

Perancangan Sensor Kekeruhan Air Menggunakan Led dan Photodiode Sebagai Pemancar dan Penerima Gelombang Cahaya

Indra Fitriyanto^{1*}; Tri Haryanti¹; Icha Fatwasauri¹; Danang Putranto¹

1. Program Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol, Politeknik Negeri Indramayu, Jl. Lohbener Lama No.08, Legok, Kec. Lohbener, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat 45252, Indonesia

*Email: indrafitriyanto@polindra.ac.id

Received: 19 September 2024 | Accepted: 24 Desember 2024 | Published: 24 Desember 2024

ABSTRACT

Water is one of the basic human needs whose quality must be maintained to meet applicable health standards. To meet the needs of clean water for the community, each region has its own business entity, commonly called PDAM. In order for the water produced by PDAM to maintain its quality, it is necessary to monitor water quality parameters. One of the parameters that greatly determines water quality is the turbidity level. To monitor the turbidity level of water, PDAM conducts laboratory tests with fairly expensive equipment. In addition, laboratory test results cannot be known directly in real-time. Therefore, it is necessary to develop a cheaper water turbidity sensor that is able to display measurement results in real-time. The sensor made uses an LED as a light wave transmitter and a photodiode as a light wave receiver with a configuration forming a 90° angle between the two. The measurement results of the sensor made are then compared with the turbidity sensor used in laboratory tests. Based on the measurements that have been carried out, the turbidity sensor made has a difference of less than 10% with the laboratory test sensor. This artificial sensor is also effective when used to measure turbidity levels between 50-1100 NTU. If it is more than this range, the measurement deviation will be greater..

Keywords: water quality, water turbidity, turbidity sensor

ABSTRAK

Air merupakan salah satu kebutuhan dasar bagi manusia yang kualitasnya perlu dijaga agar sesuai dengan standar kesehatan yang berlaku. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat, setiap daerah memiliki badan usaha masing-masing yang biasa disebut dengan PDAM. Agar air yang diproduksi oleh PDAM dapat terjaga kualitasnya, maka perlu dilakukan pemantauan parameter kualitas air. Salah satu parameter yang sangat menentukan kualitas air adalah tingkat kekeruhan. Untuk memantau tingkat kekeruhan air, PDAM melakukan uji lab dengan peralatan yang cukup mahal. Selain itu, hasil uji lab tidak bisa langsung diketahui secara real-time. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sensor kekeruhan air yang lebih murah, dan mampu menampilkan hasil pengukuran secara real-time. Sensor yang dibuat menggunakan LED sebagai pemancar gelombang cahaya dan fotodiode sebagai penerima gelombang cahaya dengan konfigurasi membentuk sudut 90° antara keduanya. Hasil pengukuran sensor yang dibuat kemudian dibandingkan dengan sensor kekeruhan yang dipakai dalam uji laboratorium. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, sensor kekeruhan yang dibuat memiliki selisih kurang dari 10% dengan sensor uji lab. Sensor yang dibuat juga efektif ketika digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan antara 50-1100 NTU. Jika lebih dari rentang tersebut, maka penyimpangan pengukuran akan semakin besar.

Kata kunci: kualitas air, kekeruhan air, sensor kekeruhan

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan dasar bagi manusia yang kualitasnya perlu dijaga agar sesuai dengan standar kesehatan yang berlaku. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat, setiap daerah memiliki badan usaha masing-masing yang biasa disebut dengan PDAM. Agar air yang diproduksi oleh PDAM dapat terjaga kualitasnya, maka perlu dilakukan pemantauan parameter kualitas air. Salah satu parameter yang sangat menentukan kualitas air adalah tingkat kekeruhan. Untuk memantau tingkat kekeruhan air, PDAM melakukan uji lab dengan peralatan yang cukup mahal. Selain itu, hasil uji lab tidak bisa langsung diketahui secara real-time. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sensor kekeruhan air yang lebih murah, dan mampu menampilkan hasil pengukuran secara real-time.

