

Pemanfaatan Teknologi *IoT* berbasis Sensor dan Arduino untuk Observasi Polutant Limbah Cair Industri pada Air Lingkungan

Utilization of IoT Technology based on Sensors and Arduino for Observation of Industrial Liquid Waste Pollutants in Environmental Water

¹Vemy Nathasya*, ²Suroso, ³Irawan Hadi

¹²³Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jalan Srijaya Negara, Bukit Besar, Kec. Ilir Barat I, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30139, Indonesia

*e-mail: vemynathasya161@gmail.com

(received: 10 Juli 2022, revised: 11 Juli 2022, accepted: 16 Juli 2022)

Abstrak

Air memegang peranan vital dalam kehidupan manusia. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990, kriteria air bersih dan sehat adalah bersih dan jernih, tidak berbau, bebas dari bau, zat beracun, dan zat kimia yang berlebih dengan standar keasamaan air (pH) yang dapat dikonsumsi adalah 6,5 sampai dengan 9,2 dan termasuk dalam batas minimum total padatan terlarut (TDS). Oleh karena itu dalam penelitian ini dirancang sebuah alat ukur yang terdiri dari kriteria yang termasuk dalam standar air bersih dan sehat yang mudah diterapkan dekat dengan lingkungan perindustrian. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui sistem perancangan alat untuk mengukur kualitas mutu air dengan teknologi arduino uno berbasis *IoT*, (2) mengetahui proses telekomunikasi yang terjadi pada sensor yang terintegrasi ke internet, serta (3) mengetahui hasil analisis dari alat pengukur kualitas mutu air dengan teknologi arduino uno berbasis *IoT*. Penelitian ini melakukan pengujian terhadap sampel air di daerah industri. Pengujian dilakukan dengan 3 jenis sensor, yakni sensor pH, sensor TDS, dan sensor *turbidity* yang dikontrol oleh mikrokontroler. Hasil penelitian ini menunjukkan tingkat pH, zat padat yang terlarut dan tingkat kekeruhan pada air yang dapat dipantau kapanpun dan dimanapun melalui aplikasi selagi terhubung ke internet. Dengan alat ini, sangat mempermudah tahap pengujian zat polutan di sungai terbukti dalam satu kali pengujian dapat menghasilkan 3 data dengan parameter yang berbeda.

Kata kunci: Air, *Internet of things*, Pengujian zat pollutant, Kualitas air, Sungai tercemar

Abstract

Water plays a vital role in human life. Based on the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia No. 416 / MENKES / PER / IX / 1990, the criteria for clean and healthy water are clean and clear, tasteless, free from odors, toxic substances, and excess chemicals with a water taste standard (pH) that can be consumed is 6.5 to 9.2 and is included in the minimum limit of total dissolved solids (TDS). Therefore, in this study, a measuring instrument was designed consisting of criteria included in clean and healthy water standards that are easy to apply close to the industrial environment. This study aims to (1) find out the system of designing tools to measure water quality with IoT-based Arduino Uno technology, (2) knowing the telecommunications process that occurs in sensors integrated into the internet, and (3) knowing the analysis results of water quality measuring devices with IoT-based Arduino Uno technology. This study conducted testing of water samples in industrial areas. The test was carried out with 3 types of sensors, namely pH sensors, TDS sensors, and turbidity sensors controlled by microcontrollers. The results of this study show the level of pH, dissolved solids and the level of turbidity in water that can be monitored anytime and anywhere through an application while connected to the internet. With this tool, it greatly facilitates the stage of testing pollutants in rivers, it is proven that in one test, it can produce 3 data with different parameters.

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

Keywords: *Internet of things, River, Testing of pollutants, Water, Water quality*

1 Pendahuluan

Salah satu dari sekian banyak kebutuhan primer yang sangat diperlukan di bumi ini ialah air [1]. Air terbagi menjadi 3 jenis diantaranya air permukaan, air angkasa, dan air tanah. Berdasarkan letaknya, air permukaan tercemar dengan mudah daripada air tanah atau air angkasa, karena berhadapan langsung dengan polutan sehingga terkontaminasi lebih dahulu [2]. Peran penting air bersih dalam kehidupan manusia disebabkan kebutuhan dorongan manusia dalam menciptakan kehidupan sehat [2]. Ketersediaan air bersih untuk mencukupi standar kebutuhan masyarakat perkotaan semakin sulit dicapai seiring kenaikan jumlah penduduk dan industri.

