MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN: 2808-8115
p-ISSN: 2809-1051

Terindeks: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v5i5.7048

SMART WATER QUALITY MEASUREMENT SYSTEM BERBASIS *IOT* UNTUK PENINGKATAN EFEKTIVITAS PEMANTAUAN KUALITAS SUMBER AIR

IoT-Based Smart Water Quality Measurement System for Enhancing the Effectiveness of Water Source Quality Monitoring

Winky Kurniawan & Muhammad Anwar
Universitas Negeri Padang
rrahasia43@gmail.com; muh_anwar@ft.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jun 26, 2025	Jul 21, 2025	Aug 2, 2025	Aug 7, 2025

Abstract

The increasing water pollution caused by domestic and industrial activities demands an efficient, real-time, and accurate water quality monitoring system. This study aims to design and develop a Smart Water Quality Measurement System based on the Internet of Things (IoT), capable of automatically monitoring pH, temperature, conductivity, and turbidity parameters, while transmitting the data to a server and website in real-time. The research employed an engineering approach using the Waterfall model, encompassing requirement analysis, system design, hardware and software implementation, testing, and evaluation. The system integrates digital pH sensor SEN-0131, temperature sensor DS18B20, conductivity sensor SEN-0171, and turbidity sensor SEN-0175 with the ESP32 microcontroller. Measurement data are displayed via the DSP-0004 LCD and transmitted to a MySQL database, which is then visualized through a PHP-based web interface. Testing was conducted on each sensor and the system as a whole. The results indicate that all sensors operated within acceptable accuracy tolerances, and the system consistently transmitted data over a three-hour testing period without interruption. The web interface also functioned

Masaliq Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

responsively across various devices. The study concludes that the system successfully fulfills the requirements for efficient and real-time water quality monitoring. The implications highlight the significant potential of IoT technology in environmental management, with further development recommended, including the integration of additional sensors and automated notification features to enhance system functionality.

Keywords: IoT; Sensors; Water Quality; Microcontroller; Real-Time Monitoring

Abstrak: Peningkatan pencemaran air akibat aktivitas domestik dan industri menuntut adanya sistem pemantauan kualitas air yang efisien, real-time, dan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan *Smart Water Quality Measurement System* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memantau parameter pH, suhu, konduktivitas, dan kekeruhan secara otomatis serta mengirimkan data ke server dan website secara real-time. Metode yang digunakan adalah pendekatan rekayasa dengan model *Waterfall* yang mencakup tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan lunak, pengujian, serta evaluasi. Sistem ini mengintegrasikan sensor digital pH SEN-0131, suhu DS18B20, konduktivitas SEN-0171, dan kekeruhan SEN-0175 dengan mikrokontroler ESP32. Data hasil pengukuran ditampilkan melalui LCD DSP-0004 dan dikirimkan ke database MySQL untuk ditampilkan melalui antarmuka web berbasis PHP. Pengujian dilakukan pada tiap sensor dan sistem secara keseluruhan. Hasil menunjukkan bahwa seluruh sensor bekerja dalam batas toleransi akurasi yang dapat diterima, serta sistem mampu mengirimkan data secara konsisten selama pengujian tiga jam tanpa gangguan. Antarmuka web juga berjalan responsif di berbagai perangkat. Simpulan dari penelitian ini adalah bahwa sistem telah berhasil memenuhi kebutuhan pemantauan kualitas air secara efisien dan real-time. Implikasi penelitian ini menunjukkan potensi besar pemanfaatan teknologi IoT dalam pengelolaan lingkungan, dengan rekomendasi pengembangan lanjutan seperti penambahan sensor tambahan dan fitur notifikasi otomatis untuk meningkatkan fungsionalitas sistem.

Kata Kunci: IoT; Sensor; Kualitas Air; Mikrokontroler; Monitoring Real-Time

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Tidak hanya untuk kebutuhan rumah tangga, air juga memainkan peranan vital dalam sektor pertanian, industri, dan pembangkit energi. Namun, ketersediaan air bersih semakin sulit dijamin karena berbagai tantangan seperti peningkatan populasi, urbanisasi, serta dampak dari perubahan iklim global (Pasika & Gandla, 2020).

Fenomena pencemaran air menjadi salah satu permasalahan utama, terutama di daerah perkotaan yang padat penduduk dan rentan terhadap limbah domestik dan industri. WHO menyebutkan bahwa lebih dari 80% penyakit di negara berkembang disebabkan oleh

kualitas air yang buruk (Pasika & Gandla, 2020). Air yang tercemar logam berat, zat kimia, maupun mikroorganisme patogen dapat menyebabkan penyakit seperti diare, kolera, hingga infeksi kulit. Hal ini mencerminkan perlunya pemantauan yang intensif dan berkelanjutan terhadap kualitas air yang digunakan masyarakat.

Saat ini, sistem pemantauan kualitas air masih banyak yang menggunakan metode konvensional, seperti pengambilan sampel manual dan analisis laboratorium. Metode ini membutuhkan waktu dan biaya besar, serta tidak mampu menyediakan data secara *real-time* (Made & Desnanjaya, 2025). Kelemahan ini membuat deteksi terhadap pencemaran air menjadi lambat, terutama ketika kondisi air berubah secara dinamis.

