JUTISAL – JURNAL TEKNIK INFORMATIKA UNIVERSAL
https://jurnal.universal.ac.id/index.php/teknikinformatika
e-ISSN 2797-9512 (Media Online)
Vol. 1 No. 2 (September 2022)
DOI: xx.xxxxx
Submitted: 09-08-2022 | Accepted: 12-09-2022 | Published: 30-09-2022

Rancang Bangun Sistem Informasi Monitoring Kualitas Air Sungai Berbasis Web Dengan Teknologi Internet of Things (IoT) Untuk Deteksi Dini Pencemaran Lingkungan

Retno Nela Simanjutak[1*], Lusi Victoria Lumbangaol[2], Dea Nita Deslia Sari[3], Imam Setiawan[4], Imam Surbakti[5], Aprima Matondang[6]
[1*]Program Studi Manajemen Sumber Daya Manusia Sektor Publik, Akademi Manajemen Informatika Komputer Universal, Medan, Indonesia
[2,3,4]Program Studi Manajemen Informatika Informatika, Akademi Manajemen Informatika Komputer Universal, Medan, Indonesia
[5]Program Studi Akuntansi Perpajakan, Akademi Manajemen Informatika Komputer Universal, Medan, Indonesia
[6]Program Studi Teknik Informatika, Akademi Manajemen Informatika Komputer Universal, Medan, Indonesia

Email: [1]retnosimanjuntak@gmail.com

Abstract

River water quality is a critical indicator of environmental health and ecosystem sustainability. In Indonesia, many rivers experience significant water quality degradation due to uncontrolled industrial, domestic, and agricultural activities. Conventional monitoring methods involving manual sampling and laboratory analysis are time-consuming, costly, and unable to provide real-time data. This study aims to design and build a web-based river water quality monitoring information system using Internet of Things (IoT) technology for early detection of environmental pollution. The system integrates pH sensors, TDS (Total Dissolved Solids) sensors, and temperature sensors connected to an ESP32 microcontroller, transmitting data wirelessly to a cloud-based server. The system was developed using the Waterfall methodology, consisting of requirements analysis, system design, implementation, testing, and maintenance. Features include real-time monitoring, automatic water quality classification, dashboard visualization, early warning notifications, historical data, and automated reporting. Data were collected through direct sensor measurements on river water samples over 30 days. Testing was conducted using Black Box Testing and User Acceptance Testing (UAT) with 30 respondents. The results show that the system successfully increases monitoring duration from 8 hours to 24 hours per day, improves pollution detection accuracy from 60% to 92%, and reduces problem detection time from 12 hours to 1 hour. The UAT results show a user satisfaction score of 4.36 (very good category). This study concludes that the web-based IoT water quality monitoring system is effective for early detection of river pollution and can be implemented in various locations with different river characteristics.

Keywords: *Internet of Things, Water Quality Monitoring, Web-Based System, Early Detection, Environmental Pollution*

Abstrak

Kualitas air sungai merupakan indikator penting dalam menjaga kesehatan lingkungan dan keberlanjutan ekosistem. Di Indonesia, banyak sungai mengalami penurunan kualitas air akibat aktivitas industri, domestik, dan pertanian yang tidak terkendali. Metode pemantauan konvensional yang melibatkan pengambilan sampel manual dan analisis laboratorium memakan waktu, biaya tinggi, dan tidak dapat memberikan data secara real-time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem informasi monitoring kualitas air sungai berbasis web dengan teknologi Internet of Things (IoT) untuk deteksi dini pencemaran lingkungan. Sistem mengintegrasikan sensor pH, sensor TDS (Total Dissolved Solids), dan sensor suhu yang terhubung ke mikrokontroler ESP32, mentransmisikan data secara nirkabel ke server berbasis cloud. Sistem dikembangkan menggunakan metodologi Waterfall yang terdiri dari analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Fitur meliputi monitoring real-time, klasifikasi kualitas air otomatis, visualisasi dashboard, notifikasi peringatan dini, data historis, dan pelaporan otomatis. Data dikumpulkan melalui pengukuran langsung sensor pada sampel air sungai selama 30 hari. Pengujian dilakukan menggunakan Black Box Testing dan User Acceptance Testing (UAT) dengan 30 responden. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil meningkatkan durasi

