

Sistem Monitoring pH Air, *Total Dissolved Solids* (TDS) dan Kekeruhan Air pada Tandon berbasis *Internet of Things* (IoT)

Samsul Arifin¹, Reni Agustiani², Yunida Lashania³, Gabriela Elsandika⁴, Ibnu Sina⁵, Khairi⁶

^{1,2,4,5,6}Program Studi Fisika, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia

³Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia

Email korespondensi: samsularifin@mipa.upr.ac.id

Abstrak

Air bersih merupakan kebutuhan pokok seluruh masyarakat di Indonesia. Di daerah Kalimantan Tengah, terutama Kota Palangka Raya mempunyai permasalahan air tanah yang kondisinya asam dikarenakan berlahan gambut. Seringkali air tanah dari lahan gambut tersebut langsung dipakai tanpa memperhatikan kualitas air. Dari permasalahan tersebut perlu dikembangkan sistem monitoring pH air, Total Dissolved Solids (TDS) dan pengukuran tingkat kekeruhan air yang akan ditempatkan pada tandon air warga berbasis Internet of Things (IoT). Penelitian ini bertujuan memantau kualitas air secara real time sehingga dapat membantu masyarakat dalam mengelola air bersih. Metode penelitian meliputi perancangan sistem monitoring, kalibrasi sensor, uji coba sistem di lapangan, evaluasi dan analisis data. Hasil penelitian menunjukkan data kalibrasi sensor pada sistem monitoring pH air, TDS, dan kekeruhan air pada tandon mempunyai nilai error dibawah 1% sehingga mempunyai kualitas yang baik. Data error sensor pH air sebesar 0.202% pada rentang 0.02% hingga 0.45%, sedangkan sensor TDS memiliki nilai error 0.367% dengan variasi 0.04% hingga 0.69%, dan sensor kekeruhan nilai errornya 0.36%, dengan kisaran 0.1% hingga 0.6%. Selanjutnya dalam monitoring secara *real time* menggunakan Thingspeak data parameter dapat terpantau dengan baik, yaitu data pH air berada di rentang 6-10, kemudian nilai TDS berada di rentang 0-100%, dan nilai kekeruhan air fluktuatif berada di rentang 0-160NTU. Dengan hasil ini, sistem yang dikembangkan dalam memonitoring kualitas air mampu memberikan data yang akurat untuk mendukung pemantauan kualitas air.

Masuk:

7 Agustus 2025

Diterima:

20 Agustus 2025

Diterbitkan:

8 September 2025

Kata kunci:

Kualitas air, Internet of Things (IoT), sensor pH, TDS, kekeruhan, Thingspeak

1. Pendahuluan

Air memiliki peran krusial dalam eksistensi manusia dan makhluk hidup lainnya, serta tidak ada senyawa lain yang dapat menggantikan fungsinya [1]. Hampir semua aspek kehidupan manusia, mulai dari membersihkan diri, membersihkan tempat tinggal, memasak, hingga aktifitas lainnya, memerlukan air sebagai sumber elemen utama [2]. Oleh karena itu, air bersih merupakan kebutuhan pokok seluruh masyarakat di Indonesia, terutama di daerah Kalimantan Tengah dengan kondisi pemukiman daerah lahan gambut. Menurut Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air bahwa air dari sungai atau sumur di daerah tanah gambut tidak memenuhi standar sebagai air bersih [3]. Hal ini menjadi tantangan bagi warga setempat dalam mengakses layanan air bersih yang umumnya menggunakan sumber air dari sungai atau sumur galian untuk keperluan sanitasi, memasak dan minum.

Air gambut memiliki tingkat keasaman rendah (pH 3-5), berwarna merah kecoklatan, dan kandungan zat organik yang tinggi, sehingga tidak memenuhi persyaratan sebagai sumber air untuk keperluan minum, kebutuhan rumah tangga, atau sebagai bahan baku untuk air minum [4]. Umumnya air minum memiliki pH netral yaitu 7, Konsentrasi zat organik di dalam air gambut terlihat dari warnanya, semakin pekat warnanya maka semakin tinggi pula zat organik yang terkandung di dalamnya [3]. Selain itu, kekeruhan pada air juga mempengaruhi tingkat kebersihan air yang menjadi kebutuhan pokok bagi masyarakat Indonesia khususnya Kalimantan Tengah.

