



INTEGRASI SISTEM ALAT DETEKSI MULTIVARIABLE DALAM KANDUNGAN AIR UNTUK APLIKASI MEDIS

H. Muhammad Refqie Adam¹, Herenda Sela Wismaya², Abd. Halim³

¹mjqieadm@gmail.com, ²harendasella@upy.ac.id, ³Abd.halim0994@gmail.com

¹Universitas PGRI Yogyakarta, ² Universitas PGRI Yogyakarta, ³ Politeknik Murakata

Abstrak

Kualitas air merupakan parameter kritical dalam operasional fasilitas kesehatan, di mana kontaminasi mineral atau ketidakseimbangan pH dapat memicu kerusakan pada instrumen medis sensitif seperti mesin Hemodialisa dan unit sterilisasi CSSD. Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan sistem deteksi multivariable portabel yang mampu memonitor parameter *Total Dissolved Solid* (TDS), *Electrical Conductivity* (EC), pH, suhu, dan kekeruhan secara *real-time*. Metodologi penelitian yang diterapkan adalah model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Hasil pengujian validasi menunjukkan performansi sistem yang sangat stabil dengan nilai rata-rata *error* untuk parameter TDS sebesar 2,6%, EC 2,28%, pH 4,64%, dan suhu 2,89%. Implementasi lapangan di RSD Idaman Banjarbaru pada unit Hemodialisa, CSSD, dan Depot Air Minum mengonfirmasi bahwa seluruh parameter air produk *Reverse Osmosis* (RO) masih berada dalam batas aman sesuai regulasi Permenkes Nomor 2 Tahun 2023[1]. Integrasi sistem ini memberikan solusi praktis bagi teknisi elektromedis dalam pemeliharaan preventif dan penjaminan mutu air medis secara mandiri dan akurat.

Kata kunci: Deteksi Kualitas Air, *Multivariable Sensor*, Aplikasi Medis, *Reverse Osmosis*, Teknologi Elektromedis.

Abstract

Water quality is a critical parameter in healthcare facility operations, where mineral contamination or pH imbalance can cause damage to sensitive medical instruments such as Hemodialysis machines and Central Sterile Supply Department (CSSD) sterilization units. This study aims to integrate a portable multivariable detection system capable of monitoring Total Dissolved Solid (TDS), Electrical Conductivity (EC), pH, temperature, and turbidity parameters in real-time. The applied research methodology is the ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) development model. Validation test results showed a highly stable system performance with average error values of 2.6% for TDS, 2.28% for EC, 4.64% for pH, and 2.89% for temperature. Field implementation at RSD Idaman Banjarbaru in the Hemodialysis, CSSD, and Drinking Water Depot units confirmed that all parameters of the produced Reverse Osmosis (RO) water remained within safe limits according to the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia Number 2 of 2023. The integration of this system provides a practical solution for electromedical technicians in preventive maintenance and independent, accurate quality assurance of medical water.

Keywords: *Water Quality Detection, Multivariable Sensor, Medical Application, Reverse Osmosis, Electromedical Technology.*

1. Pendahuluan

Dalam ekosistem rumah sakit, air merupakan komponen vital yang digunakan baik untuk kebutuhan sanitasi maupun operasional peralatan medis [2], [3], [4]. Kualitas air pada fasilitas pelayanan kesehatan ini diatur secara ketat agar memenuhi standar baku mutu, salah satunya mengacu pada regulasi Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2023 [1]. Parameter fisis dan kimiawi air seperti *Total Dissolved Solid* (TDS), *Electrical Conductivity* (EC), keasaman (pH), suhu, dan kekeruhan (*turbidity*) secara langsung memengaruhi efikasi alat medis [5], [6]. Sebagai contoh, air pada unit Hemodialisa yang tidak memenuhi standar dapat membahayakan keselamatan pasien, sementara pada unit *Central Sterile Supply Department* (CSSD), kandungan mineral yang tinggi memicu korosi dan kerak pada instrumen bedah.

