

Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Water Treatment Plant di Lingkungan Pertambangan Batubara Berbasis IoT

Daniel Ade Kurniawan^{1*}, Nurchim², Joni Maulindar³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Duta Bangsa, Surakarta, Indonesia

E-mail: ¹*202020981@mhs.udb.ac.id, ²nurchim@udb.ac.id, ³joni_maulindar@udb.ac.id

(* : corresponding author)

Abstrak

Ketersediaan air bersih yang aman merupakan hal mendasar bagi kesehatan dan kesejahteraan manusia, namun isu yang berkembang sumber air alami semakin terkontaminasi oleh berbagai polutan terutama di area pertambangan. Sumber air di pertambangan berasal dari air hujan dan ditampung pada danau bekas aktivitas pertambangan, sehingga kondisi air cenderung keruh dan banyak mengandung zat-zat kimia berbahaya. *World Health Organization* (WHO) dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 2 tahun 2023 menyatakan bahwa air bersih yang layak digunakan untuk MCK adalah air yang tidak keruh, tidak berwarna, suhu antara 15 - 35 °C, bebas dari bahan kimia atau dengan pH antara 6,5 - 9, dan *Total Dissolved Solids* (TDS) air tidak lebih dari 1000 ppm. Tujuan penelitian ini yakni menyediakan monitoring kualitas air pada *Water Treatment Plant* (WTP) di area pertambangan batubara berbasis *Internet of Things* (IoT). Produk IoT yang dibuat yaitu sistem *monitoring* kualitas air memiliki beberapa keunggulan utama sistem ini dapat memantau pH air, TDS air, suhu air, dan kekeruhan air, serta menampilkan data secara *real-time* di *website monitoring*. Pada *website* tersebut, data sensor ditampilkan dalam bentuk *chart*, memungkinkan pengguna untuk memantau perubahan data secara signifikan. Selain itu, terdapat fitur ekspor ke excel yang memudahkan para teknisi WTP dalam membuat laporan. Teknik pengujian alat dilakukan dengan menggunakan 15 sampel air, hasilnya sensor pH memiliki tingkat akurasi sebesar 97.93%, sensor TDS memiliki tingkat akurasi sebesar 99%, sensor suhu memiliki tingkat akurasi sebesar 98.58%, dan sensor kekeruhan menunjukkan nilai yang sesuai dengan sampel air yang digunakan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem IoT yang dibuat efektif dalam memantau parameter penting seperti pH, TDS, suhu, dan kekeruhan air secara *real-time*, yang dapat meningkatkan efisiensi operasional di WTP dan membantu para teknisi dalam memonitoring WTP yang sebelumnya dilakukan secara manual.

Kata kunci: pertambangan, monitoring air, kualitas air, *website*

Abstract

The availability of safe, clean water is fundamental to human health and well-being, but a growing issue is that natural water sources are increasingly contaminated by various pollutants, especially in mining areas. The water source in the mine comes from rainwater and is collected in a lake used for mining activities, so the water conditions tend to be murky and contain many hazardous chemicals. World Health Organization (WHO) and the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia number 2 of 2023 state that clean water that is suitable for MCK is water that is not cloudy, colorless, temperature between 15 - 35 °C, free of chemicals or with a pH between 6.5 - 9, and Total Dissolved Solids (TDS) water no more than 1000 ppm. The purpose of this research is to provide water quality monitoring at the Water Treatment Plant (WTP) in the coal mining area based on the Internet of Things (IoT). The IoT product created, namely the water quality monitoring system, has several main advantages. This system can monitor water pH, water TDS, water temperature, and water turbidity, and display data in real-time on the monitoring website. On the website, sensor data is displayed in the form of charts, allowing users to monitor significant changes in data. In addition, there is an export feature to excel that makes it easier for WTP technicians to make reports. The tool testing technique is carried out using 15 water samples, the result is that the pH sensor has an accuracy rate of 97.93%, the TDS sensor has an accuracy rate of 99%, the temperature sensor has an accuracy rate of 98.58%, and the turbidity sensor shows a value that matches the water sample used. The results of this study indicate that the IoT system created is effective in monitoring important parameters such as pH, TDS, temperature, and turbidity of water in real-time, which can improve operational efficiency at the WTP and assist technicians in monitoring the WTP which was previously done manually.

Keywords: mining, water monitoring, water quality, *website*

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan utama bagi kehidupan manusia [1]. Ketersediaan air bersih yang aman merupakan hal mendasar bagi kesehatan dan kesejahteraan manusia, keberadaan air dapat berperan multiguna, dapat digunakan sebagai air minum, mandi, mencuci, mengairi lahan pertanian, pendukung pelaksanaan ibadah dan perekonomian [2]. Namun isu yang berkembang sumber air alami semakin terkontaminasi oleh berbagai polutan terutama di area pertambangan. Sumber air di pertambangan berasal dari air hujan dan ditampung pada danau bekas aktivitas pertambangan. Kondisi air di lingkungan pertambangan belum layak digunakan, kondisi air cenderung keruh dan banyak mengandung zat-zat kimia berbahaya dikarenakan ditampung pada danau bekas dari aktivitas pertambangan batubara. *World Health Organization* (WHO) dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 2 tahun 2023 menyatakan bahwa air bersih yang layak digunakan untuk MCK adalah air yang tidak keruh, tidak berwarna, suhu antara 15 - 35 °C, bebas dari bahan kimia atau dengan pH antara 6,5 - 9, dan *Total Dissolved Solids* (TDS) air tidak lebih dari 1000 ppm [3].

