

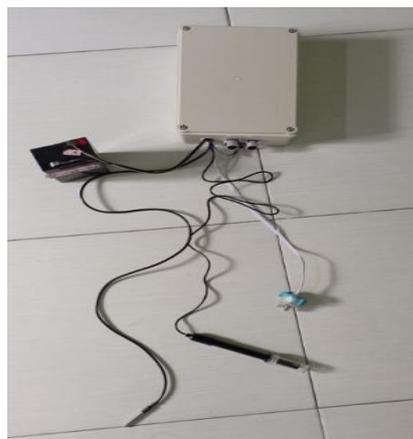
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian ini telah selesai dibuat sebuah sistem pemantauan kualitas air sungai dengan basis data menggunakan aplikasi *Internet of Things (IoT)* untuk mengetahui kualitas air sungai dengan sistem jarak jauh. Sistem yang telah dibuat ini berupa perangkat keras dan perangkat lunak yang terdiri dari nodeMCU ESP32 yang mengatur keseluruhan kerja sistem dan menggunakan web aplikasi *Thingspeak* untuk pemantauan jarak jauh melalui jaringan *WiFi*. Hasil dari penelitian ini menjadi gambaran keberhasilan dari alat yang telah dibuat.

4.1 Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Air Sungai

Sistem pemantauan parameter air sungai dirancang menggunakan sistem mikrokontroler yang dapat diatur proses kerjanya menggunakan nodeMCU ESP32 yang diprogram dengan software Arduino IDE. Hasil rancangan berupa perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari beberapa komponen elektronika seperti nodeMCU ESP32, sensor suhu DS18B20, sensor turbidity, sensor pH SEN0161, sensor HC-SR04 dan komponen elektronika pendukung lainnya.

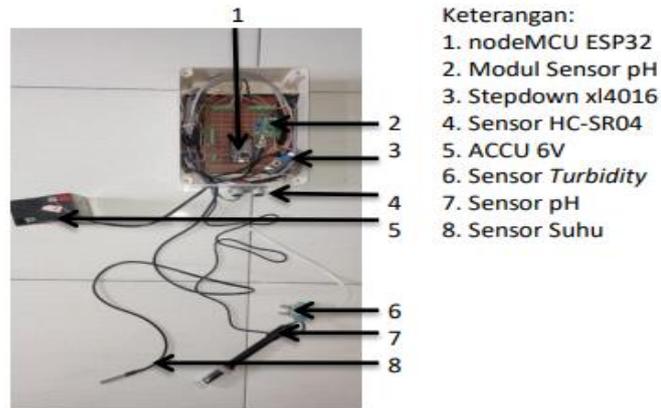
Sistem pemantauan ini bertujuan untuk memonitoring parameter air sungai. Dengan adanya sistem pemantauan ini maka diperoleh data parameter air yang dapat dijadikan sebagai langkah awal pengendalian pencemaran Daerah Aliran Sungai (DAS). Perancangan perangkat keras sistem pemantauan parameter air dirancang menggunakan mikrokontroler yang dapat diatur proses kerjanya menggunakan nodeMCU ESP32 yang telah diprogram menggunakan *software* Arduino IDE. Tampak tampilan fisik bagian luar yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17. Tampilan Luar alat Sistem Pemantauan

Gambar menggambarkan bentuk tampilan luar dari sistem pemantauan komponen alat yang memiliki fungsi dan peranan masing-masing. Sensor suhu

DS18B20 berfungsi untuk mengukur suhu air dengan keluaran dalam bentuk besaran elektrik. Sensor pH air SEN0161 berfungsi untuk mengukur pH air. sensor *turbidity* berfungsi untuk mengukur tingkat kekeruhan air. dan sensor ultrasonik HC-SR04 berfungsi untuk mengukur jarak dari sensor ke permukaan air. Selain itu bentuk fisik tampilan dalam sistem seperti gambar 18.



Gambar 18. Tampilan Dalam Alat Sistem Pemantauan

Gambar 18 menggambarkan rangkaian dalam dari sistem pemantauan yang terletak didalam box berukuran $22 \times 15 \times 7.5$ cm. terdapat beberapa komponen penyusun sistem pemantauan yang disambungkan dengan mikrokontroler nodeMCU ESP32, agar seluruh komponen penyusun dapat berfungsi sesuai dengan program yang telah dibuat. Komponen-komponen elektronika disusun menggunakan *project board* atau PCB sebagai penghubung antara kabel *jumper* yang akan dikoneksikan ke komponen sensor. Kabel *jumper* berfungsi sebagai penghubung antara nodeMCU dengan sensor DS18B20, sensor SEN0161, sensor HC-SR04 dan sensor turbidity. NodeMCU berfungsi sebagai otak dari berjalannya sistem monitoring. Pada rangkaian ditambahkan power supply ataupun accu yang berfungsi sebagai sumber tegangan.



Gambar 19. Pengambilan Data di Sungai

Gambar 19 merupakan tampilan alat saat pengambilan data. Pengambilan data dilakukan selama kurang waktu dua jam dengan sumber tegangan berasal dari accu. Accu yang digunakan haruslah dipasangkan stepdown terlebih dahulu agar tegangan yang masuk sebesar 5V sesuai dengan tegangan untuk mikrokontroler nodeMCU ESP32.

