JREEC
JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY, ELECTRONICS AND CONTROL
homepage URL : https://ejurnal.itats.ac.id/jreec

Sistem Deteksi Kualitas Air Minum Kemasan dan Isi Ulang Berbasis Sensor pH dan *Turbidity*

Aditya Vahresi Ramadhan[1], Kukuh Setyajid[2], dan Lutfi Agung Swarga[3]
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya[1,2,&3]

INFORMASI ARTIKEL

Jurnal JREEC – Volume 05
Nomer 02, Desember 2025

Halaman:
17 – 24
Tanggal Terbit :
31 Desember 2025

DOI:
10.31284/j.JREEC.2025.v51i2.83

ABSTRACT

Drinking water is a primary need that must meet quality standards to be safe for consumption. However, various reports indicate that bottled and refilled drinking water still do not comply with the provisions of the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia Number 2 of 2023. Frequently encountered problems include pH values outside the range of 6.5–8.5 and turbidity levels exceeding 5 NTU, thus potentially posing health risks due to the presence of dangerous contaminants. Therefore, this study developed a drinking water quality detection system using a PH-4502C pH sensor and a SEN-0175 turbidity sensor controlled by an ESP32 microcontroller. This system is equipped with an LCD to display measurement results directly. The data obtained is processed to display the pH value, turbidity, and the status of drinking water suitability. It is hoped that this system can be a practical, fast, and accurate water quality monitoring solution and increase public awareness of the importance of safe drinking water consumption.

Keywords: *Drinking Water, ESP32, pH sensor, Turbidity Sensor, Water Quality,*

EMAIL

vahresismosh@gmail.com[1]
kukuh@untag-sby.ac.id[2]
lutfiagung@untag-sby.ac.id[3]

PENERBIT

Jurusan Teknik Elektro-ITATS
Alamat:
Jl. Arief Rachman Hakim
No.100,Surabaya 60117,
Telp/Fax: 031-5997244

Jurnal JREEC by Department of Elecreical Engineering is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRAK

Air minum merupakan kebutuhan utama yang harus memenuhi standar kualitas agar aman dikonsumsi. Namun, berbagai laporan menunjukkan bahwa air minum kemasan maupun isi ulang masih ada yang belum sesuai dengan ketentuan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023. Permasalahan yang sering dijumpai meliputi nilai pH yang berada di luar rentang 6,5–8,5 serta tingkat kekeruhan yang melebihi 5 NTU, sehingga berpotensi menimbulkan risiko kesehatan akibat adanya kontaminan berbahaya. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem deteksi kualitas air minum menggunakan sensor pH PH-4502C dan sensor kekeruhan SEN-0175 yang dikontrol oleh mikrokontroler ESP32. Sistem ini dilengkapi dengan LCD untuk menampilkan hasil pengukuran secara langsung. Data yang diperoleh diolah untuk menampilkan nilai pH, kekeruhan, serta status kelayakan air minum. Diharapkan sistem ini dapat menjadi solusi pemantauan kualitas air yang praktis, cepat, dan akurat serta meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya konsumsi air minum yang aman.

Kata kunci: Air Minum, ESP32, Kualitas Air, Sensor pH, Sensor *Turbidity*

PENDAHULUAN

Air minum merupakan kebutuhan pokok manusia yang harus dipenuhi setiap hari untuk menjaga kesehatan dan kelangsungan hidup. Sebagian besar tubuh manusia tersusun dari air, sehingga mutu air yang dikonsumsi sangat memengaruhi kinerja organ dan proses metabolisme. Air minum yang layak harus memenuhi standar kesehatan serta bebas dari zat berbahaya. Dalam aktivitas sehari-hari, kebutuhan akan air tidak hanya berkaitan dengan kuantitas, tetapi juga kualitas yang terjamin. Oleh sebab itu, pengendalian dan pengawasan kualitas air minum menjadi hal yang sangat penting.

