

Design of a Microcontroller-Based pH and Water Turbidity Measurement System in Linggang Melapeh Village

Richardo Agustian Leonardi Virgiawan Nickson¹, Bartolomius Harpad², dan Yulindawati³

^{1,2,3}Teknik Informatika, STMIK Widya Cipta Dharma
Jl. M. Yamin No. 25, Samarinda, Kalimantan Timur

E-mail: 2243096@wicida.ac.id¹, harpad@wicida.ac.id², yulindawati@wicida.ac³

ABSTRACT

Residents of Linggang Melapeh Village still rely on river water, while daily water-quality assessment is commonly performed through visual observation that cannot objectively describe acidity and turbidity. This study aims to design and build a portable microcontroller-based instrument for measuring pH and water turbidity, implement sensor calibration and signal-filtering logic, and evaluate the device through functional and user testing. The system was developed using the Prototype method through communication, quick planning, quick design modeling, prototype construction, and deployment, delivery, and feedback. An Arduino Uno R3 serves as the main controller and integrates the SEN0161 pH sensor, SEN0189 turbidity sensor, 16x2 LCD with I2C, 4x4 keypad, buzzer, expansion board shield, and a portable power supply. The program applies outlier removal, an Exponential Moving Average filter, and two-point pH calibration using buffer solutions of pH 4.01 and 6.86. Black-box testing showed that the keypad, LCD, and buzzer functions achieved 100% success in the tested scenarios. The turbidity sensor achieved 80% success across tested water conditions, while the pH sensor achieved 60% on pH 4.01 and 6.86 buffers, 40% on pH 9.18 buffer, and 80% on river, lake, tap, and mineral water samples. Beta testing involved 20 respondents consisting of neighborhood leaders, residents, and village officials. The resulting prototype provides real-time pH and turbidity information and supports early assessment of water conditions using the health thresholds adopted in the study.

Keywords: *Arduino Uno R3, pH Sensor, Prototype, Turbidity Sensor, Water Quality*

Rancang Bangun Sistem Pengukuran pH dan Kekeruhan Air Berbasis Mikrokontroler di Kampung Linggang Melapeh

ABSTRAK

Masyarakat Kampung Linggang Melapeh masih bergantung pada air sungai, sedangkan penilaian kualitas air sehari-hari umumnya dilakukan melalui pengamatan visual yang belum dapat menjelaskan tingkat keasaman dan kekeruhan secara objektif. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun alat portabel berbasis mikrokontroler untuk mengukur pH dan kekeruhan air, menerapkan kalibrasi serta penyaringan sinyal sensor, dan mengevaluasi kinerja alat melalui pengujian fungsional dan pengguna. Sistem dikembangkan menggunakan metode Prototype yang meliputi komunikasi, perencanaan cepat, pemodelan desain cepat, konstruksi purwarupa, serta penyerahan dan umpan balik. Arduino Uno R3 digunakan sebagai pengendali utama yang mengintegrasikan sensor pH SEN0161, sensor kekeruhan SEN0189, LCD 16x2 dengan I2C, keypad 4x4, buzzer, expansion board shield, dan catu daya portabel. Program menerapkan outlier removal, filter Exponential Moving Average, dan kalibrasi dua titik menggunakan larutan buffer pH 4,01 dan 6,86. Pengujian black box menunjukkan fungsi keypad, LCD, dan buzzer mencapai keberhasilan 100% pada skenario yang diuji. Sensor kekeruhan mencapai keberhasilan 80% pada seluruh kondisi sampel, sedangkan sensor pH mencapai 60% pada buffer pH 4,01 dan 6,86, 40% pada buffer pH 9,18, serta 80% pada sampel air sungai, danau, keran, dan mineral. Pengujian beta melibatkan 20 responden yang terdiri atas ketua RT, masyarakat, dan aparaturnya. Purwarupa mampu menyajikan informasi pH dan kekeruhan secara waktu nyata untuk membantu penilaian awal kondisi air berdasarkan ambang kesehatan yang digunakan dalam penelitian.

Kata Kunci: *Arduino Uno R3, Kualitas Air, Metode Prototype, Sensor Kekeruhan, Sensor pH*

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan air bersih yang layak digunakan merupakan kebutuhan dasar masyarakat dan menjadi bagian

penting dari upaya menjaga kesehatan lingkungan. Pada wilayah pedesaan yang belum sepenuhnya terjangkau jaringan perpipaan, sungai dan sumur masih digunakan sebagai sumber air harian. Kondisi tersebut juga ditemukan

di Kabupaten Kutai Barat. Penelitian Edinata dkk. (2024) yang digunakan dalam skripsi menyebutkan bahwa pemanfaatan sumber air nonperpipaan masih tinggi, sedangkan cakupan pelayanan perpipaan belum menjangkau seluruh penduduk. Ketergantungan tersebut membuat perubahan kondisi fisik air, terutama setelah hujan dan peningkatan sedimen, perlu dipantau secara lebih objektif.

