

Tingkat Akurasi Instrumen Pengukuran pH Perairan Berbasis *Internet of Things*

¹Deddy Bakhtiar, ¹Dermian Rosida Purba, ¹Zamdial

Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Bengkulu, Jl. W.R. Supratman Kandang Limun Bengkulu 38371
Email : deddybakhtiar@unib.ac.id; dermianpurba196@gmail.com; zamdial_et@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article History:

Diterima : 01-01-2025
Disetujui : 01-03-2025

Keywords:

pH standar
PH 4502C
Selisih relatif
Thingspeak



ABSTRACT

Abstract: *One of the important parameters in monitoring water quality is pH. pH measurement can be done by measuring remotely based on IoT. However, there is no information that explains the accuracy level of IoT-based remote measurements. This study was conducted with the aim of testing the accuracy level of pH measurement using an IoT-based remote pH sensor. The design of the pH measuring instrument uses a PH-4502C sensor that is embedded in the ESP 8266 microcontroller through programming in the Arduino IDE. Data communication uses the Thingspeak IoT platform. Testing the accuracy of the pH sensor measurement results is done by comparing the value to the standard pH. The relative difference between the sensor pH value and the standard pH value is assessed as the measurement error rate. The results showed that the measurement error rate (relative difference) was 4.75%, which means the sensor accuracy rate was 95.25%. The comparative test results also prove that there is no significant difference in the measurement results of the pH sensor with the standard pH. This shows that the designed instrument has functioned well with a high level of accuracy so that it can be applied in the field for water monitoring.*

Abstrak: Salah satu parameter penting dalam pemantauan kualitas perairan adalah pH. Pengukuran pH dapat dilakukan dengan mengukur secara jarak jauh berbasiskan IoT. Namun belum ada informasi yang menjelaskan tingkat akurasi pengukuran jarak jauh berbasiskan IoT. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menguji tingkat akurasi pengukuran pH menggunakan sensor pH secara jarak jauh berbasiskan IoT. Perancangan instrumen pengukur pH menggunakan sensor PH-4502C yang ditanamkan pada mikrokontroler ESP 8266 melalui pemrograman pada Arduino IDE. Komunikasi data menggunakan platform IoT Thingspeak. Pengujian tingkat akurasi hasil pengukuran sensor pH dilakukan dengan membandingkan nilai pada pH standar. Selisih relatif nilai pH sensor dengan nilai pH standar dinilai sebagai tingkat kesalahan pengukuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kesalahan pengukuran (selisih relatif) sebesar 4,75 % yang berarti tingkat akurasi sensor sebesar 95,25 %. Hasil uji komparatif juga membuktikan tidak ada perbedaan yang signifikan hasil pengukuran pH sensor dengan pH standar. Hal ini menunjukkan bahwa instrumen yang dirancang telah berfungsi dengan baik dengan tingkat akurasi yang tinggi sehingga dapat diaplikasikan di lapangan untuk monitoring perairan



<https://doi.org/10.31764/justek.vXiY.ZZZ>



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

A. LATAR BELAKANG

Internet of Things (IoT) merupakan konsep di mana objek-objek fisik atau perangkat bisa terkoneksi dan berkomunikasi melalui internet yang terhubung dengan berbagai macam perangkat, seperti sensor, kamera, dan peralatan, untuk mengumpulkan data dari lingkungan, input pengguna, atau pola penggunaan, dan mengirimkan data tersebut melalui internet ke dan dari aplikasi IoT (Fitriasari *et al.*, 2021). Menurut (Anshori *et al.*, 2023) ada tiga komponen utama dalam struktur pada konsep IoT yaitu: barang fisik yang dilengkapi dengan modul IoT, perangkat untuk terhubung ke internet dan pusat *data cloud* tempat aplikasi beserta *database* disimpan.

