

Perancangan *Prototype* dan Evaluasi Alat Pemantauan Air Limbah Industri Berbasis *IoT*

P. Paryanto*, Resqilla Subarkah, Rusnaldy

^aDepartemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: paryanto@ft.undip.ac.id

Abstract

This research aims to design a prototype industrial wastewater monitoring tool with a real-time monitoring system that will then be evaluated. The test was conducted using four parameters, namely temperature, pH, dissolved oxygen (DO), and turbidity. The research method used is an experimental method. The study was conducted by testing 5 different samples in the lab using a tool that had been made at an initial temperature of 23°C for 1 hour. This research uses a real-time monitoring system based on Arduino Nano and cloud in the form of Blynk. By using a real-time monitoring system, the testing process will become more efficient, fast, and can be controlled anywhere and anytime. The results of the study were analyzed using the Wastewater Quality Standard standards set by the Indonesia Ministry of Environment and Forestry. From the test, the results were obtained that the DO value of pharmaceutical wastewater was far below the standard value. For pH values, textile wastewater, soft drink waste, cooking oil waste, and fish canning waste are above the specified standard. For turbidity value, after conversion to TSS value, pharmaceutical wastewater and cooking oil wastewater are above the specified wastewater

Keyword: *industrial waste water, real-time monitoring system, water quality monitoring*

Abstrak

Penelitian ini memiliki tujuan untuk merancang *prototype* alat monitoring air limbah industri dengan sistem *real-time* yang kemudian akan di evaluasi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan empat parameter yaitu suhu, pH, oksigen terlarut (DO), dan kekeruhan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Penelitian dilakukan dengan menguji 5 macam sampel berbeda di dalam lab dengan menggunakan alat yang telah dibuat pada kondisi suhu awal 23°C selama 1 jam. Penelitian ini menggunakan sistem *real-time monitoring* berbasis Arduino Nano dan cloud berupa Blynk. Dengan menggunakan sistem *real-time*, proses pengujian akan menjadi lebih efisien, cepat, dan dapat dikontrol dimanapun dan kapanpun. Hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan standar Baku Mutu Air Limbah yang telah ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Dari pengujian didapatkan hasil bahwa nilai DO air limbah farmasi berada jauh di bawah nilai standar. Untuk nilai pH, air limbah tekstil, limbah minuman ringan, limbah minyak goreng, dan limbah pengalengan ikan berada diatas standard yang ditentukan. Untuk nilai kekeruhan, setelah di konversikan ke nilai TSS, air limbah farmasi dan air limbah minyak goreng berada diatas standard air limbah yang telah ditentukan

Kata kunci: *industrial waste water, real-time monitoring system, water quality monitoring*

1. Pendahuluan

Pada era Industri 4.0 ini, masih dapat ditemui banyak sekali hal-hal yang dilakukan secara manual. Salah satunya adalah pengujian limbah industri. Setiap ada air limbah yang diproses atau langsung dibuang ke lingkungan, tentu diperlukan cara yang sesuai dan terpercaya untuk mengetahui efek dari limbah tersebut ke lingkungan. Untuk melakukan ini, diperlukan informasi dan data banyaknya kuantitas polutan didalam air. Proses pengujian kadar limbah industri dalam air di Indonesia dilakukan dengan cara mengambil sampel langsung ke lokasi, kemudian sampel tersebut dibawa kedalam laboratorium untuk dilakukan pengujian [1]. Pengambilan sampel dilakukan dengan mengirim orang untuk mengambil sampel, dimana proses ini memakan waktu dan membutuhkan biaya. Proses dari awal pengambilan sampel hingga hasil uji sampel keluar memakan waktu sekitar 10-30 hari [2], tergantung dari jenis pengujian yang dilakukan. Hal ini jelas memakan waktu dan tidak efisien. Untuk meminimalisir hal tersebut, diperlukan sebuah alat penguji kadar limbah dalam air dengan sistem *real time monitoring* untuk meningkatkan efisiensi dan waktu yang digunakan seminimal mungkin [6]. Pengukuran dengan menggunakan sistem *real-time monitoring* menggambarkan status kualitas dari lokasi pengambilan sampel dan memungkinkan untuk memprediksi perubahan lingkungan dalam jangka pendek maupun jangka panjang [10].