Tingkat kekeruhan air merupakan salah satu indikator penting dalam menilai kualitas air yang layak untuk dikonsumsi

[5] [6]. Menurut *International Organization for Standardization* (1999), kekeruhan terjadi ketika transparansi zat cair berkurang akibat adanya zat-zat terlarut, menyebabkan tampak berkabut atau tidak jernih. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 492 tahun 2010 menetapkan bahwa air minum yang aman harus memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang termasuk parameter wajib. Dalam regulasi ini, batas maksimal kekeruhan air yang aman untuk dikonsumsi adalah 5 NTU (Nephelometric Turbidity Unit [7].

Seringkali dalam setiap rumah tangga tidak bisa melihat kondisi dan kualitas air tanah yang dipakai untuk kebutuhan sehari-hari. Beberapa penelitian sebelumnya sudah mengembangkan tentang pengukuran kualitas air bersih. Penentuan kualitas air minum dalam kemasan ditinjau dari parameter nilai pH dan TDS [8]. Parameter ini menjadi penting untuk diketahui agar kualitas air dapat terjaga [9]. Sistem pengukuran dapat dilakukan secara manual dengan alat ukur dan secara real time menggunakan sistem monitoring [10]. Kendala pada sistem pengukuran secara manual yaitu data yang tidak terukur secara real time dan dapat berubah-ubah apabila air nya berganti [11]. Dari permasalahan tersebut maka dilakukan penelitian sistem monitoring pH air, TDS dan pengukuran tingkat kekeruhan air yang akan ditempatkan pada tandon air warga berbasis IoT. Dengan adanya sistem monitoring ini dapat bertujuan untuk mengetahui bagaimana kondisi pH air, TDS dan tingkat kekeruhannya pada air tandon. Sehingga dapat dilakukan pengecekan atau pemantauan kualitas air tersebut secara *real time*.

2. Metode Penelitian

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

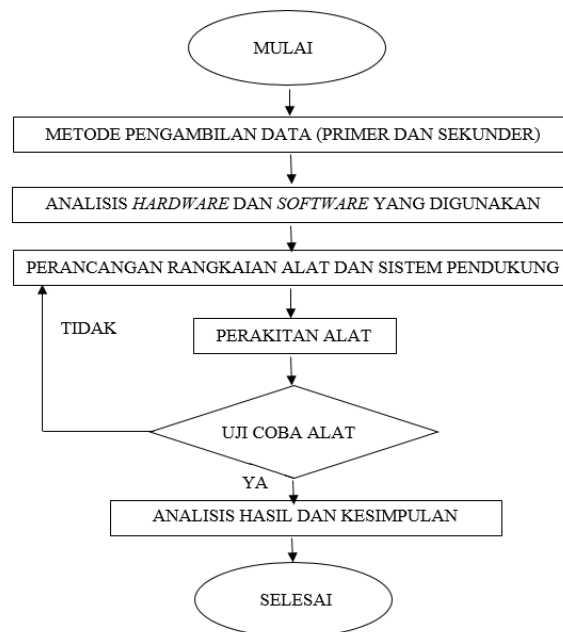
Penelitian sistem monitoring pH air, TDS, dan kekeruhan air dilaksanakan di Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Palangka Raya dan air sumur warga Kelurahan Pahandut Seberang Kota Palangka Raya Provinsi Kalimantan Tengah. Waktu penelitian selama empat bulan, yaitu Bulan April hingga Juli 2025.

2.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pHmeter, alat ukur TDS, alat ukur kekeruhan air, router internet, solder listrik, multimeter digital sebagai alat ukur tegangan, smartphone, dan power supply. Bahan-bahan dalam penelitian yang dilaksanakan adalah sensor pH air, sensor TDS, sensor kekeruhan air, Panel Box, Arduino Uno R3, panel surya, NodeMCU ESP8266 dan baterai.