Penilaian air secara visual hanya memberikan gambaran mengenai warna atau kejernihan yang tampak, tetapi tidak menghasilkan ukuran kuantitatif. Dalam penelitian ini, dua parameter yang dipilih adalah derajat keasaman (pH) dan kekeruhan dalam satuan Nephelometric Turbidity Unit (NTU). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 yang menjadi acuan skripsi menetapkan rentang pH 6,5-8,5 dan batas kekeruhan tertentu untuk keperluan higiene sanitasi serta air minum (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2023). Dengan demikian, warga memerlukan instrumen yang mampu membaca dua parameter tersebut secara langsung di lokasi pengambilan air.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan pemantauan kualitas air menggunakan mikrokontroler. Ucmariance dkk. (2022) mengintegrasikan Arduino Uno dengan sensor pH dan kekeruhan, tetapi pengujiannya masih terbatas pada sampel tertentu. Sujono dan Wahyunugroho (2023) menggunakan ESP32 untuk pemantauan air budidaya, namun operasional pemantauan bergantung pada jaringan internet. Dwi Ramadhan dan Subandi (2024) mengembangkan sistem berbasis Internet of Things pada akuarium yang lingkungannya lebih terkontrol. Saraswati dkk. (2025) menggunakan sensor kekeruhan pada tandon air. Berdasarkan perbandingan tersebut, penelitian ini menempatkan kebaruan pada penerapan alat portabel lokal untuk sumber air yang digunakan masyarakat Kampung Linggang Melapeh, dengan interaksi langsung melalui keypad dan LCD tanpa ketergantungan wajib pada internet.

Solusi yang dikembangkan berupa sistem pengukuran berbasis Arduino Uno R3 yang menerima data analog dari sensor pH SEN0161 dan sensor kekeruhan SEN0189. Data diproses menggunakan kalibrasi dan penyaringan sinyal, kemudian ditampilkan pada LCD 16x2. Keypad digunakan untuk navigasi menu dan proses kalibrasi, sedangkan buzzer memberikan peringatan ketika nilai berada di luar batas yang ditentukan. Data juga dapat dikirim melalui koneksi kabel ke antarmuka web lokal untuk dilihat atau diunduh. Kontribusi penelitian mencakup rancangan integrasi perangkat keras, implementasi pemrosesan data sensor, serta evaluasi fungsi dan penerimaan penggunaan alat pada masyarakat setempat.

Tujuan penelitian adalah: (1) merancang dan mengintegrasikan sensor pH serta sensor kekeruhan dengan Arduino Uno R3 menjadi sistem pengukuran yang fungsional; (2) menerapkan algoritma kalibrasi dan penyaringan untuk meningkatkan kestabilan pembacaan; serta (3) mengevaluasi kinerja alat melalui black box testing dan beta testing pada lingkungan Kampung Linggang Melapeh.

2. RUANG LINGKUP

Penelitian membahas pengukuran dua parameter kualitas air, yaitu pH dan kekeruhan. Variabel lain seperti suhu, oksigen terlarut, dan total padatan terlarut tidak diukur. Sensor yang digunakan dibatasi pada SEN0161 untuk pH dan SEN0189 untuk kekeruhan, sedangkan Arduino Uno R3 menjadi unit pemrosesan utama.

Kalibrasi pH dilakukan menggunakan larutan buffer pH 4,01 dan 6,86. Pengujian tambahan dalam skripsi juga menggunakan buffer pH 9,18 serta sampel air sungai, danau, keran, dan air mineral. Objek lapangan difokuskan pada sumber air yang digunakan masyarakat Kampung Linggang Melapeh dan tidak mencakup limbah industri, medis, atau cairan dengan tingkat polusi ekstrem.

Hasil pengukuran ditampilkan secara real-time melalui LCD 16x2. Penyimpanan jangka panjang belum tersedia di dalam alat. Akses antarmuka web lokal membutuhkan sambungan kabel antara Arduino dan laptop. Penetapan status kualitas air merujuk pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 sebagaimana digunakan dalam skripsi.

3. BAHAN DAN METODE

3.1 Kualitas Air, pH, dan Kekeruhan

Air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari perlu dinilai melalui parameter terukur. pH menggambarkan tingkat keasaman atau kebasaan cairan, sedangkan kekeruhan menggambarkan banyaknya partikel yang menghamburkan cahaya. Pada penelitian ini, kedua parameter dipilih karena dapat dibaca menggunakan sensor analog dan langsung dibandingkan dengan ambang yang digunakan dalam sistem. Penggunaan sensor menjadikan pengamatan lebih objektif dibandingkan penilaian visual semata.

3.2 Mikrokontroler dan Komponen Sistem

Arduino Uno R3 digunakan sebagai pengendali yang membaca sinyal analog, menjalankan logika program, serta mengatur keluaran. Pemanfaatan Arduino dalam eksperimen dan pengukuran elektronika didukung oleh kemudahan pemrograman melalui Arduino IDE (Adfry, Muskhir, & Luthfi, 2023). Sistem terdiri atas sensor pH SEN0161, sensor kekeruhan SEN0189, expansion board shield, LCD 16x2 dengan modul I2C, keypad matriks 4x4, buzzer, bare board PCB, kabel jumper, resistor, dan powerbank. Expansion board digunakan untuk distribusi pin dan daya, sedangkan PCB membantu menjaga kestabilan koneksi komponen.

3.3 Metode Prototype

Pengembangan sistem menggunakan metode Prototype. Metode ini dipilih karena rancangan alat dapat diuji secara bertahap dan diperbaiki berdasarkan umpan balik. Tahapan yang diterapkan meliputi communication, quick plan, modeling quick design, construction of prototype, serta deployment, delivery, and feedback. Penerapan metode prototype pada perangkat berbasis mikrokontroler juga digunakan dalam penelitian pengembangan sistem

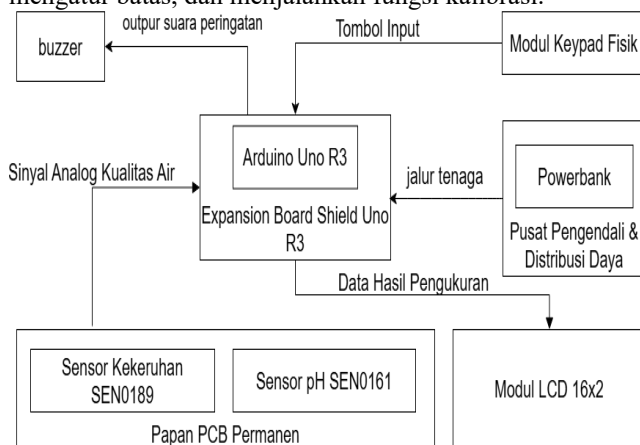
keamanan RFID dan keypad oleh Alfonsius, Ruitan, dan Liuw (2024).