Beberapa peneliti sebelumnya telah mengembangkan sensor kekeruhan air yang lebih murah dan praktis penggunaannya. Rachmansyah dkk [1] mengembangkan sensor kekeruhan air menggunakan LED dan fotodiode sebagai sensor serta mikrokontroler Atmega 32 sebagai pusat kendalinya. Hasil pembacaan dari sensor tersebut kemudian disimpan ke dalam *memory card* menggunakan *data logger* dan belum bisa menampilkan data secara *real-time*. Sensor yang dibuat hanya mampu mengukur kekeruhan air maksimal 20NTU dengan *error* rata-rata 7,56%, sedangkan kekeruhan air baku PDAM bisa mencapai ratusan NTU.

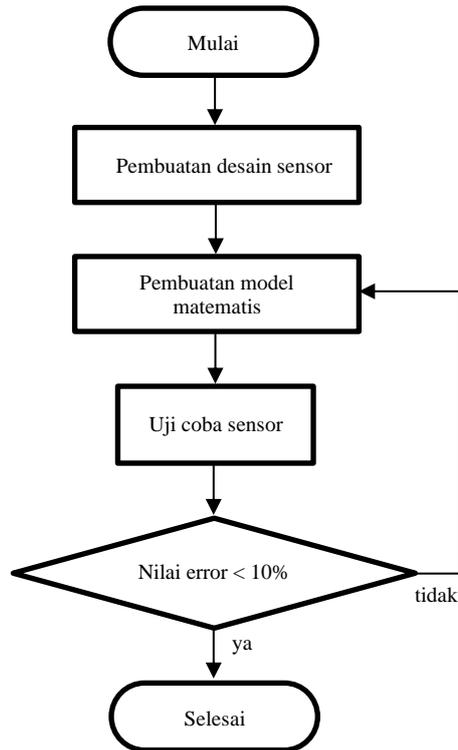
Penggunaan teknologi terbaru seperti metode *image processing* [2], [3] juga telah diterapkan untuk mengetahui tingkat kekeruhan air. Metode tersebut menggunakan citra kamera yang akan diolah menggunakan pemrograman komputer, sehingga dapat diketahui tingkat kekeruhan air yang diuji. Selain kamera, penggunaan sensor optik [4], [5], [6] juga banyak digunakan seperti CCD sensor, sensor inframerah, dan sensor fotodiode. Sensor tersebut mendeteksi cahaya yang dihamburkan oleh partikel terlarut di dalam air yang menyebabkan air keruh. Semakin keruh air yang diuji, maka jumlah gelombang yang diterima oleh sensor akan kecil. Sebaliknya semakin jernih air yang diuji, maka semakin banyak jumlah gelombang yang diterima sensor. Beberapa penelitian juga memvariasikan posisi antara pemancar dan penerima gelombang [7], [8], [9]. Posisi antara pemancar dan penerima gelombang bervariasi antara 0° - 180° . Posisi sensor tersebut berkaitan dengan hamburan cahaya yang akan diterima oleh sensor.

Hasil pembacaan sensor kekeruhan selama ini masih bersifat pengujian sampel, dan belum bisa secara *real-time* [10]. Pada instalasi pengolahan air PDAM, pembacaan kekeruhan air secara *realtime* diperlukan untuk mengetahui tingkat kekeruhan air baku yang akan masuk ke dalam proses koagulasi. Tingkat kekeruhan tersebut akan menentukan dosis zat koagulan yang diperlukan untuk menggumpalkan partikel terlarut dalam air. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sensor kekeruhan air yang murah, handal, akurat, dan dapat diketahui hasilnya secara *realtime*.

