

Perancangan Alat Pemantauan Kualitas Air Sungai Citarum

1st Andi Muhammad Rezky Akbar

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

andirezkyakbar@student.telkomuniversity.ac.id

2nd IG. Prasetya Dwi Wibawa

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

prasdwiwibawa@telkomuniversity.ac.id

3rd Meta Kallista

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

metakallista@telkomuniversity.ac.id

Abstrak - Air merupakan sumber daya alam yang penting dan memainkan peran vital dalam kehidupan manusia dan ekosistem. Selain itu, air sungai juga menjadi tempat pembuangan sampah rumah tangga, meningkatkan risiko masuknya bahan pencemar yang mempengaruhi kualitas air. Kondisi tersebut diindikasikan oleh kekeruhan fisik sungai dan adanya pabrik limbah industri, pembuangan tinja perumahan, serta banyaknya sampah di aliran sungai. Pemantauan kualitas air telah dilakukan dengan menggunakan beberapa sensor, namun belum mencakup semua parameter standar Indonesia, seperti kekeruhan, bau, pH, zat padat terlarut, dan suhu. Namun, kualitas air sungai sering kali terpengaruh oleh aktivitas manusia dan polusi lingkungan. Oleh karena itu, perlu dikembangkan alat pemantauan kualitas air sungai yang dapat memberikan informasi real-time untuk pengawasan dan pengelolaan yang efektif. Pada paper ini, kami merancang dan membangun alat Pemantauan kualitas air sungai Citarum. Alat ini menggunakan sensor pH, suhu, turbidity, dan TDS (Total Dissolved Solids) untuk mengukur parameter-parameter kualitas air. Hasil yang diperoleh dari alat ini dapat memberikan informasi real-time mengenai kualitas air sungai Citarum dan membantu dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan sumber daya air.

Kata kunci: pH, TDS, suhu, turbidity Citarum, pemantauan kualitas air sungai

Abstract - Water is an important natural resource and plays a vital role in human life and ecosystems. In addition, river water is also a place for household waste disposal, risking increasing the input of pollutants that affect air quality. This condition is indicated by the physical turbidity of the river and the presence of industrial waste factories, excrement disposal sites, and the amount of waste in the river flow. Air quality monitoring has been carried out using several sensors, but does not cover all standard Indonesian parameters, such as turbidity, odor, pH, dissolved solids, and temperature. However, river air quality is often affected by human activities and environmental pollution. Therefore, it is necessary to develop river water quality monitoring tools that can provide real-time information for effective monitoring and management. In this paper, we design and build a Citarum river water quality monitoring tool. This tool uses pH, temperature, turbidity, and TDS (Total Dissolved Solids) sensors to measure air quality parameters. The results obtained from this tool can provide real-time information about the quality

of Citarum river water and assist in making decisions regarding the management of water resources.

Keywords: pH, TDS, temperature, Citarum turbidity, river water quality monitoring

I. PENDAHULUAN

Sungai Citarum di Jawa Barat, Indonesia, mengalami masalah serius terkait kualitas airnya yang tidak memenuhi standar baku mutu air, terutama selama musim kemarau. Tingginya tingkat pencemaran disebabkan oleh berbagai aktivitas manusia, seperti pertanian, peternakan, industri, dan kegiatan domestik. Selain itu, limbah rumah tangga dan industri juga turut mencemari sungai ini. Akibatnya, kualitas fisik sungai, seperti kekeruhan, bau, dan jumlah sampah, juga mengalami penurunan.[1]

Pemantauan kualitas air sungai Citarum telah dilakukan menggunakan berbagai sensor. Namun, sejauh ini, pendekatan pemantauan tersebut belum menyediakan data yang komprehensif mengenai kualitas air sungai. Untuk meningkatkan pemantauan kualitas air sungai Citarum, diperlukan pengembangan *hardware* yang mampu mengukur berbagai parameter secara akurat dan efisien. *Hardware* ini harus mampu mendeteksi parameter seperti kekeruhan, pH, zat padat terlarut, dan suhu air. Dengan adanya *hardware* yang handal, data yang diperoleh akan menjadi lebih lengkap dan akurat, sehingga langkah-langkah penanganan pencemaran dapat diambil dengan lebih tepat.[2]

