

Model Alat Monitoring Baku Mutu Air Bebas Web Terkendali Mikrokontroler

Rizqi Hidayatulloh^{1*}, Bahar²

Teknik Informatika, STMIK Banjarbaru, Banjarbaru, Indonesia

*e-mail *Corresponding Author*: hidayatullah560@gmail.com

Abstract

Monitoring the quality of water quality standards using direct observation methods at the monitoring site is not effective. This research develops an automatic and real-time Quality Standards Monitoring System. The device design involves Potential Hydrogen (pH), Total Dissolved Solids (TDS), and temperature sensors controlled by a microcontroller. The sensors as system input are placed in water media which will be monitored for quality standards. These sensors read water parameters in real time. Data from sensor readings is processed by a microcontroller, then distributed via a global communication network to web-based or mobile-based application modules on gadget devices. Through this gadget terminal, users can monitor water quality standards in real time, thereby increasing the effectiveness of the process of monitoring water quality standards. System implementation can be carried out in various business fields, such as the land fisheries sector to monitor the condition of fish pond water, the agricultural sector to monitor hydroponic cooking media, and the facilities and infrastructure for processing clean water for household consumption.

Key words: *Water quality standards; Microcontroller; Hydrogen potential sensor; Total Dissolved Solids Sensor; Temperature sensor*

Abstrak

Pemantauan kualitas baku mutu air yang dilakukan dengan menggunakan metode observasi langsung ke tempat pemantauan tidak efektif. Penelitian ini mengembangkan Sistem Monitoring Baku Mutu secara otomatis dan *realtime*. Desain alat melibatkan sensor Potensial Hidrogen (pH), *Total Dissolved Solids* (TDS), dan suhu yang dikendalikan oleh mikrokontroler. Sensor-sensor sebagai input sistem diletakan pada media air yang akan dipantau baku mutunya. Sensor-sensor tersebut membaca parameter-parameter air secara *realtime*. Data Hasil pembacaan sensor diproses oleh mikrokontroler, kemudian didistribusikan melalui jaringan komunikasi global ke modul aplikasi berbasis web atau berbasis *Mobile* pada perangkat gadget. Melalui terminal gadget tersebut, pengguna dapat memantau baku mutu air secara *realtime*, sehingga dapat meningkatkan efektivitas proses pemantauan baku mutu air. Implementasi sistem dapat dilakukan pada berbagai bidang bisnis, seperti bidang perikanan darat untuk memantau keadaan air kolam ikan, bidang pertanian untuk memantau media tanam hidroponik, dan bidang sarana dan prasarana pengolahan air bersih untu konsumsi rumah tangga.

Kata kunci: *Baku mutu air; Mikrokontroler; Sensor potensial Hidrogen; Sensor Total Dissolved Solids; Sensor suhu*

1. Pendahuluan

Penurunan kualitas air akibat pencemaran berdampak pada penurunan kegunaan, produktivitas, dan kapasitas sumber daya air, yang pada akhirnya mengurangi kekayaan sumber daya alam. Saat ini, upaya mendapatkan air yang memenuhi standar tertentu menjadi mahal, karena banyak air telah terkontaminasi berbagai jenis limbah dari aktivitas manusia. Pencemaran air disebabkan oleh penambahan zat kontaminan dari aktivitas manusia, yang mengakibatkan air tersebut tidak layak untuk dikonsumsi oleh manusia dan tidak mendukung kehidupan biotik [1-3]. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), sepanjang 2021 terdapat 10.683 desa/kelurahan di Indonesia yang mengalami pencemaran air. BPS mencatat sebanyak 6.160 desa/kelurahan mengalami pencemaran air dari limbah rumah tangga. Sementara 4.496 desa/kelurahan mengalami pencemaran dari limbah pabrik, dan 27 desa/kelurahan dari sumber-sumber lainnya [4]. Air yang tidak memenuhi baku mutu dapat mengandung kontaminan seperti bakteri, virus, logam berat, dan bahan kimia berbahaya yang dapat menyebabkan penyakit. Dengan

memastikan air memenuhi standar kualitas yang ditetapkan, risiko kesehatan bagi masyarakat dapat diminimalisir.