Prinsip Kerja Sistem Pemantauan Kualitas Air Sungai

Sistem pemantauan kualitas air sungai berbasis internet of things (IoT) memiliki fungsi sebagai sistem pendeteksi suhu, kekeruhan, pH dan jarak air sungai yang kemudian hasil pemantauan akan ditampilkan pada web aplikasi Thingspeak. Ketika sistem diaktifkan maka program akan terupload ke nodeMCU ESP32. Setelah program terupload maka akan ada dua keputusan antara dua kondisi, kondisi pertama apabila nodeMCU tidak terhubung ke internet maka web Thingspeak tidak akan menampilkan teks pembacaan sama sekali. Kondisi kedua adalah apabila nodeMCU telah terhubung dengan internet, maka web thingspeak akan reload. Setelah terhubung ke internet maka thingspeak akan menampilkan nilai-nilai dari pembacaan masing-masing sensor. Sensor dapat membaca nilai karena program yang telah diolah oleh mikrokontroler yang bekerja sebagai otak dari sistem alat.

Pengujian catu daya

Pengujian dilakukan dengan mengukur keluaran tegangan pada power supply ataupun accu (sebagai sumber tegangan) dengan menggunakan multimeter. Pada power supply hasil pengukuran telah menunjukkan keluaran tegangan adalah 5 Volt menyesuaikan tegangan referensi yang terdapat pada mikrokontroler. Dan pada accu yang mana tegangan awalnya bernilai 6v maka diberikan stepdown yang berfungsi menurunkan tegangan sehingga tegangan yang dihasilkan senilai dengan 5v. dari hasil pengukuran tersebut dapat disimpulkan, bahwa rangkaian catu daya telah memiliki keluaran tegangan sesuai dengan yang diharapkan dan artinya rangkaian tersebut telah dapat bekerja dengan baik.

4.2 Karakteristik Sistem Pemantauan Air Sungai

Karakteristik adalah keadaan dimana sistem memiliki ciri tersendiri yang mengakibatkan suatu sistem dapat berjalan dengan baik. Karakteristik sistem pemantauan merupakan ciri, tanda atau fitur yang bisa digunakan sebagai identifikasi suatu keberhasilan alat yang telah dibuat. Untuk mengetahui karakteristik sistem pemantauan tersebut, perlu dilakukan uji tingkat *error*, akurasi dan presisi pada pengambilan data dan pengujian sistem secara keseluruhan. Pada karakteristik sistem pemantauan ini akan didapatkan data hasil pembacaan sensor suhu, pH air, kekeruhan dan juga jarak permukaan air

untuk melihat parameter air sungai. Dari data suhu air, pH air, kekeruhan dan juga jarak permukaan air tersebut akan dicari nilai *error*, akurasi dan presisinya.

Nilai akurasi didapatkan dengan membandingkan nilai dari alat yang dirancang dengan alat ukur standar untuk melihat kedekatannya. Setelah didapatkan nilai akurasi, selanjutnya dilakukan uji presisi dengan pengulangan pengambilan data untuk melihat pengukuran berulang dengan nilai yang serupa. *Error* merupakan kesalahan yang timbul akibat adanya kesalahan pencatatan, pengukuran dan pembulatan nilai.

Pada pengujian yang dilakukan, langkah-langkah yang dilakukan pertama kali adalah melakukan pengujian terhadap perangkat-perangkat inputan yaitu pengujian terhadap sensor- sensor yaitu sensor suhu air, sensor pH air, sensor kekeruhan dan sensor jarak. Kemudian melakukan pengujian sistem secara keseluruhan pada alat dan web aplikasi Thingsepak. Untuk pengujian sensor dimulai dengan menguji sensor suhu air, sensor pH, sensor kekeruhan, sensor jarak dan uji keseluruhan.

Pengujian Sensor Suhu DS18B20

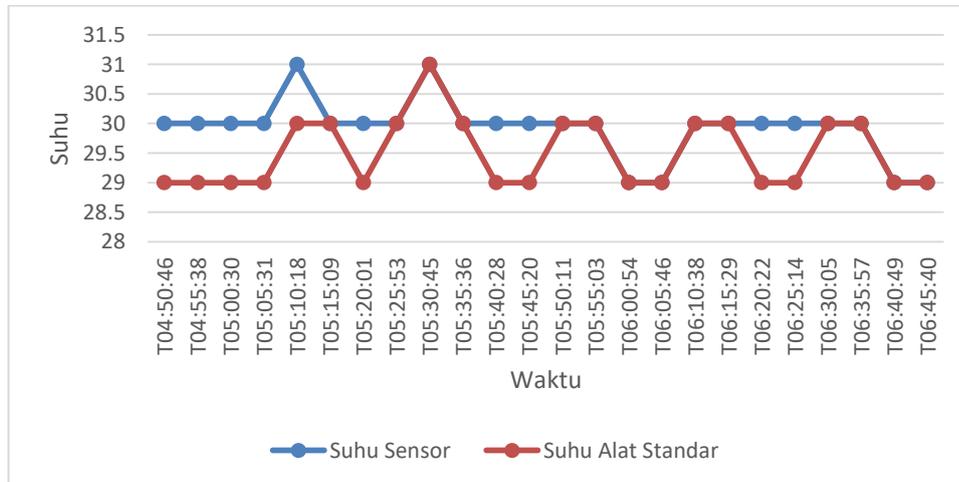
Sensor suhu DS18B20 merupakan salah satu alat yang digunakan dalam perancangan alat untuk mengukur suhu air. Pengujian sensor suhu dilakukan dengan mencelupkan sensor suhu kedalam air sungai. Pengujian dilakukan selama kurang waktu 2 jam dengan pembacaan data setiap 5 menit secara realtime untuk mendapatkan nilai. Pada setiap nilai hasil pembacaan sensor suhu akan dibandingkan dengan nilai pembacaan alat standar untuk memperoleh nilai *error*, akurasi dan presisi. Tabel data *error* dan akurasi alat ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3. Tingkat Akurasi Sensor Suhu