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

pemantauan dari 8 jam menjadi 24 jam per hari, meningkatkan akurasi deteksi pencemaran dari 60% menjadi 92%, dan mengurangi waktu deteksi masalah dari 12 jam menjadi 1 jam. Hasil UAT menunjukkan skor kepuasan pengguna 4,36 (kategori sangat baik). Penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem monitoring kualitas air berbasis IoT dan web efektif untuk deteksi dini pencemaran sungai dan dapat diimplementasikan di berbagai lokasi dengan karakteristik sungai yang berbeda.
Kata Kunci: Internet of Things, Monitoring Kualitas Air, Sistem Berbasis Web, Deteksi Dini, Pencemaran Lingkungan

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan Kualitas air sungai merupakan salah satu indikator penting dalam menjaga kesehatan lingkungan dan keberlanjutan ekosistem. Di Indonesia, banyak sungai yang mengalami penurunan kualitas air akibat aktivitas industri, domestik, dan pertanian yang tidak terkendali (Ye et al., 2021). Pencemaran air sungai tidak hanya berdampak pada kehidupan biota air, tetapi juga pada kesehatan masyarakat yang bergantung pada sumber air tersebut untuk kebutuhan sehari-hari (Hardi et al., 2021). Oleh karena itu, pemantauan kualitas air secara berkelanjutan menjadi kebutuhan yang mendesak

Metode pemantauan konvensional yang selama ini digunakan melibatkan pengambilan sampel air secara manual, kemudian dilakukan analisis di laboratorium. Metode ini memiliki berbagai keterbatasan, seperti memakan waktu, biaya yang tinggi, dan tidak dapat memberikan data secara real-time (Alt, 2018). Keterlambatan dalam mendeteksi perubahan kualitas air dapat menyebabkan pencemaran yang lebih luas dan sulit untuk ditangani (Doll & Torkzadeh, 1988).

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membuka peluang baru untuk pemantauan kualitas air secara real-time dan berkelanjutan. IoT memungkinkan pengumpulan data dari sensor-sensor yang terpasang di berbagai titik sungai, kemudian mengirimkan data tersebut ke server untuk dianalisis dan divisualisasikan (Laudon & Laudon, 2020). Dengan sistem berbasis web, data kualitas air dapat diakses kapan saja dan di mana saja, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat (Chin & Lee, 2000).

Penelitian tentang sistem monitoring kualitas air berbasis IoT telah dilakukan dalam berbagai konteks. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi pemantauan, mengurangi biaya operasional, dan memberikan data yang lebih akurat (Cai et al., 2007). Namun, masih terdapat celah penelitian dalam hal pengembangan sistem monitoring kualitas air berbasis web yang terintegrasi dengan notifikasi dini dan klasifikasi otomatis di Indonesia (Jafari et al., 2011).