Tubuh manusia membutuhkan asupan air yang berkualitas baik sehari-harinya, oleh karena itu air bersih diwajibkan sesuai dengan standar air minum Indonesia yang tertera dalam PP No. 82 Tahun 2001 dan Keputusan Menteri No. 907 Tahun 2002 [3], [4]. Dengan peningkatan kebutuhan air bersih akan menyebabkan keterbatasan air bersih, sehingga manajemen pengiriman air bersih perlu dilakukan untuk pemerataan penyaluran air bersih ke konsumen [2]. Beberapa parameter yang dapat mempengaruhi kualitas air diantaranya adalah kadar pH, tingkat kekeruhan air, serta jumlah zat yang terlarut pada air. Parameter-parameter tersebut dapat diuji menggunakan alat ukur yang dijual dipasaran. Namun, ketiga parameter tersebut memiliki alat ukur yang terpisah, sehingga saat hendak melakukan pengujian perlu membeli ketiga alat ukur yang berbeda.

Era globalisasi 4.0 saat ini sedikit banyak membantu kebutuhan manusia dalam mengerjakan aktivitas hariannya. Penerapan konsep IoT merupakan temuan yang dapat menawarkan kemudahan tersebut. Seiring berkembangnya zaman, konsep IoT semakin sering dimanfaatkan dalam berbagai sektor. *Internet of Things (IoT)* adalah sebuah perangkat nirkabel yang dimanfaatkan dalam proses pengiriman data dengan menggunakan media internet [5]. Konsep dasar IoT berupa sistem kendali cerdas yang tertanam (*embedded*) dan menggunakan sensor untuk mengukur objek [6]. Kerja *node* adalah memanfaatkan internet dalam proses komunikasi dan interaksi data [6]. Rancangan alat pada penelitian ini memanfaatkan teknologi IoT yang dapat memberikan keefektifan dan kemudahan bagi para pengguna. Salah satu alat yang dapat mewujudkan konsep IoT tersebut adalah mikrokontroler. Mikrokontroler adalah chip mikrokomputer yang bentuknya berupa sebuah IC (*Integrated Circuit*) [7]. Arduino merupakan salah satu dari banyak merek mikrokontroler. Arduino tersusun dari modul siap pakai (*shield*) yang terpasang pada *board* dan *support* untuk memanggil library pemrograman [8].

Pada penelitian ini, penggabungan dan kendali dari sensor PH, TDS, kekeruhan air dilakukan oleh mikrokontroler dengan teknologi internet dan dapat ditampilkan pada aplikasi. Maka dari itu dirancang sebuah alat ukur dengan memanfaatkan ketiga sensor tersebut dalam sebuah sistem kendali dari mikrokontroler Arduino berbasis IoT untuk memudahkan pengguna terutama di sungai dekat dengan lingkungan perindustrian. Dari uraian latar belakang tersebut, penulis mengambil judul “Pemanfaatan Teknologi IOT Berbasis Sensor Dan Arduino Untuk Observasi Polutan Limbah Cair Industri Pada Air Lingkungan” dalam penelitian ini.

2 Tinjauan Literatur

Dampak negatif yang dari pesatnya pembangunan industri salah satunya ialah pencemaran lingkungan. Banyak industri terkait yang tidak mengolah limbah sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan dan dibuang tanpa ada pengolahan lebih lanjut sehingga berbahaya terhadap lingkungan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pengawasan terhadap pencemaran air sungai tanpa harus ditinjau langsung ke lokasi agar lebih mudah dan dapat ditinjau setiap saat dan dimana saja. Salah satu caranya ialah dengan memanfaatkan teknologi terkini.