Permasalahan utama di RSD Idaman Kota Banjarbaru adalah keterbatasan instrumen pemantauan mandiri yang mampu mengintegrasikan berbagai parameter dalam satu perangkat portabel. Selama ini,

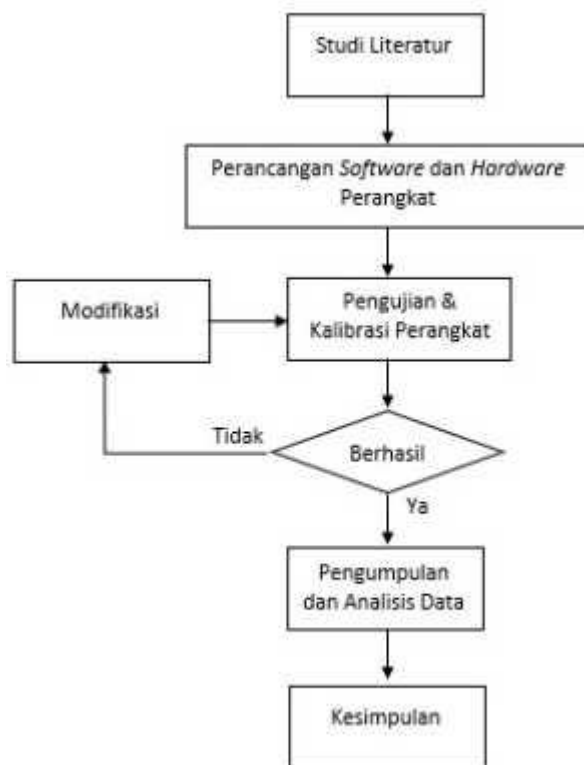
pengecekan kualitas air seringkali dilakukan secara terpisah untuk tiap parameter, sehingga kurang praktis bagi mobilitas teknisi di lapangan. Sistem pemantauan yang ada (*existing system*) saat ini umumnya tidak mampu membaca multi-parameter secara *real-time* di titik lokasi yang berbeda-beda. Selain itu, alat pemantauan terintegrasi yang tersedia di pasaran seringkali berharga mahal dan ukurannya kurang mendukung mobilitas harian teknisi elektromedis. Namun, hingga saat ini belum tersedia perangkat monitoring kualitas air yang bersifat portabel, terintegrasi, dan ekonomis untuk mendukung kegiatan pemeliharaan preventif di rumah sakit daerah. Oleh sebab itu, perancangan sistem monitoring portabel menjadi solusi yang tepat karena memungkinkan teknisi melakukan pengujian secara *real-time* dan berpindah-pindah antar unit layanan dengan cepat dan mandiri.

Beberapa studi terkait *Internet of Things* (IoT) dan *embedded system* telah membuktikan keandalan pendekatan teknologi ini, khususnya penggunaan mikrokontroler keluarga Arduino/ATMega, untuk memvalidasi pembacaan sensor kualitas air secara presisi [10], [18], [20]. Berpijak dari hal tersebut, penelitian ini mengusulkan integrasi sistem alat deteksi multivariable berbasis ATMega328 dengan tampilan OLED dan sistem catu daya baterai terintegrasi guna meningkatkan efisiensi pemeliharaan preventif terhadap sistem *Reverse Osmosis* (RO), [8], [9].

2. Metode

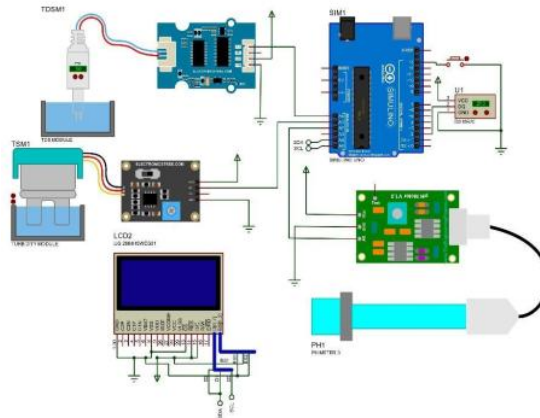
Penelitian ini mengadopsi kerangka kerja ADDIE untuk memastikan validitas pengembangan alat di RSD Idaman Banjarbaru:

1. Analisis (*Analysis*): Mengidentifikasi kebutuhan monitoring air pada mesin medis di RS Idaman Banjarbaru.
2. Desain (*Design*): Merancang arsitektur sistem yang mengintegrasikan sensor TDS (SEN0244) [7], [12], [13], [14] pH (PH-4502C) [15], [16], Suhu (DS18B20) [17], dan *Turbidity* [2], [8], [18] ke dalam mikrokontroler.