Permasalahan tersebut semakin kompleks ketika banyak sumber air berada di wilayah yang sulit diakses secara geografis, sehingga pengawasan berkala secara manual menjadi tidak efisien. Selain itu, lemahnya infrastruktur digital serta minimnya kesadaran akan pentingnya pemantauan air berbasis teknologi turut memperburuk situasi. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi inovatif dalam bentuk sistem pemantauan kualitas air yang mampu bekerja secara otomatis, efisien, dan berkelanjutan.

Secara lokal, persoalan kualitas air juga terjadi di Kota Padang, Sumatera Barat. Berdasarkan data BPS, Indeks Kualitas Air (IKA) Kota Padang pada tahun 2023 berada di angka 69,09 dan hanya sedikit meningkat menjadi 69,77 pada tahun 2024. Nilai ini masih di bawah kategori "baik", sehingga menunjukkan perlunya peningkatan sistem pemantauan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan kualitas air. Sistem ini memungkinkan pengukuran otomatis parameter kualitas air seperti pH, suhu, konduktivitas, dan kekeruhan, serta pengiriman data ke server secara *real-time*. Penelitian oleh Mukta et al (2019) dengan judul penelitianya "*IoT based Smart Water Quality Monitoring System*" membuktikan bahwa IoT mampu menyajikan data akurat dan cepat. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Hafizh (2025) dengan judul penelitian "*MONITORING* KUALITAS AIR *AQUAPONIC* : MODEL *NUTRIENT FILM TECHNIQUE* (NFT) BERBASIS IOT" menunjukkan bahwa sistem ini efisien digunakan bahkan dalam konteks pertanian aquaponik.

Secara teoritik, kualitas air ditentukan oleh parameter fisik (suhu, kekeruhan), kimia (pH, logam berat), dan biologis (mikroorganisme patogen) yang semuanya harus memenuhi standar yang telah ditetapkan. Baku mutu kualitas air minum diatur dalam Permenkes No. 2

Tahun 2023, yang mengacu pada ketentuan WHO. Parameter utama yang diatur mencakup pH (6,5–8,5), suhu (±3°C dari suhu udara), TDS ≤ 500 mg/L, dan kekeruhan maksimum 3 NTU (Yusal & Hasyim, 2022).

Metode konvensional dalam pemantauan air memiliki berbagai kekurangan, mulai dari efisiensi waktu yang rendah, biaya tinggi, hingga tidak adanya data secara *real-time*. Selain itu, risiko kesalahan manusia dalam proses manual juga menjadi kelemahan yang signifikan (Wulandari et al., 2024). Hal ini mengurangi efektivitas pengambilan keputusan yang cepat dan tepat dalam menangani kualitas air.

Sebaliknya, sistem berbasis IoT menawarkan pemantauan berkala yang fleksibel dan otomatis. Sensor yang terintegrasi dengan mikrokontroler dan sistem komunikasi data dapat memberikan informasi secara berkelanjutan tanpa intervensi manusia secara langsung. Data dapat diakses melalui antarmuka *web* sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan analisis dan tindakan lanjutan.

Dengan latar belakang tersebut, maka diperlukan pengembangan sistem pemantauan kualitas air yang modern, efisien, dan dapat diakses secara daring. Sistem ini diharapkan mampu menjawab tantangan yang ada dalam pengawasan kualitas air, terutama di wilayah yang sulit dijangkau.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan *Smart Water Quality Measurement System* berbasis IoT yang dapat membaca dan mengolah parameter kualitas air seperti pH, suhu, konduktivitas, dan kekeruhan secara *real-time*. Sistem ini akan mengintegrasikan sensor digital, mikrokontroler, dan perangkat lunak untuk menyimpan serta mengirimkan data ke server agar dapat diakses melalui *website*. Diharapkan, sistem ini mampu meningkatkan efektivitas pemantauan kualitas air dan mendukung peningkatan kesejahteraan masyarakat.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D), yang bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan kualitas air berbasis *Internet of Things* (IoT) secara *real-time*. Model pengembangan yang diterapkan adalah model *Waterfall*, yang terdiri dari lima tahapan utama: analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi,

pengujian, dan pemeliharaan. Pendekatan ini dipilih karena memberikan alur kerja yang sistematis dan terstruktur dari awal hingga akhir pengembangan sistem.

Metode *Waterfall* atau sering dikenal sebagai *classic life cycle* adalah metode yang digunakan dalam pengembangan alat ini. Metode ini menggambarkan pendekatan yang sistematis dan juga berurutan, dimulai dari analisis kebutuhan hingga pemeliharaan. Untuk pengembangan sistem dan memudahkan proses kontrol dalam setiap tahapan model ini memberikan alur kerja yang terstruktur (Wahid, 2020).