Pengawasan tingkat buruk dan baiknya kualitas air dilakukan sebagai bahan kajian terkait kebutuhan air bersih bagi masyarakat. Kualitas air sangat berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hendrawati dan timnya [9] sistem monitoring pencemaran air sungai berbasis *IoT* dalam penelitian ini menggunakan 3 parameter yaitu kadar pH, tingkat suhu dan tingkat kekeruhan pada air sungai untuk menguji kualitas air. Selain itu pada penelitian yang dilakukan oleh Prakoso [10] dan juga penelitian yang dilakukan oleh Islam [11] yang sama sama menggunakan *LoRa* dan aplikasi IoT hanya berbeda di parameter pengukurannya.

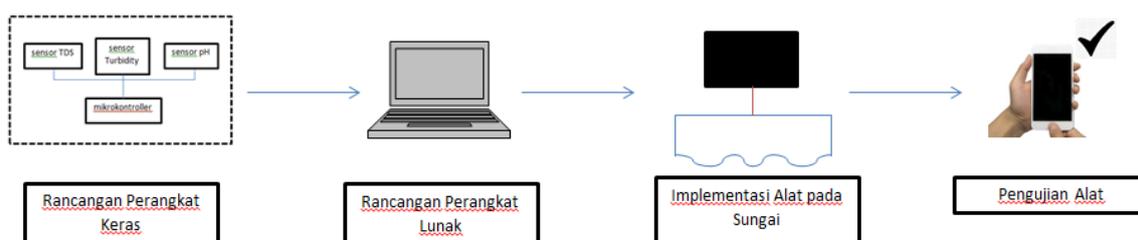
<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

Lain halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Hardjianto yang menggunakan sensor Ultrasonik dalam penelitiannya [12]

Pada penelitian ini akan memperkenalkan sebuah alat yang dapat mengui pencemaran pada air sungai dengan 3 parameter yaitu, kadar pH, tingkat kekeruhan serta jumlah zat padat yang terlarut pada air yang datanya nanti akan dikirim dan di tampilkan pada aplikasi berbasis *IoT*.

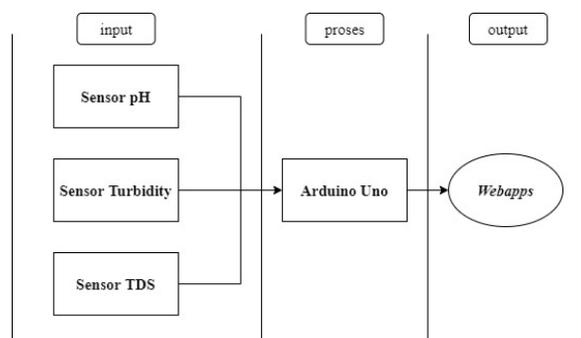
3 Metode Penelitian

Metode *Research and Development* dipilih oleh penulis dalam penelitian ini, dan dilanjutkan pengujian sensor dan kinerja alat secara menyeluruh. Bagian terpenting pada tahapan penelitian adalah kerangka penelitian karena tahapan-tahapan yang akan dicapai dapat diketahui. **Error! Reference source not found.** merupakan tahap pelaksanaan penelitian yang dapat memudahkan proses perancangan alat.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

3.1 Rancangan Perangkat Keras



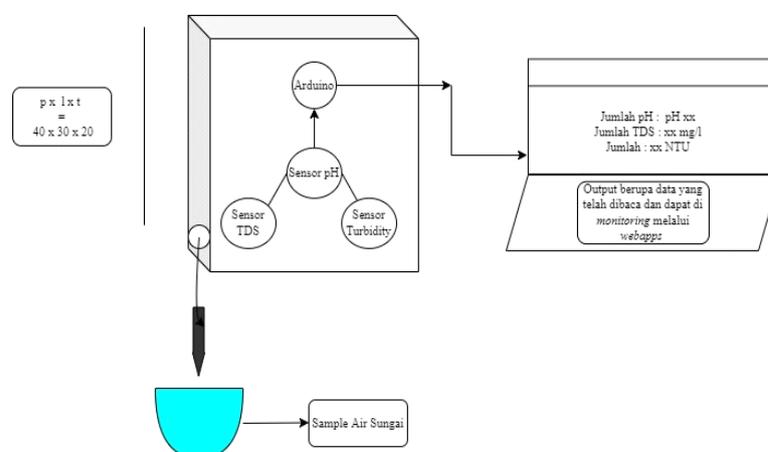
Gambar 2. Blok diagram perancangan *hardware*

