Jurnal Riset Multidisiplin Edukasi
https://journal.hasbaedukasi.co.id/index.php/jurmie
Halaman : 431 - 456

SISTEM MONITORING KUALITAS AIR SECARA REALTIME BERBASIS INTERNET OF THINGS

Vito Febrio[1], Antoni[2], Aulia Ichsan[3]
Universitas Islam Sumatera Utara, Medan, Indonesia [1,2,3]
Email: vitofebrio111@gmail.com

Informasi

Volume : 3
Nomor : 11
Bulan : November
Tahun : 2026
E-ISSN : 3062-9624

Abstract

Water quality is an important factor that must be considered because it affects human health and daily needs. Manual real-time water quality monitoring is considered less effective because it requires direct and periodic supervision. This study designs an Internet of Things (IoT)-based Integrated Real-Time Water Quality Monitoring System using several main components, namely the ESP32 as the system controller, the TDS Meter V1.0 sensor to measure the concentration of dissolved substances in water, the DS18B20 temperature sensor to measure water temperature, the HC-SR04 ultrasonic sensor to detect water levels, and the Blynk platform as a medium for real-time monitoring and system control. The system is also equipped with a DC pump to supply additional water and a solenoid valve as a water drainage channel, both of which can be controlled manually through the Blynk application. The sensor readings are processed by the ESP32 and then transmitted via a Wi-Fi network to the application, allowing users to monitor water quality conditions in real time using a smartphone. The designed system is capable of monitoring water quality in real time and helping users monitor water conditions more effectively and efficiently.

Keyword: *Real-Time Water Quality, Internet of Things, ESP32, TDS Sensor, DS18B20, Blynk.*

Abstrak

Kualitas air merupakan salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan karena berpengaruh terhadap kesehatan dan kebutuhan sehari-hari. Proses realtime kualitas air secara manual dinilai kurang efektif karena membutuhkan pengawasan secara langsung dan berkala. Penelitian ini merancang Sistem Realtime Kualitas Air Terintegrasi Berbasis Internet of Things menggunakan komponen utama ESP32 sebagai pengendali sistem, Sensor TDS Meter V1.0 untuk mengukur kadar zat terlarut pada air, Sensor Suhu DS18B20 untuk mengukur suhu air, Sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi ketinggian air, serta platform Blynk sebagai media realtime dan kontrol sistem secara realtime. Sistem ini juga dilengkapi dengan pompa DC sebagai penambah air dan solenoid valve sebagai saluran pembuangan air yang dapat dikendalikan secara manual melalui aplikasi Blynk. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32 kemudian dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi menuju aplikasi realtime sehingga pengguna dapat memantau kondisi kualitas air secara realtime menggunakan smartphone. Sistem yang dirancang mampu melakukan pengecekan kualitas air secara realtime dan membantu pengguna dalam melakukan pemantauan kondisi air dengan lebih efektif dan efisien.

Kata Kunci : *Realtime kualitas air, Internet of Things, ESP32, sensor TDS, DS18B20, Blynk*

A. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki peranan sangat penting dalam menunjang kehidupan manusia, makhluk hidup, serta keberlangsungan berbagai aktivitas. Dalam kehidupan sehari-hari, air digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan rumah tangga, seperti mandi, mencuci pakaian, membersihkan peralatan, sanitasi, dan memasak. Selain itu, air juga dimanfaatkan dalam sektor pertanian, perikanan, peternakan, dan industri. Oleh karena itu, ketersediaan air dalam jumlah yang mencukupi harus diikuti dengan kualitas yang sesuai agar air tersebut aman dan layak digunakan sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Ketersediaan air dengan kualitas yang baik juga menjadi salah satu faktor penting dalam menjaga kesehatan manusia, kebersihan lingkungan, dan keseimbangan ekosistem (Wirman & Wardhana, 2022).

Kualitas air dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kondisi lingkungan, aktivitas manusia, pencemaran limbah rumah tangga, limbah industri, penggunaan bahan kimia, serta perubahan suhu dan cuaca. Air yang terlihat jernih secara visual belum tentu memiliki kualitas yang baik karena masih memungkinkan adanya kandungan zat terlarut, mineral, bahan kimia, maupun zat pencemar yang tidak dapat diketahui hanya melalui pengamatan langsung. Penurunan kualitas air dapat ditandai dengan terjadinya perubahan warna, bau, rasa, suhu, serta meningkatnya kandungan zat terlarut di dalam air. Apabila air dengan kondisi yang tidak memenuhi persyaratan tetap digunakan dalam kegiatan rumah tangga, hal tersebut dapat memberikan dampak terhadap kesehatan, kenyamanan, kebersihan, dan aktivitas masyarakat (Ananda Putra & Rosano, 2024).

Pada penelitian ini, kualitas air yang dibahas difokuskan pada air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, khususnya untuk kegiatan mandi, mencuci, membersihkan peralatan, sanitasi, dan memasak. Air yang digunakan untuk kebutuhan tersebut harus memiliki kondisi yang relatif bersih, tidak memiliki kandungan zat terlarut yang berlebihan, serta berada pada suhu yang sesuai. Pemantauan terhadap kondisi air diperlukan untuk memberikan informasi awal kepada pengguna mengenai perubahan kualitas air sebelum air tersebut digunakan. Dengan demikian, masyarakat dapat melakukan tindakan penanganan apabila kondisi air menunjukkan adanya perubahan atau penurunan kualitas (Bu'u et al., 2023)

Penggunaan air yang tidak sesuai dengan kebutuhan rumah tangga dapat menimbulkan berbagai permasalahan. Air dengan kandungan zat terlarut yang terlalu tinggi, misalnya, dapat menyebabkan timbulnya kerak pada wadah penampungan, peralatan memasak, saluran air, keran, dan peralatan rumah tangga lainnya. Kandungan zat terlarut yang tinggi juga dapat

memengaruhi rasa, bau, dan karakteristik fisik air. Sementara itu, perubahan suhu air dapat menunjukkan adanya perubahan kondisi lingkungan atau proses tertentu yang terjadi pada sumber maupun tempat penyimpanan air. Oleh karena itu, proses pemantauan kualitas air perlu dilakukan secara teratur agar perubahan kondisi air dapat diketahui lebih awal (Irawan et al., 2024).