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan kualitas air sungai Citarum yang dilengkapi dengan *hardware* yang canggih dan dapat diandalkan. *Hardware* tersebut akan dipasang di beberapa lokasi strategis di sepanjang sungai, dan akan secara otomatis mengukur parameter-parameter penting secara berkala. Data yang diperoleh dari *hardware* ini akan menjadi dasar untuk mengidentifikasi tren kualitas air sungai dan membantu dalam pengambilan keputusan untuk mengurangi pencemaran dan menjaga kebersihan sungai.[3]

Diharapkan, dengan penggunaan *hardware* yang canggih dan sistematis, pemantauan kualitas air sungai Citarum akan menjadi lebih efisien dan efektif dalam menghadapi masalah pencemaran. Penggunaan teknologi yang tepat dalam *hardware* ini akan membantu pihak berwenang dan masyarakat untuk lebih memahami kondisi sungai dan

mengambil tindakan pencegahan yang tepat guna menjaga sumber daya air yang berkelanjutan dan lingkungan yang sehat.

II. KAJIAN TEORI

Kualitas air sungai menjadi isu yang semakin mendesak untuk diselesaikan mengingat dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah alat pemantauan kualitas air sungai yang dapat mengukur beberapa parameter kunci secara simultan. Teori dasar kualitas air sungai menjadi landasan dalam penelitian ini, termasuk konsep kualitas air dan standar yang berlaku untuk berbagai penggunaan air. Selain itu, penelitian ini akan membahas berbagai jenis sensor yang relevan untuk pemantauan kualitas air, seperti sensor pH, TDS, suhu, *turbidity*. Rancangan alat pemantauan ini akan mempertimbangkan kelebihan dan keterbatasan masing-masing sensor guna memastikan akurasi dan keandalan pengukuran.[4]

Metode pengambilan sampel air yang benar juga akan dibahas untuk memastikan hasil analisis laboratorium dapat mewakili kondisi sebenarnya di sungai Citarum. Selanjutnya, dalam mengolah data dari sensor, penelitian ini akan mencakup konsep pengolahan sinyal untuk memperoleh data yang akurat dan siap digunakan. Hal ini mencakup teknik filtrasi sinyal, penguatan sinyal, dan kompensasi suhu untuk meningkatkan kualitas data dari sensor. Rancangan sistem pemantauan kualitas air sungai ini akan mengintegrasikan berbagai jenis sensor dalam satu sistem yang terpadu. Untuk itu, penerapan mikrokontroler atau sistem tertanam akan dipertimbangkan sebagai solusi untuk mengontrol dan mengelola data dari sensor dengan efisien.

Aspek keamanan dan kalibrasi sensor juga menjadi perhatian dalam penelitian ini. Pengoperasian alat pemantauan dalam jangka panjang memerlukan upaya untuk memastikan keamanan sensor agar tetap berfungsi dengan baik. Pentingnya kalibrasi berkala juga akan dipertimbangkan untuk memastikan hasil pengukuran sensor tetap akurat seiring berjalannya waktu. Dengan merancang dan mengimplementasikan alat pemantauan kualitas air sungai yang handal dan efektif, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam upaya pelestarian sungai Citarum dan mengatasi permasalahan kualitas air yang ada.

A. Sensor pH

Sensor pH meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan dalam suatu cairan atau larutan. Sensor ini bekerja dengan menggunakan sebuah probe yang terbuat dari elektroda kaca yang mengandung larutan HCl di ujungnya. Ketika probe tersebut dimasukkan ke dalam larutan, sensor akan mengukur jumlah ion H_3O^+ dalam larutan tersebut untuk menentukan nilai pH-nya. Sensor ini terdiri dari elektroda kaca yang sensitif dengan impedansi kecil, sehingga dapat memberikan pembacaan yang stabil dan cepat baik pada suhu tinggi maupun rendah. Hasil pengukuran pH sensor dapat diambil oleh mikrokontroler melalui antarmuka pH 2.0 yang sudah ada pada modul tersebut.[3]

B. Sensor Suhu

Sensor DS18B20 *waterproof* adalah sebuah perangkat pengukur suhu yang dapat terhubung dengan mikrokontroler. Sensor ini menggunakan keluaran digital sehingga tidak memerlukan rangkaian ADC (*Analog-to-Digital Converter*), dan memiliki tingkat akurasi dan kecepatan pengukuran suhu yang lebih stabil dibandingkan dengan sensor suhu lainnya. Selain itu, sensor ini tahan air sehingga dapat digunakan dalam lingkungan yang lembab atau basah tanpa masalah.[1]