Seiring perkembangan gaya hidup modern, masyarakat lebih banyak memilih air minum dalam kemasan dan air isi ulang karena kemudahan dan kepraktisannya. Produk tersebut digunakan secara luas di lingkungan rumah tangga, perkantoran, hingga fasilitas umum. Air minum kemasan dan isi ulang juga sering dipersepsikan lebih higienis dibandingkan air yang diolah secara mandiri. Namun, persepsi tersebut tidak selalu sesuai dengan kondisi sebenarnya. Di lapangan masih ditemukan produk air minum yang kualitasnya belum memenuhi ketentuan kesehatan.

Sejumlah penelitian dan laporan dari instansi terkait mengungkapkan bahwa sebagian air minum kemasan dan isi ulang belum sepenuhnya memenuhi persyaratan fisik, kimia, dan mikrobiologi. Kondisi ini bertentangan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, yang menetapkan standar kelayakan air untuk dikonsumsi oleh masyarakat [1]. Ketidaksesuaian kualitas air dapat disebabkan oleh proses pengolahan yang kurang optimal, peralatan yang tidak terawat, atau sumber air baku yang tercemar. Kondisi ini berpotensi menimbulkan dampak buruk bagi konsumen apabila air tersebut dikonsumsi secara terus-menerus. Oleh sebab itu, kepatuhan terhadap regulasi menjadi hal yang wajib bagi penyedia air minum.

Berdasarkan peraturan tersebut, air minum yang dinyatakan layak dikonsumsi harus memenuhi sejumlah persyaratan utama, di antaranya memiliki nilai pH pada kisaran 6,5–8,5 serta tingkat kekeruhan tidak melebihi 5 NTU, bebas dari logam berat berbahaya seperti timbal (Pb) dan merkuri (Hg), serta tidak mengandung mikroorganisme patogen seperti *Escherichia coli* [2]. Parameter pH berperan penting dalam menjaga keseimbangan sistem pencernaan dan metabolisme tubuh. Sementara itu, tingkat kekeruhan yang tinggi dapat menjadi indikasi adanya partikel tersuspensi atau kontaminasi mikroba. Oleh karena itu, parameter pH dan kekeruhan menjadi indikator awal yang penting untuk kualitas air minum.

Air minum dengan kualitas yang buruk dapat menimbulkan berbagai risiko kesehatan. Konsumsi air dengan pH di luar batas standar dapat menyebabkan gangguan pencernaan, iritasi lambung, hingga gangguan metabolisme. Tingkat kekeruhan yang tinggi juga dapat meningkatkan risiko infeksi akibat mikroorganisme patogen. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat menyebabkan penyakit pencernaan, infeksi, bahkan keracunan. Dampak tersebut tidak hanya memengaruhi kesehatan individu, tetapi juga meningkatkan beban layanan kesehatan serta menurunkan kualitas hidup masyarakat dan kepercayaan konsumen terhadap produk air minum [3].

Untuk meminimalkan risiko tersebut, diperlukan metode pemeriksaan kualitas air yang cepat, akurat, dan efisien. Pengujian kualitas air secara konvensional di laboratorium umumnya memerlukan waktu yang cukup lama dan biaya yang relatif tinggi. Maka dari itu, pemanfaatan teknologi sensor menjadi solusi yang efektif dan praktis. Sensor pH dan sensor *Turbidity* mampu memberikan informasi secara langsung mengenai tingkat keasaman dan kekeruhan air. Sistem monitoring berbasis sensor ini memungkinkan identifikasi air yang tidak memenuhi standar secara *real-time*, sehingga memudahkan masyarakat, pelaku usaha, dan instansi terkait dalam pengawasan kualitas air minum [4].

Berdasarkan penjelasan diatas, penelitian ini merancang dan mengembangkan sebuah sistem deteksi kualitas air minum kemasan dan isi ulang berbasis sensor pH dan *Turbidity*. Sistem ini dirancang untuk memberikan informasi kuantitatif mengenai kondisi air serta klasifikasi kelayakan konsumsi. Dengan adanya sistem ini, diharapkan risiko kesehatan akibat konsumsi air yang tidak memenuhi standar dapat diminimalkan. Selain itu, sistem ini juga diharapkan mampu meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap produk air minum. Penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan teknologi monitoring kualitas air berbasis sensor dan mikrokontroler untuk skala rumah tangga maupun industri [5].