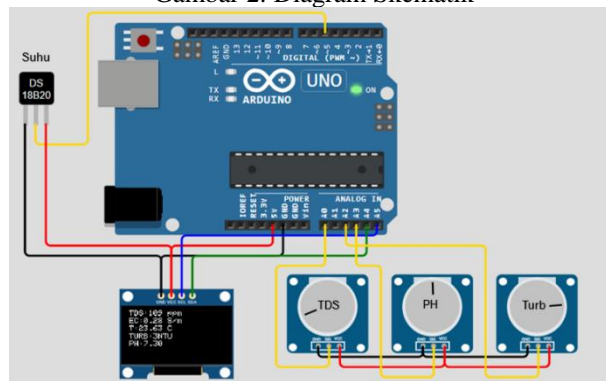


Gambar 1. Prosedur Penelitian

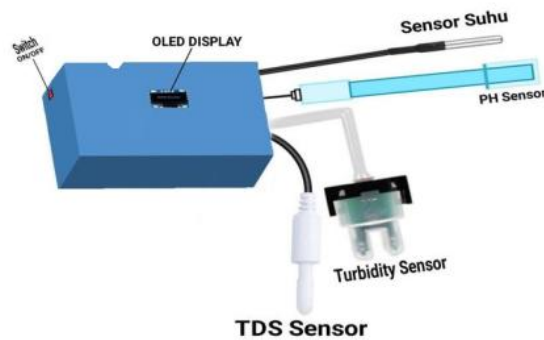
3. Pengembangan (*Development*): Melakukan perakitan perangkat keras dan pemrograman menggunakan Arduino IDE [19].



Gambar 2. Diagram Skematik

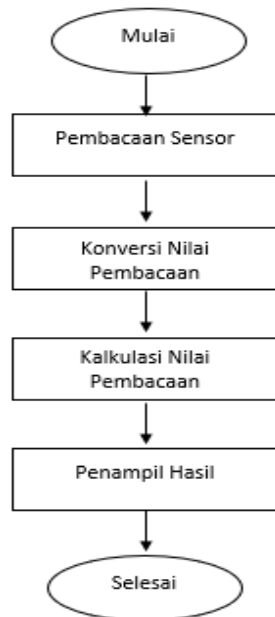


Gambar 3. Simulasi Rangkaian



Gambar 4. Design Hardware

4. Implementasi (*Implementation*): Alat diuji secara operasional di tiga titik produksi air RO: Unit Hemodialisa, CSSD, dan Depot Air Minum.
5. Evaluasi (*Evaluation*): Dengan melakukan analisis akurasi data output dengan membandingkan hasil pembacaan terhadap alat ukur standar laboratorium.



Gambar 5. Diagram Skematik

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Validasi Sistem

Validasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan pada alat rancangan terhadap alat pembanding standar pada sampel air yang telah diringkas pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Hasil Pengujian Akurasi Parameter Alat terhadap Alat Standar

NO	Parameter	Alat Pembanding	Alat Rancang (Rata-rata)	Selisih (Error)	Persentase Error (%)
1	TDS	1000 ppm	974 ppm	26 ppm	2,60%
2	EC	1413 S/m	1380 S/m	33 S/m	2,28%
3	pH	7,00 pH	6,67 pH	0,33 pH	4,64%
4	Suhu	27,5 °C	26,7 °C	0,8 °C	2,89%
5	Turbidity	0 NTU	0 NTU	-	-

Multivariable ini menunjukkan tingkat akurasi yang sangat memadai untuk aplikasi klinis portabel. Nilai rata-rata *error* yang berada di bawah 5% merupakan indikator bahwa proses kalibrasi *software* dan pemilihan komponen *hardware* telah berjalan secara sinergis.

Pada parameter TDS dan EC, rendahnya nilai selisih (*error* masing-masing 2,60% dan 2,28%) disebabkan oleh penggunaan kompensasi suhu dalam algoritma pemrograman. Karena nilai konduktivitas listrik sangat dipengaruhi oleh suhu air, integrasi sensor DS18B20 memungkinkan mikrokontroler untuk melakukan penyesuaian nilai pembacaan secara otomatis (*automatic temperature compensation*), sehingga data yang ditampilkan tetap presisi meskipun terjadi fluktuasi suhu pada sampel air medis.

Parameter pH menunjukkan nilai *error* tertinggi sebesar 4,64%. Secara teknis, hal ini dianalisis sebagai dampak dari sifat elektrokimia sensor pH yang sangat sensitif terhadap noise elektromagnetik dari rangkaian daya dan *ripple* tegangan pada mikrokontroler. Namun, berkat penerapan metode *moving average* filter dan histeresis pada kode program, fluktuasi pembacaan dapat diredam sehingga hasil akhir tetap stabil dan masih berada dalam koridor toleransi yang diizinkan untuk pemantauan kualitas air rumah sakit [9].