Seperti yang terlihat pada Gambar 2 terdapat beberapa komponen yang digunakan dalam pembuatan alat pada kajian yang dilakukan, yaitu ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Perangkat Keras

Spesifikasi	Keterangan
Modul Mikrocontroller	Robotdyn Uno <i>wifi</i> R3 ESP826632
Sensor	- pH meter electrode, modul 4502C - Turbidity module - Gravity TDS Meter

Pada penelitian ini, sensor yang digunakan terdiri dari 3 buah, yaitu sensor pH, *turbidity*, dan TDS. Sensor pH dalam penelitian ini berupa probe electrode yang memiliki range pengukuran pH cairan 0-14. Tingkat akurasi dari sensor adalah $\pm 0,1$ pada suhu 25°C dengan waktu respon ≤ 60 detik. Sensor kekeruhan *turbidity* sensor SKU:A05010 dipilih dalam penelitian ini, sensor ini memiliki prinsip kerja nephelometric, yaitu bekerja dengan prinsip menangkap pantulan cahaya yang disebabkan oleh sumber cahaya terhadap media ukur (lewat) untuk mengetahui tingkat kekeruhan. Pemanfaatan pantulan cahaya terhadap objek yang diukur digunakan dalam kerja sensor ini. Keluaran analog dari sensor ini sebesar 0 sampai dengan 4,5 V pada waktu respon 500 ms. Gambar 3 merupakan desain akhir dari *prototype* alat



Gambar 3. Desain *Prototype* Alat

3.2 Rancangan Perangkat Lunak (Software)

Software pemrograman yang Arduino gunakan berasal dari bahasa *java* dan C/C++ digunakan untuk mengendalikan sistem yang dikehendaki. Program yang digunakan pada node sensor, sebuah program yang dapat membaca sensor dan mengirimkannya pada node utama. Pada lain pihak, node utama akan menerima data dari node sensor dan mengirimkan data tersebut ke database server [9]. Program akan beroperasi dengan syarat terdapat sinyal internet dan sumber listrik. Kemudian hasil pengujiannya dapat diakses melalui aplikasi.

3.3 Implementasi Alat

Fungsi dari alat ini ialah untuk melakukan pengesanan zat polutan yang ada pada air sungai. Ketika input dimasukkan pada sampel air sungai, apa yang terkandung didalam sampel tersebut akan dibaca oleh masing masing sensor yang telah tersedia lalu hasilnya akan di proses pada mikrokontroler yang pada penelitian ini menggunakan Robotdyn Uno *wifi* R3 ESP826632 yang mana terdapat modul komunikasi serial atau NodeMCU. NodeMCU inilah yang memiliki kemampuan untuk terkoneksi ke internet. Proses telekomunikasi yang terjadi pada sensor yang terintegrasi ke internet adalah ketika hasil data yang telah di proses di arduino selesai lalu akan dikirimkan ke aplikasi. Pada tahap tersebut mikrokontroler menggunakan NodeMCU agar dapat terhubung dengan blynk cloud melalui jaringan hotspot dan selanjutnya dapat menggunakan aplikasi blynk yang memungkinkan user dapat *memonitoring* data.

3.4 Pengujian Alat

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian alat dengan metode uji coba alat (*try out*). Uji coba alat dilakukan untuk mengetahui akurasi dan konsistensi alat ukur dalam menghasilkan data sebelum diterapkan pada objek penelitian. Dalam tahap uji coba ini digunakan air tanah karena merupakan jenis air yang tidak mudah tercemar dibandingkan dengan air permukaan.