TINJAUAN PUSTAKA

ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler buatan *Espressif Systems* yang dirancang sebagai penerus ESP8266. Perangkat ini sudah memiliki modul WiFi yang tertanam langsung dalam satu *chip*, sehingga sangat cocok digunakan untuk pengembangan aplikasi berbasis *Internet of Things* (IoT). Dibandingkan dengan generasi sebelumnya, ESP32 menawarkan performa yang lebih baik serta fitur yang lebih beragam [6]. ESP32 merupakan modul IoT yang efisien dan layak digunakan karena memungkinkan perangkat elektronik, baik lama maupun *entry-level*, untuk terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan [7]. ESP32 memiliki prosesor hingga 240 MHz serta memori RAM dan flash yang memadai untuk menjalankan program kompleks. Selain itu, mikrokontroler ini mendukung berbagai antarmuka komunikasi seperti SPI, I2C, UART, ADC, dan PWM, sehingga mudah diintegrasikan dengan beragam sensor dan aktuator.

PH-4502C dan *Probe*

pH (*power of Hydrogen*) adalah parameter yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu zat berdasarkan jumlah ion hidrogen yang terkandung di dalamnya. Skala pH berkisar antara 1–14, dengan pH 7 bersifat netral, di bawah 7 asam, dan di atas 7 basa. Sensor pH PH-4502C digunakan untuk mengukur nilai pH pada cairan dan dilengkapi elektroda khusus yang juga memungkinkan pengukuran pada bahan semipadat [8]. Sensor ini bekerja berdasarkan proses elektrokimia antara elektroda kaca pada *probe* dan ion hidrogen dalam larutan, yang menghasilkan perbedaan potensial listrik sebagai keluaran pengukuran. Pada penelitian kualitas air sumur dan mata air, sensor pH PH-4502C menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik, yaitu sebesar 98–100% setelah dibandingkan dengan alat ukur standar [9].

SEN-0175 (*Turbidity*)

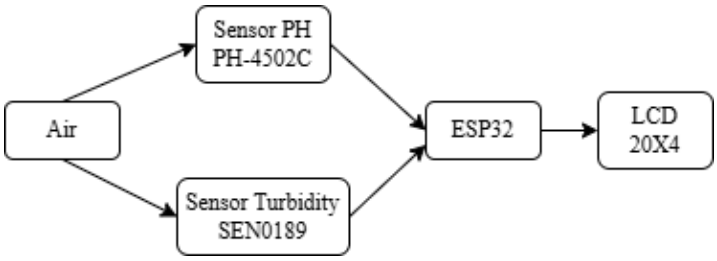
Sensor Turbidity SEN-0175 adalah perangkat optik yang berfungsi untuk mengukur tingkat kekeruhan air. Sensor ini bekerja dengan memancarkan cahaya inframerah ke dalam air dan menangkap perubahan intensitas cahaya akibat hamburan partikel tersuspensi. Intensitas cahaya tersebut dikonversi menjadi sinyal analog yang dibaca mikrokontroler melalui ADC dan diolah menjadi satuan *Nephelometric Turbidity* Unit (NTU) sebagai indikator kekeruhan air [10].

LCD 20X4

LCD 20×4 adalah layar alfanumerik yang dirancang untuk menampilkan informasi dalam empat baris, di mana setiap baris mampu memuat hingga 20 karakter. Dengan kapasitas tampilan tersebut, LCD ini sangat cocok digunakan untuk menampilkan data, teks, maupun informasi sistem secara jelas dan terstruktur. Setiap karakter disusun dari matriks piksel berukuran 5×7 dan telah dilengkapi dengan karakter standar bawaan. LCD ini juga dilengkapi modul I2C yang terpasang di bagian belakang, sehingga proses pemasangan menjadi lebih sederhana dan penggunaan pin mikrokontroler dapat dihemat [11].