2. Material dan Metode Penelitian

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia mengeluarkan regulasi dan peraturan yang berkaitan dengan pemantauan kualitas air limbah. Kegiatan pemantauan ini disebut dengan sparing dan dilakukan dengan menggunakan alat sparing. Sparing merupakan sistem yang digunakan untuk memantau, mencatat, dan melaporkan kegiatan pengukuran kadar suatu parameter dan/atau debit air limbah secara otomatis dan terus menerus [4]. Sparing meliputi pemasangan alat sparing, pengoperasian sparing, perhitungan beban pencemaran air, dan pelaporan data pemantauan kualitas air limbah. Seluruh industri tersebut wajib mengolah air limbahnya dan air limbah tersebut harus memenuhi parameter yang telah ditentukan [1].

2.1 Komponen dan Software

Arduino Nano

Arduino Nano merupakan papan sirkuit pengembangan yang berukuran kecil didalamnya sudah tersedia mikrokontroler serta mendukung penggunaan breadboard maupun PCB. Arduino Nano menggunakan ATmega328 sebagai mikrokontrolernya. Arduino Nano memiliki 10-bit ADC (Analog-to-Digital-Converter), yang menerjemahkan tegangan input sebesar 0 Volt dan tegangan operasi sebesar 5V menjadi nilai integer antara 0 – 1023 [7].

Esp8266

ESP8266 adalah modul wifi yang berfungsi sebagai perangkat tambahan untuk mikrokontroler seperti Arduino agar dapat terhubung langsung ke wifi dan membuat koneksi. Modul wifi ini dapat menjalankan peran sebagai ad hoc access point sekaligus client. Selain itu, modul wifi ini memiliki kemampuan untuk memproses dan menyimpan on-board. Hal ini memungkinkan chip untuk diintegrasikan dengan sensor atau dengan aplikasi alat tertentu melalui pin output-input hanya dengan proses programming singkat. Dengan on-chip yang terintegrasi pada level tinggi, hal ini memungkinkan sirkuit eksternal yang ramping dan bisa digunakan untuk menempati area PCB yang kecil dan sempit.

Sensor pH

Sensor pH yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor pH-450C beserta modulnya. Sensor ini memiliki rentang pengukuran nilai pH dari 0-14, dengan temperatur pengoperasian -10 – 50o celcius. Sensor ini merupakan sensor analog.

Sensor oksigen terlarut

Sensor dissolved oxygen atau DO merupakan sensor yang berfungsi untuk mengukur kadar oksigen terlarut dalam air [3]. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor analog DFRobot. Probe ini merupakan probe alvanic, tidak memerlukan waktu polarisasi, dan dapat digunakan kapan pun. Pada bagian ujung sensor, terdapat tutup yang memiliki lapisan membrane yang bisa dibuka dan diisi dengan larutan pengisi. Larutan yang digunakan untuk mengisi adalah NaOH 0.5 mol.

Sensor suhu

Sensor suhu yang digunakan merupakan sensor merk DFRobot: Waterproof DS18B20. Sensor ini dapat digunakan untuk pengukuran jarak jauh dalam keadaan basah. Suhu maksimal yang dapat diukur mencapai 125°C. Sensor ini merupakan sensor digital yang menyediakan pembacaan 9 – 12-bit yang dapat dikonfigurasi.

Sensor kekeruhan

Sensor kekeruhan atau sensor turbiditas merupakan sensor yang berfungsi untuk menguji tingkat kejernihan air. Skala yang dapat diukur adalah 0-3500 NTU. Sensor ini menggunakan cahaya untuk mendeteksi partikel dalam air dengan mengukur transmisi cahaya dan tingkat penghamburan cahaya, dimana kecepatan cahaya yang terhambur ini dipengaruhi oleh TSS (total suspended solid) di dalam air [5]. Dengan naiknya nilai kekeruhan, maka nilai NTU akan naik juga. Sensor Arduino ini memiliki sinyal Output berupa sinyal analog dan digital. NTU merupakan satuan yang digunakan untuk menggambarkan kekeruhan. Semakin kecil nilai NTU, semakin jernih cairannya. Nilai dari NTU dapat dikonversikan ke satuan TSS, yaitu mg/L dengan menggunakan rumus di bawah ini

$$TSS = 3.4216x$$

Dimana x adalah nilai NTU yang didapatkan.