No	Waktu Pengukuran	Suhu Sensor	Suhu Alat Standar	Error %	Akurasi %
1	2023-08-13T04:50:46+00:00	30	29	3.45	96.55
2	2023-08-13T04:55:38+00:00	30	29	3.45	96.55
3	2023-08-13T05:00:30+00:00	30	29	3.45	96.55
4	2023-08-13T05:05:31+00:00	30	29	3.45	96.55
5	2023-08-13T05:10:18+00:00	31	30	3.33	96.67
6	2023-08-13T05:15:09+00:00	30	30	0.00	100.00
7	2023-08-13T05:20:01+00:00	30	29	3.45	96.55
8	2023-08-13T05:25:53+00:00	30	30	0.00	100.00
9	2023-08-13T05:30:45+00:00	31	31	0.00	100.00
10	2023-08-13T05:35:36+00:00	30	30	0.00	100.00
11	2023-08-13T05:40:28+00:00	30	29	3.45	96.55
12	2023-08-13T05:45:20+00:00	30	29	3.45	96.55

13	2023-08-13T05:50:11+00:00	30	30	0.00	100.00
14	2023-08-13T05:55:03+00:00	30	30	0.00	100.00
15	2023-08-13T05:00:54+00:00	29	29	0.00	100.00
16	2023-08-13T06:05:46+00:00	29	29	0.00	100.00
17	2023-08-13T06:10:38+00:00	30	30	0.00	100.00
18	2023-08-13T06:15:29+00:00	30	30	0.00	100.00
19	2023-08-13T06:20:22+00:00	30	29	3.45	96.55
20	2023-08-13T06:25:14+00:00	30	29	3.45	96.55
21	2023-08-13T06:30:05+00:00	30	30	0.00	100.00
22	2023-08-13T06:35:57+00:00	30	30	0.00	100.00
23	2023-08-13T06:40:49+00:00	29	29	0.00	100.00
24	2023-08-13T06:45:40+00:00	29	29	0.00	100.00
				1.43	98.57

Pada tabel 2 yang merupakan tabel *error* dan akurasi dari perbandingan alat ukur standar dan pengujian alat ukur sensor DS18B20 dengan percobaan langsung ke sungai. Alat standar yang digunakan merupakan alat pengukur suhu digital yang mana akan mendeteksi suhu dan langsung ditampilkan pada LCD alat tersebut. Dari tabel 2 didapatkan hasil nilai *error* dan akurasi pada pembacaan alat sistem pemantauan. Nilai rata-rata dari *error* yaitu sebesar 1,43% dan untuk nilai rata-rata akurasi sebesar 98.57%.



Gambar 20. Grafik Perbandingan Alat Ukur Standar Suhu dan Alat Ukur Kualitas Air Sungai

Pada gambar 20 menunjukkan perbandingan nilai pembacaan suhu pada sensor alat dan alat standar suhu terhadap air sungai yang diukur secara realtime. Pada grafik terdapat sumbu x dan y, dimana sumbu x menunjukkan nilai dari pembacaan suhu dan sumbu y menunjukkan waktu saat pembacaan data. Dari grafik tersebut, diperoleh dua buah garis dimana garis biru sebagai

pembacaan sensor suhu dan grafik merah sebagai pembacaan alat ukur standar suhu.

Selanjutnya, setelah didapat nilai akurasi pembacaan sensor DS18B20 dan nilai pembacaan alat standar, dilakukan pengambilan data menggunakan sensorsebanyak sepuluh kali pengulangan dengan satu sampel air sungai, untuk melihat bagaimana presisi sensor DS18B20 seperti tabel 4.

Tabel 4. Presisi Sensor Suhu

Pengukuran ke-										Rata-rata	SD	Presisi %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
29	30	30	29	30	31	30	29	29	31	29.8	0.78	97.39

Tabel 4 merupakan hasil presisi dari sensor suhu yang digunakan. semakin besar nilai presisi maka semakin stabil pembacaan dari sensor yang digunakan. Dari pembacaan sensor DS18B20 didapatkan nilai rata-rata presisi hasil pembacaan sebesar 97,39%, dimana nilai tersebut merupakan hasil rata-rata nilai pembacaan suhu yang diujikan sebanyak sepuluh kali pengulangan. Dapat dilihat bahwa presisi dari sensor suhu sudah sangat baik, karena memiliki presisi yang tinggi sebesar 97.86%.