METODE

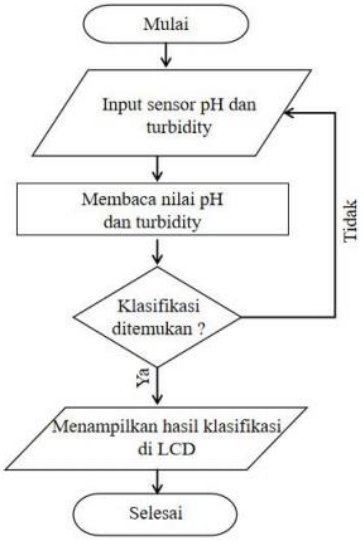
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan fokus pada pengumpulan dan pengolahan data numerik yang dihasilkan oleh sensor pH dan sensor kekeruhan dalam sistem monitoring kualitas air. Data diperoleh melalui pembacaan sensor secara *real-time* dan berulang, kemudian diolah menggunakan analisis statistika sederhana seperti perhitungan nilai rata-rata untuk menilai perubahan dan kestabilan parameter kualitas air. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengurangi subjektivitas dan meningkatkan objektivitas hasil penelitian. Nilai pH dan kekeruhan selanjutnya diklasifikasikan berdasarkan batas standar kualitas air untuk menentukan kelayakan konsumsi. Hasil pengukuran dan klasifikasi ditampilkan melalui LCD sehingga mudah dipahami oleh pengguna. Metode ini dinilai tepat karena mampu menghasilkan data yang terukur, konsisten, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Sumber : Data Primer

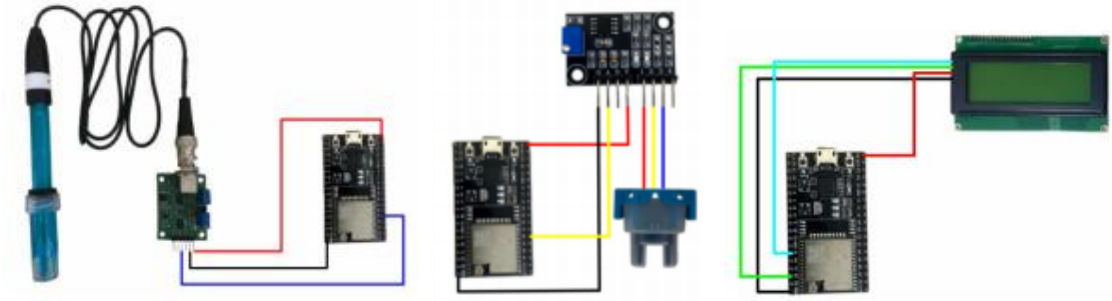
Alur kerja sistem diawali dengan pembacaan data oleh sensor pH PH-4502C dan sensor *Turbidity* SEN-0175 yang mengukur tingkat keasaman serta kekeruhan air secara langsung. Kedua sensor menghasilkan data analog yang diproses oleh mikrokontroler untuk memperoleh nilai pH dan kekeruhan air. Selanjutnya, mikrokontroler mengevaluasi hasil pengukuran dengan membandingkannya terhadap standar kualitas air yang telah ditetapkan. Berdasarkan proses evaluasi tersebut, sistem secara otomatis mengklasifikasikan kualitas air. Nilai hasil pengukuran beserta informasi kelayakan air ditampilkan pada LCD, sehingga pengguna dapat memantau kualitas air secara langsung dan waktu nyata.



Gambar 2. Diagram Alur Kerja

Sumber : Data Primer

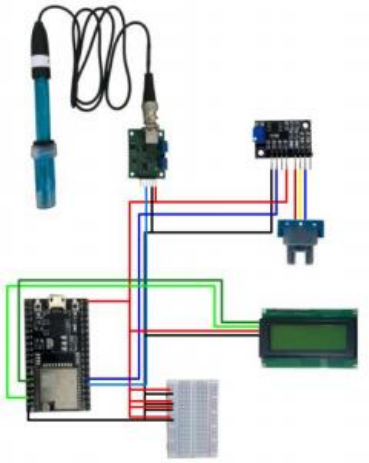
Flowchart diatas menggambarkan alur kerja Sistem Deteksi Kualitasi Air Minum Kemasan dan Isi Ulang berbasis sensor pH dan *Turbidity*.