Konsep dasar IoT melibatkan penggunaan sensor, *gateway*, dan *cloud* untuk mengumpulkan, mentransmisikan, dan menganalisis data, dan memberikan solusi yang lebih cerdas dan terhubung untuk berbagai aplikasi, seperti efisiensi, kenyamanan, dan inovasi di berbagai bidang kehidupan. Sensor IoT terdiri dari sensor pH, suhu air, oksigen terlarut, dan tinggi air yang terletak di setiap perairan dan mentransmisikan data ke penyimpanan data diambil secara berkala (Gandara, 2018). Dalam hal ini IoT memiliki kapasitas untuk berkomunikasi dengan perangkat lain melalui jaringan tanpa perlu campur tangan manusia

Menurut Sadi *et al.* (2022) *Intenet of Things* (IoT) merupakan media dan *interface* modern untuk berkomunikasi antara manusia dengan mesin dengan jarak jauh. Pengukuran jarak jauh berbasis IoT dapat mengumpulkan data yang *realtime* dan akurat tentang parameter perairan seperti suhu, pH, oksigen terlarut (DO), konduktivitas listrik, dan kekeruhan. Parameter perairan tersebut penting memahami kondisi lingkungan perairan dan memonitor perubahan yang mungkin terjadi seiring waktu. Seperti yang dilaporkan Suriadarma (2011) melakukan pengukuran parameter fisika-kimia perairan di wilayah pesisir Utara Karawang memberikan informasi kondisi kualitas lingkungan perairan sebagai habitat biota perairan. Hamuna *et al.* (2018) mengungkapkan pengukuran parameter lingkungan perairan perlu dilakukan sebagai acuan dalam melakukan pemantauan pencemaran kualitas air. Dengan demikian, penerapan IoT untuk pengukuran parameter perairan tidak hanya meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam pengelolaan sumber daya alam, misalnya dalam budi daya ikan (Wijaya *et al.*, 2017), namun juga meningkatkan pengetahuan tentang ekosistem perairan dalam menjaga keseimbangan lingkungan misalnya dalam pengelolaan dan monitoring sampah (Mukhtar *et al.*, 2020).

Monitoring merupakan parameter kunci dalam pengukuran kondisi perairan untuk memenuhi standar kualitas air yang baik, terutama pada budi daya ikan (Kilawati *et al.*, 2020), pada pengelolaan air limbah (Impron & Sutriani, 2025) dan monitoring pencemaran sungai (Ramadhawati *et al.*, 2021). Salah satu parameter penting dalam pemantauan kualitas perairan adalah pH, dimana penelitian ini parameter pH diukur menggunakan sensor yang pengiriman datanya berbasis IoT. Pengukuran pH dapat dilakukan dengan berbagai cara termasuk penggunaan pH meter, kertas lakmus, atau indikator universal dan mengukur secara jarak jauh berbasiskan IoT.

Beberapa penelitian penggunaan sensor pH telah dilakukan seperti Ihtisyamuddin *et al.* (2023) dalam pengembangan alat pengukuran pH perairan berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk monitoring kualitas air dan pemberian pakan otomatis berbasis IoT pada budidaya ikan lele. Selain itu, Chuzaini dan Dzulkifli (2022) yang merancang *prototype* (model awal) untuk memantau secara langsung nilai pH air dari jarak jauh. Selain itu, terdapat penelitian yang mengaplikasikan teknologi IoT pada sistem pendingin air pada mesin pembangkit bertujuan menjaga nilai pH agar kualitas air tetap terjaga (Priyatman *et al.*, 2022). Berdasarkan pada beberapa penelitian yang telah dilakukan belum ada informasi yang menjelaskan terkait tingkat akurasi pengukuran jarak jauh berbasis IoT. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menguji tingkat akurasi pengukuran pH pada instrument yang menggunakan sensor pH secara jarak jauh berbasis IoT.

B. METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikrokontroler board ESP 8266, sensor pH module PH-4502C, baterai *lithium rechargeable*, *breadboard*, kabel jumper, modem (router), pH Buffer Powder (pH 4, pH 6,86 dan pH 9,18), aplikasi Arduino IDE, dan platform IoT *Thingspeak*.