3.3.1 Communication dan Quick Plan

Tahap communication dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna dan fungsi alat. Kebutuhan tersebut meliputi pembacaan pH dan kekeruhan, tampilan hasil secara real-time, navigasi menu melalui keypad, distribusi daya yang aman, koneksi komponen yang stabil, peringatan suara, dan pasokan daya portabel. Pada quick plan, arsitektur terpusat dipilih dengan Arduino Uno R3 sebagai pengendali utama. Sensor menjadi masukan, keypad sebagai media interaksi, LCD dan buzzer sebagai keluaran, sedangkan powerbank digunakan agar alat dapat dibawa ke lokasi pengujian.

3.3.2 Modeling Quick Design

Pemodelan desain cepat dituangkan dalam diagram blok dan flowchart. Diagram blok pada Gambar 1 menunjukkan hubungan antara sumber daya, unit pemrosesan, sensor, antarmuka pengguna, dan keluaran. Sensor pH dan kekeruhan mengirim sinyal analog ke Arduino Uno R3. Program mengubah sinyal tersebut menjadi nilai digital, menstabilkan pembacaan, menentukan status, lalu menampilkan hasil pada LCD dan mengendalikan buzzer. Keypad digunakan untuk memilih menu, memasukkan nilai, mengatur batas, dan menjalankan fungsi kalibrasi.

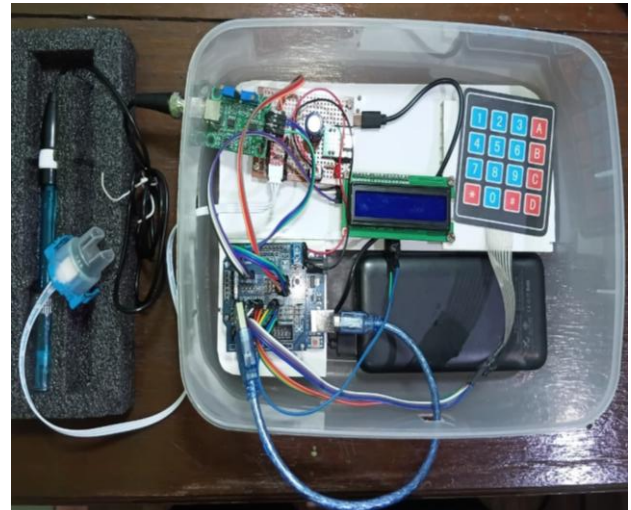


Gambar 1. Diagram Blok Sistem Pengukuran

Figure 1. Measurement System Block Diagram

3.3.3 Construction of Prototype

Konstruksi purwarupa mencakup perakitan perangkat keras dan pengembangan perangkat lunak. Komponen disusun di dalam kotak portabel. Arduino Uno R3 dan expansion board ditempatkan sebagai pusat koneksi. Sensor pH dan sensor kekeruhan dihubungkan ke masukan analog. LCD dihubungkan melalui I2C, keypad melalui pin digital, dan buzzer sebagai keluaran suara. Setelah pengujian awal menggunakan breadboard, jalur rangkaian dipermanenkan pada PCB untuk mengurangi koneksi longgar dan gangguan sinyal.



Gambar 2. Purwarupa Sistem Pengukuran

Figure 2. Measurement System Prototype

3.3.4 Pemrosesan dan Kalibrasi Sensor

Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE dan bahasa C++. Program memuat library LCD, keypad, dan EEPROM. Tahap awal program melakukan inisialisasi perangkat, membaca konfigurasi yang tersimpan, dan menampilkan menu utama. Pembacaan sensor dilakukan berulang untuk mengurangi variasi sesaat. Nilai yang menyimpang dihilangkan melalui outlier removal, kemudian data distabilkan dengan filter Exponential Moving Average (EMA). Filter ini memberi bobot pada pembacaan terbaru dan nilai sebelumnya sehingga tampilan tidak berubah secara tajam akibat noise.

Kalibrasi sensor pH menggunakan dua titik referensi, yaitu buffer pH 4,01 dan 6,86. Tegangan keluaran sensor pada kedua larutan digunakan untuk membentuk hubungan linear antara tegangan dan nilai pH. Pendekatan regresi linear digunakan untuk memetakan masukan analog menjadi nilai ukur; penggunaan dan interpretasi regresi linear sebagai hubungan antarvariabel dibahas oleh Roustaei (2024). Sensor kekeruhan mengubah nilai ADC menjadi tegangan, kemudian program mengonversinya menjadi nilai NTU menggunakan persamaan yang telah ditetapkan dalam kode skripsi. Setelah pembacaan stabil, sistem membandingkan nilai dengan batas yang dikonfigurasi dan memberikan status melalui LCD serta buzzer.