Pemantauan kualitas air pada umumnya masih dilakukan secara konvensional melalui pengambilan sampel dan pengujian secara manual. Dalam metode tersebut, sampel air diambil dari sumber atau tempat penampungan, kemudian diperiksa secara langsung menggunakan alat ukur tertentu atau diuji di laboratorium. Meskipun metode pengujian laboratorium dapat memberikan hasil yang lebih lengkap, proses tersebut memerlukan waktu, biaya, peralatan, serta tenaga yang relatif besar. Selain itu, pengujian yang dilakukan secara berkala tidak selalu mampu memberikan informasi mengenai perubahan kondisi air yang terjadi di antara waktu pengujian (Pratama et al., 2022)

Sistem pemantauan secara manual juga memiliki keterbatasan karena data kondisi air tidak dapat diperoleh secara langsung dan terus-menerus. Pengguna harus berada di lokasi untuk melakukan pemeriksaan, pencatatan, dan pengamatan terhadap kondisi air. Apabila terjadi perubahan kualitas air secara tiba-tiba, pengguna tidak dapat mengetahui perubahan tersebut dengan cepat. Keterlambatan dalam memperoleh informasi dapat menyebabkan tindakan penanganan terhadap penurunan kualitas air menjadi kurang optimal. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya suatu sistem yang mampu melakukan pemantauan kualitas air secara otomatis, berkelanjutan, dan dapat diakses dari jarak jauh (Oktarian et al., 2023)

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan peluang dalam pengembangan sistem pemantauan yang mampu bekerja secara otomatis dan terhubung melalui jaringan internet. Internet of Things merupakan suatu konsep yang memungkinkan perangkat elektronik, sensor, dan sistem kendali saling terhubung untuk melakukan proses pengumpulan, pengolahan, pengiriman, serta penyajian data tanpa memerlukan interaksi langsung dari pengguna secara terus-menerus (Akmal Darman Putra et al., 2025). Melalui teknologi tersebut, data hasil pengukuran kondisi air dapat dikirimkan dan ditampilkan secara waktu nyata atau realtime pada perangkat pengguna.

Penerapan teknologi Internet of Things dalam pemantauan kualitas air dapat meningkatkan efisiensi proses pengawasan karena pengguna tidak harus selalu berada di lokasi sumber air atau tempat penampungan. Pengguna dapat mengetahui perubahan kondisi air melalui telepon pintar, komputer, maupun perangkat lain yang terhubung ke internet. Selain

itu, data hasil pemantauan dapat disimpan dan digunakan sebagai bahan evaluasi untuk mengetahui perubahan kondisi air dalam jangka waktu tertentu. Dengan demikian, penerapan teknologi IoT dapat membantu pengguna dalam mengambil keputusan yang lebih cepat apabila ditemukan kondisi air yang tidak sesuai dengan batas yang telah ditentukan (Durani et al., 2022).

Sistem pemantauan kualitas air berbasis Internet of Things dapat dikembangkan dengan menggunakan beberapa sensor yang memiliki fungsi berbeda. Penggunaan lebih dari satu parameter bertujuan agar informasi yang diperoleh tidak hanya menggambarkan satu kondisi tertentu, tetapi dapat memberikan gambaran kondisi air secara lebih informatif. Pada penelitian ini, parameter yang digunakan meliputi Total Dissolved Solids (TDS), suhu air, dan ketinggian air. Ketiga parameter tersebut digunakan untuk mengetahui kandungan zat terlarut, kondisi temperatur air, serta ketersediaan atau volume air di dalam wadah penampungan.

Total Dissolved Solids atau TDS merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui jumlah zat padat terlarut yang terdapat di dalam air. Zat terlarut tersebut dapat berupa mineral, garam, logam, ion, maupun senyawa lain yang memiliki ukuran sangat kecil dan larut di dalam air. Nilai TDS dapat digunakan sebagai salah satu indikator awal untuk mengetahui kondisi air. Semakin tinggi nilai TDS, semakin banyak jumlah zat terlarut yang terkandung di dalam air. Nilai TDS yang terlalu tinggi dapat memengaruhi karakteristik air serta menyebabkan terbentuknya endapan atau kerak pada wadah dan peralatan rumah tangga (Miller et al., 2023).

Dalam penelitian ini, sensor TDS digunakan untuk membantu memantau kondisi air yang digunakan dalam kebutuhan rumah tangga, seperti mandi, mencuci, membersihkan peralatan, sanitasi, dan memasak. Pada kegiatan memasak, sensor TDS dapat memberikan informasi awal apabila terjadi peningkatan kandungan zat terlarut di dalam air. Informasi tersebut dapat membantu pengguna untuk lebih berhati-hati sebelum menggunakan air, terutama apabila perubahan nilai TDS disertai dengan perubahan warna, bau, rasa, atau kejernihan.

Meskipun demikian, nilai TDS tidak dapat dijadikan satu-satunya dasar untuk menyatakan bahwa air sepenuhnya aman untuk diminum. Sensor TDS hanya mengukur jumlah zat terlarut dan tidak dapat mendeteksi jenis zat, bakteri, virus, maupun bahan kimia berbahaya secara khusus. Oleh karena itu, sistem ini lebih diarahkan sebagai alat pemantauan awal kondisi air untuk kebutuhan rumah tangga, bukan sebagai pengganti pengujian laboratorium.

Sensor TDS kemudian diintegrasikan dengan teknologi Internet of Things agar hasil pengukuran dapat dipantau secara realtime melalui perangkat yang terhubung ke internet.

Sistem ini juga dilengkapi dengan sensor suhu dan ketinggian air untuk memberikan informasi tambahan mengenai kondisi dan ketersediaan air.

Penelitian ini merumuskan permasalahan mengenai bagaimana merancang dan membangun sistem realtime kualitas air terintegrasi berbasis Internet of Things (IoT), mengetahui tingkat akurasi dan kestabilan sistem dalam memonitor parameter kualitas air, serta mengevaluasi hasil pengujian keseluruhan sistem yang telah dirancang. Penelitian ini dibatasi pada pengembangan sistem pemantauan kualitas air secara realtime dengan menggunakan tiga parameter, yaitu Total Dissolved Solids (TDS), suhu air, dan ketinggian air, yang diukur menggunakan sensor TDS Meter V1.0, sensor suhu DS18B20, dan sensor ultrasonik. Sistem yang dikembangkan hanya berfungsi untuk membaca, mengirim, dan menampilkan data hasil pengukuran sensor melalui platform Blynk dengan memanfaatkan koneksi internet. Adapun tujuan penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem pemantauan kualitas air berbasis IoT yang mampu menyajikan informasi kondisi air secara cepat, efektif, dan mudah diakses dari jarak jauh, mengembangkan sistem yang dapat mengirimkan serta menampilkan data sensor secara realtime dan berkelanjutan, serta melakukan pengujian untuk mengetahui tingkat keberhasilan, akurasi, kestabilan, dan kinerja sistem sesuai dengan fungsi yang diharapkan.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan beberapa metode, yaitu studi pustaka dan literature dengan mengumpulkan informasi dari buku, jurnal, artikel ilmiah, serta sumber internet yang berkaitan dengan sistem monitoring kualitas air, Internet of Things (IoT), ESP32, dan sensor yang digunakan. Tahapan penelitian meliputi perencanaan peralatan, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, analisis konfigurasi sistem, pengujian, evaluasi, serta konsultasi dan penyusunan laporan. Perancangan sistem dilakukan dengan mengintegrasikan ESP32 sebagai pusat pengendali dengan sensor TDS Meter V1.0, sensor suhu DS18B20, sensor ultrasonik HC-SR04, dan modul relay 2 channel. Sistem dirancang untuk mengukur nilai TDS, suhu air, dan ketinggian permukaan air secara realtime, kemudian mengirimkan data melalui jaringan WiFi menuju aplikasi Blynk agar dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh menggunakan smartphone.