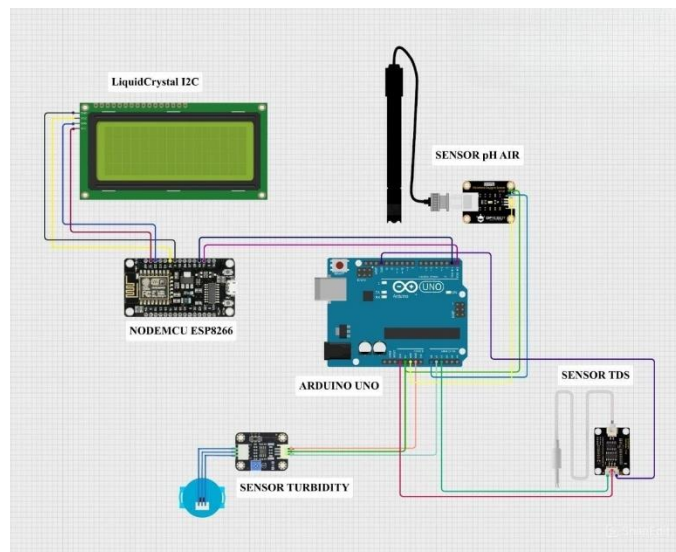
2.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem bertujuan untuk gambaran mengenai sistem yang akan dibuat, serta memahami alur dari sistem tersebut untuk menuju tahap implementasi. Pada Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian yang menggambarkan bagaimana perancangan sistem ini dibuat, dimulai dari tahap pengumpulan data, prancangan alat, uji coba alat hingga tahap analisis hasil dan kesimpulan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Perangkat yang digunakan adalah Arduino Uno, ESP8266, sensor pH air, TDS dan sensor kekeruhan serta dengan LCD I2C sebagai penampil nilai sensor. Adapun skema rangkaian pada sistem monitoring kualitas air dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Rangkaian Sistem Monitoring

Pada Gambar 2 memperlihatkan skema sistem monitoring pH air, TDS, dan kekeruhan air berbasis IoT terdiri atas sistem masukan dan sistem luaran. Pada sistem masukan terdapat sensor pH air, TDS, dan kekeruhan air. Dan pada sistem luaran terdapat sistem android dan sistem modul internet pada ESP8266. Data sensor diukur oleh arduino dengan cloud IoT dan dikirim ke cloud layer menggunakan modul wifi ESP8266. Data sensor selanjutnya diproses pada arduino dan data akan dikirim ke cloud IoT yang akan ditampilkan di interface Thingspeak.

2.4 Pemasangan Perangkat

Sistem monitoring pH air, TDS, dan kekeruhan air dipasang pada tandon air untuk mengukur kualitas air. Pemasangan hardware perlu dioptimalkan untuk menunjang hasil pemantauan pada sistem. Selanjutnya perangkat disambungkan dengan kabel penghubung, dan mengecek kondisi penyimpanan baterai dari panel surya. Implementasi software dikerjakan setelah uji pemasangan alat dapat terkoneksi dengan baik. Pengujian sensor dengan karakterisasi dan kalibrasi juga dioptimalkan sebelum pemasangan perangkat hardware. Adapun sistem yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 3.

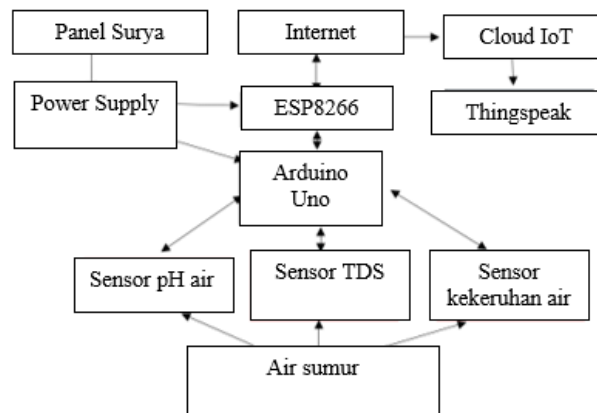


Gambar 3. Desain Sistem Monitoring pada Tandon Air

2.5 Implementasi Software

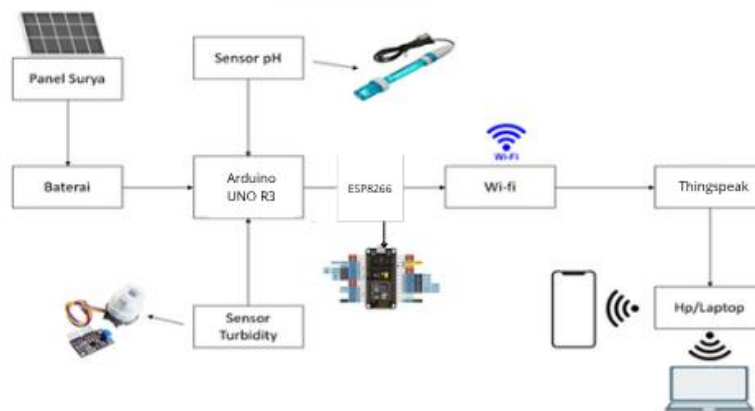
Implementasi software merupakan proses penerapan source code ke dalam aplikasi [12]. Sistem monitoring

menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang dapat terintegrasi internet yang akan ditampilkan melalui Thingspeak. Tampilan pada Thingspeak nantinya akan di setting sesuai dengan parameter yang diukur pada kualitas air. Adapun prinsip kerja sistem dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Blok Diagram Rancangan Alat

Prinsip kerja sistem yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 5. Sistem ini memanfaatkan internet sebagai media untuk mengirim data sensor yang akan ditampilkan pada Thingspeak.