3.3.5 Deployment, Delivery, and Feedback

Evaluasi dilakukan melalui black box testing dan beta testing. Black box testing menguji fungsi masukan dan keluaran tanpa menilai struktur internal kode. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan bahwa respons sistem sesuai skenario yang diberikan (Alshamaa & Saleem, 2025). Setiap objek uji pada skripsi dicoba lima kali dan dicatat sebagai berhasil atau gagal. Beta testing dilakukan menggunakan kuesioner Google Form kepada 20 responden yang terdiri atas 10 ketua RT, 7 masyarakat, dan 3 aparaturnya. Pertanyaan dikelompokkan pada aspek usability dan visibility dengan skala Likert. Penggunaan pengujian

alfa dan beta untuk mengevaluasi aplikasi juga dibahas oleh Hakim dkk. (2024).

4. PEMBAHASAN

4.1 Hasil Implementasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Hasil implementasi menunjukkan bahwa seluruh komponen dapat diintegrasikan dalam satu perangkat portabel. Arduino Uno R3 menerima data dari dua sensor dan masukan keypad, kemudian mengatur LCD dan buzzer. Menu pada sistem mencakup pembacaan parameter, pengaturan batas, kalibrasi, dan reset konfigurasi. EEPROM digunakan untuk menyimpan konfigurasi sehingga nilai tertentu tetap tersedia setelah daya dimatikan. Antarmuka web lokal menerima data serial dari Arduino dan menyediakan tampilan informasi serta fungsi unduh saat perangkat tersambung ke laptop.

Penggunaan finite state machine pada kode membantu mengatur perpindahan menu dan menghindari benturan proses. Setiap tombol keypad dipetakan ke fungsi tertentu: tombol A untuk masuk atau bergerak naik, B untuk kembali, C untuk turun, D untuk membisukan buzzer, tanda pagar untuk konfirmasi, dan tanda bintang untuk memasukkan tanda desimal pada proses kalibrasi. Struktur tersebut membuat interaksi dapat dilakukan tanpa perangkat tambahan ketika alat digunakan di lapangan.

4.2 Hasil Black Box Testing

Ringkasan hasil pengujian sensor disajikan pada Tabel 1. Sensor pH menunjukkan keberhasilan 60% pada buffer pH 4,01 dan 6,86, serta 40% pada buffer pH 9,18. Pada sampel air sungai, danau, keran, dan mineral, keberhasilan mencapai 80%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembacaan pada rentang sampel air lingkungan lebih stabil dibandingkan buffer basa 9,18. Skripsi mengaitkan penurunan pada kondisi basa dengan sensitivitas elektroda dan kestabilan tegangan referensi.

Kategori Pengujian	Objek uji	Jumlah Percobaan	Berhasil	Gagal	Presentase Keberhasilan
Sensor pH	Air dengan pH 4.01	5	3	2	60%
	Air dengan pH 6.86	5	3	2	60%
	Air dengan pH 9.18	5	2	3	40%
	Air sungai	5	4	1	80%
	Air danau	5	4	1	80%
	Air keran	5	4	1	80%

	Air keran	5	4	1	80%
	Air Mineral	5	4	1	80%

Tabel 1. Ringkasan Pengujian Sensor
Table 1. Sensor Testing Summary

Sensor kekeruhan memperoleh keberhasilan 80% pada air sungai, air danau, air keran yang diberi serbuk kopi, air keruh, dan air jernih. Satu kegagalan dari lima percobaan pada setiap kondisi dijelaskan sebagai dampak kemungkinan cahaya lingkungan dan endapan partikel yang memengaruhi sensor optik. Temuan ini menunjukkan perlunya konsistensi wadah, posisi sensor, dan perlindungan terhadap cahaya luar selama pengukuran.

Pengujian keypad menunjukkan tingkat keberhasilan 100% untuk fungsi navigasi dan input. LCD juga mencapai 100% pada tampilan inisialisasi, menu pengaturan, pembacaan real-time, dan menu kalibrasi. Buzzer mencapai 100% sebagai indikator tombol, peringatan parameter, serta penanda proses kalibrasi dan reset. Ringkasan hasil keluaran tersebut disajikan pada Tabel 2.

Kategori Pengujian	Objek uji	Jumlah Percobaan	Berhasil	Gagal	Presentase Keberhasilan
Sensor Kekeruhan	Air sungai	5	4	1	80%
	Air Danau	5	4	1	80%
	Air keran dengan serbuk kopi	5	4	1	80%
	Air keruh	5	4	1	80%
	Air Jernih	5	4	1	80%
	Air keran	5	4	1	80%
Keypad	Tombol A untuk masuk ke menu sistem dan up atau naik di menu	5	5	0	100%

Tombol B untuk <i>back</i> atau kembali ke menu sistem	5	5	0	100%
Tombol C untuk <i>down</i> atau turun di menu	5	5	0	100%
Tombol D untuk <i>mute</i> atau membisukan buzzer saat buzzer aktif	5	5	0	100%
Tombol # untuk oke saat di menu sistem	5	5	0	100%
Tombol * untuk menuliskan titik menu kalibrasi sensor dan	5	5	0	100%

Tabel 2. Ringkasan Pengujian Input dan Output

Table 2. Input and Output Testing Summary

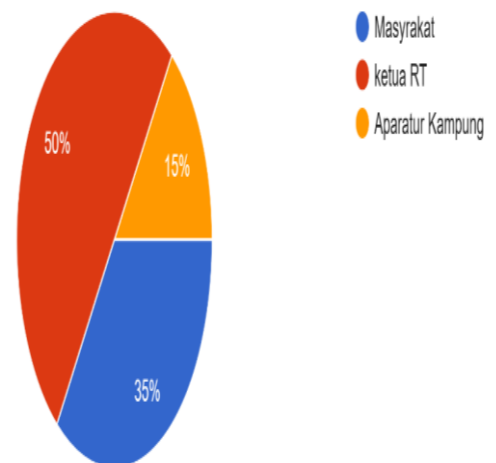
4.3 Hasil Beta Testing

Beta testing melibatkan 20 responden. Komposisinya adalah 10 ketua RT atau 50%, 7 masyarakat atau 35%, dan 3 aparaturnya kampung atau 15%. Responden menilai lima pertanyaan usability dan lima pertanyaan visibility. Aspek usability menilai kemudahan pengoperasian, pemahaman prosedur, kenyamanan membawa alat, kecepatan respons,

dan kepraktisan alat. Aspek visibility menilai kejelasan teks LCD, kerapian penyajian pH dan NTU, kejelasan status klasifikasi, bantuan lampu latar, dan kemudahan memahami hasil dengan sekali melihat.