Power source

Power source merupakan suatu bagian perangkat dimana sumber arus listrik dapat masuk kedalam perangkat elektronik. Power source yang digunakan merupakan power source standar atau adaptor dengan bentuk bulat. Power source ini mengalirkan aliran listrik sebesar 2 ampere.

PCB Board

PCB merupakan singkatan dari *Printed Circuit Board* yang berfungsi untuk menghubungkan komponen-komponen elektronika dengan lapisan jalur konduktornya. Secara struktur, PCB memiliki struktur berlapis dan dilaminasi menjadi satu kesatuan. Pada penelitian ini, PCB yang digunakan merupakan PCB buatan lokal yang dibuat berdasarkan desain yang sudah dibuat. PCB ini di desain dengan menggunakan aplikasi EAGLE Autodesk.

Arduino IDE

Arduino Development Environment merupakan aplikasi untuk menulis coding Arduino yang kemudian akan dikirim ke dalam board. Arduino IDE berjalan di Windows, Linux, dan Mac OS [8]. Area penulisan pesan, console

display, toolbar dengan tombol yang memiliki fungsi umum dan serangkaian menu. Aplikasi ini terhubung dengan hardware Arduino untuk mengunggah program dan komunikasi dengan Arduino.

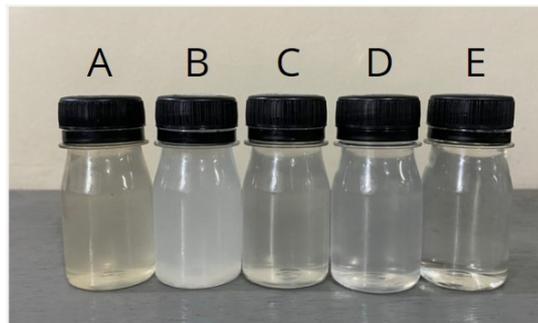
Blynk

Blynk merupakan aplikasi IoT yang berfungsi untuk mengontrol Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, dan sejenisnya melalui koneksi internet. Blynk dapat diunduh secara gratis pada handphone berbasis iOS dan Android secara gratis. Aplikasi Blynk dirancang untuk Internet of Things dengan tujuan agar pengguna dapat menggunakan dan mengontrol suatu perangkat keras dari jarak jauh. Aplikasi ini merupakan wadah kreatifitas untuk membuat interface grafis untuk proyek yang akan diimplementasikan hanya dengan metode drag dan drop widget [9].

2.2 Pengujian

Sampel Pengujian

Sampel pengujian yang digunakan didapat dari BBTPPI Semarang. Setelah dilakukan pengujian sampel, dilakukan pengujian di lapangan. Terdapat 5 macam sampel yang digunakan. Pada Gambar 1 di bawah ini, dapat dilihat sampel-sampel yang diberikan.



Gambar 1 Sampel Air

Tabel 1 Jenis Sampel Air Limbah

Botol	Jenis Limbah
A	Air Limbah Tekstil
B	Air Limbah Farmasi
C	Air Limbah Minuman Ringan
D	Air Limbah Minyak Goreng
E	Limbah Pengalengan Ikan

Lokasi Pengujian

Untuk pengujian di lapangan, pengujian dilakukan pada sungai yang terletak di dekat Kawasan Industri Sayung. Titik pengujian terletak pada aliran utama pembuangan limbah dari beberapa pabrik berbeda. Untuk pengujian di lapangan, pengujian dilakukan pada sungai yang terletak di dekat Kawasan Industri Sayung. Titik pengujian terletak pada aliran utama pembuangan limbah dari beberapa pabrik berbeda. Lokasi pengambilan data dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Lokasi Pengambilan Data Lapangan

Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dilakukan dengan mengambil sampel air dari lokasi yang telah ditentukan dan mengumpulkan sampel dari BBTPPI. Sampel ini kemudian dimasukkan ke dalam wadah khusus yang sudah disediakan. Tiap sampel dimasukkan ke wadah untuk menguji, kemudian seluruh sensor akan dimasukkan ke dalam sampel secara bersamaan.