Gambar 5. Prinsip Kerja Sistem Monitoring pada Tandon Air

2.6 Langkah-Langkah Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah rangkaian terpasang dan sudah berjalan coding yang diinputkan pada Arduino Uno dan ESP8266. Adapun Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- Sketch Arduino UNO menggunakan software Arduino IDE.
- Sketch ESP8266 menggunakan Board NodeMCU.
- Koneksikan Arduino UNO, ESP8266 pada port 5V, Ground dan A1, A2, A3 ke port Sensor.
- Hubungkan Arduino UNO dengan ESP8266 pada pin TX dan RX dan Ground.
- Hubungkan Arduino UNO pada LCD I2C.
- Masukkan probe sensor TDS, pH air dan kekeruhan kedalam wadah air.
- Koneksikan dengan internet dan lihat data tampilan pada Thingspeak.
- Nilai pH air, TDS, dan kekeruhan dalam satuan PPM terbaca pada LCD.
- Rubah jenis air untuk mengetahui kadar air yang berbeda untuk kalibrasi sensor.
- Kalibrasi nilai sensor dengan alat standard yang digunakan.
- Analisis data yang dihasilkan dari pengukuran kualitas air.

2.7 Analisis Data

Analisis data yang dilaksanakan dimulai dari kalibrasi sensor dengan alat standard. Hal ini difungsikan untuk mengukur

penyimpangan atau kesalahan pada output sensor. Selain itu juga dengan melihat data sheet pada sensor yang digunakan. Kesalahan dalam kalibrasi sensor dapat dibagi menjadi beberapa jenis seperti kesalahan sistematis (bias) atau kesalahan acak [13]. Error yang didapatkan dalam kalibrasi sensor dengan mencari nilai rata-rata dalam beberapa kali pengukuran kalibrasi. Tujuannya agar sensor dapat memberikan data pengukuran yang akurat. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan nilai error adalah sesuai persamaan (1) berikut [12].

$$Error = \frac{\text{nilai asli} - \text{nilai sensor}}{\text{nilai asli}} \times 100\% \quad (1)$$

Selain itu juga dilakukan kalibrasi untuk menentukan nilai ketidakpastian [13]. Untuk mengetahui nilai atau harga ketidakpastian, yaitu dengan langkah pertama, mencari nilai standar deviasi dengan menggunakan persamaan 2.

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Selanjutnya menghitung nilai ketidakpastian dari pendekatan regresi. Tahapan untuk menemukan nilai ketidakpastian pendekatan regresi yaitu terlebih dahulu menggunakan persamaan regresi (Y_{reg}), pada persamaan 3.

$$Y_{reg} = a + bx \quad (3)$$

Data ini digunakan untuk memperoleh grafik regresi linier, $Y = mx + c$ untuk mengetahui nilai standard eror dalam pengukuran sensor.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kalibrasi Sensor

Sensor-sensor yang baru pertama sekali digunakan, seringkali tidak memberikan bacaan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya [14]. Oleh karena itu perlu dilakukan kalibrasi terhadap sensor-sensor tersebut agar dapat memberikan bacaan yang presisi, sehingga data-data yang diperoleh menjadi lebih valid. Kalibrasi sensor dengan alat standard untuk mencari simpangan pengukuran dan nilai error sensor tersebut [15]. Hal ini bertujuan melihat kemampuan membaca sensitivitas pada sensor sehingga tingkat akurasi semakin baik dan mengidentifikasi potensi kesalahan (error) pada sensor seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



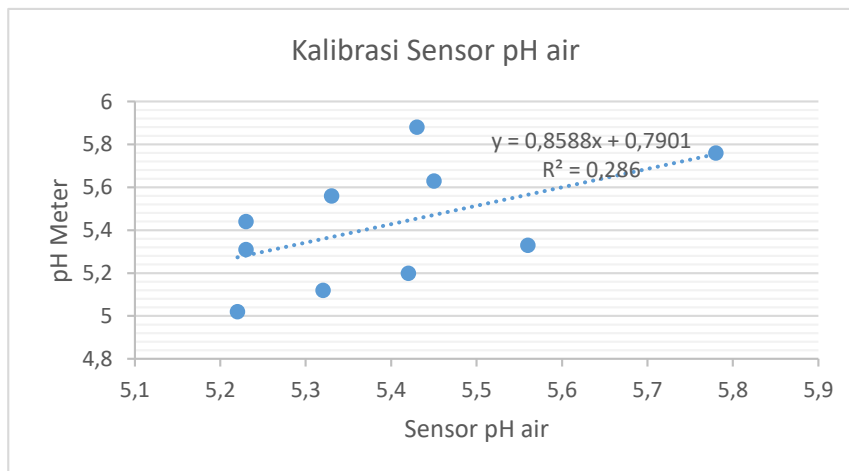
Gambar 6. Kalibrasi Sensor

Hasil data kalibrasi sensor pH air, sensor TDS dan sensor kekeruhan air dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Kalibrasi Sensor