Penelitian pengukuran pH perairan berbasis IoT meliputi beberapa tahapan diantaranya merancang perangkat keras (IoT development board) dan merancang perangkat lunak (pemrograman pada mikrokontroler dan platform IoT *Thingspeak*), pengukuran pH air dan uji akurasi pada alat, sehingga alat bisa berjalan baik secara keseluruhan.

Pembuatan perangkat keras IoT (*IoT Development Board*) dengan merakit sensor pH dengan menghubungkannya ke mikrokontroler ESP board dan router. Selanjutnya merancang perangkat lunak dengan melakukan aktivasi sensor pada mikrokontroler ESP melalui pemrograman coding pada Arduino IDE, menghubungkan ESP board pada router dan mengaktifkan router sehingga terhubung pada *Thingspeak*. Terakhir membuat dashboard pada perangkat dengan platform *Thingspeak*.

Langkah selanjutnya adalah pengujian alat atau sistem untuk mengetahui kinerja alat. Sebelum alat tersebut digunakan di perairan terbuka, alat akan di uji menggunakan pH buffer powder (pH standar) terlebih dahulu untuk melihat perangkat IoT apakah sudah berfungsi dan bisa membaca hasil data pada sensor tersebut. Perangkat IoT yang sudah dapat membaca data pada sensor dan dapat diterima pada dashboard perangkat penerima. Data hasil pengukuran sensor dan dikirim melalui perangkat IoT selanjutnya dilakukan uji akurasi.

Sensor pH yang akan digunakan pada instrument diuji akurasi menggunakan pH standar terlebih dahulu. Data yang ditampilkan berupa data hasil pengukuran pH sensor setiap 15 detik sekali. Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor yang diterima perangkat IoT dengan hasil pengukuran langsung oleh pH standar dengan nilai pH 4, pH 6,86 dan pH 9,18.

Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor yang diterima perangkat IoT dengan nilai pH standar. Hasil pengukuran sensor kemudian

dianalisis dengan menghitung selisih pengukuran keduanya untuk mengetahui tingkat keakuratan pengukuran. Selisih absolut menunjukkan selisih perbedaan antara variabel yang dibandingkan. Selisih absolut di sini disebut sebagai nilai selisih (Barlas, 1996) dengan persamaan berikut:

$$\text{Selisih absolut (Ea)} = |\bar{S} - \bar{A}| \quad (1)$$

Dimana \bar{S} adalah rata-rata nilai pH hasil pengukuran sensor dan \bar{A} adalah nilai pH standar.

Selisih relatif menunjukkan besarnya tingkat perbedaan dengan membandingkan selisih absolut terhadap nilai aktualnya (dinyatakan dalam %) (Barlas, 1996). Selisih relatif disebut dengan Nilai Persentase Selisih. Semakin kecil perbedaan/selisih relatifnya, maka nilai perkiraan yang diperoleh akan semakin baik

$$\text{Selisih relatif (Er)} = \frac{|\bar{S}-\bar{A}|}{\bar{A}} \times 100\% \quad (2)$$

Selanjutnya dilakukan uji hipotesis komparatif untuk mengetahui tingkat signifikansi perbedaan hasil pengukuran sensor pH dengan nilai pH standar, menggunakan uji t dua sampel berkorelasi (Sugiyono, 2007)

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\left\{ \frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) \times \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right) \right\}}} \quad (3)$$

Di mana:

\bar{x}_1 = Rata-rata data pH standar

\bar{x}_2 = Rata-rata data pH sensor

s_1 = Simpangan baku data pH standar

s_2 = Simpangan baku data pH sensor

s_1^2 = Varians data pH standar

s_2^2 = Varians data pH sensor

r = Korelasi antara data pH standar dan pH sensor

n_1 = jumlah sampel pH standar

n_2 = jumlah sampel pH sensor

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perancangan Perangkat Keras dan Pemrograman