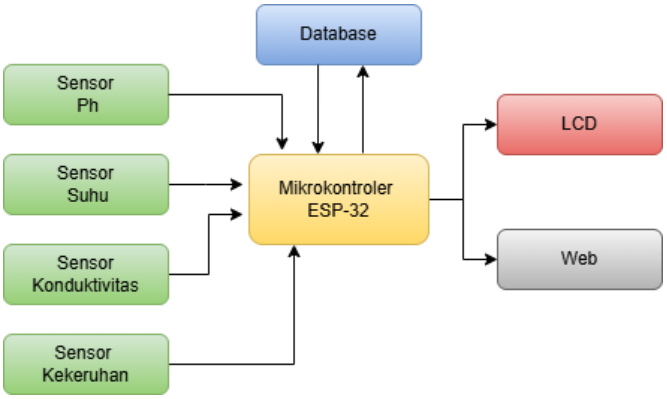
Kebutuhan Sistem

Tahap awal dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan dalam pemantauan kualitas air secara konvensional, yang cenderung lambat, mahal, dan tidak *real-time*. Sistem ini dikembangkan untuk mengukur empat parameter kualitas air: pH, suhu, konduktivitas, dan kekeruhan. Sensor yang digunakan yaitu SEN-0131 untuk pH, DS18B20 untuk suhu, SEN-0171 untuk konduktivitas, dan SEN-0175 untuk kekeruhan. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 karena memiliki fitur Wi-Fi bawaan yang memungkinkan transmisi data ke server.

Dari sisi perangkat lunak, sistem ini mengandalkan Arduino IDE untuk pemrograman mikrokontroler, XAMPP dan MySQL sebagai database server, serta Visual Studio Code (VSCode) untuk pengembangan antarmuka *web*. Kebutuhan fungsional sistem mencakup pembacaan sensor secara *real-time*, pengiriman data ke server, penampilan data di LCD lokal dan *website*, serta kemampuan pemantauan jarak jauh melalui *web*.

Blok Diagram

Blok diagram adalah gambaran grafis yang menggambarkan hubungan antara input dan output sistem fisik dengan menggunakan simbol-simbol yang mewakili komponen atau proses sistem. Mereka juga membantu dalam analisis dan perancangan system (Dirgantara & Suryadarma, 2014). Gambaran dari digram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini:

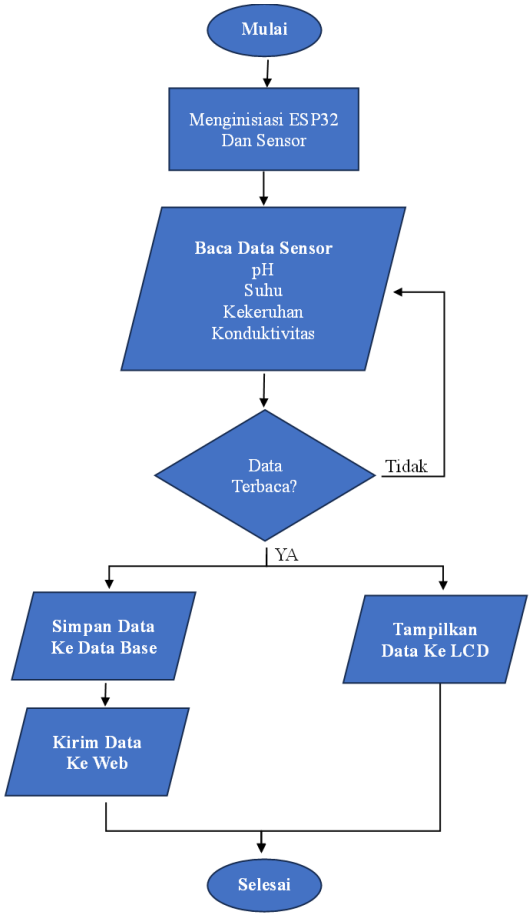


Gambar 1 Blok Diagram

Blok diagram sistem pemantauan kualitas air ini menggambarkan bagaimana komponen-komponen utama bekerja secara terpadu untuk memberikan data yang akurat dan mudah diakses. ESP32 berperan sebagai pengendali pusat yang mengoordinasikan pembacaan data dari berbagai sensor, yang masing-masing memiliki fungsi spesifik. Sensor pH mengukur tingkat keasaman, sensor suhu mendeteksi temperatur air, sensor konduktivitas mengukur konsentrasi ion terlarut, dan sensor kekeruhan menentukan jumlah partikel tersuspensi yang memengaruhi kejernihan air. Setiap sensor ini mengirimkan data mentah ke ESP32, yang kemudian mengolah data tersebut ke dalam satuan yang dapat dibaca dan dimengerti oleh pengguna

Flowcahrt Sistem

Flowvhart adalah metode untuk menggambarkan langkah-langkah yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah dengan menggunakan ikon yang mudah dipahami, praktis, dan memiliki standar yang umum (Galuh Pratama et al., 2023). *Flowvhart smart water quality measurement sistem* berbasis IoT ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut

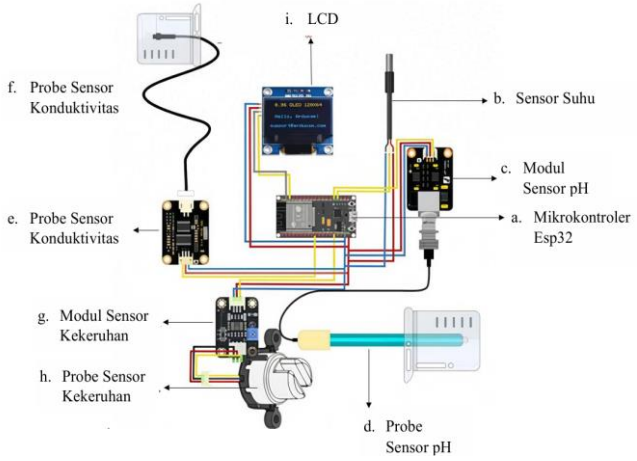


Gambar 2 *Flowchart* sistem

Flowvhart sistem pemantauan kualitas air ini menjelaskan alur kerja secara sistematis, mulai dari pengaktifan perangkat hingga tampilan data kualitas air secara *real-time*. Proses dimulai dengan mengaktifkan ESP32 dan semua sensor yang terhubung, yaitu sensor pH, suhu, konduktivitas, dan kekeruhan. Setelah semua perangkat siap, setiap sensor melakukan pembacaan parameter kualitas air, di mana sensor pH mengukur tingkat keasaman, sensor suhu mencatat temperatur, sensor konduktivitas mendeteksi jumlah ion terlarut, dan sensor kekeruhan menilai tingkat kejernihan air.

Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras merupakan hal yang sangat penting dalam tugas akhir, karena ini merupakan suatu tahapan atau proses dalam pembuatan suatu perangkat keras. Tujuan dari desain hardware adalah memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik, efisien, dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, serta meminimalkan kesalahan dan mempertimbangkan faktor-faktor seperti ukuran, daya, dan lain-lain (Kalbuana & Kurnianto, 2024). Bentuk rangkaian perangkat kerasnya dapat dilihat pada Gambar 3.

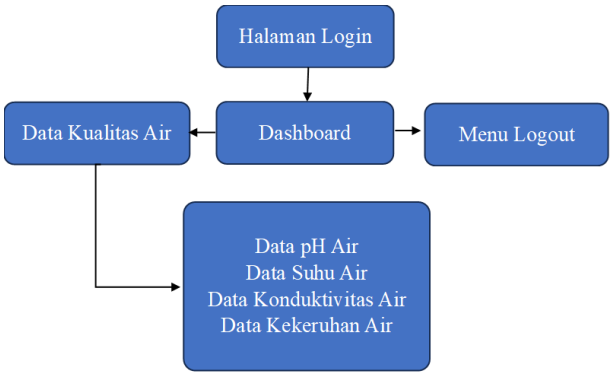


Gambar 3 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras sistem ini melibatkan beberapa komponen utama yang digunakan untuk mengukur parameter kualitas air seperti pH, suhu, konduktivitas, dan kekeruhan. Komponen-komponen tersebut dirancang agar bekerja secara terpadu dan dapat diakses melalui *web* secara *real-time*.

Perancangan *Website*

Halaman *web* adalah situs *web* di mana orang-orang dapat mengakses informasi yang telah disediakan oleh seseorang atau organisasi. *Website* diakses melalui jaringan internet melalui URL, yang merupakan singkatan dari alamat internet. *Website* ini menawarkan informasi berupa gambar, teks, animasi, dan lainnya. *World Wide Web*, atau WWW, adalah istilah yang mengacu pada situs *web* yang dapat diakses oleh banyak orang (Sari & Kholil, 2025). Perancangan *website* dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini:

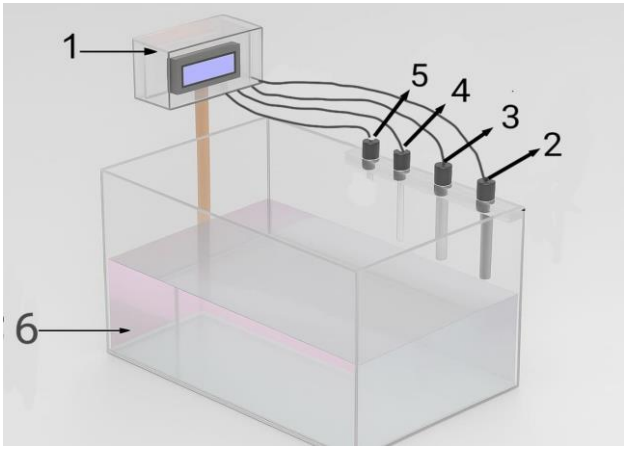


Gambar 4 Perancangan *Website*

Perancangan *website* ini adalah bagaimana proses informasi yang telah di kirim ke *database* akan ditampilkan. Proses ini akan dimulai terlebih dahulu dengan tahap *login* user atau admin. Setelah user *login* maka akan di hadapkan ke halaman beranda sebagai halaman *default*.

Perancangan Alat Dalam Bentuk 3D

Alat *smart water quality measurement system* berbasis IoT ini dirancang dalam desain 3D untuk memudahkan pembuatan tempat komponen serta mempermudah perakitan dan pemeliharaan sistem, yang dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5 Perancangan Alat Dalam Bentuk 3D

Perangkat *Smart Water Quality Measurement* ini terdiri dari beberapa komponen utama. LCD diletakkan pada bagian atas alat untuk menampilkan hasil pengukuran secara langsung di lokasi monitoring. Sistem ini dilengkapi dengan empat jenis sensor, yaitu: sensor pH untuk mengukur tingkat keasaman air, sensor suhu untuk mendeteksi temperatur air, sensor konduktivitas untuk mengukur kadar ion terlarut, serta sensor kekeruhan (turbidity sensor) untuk mengetahui kejernihan air. Keempat sensor tersebut dipasang pada wadah penampung air berbahan plastik berdimensi 15 cm × 15 cm × 25 cm, yang berfungsi sebagai media pengukuran air dari sumber yang akan diuji.