Standar kualitas air dalam penelitian ini mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023, dengan batas maksimum TDS kurang dari 300 mg/L. Nilai TDS diklasifikasikan secara operasional menjadi tiga kategori, yaitu baik (≤300 ppm),

sedang (301–500 ppm), dan buruk (>500 ppm). Perancangan perangkat lunak menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++ untuk mengatur pembacaan sensor, pengolahan data, koneksi internet, pengiriman informasi ke Blynk, serta pengendalian pompa DC dan solenoid valve melalui relay secara manual. Alur kerja sistem dimulai dari proses inisialisasi ESP32, koneksi WiFi, pembacaan dan pengolahan data sensor, hingga pengiriman informasi ke aplikasi Blynk secara berkelanjutan. Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengetahui akurasi pembacaan sensor, kestabilan komunikasi data, respons setiap komponen, serta kinerja keseluruhan sistem dalam menjalankan fungsi pemantauan dan pengendalian kualitas air secara realtime.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi

Implementasi Perangkat Keras

Komponen yang digunakan meliputi ESP32, sensor TDS Meter V1.0, sensor suhu DS18B20, sensor ultrasonik HC-SR04, relay, pompa DC, *solenoid valve*, LCD 16×2 I2C.



Gambar 1. Implementasi Perangkat Keras Sistem

Gambar 1 menunjukkan hasil implementasi perangkat keras setelah seluruh komponen dihubungkan sesuai dengan rancangan. Setiap komponen memiliki fungsi tertentu dan bekerja secara terintegrasi dalam sistem pemantauan dan pengendalian.

Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak dilakukan dengan menerapkan algoritma pembacaan sensor, pengolahan data, komunikasi jaringan, pengiriman data menuju Blynk, serta pengendalian perangkat keluaran. Program yang dijalankan pada ESP32 mengatur proses inisialisasi perangkat, pembacaan sensor, pengolahan nilai, tampilan data, komunikasi dengan platform Blynk, serta pengendalian perangkat aktuator.



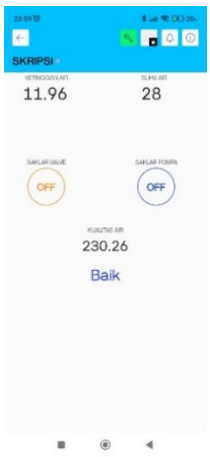
```
#include "config.h"
#include <WiFi.h>
#include "globals.h"
#include "sensor.h"
#include "display.h"
#include "control.h"
#include "blynkManager.h"

void setup()
{
    Serial.begin(115200);
    sensorBegin();
    displayBegin();
    controlBegin();
    blynkBegin();
}

void loop()
{
    blynkRun();

    updateSensor();

    controlLoop();

    displayUpdate();

    sendBlynk();

    Serial.print("Temperature : ");
    Serial.print(temperature);
    Serial.println(" C");

    Serial.print("Water Level : ");
    Serial.print(level);
    Serial.println(" cm");

    Serial.print("TDS : ");
    Serial.print(tds);
    Serial.println(" ppm");

    Serial.println("----------------------");

    delay(1000);
}
```

```
#include "config.h"
#include "globals.h"
#include "control.h"
#include "blynkManager.h"
#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>

void blynkBegin()
{
    Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
}
void blynkRun()
{
    Blynk.run();
}

void sendBlynk()
{
    Blynk.virtualWrite(V8, tds);

    Blynk.virtualWrite(V6, temperature);

    Blynk.virtualWrite(V7, level);

    if(tds<300)
        Blynk.virtualWrite(V3,"Baik");

    else if(tds<500)
        Blynk.virtualWrite(V3,"Sedang");

    else
        Blynk.virtualWrite(V3,"Buruk");
}

BLYNK_WRITE(V5)
{
    int value = param.asInt();

    if(value==1)
    {
        pumpON();
    }
    else
    {
        pumpOFF();
    }
}
```

Gambar 2 Program Sistem pada Arduino IDE

Implementasi Antarmuka Blynk

Antarmuka Blynk digunakan untuk menyajikan informasi hasil pembacaan sistem kepada pengguna. Informasi yang dapat ditampilkan meliputi nilai TDS, suhu, ketinggian air, status kondisi air, serta kontrol perangkat sesuai dengan rancangan.



Gambar 3. Tampilan Kontrol Perangkat pada Blynk

Pembahasan

Pengujian Perangkat Keras

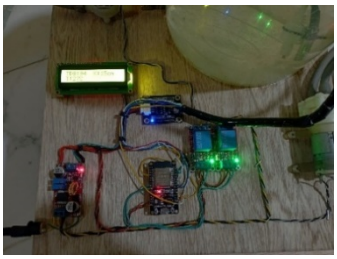
Pengujian ESP32

Pengujian ESP32 dilakukan untuk memastikan mikrokontroler dapat melakukan proses inisialisasi, membaca input sensor, mengendalikan output, serta terhubung dengan jaringan.

Tabel 1. Hasil Pengujian ESP32

No.	Parameter Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	ESP32 aktif	Perangkat menyala	ESP32 menyala dan program dapat dijalankan	Berhasil
2	Pembacaan input	Data diterima	Membaca Nilai TDS, suhu, dan level air	Berhasil

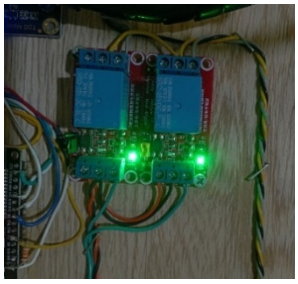
3	Output GPIO	Output bekerja	Relay pompa dan *solenoid valve* dapat dikendalikan	Berhasil
4	Koneksi Wi-Fi	Terhubung jaringan	ESP32 berhasil terhubung ke jaringan Wi-Fi	Berhasil
5	Koneksi Blynk	Terhubung platform	Data *monitoring* tampil pada Blynk	Berhasil



Gambar 4. ESP32 Sudah Aktif

```
----------------------
Temperature : 27.87 C
Water Level : 15.21 cm
TDS : 96.75 ppm
----------------------
Temperature : 27.87 C
Water Level : 15.21 cm
TDS : 96.17 ppm
----------------------
Temperature : 27.87 C
Water Level : 15.21 cm
TDS : 94.72 ppm
```

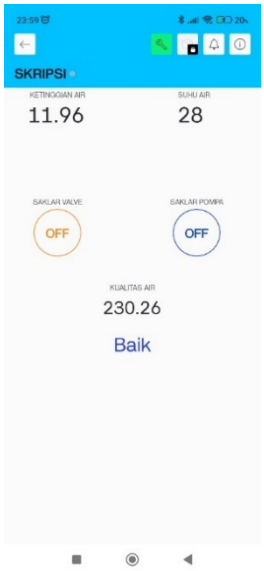
Gambar 5. Pembacaan Input



Gambar 6. Output GPIO Terhubung

```
Menghubungkan ke Wi-Fi...
Wi-Fi terhubung!
IP Address: 10.170.209.232
Internet terhubung.
```