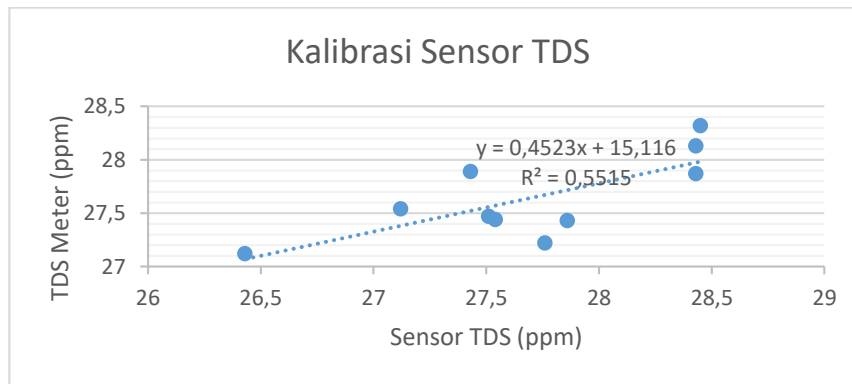
No	Sensor pH air			Sensor TDS (ppm)			Sensor kekeruhan air (NTU)		
	pH meter	pH sensor	Error (%)	TDS meter	Sensor TDS	Error (%)	Alat stand ar	Sensor kekeruhan air	Error (%)
1	5.23	5.44	0.21	27.51	27.47	0.04	20.2	20.8	0.6
2	5.42	5.20	0.22	27.76	27.22	0.54	21.3	21.7	0.4
3	5.33	5.56	0.23	27.86	27.43	0.43	23.5	23.2	0.3
4	5.78	5.76	0.02	28.45	28.32	0.13	30.4	30.8	0.4
5	5.56	5.33	0.23	28.43	28.13	0.3	33.2	33.8	0.6
6	5.32	5.12	0.2	27.54	27.44	0.1	35.3	34.9	0.4
7	5.45	5.63	0.18	26.43	27.12	0.69	40.2	40.1	0.1
8	5.22	5.02	0.2	27.12	27.54	0.42	42.3	42.6	0.3
9	5.43	5.88	0.45	28.43	27.87	0.56	44.3	44.1	0.2
10	5.23	5.31	0.08	27.43	27.89	0.46	45.2	44.9	0.3
Rata-rata error			0.202				0.367		

Dari analisis data kalibrasi pada Tabel 1, diperoleh grafik regresi linier pada kalibrasi sensor pH air yang ditampilkan pada Gambar 7.



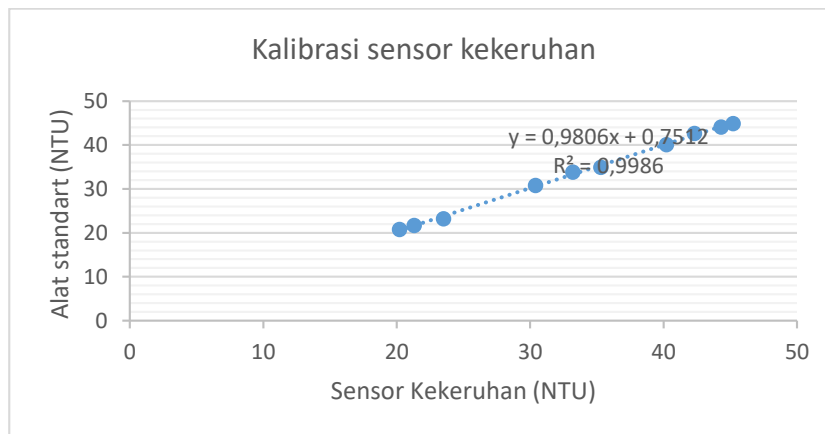
Gambar 7. Grafik Nilai Regresi Linier pada Sensor pH air

Dari perhitungan grafik linier, diperoleh linier regresi $Y = 0.8588x - 0.7901$ dan didapatkan $R^2 = 0.286$. Nilai standart error yang diperoleh dari $r = \sqrt{R^2}$ adalah 0.5347. R merupakan koefisien regresi, dengan nilai R mendekati 1 maka data yang diperoleh semakin baik.