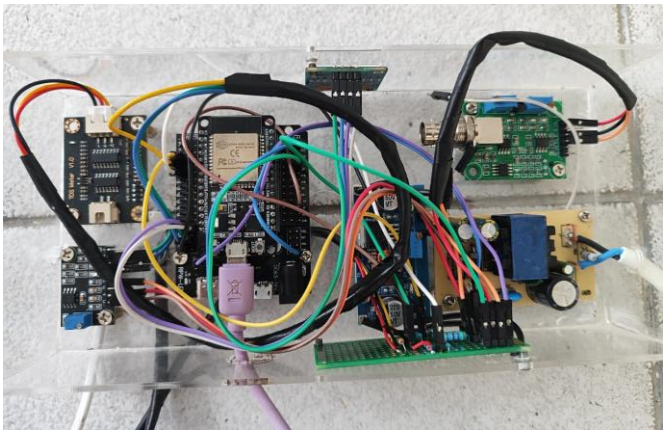
HASIL

Untuk menjawab permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, sistem *Smart Water Quality Measurement System* berbasis IoT ini dirancang dan dikembangkan dengan fokus pada pemantauan kualitas air secara *real-time*. Sistem ini mengintegrasikan empat parameter utama, yaitu pH, suhu, konduktivitas, dan kekeruhan, yang diukur melalui rangkaian sensor digital.

Seluruh sensor dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai pusat kendali untuk membaca data lingkungan dan mengirimkannya ke server melalui koneksi Wi-Fi. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan antarmuka berbasis *web* yang dikembangkan menggunakan PHP dan MySQL untuk menampilkan data secara daring, serta LCD I2C DSP-0004 sebagai tampilan lokal untuk kemudahan pemantauan langsung di lokasi. Penjabaran hasil pengembangan dan pengujian sistem ini akan dibahas lebih lanjut pada bagian berikut.

Perakitan Perangkat Keras

Proses perakitan perangkat keras dilakukan berdasarkan rancangan skematik yang telah disusun pada tahap perancangan sistem. Setiap sensor dan modul dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 menggunakan kabel jumper berkualitas untuk memastikan kestabilan sinyal dan keandalan koneksi dalam jangka panjang. Sensor pH SEN-0131 dihubungkan ke jalur input analog ESP32, sementara sensor suhu DS18B20 dipasang dengan resistor pull-up guna meningkatkan akurasi pembacaan data. Selain itu, sensor konduktivitas SEN-0171 dan sensor kekeruhan SEN-0175 dikoneksikan melalui port input analog maupun digital sesuai kebutuhan sistem. Untuk tampilan data lokal, digunakan modul LCD DSP-0004 yang terhubung langsung ke mikrokontroler. Seluruh komponen dirakit dan ditata secara sistematis ke dalam casing pelindung agar perangkat tetap aman, rapi, serta mudah dalam proses perawatan dan pemantauan lapangan. Hasil dari perakitan perangkat keras ini dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.



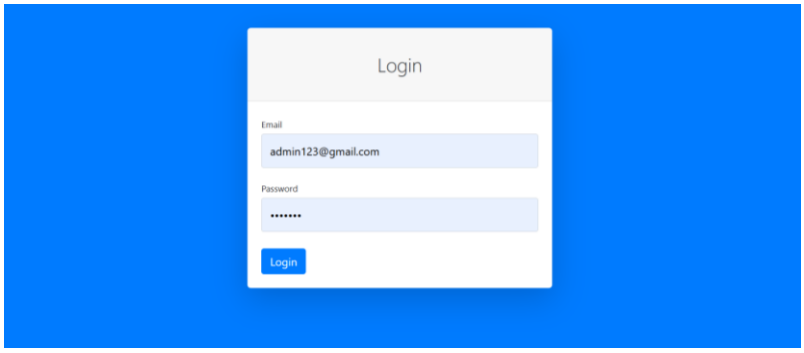
Gambar 6 Perakitan Perangkat Keras

Sebelum sistem diaktifkan, semua koneksi kabel dan pin sensor telah diperiksa menggunakan multimeter. Proses verifikasi ini penting untuk memastikan sambungan sesuai spesifikasi teknis dan menghindari risiko hubungan pendek (*short circuit*).

Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada sistem *Smart Water Quality Measurement* difokuskan pada pengembangan antarmuka *web* yang menampilkan data hasil pengukuran kualitas air secara *real-time* dan mudah diakses. Antarmuka ini dibangun menggunakan kombinasi teknologi HTML, CSS, PHP, dan MySQL yang saling terintegrasi antara sisi tampilan, logika pemrosesan, dan database. Proses perancangannya mencakup identifikasi kebutuhan pengguna, desain struktur halaman, sistem pengiriman data dari ESP32, hingga penyusunan basis data agar sistem berjalan efisien dan responsif. Antarmuka *web* dirancang dengan struktur yang sederhana namun fungsional, terdiri dari tiga halaman utama, yaitu: 1) Halaman *Login,* 2) Halaman *Dashboard,* dan 3) Halaman Riwayat Data.