Pengukuran kualitas air pada umumnya dilakukan dengan menggunakan metode observasi langsung ke tempat monitoring dan melakukan pengukuran terhadap sampel air. pengambilan sampel menggunakan alat *multiparameter water quality checker*, Cara kerja alat ini yaitu dengan memasukan bagian alat berupa sensor ke dalam sungai. Alat dидiamkan selama beberapa menit hingga sensor alat tersebut mendeteksi atau melakukan perhitungan. hasil data dari pembacaan sensor yang didapat berupa nilai pH, DO, kekeruhan, suhu, dan TDS [5]. Walaupun pengukuran yang dilakukan dibantu oleh alat pengukuran yang sudah dapat menampilkan data secara langsung namun diperlukan pengguna untuk mengoperasikan alat tersebut dan tentu hal tersebut melelahkan jika dilakukan secara berulang. Oleh sebab itu diperlukan sebuah sistem *Monitoring* menggunakan alat yang secara real time mengirimkan data dan menampilkan info lewat media yang mudah diakses seperti *smartphone* atau laptop.

Untuk memantau kualitas air, diperlukan sensor yang mampu membaca parameter yang relevan. Sensor pH adalah salah satu sensor yang berfungsi sebagai pengukur parameter kimia organik [6]. Sensor *Total Dissolve Solid* (TDS) atau padatan terlarut total, juga biasa digunakan sebagai pengukur parameter fisika larutan [7]. Demikian juga dengan sensor suhu, yang biasa digunakan untuk mendeteksi perubahan suhu larutan [8 - 9]. Penelitian [10] telah menguji penggunaan Arduino Uno sebagai mikrokontroler yang mengendalikan sensor pH, TDS, dan Suhu dalam mendeteksi kualitas air, lalu ditampilkan secara *realtime* pada layar LCD dengan baterai sebagai sumber daya, namun dalam penelitian tersebut, data pembacaan sensor tidak terekam secara otomatis (*realtime*) jika input pembacaan sensor berubah.

Paper ini bertujuan mengembangkan Sistem Monitoring Baku Mutu Air Berbasis Web Dengan Sensor pH, TDS Dan Suhu Terkendali Mikrokontroler. Ketiga sensor tersebut akan melakukan pembacaan parameter kualitas air secara *realtime*, lalu data hasil pembacaan diolah oleh ESP32 sebagai mikrokontroler yang ditenagai baterai. Selanjutnya data dikirim melalui Modul GSM SIM800L menggunakan metode HTTP POST ke halaman website yang menerima POST data untuk kemudian disimpan sebagai *logging* data pada database MySQL. Data pengukuran baku mutu air yang berada pada MySQL selanjutnya disajikan pada layar berupa tampilan grafis *realtime* dari waktu ke waktu melalui jaringan aplikasi berbasis web.

2. Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai sistem monitoring atau deteksi baku mutu air sudah banyak dilakukan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Herry Setiawan, Zafitri Handayani, dan Hasbaini dengan judul "Pendeteksi Pencemaran Air Sungai Di Desa Ruak berbasis Internet Of Things (Iot)" pada jurnal tersebut menggunakan Nodemcu V3 dengan sensor TDS digunakan untuk mendeteksi pencemaran air sungai berupa kandungan logam berat dengan menetapkan standar kualitas air 10-100 ppm sebagai laik konsumsi, 101-200 ppm sebagai cukup laik konsumsi dan 201-424 ppm sebagai air tidak laik konsumsi. Pada penelitian tersebut deteksi keadaan air hanya dilakukan berkaitan dengan satu parameter yaitu padatan terlarut dalam air (TDS) sehingga masih perlu ditambah beberapa parameter keadaan air agar hasil pembacaan dapat lebih lengkap [11].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Alfisyah Naim dengan judul "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Pencemaran Air Pada Kolam Ikan Dari Bahan Padatan Terlarut Menggunakan Sensor Tds" pada penelitian tersebut menggunakan AT Mega 8 dengan sensor TDS menggunakan modul ADC ADS1115 untuk mendeteksi pencemaran air pada kolam ikan dengan keakuratan 97.4%, namun dalam penelitian tersebut hanya menggunakan satu sensor yaitu TDS dan tidak menggunakan baterai yang tentunya akan sulit jika hendak di letakan jauh dari sumber listrik [12].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Dhimas Abimanyu, Sumarno, Fitri Anggraini, Indra Gunawan dan lin Parlina dengan judul "Rancang Bangun Alat Pemantau Kadar pH, Suhu Dan Warna Pada Air Sungai Berbasis Mikrokontroler Arduino" pada jurnal penelitian tersebut menggunakan Arduino Uno dengan sensor pH, sensor suhu, sensor warna TCS320 dan LCD dalam penelitian tersebut sensor pH, suhu dan warna di uji dengan meninput suplay daya listrik sebesar 12 volt Dc lalu modul arduino serta sensor akan menginisialisasi sendirinya selamat 30 detik sampai dengan 60 detik, lalu sensor mengembalikan nilai ke arduino dan arduino menampilkan nilai pada LCD, akan tetapi dalam penelitian ini tidak memiliki pencatatan secara otomatis dan perlu SDM untuk melihat perubahan data pembacaan sensor pada LCD [13].

Pada penelitian yang dilakukan Rizal Ardiyansyah dan Syahid Abdullah pada tahun 2022 dengan judul "Perancangan Sistem Pendeteksi Ph Air Hujan Berbasis Iot (Studi Kasus: Desa Gedepangrango Kabupaten Sukabumi)" dengan menggunakan arduino uno, modul ESP8266 dan sensor pH dengan menggunakan chat bot untuk mengirim laporan dengan pengukuran satu jam setiap hari sensor pH dapat bekerja dengan baik, namun dalam penelitian ini hanya menggunakan satu sensor yaitu pH [14].

State of the art penelitian yang dilakukan saat ini adalah penggunaan 3 sensor secara paralel, yaitu Sensor Ph, sensor TDS, dan sensor Suhu terkendali Mikrokontroler untuk membaca Baku Mutu Air (tingkat keasaman, padatan terlarut, dan perubahan suhu). Sistem yang dikembangkan dapat melakukan pembacaan pembacaan ke-3 parameter baku mutu air tersebut secara realtime melalui modul ESP32. Selanjutnya diproses menjadi sekelompok data yang akan dikirim menggunakan modul GSM SIM800L untuk direkam ke dalam *database*, juga secara realtime. Data hasil pembacaan baku mutu air disajikan pada monitor dalam tampilan grafis realtime melalui jaringan aplikasi berbasis web. Dengan demikian, keadaan baku mutu air dimana alat tersebut terpasang, dapat dimonitoring/dipantau dari waktu-ke waktu secara *realtime*.

3. Metodologi

3.1 Kebutuhan Sistem

1) Fungsionalitas

Fungsi-fungsi yang diharapkan dapat dilakukan oleh Alat:

Bagian Input

1. Sistem dapat membaca pH, TDS dan suhu pada air secara realtime dan akurat.
2. Sistem harus mampu mengirimkan data yang diperoleh dari sensor pH, TDS dan suhu ke mikrokontroler.

Bagian Proses

1. Sistem dapat melakukan pengaturan koneksi internet melalui modul SIM800L dan mengirimkan data untuk direkam aplikasi monitoring secara realtime
2. Sistem mengirim data hasil pembacaan sensor ketika terjadi perubahan nilai parameter baku mutu air.
3. Sistem dapat merekam data hasil pembacaan sensor secara permanen ke dalam sistem database

Bagian Output

1. Sistem harus mampu menampilkan data kualitas air dalam bentuk grafik trend pada layar monitor secara *realtime* sesuai hasil pembacaan sensor, melalui jaringan aplikasi berbasis web.
2. Sistem harus mampu menyediakan akses data hasil pembacaan sensor yang telah terekam dalam database, kepada berbagai kalangan yang berkepentingan