Status atau Jabatan?

20 jawaban



Tabel 3. Komposisi Responden Beta Testing

Table 3. Beta Testing Respondent Composition

Dokumen skripsi menampilkan diagram jawaban untuk setiap pertanyaan, tetapi tidak menyajikan rekap numerik skor Likert, nilai rata-rata, atau persentase kelayakan keseluruhan. Oleh sebab itu, artikel ini tidak menambahkan angka agregat yang tidak tersedia. Berdasarkan uraian hasil dalam skripsi, respons digunakan sebagai umpan balik terhadap kemudahan penggunaan dan kejelasan tampilan. Secara metodologis, rekap numerik per butir perlu dicantumkan pada pengembangan naskah berikutnya agar kesimpulan beta testing dapat ditelusuri secara kuantitatif.

4.4 Pembahasan Kinerja Sistem

Keberhasilan integrasi menunjukkan bahwa arsitektur sederhana berbasis Arduino Uno R3 dapat menjalankan akuisisi dua sensor, antarmuka menu, tampilan, dan peringatan dalam satu perangkat. Sistem tidak memerlukan koneksi internet untuk fungsi utama sehingga sesuai untuk penggunaan lapangan pada lokasi dengan keterbatasan jaringan. Pilihan ini membedakan sistem dari pemantauan berbasis IoT yang bergantung pada konektivitas, meskipun perangkat masih memerlukan kabel ketika data ingin diakses melalui web lokal.

Hasil sensor menunjukkan bahwa fungsi sistem berjalan, tetapi tingkat keberhasilan pembacaan belum seragam. Nilai 40-60% pada larutan buffer menunjukkan bahwa klaim akurasi perlu dibatasi dan tidak dapat hanya didasarkan pada keberhasilan fungsi komponen. Kinerja yang lebih stabil pada sampel air lingkungan dan sensor kekeruhan memperlihatkan manfaat penyaringan data, namun pengujian lebih lanjut dengan alat pembanding laboratorium dan perhitungan galat diperlukan untuk menyatakan akurasi

metrologis. Artikel ini mempertahankan data yang terdapat dalam skripsi dan membedakan antara keberhasilan fungsional dengan akurasi pengukuran.

Dari sisi penggunaan, keypad, LCD, dan buzzer memberikan antarmuka yang dapat dioperasikan langsung. LCD menyajikan nilai numerik dan status, sedangkan buzzer membantu pengguna mengenali kondisi di luar batas. Komposisi responden beta testing telah mencakup unsur masyarakat dan aparatur lokal. Namun, karena skripsi belum menyajikan rekap skor, pembahasan penerimaan pengguna dibatasi pada cakupan responden dan aspek yang dinilai. Ke depan, skor tiap pertanyaan, total skor aktual, skor ideal, dan persentase kelayakan perlu disediakan.

Secara keseluruhan, purwarupa memenuhi fungsi utama sebagai instrumen bantu penilaian awal. Alat tidak menggantikan pemeriksaan laboratorium dan hanya mengukur dua parameter. Penggunaan istilah kelayakan air harus dipahami sesuai batas penelitian, yaitu berdasarkan pH dan kekeruhan yang dibaca perangkat serta ambang yang digunakan. Parameter mikrobiologi dan kimia lain di luar cakupan penelitian tetap diperlukan untuk penilaian air minum secara menyeluruh.

4.5 Alur Operasional Sistem

Ketika alat diaktifkan, program melakukan inisialisasi LCD, keypad, EEPROM, sensor, dan buzzer. Konfigurasi batas yang pernah disimpan dibaca kembali sehingga pengguna tidak selalu memasukkan pengaturan dari awal. Setelah proses inisialisasi selesai, layar menampilkan menu utama. Pengguna dapat memilih pembacaan sensor, pengaturan batas, atau kalibrasi melalui keypad. Pemisahan fungsi dalam menu membuat proses penggunaan lebih terarah dan mencegah perubahan konfigurasi secara tidak sengaja.

Pada menu pengukuran, sensor pH dan sensor kekeruhan membaca sampel secara berulang. Program tidak langsung menampilkan satu pembacaan tunggal, tetapi mengumpulkan data selama waktu tunggu agar nilai lebih stabil. Data yang dianggap menyimpang dihapus, kemudian filter EMA digunakan untuk menghaluskan perubahan. Setelah nilai akhir diperoleh, LCD menampilkan pH, NTU, dan status. Buzzer diaktifkan ketika salah satu parameter melewati batas yang telah ditentukan. Pengguna dapat membisukan buzzer melalui tombol D tanpa menghentikan proses pengukuran.

Pada menu kalibrasi pH, pengguna menempatkan sensor pada larutan referensi dan memasukkan nilai melalui keypad. Nilai tegangan pada dua larutan buffer disimpan sebagai dasar pemetaan linear. Proses ini penting karena keluaran analog sensor dapat berubah akibat kondisi elektroda, catu daya, dan lingkungan. Kalibrasi tidak dilakukan pada setiap sampel, tetapi diperlukan secara berkala untuk menjaga konsistensi. Skripsi membatasi kalibrasi utama pada pH 4,01 dan 6,86, sedangkan pH 9,18 digunakan dalam pengujian fungsional tambahan.