Halaman *login* berfungsi sebagai gerbang autentikasi untuk membatasi akses hanya kepada pengguna yang berwenang. Pengguna wajib memasukkan *username* dan *password* yang telah terdaftar dalam database. Untuk halaman *login* bisa dilihat pada Gambar 7 berikut ini



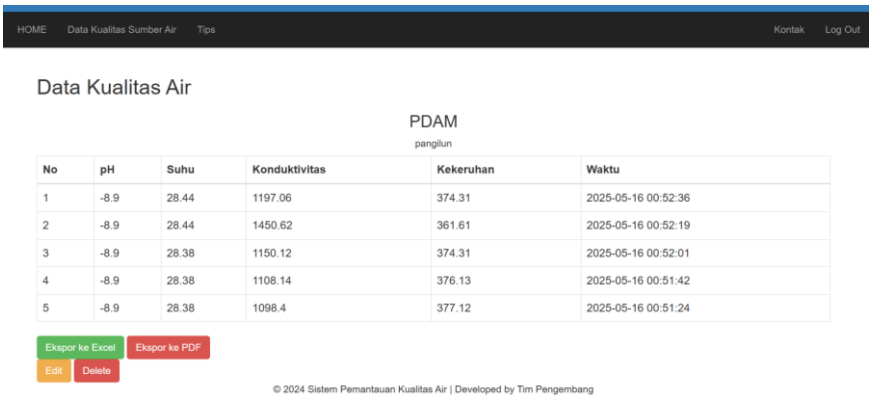
Gambar 7 Halaman *Login*

Setelah selesai melakukan proses *login*, maka selanjutnya akan di arahkan ke halaman dashboard. Halaman dashboard merupakan halaman utama yang menampilkan data sensor kualitas air secara *real-time*. Setiap parameter, yaitu pH, suhu, konduktivitas (TDS), dan kekeruhan (NTU) disajikan dalam bentuk tabel. Untuk halaman dashboard dapa dilihat pada gambar 8 berikut ini:



Gambar 8 Halaman Dashboard

Untuk melihat data kualitas air yang di monitoring oleh system ini, maka dapat dilihat pada halaman data kualitas air. Halaman ini menampilkan seluruh data pengukuran yang telah tersimpan dalam database dalam bentuk tabel. Pengguna dapat melakukan pencarian dan penyaringan data berdasarkan tanggal atau parameter tertentu. Sistem juga menyediakan fitur ekspor data ke dalam format Excel maupun PDF untuk keperluan dokumentasi atau analisis lanjutan. Untuk melihat halaman data kualitas air dapat dilihat pada Gambar 9 berikut:



Gambar 9 Halaman Data Kualitas Air

Hasil Pengujian Sensor

Untuk menguji akurasi sensor pH, dilakukan pengujian menggunakan larutan buffer standar serta beberapa sampel air yang nilai pH-nya telah diketahui sebelumnya. Hasil dari pengujian ini disajikan pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Data hasil pengujian sensor pH

Sampel	Nilai Terukur	Nilai Sensor	Deviasi
Sampel 1	3,80	3,91	0,11
Sampel 2	7,65	7,50	0,15
Sampel 3	7.69	7,66	0,03
Sampel 4	10,00	9,95	0,05

Berdasarkan hasil pada Tabel 1, sensor pH menunjukkan performa akurat dengan deviasi dalam batas toleransi ±0,2, sehingga dapat diandalkan untuk pemantauan pH air secara *real-time*. Setelah itu, pengujian dilanjutkan pada sensor suhu untuk memastikan kemampuannya dalam mengukur temperatur air pada berbagai kondisi, yakni air dingin, suhu ruang, dan air hangat. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil pengujian sensor suhu

Sampel	Nilai Terukur (°C)	Nilai Sensor (°C)	Deviasi
Sampel 1	22,3	22,1	0,2
Sampel 2	30,8	30,8	0,0

Berdasarkan Tabel 2. sensor suhu menunjukkan performa stabil dengan deviasi dalam batas toleransi ±0,5 °C, menandakan pembacaan suhu yang konsisten dan layak untuk sistem pemantauan *real-time*. Selanjutnya, pengujian dilanjutkan pada sensor konduktivitas menggunakan beberapa sampel yang dibandingkan dengan TDS meter. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hasil pengujian sensor konduktivitas

Sampel	Nilai Terukur (ppm)	Nilai Sensor (ppm)	Deviasi
Sampel 1	30	33,38	11,27%
Sampel 2	29	32,36	11,59%
Sampel 3	59	60,31	2,22%
Sampel 4	508	508,60	0,12%

Berdasarkan Tabel 3, sensor konduktivitas mampu membaca konsentrasi larutan dengan deviasi ±12%, sesuai spesifikasi pabrikan, sehingga cukup andal untuk mendeteksi perubahan kandungan zat terlarut secara konsisten. Selanjutnya, pengujian dilakukan pada sensor kekeruhan menggunakan sampel air yang telah dikalibrasi dengan nephelometer sebagai alat ukur standar. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data hasil pengujian sensor kekeruhan

Sampel	Nilai Terukur (NTU)	Nilai Sensor (NTU)	Deviasi (selisih)
Sampel 1	0.55	0.00	0,55
Sampel 2	0.39	0.00	0,39
Sampel 3	2963,00	2969,57	6,67