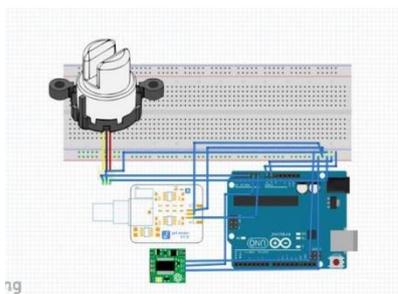
Air tanah diambil sebanyak 3 sampel dari satu sumber sumur, kemudian dilakukan pengujian masing-masing terhadap tiga parameter dengan alat yang sudah siap digunakan. Hasil yang didapatkan dari ketiga sampel tersebut diambil nilai reratanya untuk selanjutnya dibandingkan dengan standar baku mutu air kelas satu berdasarkan PP No.82 Tahun 2001 [3]. Jika hasil terhadap 3

parameter tersebut menunjukkan hasil yang konsisten maka alat tersebut dapat dikatakan akurat dan layak untuk dijadikan sebagai alat ukur dalam penelitian.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada rangkaian *hardware* terdiri dari rangkaian yang dapat mendeteksi parameter yang telah diatur sesuai sensor yang digunakan. Setelah terbaca oleh sensor, selanjutnya data akan di analisa di mikrokontroller agar nantinya data tersebut dapat dikirimkan ke Aplikasi menggunakan salah satu bagian di mikrokontroller yang dapat tersambung ke sinyal *hotspot*.



Gambar 4. Layout Perangkat Keras

Gambar 4 merupakan hasil *layout* yang sudah diatur tata letak komponennya. Apabila *layout* sudah dapat beroperasi pada aplikasi, maka komponen-komponen alat sudah siap untuk dipasangkan secara langsung.

4.2 Perangkat Lunak (*Software*)

Pada penelitian ini setelah sensor berhasil di program seperti pada. Gambar 5 yang merupakan baris kode program untuk di *input* ke mikrokontroller agar dapat mengirimkan hasil data yang telah di uji ke aplikasi.

```
File Edit Sketch Tools Help
esp_to_blynk
#include "ESP8266WiFi.h"
#include "BlynkSimpleEsp8266.h"

#define BLYNK_PRINT Serial
BlynkTimer timer;

String sData;
String arrData [3];
//String myData;
bool parsing = false;

char auth [] = "_FrYXNjNCs5Hke2l89T0dyLitv4A0VdZ";
char ssid [] = "AndroidAPICCA";
char pass [] = "zow14341";

void sendSensor () {

  while (Serial.available() > 0) {
    char in = Serial.read();
    sData += in;
  }

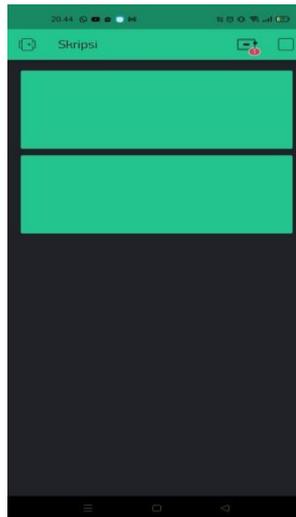
  sData.trim();

  if (sData != "") {
    int index = 0;
    for (int i = 0 ; i <= sData.length(); i++) {
      char delimiter = '#';
      if (sData[i] != delimiter) {
```

Gambar 5. Pemrograman untuk mikrokontroller

Setelah tahap tersebut berhasil dapat dilakukan akses data darimanapun dan kapanpun asal memiliki koneksi internet. Pada aplikasi terdapat 2 tampilan *Home screen* dan *Result screen*. Gambar

6 Gambar merupakan tampilan dari *result screen* aplikasi. Terdapat informasi kadar pH, jumlah TDS, dan tingkat turbidity pada sampel air yang telah diuji.



Gambar 6. Hasil Rancangan Perangkat Lunak

4.3 Implementasi Alat



Gambar 7. Hasil Akhir Alat

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian air sungai terhadap tiga parameter, yakni kadar pH, tingkat kekeruhan air pada sampel, dan jumlah zat padat yang terlarut pada sampel. Sampel yang digunakan dalam pengujian diperoleh dari aliran sungai dengan 3 titik yang tidak sama. Selanjutnya sampel tersebut diuji dengan parameter yang ada dan akan dibandingkan dengan pengujian dari sampel air tanah. Berdasarkan Gambar 7 terdapat 3 input untuk pengetsesan masing masing sensor. Setelah input dimasukkan ke dalam sampel maka akan dihasilkan data dari masing-masing sensor yang akan dikirimkan ke arduino berupa voltage. Arduino memproses data tersebut pada ATmega328P, yang nantinya akan dikirimkan ke blynk dengan serial communication. ESP akan menerima data tersebut dan diteruskan ke aplikasi blynk dengan kode verifikasi yang akan dimasukkan kedalam code.