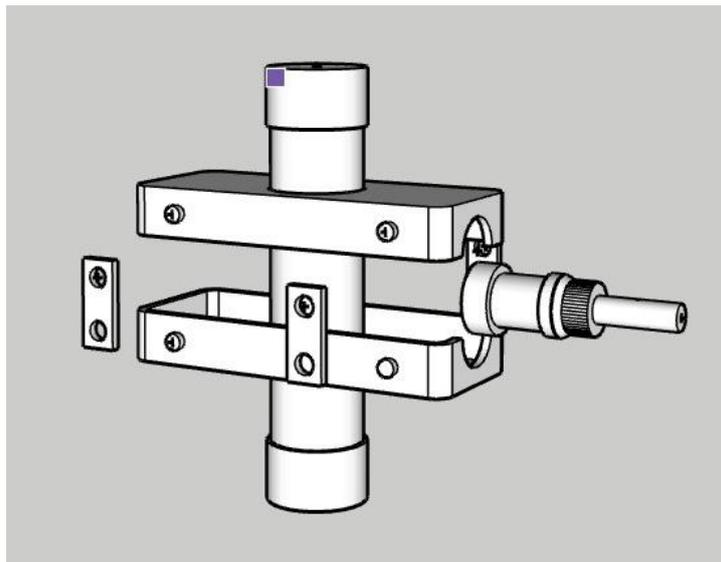
2. METODE PENELITIAN

Secara umum, tahapan penelitian ini dapat dijelaskan seperti pada gambar 1. Penelitian diawali dengan membuat desain sensor menggunakan bantuan *software* Google Sketchup. Hasil desain yang dibuat dapat dilihat pada gambar 2. Sensor terdiri dari LED sebagai pemancar gelombang cahaya dan fotodiode sebagai penerima gelombang cahaya. Sensor tersebut dimasukkan ke dalam pipa PVC ukuran $\frac{1}{2}$ " dan ditutup dengan pelindung sensor yang terbuat dari plastik PLA hasil cetakan printer 3D. LED dan fotodiode diatur

agar membentuk sudut 90° satu sama lain dan dihubungkan ke mikrokontroler menggunakan konektor tipe *aviation plug*.



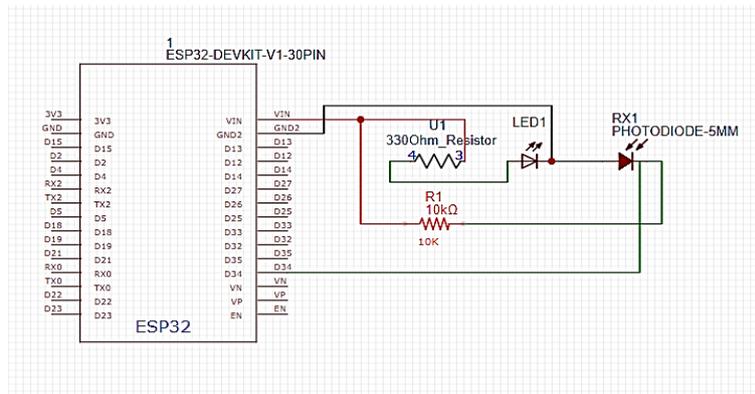
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Desain sensor kekeruhan

Tahap selanjutnya adalah mencari hubungan antara nilai ADC (*Analog to Digital Converter*) yang dibaca oleh sensor buatan terhadap nilai NTU dari sensor yang standar. Pembacaan ADC dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 seperti yang

ditunjukkan oleh gambar 3. ESP32 dipilih karena memiliki rentang bit yang cukup tinggi yaitu 12bit, sehingga hasil pembacaan ADC bisa lebih akurat. Hubungan antara ADC dan NTU kemudian dibuat model matematika dan dicari persamaan garisnya menggunakan metode regresi linier. Model matematika yang sudah dibuat kemudian dimasukkan ke dalam pemrograman mikrokontroler untuk mengetahui nilai NTU berdasarkan pembacaan sensor yang dibuat. Pada tahap ini, sensor yang dibuat sudah bisa digunakan untuk membaca nilai kekeruhan air dalam satuan NTU



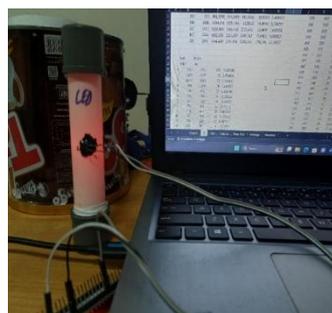
Gambar 3. Skema rangkaian pembacaan ADC

Tahap terakhir adalah melakukan uji coba sensor untuk mengukur nilai kekeruhan air dalam satuan NTU. Uji coba dilakukan dengan mengukur sampel air keruh dalam rentang kekeruhan 0 sampai 1200 NTU. Hasil pembacaan sensor buatan kemudian dibandingkan dengan sensor standar. Perbandingan tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat kesalahan dari sensor yang dibuat. Jika *error* atau tingkat kesalahan lebih dari 10%, maka harus dilakukan ulang pemodelan matematika dan dicari persamaan regresi linier-nya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pembacaan ADC Sensor

Sensor yang telah dibuat kemudian dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 untuk dilakukan pembacaan nilai ADC dari sampel air. Pembacaan nilai ADC dilakukan selama 2 menit dengan bantuan *data logger Microsoft Excel* dan hasil pembacaan tersebut kemudian diambil rata-rata. Sampel yang sama kemudian dilakukan pengujian kekeruhan menggunakan sensor *turbidity* standar. Proses pengujian dapat dilihat pada gambar 4 dan hasil pengujian ADC dapat dilihat pada tabel 1.