2) Kebutuhan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak dalam Bereksperimen

Perangkat keras terdiri dari :

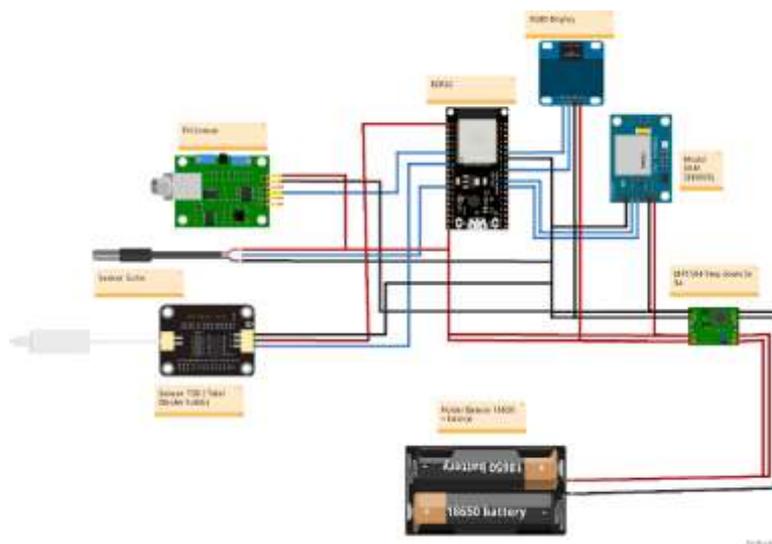
1. ESP-32
2. Modul GSM SIM800L
3. Sensor pH Air
4. Sensor Suhu Air
5. Sensor Total Dissolve Solids (TDS)
6. Oled *White* 0.96 *Inch* I2C 128x64
7. Baterai 18650 dan holder baterai
8. Stepdown MP1584
9. Kabel jumper

Perangkat lunak:

Aplikasi Arduino IDE dan VSCode untuk menuliskan perintah dan membuat aplikasi monitoring.

3.2 Desain Sistem

1) Arsitektur Sistem



Gambar 1 Desain Skematik Alat

Bagian-bagian sistem pada Gambar 1 terdiri atas:

1. Bagian Input

Bagian input terdiri dari sensor TDS, sensor suhu, sensor pH. Sensor TDS merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur padatan terlarut pada air sebagai parameter fisika dalam pengukuran pencemaran air. Sensor suhu digunakan untuk mengukur nilai kenaikan suhu air yang mengindikasikan adanya bahan kimia yang terlarut. Suhu pH air merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur nilai keasaman atau kebasaaan pada air.

2. Bagian Proses

Bagian proses merupakan suatu bagian utama pada Sistem Monitoring Mutu Baku Air Berbasis Web. Pada bagian ini terdapat Mikrokontroler ESP32 dan Modul GSM SIM800L. Pada memori mikrokontroler ini akan ditanamkan sebuah kode program berisi perintah-perintah yang berfungsi untuk menjalankan pembacaan sensor, dan mengubahnya menjadi data yang dapat dimengerti oleh manusia. Selanjutnya dikirim menggunakan Modul GSM SIM800L dengan HTTP POST ke aplikasi berbasis Web yang telah terpasang pada Terminal Komputer.