Tujuan penelitian ini yakni menyediakan *monitoring* kualitas air [4] pada *Water Treatment Plant* (WTP) di area pertambangan batubara berbasis *Internet of Things* (IoT). WTP adalah sistem yang dirancang untuk menghilangkan kontaminasi dari air yang bertujuan untuk mencapai tingkat kualitas air yang siap digunakan untuk MCK [5]. Air pada WTP berasal dari air hujan dan ditampung di danau lokal yang merupakan bekas dari aktivitas pertambangan batubara. Oleh karena itu sebelum digunakan, air tersebut harus diolah dahulu agar dapat memberikan kualitas air yang sesuai dengan standar mutu dan siap digunakan.

Berdasarkan latarbelakang masalah di atas, maka diperlukan adanya teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk menyelesaikan masalah tersebut. Sistem IoT yang dibuat adalah sistem monitoring kualitas air menggunakan sensor pH [6], sensor TDS, sensor suhu (DS18B20) [7] dan sensor *turbidity* (kekeruhan) [8][9]. Produk IoT yang dibuat memiliki beberapa keunggulan utama. Sistem ini dapat memantau pH air, TDS air, suhu air, dan kekeruhan air, serta menampilkan data secara *real-time* di *website monitoring*. Pada *website* tersebut, data sensor juga ditampilkan dalam bentuk *chart*, memungkinkan pengguna untuk memantau perubahan data secara signifikan. Selain itu, terdapat fitur ekspor ke excel yang memudahkan para teknisi WTP dalam membuat laporan. Dengan adanya alat tersebut maka teknisi WTP yang sebelumnya melakukan *monitoring* secara manual, kini *monitoring* WTP dapat dilakukan secara jarak jauh melalui *website monitoring*.

2. METODE PENELITIAN

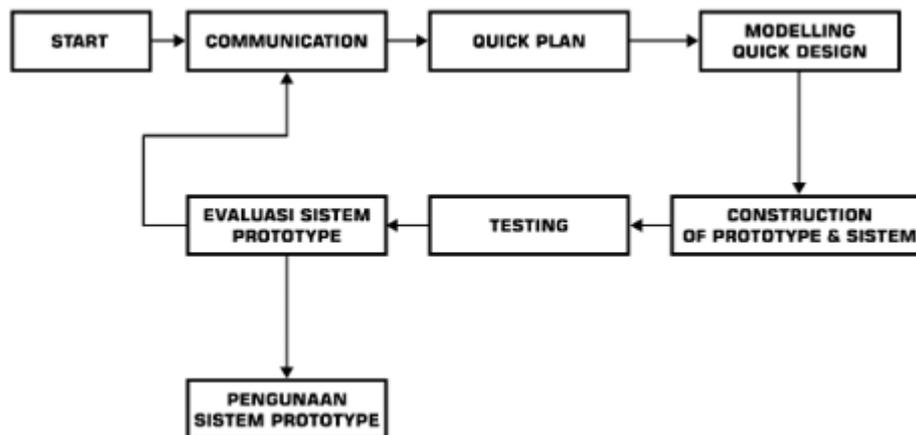
2.1. Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah metode *prototyping* sebagai model pengembangan sistem monitoring kualitas air berbasis IoT ini. Tahapan-tahapan dari metode pengembangan sistem *prototyping* sebagai berikut:

- a. *Communication*, langkah pertama dalam metode ini adalah melakukan komunikasi yaitu wawancara kepada pihak-pihak yang terkait untuk menentukan kebutuhan apa saja yang digunakan untuk membuat sistem ini, mulai dari *hardware* dan *software*. Wawancara dilakukan dengan pihak dari perusahaan pertambangan yang berlokasi di Kalimantan, Indonesia.
- b. *Quick Plan*, pada tahap ini melakukan perencanaan perancangan dari sistem yang akan dibuat yaitu menentukan tujuan dari *prototype* yang dibuat, identifikasi kebutuhan sistem dan menyusun jadwal. Kemudian melakukan identifikasi sistem dan membuat jadwal penelitian yang bertujuan agar kegiatan yang dilakukan peneliti lebih terstruktur.
- c. *Modelling Quick Design*, yaitu tahapan dimana dibuat sebuah desain rangkaian komponen untuk sistem *monitoring* kualitas air berbasis web, melakukan desain alat, skema rangkaian dan *website monitoring* dengan menggunakan figma.
- d. *Construction of Prototype and System*, yaitu tahapan yang dilakukan untuk mulai membangun *rancangan prototype* dengan melakukan perakitan komponen-komponen

hardware, software untuk sistem yang dibuat dan pembuatan *dashboard website* menggunakan bahasa pemrograman PHP dan *database* MySQL. Pada tahap ini mulai dilakukan perakitan komponen dan membuat produk prototipenya serta membangun *website monitoring* dan mengkoneksikan dengan alat tersebut.