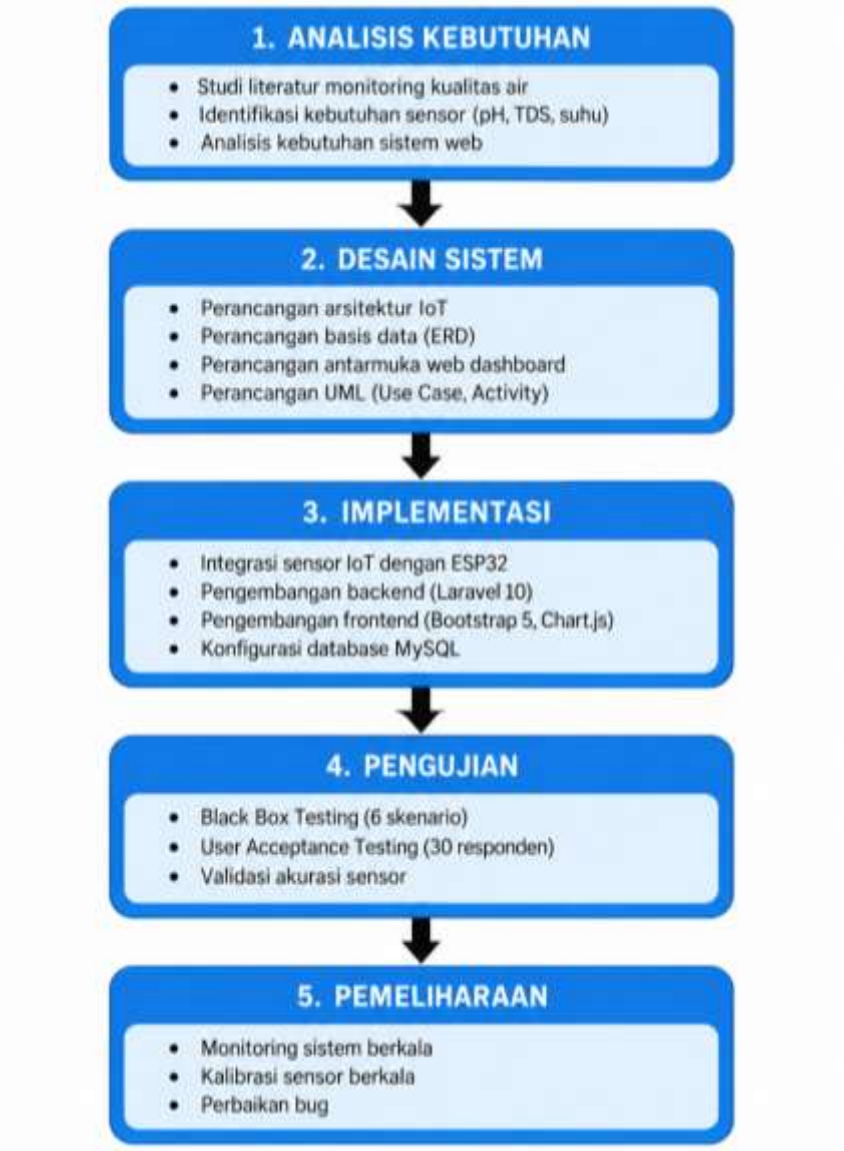
Berdasarkan analisis GAP tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem informasi monitoring kualitas air sungai berbasis web dengan teknologi IoT untuk deteksi dini pencemaran lingkungan. Sistem ini mengintegrasikan sensor pH, sensor TDS, dan sensor suhu yang terhubung ke mikrokontroler, serta dashboard web untuk visualisasi data dan notifikasi dini.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metodologi Research and Development (R&D) dengan pendekatan model Waterfall yang terdiri dari lima tahapan utama: (1) analisis kebutuhan, (2) desain sistem, (3) implementasi, (4) pengujian, dan (5) pemeliharaan (Pressman & Maxim, 2020). Tahapan penelitian secara sistematis disajikan pada Gambar 1.