(a) (b) (c)

Gambar 3.a) Perancangan Sensor pH b) Perancangan Sensor SEN-0175 (*Turbidity*) c) Perancangan LCD 20x4

Sumber : Data Primer



Gambar 4. Rangkaian Keseluruhan Sistem

Sumber : Data Primer

Perancangan sistem deteksi kualitas air menggunakan sensor pH PH-4502C, sensor *turbidity* SEN-0175, dan LCD 20×4 sebagai media tampilan. Sensor pH mengukur tingkat keasaman air dan mengklasifikasikannya sebagai asam, normal, atau basa, sedangkan sensor *turbidity* mendeteksi tingkat kekeruhan air yang dikategorikan jernih, agak keruh, atau keruh. Seluruh data sensor diolah oleh ESP32 dan ditampilkan secara *real-time* pada LCD berbasis I2C, sehingga pengguna dapat memantau kualitas air secara praktis dan akurat tanpa proses manual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian

Subbab ini menguraikan hasil pengujian serta evaluasi kinerja sistem pemantauan kualitas air berbasis ESP32 yang memanfaatkan sensor pH PH-4502C dan sensor turbidity SEN-0175. Pengujian dilakukan pada 10 sampel air, baik air kemasan maupun air isi ulang, dengan pengukuran berulang guna memperoleh data yang konsisten dan andal. Parameter pH dan tingkat kekeruhan yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan standar kualitas air minum yang berlaku. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mengukur pH dan *Turbidity* secara konsisten, menampilkan data dengan stabil pada LCD, serta melakukan klasifikasi kelayakan air dengan baik, sehingga sistem dinilai andal dalam memantau kualitas air minum.

Pengujian Sensor PH-4502C

Tabel 1. Pengujian Sensor PH-4502C

No	Air Uji	Hasil pH	Pembanding	Selisih (%)	Tegangan (Volt)
1	A***	7,21	7,26	0,69%	2,74
2	V**	7,1	7,18	1,12%	2,77
3	N*****	6,96	7,18	3,16%	2,79
4	C***	6,9	7,02	1,73%	2,8
5	Air Kemasan 1	9,18	9,22	0,44%	2,41
6	Air isi Ulang 1	7,72	7,78	0,77%	2,68
7	Air isi Ulang 2	6,28	6,36	1,26%	2,91
8	Air isi Ulang 3	6,86	6,94	1,10%	2,79
9	Air isi Ulang 4	6,6	6,7	1,49%	2,84
10	B***	8	7,96	0,50%	2,63

Sumber : Data Diolah

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 1, perbedaan persentase hasil pengukuran pH berada pada kisaran 0,44% hingga 3,16% dengan nilai rata-rata sekitar ±1,8%. Hasil tersebut menunjukkan

bahwa sensor PH-4502C memiliki tingkat ketelitian yang tergolong baik, dengan selisih terbesar kemungkinan dipengaruhi oleh kondisi sampel atau respon awal sensor.

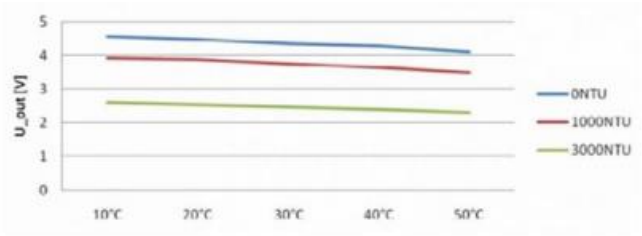
Pengujian Sensor SEN-0175

Tabel 2. Pengujian Sensor SEN-0175

No	Air Uji	Hasil Pengujian (NTU)	Tegangan (Volt)
1	A***	0	3,3 V
2	V**	0	3,3 V
3	N*****	0	3,3 V
4	C***	0	3,3 V
5	Air Kemasan 1	0	3,3 V
6	Air isi Ulang 1	0	3,3 V
7	Air isi Ulang 2	0	3,3 V
8	Air isi Ulang 3	0	3,3 V
9	Air isi Ulang 4	0	3,3 V
10	B***	0	3,3 V

Sumber : Data Diolah

Berdasarkan data pada tabel tersebut, seluruh sampel air menunjukkan nilai kekeruhan sebesar 0 NTU dengan tegangan keluaran yang stabil pada 3,3 V. Nilai ini menunjukkan bahwa air yang diuji tergolong sangat jernih dan tidak mengandung partikel tersuspensi yang signifikan.