Gambar 8. Grafik Nilai Regresi Linier pada Sensor TDS

Pada Gambar 8 menunjukkan nilai grafik linier pada kalibrasi sensor TDS. Dari perhitungan grafik linier, diperoleh linier regresi $Y = 0.4523x - 15.116$ dan didapatkan $R^2 = 0.5515$. Nilai standart error yang diperoleh dari $r = \sqrt{R^2}$ adalah 0.7440. Nilai tersebut merupakan koefisien regresi, dengan nilai R mendekati 1 maka data yang diperoleh dari kalibrasi sensor TDS baik untuk digunakan dalam pengukuran.



Gambar 9. Grafik Nilai Regresi Linier pada Sensor Kekeruhan

Pada Gambar 9 menunjukkan nilai grafik linier pada kalibrasi sensor kekeruhan air. Dari perhitungan grafik linier, diperoleh linier regresi $Y = 0.9806x - 0.7512$ dan didapatkan $R^2 = 0.9986$. Nilai standart error yang diperoleh dari $r = \sqrt{R^2}$ adalah 0.9993. Nilai tersebut merupakan koefisien regresi, dengan nilai R mendekati 1 maka data yang diperoleh dari kalibrasi sensor kekeruhan baik untuk digunakan dalam pengukuran.

3.2 Perancangan Alat

Pada penelitian ini dilanjutkan dengan perakitan sistem dengan menggunakan alat dan bahan penelitian. Perakitan alat dilakukan dengan melihat skema sistem dan prinsip kerja alat. Perakitan sistem alat disesuaikan skema gambar pada sistem monitoring pH air, TDS, dan kekeruhan air. Hasil dari perakitan sistem berupa implementasi hardware dapat dilihat pada Gambar 10. Kemudian sistem yang dijalankan dengan Arduino untuk menjalankan perintah yang diinputkan pada Arduino Uno R3 dan Node MCU ESP8266.