- e. *Testing* dan *Evaluasi Prototype*, yaitu melakukan pengujian terhadap *prototype* yang telah dirancang, kemudian dilakukan evaluasi apakah sistem tersebut sudah berjalan sesuai dengan yang dibutuhkan. Pada tahap ini melakukan *testing* terhadap alat apakah sudah berjalan dengan baik dan tertampil di *website monitoring* secara *realtime*. Pada Gambar 1 merupakan urutan dari metode *prototyping* yang dilakukan peneliti.



Gambar 1. Tahapan Metode *Prototyping*

2.2. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam mendukung pembuatan sistem monitoring ini antara lain:

- a. Metode Wawancara

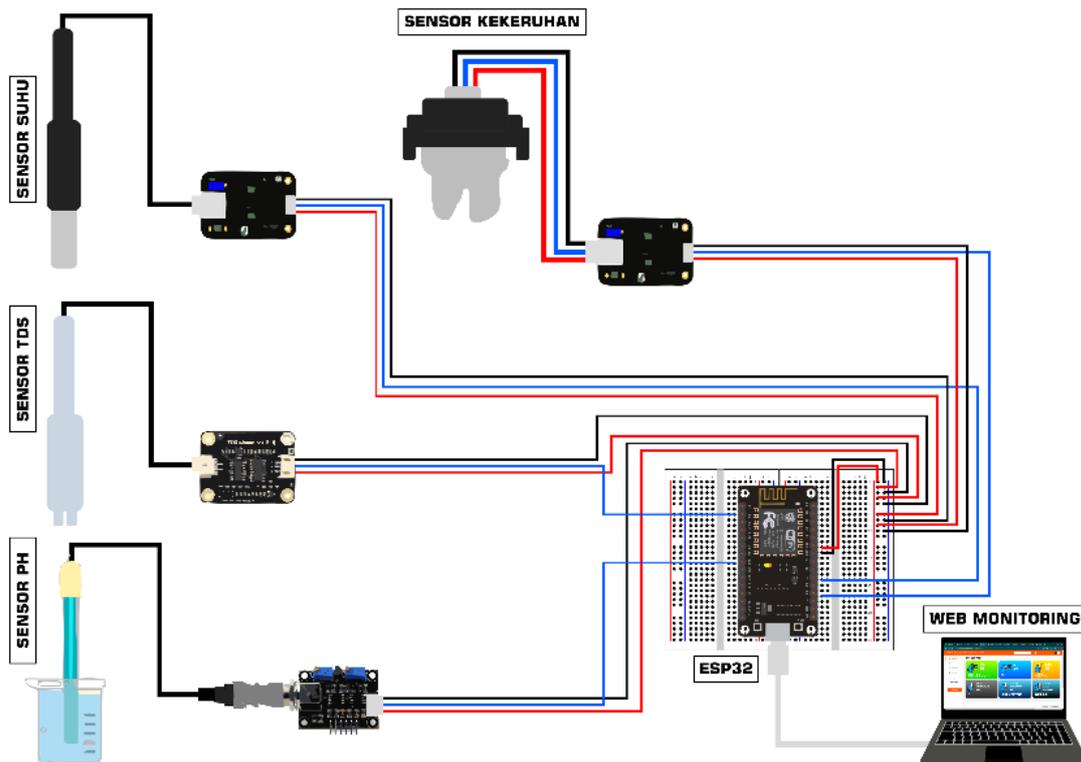
Metode wawancara dilakukan dengan cara melakukan wawancara terkait alat yang dibuat kepada pihak perusahaan pertambangan yang berlokasi di Kalimantan, Indonesia yang bertujuan untuk mengetahui apa saja komponen yang dibutuhkan dalam membuat *prototype* sistem monitoring kualitas air ini.

- b. Metode Observasi

Metode observasi melibatkan pengumpulan data dengan mengamati dan mencatat perilaku atau kejadian yang diamati secara langsung. Observasi dilakukan dengan cara mengamati secara langsung di perusahaan pertambangan.

2.3. Skema Rangkaian Desain *Prototype*

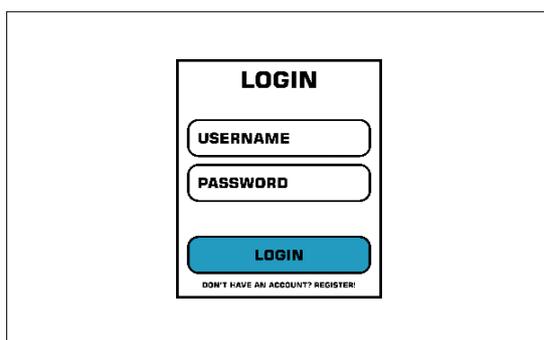
Desain *Prototype* yang dibuat berfungsi sebagai media yang memudahkan dalam melakukan perakitan komponen. Tampilan desain *prototype* pada Gambar 2 menampilkan *wiring* komponen-komponen saling terhubung. Sensor pH terhubung dengan esp32 dimana pin VCC sensor pH terhubung 3.3V esp32, pin GND terhubung dengan pin GND esp32 dan pin Po terhubung dengan pin 35 esp32 untuk membaca nilai sensor. Sensor TDS, pin VCC sensor TDS terhubung ke 3.3V esp32, pin GND sensor TDS terhubung ke pin GND esp32 dan pin *output* TDS ke pin 33 esp32. Sensor suhu, pin VCC sensor terhubung ke 3.3V esp32, pin GND sensor terhubung ke pin GND esp32 dan pin *output* sensor suhu terhubung ke pin 14 esp32. Selanjutnya untuk sensor kekeruhan, pin VCC terhubung dengan 3.3V esp32, pin GND terhubung dengan pin GND esp32 dan pin *output* terhubung ke pin 34 esp32. Kemudian data dari 4 sensor tersebut akan diproses oleh esp32 dan selanjutnya akan dikirimkan ke *server database* dengan menggunakan modul Wi-Fi esp32 [10]. Setelah itu, data sensor akan disimpan di *database* dan *website* yang sudah terintegrasi oleh *database* tersebut dapat mengambil data sensor untuk ditampilkan pada *website monitoring* secara *realtime* [11].