Pengujian Sensor pH SEN0161

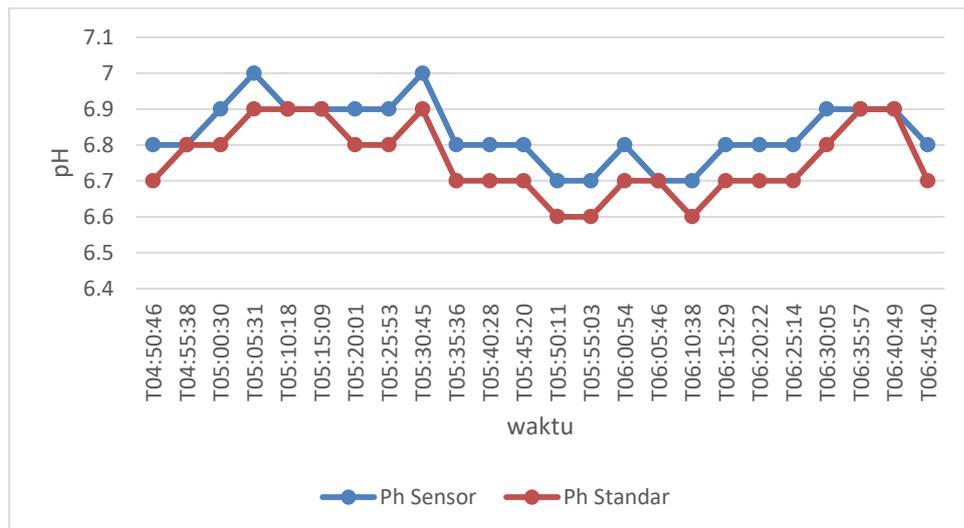
Pada perancangan alat digunakan sensor pH SEN0161 sebagai alat untuk mengukur pH air sungai. Pada pengujian pengambilan data, sebelum digunakan sensor pH haruslah dikalibrasi terlebih dahulu agar didapat nilai pembacaan. Setelah itu dicoba terlebih dahulu sensor pH untuk membaca nilai pH air dari larutan buffer Ph untuk mengetahui apakah sensor sudah dapat membaca nilai dengan benar. Pembacaan pH air sungai dilakukan secara realtime selama kurang waktu dua jam dengan pembacaan setiap lima menit. Pengambilan data juga dilakukan dengan alat ukur standar pH untuk membandingkan nilai dan mendapatkan nilai *error* serta akurasi. Alat standar pH yang digunakan merupakan pH meter yang mana alat tersebut dapat membaca nilai pH 0-14. pH meter terdiri dari electrode (probe pengukur) yang terhubung ke sebuah alat elektronik untuk menampilkan nilai pH. Tabel data akurasi ditampilkan pada tabel 5.

Tabel 5. Akurasi Sensor pH

NO	Waktu Pengukuran	pH Sensor	pH Alat Standar	Error %	Akurasi %
1	2023-08-13T04:50:46+00:00	6.8	6.7	1.49	98.51
2	2023-08-13T04:55:38+00:00	6.8	6.8	0.00	100.00
3	2023-08-13T05:00:30+00:00	6.9	6.8	1.47	98.53
4	2023-08-13T05:05:31+00:00	7	6.9	1.45	98.55

5	2023-08-13T05:10:18+00:00	6.9	6.9	0.00	100.00
6	2023-08-13T05:15:09+00:00	6.9	6.9	0.00	100.00
7	2023-08-13T05:20:01+00:00	6.9	6.8	1.47	98.53
8	2023-08-13T05:25:53+00:00	6.9	6.8	1.47	98.53
9	2023-08-13T05:30:45+00:00	7	6.9	1.45	98.55
10	2023-08-13T05:35:36+00:00	6.8	6.7	1.49	98.51
11	2023-08-13T05:40:28+00:00	6.8	6.7	1.49	98.51
12	2023-08-13T05:45:20+00:00	6.8	6.7	1.49	98.51
13	2023-08-13T05:50:11+00:00	6.7	6.6	1.52	98.48
14	2023-08-13T05:55:03+00:00	6.7	6.6	1.52	98.48
15	2023-08-13T06:00:54+00:00	6.8	6.7	1.49	98.51
16	2023-08-13T06:05:46+00:00	6.7	6.7	0.00	100.00
17	2023-08-13T06:10:38+00:00	6.7	6.6	1.52	98.48
18	2023-08-13T06:15:29+00:00	6.8	6.7	1.49	98.51
19	2023-08-13T06:20:22+00:00	6.8	6.7	1.49	98.51
20	2023-08-13T06:25:14+00:00	6.8	6.7	1.49	98.51
21	2023-08-13T06:30:05+00:00	6.9	6.8	1.47	98.53
22	2023-08-13T06:35:57+00:00	6.9	6.9	0.00	100.00
23	2023-08-13T06:40:49+00:00	6.9	6.9	0.00	100.00
24	2023-08-13T06:45:40+00:00	6.8	6.7	1.49	98.51
				1.11	98.89

Pada tabel 5 yang merupakan tabel *error* dan akurasi dari perbandingan alat ukur standar dan pengujian alat ukur sensor pH SEN0160 dengan percobaan langsung ke sungai. Dari tabel 5 didapatkan hasil nilai *error* dan akurasi pada pembacaan alat sistem pemantauan. Nilai rata-rata dari *error* yaitu sebesar 1,11% dan untuk nilai rata-rata akurasi sebesar 98.89%.