Gambar 10. Sistem Monitoring pada Tandon Air

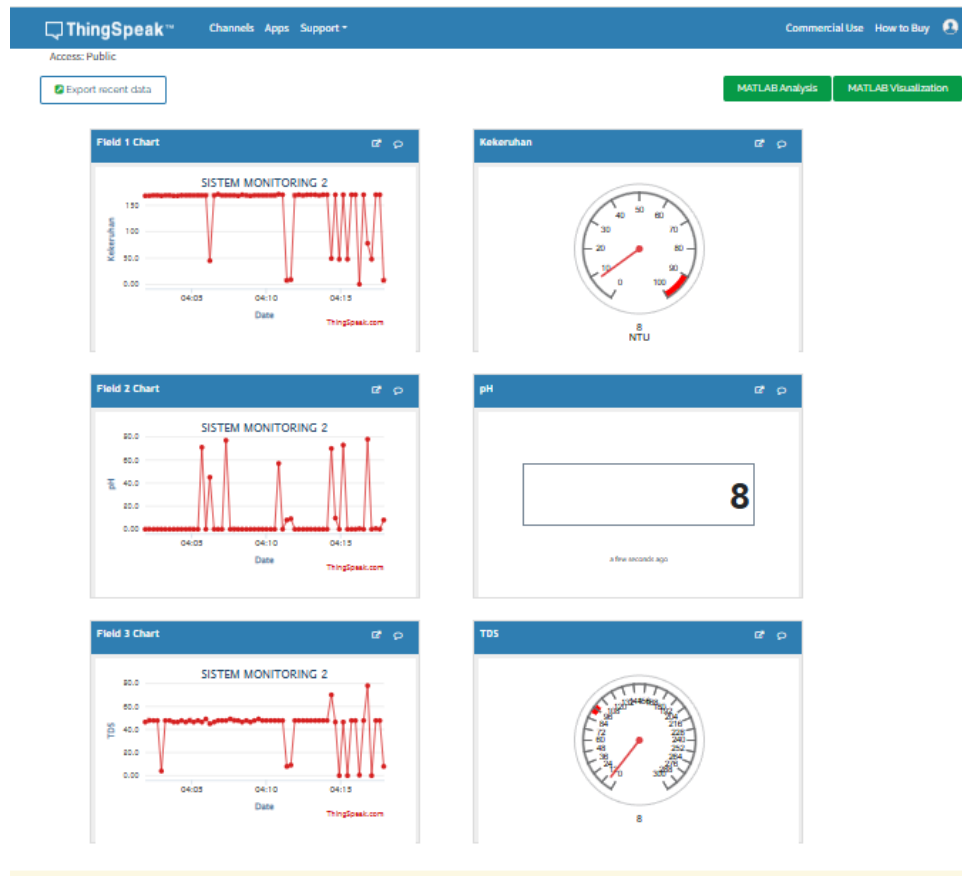
3.3 Uji Coba Sistem

Sistem monitoring pH air, TDS, dan kekeruhan air pada tandon air warga Kelurahan Pahandut Seberang Kota Palangka Raya di uji coba dengan perangkat yang terlihat pada Gambar 11. Data yang dihasilkan akan di ekspor ke drive menggunakan Thingspeak secara real time. Dalam uji coba ini yang diperhatikan adalah konektivitas antara kecepatan jaringan internet sehingga mempengaruhi data input pada Thingspeak.



Gambar 11. Uji Coba Sistem Monitoring pada Tandon Air

Hasil tampilan Thingspeak pada sistem monitoring pH air, TDS, dan kekeruhan air pada tandon air dapat dilihat pada Gambar 12. Data dapat dilihat secara realtime perubahan parameter pH air, nilai TDS dan kekeruhan air. Data yang dihasilkan dapat menjadi acuan parameter kualitas air sumur warga yang digunakan. Data yang dihasilkan Thingspeak beberapa kali terdeteksi eror, hal ini bisa dikarenakan perubahan parameter air secara drastis atau tingkat sensitifitas pengukuran pada sensor dan juga terkendala pada jaringan internet yang kurang stabil. Namun demikian, ketika dibandingkan dengan sistem monitoring yang digunakan secara manual, pengukuran ini lebih efektif untuk memonitoring data parameter kualitas air secara real time.



Gambar 12. Interface pada Thingspeak

4. Kesimpulan

Hasil pengukuran kalibrasi sensor pada sistem monitoring pH air, TDS, dan kekeruhan air pada tandon air berbasis *Internet of Things* (IoT) mempunyai akurasi baik dalam mengukur kualitas air. Data yang dihasilkan pada Thingspeak tercatat sesuai tanggal dan waktu pengukuran. Dari data hasil kalibrasi sensor tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki proses pengukuran data dengan akurasi yang baik. Selanjutnya dalam monitoring secara real time menggunakan Thingspeak data parameter dapat terpantau dengan baik, yaitu data pH air berada di rentang 6-10, kemudian nilai TDS berada di rentang 0-100ppm, dan nilai kekeruhan air fluktuatif berada di rentang 0-160NTU. Namun demikian penelitian yang dilakukan masih mengalami beberapa kendala diantaranya kecepatan internet yang kurang stabil, penempatan sensor yang masih terkendala dengan laju aliran air yang masuk ke tandon. Saran dalam penelitian yang bisa dikembangkan yaitu dengan memperhatikan kecepatan internet yang digunakan, dan dapat menggunakan interface yang lain yang dapat menampilkan data sensor. Selain itu juga perlu dikembangkan sistem otomatisasi apabila air dalam keadaan asam atau keruh sehingga ada proses lanjutan yang bisa dikembangkan untuk penelitian.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai melalui Hibah Program Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat BIMA Tahun 2025. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kemendiknasaintek yang telah mendanai penelitian, selanjutnya kepada Prodi Fisika FMIPA UPR yang telah menyediakan peralatan di laboratorium fisika, dan kepada masyarakat Kelurahan Pahandut Seberang Kota Palangka Raya yang menjadi lokasi pengambilan data penelitian serta seluruh tim penelitian yang telah mendukung penyediaan data pemantauan kualitas air sumur masyarakat.