Gambar 7. Koneksi Wi-Fi



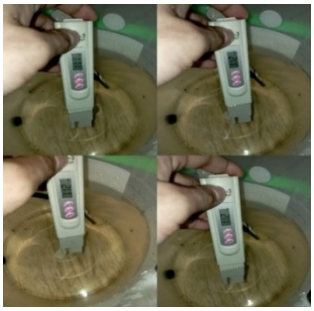
Gambar 8. Koneksi Blynk

Pengujian Sensor TDS

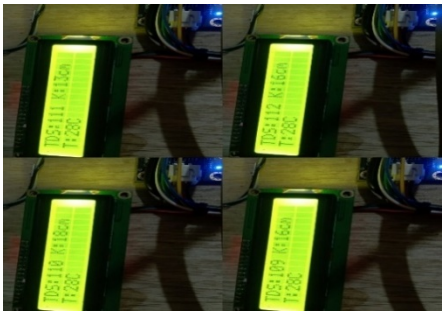
Pengujian sensor TDS dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membaca nilai *Total Dissolved Solids* dan membandingkan hasil pengukurannya dengan alat referensi. Metode pengujian dilakukan dengan mengukur sampel menggunakan sensor TDS dan alat pembanding pada kondisi yang sama.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor TDS

No.	**Sampel**	**Alat Referensi (ppm)**	**Sensor TDS (ppm)**	**Selisih (ppm)**	**Error (%)**
1	Sampel 1	111	112	1	0,90
2	Sampel 2	112	111	1	0,89
3	Sampel 3	112	110	2	1,79
4	Sampel 4	112	109	3	2,68



Gambar 9. Pembacaan TDS dengan Alat Referensi



Gambar 10. Pembacaan Sensor TDS

Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian sensor DS18B20 dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap termometer.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor DS18B20

No.	Kondisi/Sampel	Termometer (°C)	DS18B20 (°C)	Selisih (°C)	Error (%)
1	Sampel 1	28,4	28	0,4	1,41
2	Sampel 2	28.1	28	0,1	0,36
3	Sampel 3	28.1	28	0,1	0,36
4	Sampel 4	28.4	28	0,4	1,41



Gambar 11. Pembacaan Dari Temometer



Gambar 12. Pembacaan Sensor DS18B20

Pengujian Relay dan Pompa

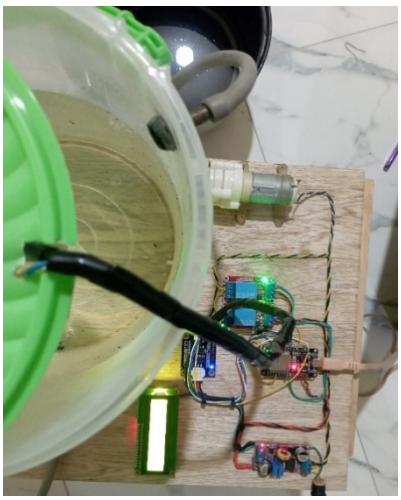
Pengujian relay dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengaktifkan dan menonaktifkan perangkat keluaran sesuai dengan perintah yang diberikan.

Tabel 4. Hasil Pengujian Relay dan Pompa

No.	Perintah	Kondisi Relay	Kondisi Pompa
1	ON	Aktif	Menyala
2	OFF	Tidak aktif	Mati



Gambar 13. Kondisi Pompa Saat Aktif



Gambar 14. Kondisi Pompa Saat Tidak Aktif

Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian Pembacaan Sensor

Pengujian dilakukan untuk memastikan ESP32 dapat membaca seluruh sensor secara bersamaan dan menghasilkan nilai yang sesuai.

Tabel 5. Hasil Pembacaan Sensor

No.	TDS (ppm)	Suhu (°C)	Ketinggian Air (cm)
1	94.14	28.06	11.66
2	96.14	28.06	11.66
3	93.54	28.06	11.66

```
----------------------
Temperature : 28.06 C
Water Level : 11.66 cm
TDS : 94.41 ppm
----------------------
Temperature : 28.06 C
Water Level : 11.66 cm
TDS : 96.14 ppm
----------------------
Temperature : 28.06 C
Water Level : 11.66 cm
TDS : 93.54 ppm
----------------------
```

Gambar 15. Tampilan Data Sensor pada Serial Monitor

Pengujian Klasifikasi Kondisi Air

Pengujian dilakukan untuk memastikan nilai TDS diproses sesuai range yang telah ditentukan.

Tabel 6. Pengujian Klasifikasi Kondisi Air

No.	Standart Nilai TDS	Nilai Sensor TDS	Kondisi Air
1	≤ 300 ppm / Baik	197,77 ppm	Baik
2	301–500 ppm / Sedang	350,52 ppm	Sedang
3	> 500 ppm / Buruk	946,36 ppm	Buruk



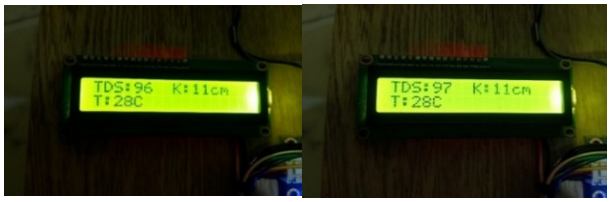
Gambar 16. Tampilan Status Kondisi Air

Pengujian Sistem *Monitoring*

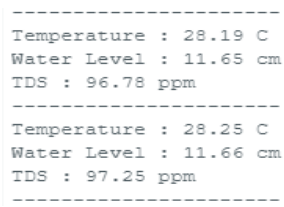
Pengujian *Monitoring* LCD

Tabel 7. Hasil *Monitoring* pada LCD

No.	TDS	Suhu	Level Air	Tampilan LCD
1	96 ppm	28 C	11 cm	Sesuai
2	97 ppm	28 C	11 cm	Sesuai



Gambar 17. Tampilan *Monitoring* pada LCD



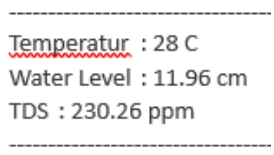
Gambar 18. Data Serial Monitor ESP32

Pengujian *Monitoring* Blynk

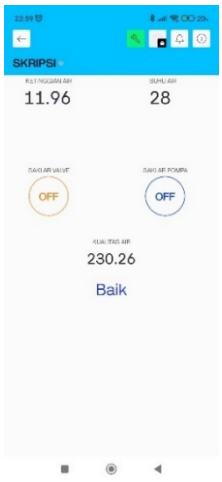
Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah data yang dibaca sensor dapat dikirimkan dan ditampilkan pada platform Blynk.