Gambar 21. Grafik Perbandingan Alat Ukur Standar pH dan Alat Ukur Kualitas Air Sungai

Pada gambar 21 menunjukkan perbandingan nilai pembacaan pH air pada sensor alat dan alat standar pH terhadap air sungai yang diukur secara realtime. Pada grafik terdapat sumbu x dan y, dimana sumbu x menunjukkan nilai dari pembacaan pH dan sumbu y menunjukkan waktu saat pembacaan data. Dari grafik tersebut, diperoleh dua buah garis dimana garis biru sebagai pembacaan sensor pH dan grafik merah sebagai pembacaan alat ukur standar pH.

Selanjutnya, setelah didapat nilai akurasi pembacaan sensor SEN0161 dan nilai pembacaan alat standar, dilakukan pengambilan data menggunakan sensor dengan melakukan uji sebanyak sepuluh kali pengulangan dengan satu sampel air sungai, untuk melihat bagaimana presisi sensor SEN0161 seperti tabel 6.

Tabel 6. Presisi Sensor pH

Pengukuran ke-										Rata-rata	SD	Presisi %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
6.8	6.8	6.9	6.9	6.8	6.7	6.7	6.9	6.8	6.9	6.82	0.078	98.86

Tabel 6 merupakan hasil presisi dari sensor pH yang digunakan. Semakin besar nilai presisi maka semakin stabil pembacaan dari sensor yang digunakan. Dari pembacaan sensor SEN0161 didapatkan nilai rata-rata presisi hasil pembacaan sebesar 98.86%, dimana nilai tersebut merupakan hasil rata-rata nilai pembacaan pH yang diujikan sebanyak sepuluh kali pengulangan. Dapat dilihat bahwa presisi dari sensor pH sudah sangat baik, karena memiliki presisi yang tinggi sebesar 98.86%.

Pengujian Sensor *Turbidity*

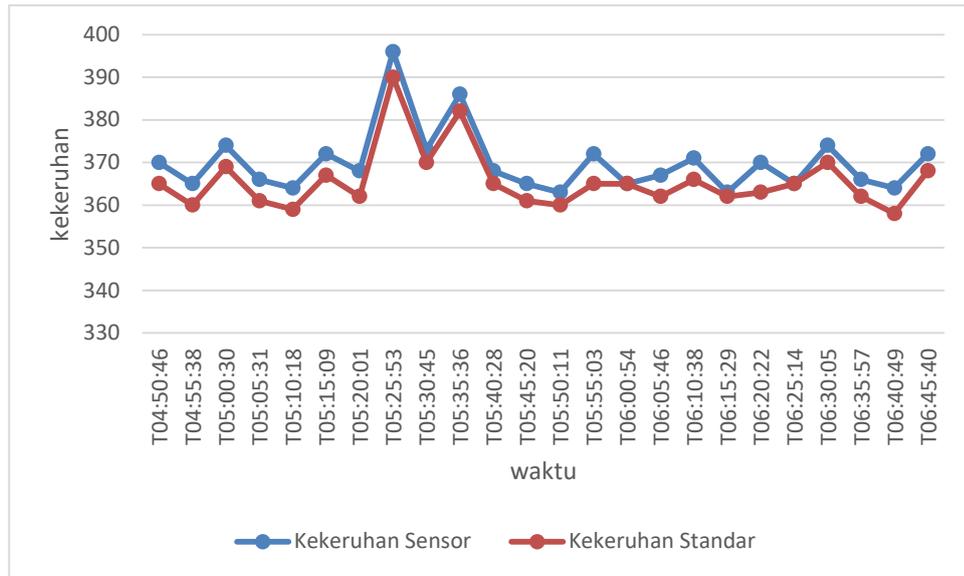
Sensor *turbidity* merupakan sensor yang digunakan dalam perancangan untuk mengukur tingkat kekeruhan dari air sungai. Pengujian sensor *turbidity* dilakukan dengan mencelupkan sensor *turbidity* kedalam air sungai. Pengujian dilakukan selama kurung waktu 2 jam dengan pembacaan data setiap 5 menit secara realtime untuk mendapatkan nilai. Pada setiap nilai hasil pembacaan sensor *turbidity* akan dibandingkan dengan nilai pembacaan alat standar untuk memperoleh nilai *error*, akurasi dan presisi. Alat standar untuk mengukur kekeruhan adalah *Turbidity* meter. Turbidimeter merupakan alat untuk menganalisa hamburan cahaya. Hamburan cahaya terjadi akibat adanya partikel yang terdapat dalam larutan. Partikel ini akan menghamburkan cahaya ke segala arah yang mengenainya, dengan memanfaatkan intensitas cahaya. Prinsip kerja turbidimeter yaitu mengukur hamburan cahaya yang mengenai partikel yang terkandung dalam air dengan cara menyinarakan sumber cahaya yang berasal dari lampu ke kuvet. Kemudian partikel tersebut akan menyerap

energi cahaya dan akan memantulkan cahaya ke segala Tabel data *error* dan akurasi alat ditampilkan pada tabel 7.