C. Sensor TDS

Sensor TDS (*Total Dissolved Solids*) adalah perangkat yang berfungsi untuk mengukur jumlah total padatan terlarut dalam suatu larutan. Sensor TDS ini dapat dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino menggunakan bahasa pemrograman *open source*, dan memberikan keluaran data dalam bentuk analog (volt). Prinsip kerjanya berdasarkan konduktivitas listrik dari larutan yang diukur. Ketika larutan mengandung padatan terlarut, seperti garam, mineral, atau ion, konduktivitasnya meningkat karena padatan tersebut dapat menghantarkan listrik. Sensor TDS menggunakan elektroda yang sensitif terhadap konduktivitas untuk mendeteksi perubahan listrik dalam larutan, dan selanjutnya mengubahnya menjadi data analog yang dapat diinterpretasikan oleh mikrokontroler arduino. Dengan fitur *open source*, pengguna dapat dengan mudah mengintegrasikan sensor TDS ini dengan mikrokontroler arduino dan mengolah data hasil pengukuran sesuai dengan kebutuhan aplikasi. [2]

D. Sensor Turbidity

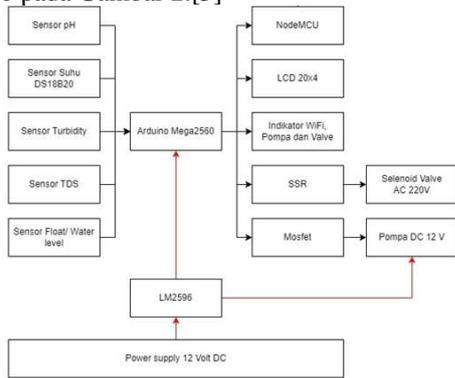
Sensor *turbidity* adalah sebuah perangkat yang dirancang untuk mengukur kualitas air dengan mengidentifikasi tingkat kekeruhannya. Fungsinya mencakup mendeteksi partikel yang berada dalam suspensi di dalam air dengan cara mengukur transmisi dan hamburan cahaya yang berkorelasi dengan jumlah Total Suspended Solids (TSS). Semakin tinggi kadar TSS, maka semakin tinggi tingkat kekeruhan yang terdapat dalam air tersebut.[1]

III. METODE

A. Perancangan Perangkat Keras

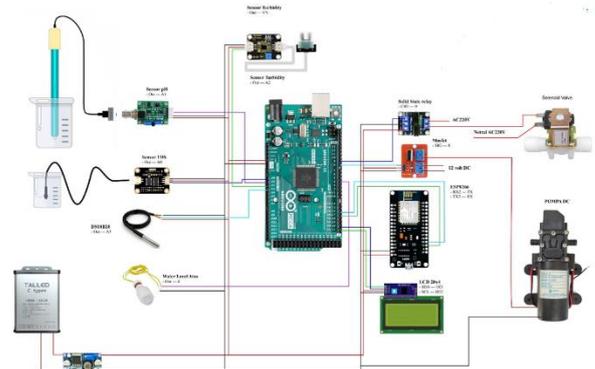
Perancangan perangkat keras dalam penelitian ini mengusung penggunaan sensor pH, suhu, TDS, dan *turbidity* untuk memonitor kualitas air sungai Citarum. *Mikrokontroller* yang digunakan adalah arduino mega, sedangkan untuk modul *Wi-Fi*, digunakan nodeMCU. Sensor pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman air, sensor suhu digunakan untuk memantau suhu air, sensor TDS digunakan untuk mengukur total padatan terlarut dalam air, dan sensor *turbidity* digunakan untuk mengukur kekeruhan air. Arduino Mega berperan sebagai pusat pengendalian dan pemrosesan data dari sensor-sensor tersebut, sementara nodeMCU digunakan sebagai modul *Wi-Fi* untuk mentransfer data yang terkumpul ke server melalui jaringan internet. Dengan kombinasi ini, sistem dapat secara *real-time* mengukur dan memantau parameter-parameter kualitas air sungai Citarum. Perangkat keras ini akan dirancang dengan memperhatikan integrasi komponen, pengaturan daya, dan komunikasi data yang efektif, serta akan dilakukan pengujian dan validasi untuk memastikan kinerja yang baik dan akurasi pengukuran. Dengan demikian, perancangan perangkat keras ini bertujuan untuk memberikan solusi yang handal dalam pemantauan kualitas air sungai Citarum. Adapun diagram

blok sistem yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 1 dan schematic pada Gambar 2.[5]



GAMBAR 1. Diagram blok perangkat keras

Pada gambar 1 yaitu diagram blok keseluruhan alat mulai dari sistem sensor dan sistem aktuator, yang mempunyai *input*, proses dan *output*.