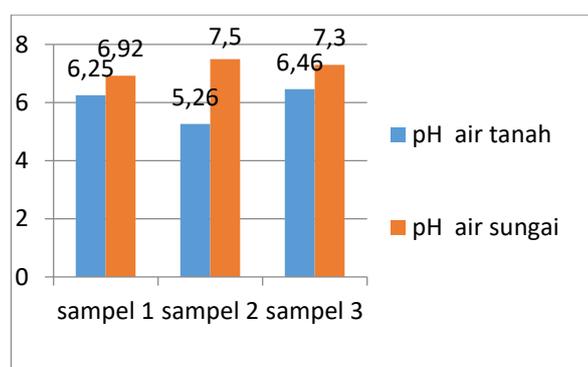
4.4 Pengujian Alat

Setelah dilakukan pengujian alat pada air tanah, diketahui bahwa hasil pengujian terhadap parameter pH, TDS, dan *turbidity* sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh PP No.82 Tahun

2001. Sehingga alat dapat dinyatakan akurat dan layak untuk menjadi alat ukur pH, TDS, dan turbidity.

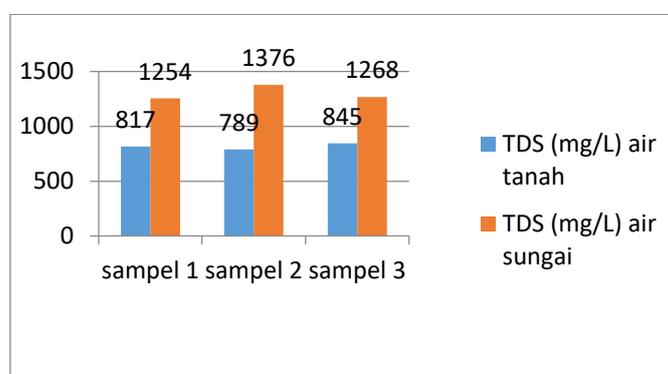
Berdasarkan PP RI No.22 TAHUN 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan hidup Hidup “standar parameter yang ada pada air sungai terbagi menjadi 4 kelas [13]

- Kelas satu adalah air yang peruntukan untuk dapat digunakan untuk air baku air minum.
- Kelas dua adalah air yang peruntukan untuk dapat digunakan untuk prasarana/sarana. rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar,peternakan, air untuk mengairi pertanian.
- Kelas tiga adalah air yang peruntukan untuk dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk melgairi tanaman
- Kelas empat adalah air yang peruntukan untuk dapat digunakan untuk mengairi pertanian”.