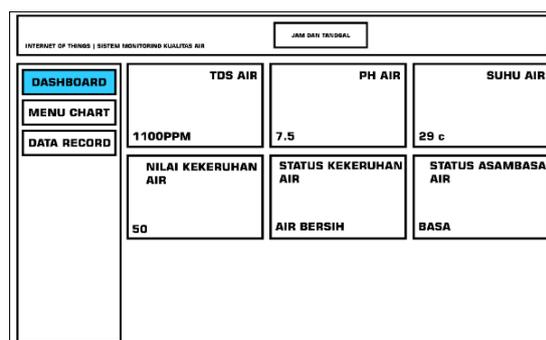
Gambar 2. Skema Rangkaian Desain *Prototype*

2.4. Desain *Website Monitoring*

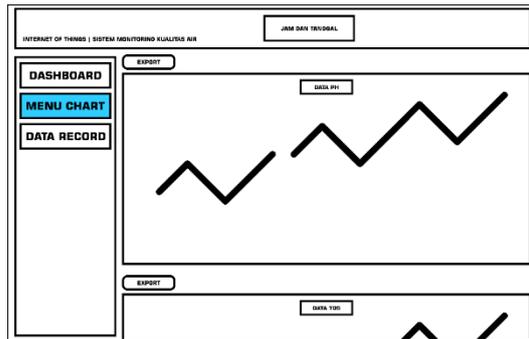
Desain *Website Monitoring* yang dibuat bertujuan untuk mempermudah dalam membuat *website* dan juga tujuan dibuatnya *website* ini untuk mempermudah para teknisi dalam memonitor WTP. Di mana dalam *website monitoring* terdapat fitur *login* dengan *username* dan *password* yang disajikan pada Gambar 3 dan pada *dashboard website* menampilkan data TDS air, pH air, suhu air, nilai kekeruhan air, status kekeruhan air dan status asam basa air disajikan pada Gambar 4. Selain itu, data dari sensor juga dapat ditampilkan dalam bentuk *chart* dan dapat diekspor dalam bentuk excel yang disajikan pada Gambar 5 dan Gambar 6 merupakan tampilan menu data *record*.



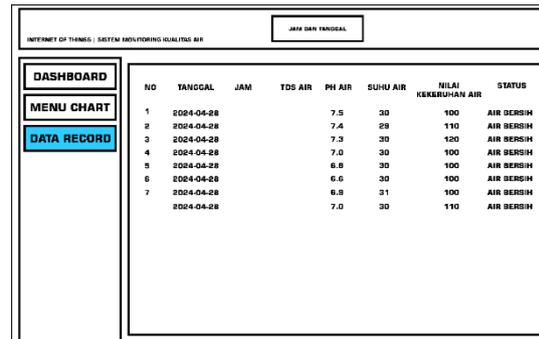
Gambar 3. Desain Halaman *Login Website*



Gambar 4. Desain *Dashboard Website*



Gambar 5. Desain Menu Chart

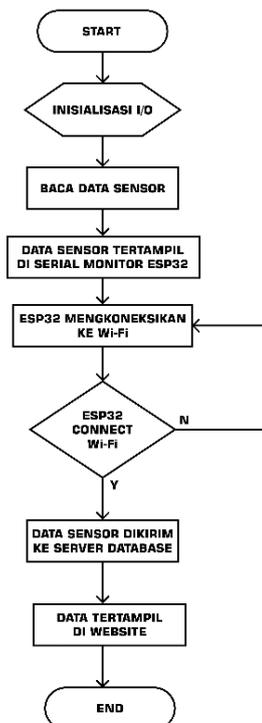


Gambar 6. Menu Data Record

2.5. Flowchart Sistem

Flowchart sistem merupakan alur dari cara kerja sistem yang dibuat dan keputusan-keputusan yang memungkinkan. Penjelasan flowchart sistem ini disajikan pada Gambar 7.

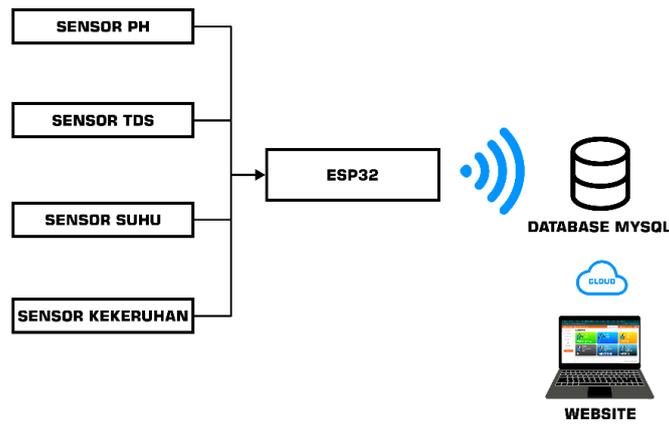
FLOWCHART SISTEM MONITORING KUALITAS AIR



Gambar 7. Flowchart Sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini adalah sebuah alat *monitoring* air yang digunakan untuk membaca pH air (tingkat asam basa), TDS air (jumlah partikel yang terlarut), suhu air dan tingkat kekeruhan air. Selain itu, data dari sensor juga akan disimpan di *database* dan ditampilkan dalam *website monitoring* secara *realtime* yang bertujuan untuk membantu para teknisi untuk memonitoring WTP. Gambar 8 menampilkan blok diagram cara kerja dari sistem *monitoring* ini.