GAMBAR 2. schematic sistem

Pada gambar 2 menggunakan sensor pH, suhu, TDS, dan turbidity, penelitian ini juga melibatkan penggunaan aktuator dalam perancangan perangkat keras. Aktuator yang digunakan adalah pompa untuk menarik air ke dalam wadah dan *solenoid valve* sebagai mekanisme penurunan air dari wadah. Selain itu, dilengkapi juga dengan *water level* sensor sebagai penanda bahwa wadah sudah penuh dengan air. Pompa digunakan untuk memindahkan air dari sumber ke dalam wadah yang digunakan dalam proses pemantauan kualitas air sungai Citarum. Pompa diaktifkan ketika diperlukan untuk mengambil sampel air sungai atau memperbaiki air dalam wadah. Selanjutnya, *solenoid valve* digunakan sebagai mekanisme untuk menurunkan air dari wadah saat diperlukan. Hal ini memungkinkan kontrol yang efisien dalam mengelola air yang akan diukur dan memastikan jumlah yang tepat untuk analisis. Tambahan *water level* sensor digunakan sebagai penanda bahwa wadah sudah penuh dengan air. Sensor ini akan mendeteksi level air yang mencapai batas maksimum dalam wadah dan mengirimkan sinyal untuk menghentikan pompa dan mengontrol *solenoid valve* agar air tidak meluap. [6]

Perancangan perangkat keras ini mempertimbangkan integrasi antara sensor, mikrokontroler, aktuator, dan pengaturan daya yang efisien. Pengujian dan validasi akan dilakukan untuk memastikan kinerja yang baik serta akurasi dalam pengendalian pompa, *solenoid valve*, dan *water level* sensor. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan kualitas air sungai Citarum yang komprehensif dengan menggunakan sensor-sensor, mikrokontroler, aktuator, dan *water level* sensor yang terintegrasi secara efektif.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian seluruh sistem dilakukan dalam empat tahap. Tahap pertama adalah pengujian sensor pH, kedua sensor *turbidity*, ketiga sensor TDS dan yang keempat sensor suhu dengan air yang sudah disediakan dengan alat pembanding.

Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai error antara alat yang dirancang dengan alat ukur.

A. Pengujian sensor pH

Pengukuran dilakukan dengan membanding pH meter dan sensor pH dengan perlakuan yang sama. Pengukuran dilakukan didalam wadah plastik. Sensor pH dan pH meter diletakkan di dalam wadah plastik kemudian proses pengukuran pH dimulai. pH bersumber dari sampel air yang dikumpulkan, dimana 30 percobaan dilakukan untuk mendapatkan hasil akurasi. Hasil pengujian untuk sensor pH dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1. Pengujian sensor pH

Pengujian Ke-	Sensor pH (X)	pH Meter (Y)	Error	Nilai Y Setelah Kalibrasi	Error Setelah Kalibrasi
1	7.40	7.16	0.24	7.46	0.06
2	6.88	7.00	0.12	6.95	0.07
3	6.50	7.10	0.60	6.57	0.07
4	6.70	7.00	0.30	6.77	0.07
5	3.90	4.50	0.60	3.99	0.09
6	6.38	6.70	0.32	6.45	0.07
7	6.99	7.20	0.21	7.06	0.07
8	5.32	5.80	0.48	5.40	0.08
9	5.63	5.90	0.27	5.70	0.07
10	6.70	6.97	0.27	6.77	0.07
11	3.18	3.36	0.18	3.27	0.09
12	3.07	3.06	0.01	3.16	0.09
13	10.06	10.03	0.03	10.10	0.04
14	10.22	10.24	0.02	10.26	0.04
15	9.20	9.11	0.09	9.25	0.05
16	3.61	3.40	0.21	3.70	0.09
17	5.31	5.20	0.11	5.39	0.08
18	3.10	3.09	0.01	3.19	0.09
19	8.10	8.07	0.03	8.16	0.06
20	4.30	4.20	0.10	4.38	0.08
21	5.60	5.50	0.10	5.67	0.07
22	6.20	6.11	0.09	6.27	0.07
23	3.10	3.20	0.10	3.19	0.09
24	6.20	6.20	0.00	6.27	0.07
25	6.56	6.40	0.16	6.63	0.07