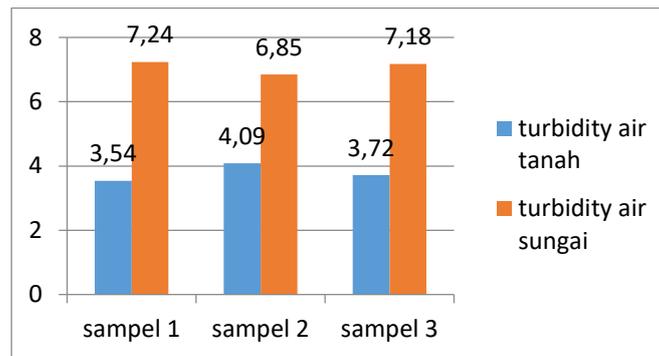
Gambar 8. Hasil Pengujian Sensor Ph

Parameter pertama yang diuji ialah pH air sungai. Berdasarkan diagram batang pada Gambar 8, maka dapat diketahui bahwa sampel 1 air sungai menghasilkan pH sebesar 6.92, pH pada sampel 2 sebesar 7.5, dan sampel 3 menghasilkan pH sebesar 7.3. Jika disesuaikan dengan standar dari Peraturan Pemerintah RI No. 22 Tahun 2021, standar kadar pH pada air pada kelas 1 sampai kelas 4 menetapkan standar dengan rentang pH sebesar 6 – 9. Jika <6 maka tergolong basa, namun jika >9 maka tergolong asam. Hal tersebut memiliki arti bahwa ketiga sampel tersebut termasuk golongan pH netral. Sedangkan hasil pengujian air tanah menunjukkan hasil, sampel 1 dan sampel 3 pada air tanah berada di pH netral kecuali, sampel 2 pada air tanah bersifat basa.



Gambar 9. Hasil Pengujian Sensor TDS

Selanjutnya untuk standar jumlah zat padat yang terlarut pada air, kelas 1-3 batas maksimal jumlah TDS nya sebesar 1000 mg/L sedangkan untuk kelas 4 batas maksimal jumlah TDS nya 2000 mg/L. Hasil pengujian alat seperti pada Gambar 9 menunjukkan hasil sampel 1 air sungai 1254 mg/L, sampel 2 1376 mg/L, dan sampel 3 1268 mg/L. Ketiga sampel tersebut hanya layak digunakan pada kelas 4 karena untuk kelas 1-3 air sungai telah melebihi batas maksimum jumlah TDS pada air. Sedangkan, semua sampel air tanah layak untuk digunakan pada kelas manapun karena berada dibawah batas maksimum jumlah TDS.



Gambar 10. Hasil Pengujian Sensor *Turbidity*

Sedangkan untuk standar kekeruhan pada air berdasarkan Permenkes No. 416/MENKES/PER/1990 tentang Pedoman Kualitas Air Bersih [14] batas minimum kekeruhan pada air adalah 5 NTU dan batas maksimumnya adalah 25 NTU. NTU (*Nephelometric Turbidity Units*) ialah satuan dari pengukuran *turbidity* pada air [15]. Pada hasil pengujian yang tertera pada Gambar 10 semua sampel hasil pengujian standar kekeruhan pada air sungai menunjukkan hasil, sampel 1 (7.24 NTU), sampel 2 (6,85 NTU), sampel 3 (7,18 NTU) berada pada ambang batas normal pada tingkat kekeruhan air. Selanjutnya, hasil pengujian pada air tanah menunjukkan hasil kurang dari batas minimum kekeruhan pada air, yang mana apabila kadar kekeruhan air kurang dari 5 NTU artinya kandungan mineral pada air relatif sedikit.

5 Kesimpulan

Kesimpulan berdasarkan dari hasil perhitungan, pengujian serta data yang telah dianalisis sebelumnya. Cara kerja dari alat ini yaitu, sample yang diambil akan dibaca menggunakan sensor. Yang mana terdapat 3 sensor dengan fungsi yang berbeda. Sensor pH merupakan pengukur keasaman air, TDS pengukur jumlah zat padat yang terlarut dalam air, dan *Turbidity* sebagai pengukur level kekeruhan air. Sensor tersebut akan dikontrol oleh mikrokontroller Arduino yang kemudian datanya akan ditampilkan dalam bentuk Aplikasi. Pada saat alat telah dipasang ditempatnya, ketika terjadi perubahan data secara signifikan maka, alat tersebut akan mengirimkan pemberitahuan ke aplikasi mengenai kondisi air lingkungan. Pada hasil pengujian sensor pH ketiga sampel yang telah diuji mempunyai pH netral. Untuk hasil pengujian TDS ketiga sampel tersebut hanya bisa digunakan pada kelas 4 sesuai dg PP RI No.22 Tahun 2021. Sedangkan untuk pengujian *Turbidity* ketiga sampel tersebut pada ambang batas normalnya. Secara Keseluruhan penggunaan alat ini sangat mempermudah dalam pengujian zat polutan di sungai terbukti dalam satu kali pengujian dalam menghasilkan 3 data dengan parameter yang berbeda.