Gambar 8. Blok Diagram Cara Kerja

3.1 Pengujian Akurasi Sensor dan Kalibrasi Sensor

Pengujian akurasi sensor bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor yang digunakan, dan jika hasil akurasi sensor memiliki nilai *error* terlalu tinggi, maka dilakukan kalibrasi yang bertujuan untuk menyesuaikan antara keluaran data sensor dengan data yang sebenarnya. Teknik pengujian dilakukan dengan membandingkan keluaran nilai sensor dengan nilai standar kalibrasi dan menghitung presentase *error* sensor. Kalibrasi sensor pH dilakukan dengan menggunakan pH *buffer powder* [12], sensor TDS dilakukan kalibrasi dengan cairan TDS Calibration yang sudah diketahui nilai TDS nya [13], sensor suhu dilakukan kalibrasi dengan *thermometer* digital suhu cairan dan menggunakan 5 sampel air, sedangkan untuk sensor kekeruhan dilakukan kalibrasi dengan menggunakan 7 sampel air dengan nilai NTU yang bervariasi [14]. Hasil pengujian akurasi sensor pH setelah dikalibrasi disajikan pada Tabel 1, pengujian akurasi sensor TDS disajikan pada Tabel 2, pengujian akurasi sensor suhu disajikan pada Tabel 3 dan pengujian akurasi sensor kekeruhan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 1. Pengujian Sensor pH

No.	Sensor pH	pH Buffer Powder	Selisih	Presentase Error (%)
1	4.05	4.01	0.04	0.99%
2	4.13	4.01	0.12	2.97%
3	4.02	4.01	0.01	0.24%
4	3.95	4.01	0.06	1.49%
5	6.93	6.86	0.07	1.02%
6	7.00	6.86	0.14	2.04%
7	6.73	6.86	0.13	1.89%
8	6.79	6.86	0.07	1.02%
9	9.46	9.18	0.28	3.05%
10	9.33	9.18	0.15	1.63%
11	8.82	9.18	0.36	3.92%
12	8.75	9.18	0.43	4.68%
Rata - rata				2.07%
Presentase Akurasi Sensor pH				97.93%

Tabel 2. Pengujian Sensor TDS

No.	Sensor TDS	TDS Calibration	Selisih	Presentase Error (%)
1	1513ppm	1515ppm (Suhu 30°C)	2	0.13%
2	1535ppm	1515ppm (Suhu 30°C)	20	1.32%
3	1533ppm	1515ppm (Suhu 30°C)	18	1.18%
4	1525ppm	1515ppm (Suhu 30°C)	10	0.66%
5	1541ppm	1515ppm (Suhu 30°C)	26	1.71%
Rata - rata				1%
Presentase Akurasi Sensor				99%

Tabel 3. Pengujian Sensor Suhu

No.	Sample Air	Sensor Suhu	Termometer Cairan	Selisih	Presentase Error (%)
1	Air Minum	28.2°C	27.7°C	0.5	1.8%
2	Air Sumur	28.8°C	28.3°C	0.5	1.8%
3	Air Es	16.2°C	16.0°C	0.2	1.2%
4	Air Sirup	25.8°C	25.5°C	0.3	1.1%
5	Air Detergen	30.7°C	30.5°C	0.2	1.2%
Rata - rata					1.42%
Presentase Akurasi Sensor					98.58%

Tabel 4. Pengujian Sensor *Turbidity*

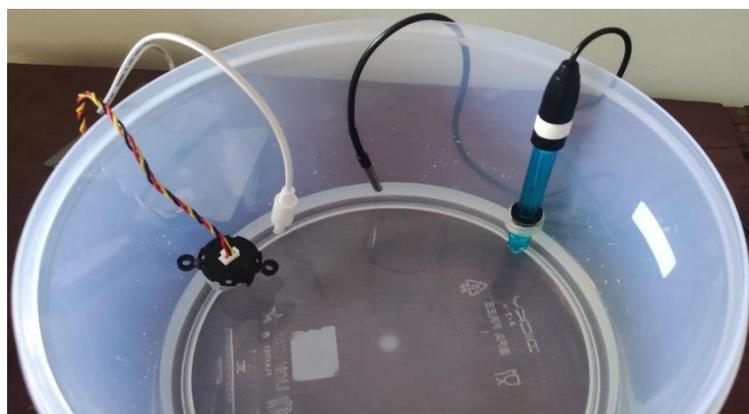
No.	Sampel Air	Nilai Sensor <i>Turbidity</i>	Kesimpulan
1	Air Minum	110	Air Bersih
2	Air Sumur	107	Air Bersih
3	Air Tepung	42	Air Keruh
4	Air Teh	89	Air Keruh
5	Air Kopi	20	Air Kotor
6	Air Tanah	8	Air Kotor
7	Air Semen	5	Air Kotor

3.2 Hasil Rancangan Alat

Gambar 9 merupakan tampilan bentuk *prototype* yang dibuat, 4 sensor yang digunakan dimasukkan ke dalam wadah air akan dimonitor, dan data dari sensor tersebut akan ditampilkan di *website monitoring*. Pada Gambar 10 merupakan tampilan sensor saat digunakan untuk memonitoring air.