Suhu sampel air pada saat pengujian berada pada suhu 23°C. Sensor dibiarkan berada di dalam air selama 1 jam dalam suhu ruangan. Untuk pengujian di lapangan, pengujian di lakukan dengan memasang alat pada jam 10 – 11 siang. Alat diletakkan di permukaan air dan mengumpulkan data selama 1 jam

3. Hasil dan Pembahasan

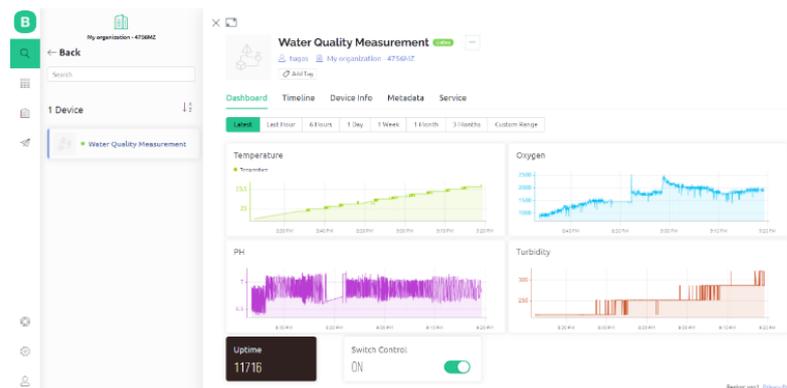
3.1 Hasil Perancangan

Pengujian ini menghasilkan sebuah prototype alat monitoring air limbah yang berfungsi dengan baik. Alat dibuat sesederhana mungkin dan fungsional. Housing mikrokontroler terbuat dari plastik, sementara housing untuk probe terbuat dari pipa paralon. Seluruh sensor telah di kalibrasi dengan menggunakan coding untuk memprogram kerja sensor dan menyocokkan hasil kalibrasi dengan alat yang telah terkalibrasi dan tervalidasi oleh BBT PPI Semarang. Gambar hasil perancangan dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3 Hasil Perancangan Alat Monitoring Air Limbah

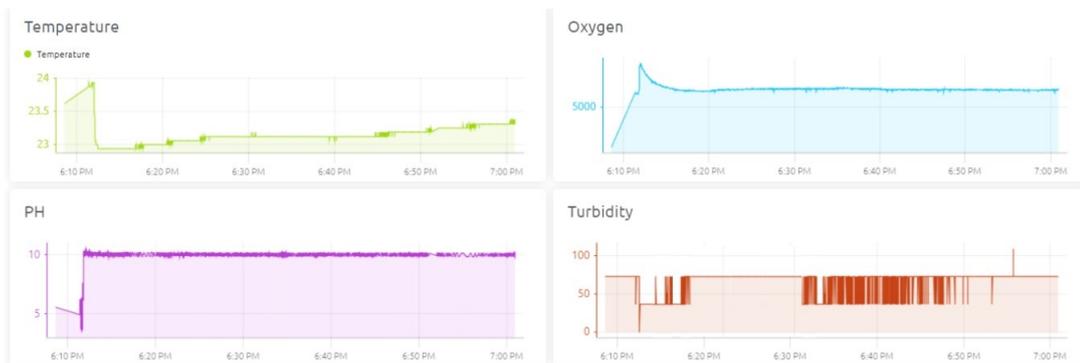
Pada pengujian ini, cloud merupakan kebutuhan utama yang memungkinkan adanya pertukaran data dari alat ke komputer. Oleh karena itu, digunakan data cloud berupa Blynk. Pada saat alat monitoring menyala, maka alat akan secara otomatis terhubung dengan layanan IoT platform ini. Kemudian, Blynk akan secara otomatis mengumpulkan data hasil pembacaan sensor yang sudah ter-upload. Data tersebut akan langsung masuk dan diolah menjadi output dalam bentuk grafik analisa dari hasil pembacaan yang memudahkan pengguna untuk melihat hasil pengukuran secara real time. Data yang didapat bisa diakses melalui komputer dan handphone. Untuk mengakses data melalui komputer, pengguna harus membuka melalui website Blynk. Halaman ini akan terus ter-update secara otomatis dan grafik akan terus berjalan sesuai dengan data yang didapat. Desain *interface* aplikasi Blynk dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