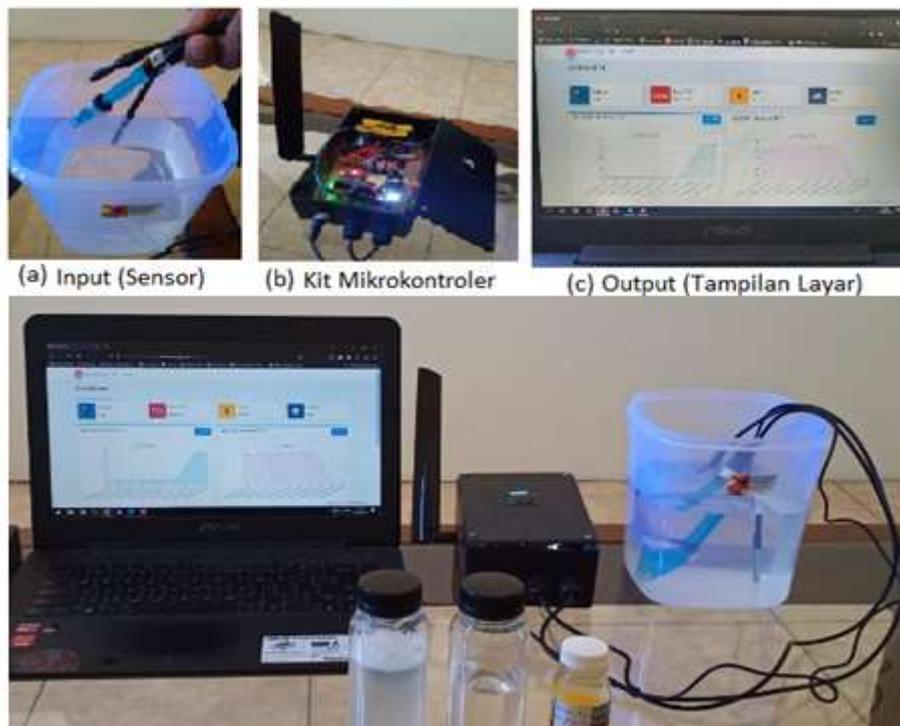
3. Bagian Output

Bagian output berisikan aplikasi berbasis web yang didalamnya terdiri dari halaman web untuk menerima data HTTP POST dari Bagian Proses kemudian data akan direkam ke *Database* MySQL dan disajikan dihalaman monitoring secara realtime dimana jika nilai hasil pengukuran sensor berubah, pada halaman tersebut juga akan berubah secara realtime.