Tabel 8. Hasil *Monitoring* Blynk

No.	Parameter	Data pada ESP32	Data pada Blynk
1	TDS	230.26 ppm	230.26 ppm
2	Suhu	28 ℃	28 ℃
3	Level	11.96 cm	11.96 cm



Gambar 18. Data Serial Monitor ESP32

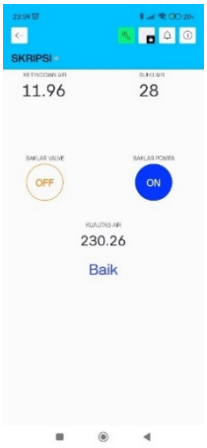


Gambar 19. Data *Monitoring* dari Blynk

Pengujian Pengendalian Jarak Jauh

Tabel 9. Hasil Pengujian Pengendalian Jarak Jauh

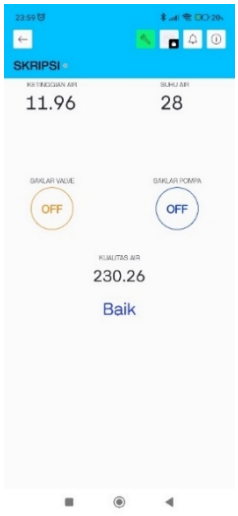
No.	Perintah Blynk	ESP32	Relay	Aktuator
1	ON	Menerima	Aktif	Menyala
2	OFF	Menerima	Nonaktif	Mati



Gambar 20. Pengiriman Perintah ON melalui Blynk



Gambar 21. Kondisi Relay/Pompa Setelah Perintah ON



Gambar 22. Pengiriman Perintah OFF melalui Blynk



Gambar 23. Kondisi Relay/Pompa Setelah Perintah OFF

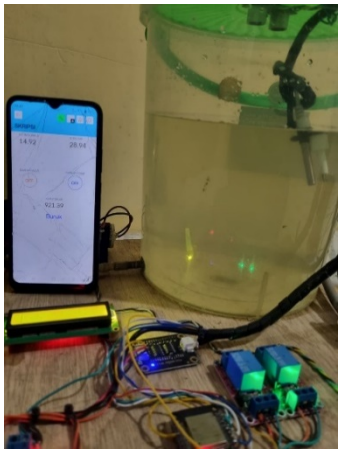
Pengujian Sampel Air Sungai di Kota Medan

Pengujian Sampel Air Sungai

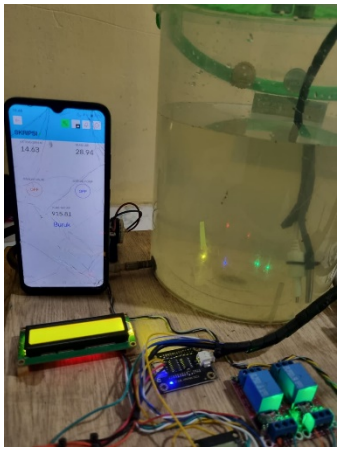
Pengujian pertama dilakukan dengan memasukkan masing-masing sampel air sungai ke dalam wadah pengujian. Selanjutnya, sensor TDS dan sensor suhu dicelupkan ke dalam sampel air untuk memperoleh nilai pengukuran. Setiap sampel diuji secara terpisah agar hasil pembacaan tidak tercampur dengan sampel lainnya.



Gambar 24. Pengambilan Air Sungai Deli



Gambar 25. Pengujian Air Sungai Deli Posisi Sensor Berada di Tengah



Gambar 26. Pengujian Air Sungai Deli Posisi Sensor Berada di Bawah

Tabel 10. Hasil Pengujian Sampel Air Sungai Deli

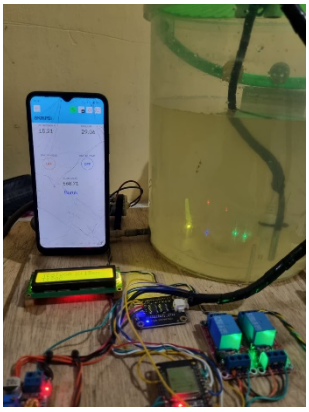
No.	Posisi Sensor	Nilai TDS (ppm)	Suhu (°C)	Kondisi Air
1	Tengah	921,39	28,94	Buruk
2	Bawah	915,81	28,94	Buruk



Gambar 27. Pengambilan Air Sungai Putih



Gambar 28. Pengujian Air Sungai Putih Posisi Sensor Berada di Tengah



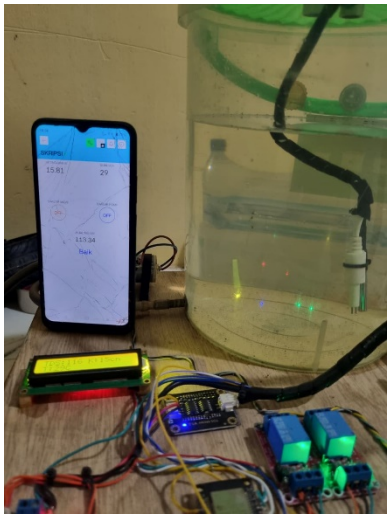
Gambar 29. Pengujian Air Sungai Putih Posisi Sensor Berada di Bawah

Tabel 11. Hasil Pengujian Sampel Air Sungai Putih

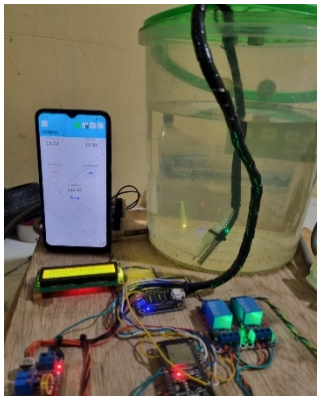
No.	Posisi Sensor	Nilai TDS (ppm)	Suhu (°C)	Kondisi Air
1	Tengah	663,32	29,06	Buruk
2	Bawah	668,71	29,06	Buruk



Gambar 30. Pengambilan Air Sungai Denai



Gambar 31. Pengujian Air Sungai Denai Posisi Sensor Berada di Tengah



Gambar 32. Pengujian Air Sungai Denai Posisi Sensor Berada di Bawah

Tabel 12. Hasil Pengujian Sampel Air Sungai Denai

No.	Posisi Sensor	Nilai TDS (ppm)	Suhu (°C)	Kondisi Air
1	Tengah	113,34	29	Baik
2	Bawah	112,67	29,06	Baik

Pembahasan

Hasil Pengujian Sampel Air Sungai di Kota Medan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap tiga sampel air sungai di Kota Medan, yaitu Sungai Deli, Sungai Putih, dan Sungai Denai, diperoleh nilai TDS dan suhu yang berbeda pada setiap sampel. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam membaca parameter kualitas air menggunakan sensor TDS Meter V1.0 dan sensor suhu DS18B20.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel air Sungai Deli memiliki nilai TDS tertinggi, yaitu 921,39 ppm pada posisi sensor tengah dan 915,81 ppm pada posisi sensor bawah. Selanjutnya, sampel air Sungai Putih memiliki nilai TDS sebesar 663,32 ppm pada posisi tengah dan 668,71 ppm pada posisi bawah. Sementara itu, sampel air Sungai Denai memiliki nilai TDS terendah, yaitu 113,34 ppm pada posisi tengah dan 112,67 ppm pada posisi bawah.

Berdasarkan klasifikasi yang diterapkan pada program, sampel air Sungai Deli dan Sungai Putih termasuk dalam kategori buruk, sedangkan sampel air Sungai Denai termasuk dalam kategori baik. Perbedaan nilai TDS tersebut menunjukkan bahwa setiap sampel air sungai memiliki karakteristik kandungan zat terlarut yang berbeda berdasarkan hasil pembacaan sensor.