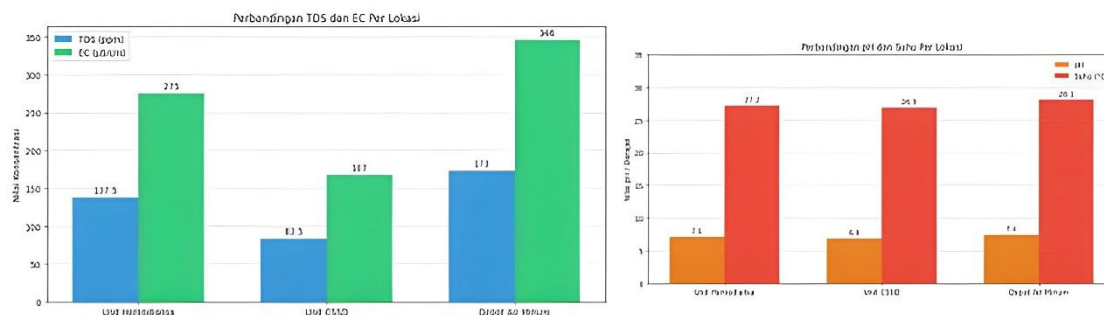
Sementara itu, akurasi pada parameter suhu dengan *error* 2,89% menunjukkan bahwa sensor DS18B20 memiliki keandalan yang tinggi dalam mendeteksi perubahan termal air. Konsistensi data pada seluruh parameter ini membuktikan bahwa alat yang dirancang tidak hanya mampu bekerja secara mandiri, tetapi juga memiliki *reliabilitas* yang mendekati alat ukur standar laboratorium. Hal ini memberikan kepercayaan diri bagi teknisi elektromedis untuk menggunakan instrumen ini sebagai garda terdepan dalam pengawasan mutu air pada unit vital seperti Hemodialisa dan CSSD.

3.2. Kualitas Air pada Unit Layanan RS

Pengukuran di RSD Idaman Banjarbaru menunjukkan fluktuasi kualitas air produk RO berdasarkan beban pelayanan. Pada unit CSSD, nilai TDS tetap rendah (81-86 ppm) untuk mencegah kalsifikasi alat. Namun, pada unit Hemodialisa, ditemukan variasi nilai TDS yang cukup dinamis, menunjukkan sensitivitas alat terhadap kondisi filter mesin RO secara real-time.

Tabel 2. Data Pengukuran *Real-Time* di Unit Layanan RS

Lokasi Pengukuran	TDS (ppm)	EC S/m	pH	Suhu (°C)	Turbidity (NTU)	Keterangan
Unit Hemodialisa	137,5	275	7,1	27,2	0	Sesuai Standar
Unit CSSD	83,5	167	6,8	26,9	0	Sesuai Standar
Depot Air Minum	173,0	346	7,4	28,1	0	Sesuai Standar



Gambar 6. Grafik Linearitas dengan alat pembanding

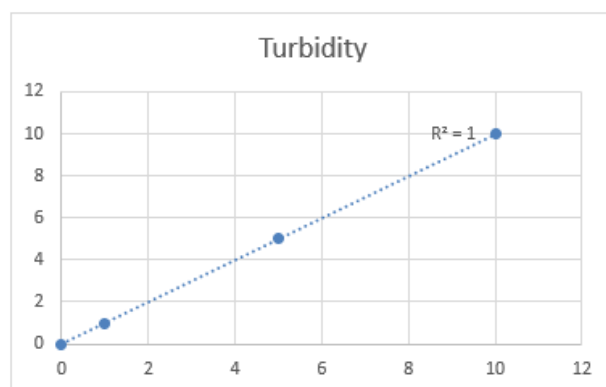
Gambar 6 menampilkan visualisasi perbandingan parameter kualitas air hasil produk *Reverse Osmosis* (RO) yang diukur secara *real-time* di tiga unit layanan berbeda.

