol aerator yang telah dirancang telah sesuai dengan keluaran yang diharapkan yaitu aerator utama dapat bekerja ketika suhu lebih besar dari 30°C dan akan berhenti bekerja jika suhu air sudah kurang dari 28°C.
2. Aerator Ekstra dapat dikontrol oleh *smartphone* dan suhu air dapat diamati secara *real time* oleh *smartphone* juga sehingga alat yang dibuat telah mengaplikasikan teknologi IoT.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Salfia, M. Kamal, I. Pendahuluan, and A. Salinitas, "Rancang Bangun Alat Pengendalian Dan Monitoring Kualitas Air Tambak Udang Berbasis Salinitas Dan Kadar Oksigen Terlarut," *J. Tektro*, vol. 2, no. 2, pp. 24–29, 2018.
- [2] T. Budiardi, T. Batara, and D. Wahjuningrum, "Tingkat Konsumsi Oksigen Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) dan Model Pengelolaan Oksigen pada Tambak Intensif," *J. Akuakultur Indones.*, vol. 4, no. 1, pp. 89–96, 2005, [Online]. Available: <http://jurnalakuakulturindonesia.ipb.ac.id>.
- [3] N. P. A. Nugraha, M. Agus, and T. Y. Mardiana, "Rekayasa Kincir Air Pada Tambak LDPE Udang Vaname (*Litopenaeus vaname*) Di Tambak Unikil Slambaran," *Pena Akuatika J. Ilm. Perikan. dan Kelaut.*, vol. 16, no. 1, pp. 103–115, 2017.
- [4] J. Tech, "Kincir Air Pada Tambak Udang Dan Kaitannya Dengan Konsentrasi Oksigen Terlarut,"

- nanobubble.id, 2021.
- [5] M. A. A. K, Ruslan, and S. G. Zain, "Pengembangan Smart Fitting Berbasis Iot (Internet of Things) Dengan Menggunakan Mikrokontroler Esp 32 S," *J. Media Elektr.*, vol. 19, no. 2, pp. 60–70, 2022.
- [6] A. R. Abubar, Usman, M. W. Sitopu, P. M. Sihombing, J. Hidayat, and A. Sahputra, "Microstrip antenna design with left handed metamaterial (LHM) for automatic dependent surveillance broadcast (ADS-B)," *2020 4th Int. Conf. Electr. Telecommun. Comput. Eng. ELTICOM 2020 - Proc.*, pp. 103–106, 2020, doi: 10.1109/ELTICOM50775.2020.9230510.
- [7] P. M. Sihombing, H. A. Samosir, L. T. Hutabarat, M. W. Sitopu, J. Margolang, and J. Hidayat, "Microstrip antenna design using meander line technique for communication between pilot and air traffic controller in VHF A/G Band," *2020 4th Int. Conf. Electr. Telecommun. Comput. Eng. ELTICOM 2020 - Proc.*, pp. 111–114, 2020, doi: 10.1109/ELTICOM50775.2020.9230499.
- [8] P. M. Sihombing, "Perancangan Antena Mikrostrip Dual Band Profil Rendah Menggunakan Teknik DGS dan Meander Line untuk Aplikasi GNSS," *Trekritel*, vol. 1, no. 1, pp. 55–64, 2021, doi: 10.30596/trekritel.v1i1.412.
- [9] P. M. Sihombing, I. V. Sari, and J. Pratama, "Pengaruh Koridor Terhadap Rugi-Rugi Lintasan Gelombang Radio Di Dalam Gedung Kampus," vol. 8, no. 2, pp. 132–144, 2022.
- [10] P. M. Sihombing, M. Pinem, and S. I. Rezkika, "Analysis of the selection of propagation models from outside into the building at 1800 MHz and 2100 MHz," *Sinkron*, vol. 5, no. 2, pp. 239–250, 2021, doi: 10.33395/sinkron.v5i2.10871.
- [11] M. Pinem, P. M. Sihombing, M. Zulfin, S. P. Panjaitan, H. H. Rangkuti, and M. A. Siregar, "Implementation of Outdoor to Indoor Path Loss Model at 1.8 GHz and 2.1 GHz with a Transmitter Placed on Top of the Building," *Proceeding - ELTICOM 2022 6th Int. Conf. Electr. Telecommun. Comput. Eng. 2022*, pp. 111–116, 2022, doi: 10.1109/ELTICOM57747.2022.10037980.
- [12] W. D. Meilianto, W. Indrasari, and E. Budi, "Karakterisasi Sensor Suhu dan Kelembaban Tanah untuk Aplikasi Sistem Pengukuran Kualitas Tanah," in *Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2022*, 2022, vol. X, pp. 117–122, doi: 10.21009/03.SNF2022.01.FA.16.
- [13] A. Fiyanti, "Sistem Otomasi Kincir Air Untuk Respirasi Udang Tambak Menggunakan Sensor Dissolved Oxygen (DO)," *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 05, no. 02, pp. 155–160, 2017.
- [14] D. Anggraini, "Aplikasi Arduino Mega 2560 Dalam Rancang Bangun Alat Kontrol Kadar Ph Air Pada Tambak Udang," Palembang, 2017.
- [15] A. E. Multazam and Z. B. Hasanuddin, "Sistem Monitoring Kualitas Air Tambak Udang Vaname," *J. IT Media Inf. STMIK Handayani Makassar*, vol. 8, no. 2, pp. 118–125, 2017, [Online]. Available: <https://lppm-stmikhandayani.ac.id/index.php/jti/article/view/30>.
- [16] Syaifurrahman and A. Aula, "Sistem Monitoring dan Proteksi pada Stop Kontak Berbasis IoT," *JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelit. Inform.)*, vol. 8, no. 1, pp. 104–110, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jepin/article/view/48052>.

- [17] C. I. Cahyadi, K. Atmia, and P. M. Sihombing, "Simulasi dan Pengukuran Rangkaian Konverter Analog ke Digital Resolusi 8 Bit Berbasis IC ADC0804 dan IC ADC0809 Simulation and Measurement of 8 Bit Resolution Analog to Digital Converter Circuits Based on IC ADC0804 and IC ADC0809," *J. Ris. Sains dan Teknol.*, vol. 7, no. 1, pp. 83–91, 2023.
- [18] P. M. Sihombing, R. A. Pratama, I. V. Sari, D. T. Lubis, Susilawati, and S. Novalianda, "Evaluasi Kinerja Modul Praktikum Pengkonversi Sinyal Analog ke Sinyal Digital Resolusi 8 Bit 1," *J. Inform. dan Peranc. Sist.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–7, 2022.