4. Hasil dan Pembahasan

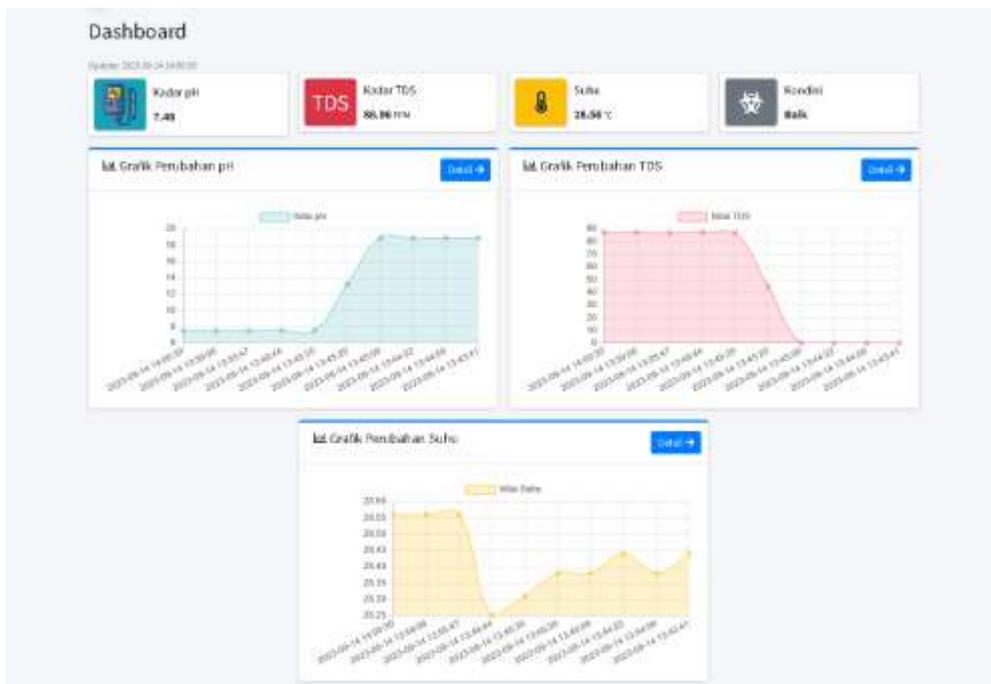
4.1 Pengujian Alat

Tiga buah sensor (sensor TDS, sensor suhu, sensor pH) sebagai input sistem diletakan ke dalam air yang akan diukur baku mutunya (seperti pada Gambar 2 (a)). Dalam uji coba ini, air telah dicampur dengan beberapa jenis larutan yang mengandung unsur asam dan unsur-unsur lainnya. Ketiga sensor tersebut membaca parameter-parameter air (padatan, suhu, dan tingkat keasaman) secara *realtime*. Data Hasil pembacaan sensor (berupa data analog atau data digital dari waktu ke waktu secara *realtime*) dikirim ke blok mikrokontroler Gambar 2.b (berisi: modul ESP32 dan modul transmisi data) untuk diproses dan dikonversi menjadi data nilai numerik yang dapat dipahami oleh manusia. Data yang telah diproses (dikonversi) tersebut kemudian didistribusikan melalui jaringan nir kabel (HTTP POST) ke modul aplikasi berbasis web yang telah terpasang pada terminal Komputer (data hanya dikirimkan ke sistem aplikasi ketika ada perubahan nilai parameter ukur pada pembacaan sensor). Data hasil pembacaan sensor tersebut selanjutnya direkam pada database sistem aplikasi. Data baku mutu air hasil pembacaan sensor juga disajikan pada layar Komputer (baik secara independen) atau ke perangkat penyaji data lainnya melalui jaringan Global/ Web dalam bentuk grafik hasil pembacaan sensor dari waktu ke waktu secara *realtime*.



Gambar 2 Interkoneksi Modul pada Sistem Alat

Beberapa hasil percobaan pembacaan baku mutu air disajikan seperti pada Gambar 3, gambar 4, dan Gambar 5. Gambar 3 merupakan hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan air biasa atau air Aqua (tanpa penambahan zat volutan). Grafik hasil pembacaan sensor menunjukkan kondisi air yang ideal atau tidak tercemar zat volutan (air dalam keadaan aman dikonsumsi).

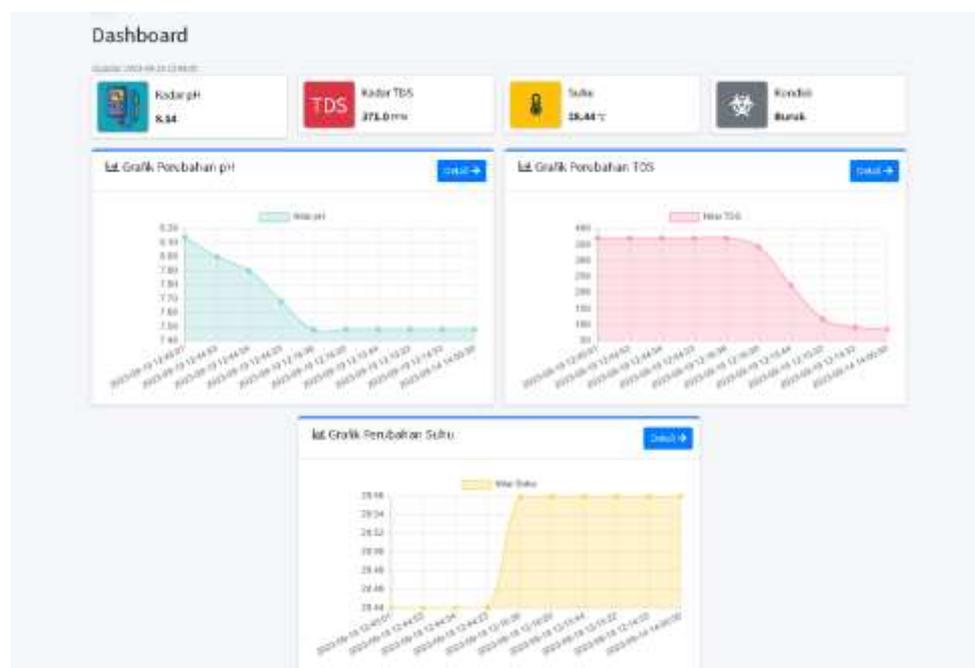


Gambar 3. Tampilan Grafik Hasil Pembacaan Sensor terhadap Air Murni (Aqua)