Referensi

- [1] M. K. Sallata, "Konservasi Dan Pengelolaan Sumber Daya Air Berdasarkan Keberadaannya Sebagai Sumber Daya Alam," *Bul. Eboni*, vol. 12, no. 1, pp. 75–86, 2015.
- [2] A. Hikmatul, "Sistem Pengukuran Kualitas Air Bersih Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Pros. Semin. Nas. Fis. Univ. Riau*, no. September, pp. 27–30, 2018.
- [3] Peraturan Pemerintah No. 82. 2001, "Peraturan Pemerintah tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air," *Peratur. Pemerintah tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendali. Pencemaran Air*, pp. 1–22, 2001.
- [4] Kepmenkes RI No. 907, "Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum," *Kemenkes RI*, no. 1, pp. 1–5, 2002.
- [5] S. A. Kurniatuty and K. A. Widodo, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Pakan Ikan dan Kekeruhan Air yang Dilengkapi Dengan Monitoring Kualitas Air Berbasis Internet of Things (IoT)," *Informatika*, vol. 02, no. 01, pp. 1–5, 2015.

- [6] E. Murdyantoro, I. Rosyadi, and H. Septian, “Studi Performansi Jarak Jangkauan Lora- Dragino Sebagai Infrastruktur Konektifitas Nirkabel Pada WP-LAN,” *Din. Rekayasa*, vol. 15, no. 1, p. 47, 2019, doi: 10.20884/1.dr.2019.15.1.239.
- [7] E. Permana and S. Herawati, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Ruangan Bagian Pembukuan Berbasis Web Meggunakan Mikrokontroler Arduino Uno R3,” *J. Teknol. Inf. dan Komun. STMIK Subang*, no. April, pp. 18–33, 2018.
- [8] P. Studi and P. Teknik, “Rancang Bangun Magnetic Door Lock Menggunakan Keypad Dan Solenoid Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” vol. 12, no. 1, pp. 39–48, 2013.
- [9] T. D. Hendrawati, A. Rafi, A. Tahtawi, and F. Fadilah, “Sistem Monitoring Pencemaran Air Sungai Berbasis Teknologi Sensor Nirkabel dan Internet-of-Things,” *Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 10, no. 1, pp. 286–292, 2019.
- [10] I. A. Prakoso, “Sistem Monitoring Pencemaran Air Dan Peringatan Dini Banjir Berdasarkan Ketinggian Air Berbasis Internet Of Things,” 2021, [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/95065>
- [11] M. Shibghotul Islam, E. Asep Suhendi, and E. Wibowo, “Rancang Bangun Realtime Monitoring Tingkat Keasaman (Ph) Dan Konduktivitas Elektrik (Ec) Berbasis Internet of Things (Iot) Pada Sungai Citarum Design of Realtime Monitoring Acid Level (Ph) and Electrical Conductivity (Ec) Based on Internet of Things (Iot),” *eProceedings Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 1899–1904, 2020.
- [12] M. Hardjianto, D. Ariyanto, and A. Aryasanti, “Penerapan Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan Hujan untuk Memantau Ketinggian [1] M. Hardjianto, D. Ariyanto, and A. Aryasanti, ‘Penerapan Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan Hujan untuk Memantau Ketinggian Air dan Pendeteksi Hujan,’ *J. Media Inform. Budidarma*, vol. ,” *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 6, no. 1, p. 251, 2022, doi: 10.30865/mib.v6i1.3486.
- [13] Pemerintah Republik Indonesia, “Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup,” *Sekr. Negara Republik Indones.*, vol. 1, no. 078487A, p. 483, 2021, [Online]. Available: <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>
- [14] Kemenkes RI, “Permenkes No. 416 Tahun 1990 Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air,” *Huk. Online*, vol., no. 416, pp. 1–16, 1990, [Online]. Available: www.ptsmi.co.id
- [15] A. O. Putri and H. Harmadi, “Rancang Bangun Alat Ukur Tingkat Kekeruhan Air Menggunakan Fotodiode Array Berbasis Mikrokontroler ATMega328,” *J. Fis. Unand*, vol. 7, no. 1, pp. 27–32, 2018, doi: 10.25077/jfu.7.1.27-32.2018.