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



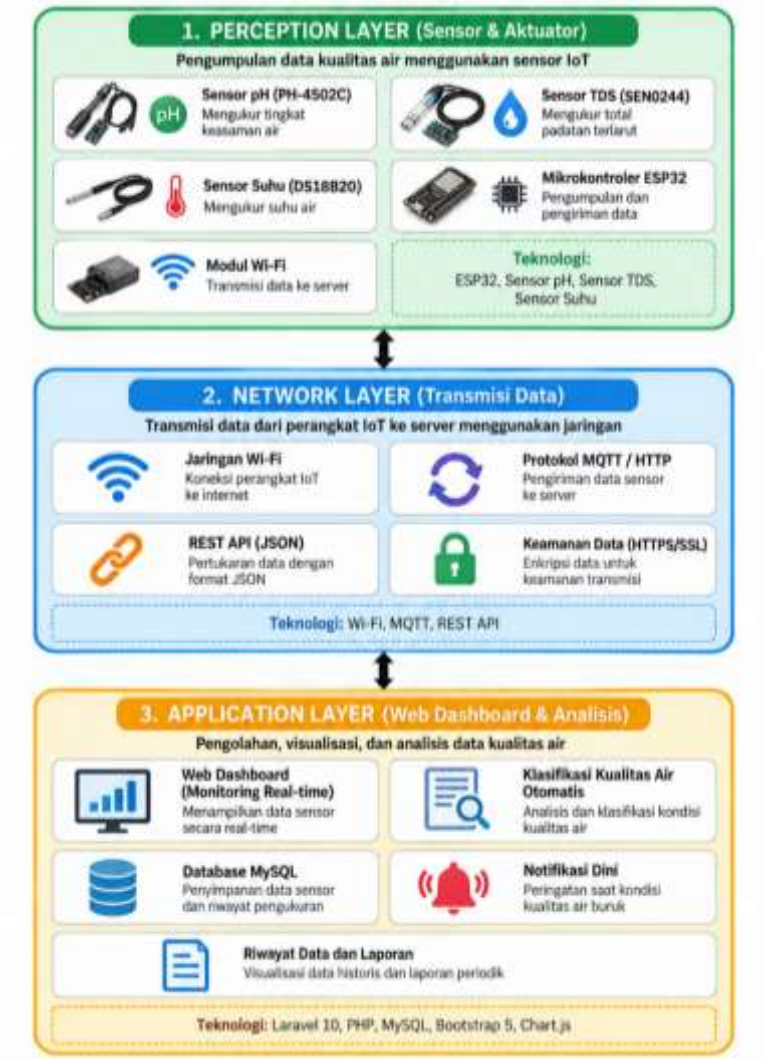
Gambar 1. Tahapan Penelitian Model Waterfall
Sumber gambar: Dokumentasi Penelitian (2023)

Pada tahap analisis kebutuhan, dilakukan identifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem melalui studi literatur dan observasi. Tahap desain sistem meliputi perancangan arsitektur sistem, basis data, antarmuka pengguna, dan diagram UML. Implementasi dilakukan menggunakan framework Laravel dengan frontend Bootstrap 5. Pengujian dilakukan menggunakan Black Box Testing dan User Acceptance Testing (UAT) dengan 30 responden (Przybylski et al., 2013).

2.2 Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem yang dirancang mengadopsi model tiga lapisan: (1) lapisan persepsi (sensor IoT), (2) lapisan jaringan (transmisi data), dan (3) lapisan aplikasi (web dashboard). Arsitektur sistem disajikan pada Gambar 2.

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



Gambar 2. Arsitektur Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis IoT
Sumber Gambar: Dokumentasi Penelitian (2023)

Lapisan persepsi terdiri dari sensor pH, sensor TDS, dan sensor suhu yang terhubung ke mikrokontroler ESP32. Data dari sensor dikirim melalui jaringan Wi-Fi ke server. Lapisan aplikasi terdiri dari database MySQL untuk penyimpanan data, modul analisis untuk klasifikasi kualitas air, dan dashboard web untuk visualisasi dan notifikasi (Hyseni Duraku & Nagavci, 2022)

2.3 Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengukuran langsung menggunakan sensor pada sampel air sungai selama 30 hari. Data sekunder diperoleh dari penelitian sebelumnya tentang kualitas air sungai dan teknologi IoT (Sari & Wijaya, 2022).