Antarmuka web lokal digunakan ketika perangkat terhubung ke laptop melalui kabel. Data serial dari Arduino diterima dan ditampilkan pada halaman web. Pengguna

dapat melihat informasi sistem, konfigurasi batas, panel kalibrasi, dan data pengukuran. Fitur ini memperluas fungsi LCD karena data dapat dilihat pada layar yang lebih besar dan diunduh. Namun, karena belum menggunakan komunikasi nirkabel dan basis data internal, fungsi utama tetap berada pada perangkat lokal dan pencatatan jangka panjang bergantung pada laptop.

4.6 Keterbatasan Penelitian

Keterbatasan pertama adalah jumlah parameter yang diukur. pH dan kekeruhan merupakan indikator penting, tetapi belum cukup untuk menyatakan air aman diminum secara menyeluruh. Penelitian tidak mengukur mikroorganisme, kandungan logam, zat kimia, suhu, total padatan terlarut, atau oksigen terlarut. Oleh karena itu, status yang ditampilkan alat seharusnya dipahami sebagai penilaian berdasarkan dua parameter dan bukan pengganti pengujian laboratorium.

Keterbatasan kedua berkaitan dengan rancangan pengujian sensor. Black box testing mencatat keberhasilan atau kegagalan dalam lima percobaan, tetapi skripsi belum menampilkan nilai pembacaan setiap percobaan, nilai alat referensi, selisih absolut, galat relatif, simpangan baku, atau rentang ketidakpastian. Data tersebut diperlukan untuk menilai akurasi dan presisi secara lebih kuat. Persentase keberhasilan 40%-80% pada sensor menunjukkan bahwa pengembangan selanjutnya perlu memisahkan evaluasi fungsi, stabilitas, dan akurasi metrologis.

Keterbatasan ketiga adalah dokumentasi beta testing. Skripsi memuat diagram jawaban dari Google Form dan menyebutkan 20 responden, tetapi belum menyajikan tabel frekuensi jawaban, skor rata-rata tiap butir, total skor, atau kategori kelayakan. Karena itu, artikel hanya menyatakan komposisi responden dan aspek yang dinilai. Penyajian data mentah atau rekap numerik akan memperkuat transparansi dan memungkinkan pembaca memeriksa kesimpulan penerimaan pengguna.

Keterbatasan keempat adalah penyimpanan dan komunikasi. Perangkat belum memiliki penyimpanan internal jangka panjang dan belum dapat mengirim data secara nirkabel. Antarmuka web lokal hanya dapat digunakan ketika alat terhubung ke laptop. Kondisi ini masih sesuai dengan tujuan purwarupa portabel sederhana, tetapi membatasi pemantauan berkala dan analisis perubahan kualitas air dari waktu ke waktu.

4.7 Implikasi Penerapan di Kampung Linggang Melapeh

Dalam konteks Kampung Linggang Melapeh, alat dapat digunakan sebagai instrumen bantu untuk meningkatkan kesadaran terhadap perubahan kondisi air. Warga dapat melakukan pengukuran sebelum menggunakan air dan membandingkan nilai yang tampil dengan batas yang telah ditetapkan pada sistem. Ketika kekeruhan meningkat setelah hujan atau pH berada di luar rentang, buzzer dan status pada LCD dapat mendorong pengguna melakukan tindakan lanjutan, seperti mengendapkan, menyaring, atau meminta pemeriksaan lebih lanjut kepada pihak terkait.

Bagi aparaturnya kampung, data yang diperoleh dapat menjadi informasi awal untuk menentukan lokasi dan waktu pengambilan sampel laboratorium. Meskipun alat belum menyimpan riwayat otomatis, fungsi unduh melalui web lokal dapat digunakan untuk dokumentasi sederhana ketika laptop tersedia. Penerapan berulang pada titik yang sama juga dapat membantu mengamati pola, asalkan prosedur pengambilan sampel, kebersihan sensor, kedalaman pencelupan, dan kondisi wadah dibuat konsisten.

Penggunaan alat memerlukan prosedur operasional yang sederhana tetapi disiplin. Sensor harus dibersihkan sebelum dan sesudah digunakan, larutan kalibrasi tidak boleh tercampur, dan pembacaan perlu menunggu sampai stabil. Sensor kekeruhan sebaiknya terlindung dari cahaya luar yang berubah-ubah. Pelatihan singkat kepada warga atau petugas akan mengurangi kesalahan pengoperasian dan menjaga umur sensor. Dengan batas tersebut, purwarupa dapat berfungsi sebagai teknologi tepat guna untuk pemantauan awal, bukan sebagai alat sertifikasi kualitas air.

5. KESIMPULAN

Sistem pengukuran kualitas air berhasil dirancang menggunakan Arduino Uno R3, sensor pH SEN0161, sensor kekeruhan SEN0189, LCD 16x2, keypad 4x4, buzzer, expansion board shield, PCB, dan catu daya portabel. Program menerapkan outlier removal, filter EMA, serta kalibrasi dua titik pH untuk menstabilkan pembacaan dan mengubah sinyal analog menjadi informasi digital.