Daftar Pustaka

- [1] L. G. I. Fatritya, W. Saimah, I. Hadi, and E. Aryanti, "Peran Air Bersih dan Sanitasi dalam Meningkatkan Kualitas Hidup: Tinjauan Literatur terhadap Pencapaian Tujuan SDGs 2030," *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, dan Geofisika*, vol. 6, no. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.29303/geoscienceed.v6i1.598>
- [2] A. E. A. Septyaningrum and W. D. Kurniawan, "Analisa Sistem Pengendalian Dan Monitoring Tingkat Kekeruhan Tandon Air Berbasis Arduino Uno Dan Internet Of Things," *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, Volume 10 Nomor 02 Tahun 2021, 26 - 32
- [3] R. Agnestisia, R. M. Iqbal, A. Damsyik, and W. A. Nareyasa, "Pelatihan Pembuatan Unit Pengolahan Air Gambut Bagi Masyarakat Di Kelurahan Kalampangan, Kota Palangka Raya," *Logista -J. Ilmiah Peng. kepada Masy.*, vol. 6, no. 2, p. 108, Dec. 2022, doi: 10.25077/logista.6.2.108-111.2022.
- [4] D. Suherman and N. Sumawijaya, "Menghilangkan Warna Dan Zat Organik Air Gambut Dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Suasana Basa," *J.Ris.Geo.Tam*, vol. 23, no. 2, p. 125, Nov. 2013, doi: 10.14203/risetgeotam2013.v23.75.
- [5] M. Hidayat and N. Mardiyantoro, "Sistem Pemantauan dan Pengendalian pH Air Berbasis IoT Menggunakan Platform Arduino," *j. penelit. dan pengabd. kpd. masy. unsiq*, vol. 7, no. 1, pp. 65-70, Jan. 2020, doi: 10.32699/ppkm.v7i1.1039.
- [6] R. Sari and A. Fata, "Sistem Pemantauan dan Pengendalian Kekeruhan Berbasis Internet of Things Untuk Aplikasi Pada Proses Pengolahan Air Bersih," *Jurnal Serambi Engineering*, Volume IX, No.2, April 2024. <https://doi.org/10.32672/jse.v9i2.1336>
- [7] T. Rikanto, "Sistem Monitoring Kualitas Kekeruhan Air Berbasis Internet Of Thing," *JF*, vol. 11, no. 2, pp. 87-90, Aug. 2021, doi: 10.37859/jf.v11i2.2714.
- [8] W. Krisno, R. Nursahidin, R. Y. Sitorus, and F. R. Ananda, "Penentuan Kualitas Air Minum Dalam Kemasan Ditinjau Dari Parameter Nilai Ph Dan Tds". *Jurnal Integrasi* Vol. 14 No. 1, April 2022, 61-68. DOI: <https://doi.org/10.33019/snppm.v5i0.2747>
- [9] S. Nugraha, R. T. Putra, R. Pramana, H. A. Kusuma, E. Prayetno, and D. Nusyirwan, "Monitoring Keasaman dan Kekeruhan Air menggunakan Mikrokontroler Berbasis Internet of Things," *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan*, vol. 09, no. 02, 2020.
- [10] A. B. Fakhrihal, Y. Romdania, E. P. Wahono, and A. Herison, "Kalibrasi Alat Ukur Sedimen Tersuspensi Berbasis Turbidity Sensor". *JRSDD*, Edisi Desember 2022, Vol.10, No.4, Hal:591-604 DOI: <https://doi.org/10.23960/jrsdd.v10i4.2857>
- [11] A. D. Pangestu, F. Ardianto, and B. Alfaresi, "SISTEM MONITORING BEBAN LISTRIK BERBASIS ARDUINO NODEMCU ESP8266," *JA*, vol. 4, no. 1, p. 187, Jun. 2019, doi: 10.31851/ampere.v4i1.2745.
- [12] S. Arifin, N. Kurniawati, R. Agustiani, and G. Elsandika, "Sistem Monitoring Kesuburan Lahan Pertanian menggunakan Sensor pH, Sensor Suhu, Intensitas Cahaya, dan Kelembapan Tanah Berbasis Internet of Things," *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, vol. 05, no. 02, 2025.
- [13] D. R. Tisna, B. J. Martin Putra, T. Maharani, and H. Hasnira, "Metode Peningkatan Akurasi pada Sensor TDS Berbasis Arduino untuk Nutrisi Air Menggunakan Regresi Linier," *JJ*, vol. 14, no. 1, pp. 61-68, Apr. 2022, doi: 10.30871/ji.v14i1.3906.
- [14] J. Mailoa, E.P Wibowo, and R. Iskandar "Sistem Kontrol dan Monitoring Kadar PH Air pada Sistem Akuaponik Berbasis NodeMCU ESP8266 Menggunakan Telegram," *jikstik*, vol. 19, no. 4, Dec. 2020, doi: 10.32409/jikstik.19.4.336.
- [15] D. Ramdani, F. M. Wibowo, and Y.A. Setyoko "Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Suhu Dan Monitoring pH Air Aquascape Berbasis IoT (Internet Of Thing) Menggunakan Nodemcu Esp8266 Pada Aplikasi Telegram," *J. OF INISTA*, VOL. 3, NO. 1, PP.059-068, NOV 2020, DOI: 10.20895/INISTA.V2I2