Berdasarkan Tabel 4, sensor kekeruhan menunjukkan akurasi yang cukup dengan deviasi ±5%, sehingga andal untuk mendeteksi perubahan kejernihan air secara cepat dan

konsisten. Setelah seluruh sensor lolos uji akurasi, pengujian berlanjut pada aspek pengiriman data ke server MySQL setiap 1 menit melalui koneksi Wi-Fi. Ringkasan hasil pengujian disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data hasil pengujian pengiriman data ke server

Parameter Uji	Hasil
Total data terkirim	80 record
Error pengiriman	0% (Tidak ada error)
Kecepatan Respon	±1,5 detik per pengiriman

Berdasarkan data pada Tabel 5, sistem berhasil mengirimkan seluruh data sensor ke server dengan tingkat konsistensi dan kestabilan yang sangat baik. Selama pengujian, tidak ditemukan kehilangan data (*data loss*) maupun keterlambatan signifikan, yang menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara *real-time* dan andal dalam mengirimkan informasi pemantauan kualitas air.

PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem *Smart Water Quality Measurement System* berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan kualitas air secara *real-time*. Rumusan masalah yang ingin dijawab adalah bagaimana merancang sistem pemantauan kualitas air yang mampu mendeteksi parameter pH, suhu, konduktivitas, dan kekeruhan secara otomatis, akurat, serta dapat diakses dari jarak jauh melalui antarmuka *web*.

Berdasarkan hasil pengujian terhadap perangkat keras dan perangkat lunak, sistem yang dikembangkan telah menunjukkan kinerja yang sesuai dengan spesifikasi awal. Setiap sensor berhasil membaca parameter kualitas air secara otomatis dan konsisten, sesuai dengan ambang toleransi yang ditetapkan. Proses pengolahan dan pengiriman data ke server MySQL melalui koneksi Wi-Fi berlangsung tanpa adanya kehilangan data ataupun keterlambatan signifikan. Selain itu, antarmuka *web* yang dibangun dengan basis PHP dan MySQL mempermudah pengguna dalam mengakses data kualitas air dari berbagai perangkat, termasuk smartphone dan laptop.

Temuan ini menjawab pertanyaan utama dalam rumusan masalah dan mendukung temuan terdahulu dari Mukta et al (2019) dan Hafizh (2025) yang menyatakan bahwa sistem berbasis IoT memiliki keunggulan dalam kecepatan dan akurasi dalam pemantauan kualitas air. Keandalan sistem juga diperkuat dengan hasil uji stabilitas koneksi dan tampilan data lokal melalui LCD I2C, yang menunjukkan konsistensi selama pengujian berlangsung.

Hasil uji masing-masing sensor menunjukkan performa yang baik dalam batas toleransi pabrikan. Sensor pH, suhu, konduktivitas, dan kekeruhan diuji menggunakan sampel air yang telah dikalibrasi dengan alat standar, dan menunjukkan deviasi pengukuran yang masih dapat diterima. Misalnya, sensor suhu memiliki deviasi ±0,5 °C, sedangkan sensor konduktivitas dan kekeruhan menunjukkan deviasi masing-masing dalam rentang ±10% dan ±5%.

Secara teoritis, validasi ini mendukung kerangka konseptual penelitian yang menggabungkan parameter fisik dan kimia dalam penilaian kualitas air, sebagaimana dijelaskan oleh Yusal & Hasyim (2022) bahwa pH, suhu, TDS, dan kekeruhan merupakan indikator utama kualitas air. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya sekadar berfungsi secara teknis, tetapi juga relevan secara ilmiah dalam pengukuran parameter kualitas air berbasis sensor digital.

Keunggulan utama dari sistem ini adalah kemampuannya untuk melakukan pemantauan data secara otomatis dan *real-time*, mengurangi risiko human error, serta meningkatkan efisiensi waktu dalam proses pengawasan kualitas air. Desain sistem yang modular juga memungkinkan perawatan, kalibrasi, atau penggantian sensor tanpa perlu membongkar keseluruhan perangkat. Hal ini berkontribusi pada efisiensi pemeliharaan sistem dan fleksibilitas implementasi di berbagai lokasi, baik untuk lingkungan domestik maupun sektor industri.

Meskipun sistem telah bekerja secara optimal, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu dicermati. Pertama, sistem sangat bergantung pada kestabilan koneksi Wi-Fi; apabila jaringan terganggu, maka proses pengiriman data *real-time* menjadi terhambat. Kedua, sensor kekeruhan cenderung sensitif terhadap getaran air, sehingga fluktuasi pembacaan dapat terjadi saat kondisi lingkungan tidak stabil. Temuan ini memberikan masukan penting untuk pengembangan lanjutan, khususnya dalam hal stabilisasi media pengukuran atau penambahan sistem penyimpanan lokal sementara.

Dalam konteks pengembangan sistem lebih lanjut, beberapa inovasi telah dirancang untuk meningkatkan fungsionalitas dan cakupan penggunaan. Penambahan sensor *dissolved oxygen (DO)* menjadi langkah penting untuk memperluas parameter yang dipantau, khususnya dalam aplikasi perikanan dan pertanian. Selain itu, rencana integrasi sistem notifikasi otomatis melalui email atau SMS akan meningkatkan responsivitas pengguna dalam menghadapi

kondisi air yang tidak sesuai standar. Terakhir, penggunaan casing tahan air akan meningkatkan daya tahan alat di lingkungan outdoor yang lembap.