(a)



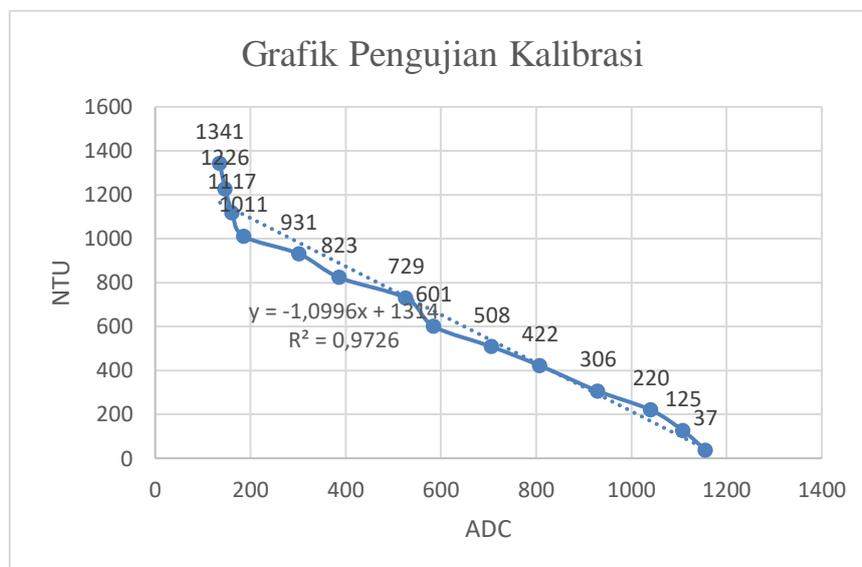
(b)

Gambar 4. (a) Pengujian nilai ADC (b) Pengujian nilai NTU

Tabel 1. Pengujian nilai ADC terhadap kekeruhan air (NTU)

No	ADC	Kekeruhan (NTU)
1	1156	37
2	1109	125
3	1041	220
4	930	306
5	808	422
6	707	508
7	585	601
8	527	729
9	387	823
10	302	931
11	186	1011
12	162	1117
13	147	1226
14	136	1341

Hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel 1 kemudian dibuat grafik untuk diketahui persamaan garisnya. Berdasarkan data pada tabel tersebut diperoleh persamaan garis $Y = -1,00996X + 1314$. Di mana Y adalah NTU dan X adalah ADC. Pada grafik tersebut juga diketahui nilai koefisien determinasi atau R^2 sebesar 0,9726 yang berarti nilai parameter ADC dan NTU memiliki keterkaitan satu sama lain. Persamaan garis tersebut kemudian dimasukkan ke dalam pemrograman sehingga sensor yang dibuat bisa mengukur tingkat kekeruhan air dalam satuan NTU.



Gambar 5. Grafik hubungan antara NTU dan ADC

3.2. Hasil Pengujian Sensor Buatan dalam Satuan NTU

Sensor kekeruhan yang dibuat telah dapat mengukur tingkat kekeruhan air dalam satuan NTU. Hasil pengukuran sensor buatan kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran sensor standar. Tujuan dari perbandingan tersebut adalah untuk mengetahui seberapa besar tingkat kesalahan atau *error* dari sensor yang dibuat. Jika *error* yang diperoleh melebihi 10% maka kalibrasi ulang harus dilakukan. Hasil perbandingan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan NTU Rancangan dan NTU Standar

No	Sensor Standar	Sensor Buatan	Error
1	1313	1155	12,03
2	1085	1101	1,47
3	1047	1086	3,72
4	980	1050	7,14
5	886	963	8,69
6	789	850	7,73
7	652	705	8,12
8	436	410	5,96
9	317	299	5,68
10	226	215	4,86
11	172	168	2,32
12	113	102	9,73
13	68	64	5,88