Gambar 4. Tampilan Grafik Hasil Pembacaan Sensor terhadap Air yang telah dicampur zat Garam

Pada Gambar 4, terlihat bahwa setelah penambahan air garam, nilai TDS meningkat dari kondisi dasar 86 PPM menjadi 371 PPM. Kenaikan ini terjadi karena sensor TDS mampu mendeteksi keberadaan mineral, seperti garam dan atau logam yang terlarut dalam air (air dalam keadaan tercemar atau tidak layak konsumsi).



Gambar 5. Tampilan Grafik Hasil Pembacaan Sensor terhadap Air yang telah dicampur Sabun

Gambar 5 menunjukkan bahwa penambahan air sabun mengakibatkan nilai pH meningkat dari nilai pH Netral menjadi pH 8.14. Kenaikan ini terjadi karena sensor pH mampu

mendeteksi keberadaan larutan sabun yang terlarut dalam air (air dalam keadaan tercemar atau tidak layak konsumsi).

4.2 Implementasi Sistem

Implementasi sistem dapat dilakukan pada berbagai bidang bisnis, seperti bidang Pertanian dan Peternakan, sarana dan prasarana pengolahan air bersih untuk konsumsi rumah tangga, dan berbagai hal yang berkaitan dengan pendeteksian dan pengendalian baku mutu air.

Mengontrol baku mutu air dalam peternakan ikan adalah aspek krusial untuk menjamin kesehatan dan produktivitas ikan. Beberapa parameter seperti pH, Zat kimia Terlarut, dan temperatur air membutuhkan pemantauan dan penyesuaian yang berkelanjutan [15]. Sensor-sensor (sensor TDS, sensor suhu, sensor pH) sebagai input sistem diletakan pada beberapa titik ke dalam air kolam yang akan dipantau baku mutunya. Sensor-sensor tersebut membaca parameter-parameter air secara *realtime*. Data Hasil pembacaan sensor akan diproses oleh mikrokontroler, kemudian didistribusikan melalui jaringan komunikasi global ke modul aplikasi berbasis web atau berbasis *mobile* pada perangkat gadget petani. Melalui gadget tersebut, petani dapat memantau baku mutu air kolam setiap saat secara *realtime*.

Konsep yang sama dapat diterapkan pada sistem pertanian Hidroponik untuk mengontrol beberapa parameter yang terdapat dalam air seperti tingkat keasaman air, kekuatan larutan nutrisi, suhu air, dan beberapa parameter lainnya, untuk menjamin pertumbuhan tanaman yang optimal.

5. Simpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sebuah model sistem monitoring baku mutu air berbasis mikrokontroler dan 3 sensor secara terintegrasi, berupa: Sensor pH untuk mengukur tingkat keasaman air, sensor TDS untuk mengukur konsentrasi polutan dalam air, serta sensor suhu untuk mengukur suhu air. Sensor-sensor tersebut dapat menangkap data parameter air dan mengirim ke sistem pengolah data, serta menyajikannya secara realtime melalui tampilan grafik pada perangkat penyaji data secara *online*. Dengan sistem ini, pemantauan kualitas baku mutu air dapat dilakukan secara real-time, mengurangi ketergantungan pada pengecekan manual, dan memungkinkan pemantauan yang lebih efisien dan akurat.