26	5.33	5.20	0.13	5.41	0.08
27	8.54	8.60	0.06	8.59	0.05
28	3.30	3.31	0.01	3.39	0.09
29	2.76	2.70	0.06	2.85	0.09
30	9.67	9.66	0.01	9.72	0.05
Rata-rata error			0.16		0.07
Jumlah Error			4.92		2.16

Dari pengujian dengan membandingkan nilai sensor pH dengan pH meter, didapatkan nilai rata-rata error 0.16 dan jumlah *error*-nya sebanyak 4.92 dan setelah di kalibrasi mendapatkan nilai rata-rata *error* 0.07 dan jumlah *error*-nya sebanyak 2.16.

B. Pengujian sensor turbidity

Pengukuran dilakukan dengan membandingkan *turbidity* meter dan sensor *turbidity* dengan perlakuan yang sama. Pengukuran dilakukan di dalam wadah plastik. Sensor *turbidity* dan *turbidity* meter diletakkan didalam wadah plastik kemudian proses pengukur *turbidity* dimulai. Nilai *turbidity* bersumber dari sampel air yang dikumpulkan, dimana 30 percobaan dilakukan untuk mendapatkan hasil akurasi. Hasil pengujian untuk sensor *turbidity* dapat dilihat pada tabel 2.

TABEL 2.
Pengujian sensor *turbidity*

Pengujian Ke-	Sensor Turbidit y (X)	Turbidit y Meter (Y)	Erro r	Nilai Y Setelah Kalibrasi	Error Setelah Kalibrasi
1	154.8	151.5	3.30	155.34	0.54
2	122.6	123.9	1.30	123.57	0.97
3	111.0	112.4	1.40	112.12	1.12
4	122.6	123.9	1.30	123.57	0.97
5	144.5	147.7	3.20	145.18	0.68
6	166.0	165.8	0.20	166.39	0.39
7	132.8	129.1	3.70	133.63	0.83
8	158.1	162.0	3.90	158.60	0.50
9	98.1	99.1	1.00	99.39	1.29
10	123.4	124	0.60	124.36	0.96
11	99.9	101	1.10	101.17	1.27
12	167.1	167.5	0.40	167.48	0.38
13	144.1	144	0.10	144.78	0.68
14	169.1	170	0.90	169.45	0.35
15	130.4	131.1	0.70	131.26	0.86
16	100	101.2	1.20	101.26	1.26
17	121	125	4.00	121.99	0.99
18	130	129	1.00	130.87	0.87
19	162	162.2	0.20	162.45	0.45
20	144	144	0.40	144.68	0.68
21	161	160	1.00	161.46	0.46
22	122	121	1.00	122.97	0.97
23	140.8	140.5	0.30	141.53	0.73
24	125	128.4	3.40	125.93	0.93
25	119.5	121.7	2.20	120.51	1.01
26	131.8	133.1	1.30	132.64	0.84
27	158.1	162	3.90	158.60	0.50
28	133.6	134.9	1.30	134.42	0.82
29	123	125	2.10	123.96	0.96
30	126	126	0.10	126.92	0.92
Rata-rata error			1.55		0.81
Jumlah error			46.5		24.18

Dari pengujian dengan membandingkan nilai sensor *turbidity* dengan *turbidity* meter, didapatkan nilai rata-rata

error 1.55 dan jumlah *error*-nya sebanyak 46.50 dan setelah di kalibrasi mendapatkan nilai rata-rata *error* 0.81 dan jumlah *error*-nya sebanyak 24.18

C. Pengujian sensor TDS

Pengukuran dilakukan dengan membandingkan TDS meter dan sensor TDS dengan perlakuan yang sama. Pengukuran dilakukan di dalam wadah plastik. Sensor TDS dan TDS meter diletakkan di dalam wadah plastik kemudian proses pengukur TDS dimulai. Nilai TDS bersumber dari sampel air yang dikumpulkan, dimana 30 percobaan dilakukan untuk mendapatkan hasil akurasi. Hasil pengujian untuk sensor TDS dapat dilihat pada tabel 3.[7]