Hasil pengukuran suhu menunjukkan bahwa ketiga sampel memiliki suhu yang relatif berdekatan, yaitu berkisar antara 28,94 °C hingga 29,06 °C. Dengan demikian, sistem dapat melakukan pengukuran nilai TDS dan suhu pada ketiga sampel air sungai serta menampilkan hasil klasifikasi kondisi air berdasarkan nilai TDS yang diperoleh.

Hasil Pengujian Berdasarkan Posisi Sensor

Pengujian berdasarkan posisi sensor dilakukan dengan menempatkan sensor pada dua posisi berbeda di dalam wadah sampel air, yaitu posisi tengah dan posisi bawah. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah perbedaan posisi penempatan sensor memengaruhi hasil pembacaan nilai TDS dan suhu air.

Berdasarkan hasil pengujian, pada sampel air Sungai Deli diperoleh nilai TDS sebesar 921,39 ppm pada posisi tengah dan 915,81 ppm pada posisi bawah. Pada sampel air Sungai Putih, nilai TDS yang diperoleh sebesar 663,32 ppm pada posisi tengah dan 668,71 ppm pada posisi bawah. Sementara itu, pada sampel air Sungai Denai diperoleh nilai TDS sebesar 113,34 ppm pada posisi tengah dan 112,67 ppm pada posisi bawah.

Perbedaan hasil pembacaan TDS pada kedua posisi menunjukkan adanya variasi nilai pengukuran. Selisih terbesar terdapat pada sampel Sungai Deli sebesar 5,58 ppm, sedangkan selisih terkecil terdapat pada sampel Sungai Denai sebesar 0,67 ppm. Meskipun terdapat perbedaan nilai pembacaan, hasil klasifikasi kondisi air pada setiap sampel tetap sama, baik ketika sensor ditempatkan di posisi tengah maupun bawah.

Berdasarkan hasil tersebut, sistem mampu melakukan pembacaan parameter air pada dua posisi penempatan sensor. Perubahan posisi sensor tidak menyebabkan perubahan kategori kondisi air pada ketiga sampel yang diuji. Hal ini menunjukkan bahwa hasil klasifikasi berdasarkan batas nilai TDS dalam program tetap konsisten pada pengujian posisi tengah dan bawah.

Analisis Hasil Pengujian

Analisis Sistem Monitoring

Analisis dilakukan dengan membandingkan data yang terdapat pada ESP32 dengan data yang ditampilkan pada Blynk. Apabila kedua data sesuai, maka mekanisme pengiriman dan visualisasi data dapat dinyatakan berhasil.

Analisis Remote Access dan Pengendalian

Analisis dilakukan berdasarkan keberhasilan akses pengguna dari lokasi berbeda serta keberhasilan perintah yang dikirimkan melalui Blynk untuk mengubah kondisi perangkat aktuator.

Analisis Integrasi Sistem

Analisis integrasi dilakukan untuk mengetahui apakah seluruh komponen dapat bekerja secara terkoordinasi. Sistem dinyatakan berhasil apabila proses pembacaan sensor, pengolahan data, komunikasi, *monitoring*, dan pengendalian dapat berlangsung sesuai dengan

rancangan.

Berdasarkan hasil implementasi, ESP32 dapat digunakan sebagai mikrokontroler utama yang mengintegrasikan sensor TDS Meter V1.0, sensor suhu DS18B20, dan sensor ultrasonik HC-SR04. Ketiga sensor tersebut menghasilkan data yang kemudian diproses oleh ESP32 untuk memperoleh informasi mengenai kondisi air. Data hasil pembacaan sensor ditampilkan pada LCD sebagai media *monitoring* secara langsung dan dikirimkan melalui koneksi internet ke platform Blynk sehingga informasi dapat dipantau secara jarak jauh.

Pada pengujian sensor TDS Meter V1.0, hasil pembacaan menunjukkan adanya perbedaan antara nilai sensor dengan alat referensi. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh karakteristik sensor, kondisi air yang digunakan dalam pengujian, suhu air, proses kalibrasi, serta kondisi elektroda sensor. Meskipun terdapat selisih hasil pengukuran, sensor TDS tetap dapat digunakan untuk memberikan informasi mengenai kandungan zat terlarut dalam air dan sebagai dasar klasifikasi kondisi air pada sistem.

Pada sensor suhu DS18B20, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu melakukan pembacaan suhu air dan memberikan nilai yang relatif stabil. Perbedaan antara hasil pembacaan sensor dengan alat referensi dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik dan tingkat ketelitian masing-masing alat ukur, posisi sensor saat pengujian, serta kondisi lingkungan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa DS18B20 dapat digunakan sebagai sensor pemantauan suhu air pada sistem yang dirancang.

Sementara itu, sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengetahui jarak permukaan air terhadap sensor yang kemudian dikonversikan menjadi nilai ketinggian air pada tangki. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor dapat mendeteksi perubahan jarak permukaan air. Namun, hasil pembacaan dapat dipengaruhi oleh kondisi permukaan air, posisi pemasangan sensor, sudut pantulan gelombang ultrasonik, serta adanya gangguan pantulan dari bagian tangki. Oleh karena itu, pemasangan sensor pada posisi yang tepat diperlukan agar hasil pengukuran ketinggian air lebih stabil.

Hasil pengujian perangkat lunak menunjukkan bahwa data dari masing-masing sensor dapat diproses oleh ESP32 dan digunakan sebagai masukan untuk sistem *monitoring*. Nilai TDS digunakan untuk menentukan klasifikasi kondisi air menjadi kategori Baik, Sedang, dan Buruk berdasarkan batas nilai yang telah ditentukan pada program. Dengan adanya klasifikasi tersebut, pengguna tidak hanya memperoleh nilai hasil pengukuran, tetapi juga dapat mengetahui kondisi air berdasarkan parameter TDS yang terukur.

Pada bagian *monitoring*, LCD dapat menampilkan informasi hasil pembacaan sensor

secara langsung pada perangkat. Selain itu, integrasi dengan platform Blynk memungkinkan data sensor dikirim melalui jaringan Wi-Fi dan ditampilkan pada antarmuka aplikasi. Dengan demikian, sistem memiliki dua metode *monitoring*, yaitu *monitoring* secara lokal melalui LCD dan *monitoring* secara jarak jauh melalui Blynk.

Pengujian pengendalian menunjukkan bahwa ESP32 dapat menerima perintah dari antarmuka Blynk untuk mengendalikan relay yang terhubung dengan perangkat keluaran, yaitu pompa dan *solenoid valve*. Perintah yang diberikan pengguna melalui Blynk diteruskan melalui jaringan internet menuju ESP32, kemudian ESP32 mengubah kondisi relay sesuai dengan perintah tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya berfungsi sebagai sistem *monitoring*, tetapi juga mampu menyediakan fungsi pengendalian perangkat dari jarak jauh.