Gambar 5. Grafik *Datasheet*

Sumber : Data Diolah

Analisis datasheet sensor SEN-0175 menunjukkan hubungan berbanding terbalik antara nilai kekeruhan (NTU) dan tegangan keluaran. Hasil pengukuran 0 NTU dengan tegangan 3,3 V sesuai dengan karakteristik sensor, sehingga membuktikan bahwa sensor SEN-0175 bekerja akurat dan konsisten serta layak digunakan dalam sistem pemantauan kualitas air berbasis ESP32.

Pengujian Keseluruhan

Tabel 3. Pengujian Keseluruhan

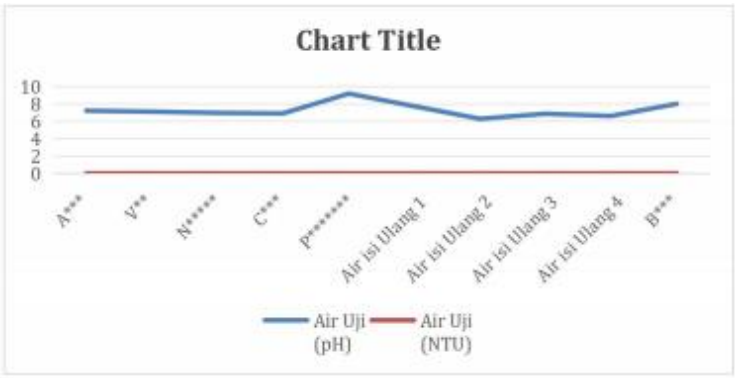
No	Air Uji	Hasil pH	Hasil Pengujian (NTU)	Hasil Klasifikasi
1	A***	7,21	0	Layak Konsumsi
2	V**	7,1	0	Layak Konsumsi
3	N*****	6,96	0	Layak Konsumsi
4	C***	6,9	0	Layak Konsumsi
5	Air Kemasan 1	9,18	0	Tidak Layak Konsumsi
6	Air isi Ulang 1	7,72	0	Layak Konsumsi
7	Air isi Ulang 2	6,28	0	Tidak Layak Konsumsi
8	Air isi Ulang 3	6,86	0	Layak Konsumsi
9	Air isi Ulang 4	6,6	0	Layak Konsumsi
10	B***	8	0	Layak Konsumsi

Sumber : Data Diolah

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 3., seluruh sampel air memiliki nilai kekeruhan 0 NTU, yang berada jauh di bawah batas maksimum 5 NTU. Dengan demikian, seluruh sampel

memenuhi persyaratan kualitas air dari sisi kekeruhan dan menunjukkan tingkat kejernihan yang sangat baik.

Grafik Pengujian Air



Gambar 6. Grafik Pengujian Air

Sumber : Data Diolah

Grafik "Pengujian Air" menunjukkan bahwa seluruh sampel memiliki kekeruhan 0 NTU sehingga memenuhi standar kejernihan air minum. Namun, nilai pH antar sampel bervariasi, di mana beberapa air kemasan memiliki pH mendekati 9 dan berpotensi tidak memenuhi standar, sedangkan air isi ulang cenderung stabil pada kisaran 6,5–7,5. Hal ini menegaskan bahwa pH menjadi parameter utama dalam penentuan kelayakan air konsumsi, sementara kekeruhan tidak menjadi kendala.

Bentuk Fisik Alat



Gambar 7. Bentuk Fisik Alat

Sumber : Data Diolah

Secara keseluruhan, perancangan fisik perangkat keras ini bertujuan untuk menghasilkan alat pemantauan kualitas air yang ergonomis, aman, dan mudah dioperasikan. Integrasi seluruh komponen dalam satu box panel tidak hanya meningkatkan kerapian dan perlindungan rangkaian, selain itu, alat ini juga dapat dimanfaatkan untuk pengujian kualitas air baik secara langsung di lapangan maupun dalam lingkungan laboratorium. Dengan desain tersebut, sistem diharapkan mampu bekerja secara optimal dalam mendukung proses pengukuran dan klasifikasi kualitas air berdasarkan parameter pH dan tingkat kekeruhan.