- Grafik Sebelah Kiri (Perbandingan TDS dan EC):** Grafik ini menunjukkan adanya korelasi positif yang berbanding lurus antara *Total Dissolved Solid* (TDS) dan *Electrical Conductivity* (EC). Unit CSSD mencatatkan nilai konsentrasi terendah (TDS 83,5 ppm dan EC 167 µS/cm). Hal ini sangat ideal dan sesuai dengan kebutuhan unit CSSD yang memerlukan air dengan kemurnian tinggi untuk mencegah risiko kalsifikasi atau pergerakan pada instrumen bedah. Sementara itu, nilai tertinggi tercatat pada Depot Air Minum (TDS 173 ppm dan EC 346 µS/cm), disusul oleh Unit Hemodialisa (TDS 137,5 ppm dan EC 275 µS/cm). Fluktuasi ini wajar terjadi bergantung pada beban kerja filter membran RO di masing-masing lokasi.
- Grafik Sebelah Kanan (Perbandingan pH dan Suhu):** Grafik ini mengindikasikan stabilitas kondisi fisik dan tingkat keasaman air di ketiga lokasi pengukuran. Suhu air terpantau relatif konstan dengan rentang yang sempit, yakni antara 26,9 °C hingga 28,1 °C. Demikian pula pada parameter pH, rentang nilai yang terukur berada pada kondisi netral (6,8 di CSSD hingga 7,4 di Depot Air Minum).

Secara keseluruhan, visualisasi data pada grafik tersebut menegaskan bahwa meskipun terdapat variasi nilai antar lokasi, seluruh parameter di ketiga titik layanan tersebut masih berada dalam ambang batas normal dan sesuai dengan standar baku mutu yang dipersyaratkan.

3.3 Pengujian Turbidity dengan Pemanding

Pengujian dilakukan dengan menggunakan cairan pembanding dengan nilai yang tabel sudah ditentukan, berikut tabel hasil:



Gambar 7. Grafik Linearitas Dengan Alat Pemanding

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil mengintegrasikan sistem alat deteksi multivariable portabel untuk memantau kualitas air medis dengan performansi yang stabil dan akurat. Berdasarkan hasil pengujian validasi, sistem menunjukkan nilai rata-rata *error* yang sangat rendah, yaitu 2,6% untuk TDS, 2,28% untuk EC, 4,64% untuk pH, dan 2,89% untuk parameter suhu. Implementasi lapangan di RSD Idaman Banjarbaru mengonfirmasi bahwa alat ini mampu memetakan kualitas air produk *Reverse Osmosis* (RO) pada unit Hemodialisa, CSSD, dan Depot Air Minum secara real-time sesuai dengan regulasi Permenkes Nomor 2 Tahun 2023. Dengan demikian, integrasi sistem ini memberikan solusi praktis bagi teknisi elektromedis dalam melakukan pemeliharaan preventif dan penjaminan mutu air medis secara mandiri.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan evaluasi, terdapat beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya:

1. Peningkatan Proteksi Sensor pH: Mengingat parameter pH memiliki tingkat *error* tertinggi (4,64%) akibat sensitivitas terhadap *noise* elektromagnetik, disarankan untuk menambahkan pelindung (*shielding*) tambahan pada rangkaian daya atau menggunakan isolator sinyal analog untuk meningkatkan stabilitas pembacaan.
2. Pengembangan Fitur IoT: Untuk meningkatkan efisiensi pemantauan jarak jauh, alat ini dapat dikembangkan dengan mengintegrasikan modul Wi-Fi atau sistem berbasis Cloud, sehingga data kualitas air dapat dipantau secara terpusat oleh pihak manajemen rumah sakit melalui dashboard digital.
3. Kalibrasi Berkala: Disarankan dilakukan kalibrasi sensor secara periodik menggunakan larutan standar laboratorium untuk menjaga reliabilitas alat dalam jangka panjang.