Pengujian pH perairan melibatkan perancangan perangkat keras dengan merakit alat yang akan digunakan. Setelah perancangan perangkat keras selesai, tahap berikutnya adalah perancangan perangkat lunak. Perangkat lunak ini berupa aplikasi berbasis mikrokontroler menggunakan Arduino IDE. Pengiriman data hasil pengukuran sensor pH ke klien yang diinginkan dilakukan melalui aplikasi *ThingSpeak* berbasis internet. Secara keseluruhan hasil percobaan modul sensor pada Arduino IDE ini telah dapat beroperasi dengan baik. Gambar 1 berikut ini adalah kode program pada Arduino IDE:

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ThingSpeak.h>
const int ph_Pin = A0;
float Po = 0;
```

```

float PH_step;
int nilai_analog_PH;
double TeganganPh;
String ssid = "DENAME";
String password = "10101010";
const char *apiKey = "F1LB6QEVE4IEK0R3"; //READ API KEY
const char *server = "api.thingspeak.com";
unsigned long myChannelNumber = 2597665; // Ganti dengan nomor
channel Anda
const char *myWriteAPIKey = "A80BLC6MU7JVQR95"; // Ganti dengan API
Key Write Anda
WiFiClient client;
float faktorKoreksi = 1.0;
//untuk kalibrasi
float PH4 = 3.02;
float PH7 = 2.56;
float PH9 = 2.22;
void setup()
{
  pinMode (ph_Pin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  // Connect to Wi-Fi
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Connecting to WiFi...");
  }
  Serial.println("Connected to WiFi");
  ThingSpeak.begin(client);
}
void loop()
{
  nilai_analog_PH = analogRead(ph_Pin);
  Serial.print("Nilai ADC Ph: ");
  Serial.println(nilai_analog_PH);
  TeganganPh = 3.3 / 1024.0 * nilai_analog_PH;
  Serial.print("TeganganPh: ");
  Serial.println(TeganganPh, 3);
  PH_step = (PH4 - PH7) / 3;
  Po = 7.00 + ((PH7 - TeganganPh) / PH_step); //Po = 7.00 +
((teganganPh7 - TeganganPh) / PhStep);
  Serial.print("Nilai PH cairan: ");
  Serial.println(Po, 2);
  //delay(3000);
  char pHString[10];
  dtostrf(Po, 4, 2, pHString);
  // Kirim nilai-nilai ke ThingSpeak
  ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 1, pHString, myWriteAPIKey);
// Field 1 untuk pH
  delay(1000); // Delay sebelum membaca ulang
}

/*
* PH step = (tegangan PH4 - tegangan PH7) / (PH7 - PH4)
            = (3.1 - 2.5)/(7-4)
            = 0.6/3
            = 0.2