Dari sisi teoretis, penelitian ini menguatkan konsep bahwa sistem monitoring berbasis IoT tidak hanya mendigitalisasi proses pengukuran, tetapi juga memungkinkan integrasi multi-parameter secara efisien dalam satu sistem kompak. Hal ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan teori baru terkait *smart environmental monitoring system* yang tidak hanya terbatas pada air, tetapi juga udara dan tanah.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan merealisasikan sistem *Smart Water Quality Measurement System* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mengukur kualitas air secara *real-time* melalui empat parameter utama, yaitu pH, suhu, konduktivitas, dan kekeruhan. Sistem memanfaatkan sensor digital yang diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32, serta mendukung tampilan lokal melalui LCD dan pemantauan jarak jauh melalui antarmuka *web* berbasis PHP dan MySQL. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua sensor bekerja dengan akurasi memadai dan deviasi pengukuran masih dalam batas toleransi. Pengiriman data berlangsung stabil dan konsisten tanpa gangguan berarti. Sistem terbukti mampu memproses, menyimpan, dan mengirimkan data secara otomatis, sehingga mempermudah pemantauan kondisi air tanpa harus melakukan pengambilan sampel manual.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan telah mampu menjawab rumusan masalah dan memenuhi tujuan penelitian. Dengan keunggulan seperti pemantauan otomatis, akses *real-time*, dan antarmuka yang user-friendly, sistem ini menunjukkan potensi besar sebagai solusi alternatif dalam pengawasan kualitas air di berbagai sektor. Meskipun terdapat keterbatasan seperti ketergantungan pada koneksi Wi-Fi dan sensitivitas sensor terhadap kondisi lingkungan, sistem tetap dinilai layak dan efektif. Pengembangan lebih lanjut, seperti penambahan sensor Dissolved Oxygen (DO), fitur notifikasi otomatis, dan penggunaan casing tahan air, diharapkan dapat meningkatkan kinerja serta memperluas cakupan penerapannya pada kebutuhan monitoring lingkungan yang lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

Dirgantara, U., & Suryadarma, M. (2014). Perancangan Sistem Informasi Land Transportation Assistance Taxi Puskopau Pada Bandara Xyz. *Jurnal Sistem Informasi*

Universitas Suryadarma, *9*(2). https://doi.org/10.35968/jsi.v9i2.918

Galuh Pratama, D., Maulindar, J., & Puspita Indah, R. (2023). Perancangan Monitoring & Pengontrol pH Sayuran Sawi Hidroponik Berbasis IoT (Internet Of Things). *Ratna Puspita Indah INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, *3*, 4051–4060.

HAFIZH, M. (2025). Monitoring kualitas air aquaponic : model nutrient film technique (nft) berbasis iot. *Skripsi*.

Kalbuana, N., & Kurnianto, B. (2024). … -Based Smoke Detection System as an Effort for Fire Prevention Desain Sistem Deteksi Asap Berbasis Sensor Mikrokontroler Sebagai Upaya Pencegahan …. *MALCOM: Indonesian Journal of …*, *4*(January), 266–272. https://scholar.archive.org/work/zk5istfo5nac3ay3ineiwengze/access/wayback/https://journal.irpi.or.id/index.php/malcom/article/download/1158/525

Made, I. G., & Desnanjaya, N. (2025). *IMPROVED DESIGN AND ACCURACY OF REAL-TIME WATER QUALITY AND FILTERING SYSTEMS FOR APPLICATION IN IOT-BASED AQUACULTURE*. *June*. https://doi.org/10.15578/jra.20.1.2025.27-47

Mukta, M., Islam, S., Barman, S. Das, Reza, A. W., & Saddam Hossain Khan, M. (2019). IoT based smart water quality monitoring system. *2019 IEEE 4th International Conference on Computer and Communication Systems, ICCCS 2019*, *June 2021*, 669–673. https://doi.org/10.1109/CCOMS.2019.8821742

Pasika, S., & Gandla, S. T. (2020). Smart water quality monitoring system with cost-effective using IoT. *Heliyon*, *6*(7), e04096. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04096

Sari, A. O., & Kholil, I. (2025). Perancangan Sistem Informasi Website Profile Sekolah Sebagai Sarana Promosi. *INTI Nusa Mandiri*, *19*(2), 195–201. https://doi.org/10.33480/inti.v19i2.6310

Wahid, A. A. (2020). Analisis Metode Waterfall Untuk Pengembangan Sistem Informasi. *Jurnal Ilmu-Ilmu Informatika Dan Manajemen STMIK*, *1*(1), 1–5. https://www.researchgate.net/publication/346397070

Wulandari, S. A., Sucipto, A., Rosyady, A. F., Ardana, M. D. R., Cahyono, O. D. P., & Khomarudin, A. N. (2024). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Untuk Mendeteksi Keadaan Tidak Normal atau Penyakit Pada Tambak Ikan Mujaer Menggunakan Fuzzy Logic Mamdani Berbasis Mobile. *Technologica*, *3*(1), 42–54. https://doi.org/10.55043/technologica.v3i1.153

Yusal, M. S., & Hasyim, A. (2022). Kajian Kualitas Air Berdasarkan Keanekaragaman Meiofauna dan Parameter Fisika-Kimia di Pesisir Losari, Makassar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *20*(1), 45–57. https://doi.org/10.14710/jil.20.1.45-57