Daftar Pustaka

- [1] Menteri Kesehatan Republik Indonesia, “Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023,” Jakarta, 2023. [Online]. Available: www.peraturan.go.id
- [2] R. Rahman, “Uji Alat Kekerohan Air Menggunakan Turbidity Sensor Berbasis Arduino,” *Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya (JIFP)*, vol. 5, no. 1, pp. 19–23, Jun. 2021, doi: 10.19109/jifp.v5i1.6916.
- [3] I. Surdin, Z. Zainuddin, and A. L. Arda, “Analisis Hasil Pendeteksian Kandungan Mineral dari Air Kemasan Menggunakan Sensor TDS Berbasis Internet Of Things,” *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi (JNKTI)*, vol. 7, no. 6, Dec. 2024, doi: 10.32672/jnkti.v7i6.8414.
- [4] R. Ramadani, S. Samsunar, and M. Utami, “Analisis Suhu, Derajat Keasaman (pH), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Biologycal Oxygen Demand (BOD) dalam Air Limbah Domestik di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo,” *Indonesian Journal of Chemical Research*, pp. 12–22, Aug. 2021, doi: 10.20885/ijcr.vol6.iss1.art2.
- [5] F. Chuzaini, P. Studi Fisika, J. Fisika, and U. Negeri Surabaya, “IoT Monitoring Kualitas Air Dengan Menggunakan Sensor Suhu, pH, Dan Total Dissolved Solids (TDS),” 2022.
- [6] M. Ikhwan *et al.*, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu, pH dan Kejernihan Air Pada Kolam Ikan Air Tawar Berbasis Internet Of Things (IoT),” [Online]. Available: <https://journal.trunojoyo.ac.id/triac>
- [7] T. Asyhar and K. Sekarsari, “Rancang Bangun Monitoring Total Dissolved Solids Pada Air Tanah Berbasis IoT,” *EPIC Journal of Electrical Power Instrumentation and Control*, vol. 4, no. 2, p. 149, Dec. 2021, doi: 10.32493/epic.v4i2.14915.
- [8] N. Toni, “Perancangan Sistem Kontrol Kekerohan Air Berbasis Website Internet of Things,” *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, vol. 8, no. 3, pp. 1515–1528, Sep. 2021, doi: 10.35957/jatisi.v8i3.1102.
- [9] H. Rosidin, I. A. Mukaromah, U. Ghoni, S. Muhammadiyah, and P. Brebes, “Otomatisasi Pengukuran TDS, PH Air Ditandon Air Rumah Sakit Umum Siti Asiyah Bumiayu Berbasis IoT (Internet Of Things),” *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi (JURTISI)*, vol. 2, no. 1, pp. 26–33, 2022.
- [10] S. Tansa, N. Latekeng, R. Yunginger, and I. Z. Nasibu, “Monitoring Kualitas Air Sungai (Kekerohan, Suhu, TDS,pH) Menggunakan Mikrokontroler Atmega328,” *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 70–75, Jan. 2024, doi: 10.37905/jjee.v6i1.23315.
- [11] N. N. Novenpa and D. 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.
- [12] DFRobot, “Gravity: Analog TDS sensor/meter for Arduino SKU: SEN0244,” <https://www.arduino.cc>.
- [13] H. Zukhruf Z, H. Elmi, S. Edy, A. I. Juniani, N. Anggara T, and P. Amelia, “Utilizing Total Dissolved Solids (TDS) Sensor For Dissolved Solids Measurement In The Water,” *JISO : Journal of Industrial and Systems Optimization*, vol. 7, no. 1, pp. 22–30, Jun. 2024, doi: 10.51804/jiso.v7i1.22-30.
- [14] B. Kurnianto *et al.*, “Sistem Monitoring Total Dissolved Solid (TDS) Pada Lower Basin Cooling Tower Menggunakan Sensor Berbasis Internet Di Bandar Udara Internasional Yogyakarta-Kulon Progo.”
- [15] Erik Dwi Cahyono, “Simulasi Rancang Bangun Alat pH Balancer Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan Arduino Uno,” *Seminar Nasional Fortei7-4*, Dec. 2021.

-
- [16] K. Aji Wibisono and E. Dwi Cahyono, “Rancang Bangun Monitoring pH Meter Digital Berbasis Interface Delphi 7,” *Nucleus Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 12–20, Jun. 2022, doi: 10.32492/nucleus.v1i1.1103.
- [17] M. Bagus, R. Huda, and W. D. Kurniawan, “Analisa Sistem Pengendalian Temperatur Menggunakan Sensor DS18B20 Berbasis Mikrokontroler Arduino.”
- [18] G. Cahyaning Putri, P. Yushananta, P. Kesehatan Kemenkes Tanjungkarang, J. Soekarno-Hatta No, and B. Lampung, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kekeruhan dan TDS Berbasis Internet Of Things Prototype Of Turbidity And TDS Monitoring System Based Internet Of Things,” *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, vol. 18, no. 4, 2022, doi: 10.19184/ikesma.v%vi%i.30510.
- [19] Y. Irawan, A. Febriani, R. Wahyuni, and Y. Devis, “Water quality measurement and filtering tools using Arduino Uno, PH sensor and TDS meter sensor,” *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 2, no. 5, pp. 357–362, Sep. 2021, doi: 10.18196/jrc.25107.