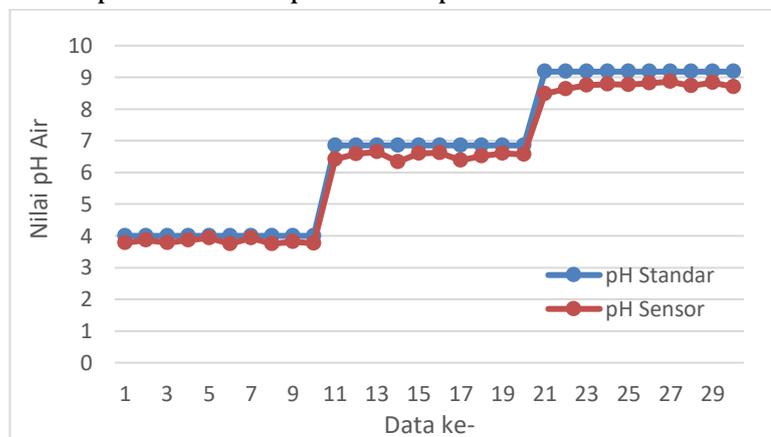
```

Gambar 1. Kode program instrument pengukuran pH berbasis IoT

Data hasil pengukuran sensor pH dikirim melalui internet menggunakan platform IoT *ThingSpeak*. Penggunaan platform IoT *ThingSpeak* dapat mempermudah penerimaan data dan pengguna dapat melihat grafik, tabel, dan visualisasi data lainnya berdasarkan data yang dikirim oleh perangkat tersebut. Penelitian yang dilakukan Hutabarat *et al.* (2023) tentang sistem basis data pemantauan parameter air berbasis *ThingSpeak*, ditemukan bahwa *ThingSpeak* mampu mengumpulkan data parameter air secara efisien dengan waktu respon yang cepat. Sistem pemantauan ini menghasilkan pencatat data (*data logger*) yang dapat disimpan di *platform ThingSpeak*.

2. Tingkat Akurasi Pengukuran Sensor

Nilai pH dari hasil pengukuran sensor pada sistem IoT diuji tingkat keakuratannya menggunakan pH Buffer standar dengan nilai pH 4, pH 6,86 dan pH 9,18. Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan nilai pH sensor dibandingkan dengan larutan pH standar. Data hasil pengukuran sensor pH ditampilkan pada *web ThingSpeak* serta disimpan pada Excel. Grafik pengukuran data pH sensor dan pH standar dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengukuran pH standar dan data pH sensor

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa bentuk grafik antara hasil pengukuran sensor dan pengukuran pH standar telah memiliki pola yang hampir sama, meskipun terdapat beberapa data memiliki perbedaan atau selisih. Tabel 1 menguraikan hasil selisih absolut dan relatif data pengukuran pH standar dan pH sensor.

Tabel 1. Hasil selisih absolut dan relatif data pengukuran pH standar dan pH sensor

Komponen	Data pengukuran pH standar	Data pengukuran pH sensor
Nilai minimum	4	3,75
Nilai maksimum	9,18	8,86
Rata- rata	6,68	6,36
Selisih absolut (Ea)		0,32
Selisih relatif (Er) (%)		4,75

Nilai rata-rata pH dari hasil pengukuran pH standar (menggunakan pH *Buffer Powder*) sebesar 6,68 sedangkan nilai rata-rata tinggi gelombang dari hasil pengukuran sensor PH-4502C sebesar 6,36. Hal ini berarti terdapat selisih pengukuran sebesar 0,32 (Tabel 1). Nilai rata-rata error atau selisih relatif yang diperoleh dari hasil pengukuran sensor terhadap data pengukuran langsung sebesar 4,75 % yang berarti tingkat akurasinya sebesar 95,25%. Hasil yang lebih akurat dengan tingkat error yang lebih kecil pernah dilaporkan Saputra (2023) melaporkan bahwa rata-rata persentase error pengukuran sensor pH adalah 2.0% dan 1.04% dalam dua pengujian yang menggunakan dua nilai pH yang berbeda pada sistem budidaya ikan. Namun berbeda halnya dengan Putra dan Rosano (2024) dalam rancangan alat sistem *monitoring* kualitas air berbasis *IoT* dengan *mikrokontroler* ESP32 mendapatkan hasil uji sensor pH memiliki keluaran dengan selisih relatif sebesar 9,2%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor pH mampu membaca tingkat pH air secara akurat, menurut Barlas (1996) jika nilai rata-rata error < 10 % maka termasuk dalam kategori alat ukur dengan akurasi tinggi.