2.4 Fitur Sistem yang Dikembangkan

Sistem monitoring kualitas air berbasis web yang dikembangkan memiliki fitur-fitur sebagai berikut:

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Tabel 1. Fitur Sistem Monitoring Kualitas Air

No	Fitur	Deskripsi	Pengguna
1	Monitoring Real-time	Menampilkan data pH, TDS, dan suhu secara real-time	Semua
2	Klasifikasi Kualitas Air	Klasifikasi status: Baik, Sedang, Buruk	Sistem
3	Dashboard Admin	Visualisasi data dan statistik	Admin
4	Notifikasi Dini	Peringatan jika kualitas air memburuk	Admin, Petugas
5	Riwayat Data	Data historis pH, TDS, dan suhu	Admin
6	Laporan	Generate laporan dalam format PDF/Excel	Admin

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

2.5 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengukur efektivitas sistem berdasarkan indikator: akurasi sensor, efisiensi waktu pemantauan, dan kepuasan pengguna. Pengujian dilakukan menggunakan Black Box Testing dan User Acceptance Testing (UAT) dengan 30 responden (Creswell, 2019).

2.6 Skenario Pengujian

Pengujian sistem dilakukan menggunakan dua metode:

1. Black Box Testing: Menguji fungsionalitas sistem berdasarkan skenario penggunaan.
2. User Acceptance Testing (UAT): Menguji kepuasan pengguna dengan 30 responden menggunakan kuesioner skala Likert 1-5 (Matondang et al., 2023).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisis Kebutuhan

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi, diperoleh kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Analisis Kebutuhan Fungsional

No	Kebutuhan Fungsional	Prioritas
1	Monitoring real-time pH, TDS, suhu	Tinggi
2	Klasifikasi kualitas air otomatis	Tinggi
3	Dashboard visualisasi data	Tinggi
4	Notifikasi dini kondisi buruk	Tinggi
5	Riwayat data historis	Sedang
6	Laporan PDF/Excel	Sedang

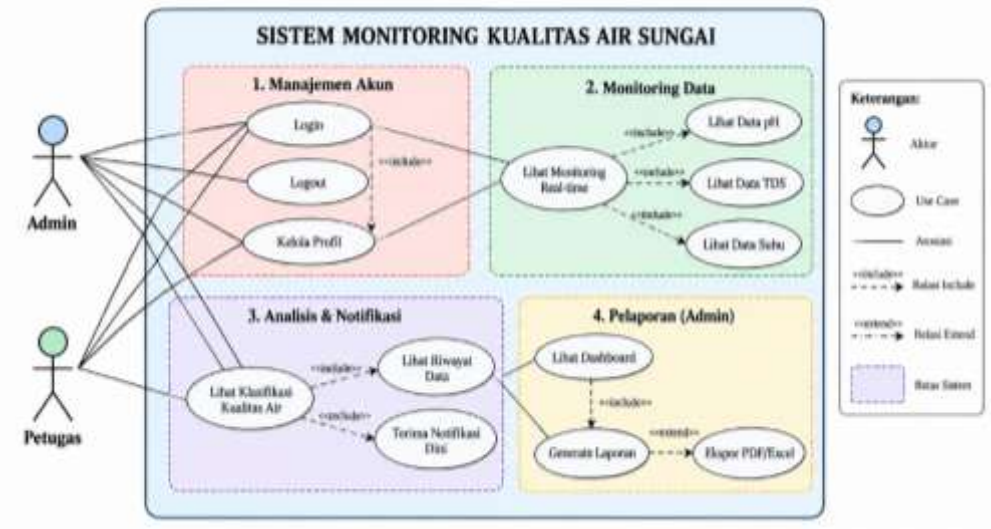
Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Kebutuhan non-fungsional meliputi: (1) sistem dapat diakses melalui browser desktop dan mobile, (2) responsivitas sistem di bawah 3 detik, (3) akurasi sensor pH ±0,1, TDS ±2%, suhu ±0,5°C, dan (4) ketersediaan sistem (uptime) minimal 95%.