Dari sisi komunikasi, penggunaan jaringan Wi-Fi memungkinkan ESP32 terhubung dengan platform Blynk untuk melakukan pertukaran data secara *Real-time*. Namun, kinerja *monitoring* dan pengendalian jarak jauh bergantung pada kestabilan koneksi internet. Apabila koneksi mengalami gangguan atau terputus, pengiriman data ke Blynk dan penerimaan perintah dari pengguna dapat mengalami keterlambatan atau tidak berjalan sementara. Kondisi tersebut merupakan salah satu keterbatasan sistem berbasis IoT yang menggunakan jaringan internet sebagai media komunikasi.

Selain kestabilan jaringan, terdapat beberapa faktor lain yang dapat memengaruhi kinerja sistem. Ketelitian hasil pengukuran dipengaruhi oleh karakteristik masing-masing sensor, kondisi lingkungan, posisi pemasangan, serta proses kalibrasi. Pada sensor TDS, kondisi dan karakteristik air dapat memengaruhi hasil pengukuran. Pada sensor suhu, proses perpindahan panas antara sensor dan air dapat memengaruhi waktu sensor dalam mencapai nilai yang stabil. Sedangkan pada sensor ultrasonik, kondisi permukaan air dan posisi pemasangan sensor dapat memengaruhi hasil pembacaan jarak.

Sistem yang dirancang juga memiliki keterbatasan pada jumlah parameter kualitas air yang dapat dipantau. Sistem ini menggunakan parameter TDS dan suhu sebagai indikator kondisi air serta ketinggian air sebagai parameter kondisi tangki. Oleh karena itu, sistem belum dapat memberikan penilaian kualitas air secara menyeluruh karena masih terdapat parameter lain yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas air, seperti pH, kekeruhan, dan parameter kualitas air lainnya.

Meskipun memiliki beberapa keterbatasan, integrasi antara ESP32, sensor, LCD, relay, pompa, *solenoid valve*, jaringan Wi-Fi, dan Blynk telah menghasilkan sebuah sistem yang

mampu melakukan proses *monitoring* dan pengendalian dalam satu alur kerja. Data dari sensor dibaca dan diproses oleh ESP32, kemudian hasilnya ditampilkan pada LCD dan dikirimkan ke Blynk. Pada saat yang sama, pengguna dapat memberikan perintah pengendalian melalui Blynk yang selanjutnya diproses oleh ESP32 untuk mengendalikan perangkat keluaran.

Dengan demikian, berdasarkan keseluruhan hasil implementasi dan pengujian, sistem Smart Water *Monitoring* yang dirancang telah mampu menjalankan fungsi utama sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu melakukan pemantauan TDS, suhu, dan ketinggian air serta menyediakan fasilitas pengendalian pompa dan *solenoid valve* melalui jaringan internet. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa integrasi perangkat keras dan perangkat lunak dapat berjalan sesuai dengan rancangan, sehingga sistem dapat menjadi dasar untuk pengembangan sistem *monitoring* kualitas air berbasis IoT yang lebih lengkap pada penelitian selanjutnya.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring kualitas air berbasis Internet of Things (IoT) berhasil dirancang dan dibangun menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang terintegrasi dengan sensor TDS Meter V1.0, sensor suhu DS18B20, dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memantau parameter kualitas air yang meliputi nilai TDS, suhu, dan ketinggian air, dengan hasil pembacaan yang dapat ditampilkan melalui LCD secara langsung. Sistem juga berhasil diintegrasikan dengan platform Blynk melalui jaringan Wi-Fi sehingga data hasil pembacaan sensor dapat dikirimkan dan ditampilkan secara realtime, memungkinkan pengguna melakukan pemantauan kondisi air dari jarak jauh melalui perangkat yang terhubung dengan internet. Selain itu, sistem telah dilengkapi dengan fitur pengendalian jarak jauh terhadap pompa DC dan solenoid valve menggunakan modul relay yang dapat diaktifkan maupun dinonaktifkan melalui aplikasi Blynk sesuai perintah pengguna. Berdasarkan hasil pengujian, integrasi perangkat keras dan perangkat lunak telah berjalan sesuai dengan fungsi yang dirancang, sensor TDS Meter V1.0, DS18B20, dan HC-SR04 mampu memperoleh data parameter air, komunikasi antara ESP32 dan Blynk mendukung proses pemantauan jarak jauh, serta fungsi pengendalian pompa DC dan solenoid valve dapat dijalankan melalui aplikasi Blynk. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan telah mampu menjalankan fungsi pemantauan dan pengendalian kondisi air sesuai dengan tujuan penelitian.

E. DAFTAR PUSTAKA

Aiello, M. (2022). IoT architectures: From data to smart systems. Frontiers in the Internet of Things, 1, 959268. https://doi.org/10.3389/friot.2022.959268

Akmal Darman Putra, Sarjon Defit, & Gunadi Widi Nurcahyo. (2025). Penerapan IoT pada Alat Temperature Monitoring System Cold Chain Box Vaccine Menggunakan Sensor DS18B20. Jurnal KomtekInfo, 1–11. https://doi.org/10.35134/komtekinfo.v12i1.589

Ananda Putra, H., & Rosano, A. (2024). Implementasi IOT Dalam Sistem Monitoring Kualitas Air Menggunakan Platform Blynk Dan Googlesheet. INSANtek, 5(1), 15–21. https://doi.org/10.31294/insantek.v5i1.3209

Arifuddin, F., & Rafsyam, Y. (2025). Implementasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan LabVIEW untuk Pengukuran Level Air. 6.

Bakti, A. I., Marco Alfiano Laoh, Handy Indra Regain Mosey, Jumriadi, Megastin M. Lumembang, & Suoth, V. A. (2024). Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban dan Kadar CO2 di Udara Berbasis Internet of Things. Jurnal MIPA, 13(2), 94–98. https://doi.org/10.35799/jm.v13i2.56234

Basuki, A., Saputra, F. D., Priantono, D., & Purwahyudi, B. (2025). Monitoring Ketinggian Air Sungai Berbasis Internet Of Things (IoT). INTER TECH, 3(1), 1–9. https://doi.org/10.54732/i.v3i1.1220

Bayılmış, C., Ebleme, M. A., Çavuşoğlu, Ü., Küçük, K., & Sevin, A. (2022). A survey on communication protocols and performance evaluations for Internet of Things. Digital Communications and Networks, 8(6), 1094–1104. https://doi.org/10.1016/j.dcan.2022.03.013

Burhan, A. Q., & Islami, S. (2024). Implementation of the Internet of Things using Blynk platform for smart home. 01(02).