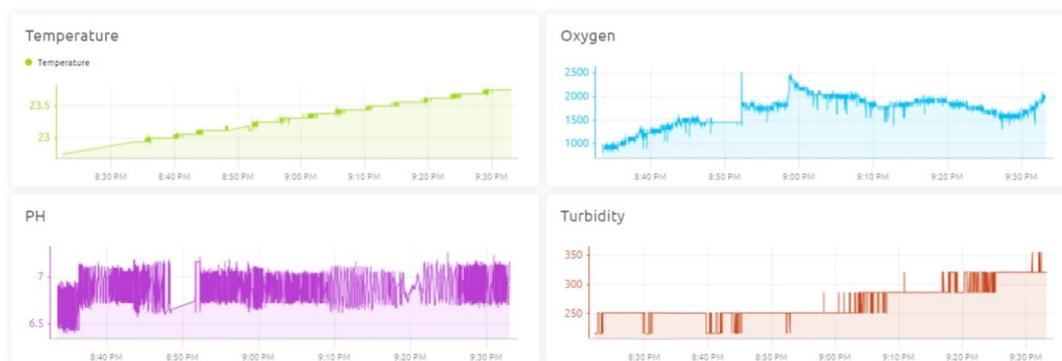
Gambar 4 Interface Aplikasi Blynk

3.2 Hasil Pengujian Sensor

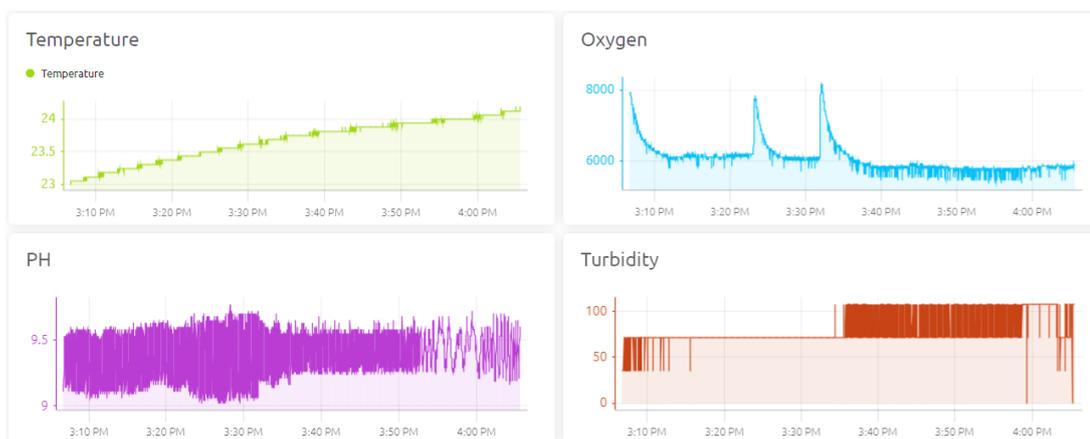
Pengukuran suhu air dilakukan pada lima sampel berbeda. Seluruh sampel ini diukur mulai pada suhu yang sama, yaitu 23°C. Pengujian dilakukan selama 1 jam.



Gambar 5 Hasil Pengujian Air Limbah Tekstil



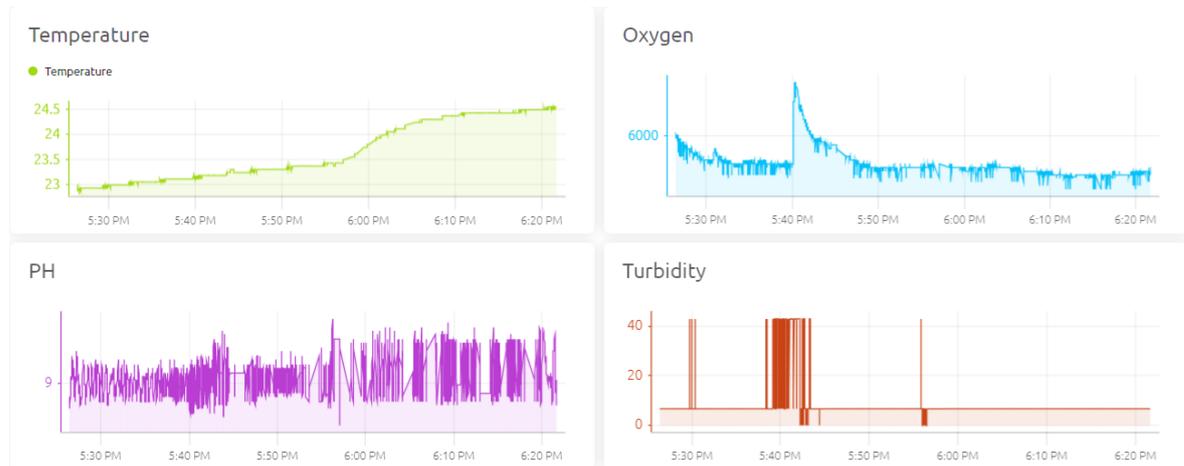
Gambar 6 Hasil Pengujian Air Limbah Farmasi