Gambar 9. Hasil Rancangan Alat



Gambar 10. Tampilan Sensor

3.3 Hasil Uji Alat

Pengujian sistem ini dimulai dengan *compile* ulang program yang dibuat ke dalam esp32 dan pengecekan *wiring* pada komponen. Setelah proses *compile* selesai dan esp32 sudah terkoneksi dengan Wi-Fi maka selanjutnya beralih ke *website monitoring* untuk melihat data dari sensor apakah sudah sesuai atau tidak. Teknik pengujian alat dilakukan dengan menggunakan 15 sampel air yang memiliki kualitas air yang berbeda. Hasil pengujian alat disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 11 merupakan tampilan 15 sampel air yang digunakan untuk pengujian sistem.

Tabel 5. Hasil Pengujian Alat

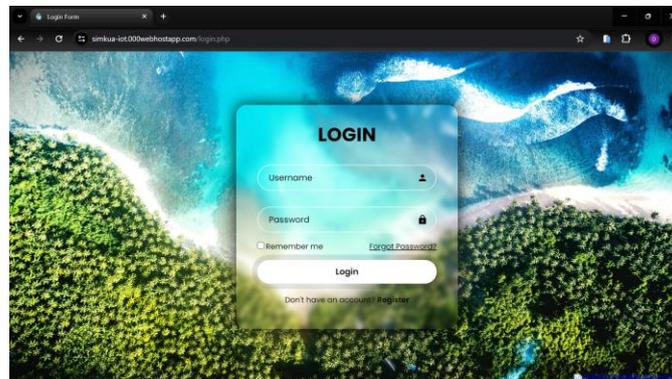
No	Sampel Air	pH Air	TDS Air	Suhu Air	Nilai Kekeruhan Air	Status Kekeruhan Air	Status Asam Basa Air	Website sesuai/tidak
1	Air Kemasan	7.55	0ppm	28.5°C	110	Air Bersih	Netral	Sesuai
2	Air Sumur	7.26	780ppm	27.9°C	107	Air Bersih	Netral	Sesuai
3	Air Sungai	11.08	1565ppm	29.8°C	13	Air Kotor	Basa	Sesuai
4	Air Cuka	3.88	1064ppm	28.6°C	108	Air Bersih	Asam	Sesuai
5	Air Larutan Garam	6.98	1515ppm	28.2°C	102	Air Bersih	Netral	Sesuai
6	Air Pupuk	9.34	1520ppm	28.8°C	11	Air Kotor	Basa	Sesuai
7	Air Jeruk Nipis	5.16	771ppm	29.6°C	92	Air Keruh	Asam	Sesuai
8	Air Sabun Mandi	9.11	834ppm	28.3°C	95	Air Keruh	Basa	Sesuai
9	Air Semen	11.52	1550ppm	30.5°C	5	Air Kotor	Basa	Sesuai
10	Air Larutan Gula	7.65	627ppm	29.5°C	105	Air Bersih	Netral	Sesuai
11	Air Larutan Batubata	8.52	1014ppm	28.9°C	60	Air Keruh	Basa	Sesuai
12	Air Arang	8.95	364ppm	29.5°C	89	Air Keruh	Basa	Sesuai
13	Air Tepung	6.77	611ppm	29.9°C	42	Air Keruh	Netral	Sesuai
14	Air Detergen	11.43	1529ppm	30.5°C	83	Air Keruh	Basa	Sesuai
15	Air Isi Ulang	7.65	0ppm	28.1°C	110	Air Bersih	Netral	Sesuai



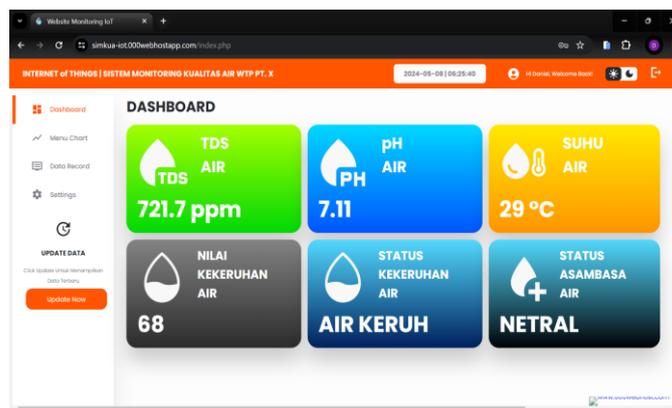
Gambar 11. Sampel Air

3.4 Hasil Tampilan Website Monitoring

Gambar 12 merupakan tampilan halaman *login* yang merupakan proses untuk mendapatkan hak akses dengan memasukkan *username* dan *password* sebagai antisipasi dalam hal pengamanan sistem [15]. Setelah *user* berhasil *login* maka selanjutnya akan masuk di halaman *dashboard* yang disajikan pada Gambar 13 dimana terdapat tampilan utama data sensor yaitu pH air, TDS air, suhu air, kekeruhan air, status kekeruhan air dan status asam basa air.