Daftar Referensi

- [1] T. Susan, "Air Sebagai Sumber Kehidupan," *Oseana*, vol. Volume XXVIII, pp. 17–25, 2003, [Daring]. Tersedia pada: www.oseanografi.lipi.go.id
- [2] K. Asrini, I. W. Sandi Adnyana, dan I. N. Rai, "Studi Analisis Kualitas Air Di Daerah Aliran Sungai Pakerisan Provinsi Bali," *ECOTROPHIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, vol. 11, no. 2, pp. 101–107, Nov 2017, doi: 10.24843/EJES.2017.v11.i02.p01.
- [3] V. Arifanto dan F. R. Fatoni, "Analisis Dampak Pembuangan Limbah Terhadap Pencemaran Air Sungai Gajah Wong (Studi Pustaka di Kota Gede, Yogyakarta)." Yogyakarta, 2021.
- [4] Badan Pusat Statistik, *Statistik Potensi Desa Indonesia 2021*. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2022. Diakses: 23 Maret 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/publication/2022/03/24/ceab4ec9f942b1a4fdf4cd08/statistik-potensi-desa-indonesia-2021.html>
- [5] H. Ulfi, M. F. Ramadhan, M. F. Armando, M. Sholiqin, dan S. Rachmawati, "Analisis Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air di Sungai Pepe Bagian Hilir, Surakarta," *Prosiding SAINTEK: Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 1, pp. 376–386, 2022, Diakses: 23 Maret 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.jurnal.pelitabangsa.ac.id/index.php/SAINTEK/article/view/1344>
- [6] Y. Rahmanto, A. Rifaini, S. Samsugi, & S.D. Riskiono, "Sistem Monitoring pH Air Pada Aquaponik Menggunakan Mikrokontroler Arduino UNO". *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, vol. 1, no. 1, pp. 23-28, 2020.
- [7] R.P. Wirman, I. Wardhana, & V.A. Isnaini, "Kajian tingkat akurasi sensor pada rancang bangun alat ukur total dissolved solids (TDS) dan tingkat kekeruhan air". *Jurnal Fisika*, vol. 9, no. 1, pp. 37-46, 2019.
- [8] F. Baskoro, R.A. Ivory, & N. Kholis, "Review Penggunaan Sensor Suhu Terhadap Respon Pembacaan Skala Pada Inkubator Bayi. *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 185-194, 2020.

- [9] N. Latif, "Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Sensor Suhu. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Al Asyariah Mandar*, vol. 7, no. 1, pp. 16-20, 2021.
- [10] N. N. Novenpa dan Dzulkifli, "Alat Pendeteksi Kualitas Air Portable Dengan Parameter pH, TDS DAN Suhu Berbasis Arduino Uno," *Inovasi Fisika Indonesia*, vol. 9, no. 2, pp. 85–92, Jun 2020, doi: 10.26740/ifi.v9n2.p85-92.
- [11] H. Setiawan, Z. Handayani, dan Hasbaini, "Pendeteksi Pencemaran Air Sungai Di Desa Ruak Berbasis Internet Of Things (IOT)," *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 11–18, 2021, Diakses: 2 Mei 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://ojs.aknacehbarat.ac.id/index.php/vocatech/article/view/54>
- [12] M. A. Naim, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Pencemaran Air Pada Kolam Ikan Dari Bahan Padatan Terlarut Menggunakan Sensor TDS," Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, 2019. Diakses: 25 Maret 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://repository.pancabudi.ac.id/website/detail/17251/penelitian/rancang-bangun-alat-pendeteksi-pencemaran-air-pada-kolam-ikan-dari-bahan-padatan-terlarut-menggunakan-sensor-tds>
- [13] D. Abimanyu, Sumarno, F. Anggraini, I. Gunawan, dan I. Parlina, "Rancang Bangun Alat Pemantau Kadar pH, Suhu Dan Warna Pada Air Sungai Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, vol. 1, no. 6, pp. 235–242, Jun 2021, doi: 10.52436/1.jpti.55.
- [14] R. Ardiyansyah dan S. Abdullah, "Perancangan Sistem Pendeteksi Ph Air Hujan Berbasis lot (Studi Kasus: Desa Gedepangrango Kabupaten Sukabumi)," *JUTEKIN*, vol. 10, no. 1, pp. 35–44, 2022, doi: 10.51530/jutekin.v10i1.562.
- [15] P.D. Prinajati, "Kualitas air Waduk Jatiluhur di Purwakarta terhadap pengaruh keramba jaring apung. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*, vol. 3, no. 2, pp. 78-86, 2019.