Sensor pH 4502C diuji dengan membandingkan nilainya dengan pH standar. Perbandingan data ini dilakukan untuk menentukan akurasi sensor dan untuk kalibrasi data dalam pembacaan nilai pH. Pada pengujian sensor pH 4502C, nilai kesalahan diukur sebagai informasi tingkat keakuratan sensor dibandingkan dengan nilai pH standar. Al Tahtawi dan Kurniawan (2020) menyatakan bahwa pengujian sistem sensor diperlukan untuk mengetahui akurasi sensor yang digunakan. Pada penelitian ini menggunakan uji t untuk membandingkan hasil pengukuran pH standar dan pH sensor. Analisis uji t pada nilai rata-rata hasil pengukuran pH standar dan pH sensor diperoleh nilai t hitung sebesar 0,584 dan t tabel 2,001 ($t \text{ hitung} \leq t \text{ tabel}$) sehingga dapat dinyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata hasil pengukuran pH standar dan pH sensor. Hal yang sama dikemukakan Sanubari *et al.* (2024) yang mengembangkan prototipe sistem monitoring pH air pada hidroponik berbasis LoRaWAN, dimana pengujian akurasi data sistem monitoring dilakukan dengan cara membandingkan sensor pH dengan pH meter manual hasil rata-rata *error* sebesar 3,8%.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Rancang bangun instrumen pengukuran pH perairan dengan sensor PH-4502C dimana pengiriman datanya melalui internet pada platform Thingspeak telah berhasil dibuat dan mengirimkan data dengan baik dan akurat. Hasil uji akurasi pengukuran pH sensor dibandingkan dengan nilai pH standar menunjukkan nilai selisih absolut sebesar 0,32 dengan selisih relatif (*error*) sebesar 4,75 %. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa nilai pH sensor yang dikirim melalui internet tidak jauh berbeda dengan pH standar dengan tingkat akurasi sebesar 95,25 %. Hal ini juga dibuktikan dari hasil uji komparatif (uji-t) menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan dari hasil pengukuran pH sensor dengan pH standar yang berarti instrument pH yang dirancang memiliki tingkat akurasi yang tinggi.

Berdasarkan hasil penelitian ini disarankan untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan uji coba penempatan sensor pH pada wahana apung (buoy) yang dapat ditempatkan pada perairan untuk tujuan monitoring.

REFERENSI

- Anshori, Y., Parenrengi, A. F. A. A., Angreni, D. S., Ardiansyah, R., & Joeffie, Y. Y. (2023). Monitoring Parameter Air Berbasis Iot (Internet of Things). *Foristek*, 14(2), 2–8. <https://doi.org/10.54757/fs.v14i2.322>
- Al Tahtawi, A. R., & Kurniawan, R. (2020). PH control for deep flow technique hydroponic IoT systems based on fuzzy logic controller. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 8(4), 323–329. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2020.13822>
- Barlas, Y. (1996). Formal aspects of model validity and validation in system dynamics. *System Dynamics Review*, 12(3), 183–210. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1099-1727\(199623\)12:3<183::aid-sdr103>3.0.co;2-4](https://doi.org/10.1002/(sici)1099-1727(199623)12:3<183::aid-sdr103>3.0.co;2-4)
- Chuzaini, F., & Dzulkifli. (2022). IoT Monitoring Kualitas Air dengan Menggunakan Sensor Suhu , pH , dan Total Dissolved Solids (TDS). *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 11(3), 46–56.
- Fitriasari, N. S., Anzani, L., Widiyanto, K., Lukman, Apriansyah, M. R., Setiawan, M. A., Asnawiah, L. P., & Shafa, M. G. (2021). IoT-based Knowledge Repository Design for Supporting Knowledge Integration within the Marine Information System Study Program. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1811/1/012101>
- Gandara, D. T. (2018). Pengontrolan Suhu Dan Kejernihan Air Program Studi Teknik Elektro Arduino Judul Naskah Publikasi : *Pemberi Pakan Ikan Otomatis Dengan Pengontrolan Suhu Dan Kejernihan Air Berbasis Arduino*.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H., Suwito, S., Maury, H. K., & Alianto, A. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35–43. <https://doi.org/10.14710/jis.v%i.%Y.633-644>