Tabel 7. Akurasi Sensor *Turbidity*

NO	Waktu Pengukuran	Kekeruhan Sensor	Kekeruhan Alat Standar	Error%	Akurasi %
1	2023-08-13T04:50:46+00:00	370	365	1.37	98.63
2	2023-08-13T04:55:38+00:00	365	360	1.39	98.61
3	2023-08-13T05:00:30+00:00	374	369	1.36	98.64
4	2023-08-13T05:05:31+00:00	366	361	1.39	98.61
5	2023-08-13T05:10:18+00:00	364	359	1.39	98.61
6	2023-08-13T05:15:09+00:00	372	367	1.36	98.64
7	2023-08-13T05:20:01+00:00	368	362	1.66	98.34
8	2023-08-13T05:25:53+00:00	396	390	1.54	98.46
9	2023-08-13T05:30:45+00:00	373	370	0.81	99.19
10	2023-08-13T05:35:36+00:00	386	382	1.05	98.95
11	2023-08-13T05:40:28+00:00	368	365	0.82	99.18
12	2023-08-13T05:45:20+00:00	365	361	1.11	98.89
13	2023-08-13T05:50:11+00:00	363	360	0.83	99.17
14	2023-08-13T05:55:03+00:00	372	365	1.92	98.08
15	2023-08-13T06:00:54+00:00	365	365	0.00	100.00
16	2023-08-13T06:05:46+00:00	367	362	1.38	98.62
17	2023-08-13T06:10:38+00:00	371	366	1.37	98.63
18	2023-08-13T06:15:29+00:00	363	362	0.28	99.72
19	2023-08-13T06:20:22+00:00	370	363	1.93	98.07
20	2023-08-13T06:25:14+00:00	365	365	0.00	100.00
21	2023-08-13T06:30:05+00:00	374	370	1.08	98.92
22	2023-08-13T06:35:57+00:00	366	362	1.10	98.90
23	2023-08-13T06:40:49+00:00	364	358	1.68	98.32
24	2023-08-13T06:45:40+00:00	372	368	1.09	98.91
				1.16	98.84

Pada tabel 7 yang merupakan tabel *error* dan akurasi dari perbandingan alat ukur standar dan pengujian alat ukur sensor *turbidity* dengan percobaan langsung ke sungai. Dari tabel 7 didapatkan hasil nilai *error* dan akurasi pada pembacaan alat sistem pemantauan. Nilai rata-rata dari *error* yaitu sebesar 1,16% dan untuk nilai rata-rata akurasi sebesar 98.84%.



Gambar 22. Grafik Perbandingan Alat Ukur Standar *turbidity* dan Alat Ukur Kualitas Air Sungai

Pada gambar 22 menunjukkan perbandingan nilai pembacaan *turbidity* pada sensor alat dan alat standar *turbidity* terhadap air sungai yang diukur secara realtime. Pada grafik terdapat sumbu x dan y, dimana sumbu x menunjukkan nilai dari pembacaan *turbidity* dan sumbu y menunjukkan waktu saat pembacaan data. Dari grafik tersebut, diperoleh dua buah garis dimana garis biru sebagai pembacaan sensor *turbidity* dan grafik merah sebagai pembacaan alat ukur standar *turbidity*.

Selanjutnya, setelah didapat nilai akurasi pembacaan sensor *turbidity* dan nilai pembacaan alat standar, dilakukan pengambilan data menggunakan sensor dengan melakukan uji sebanyak sepuluh kali pengulangan dengan satu sampel air sungai, untuk melihat bagaimana presisi sensor *turbidity* seperti tabel 8.

Tabel 8. Presisi Sensor *Turbidity*

Pengukuran ke-										Rata-rata	SD	Presisi %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
36	36	37	36	37	37	36	36	37	36	368.	5.4	98.53
5	3	0	7	4	8	9	0	3	6	5	4	

Tabel 8 merupakan hasil presisi dari sensor *turbidity* yang digunakan. semakin besar nilai presisi maka semakin stabil pembacaan dari sensor yang digunakan. Dari pembacaan sensor *turbidity* didapatkan nilai rata-rata presisi hasil pembacaan sebesar 98.53%, dimana nilai tersebut merupakan hasil rata-rata nilai pembacaan pH yang diujikan sebanyak sepuluh kali pengulangan. Dapat dilihat bahwa presisi dari sensor *turbidity* sudah sangat baik, karena memiliki presisi yang tinggi sebesar 98.53%.