KESIMPULAN

Berdasarkan tahapan perancangan, pengujian, serta analisis yang telah dilakukan, sistem deteksi kualitas air minum berbasis mikrokontroler ESP32 dengan sensor pH PH-4502C dan sensor turbidity SEN-0175 dapat dinyatakan berjalan dengan baik serta mampu menyajikan informasi nilai pH dan tingkat kekeruhan air, serta klasifikasi kelayakan air secara *real-time* melalui LCD 20×4. Pengujian terhadap 10 sampel air menunjukkan seluruh sampel memenuhi standar kekeruhan Permenkes No. 2 Tahun 2023 (≤ 5 NTU), namun hanya 8 sampel yang memenuhi rentang pH 6,5–

8,5, sementara itu, dua sampel lainnya dikategorikan tidak layak untuk dikonsumsi karena memiliki nilai pH yang berada di luar batas aman, baik terlalu asam maupun terlalu basa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa parameter pH menjadi faktor paling menentukan dalam klasifikasi kelayakan air, mengingat seluruh sampel memiliki tingkat kekeruhan sangat jernih. Sistem ini terbukti mampu melakukan klasifikasi otomatis "Layak" dan "Tidak Layak Konsumsi" sesuai standar yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). "*Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Persyaratan*".

[2] Pangestu, M. P., & Lusno, M. F. D. (2025). *Kualitas Air Minum Rumah Tangga di Indonesia Berdasarkan Parameter Fisik , Kimia , dan Mikrobiologi : Studi Cross-Sectional Mengacu pada Standar Nasional*. *Jurnal Penelitian Inovatif (JUPIN)*. *5*(2), 1689–1696.

[3] Nugroho, T., & Wijayanti, R. (2023). *Analisis Kualitas Air Minum dalam Kemasan (AMDK) di Yogyakarta*.

[4] Lestari, D. P. A. (2024). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Pengolahan Air Menggunakan ESP32 Berbasis Android*.

[5] Putra, F. P. E., Eka, P., Saputra, R. N., Haris, F. M., & Nur, S. (2024). *Application of Internet of Things Technology in Monitoring Water Quality in Fishponds*. *Brilliance : Research Of Artifilial Intelligence. 4*(1), 356–361.

[6] Savitri, C. E., & Is, N. P. (2022). *Sistem Monitoring Parkir Mobil berbasis Mikrokontroller Esp32 ESP32 based Car Parking Monitoring System*. *Jurnal Ampere. 7*(2), 135–144.

[7] Wikantama, P. T., & Puspitasari, R. (2023). *Perancangan Perangkat Pengukur Ketinggian Banjir dengan ESP32 dan Telegram Berbasis iot*. *Elektriese: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro. 13*(02), 107–114.

[8] Pratama, W. R. A., Dalimunthe, E. R., & Putri, N. U. (n.d.). *Implementasi Sensor PH-4502C dan Sensor Suhu DS18B20 untuk Pemantauan Air Kolam Nila*. *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro.* Vol 19. No. 02. 129-137.

[9] Chuzaini, F., Wedi, D., Mata, S., Grogolan, A., Ngunut, D., & Tirta, S. (2022). *Iot Monitoring Kualitas Air Dengan Menggunakan Sensor Suhu , Ph , Dan Total Dissolved Solids (TDS)*. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI) Volume*. *11*, 46–56.

[10] Rahmawati, N., & Siswanto, A. (2025). "*Prototype System For Turbidity And Tds Measurement Of Refill Drinking Water Using Arduino Microcontroller*". *Jurnal Teknik*. Vol 11, No. 02. Hal 45–52.

[11] Refalista, A., Irawati, R., & Wirawan, T. (2023). *Air Pollution Monitoring Berbasis Internet of Things*. *12*(September). *Jurnal TICOM: Technology of Information and Communication*. 31–36.