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa nilai NTU antara sensor buatan dan sensor standar memiliki eror di bawah 10%. Pada pengujian di atas 1000 NTU, sensor buatan mengalami eror di atas 10%, sehingga sensor buatan hanya efektif untuk mengukur kekeruhan air dalam rentang 50-1100 NTU. Jika lebih dari rentang tersebut, maka eror akan semakin besar.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sensor yang dibuat cukup baik dalam mengukur tingkat kekeruhan air. Hasil perbandingan antara sensor buatan dan sensor standar menunjukkan bahwa sensor buatan memiliki *error* di bawah 10% untuk rentang kekeruhan 50-1100 NTU. Jika sensor digunakan untuk mengukur kekeruhan lebih dari rentang tersebut, maka *error* akan di atas 10%. Pemancar gelombang cahaya yang digunakan adalah LED, sehingga rawan terjadi interferensi dengan cahaya luar. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya perlu menggunakan pemancar yang tidak terganggu dengan cahaya luar seperti inframerah. Selain penggantian sensor, proses pengambilan sampel juga harus diperhatikan. Ketika setelah menggunakan sensor untuk mengukur sampel, harus dipastikan bahwa sensor benar-benar bersih dari air sampel. Jika air sampel masih tertinggal di dinding sensor, maka akan mengakibatkan kontaminasi sampel yang mengakibatkan sensor tidak menampilkan hasil yang sesungguhnya.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Negeri Indramayu yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Rachmansyah, S. B. Utomo, and Sumardi, "Perancangan Dan Penerapan Alat Ukur Kekeruhan Air Menggunakan Metode Nefelometrik Pada Instalasi Pengolahan Air Dengan Multi Media Card (Mmc) Sebagai Media Penyimpanan (Studi Kasus Di Pdam Jember)," BERKALA SAINTEK, vol. 2, no. 1, pp. 17–21, 2014.
- [2] D. Mullins, E. Jones, M. Glavin, D. Coburn, L. Hannon, and E. Clifford, "A novel image processing-based system for turbidity measurement in domestic and industrial wastewater," *Water Science and Technology*, vol. 77, no. 5, pp. 1469–1482, Mar. 2018, doi: 10.2166/wst.2018.030.
- [3] Y. Zhu, P. Cao, S. Liu, Y. Zheng, and C. Huang, "Development of a New Method for Turbidity Measurement Using Two NIR Digital Cameras," *ACS Omega*, vol. 5, no. 10, pp. 5421–5428, Mar. 2020, doi: 10.1021/acsomega.9b04488.
- [4] K. Azil, A. Altuncu, K. Ferria, S. Bouzid, Ş. A. Sadık, and F. E. Durak, "A faster and accurate optical water turbidity measurement system using a CCD line sensor," *Optik (Stuttg)*, vol. 231, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.ijleo.2021.166412.
- [5] A. F. Bin Omar and M. Z. Bin MatJafri, "Turbidimeter design and analysis: A review on optical fiber sensors for the measurement of water turbidity," Oct. 2009. doi: 10.3390/s91008311.
- [6] M. A. Adzuan, M. H. F. Rahiman, and A. A. Azman, "Design and Development of Infrared Turbidity Sensor for Aluminium Sulfate Coagulant Process," in *2017 IEEE 8th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC 2017)*, Shah Alam: IEEE, Aug. 2017.
- [7] H. Liu et al., "Generalized weighted ratio method for accurate turbidity measurement over a wide range," *Opt Express*, vol. 23, no. 25, p. 32703, Dec. 2015, doi: 10.1364/oe.23.032703.
- [8] B. G. B. Kitchener et al., "A low-cost bench-top research device for turbidity measurement by radially distributed illumination intensity sensing at multiple wavelengths," *HardwareX*, vol. 5, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.ohx.2019.e00052.
- [9] B. G. B. Kitchener, J. Wainwright, and A. J. Parsons, "A review of the principles of turbidity measurement," *Prog Phys Geogr*, vol. 41, no. 5, pp. 620–642, Oct. 2017, doi: 10.1177/0309133317726540.
- [10] M. N. Barabde and S. R. Danve MITCOE, "Continuous Water Quality Monitoring System for Water Resources at Remote Places," *International Journal of Engineering Research and General Science*, vol. 3, no. 2, [Online]. Available: www.ijergs.org