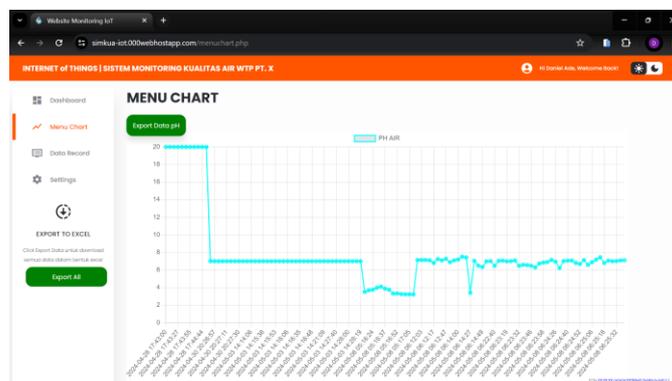


Gambar 12. Halaman Login

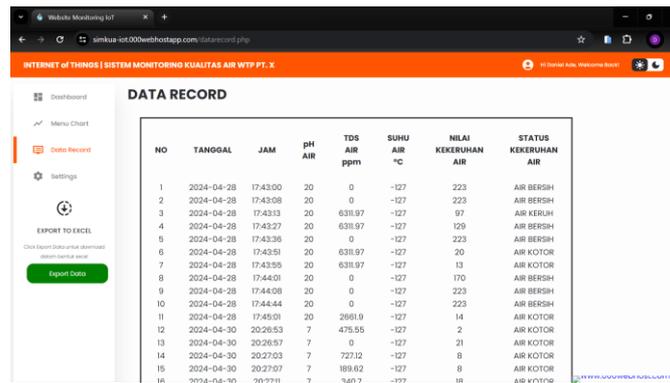


Gambar 13. Dashboard Website Monitoring

Pada Gambar 14 juga terdapat menu *chart* di mana data dari sensor ditampilkan dalam bentuk *chart* yang memungkinkan pengguna untuk memantau perubahan data secara signifikan dan juga fitur *export* data untuk *download* data ke dalam bentuk excel sehingga membantu para teknisi WTP dalam membuat laporan. Pada Gambar 15 terdapat menu data *record* yang menampilkan semua nilai-nilai dari sensor dalam bentuk tabel dengan keterangan waktu tertentu dan juga dapat di-*export* dalam bentuk excel.



Gambar 14. Data dalam Bentuk Chart



NO	TANGGAL	JAM	pH AIR	TDS AIR ppm	SUHU AIR °C	NILAI KEKERUHAN AIR	STATUS KEKERUHAN AIR
1	2024-04-28	17:43:00	20	0	-127	223	AIR BERSIH
2	2024-04-28	17:43:08	20	0	-127	223	AIR BERSIH
3	2024-04-28	17:43:13	20	638.97	-127	97	AIR KERUH
4	2024-04-28	17:43:27	20	638.97	-127	129	AIR BERSIH
5	2024-04-28	17:43:36	20	0	-127	223	AIR BERSIH
6	2024-04-28	17:43:51	20	638.97	-127	20	AIR KOTOR
7	2024-04-28	17:43:55	20	638.97	-127	13	AIR KOTOR
8	2024-04-28	17:44:01	20	0	-127	170	AIR BERSIH
9	2024-04-28	17:44:08	20	0	-127	223	AIR BERSIH
10	2024-04-28	17:44:44	20	0	-127	223	AIR BERSIH
11	2024-04-28	17:45:01	20	2681.0	-127	14	AIR KOTOR
12	2024-04-30	20:26:53	7	476.55	-127	2	AIR KOTOR
13	2024-04-30	20:26:57	7	0	-127	21	AIR KOTOR
14	2024-04-30	20:27:03	7	727.12	-127	8	AIR KOTOR
15	2024-04-30	20:27:07	7	188.62	-127	8	AIR KOTOR
16	2024-04-30	20:27:11	7	340.7	-127	18	AIR KOTOR

Gambar 15. Data Record

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring kualitas air yang dikembangkan ini menjamin kualitas air bersih, yang merupakan kebutuhan utama bagi manusia, terutama di lingkungan pertambangan batubara. Selain itu, dengan adanya sistem ini juga menjadi solusi signifikan bagi para teknisi *Water Treatment Plant (WTP)*. Sebelumnya, *monitoring* dilakukan secara manual, tetapi sekarang dapat dilakukan secara *remote* melalui *website monitoring*. Melalui sistem ini, data penting seperti pH air, TDS air, suhu air, kekeruhan air, serta status kekeruhan dan asam basa air dapat dipantau dengan mudah melalui *website monitoring*. Fitur ekspor data ke excel juga memudahkan teknisi dalam membuat laporan berdasarkan data yang terkumpul. Selain itu, adanya fitur *login* untuk *username* dan *password* meningkatkan privasi akses pengguna terhadap informasi yang tersedia dalam sistem.