Black box testing menunjukkan keberhasilan 100% pada keypad, LCD, dan buzzer. Sensor kekeruhan mencapai 80% pada kondisi yang diuji. Sensor pH mencapai 60% pada buffer pH 4,01 dan 6,86, 40% pada buffer pH 9,18, serta 80% pada sampel air sungai, danau, keran, dan mineral. Beta testing melibatkan 20 responden dari unsur ketua RT, masyarakat, dan aparaturnya kampung untuk menilai usability dan visibility. Purwarupa mampu memberikan informasi pH dan kekeruhan secara real-time sebagai alat bantu penilaian awal kondisi air di Kampung Linggang Melapeh.

6. SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan komunikasi nirkabel menggunakan ESP32 atau ESP8266, penyimpanan data pada kartu memori atau basis data cloud, serta casing tahan air. Pengujian sensor perlu diperluas menggunakan alat ukur referensi dan analisis galat agar akurasi dapat dinilai secara kuantitatif. Rekap skor beta testing juga perlu disajikan secara lengkap. Parameter lain seperti suhu, total padatan terlarut, dan oksigen terlarut dapat ditambahkan tanpa menghilangkan batas bahwa penilaian kualitas air menyeluruh tetap memerlukan pengujian parameter lain.

7. REFERENSI

- Al Bahar, A. Q., & Muhamad Veriantama, N. (2026). Rancang Bangun Monitoring Daya, Suhu, dan Getaran Terhadap Kecepatan Motor 1 Fasa Berbasis Internet of Things. In *Jurnal Elektro* (Vol. 14, Number 1).
- Alfonsius, E., Ruitan, A. S., & Liuw, D. (2024). Pengembangan Sistem Keamanan Pintu Menggunakan

- Metode Prototype Berbasis RFID dan Keypad 4x4 dengan Arduino Nano. *Jurnal Ilmiah Informatika Dan Ilmu Komputer (JIMA-ILKOM)*, 3(2), 110–123.
<https://doi.org/10.58602/jima-ilkom.v3i2.33>
- Alshamaa, Z. M., & Saleem, N. N. (2025). Black Box Software Testing Techniques: a Literature Review. *Passer Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(2), 1001–1011.
<https://doi.org/10.24271/psr.2025.508216.1963>
- Arief Hargono, Christrijogo Soemartono Waloejo, & Moses Glorino R Pandin. (2022). PENYULUHAN PENGOLAHAN SANITASI AIR BERSIH UNTUK MENINGKATKAN KESEHATAN MASYARAKAT DESA MENGARE, KABUPATEN GRESIK.
<https://journal.unesa.ac.id/index.php/abimanyu/article/view/15407>, 3(Sanitasi, air bersih, kesehatan, ketangguhan, bencana), 1–10.
<https://journal.unesa.ac.id/index.php/abimanyu/article/view/15407/7761>
- Barbosa, O. (n.d.). *Using Shields as Educational Tools for Firmware Development on Engineering Courses*.
- Dioan Perdana Adfry, Mukhlidi Muskhair, & Afdal Luthfi. (2023). *Efektivitas Pembelajaran Pemograman Mikrokontroler Menggunakan Aplikasi Arduino IDE*. 321–329.
- Dwi Ramadhan, W., & Subandi. (2024). *SISTEM MONITORING DAN CONTROLLING KUALITAS AIR PADA AQUARIUM IKAN HIAS BERBASIS INTERNET OF THINGS* (Vol. 21, Number 1).
<https://journal.budiluhur.ac.id/bit/article/view/2973>
- Edinata, W., Meicahayanti, I., Adnan, F., Zulya, F., Searphin Nugroho, dan, Sambaliung No, J., Gunung Kelua, K., & Kalimantan Timur, P. (2024). ANALISIS DAYA DUKUNG LINGKUNGAN DI KABUPATEN KUTAI BARAT BERDASARKAN PERBANDINGAN KETERSEDIAAN SERTA KEBUTUHAN AIR. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, 8(2).
- Gede Wiratma Jaya, & Sanny Virginia Aponno. (2023). *KAJIAN TEORI ARUS LISTRIK DAN DAYA LISTRIK PADA RANGKAIAN*. 9(arus listrik, daya listrik, tegangan listrik, resistor.), 87–93.
- Halawa, R. B., & Junaidi, A. (2025). Perancangan Sistem Informasi Persediaan Barang Berbasis Web Pada PT Chucu Teknologi Indonesia. *Jurnal Komputer Antartika*, 3(3), 99–106. <https://doi.org/10.70052/jka.v3i3.997>
- Halimah, N., & Azizah, A. (2025). *Prosiding Seminar Nasional Implementasi Media Flowchart dalam Meningkatkan Kemampuan Memahami Bacaan Teks Cerpen Siswa Kelas IX SMP*.
https://prosiding.ikipgribojonegoro.ac.id/index.php/SN_GK/article/view/3929/3516
- KEMENKES. Kesehatan Lingkungan. (2023). *PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 2 TAHUN 2023*.
www.peraturan.go.id
- Korino, & Nopriadi. (2023). RANCANG BANGUN ALAT PENERING SARANG BURUNG WALET MENGGUNAKAN ARDUINO VIA SENSOR DAN