TABEL 3.
Pengujian sensor TDS

Pengujian Ke-	Sensor TDS (PPM) (X)	TDS Meter (PPM) (Y)	Error	Nilai Y Setelah Kalibrasi	Error Setelah Kalibrasi
1	122	123	1.00	122	0.20
2	266	267	1.00	266	0.30
3	267	269	2.00	267	0.31
4	138	137	1.00	138	0.14
5	145	144	1.00	145	0.12
6	140	141	1.00	140	0.14
7	148	150	2.00	148	0.11
8	161	163	2.00	161	0.06
9	177	174	3.00	177	0.01
10	195	196	1.00	195	0.06
11	127	129	2.00	127	0.18
12	139	135	4.00	139	0.14
13	125	126	1.00	125	0.19
14	140	138	2.00	140	0.14
15	99	98	1.00	99	0.28
16	126	123	3.00	126	0.19
17	101	101	0.00	101	0.27
18	70	72	2.00	70	0.38
19	105	105	0.00	105	0.26
20	133	135	2.00	133	0.16
21	154	152	2.00	154	0.09
22	181	178	3.00	181	0.01
23	111	110	1.00	111	0.24
24	106	107	1.00	106	0.26
25	143	144	1.00	143	0.13
26	70	69	1.00	70	0.38
27	89	89	0.00	89	0.32
28	154	153	1.00	154	0.09
29	143	142	1.00	143	0.13
30	191	192	1.00	191	0.04
Rata-rata error			1.47		0.18
Jumlah error			44.00		5.31

Dari pengujian dengan membandingkan nilai sensor TDS dengan TDS meter, didapatkan nilai rata-rata error 1.47 dan jumlah *error*-nya sebanyak 44.00 dan setelah di kalibrasi mendapatkan nilai rata-rata *error* 0.18 dan jumlah *error*-nya sebanyak 5.31.

D. Pengujian sensor suhu

Pengukuran dilakukan dengan membanding termometer dan sensor suhu DS18B20 dengan perlakuan yang sama. Pengukuran dilakukan di dalam wadah plastik. Sensor suhu DS18B20 dan termometer diletakkan di dalam wadah plastik kemudian proses pengukur suhu dimulai. Suhu bersumber

dari sampel air yang dikumpulkan, dimana 30 percobaan dilakukan untuk mendapatkan hasil akurasi. Hasil pengujian untuk sensor TDS dapat dilihat pada tabel 4.

TABEL 4.
Pengujian sensor suhu

Pengujian Ke-	Sensor suhu DS18B20 (°C) (X)	Digital Thermomet er (°C) (Y)	Error	Nilai Y Setula Kalibrasi	Error Setelah Kalibrasi
1	26.0	25.7	0.30	25.9	0.13
2	26.1	25.7	0.36	25.9	0.13
3	25.9	27.7	1.76	25.8	0.13
4	26.0	26.6	0.60	25.9	0.13
5	26.1	25.7	0.42	26.0	0.13
6	26.0	25.5	0.50	25.9	0.13
7	26.1	25.8	0.26	25.9	0.13
8	26.1	25.7	0.42	26.0	0.13
9	26.1	25.1	1.02	26.0	0.13
10	29.15	29	0.15	29.0	0.15
11	30.29	30	0.29	30.1	0.15
12	31.2	31	0.20	31.0	0.16
13	32.19	32	0.19	32.0	0.17
14	33.2	33	0.20	33.0	0.17
15	35.3	35.1	0.20	35.1	0.19
16	40.43	40.1	0.33	40.2	0.22
17	41.34	41	0.34	41.1	0.23
18	39.12	39	0.12	38.9	0.21
19	34.33	34	0.33	34.1	0.18
20	33.3	33	0.30	33.1	0.17
21	43	43	0.00	42.8	0.24
22	45.1	45	0.10	44.8	0.25
23	34.4	34.2	0.20	34.2	0.18
24	33.12	33	0.12	32.9	0.17
25	43.1	43	0.10	42.9	0.24
26	45.3	45	0.30	45.0	0.25
27	43	43	0.00	42.8	0.24
28	44	44	0.00	43.8	0.24
29	33	33.1	0.10	32.8	0.17
30	41.21	40.1	1.11	41.0	0.23
Rata-rata error			0.34		0.18
Jumlah Rata-rata error			10.32		5.35