Pengujian Sensor Ketinggian

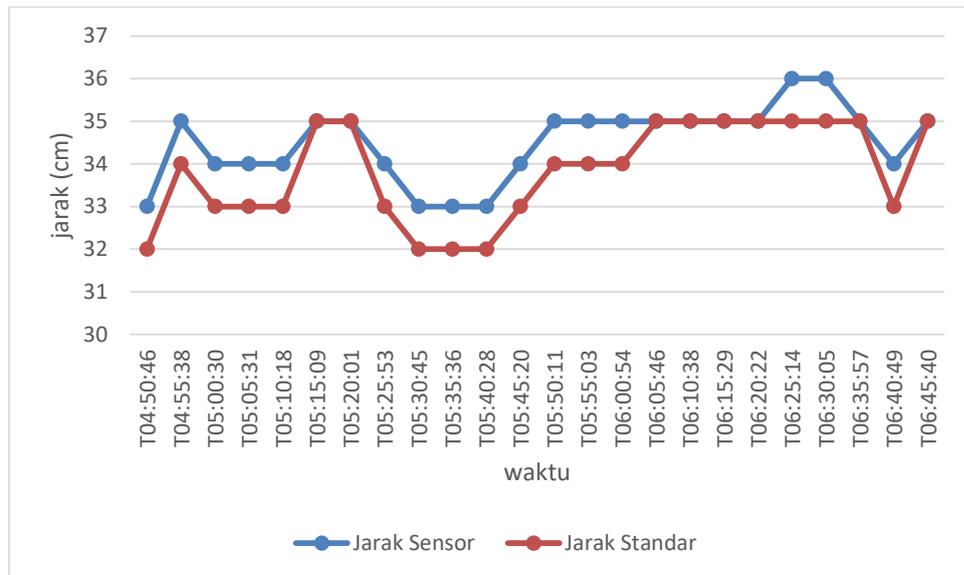
Sensor ketinggian HC-SR04 merupakan sensor yang digunakan dalam perancangan untuk mengukur jarak antara alat dan permukaan air dari air sungai. Sensor HC-SR04 bekerja dengan mengirimkan gelombang suara dan kemudian akan memantau pantulannya sehingga dapat digunakan untuk mengetahui jarak antar sensor dengan objek yang memantulkan kembali gelombang suara tersebut. Sensor diletakkan pada box bawah alat sehingga dapat mengukur jarak permukaan air. Pengujian dilakukan selama kurang waktu 2 jam dengan pembacaan data setiap 5 menit secara realtime untuk mendapatkan nilai. Pada setiap nilai hasil pembacaan sensor HC-SR04 akan dibandingkan dengan nilai pembacaan alat standar untuk memperoleh nilai *error*, akurasi dan presisi. Alat ukur standar yang digunakan dalam perbandingan adalah meteran. Meteran merupakan alat yang dapat mengukur sudut, membuat sudut siku-siku dan juga mengukur panjang. Penggunaan meteran sebagai alat ukur standar dikarenakan cara menggunakannya yang relatif mudah. Tabel data *error* dan akurasi alat ditampilkan pada tabel 9.

Tabel 9. Akurasi Sensor HC-SR04

NO	Waktu Pengukuran	Jarak Sensor	Jarak Alat Standar	Error %	Akurasi %
1	2023-08-13T04:50:46+00:00	33	32	3.13	96.88
2	2023-08-13T04:55:38+00:00	35	34	2.94	97.06
3	2023-08-13T05:00:30+00:00	34	33	3.03	96.97
4	2023-08-13T05:05:31+00:00	34	33	3.03	96.97
5	2023-08-13T05:10:18+00:00	34	33	3.03	96.97
6	2023-08-13T05:15:09+00:00	35	35	0.00	100.00
7	2023-08-13T05:20:01+00:00	35	35	0.00	100.00
8	2023-08-13T05:25:53+00:00	34	33	3.03	96.97
9	2023-08-13T05:30:45+00:00	33	32	3.13	96.88
10	2023-08-13T05:35:36+00:00	33	32	3.13	96.88
11	2023-08-13T05:40:28+00:00	33	32	3.13	96.88
12	2023-08-13T05:45:20+00:00	34	33	3.03	96.97
13	2023-08-13T05:50:11+00:00	35	34	2.94	97.06
14	2023-08-13T05:55:03+00:00	35	34	2.94	97.06
15	2023-08-13T06:00:54+00:00	35	34	2.94	97.06
16	2023-08-13T06:05:46+00:00	35	35	0.00	100.00
17	2023-08-13T06:10:38+00:00	35	35	0.00	100.00
18	2023-08-13T06:15:29+00:00	35	35	0.00	100.00
19	2023-08-13T06:20:22+00:00	35	35	0.00	100.00
20	2023-08-13T06:25:14+00:00	36	35	2.86	97.14
21	2023-08-13T06:30:05+00:00	36	35	2.86	97.14
22	2023-08-13T06:35:57+00:00	35	35	0.00	100.00
23	2023-08-13T06:40:49+00:00	34	33	3.03	96.97

24	2023-08-13T06:45:40+00:00	35	35	0.00	100.00
				2.01	93.83

Pada tabel 9 yang merupakan tabel *error* dan akurasi dari perbandingan alat ukur standar dan pengujian alat ukur sensor HC-SR04 dengan percobaan langsung ke sungai. Dari tabel 9 didapatkan hasil nilai *error* dan akurasi pada pembacaan alat sistem pemantauan. Nilai rata-rata dari *error* yaitu sebesar 2.01% dan untuk nilai rata-rata akurasi sebesar 93.83%.



Gambar 23. Grafik Perbandingan Alat Ukur Standar HC-SR04 dan Alat Ukur Kualitas Air Sungai

Pada gambar 23 menunjukkan perbandingan nilai pembacaan HC-SR04 pada sensor alat dan alat standar HC-SR04 terhadap jarak permukaan air sungai yang diukur secara realtime. Pada grafik terdapat sumbu x dan y, dimana sumbu x menunjukkan nilai dari pembacaan HC-SR04 dan sumbu y menunjukkan waktu saat pembacaan data. Dari grafik tersebut, diperoleh dua buah garis dimana garis biru sebagai pembacaan sensor HC-SR04 dan grafik merah sebagai pembacaan alat ukur standar HC-SR04.