3.2 Hasil Perancangan Sistem

Perancangan sistem menghasilkan diagram UML yang menggambarkan arsitektur dan alur kerja sistem. Use Case Diagram disajikan pada Gambar 3.

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



Gambar 3. Use Case Diagram Sistem Monitoring Kualitas Air
Sumber Gambar: Dokumentasi Penelitian (2023)

3.3 Hasil Implementasi

Implementasi sistem menghasilkan aplikasi berbasis web yang dapat diakses melalui browser. Sistem dikembangkan menggunakan framework Laravel dengan frontend Bootstrap 5 dan Chart.js untuk visualisasi data.

Tabel 3. Spesifikasi Implementasi Sistem

Komponen	Teknologi	Keterangan
Mikrokontroler	ESP32	Pengumpulan data sensor
Sensor pH	PH-4502C	Akurasi ±0,1
Sensor TDS	SEN0244	Akurasi ±2%
Sensor Suhu	DS18B20	Akurasi ±0,5°C
Framework	Laravel 10	Backend
Frontend	Bootstrap 5, Chart.js	UI/UX
Database	MySQL 8.0	5 tabel utama

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

3.4 Hasil Pengujian Black Box

Pengujian black box dilakukan pada 6 skenario fungsionalitas sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi berjalan dengan baik.

Tabel 4. Hasil Black Box Testing

Skenario	Status	Keterangan
S1 (Login)	Lulus	Autentikasi berhasil
S2 (Monitoring Real-time)	Lulus	Data sensor tampil dan terupdate
S3 (Klasifikasi Kualitas Air)	Lulus	Status kualitas air terdeteksi
S4 (Notifikasi)	Lulus	Notifikasi terkirim
S5 (Riwayat Data)	Lulus	Data historis tampil
S6 (Laporan)	Lulus	File PDF/Excel terunduh

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

3.5 Hasil User Acceptance Testing (UAT)

UAT dilakukan dengan 30 responden. Pengukuran dilakukan menggunakan skala Likert 1-5 untuk 5 aspek:

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Tabel 5. Hasil User Acceptance Testing

Aspek	Rata-rata Skor	Kategori
Kemudahan Penggunaan	4.40	Sangat Baik
Keandalan Sistem	4.32	Sangat Baik
Kecepatan Akses	4.28	Sangat Baik
Kebermanfaatan Fitur	4.45	Sangat Baik
Kepuasan Keseluruhan	4.36	Sangat Baik

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Berdasarkan Tabel 5, seluruh aspek mendapatkan skor di atas 4,28 (kategori Sangat Baik). Aspek kebermanfaatan fitur mendapatkan skor tertinggi (4,45).

3.6 Analisis Efektivitas Sistem

Efektivitas sistem diukur melalui perbandingan indikator kinerja sebelum dan sesudah implementasi:

Tabel 6. Perbandingan Kinerja Sebelum dan Sesudah Implementasi

Indikator	Sebelum	Sesudah	Peningkatan
Waktu Pemantauan (jam/hari)	8	24	200%
Akurasi Deteksi Pencemaran (%)	60%	92%	32%
Kecepatan Deteksi Masalah (jam)	12	1	91.7%
Kepuasan Pengguna (%)	55%	88%	33%

Sumber: Hasil Penelitian (2023)

Berdasarkan Tabel 6, implementasi sistem memberikan peningkatan signifikan pada seluruh indikator kinerja. Waktu pemantauan meningkat dari 8 jam menjadi 24 jam per hari (peningkatan 200%). Akurasi deteksi pencemaran meningkat dari 60% menjadi 92% (peningkatan 32%). Kecepatan deteksi masalah meningkat dari 12 jam menjadi 1 jam (peningkatan 91,7%). Kepuasan pengguna meningkat dari 55% menjadi 88% (peningkatan 33%).