Dalam analisis sistem ini, juga terdapat beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah ketidakstabilan koneksi internet yang dapat memengaruhi keandalan pemantauan secara *real-time*. Selain itu, sensor-sensor yang digunakan juga perlu dilakukan perawatan secara rutin yaitu dengan membersihkannya agar pembacaan dari sensor tetap optimal.

Dari pengujian yang dilakukan terhadap alat *monitoring* kualitas air ini menunjukkan bahwa sensor pH memiliki tingkat akurasi 97.93%, sensor TDS memiliki tingkat akurasi 99%, sensor suhu memiliki tingkat akurasi 98.58% dan sensor kekeruhan menunjukkan nilai sesuai dengan sample air yang dipakai. Hasil pengujian alat dilakukan dengan menggunakan 15 sampel air yang memiliki pH, TDS, suhu dan nilai kekeruhan bervariasi dan hasilnya sesuai dengan tampilan *website monitoring*.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, beberapa saran yang dapat digunakan untuk perbaikan penelitian selanjutnya. Pertama, sistem ini menggunakan empat sensor yang harus dikalibrasi secara rutin untuk meningkatkan akurasi pengukuran kualitas air. Selain itu, penambahan fitur notifikasi otomatis berbasis SMS atau aplikasi mobile dapat membantu memberikan peringatan dini kepada pihak berwenang tentang perubahan signifikan dalam kualitas air.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abd. Gafur, W. Hamzah, and N. Syam, "Pemanfaatan Sumber Air Bersih Yang Sehat Bagi Masyarakat Di Desa Pucak Kec. Tompobulu, Kab. Maros," *Window of Community Dedication Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 32–41, 2022.
- [2] R. Aini, S. Suhartini, I. Gunawan, "Website Monitoring Penggunaan Air PDAM (e-Water) Berbasis Internet of Things," *Jurnal Pengembangan Rekayasa Informatika dan Komputer*, vol. 1, no. 2, pp. 129–141, 2023.
- [3] Kementerian Kesehatan, "Permenkes No. 2 Tahun 2023," *Kemendes Republik Indonesia*, vol. 151, no. 2, pp. Hal 10-17, 2023.
- [4] M. Mursalin and A. Rahmadi, "Sistem Monitoring Kualitas Air Mandi Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Arduino pada Panti Asuhan Muhammadiyah Sintang," *Community*

- Development Journal*, vol. 4, no. 5, pp. 10574–10580, 2023.
- [5] R. Priyatna, F. M. S. Nursuwars, and A. Andang, “Model Sistem Otomatis Water Treatment Plant Menggunakan PLC Berbasis Wireless,” *Journal of Energy and Electrical Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 12–18, 2021.
- [6] D. A. Susilo, J. Maulindar, and M. E. Yuliana, “Perancangan Alat Monitoring Kualitas Air Kolam Ikan Lele Berbasis Internet Of Things,” *Innovative: Journal of Social Science Research*, vol. 3, no. 2, pp. 4703–4711, 2023.
- [7] H. Jatnika, et al., “Monitoring Kualitas Air Berbasis Smart System untuk Ketersediaan Air Bersih Desa Ciaruteun Ilir,” *PETIR (Jurnal Pengkajian dan Penerapan Teknik Informatika)*, vol. 14, no. 2, pp. 181–192, 2021.
- [8] N. Nurhalim, et al., “Pembuatan Alat Pemantauan Kualitas Air Sungai di Kelurahan Tirta Siak, Kota Pekanbaru,” *Jurnal Pengabdian UntukMu NegeRI*, vol. 5, no. 2, pp. 166–172, 2021.
- [9] T. Rikanto, A. Witanti, “Sistem Monitoring Kualitas Kekeruhan Air Berbasis Internet Of Thing,” *Jurnal Fasilkom*, vol. 11, no. 2, pp. 87–90, 2021.
- [10] A. Ariyanto, “Monitoring Suhu Box Panel dan Voltase Pengisian Baterai pada Base Transceiver Station Berbasis IoT,” *G-Tech Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 8, no. 1, pp. 444–452, 2024.
- [11] T. Widodo, et al., “Sistem Kendali Proporsional Kualitas Air berupa Ph dan Suhu pada Budidaya Ikan Lele Berbasis IoT,” *JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika)*, vol. 9, no. 1, pp. 59–66, 2023.
- [12] A. M. Muslimin, K. Karim, and T. W. T. Winarsih, “Perancangan Alat Ukur Ph Digital Berbasis Mikrokontroler ATmega32u4 Menggunakan Sensor Ph Meter V1.1,” *Jurnal Natural.*, vol. 18, no. 1, pp. 36–44, 2022.
- [13] B. Reforma, A. Ma’arif, and S. Sunardi, “Alat Pengukur Kualitas Air Bersih Berdasarkan Tingkat Kekeruhan dan Jumlah Padatan Terlarut,” *Jurnal Teknologi Elektro Universitas Mercuru Buana*, vol. 13, no. 2, p. 66-73, 2022.
- [14] F. R. Rahman, et al., “Otomasi Proses Pengaturan Kualitas pH dan Kekeruhan Air untuk Water Cooling Furnace,” vol. 07, no. 04, pp. 224–230, 2022.
- [15] D. Rusmana, “Rancang Bangun Pengaman Sistem Login Menggunakan Metode Captcha,” *Incomtech*, vol. 10, no. 1, pp. 46–52, 2021.