E. Pengujian sistem

Pada pengujian ini, dilakukan serangkaian pengujian dengan tujuan memastikan sistem yang dirancang mampu mendeteksi dengan akurat kekeruhan air, pH, tingkat padatan terlarut, dan suhu air, serta melakukan pemantauan yang berkelanjutan terhadap kualitas air. Langkah-langkah pengujian yang teliti, termasuk verifikasi fungsionalitas sensor, kalibrasi sensor, pengujian kualitas air yang komprehensif, dan validasi data, memberikan pemahaman mendalam tentang kinerja sistem dalam mengukur parameter-parameter kualitas air yang relevan.[8]

pH : 5.91	TDS : 132ppm	Suhu : 25.87	NTU : 85 %	Tandon : HOSONG
pH : 5.69	TDS : 132ppm	Suhu : 25.87	NTU : 85 %	Tandon : HOSONG
pH : 5.56	TDS : 132ppm	Suhu : 25.81	NTU : 85 %	Tandon : HOSONG
pH : 5.98	TDS : 131ppm	Suhu : 25.87	NTU : 85 %	Tandon : HOSONG
pH : 5.62	TDS : 132ppm	Suhu : 25.81	NTU : 85 %	Tandon : HOSONG
pH : 5.64	TDS : 132ppm	Suhu : 25.87	NTU : 85 %	Tandon : HOSONG
pH : 5.89	TDS : 132ppm	Suhu : 25.87	NTU : 85 %	Tandon : HOSONG
pH : 5.58	TDS : 132ppm	Suhu : 25.87	NTU : 85 %	Tandon : HOSONG
pH : 5.94	TDS : 134ppm	Suhu : 25.81	NTU : 85 %	Tandon : HOSONG
pH : 5.88	TDS : 132ppm	Suhu : 25.81	NTU : 85 %	Tandon : HOSONG
pH : 5.56	TDS : 132ppm	Suhu : 25.87	NTU : 85 %	Tandon : HOSONG
pH : 5.97	TDS : 6ppm	Suhu : 25.81	NTU : 85 %	Tandon : HOSONG
pH : 5.68	TDS : 0ppm	Suhu : 25.87	NTU : 85 %	Tandon : HOSONG
pH : 5.59	TDS : 0ppm	Suhu : 25.87	NTU : 85 %	Tandon : HOSONG

GAMBAR 3.

Tampilan output sistem dari arduino IDE

Gambar 3 menampilkan tampilan output sistem dari arduino IDE. Tampilan ini adalah hasil dari kompilasi dan eksekusi kode yang dikembangkan menggunakan arduino IDE. Tampilan output sistem ini membantu dalam memantau dan memahami interaksi antara kode yang dijalankan pada arduino dan perangkat keras yang terhubung. Dengan melihat tampilan output sistem, pengguna dapat melakukan pemecahan masalah dan memastikan bahwa program berjalan dengan baik sesuai dengan yang diharapkan.



GAMBAR 4.

Tampilan output sistem dari LCD

Pada gambar 4 menampilkan tampilan output sistem dari LCD. Tampilan ini memberikan informasi yang ditampilkan pada layar LCD yang terhubung ke perangkat keras yang telah dirangkai. LCD digunakan untuk menampilkan nilai parameter-parameter yang digunakan yaitu, pH, suhu, TDS, kekeruhan dan hasil klasifikasi kepada pengguna. Output yang berikan akan menampilkan secara real-time kepada pengguna.



GAMBAR 5.

Gambar alat sistem

Gambar 5 ini menggambarkan sistem alat yang sudah selesai dan bisa mendeteksi parameter yaitu pH, TDS, turbidity dan suhu..

F. Analisis dan Pembahasan

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi masalah utama terkait pencemaran air sungai Citarum dan memberikan solusi melalui penggunaan sensor pH, suhu, TDS, dan turbidity, serta mikrokontroler arduino mega dan modul Wi-Fi NodeMCU. Selain itu, penelitian ini juga melibatkan penggunaan aktuator seperti pompa, solenoid valve, dan water level sensor untuk mengelola aliran air dalam wadah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dalam pemantauan dan peningkatan kualitas air sungai Citarum serta menjadi dasar bagi pengembangan sistem monitoring yang lebih luas di masa depan.

TABEL 5.