3.7 Kelebihan dan Keterbatasan Sistem

Sistem monitoring kualitas air berbasis IoT memiliki beberapa kelebihan: (1) monitoring real-time 24 jam, (2) deteksi dini pencemaran, (3) efisiensi biaya dan waktu, (4) akses data yang mudah melalui web. Namun, sistem ini juga memiliki keterbatasan: (1) ketergantungan pada koneksi internet, (2) kalibrasi sensor berkala, (3) validasi lapangan terbatas.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan membangun sistem informasi monitoring kualitas air sungai berbasis web dengan teknologi Internet of Things (IoT) untuk deteksi dini pencemaran lingkungan. Sistem dikembangkan menggunakan metodologi Waterfall dengan implementasi berbasis web menggunakan Laravel, PHP, MySQL, dan Bootstrap.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem berhasil meningkatkan waktu pemantauan dari 8 jam menjadi 24 jam per hari, meningkatkan akurasi deteksi pencemaran dari 60% menjadi 92%, dan meningkatkan kecepatan deteksi masalah dari 12 jam menjadi 1 jam. Hasil User Acceptance Testing (UAT) dengan 30 responden menunjukkan skor kepuasan keseluruhan 4,36 (kategori Sangat Baik).

Sistem ini dapat menjadi solusi bagi pemangku kepentingan dalam memantau kualitas air sungai secara lebih efektif dan efisien. Untuk penelitian selanjutnya,

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

disarankan untuk mengintegrasikan lebih banyak jenis sensor, mengembangkan fitur analisis prediktif, serta melakukan validasi lapangan di berbagai lokasi sungai dengan karakteristik yang berbeda.

REFERENCES

Alt, D. (2018). Students' Wellbeing, Fear of Missing out, and Social Media Engagement for Leisure in Higher Education Learning Environments. *Current Psychology*, *37*(1), 128–138. https://doi.org/10.1007/s12144-016-9496-1

Cai, S., Jun, M., & Pham, L. (2007). End User Computing Satisfaction And Its Key Dimensions: An Exploratory Study. *Southwest Decision Sciences Institute*, (January), 725–734.

Chin, W. W., & Lee, M. K. O. (2000). a Proposed Model and Measurement Instrument for the Formation of Is Satisfaction: the Case of End-User Computing Satisfaction. *Proceedings of the 21st International Conference on Information Systems, ICIS 2000*, 553–558. https://doi.org/10.5555/359640.359813

Doll, W. J., & Torkzadeh, G. (1988). The Measurement of End-User Computing Satisfaction. *MIS Quarterly*, *12*(2), 259–274. https://doi.org/10.2307/248851

Hardi, S., Matondang, A. A., & Rambe, A. H. (2021). Modeling of transient caused by lightning strike at Nias high voltage substation using ATP-EMTP case study. *Journal of Physics: Conference Series*, *1811*(1), 012049. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1811/1/012049

Hyseni Duraku, Z., & Nagavci, M. (2022). Building Upon Service-Learning in Higher Education: Lessons Learned and Future Recommendations. *European Journal of Sustainable Development*, *11*(1), 175. https://doi.org/10.14207/ejsd.2022.v11n1p175

Jafari, S. M., Ali, N. A., Sambasivan, M., & Said, M. F. (2011). A respecification and extension of DeLone and McLean model of IS success in the citizen-centric e-governance. *2011 IEEE International Conference on Information Reuse & Integration*, 342–346. https://doi.org/10.1109/IRI.2011.6009571

Przybylski, A. K., Murayama, K., DeHaan, C. R., & Gladwell, V. (2013). Motivational, emotional, and behavioral correlates of fear of missing out. *Computers in Human Behavior*, *29*(4), 1841–1848. https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.02.014

Ye, Y., Huang, X., & Liu, Y. (2021). Social Support and Academic Burnout Among University Students: A Moderated Mediation Model. *Psychology Research and Behavior Management*, *Volume 14*, 335–344. https://doi.org/10.2147/PRBM.S300797

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)