Bu'u, K. S., Nachrowie, N., & Sonalitha, E. (2023). Monitoring Kualitas Air pada Aquarium Berbasis Internet of Things (IoT). Blend Sains Jurnal Teknik, 2(2), 184–190. https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i2.321

De Camargo, E. T., Spanhol, F. A., Slongo, J. S., Da Silva, M. V. R., Pazinato, J., De Lima Lobo, A. V., Coutinho, F. R., Pfrimer, F. W. D., Lindino, C. A., Oyamada, M. S., & Martins, L. D. (2023). Low-Cost Water Quality Sensors for IoT: A Systematic Review. Sensors, 23(9), 4424. https://doi.org/10.3390/s23094424

Durani, H., Sheth, M., Vaghasia, M., & Kotech, S. (2022). Smart Automated Home Application

using IoT with Blynk App. 2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT), 393–397. https://doi.org/10.1109/ICICCT.2018.8473224

Elgazzar, K., Khalil, H., Alghamdi, T., Badr, A., Abdelkader, G., Elewah, A., & Buyya, R. (2022). Revisiting the internet of things: New trends, opportunities and grand challenges. Frontiers in the Internet of Things, 1, 1073780. https://doi.org/10.3389/friot.2022.1073780

El-Khozondar, H. J., Mtair, S. Y., Qoffa, K. O., Qasem, O. I., Munyarawi, A. H., Nassar, Y. F., Bayoumi, E. H. E., & Halim, A. A. E. B. A. E. (2024). A smart energy monitoring system using ESP32 microcontroller. E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, 9, 100666. https://doi.org/10.1016/j.prime.2024.100666

Espressif Systems. (2020). ESP32 Datasheet (3.4) [Datasheet]. Espressif Systems.

Essamlali, I., Nhaila, H., & El Khaili, M. (2024). Advances in machine learning and IoT for water quality monitoring: A comprehensive review. Heliyon, 10(6), e27920. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27920

Federici, F., Martintoni, D., & Senni, V. (2023). A Zero-Trust Architecture for Remote Access in Industrial IoT Infrastructures. Electronics, 12(3), 566. https://doi.org/10.3390/electronics12030566

Gunawan, I., & Akbar, T. (2021). Prototipe Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Monitoring Level Air Tandon Menggunakan Nodemcu Esp8266 Dan Blynk. Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi, 3(1), 1–7. https://doi.org/10.29408/jit.v3i1.1789

Irawan, A. I., Patmasari, R., & Hidayat, M. R. (2024). Peningkatan Kinerja Sensor DS18B20 pada Sistem IoT Monitoring Suhu Kolam Ikan. 5, 1–10. https://doi.org/10.31544/jtera.v5.i1.2020.101-110

Jayaraman, P., Nagarajan, K. K., Partheeban, P., & Krishnamurthy, V. (2024). Critical review on water quality analysis using IoT and machine learning models. International Journal of Information Management Data Insights, 4(1), 100210. https://doi.org/10.1016/j.jjimei.2023.100210

Jeffrey, J., Elvis, E., Lau, W., & Tham, V. (2024). Perancangan dan Pengembangan Automatic Fish Feeder Menggunakan Aplikasi Mobile Blynk dan ESP32. Telcomatics, 9(2). https://doi.org/10.37253/telcomatics.v9i2.10077

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah

Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan (Nomor 2 Tahun 2023). Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Kumar, K., Kumar, A., Kumar, N., Mohammed, M. A., Al-Waisy, A. S., Jaber, M. M., Shah, R., & Al-Andoli, M. N. (2022). Dimensions of Internet of Things: Technological Taxonomy Architecture Applications and Open Challenges—A Systematic Review. Wireless Communications and Mobile Computing, 2022(1), 9148373. https://doi.org/10.1155/2022/9148373

Maulana, H., & Wicaksono, A. (2026). Water Pump Speed Control System Using ESP32 and Blynk: Sistem Pengatur Kecepatan Pompa Air Menggunakan ESP32 dan Blynk. Indonesian Journal of Innovation Studies, 27(1). https://doi.org/10.21070/ijins.v27i1.2075

Miller, M., Kisiel, A., Cembrowska-Lech, D., Durlik, I., & Miller, T. (2023). IoT in Water Quality Monitoring—Are We Really Here? Sensors, 23(2), 960. https://doi.org/10.3390/s23020960

Nurliana, N., Sirait, A. A., Yusri, E., & Apdilah, D. (2026). Perancangan dan Implementasi Sistem Pendeteksi Jarak Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino: Penelitian. Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan, 4(3), 21187–21190. https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i3.5617

Oktarian, A. R., Tasmi, Antony, F., & Verano, D. A. (2023a). RANCANG SISTEM MONITORING KUALITAS DAN KETINGGIAN AIR BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT). Journal of Intelligent Networks and IoT Global, 1(2), 75–83. https://doi.org/10.36982/jinig.v1i2.3649

Oktarian, A. R., Tasmi, Antony, F., & Verano, D. A. (2023b). RANCANG SISTEM MONITORING KUALITAS DAN KETINGGIAN AIR BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT). Journal of Intelligent Networks and IoT Global, 1(2), 75–83. https://doi.org/10.36982/jinig.v1i2.3649

Pratama, I. P. Y. P., Wibawa, K. S., & Suarjaya, I. M. A. D. (2022). Perancangan PH Meter Dengan Sensor PH Air Berbasis Arduino. JITTER : Jurnal Ilmiah Teknologi dan Komputer, 3(2), 1034. https://doi.org/10.24843/JTRTI.2022.v03.i02.p02

Purwanto, H., Riyadi, M., & Astuti, D. W. W. (2023). KOMPARASI SENSOR ULTRASONIK HC-SR04 DAN JSN-SR04T UNTUK APLIKASI SISTEM DETEKSI KETINGGIAN AIR. 10(2).

Sirait, R., Pardede, M., Hutajulu, E., Pardede, S. C. Y., & Pakpahan, A. (2025). Implementation of PZEM-004T and LoRa for Internet of Things–Based Monitoring of Power Supply Sources in Laboratory Building. 14(2).

Supriyadi, A. P., Kurniadi, A. R., Pambudi, A. P., Rizky, M., & Latifa, U. (2025). IMPLEMENTATION OF AUTOMATIC SCHEDULED FISH FEEDING SYSTEM BASED ON ESP32 AND BLYNK FOR FISH FARMING OPTIMAZION. Jurnal Teknik Elektro.

Tahsin Fuad Hasan, Kabashi, N. A., Saleh, T., Alam, M. Z., Wahab, M. F., & Hamid Nour, A. (2024). WATER QUALITY MONITORING USING MACHINE LEARNING AND IOT: A REVIEW. Chemical and Natural Resources Engineering Journal (Formally Known as Biological and Natural Resources Engineering Journal), 8(2), 32–54. https://doi.org/10.31436/cnrej.v8i2.100

Ul Haq, S., Singh, Y., Sharma, A., Gupta, R., & Gupta, D. (2023). A survey on IoT & embedded device firmware security: Architecture, extraction techniques, and vulnerability analysis frameworks. Discover Internet of Things, 3(1), 17. https://doi.org/10.1007/s43926-023-00045-2

Wirman, R. P., & Wardhana, I. (2022). Kajian Tingkat Akurasi Sensor pada Rancang Bangun Alat Ukur Total Dissolved Solids (TDS) dan Tingkat Kekeruhan Air.

Witczak, D., & Szymoniak, S. (2024). Review of Monitoring and Control Systems Based on Internet of Things. Applied Sciences, 14(19), 8943. https://doi.org/10.3390/app14198943