- Hutabarat, F.B., Peslinof, M., Afrianto, M. F., & Fendriani, Y. (2023). Sistem Basis Data Pemantauan Parameter Air Berbasis Internet Of Things (IoT) dengan Platform Thingspeak. *Journal Online of Physics*, 8(2), 42–50. <https://doi.org/10.22437/jop.v8i2.24365>
- Ihtisyamuddin, L., Mashoedah, & Zakaria, M. (2023). Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air Dan Pemberi Pakan Otomatis Pada Kolam Budidaya Ikan Lele Berbasis Internet of Things di MBS (Muhammadiyah Boarding School) Yogyakarta Development of Water Quality Monitoring System and Automatic Feeder in Catf. *Journal of Electronics and Education (JEED)*, 1(2), 1–11.
- Impron, A., & Sutriani, L. (2025). IoT-Enabed Smart Mining: Pengelolaan Air Limbah di Industri Batubara. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 5(1), 1962-1978
- Kilawati, Y., Maimunah, Y., & Muttaqin, A. (2020). Implementasi internet of aquaculture (IoA) untuk deteksi kualitas lingkungan secara cepat dalam upaya pemberdayaan kelompok pembudidaya ikan koi di Blitar. *Journal of Innovation and Applied Technology*, 6(2), 1104-1110.
- Mukhtar, H., Perdana, D., Sukarno, P., & Mulyana, A. (2020). Sistem Pemantauan Kapasitas Sampah Berbasis IoT (SiKaSiT) untuk Pencegahan Banjir di Wilayah Sungai Citarum Bojongsoang Kabupaten Bandung. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(1), 56-67

- Putra, H.A. dan Rosano, A. (2024). Implementasi *IOT* Dalam Sistem *Monitoring* Kualitas Air Menggunakan Platform *Blynk* dan *Googlesheet*. *INSANtek – Jurnal Inovasi dan Sains Teknik Elektro*, 5 (1), 15-21
- Priyatman, H., Supriono, S., & Irwanto, A. (2022). Aplikasi Teknologi *IoT* pada WTP (Water Treatment Plant) Sistem Pendingin Air Pada Mesin Pembangkit Guna Menjaga Nilai pH dan TDS untuk Kualitas Air. *Transmisi*, 24 (3), 106–113. <https://doi.org/10.14710/transmisi.24.3.106-113>
- Ramadhawati, D., Wahyono, H. D., & Santoso, A. D. (2021). Pemantauan kualitas air sungai cisadane secara online dan analisa status mutu menggunakan metode storet. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(2), 76-91.
- Sadi, S., Mulyati, S., & Setiawan, P. B. (2022). Internet of Things Pada Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Web Server. *Formosa Journal of Multidisciplinary Research*, 1(4), 1085–1094. <https://doi.org/10.55927/fjmr.v1i4.679>
- Sanubari, A., Indriyanto, S., dan Pramono, S. (2024). Sistem Monitoring pH Air Tanaman Selada pada Sistem Hidroponik Berbasis Lorawan. *Sinta Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Komputasi*, 1 (1), 57-64. Doi: <https://doi.org/10.61124/sinta.v1i1.14>
- Saputra, I.J. (2023). Rancang Bangun Sistem Budidaya Ikan Otomatis Berbasis Internet of Things. *Technovatar, Jurnal Teknologi, Industri dan Informasi*, 1(1), 21 – 34. DOI: <https://doi.org/10.61434/technovatar.v1.i1.98>
- Suriadarma, A. (2011). Dampak beberapa parameter faktor fisik kimia terhadap kualitas lingkungan perairan wilayah pesisir Karawang-Jawa Barat. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 21(1), 19-33.
- Wijaya, J., Syauqy, D., & Primananda, R. (2024). Sistem Monitoring Dan Rekomendasi Kualitas Air Budidaya Bibit Ikan Nila Menggunakan Parameter Kekeruhan, Suhu, Dan PH Dengan Algoritma Random Forest. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 8(3).