- TIMER. *JURNAL COMASIE*.
- Luqmanul Hakim, H., Faqih, D., Deva, D., Fajar Hudaya, I., Nur Ilyas, M., & Bina Insani, U. (2024). *TeknoIS: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Sains [285] Pengujian Alpha Dan Beta Testing Pada Aplikasi TLJE*. 14, 285–295. <https://doi.org/10.36350/jbs.v14i2>
- Malele, R. H., Mendu, B., & Monchusi, B. B. (2025). Microcontroller-Driven Battery Management in Hybrid Energy Systems: A Systematic Review of Applications, Control Strategies, and Emerging Trends. *IEEE Access*, 13, 29341–29360. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3539929>
- Muhamad Hilmansyah Susanta. (2025). Prototype Alat Pengukur Jarak Aman kendaraan Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Layar LCD Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Cakrawala Akademika*, 1(6), 1859–1866. <https://doi.org/10.70182/jca.v1i6.4>
- Nisa Az Zahro, F., & Rahmadewi, R. (2023). Prototype Pendeteksi Asap Kebakaran Dan Kebocoran Gas Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Sensor Gas MQ-5. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, Mei*, 2023(10), 161–171. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7983528>
- Nur Fauziah, Emi Suryadi, & Ardiyallah Akbar. (2024). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Air Bor Berbasis Internet Of Things. *Journal Of Computer Science And Technology (JOCSTEC)*, 3(2), 96–107. <https://doi.org/10.59435/jocstec.v3i2.430>
- Nurul Khofifah, A., An-nisa, A., Choiriah, ul, Putri Rohani Simare Mare, H., Fadhillah Dhiaulhaq, N., Syafa, A., Zzulfa, ati, Astuti, N., & Amalia Faradina, R. (2025). *Optimasi Pengaplikasian Arduino dalam Eksperimen dan Pengukuran Fisika Elektronika* (Vol. 4, Number 2). <http://jurnalilmiah.org/journal/index.php/majemuk>
- Panduan-Tugas-Akhir-Skripsi-2024*. (n.d.).
- Peppler, K. A., Sedas, R. M., & Thompson, N. (2023). Paper Circuits vs. Breadboards: Materializing Learners' Powerful Ideas Around Circuitry and Layout Design. *Journal of Science Education and Technology*, 32(4), 469–492. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10029-0>
- Roustaei, N. (2024). Application and interpretation of linear-regression analysis. *Medical Hypothesis, Discovery, and Innovation in Ophthalmology*, 13(3), 151–159. <https://doi.org/10.51329/mehdiophthal1506>
- Samsugi, S., Mardiyansyah, Z., & Nurkholis, A. (2020). SISTEM PENGONTROL IRIGASI OTOMATIS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO. In *JTST* (Vol. 01, Number 01).
- Sanjaya, R. E., & Iriani, R. (2018). KUALITAS AIR SUNGAI DI DESA TANIPAH (GAMBUT PANTAI), KALIMANTAN SELATAN. *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.31289/biolink.v5i1.1583>
- Saraswati, I., Mansyur, M., Haryanto, H., Ramadhani, A., Franata, N., Erlindriyani, R. V., & Yudono, M. A. S. (2025). Sistem Monitoring Kejernihan Air Tandon Menggunakan Sensor Turbidity Berbasis IoT di Kecamatan Kasemen. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 14(1), 92. <https://doi.org/10.62870/setrum.v14i1.33205>
- Sarira, S., & Harianto, K. (2025). *Water Monitoring Simulation to Measure pH and Dissolved Residue (TDS) in Water Using IoT-Based ESP32*. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v29i1.0000>
- St. Nursheilla Nugroho, Nur Masita, Rahmadhika Eka Yuwana, George Gabriel Wongady Sosan, Inan Jazilaturrohman, Firdausi Nuzula Niamillah, Andhika Fathurrohman, alfa Alya Nur Aribah, M. Afis Danata, Muhammad Fauzan Habibi, Ayunda Puspa Fathma Azzahra, Labiba Nareswari Suprpto, ayvero Glorify Sembiring, & Selvi Dwi Anggraini. (2025). 9846-RANCANG+BANGUN+SISTEM+FILTRASI+AIR+LI NDI+MENJADI+AIR+SANITASI+TERINTEGRASI+PENDETEKSI+KUALITAS+pH,+TOTAL+DISSOLVE D+SOLIDS+(TDS),+TURBIDITAS,+DAN+TEMPERA TUR. *cibangsa.com*, 8, 1–26. <https://cibangsa.com/index.php/kohesi/article/view/3138/2698>
- St. Nursheilla Nugroho, Nur Masita, rammadhika Eka Yuwana, George Gabriel Wongady Sosang, Inan Jazilaturrohman, Firdausi Nuzula Niamillah, Andhika Fathurrohman, Zalfa Alya Nur Aribah, M. Afis Danata, Muhammad Fauzan Habibi, Labiba Nareswari Suprpto, Jayvero Glorify Sembiring, & Selvi Dwi Anggraini. (2025). *RANCANG BANGUN SISTEM FILTRASI AIR LINDI MENJADI AIR SANITASI TERINTEGRASI PENDETEKSI KUALITAS pH, TOTAL DISSOLVED SOLIDS(TD)*. 8, 1–26.
- Sujono. (2023). Rancang Bangun Monitoring Kualitas Air Budidaya Ikan Air Tawar Berbasis Mikrokontroler. <https://ojs.unwaha.ac.id/index.php/epic/article/view/994>, 5(Mikrokontroler ESP32; Kualitas air Budidaya ikan air tawar; pH; TDS; Suhu), 19. <https://ojs.unwaha.ac.id/index.php/epic/article/view/994>
- Ucmariance, Herdianto, Fery Anugrah, Chairul Rizal, & Supiyandi. (2022). Sistem Monitoring Kualitas Air Layak Pakai Menggunakan Arduino Uno. *journal.fkpt*, vol 3, 1–6. <https://www.journal.fkpt.org/index.php/BIT/article/view/277>
- Vita Ponggawa, V., Santoso, U. B., Talib, G. A., Lamia, M. A., Manuputty, A. R., Yusuf, M. F., & Negeri Manado, P. (2024). Comparative Study of C++ and C# Programming Languages. In *Syntax Admiration* (Vol. 5, Number 12).