Data implementasi alat pemantauan sungai

Sungai Titik 1	07.00 WIB	12.00 WIB	18.00 WIB
pH	11.28	12.08	11.52
TDS	297	294	294
Suhu	24.88	24.69	26.56
NTU	85.48	85.48	84.49
Sungai Titik 2	08.00 WIB	12.00 WIB	16.00 WIB
pH	11.9	12.11	12.1
TDS	285	265	278
Suhu	25.44	25.44	25.44
NTU	78.57	77.58	77.58

Pada tabel 5 menjelaskan analisis data menunjukkan bahwa kedua sungai memiliki tingkat alkalinitas yang tinggi (pH tinggi) dan kualitas air yang tergolong dalam kategori "Cemar Ringan". Meskipun terdapat fluktuasi dalam beberapa parameter, seperti TDS dan suhu, namun tetap dalam rentang yang dapat diterima. Keberadaan kekeruhan (NTU) juga tetap relatif stabil. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemantauan terus-menerus dan tindakan pengelolaan yang tepat guna menjaga dan memperbaiki kualitas air sungai tersebut.[9]

V. KESIMPULAN

Sistem pemantauan kualitas air sungai Citarum dengan menggunakan sensor pH, suhu, TDS, dan *turbidity*, serta mikrokontroler Arduino Mega dan modul Wi-Fi nodeMCU. Sistem ini mampu memantau secara *real-time* parameter-parameter kualitas air sungai dan memberikan informasi yang penting dalam penanganan masalah pencemaran air. Penggunaan aktuator seperti pompa, *solenoid valve*, dan *water level* sensor juga berhasil meningkatkan efisiensi dan pengendalian aliran air dalam wadah. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat tercipta pemantauan kualitas air yang lebih efektif dan efisien, serta dapat menjadi dasar untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dalam mengatasi masalah pencemaran air di sungai Citarum.

REFERENSI

- [1] M. T. Sulisty, "Sistem Pengukuran Kadar Ph , Suhu , Dan Sensor Turbidity Pada Limbah Rumah Sakit Berbasis Arduino UNO Waterproof Temperature Sensor DS18B20," *Jurnal Elektro SI ITN Malang*, pp. 1–10, 2019.
- [2] R. P. Wirman, I. Wardhana, and A. Isnaini, "Jurnal Fisika Kajian Tingkat Akurasi Sensor pada Rancang Bangun Alat Ukur Total Dissolved," vol. 9, no. 1, pp. 37–46, 2019.
- [3] P. Y. P. Pratama, "Perancangan PH Meter Dengan Sensor PH Air Berbasis Arduino I Putu Yoga Pramesia Pratama a1 , Kadek Suar Wibawa a2 , I Made Agus Dwi Suarjaya a3," vol. 3, no. 2, 2022.
- [4] A. Samura, W. Kurniawan, and G. E. Setyawan, "Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air Tambak Udang Windu Dengan Metode Fuzzy Logic Control Menggunakan Mikrokontroler NI myRIO," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 9, pp. 2644–2653, 2018, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [5] N. Herlambang, R. Pramudita, and E. Retnoningsih, "Sistem Monitoring Kedalaman Dan Kekeruhan Air Berbasis Internet Of Things," *INFORMATION MANAGEMENT FOR EDUCATORS AND PROFESSIONALS: Journal of Information Management*, vol. 5, no. 1, p. 75, 2020, doi: 10.51211/imbi.v5i1.1433.
- [6] A. Sutriati, "Penilaian Kualitas Air Sungai Dan Potensi Pemanfaatannya Studi Kasus : S. Cimanuk," *Jurnal Sumber Daya Air*, vol. 7, no. 1, pp. 1–17, 2011, [Online]. Available: <http://journalsda.pusair-pu.go.id/index.php/JSDA/issue/view/74>
- [7] A. Noor, "Aplikasi Pendeteksi Kualitas Air Menggunakan Turbidity Sensor Dan Arduino Berbasis Web Mobile," *Joutica*, vol. 5, no. 1, p. 316, 2020, doi: 10.30736/jti.v5i1.329.
- [8] Peraturan Menteri, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 27 Tahun 2021 Tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup," *Sekretariat Negara Republik Indonesia*, pp. 10–27, 2021.
- [9] A. W. Utami, "Kualitas Air Sungai Citarum," *Jurusan Teknik Lingkungan*, pp. 1–6, 2019.