Selanjutnya, setelah didapat nilai akurasi pembacaan sensor HC-SR04 dan nilai pembacaan alat standar, dilakukan pengambilan data menggunakan sensor dengan melakukan uji sebanyak sepuluh kali pengulangan dengan satu posisi jarak permukaan air sungai, untuk melihat bagaimana presisi sensor HC-SR04 seperti tabel 10.

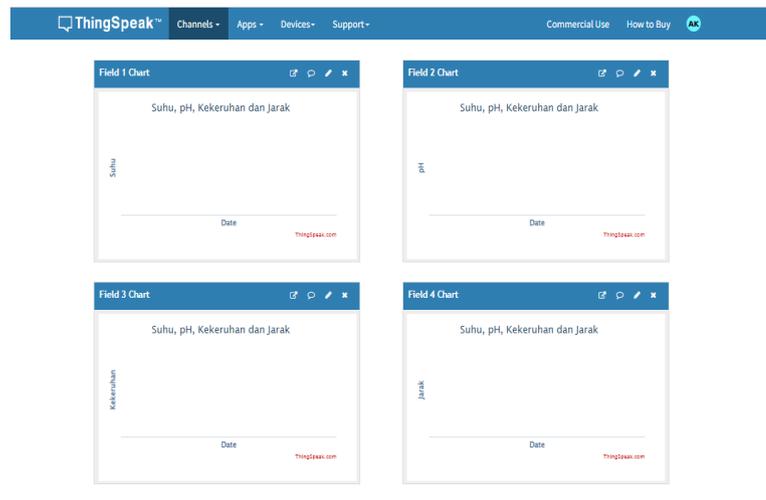
Tabel 10. Presisi Sensor HC-SR04

Pengukuran ke-										Rata-rata	SD	Presisi %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
34	33	32	35	36	32	34	33	35	34	33.8	1.31	96.13

Tabel 10 merupakan hasil presisi dari sensor HC-SR04 yang digunakan. Semakin besar nilai presisi maka semakin stabil pembacaan dari sensor yang digunakan. Dari pembacaan sensor HC-SR04 didapatkan nilai rata-rata presisi hasil pembacaan sebesar 96.13%, dimana nilai tersebut merupakan hasil rata-rata nilai pembacaan pH yang diujikan sebanyak sepuluh kali pengulangan. Dapat dilihat bahwa presisi dari sensor *turbidity* sudah sangat baik, karena memiliki presisi yang tinggi sebesar 96.13%.

Pengujian Sistem Pemantauan Secara Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah sistem dapat bekerja sesuai dengan program yang telah diinputkan. Pengujian dilakukan dengan sensor-sensor yang terhubung dengan nodeMCU ESP32 dan telah terhubung dengan internet. Sensor-sensor akan membaca masing-masing parameter air dan data pengujian sistem pemantauan ini akan ditampilkan pada web aplikasi *Thingspeak*. Adapun tampilan awal sistem monitoring seperti gambar 24.



Gambar 24. Tampilan awal Web *Thingspeak*

Pada saat dihidupkan, web akan mereload dan ketika program telah diupload maka selanjutnya web akan menampilkan nilai keluaran dari sensor suhu, sensor pH air, sensor kekeruhan dan sensor jarak. Hasil pembacaan nilai sensor dibagi menjadi beberapa *field* yang berguna sebagai pemisah dari masing-masing pembacaan nilai sensor. Ada empat *field* yang digunakan pada web thingspeak untuk sensor suhu, sensor pH, sensor kekeruhan dan sensor jarak. Pengujian keseluruhan ini dilakukan di pinggiran Sungai Batanghari pada siang hari pukul 11.50 WIB - 13.45 WIB. Dilakukan dalam kurung waktu 2 jam untuk melihat bagaimana sensor-sensor tersebut membaca setiap perubahan waktu.



Gambar 25. Tampilan Hasil Monitoring Selama 2 Jam

Gambar 25. Menunjukkan nilai hasil monitoring yang dilakukan selama 2 jam. Pada tampilan terdapat empat field, yang mana pada field pertama menampilkan nilai keluaran sensor suhu, field kedua menampilkan nilai keluaran sensor pH, field ketiga menampilkan nilai keluaran sensor kekeruhan dan field keempat menampilkan nilai keluaran sensor jarak.

Pada pengujian, untuk internet yang digunakan berasal dari hotspot handphone yang mana sumber internet harus disinkronkan pada program yang telah dibuat di *software* Arduino IDE. Untuk penggantian sumber internet maka diperlukan penggantian juga pada program di *software* Arduino IDE, karena jika tidak disinkronkan maka data pembacaan nilai tidak dapat terbaca. Pada grafik tampilan pembacaan nilai terdapat grafik naik ataupun turun yang drastis, hal tersebut dapat disebabkan oleh pengaruh alam yang salah satunya yaitu aliran air dari hulu ke hilir. Selain itu adapula faktor lain seperti perahu yang lewat ataupun benda yang hanyut di sungai yang mana dampaknya mempengaruhi keluaran pembacaan nilai-nilai dari sensor.