Gambar 7 Hasil Pengujian Air Limbah Minuman Ringan



Gambar 8 Hasil Pengujian Air Limbah Minyak Goreng



Gambar 9 Hasil Pengujian Air Limbah Pengalengan Ikan

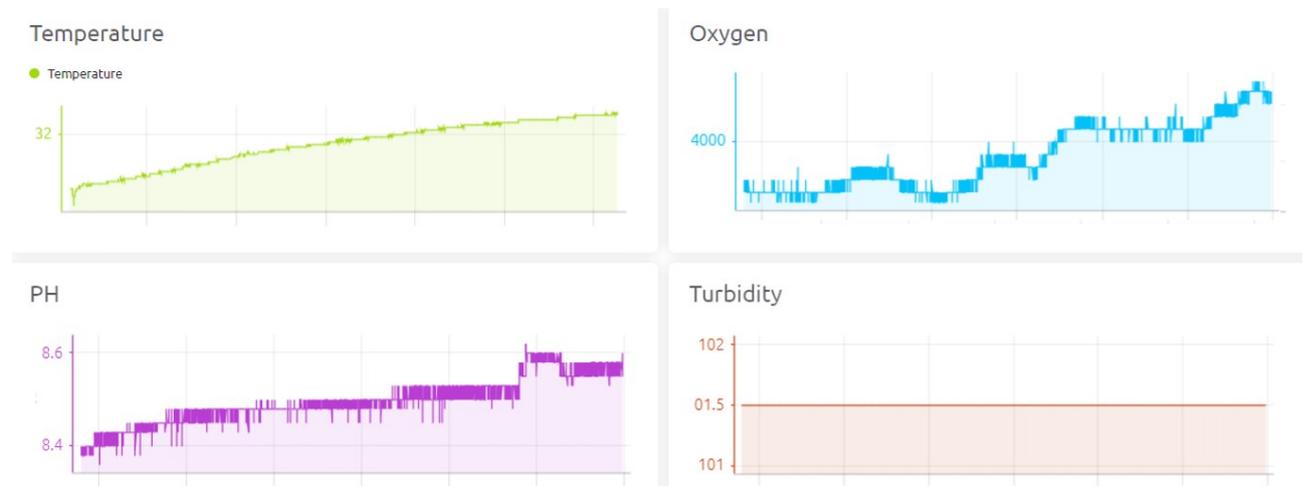
Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan data yang kemudian akan dihitung dan dicari nilai rata-ratanya. Hasil pengujian yang sudah diolah akan dibandingkan dengan batas nilai maksimum yang telah ditentukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Hasil dari perbandingan tersebut dapat dilihat ada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Hasil Pengujian Sampel Air Limbah

Jenis Limbah	Sensor				
	Suhu (°C)	DO (mg/L)	pH	Kekeruhan (NTU)	TSS (mg/L)
Batas Nilai Maksimum	38	5-8	6-9	58	200
Limbah Tekstil	23.18	6.81	10.02	57.37	196.32
Limbah Farmasi	23.34	1.67	6.87	268.89	920.03
Limbah Minuman Ringan	23.22	5.44	10.02	55.47	189.82
Limbah Minyak Goreng	23.68	6.08	9.39	78.22	267.64

3.3 Pengujian di Lapangan

Pengujian di lakukan pada pagi hari dan siang hari. Grafik hasil pengujian di lapangan pada pagi hari dapat dilihat pada gambar 10 dibawah ini.



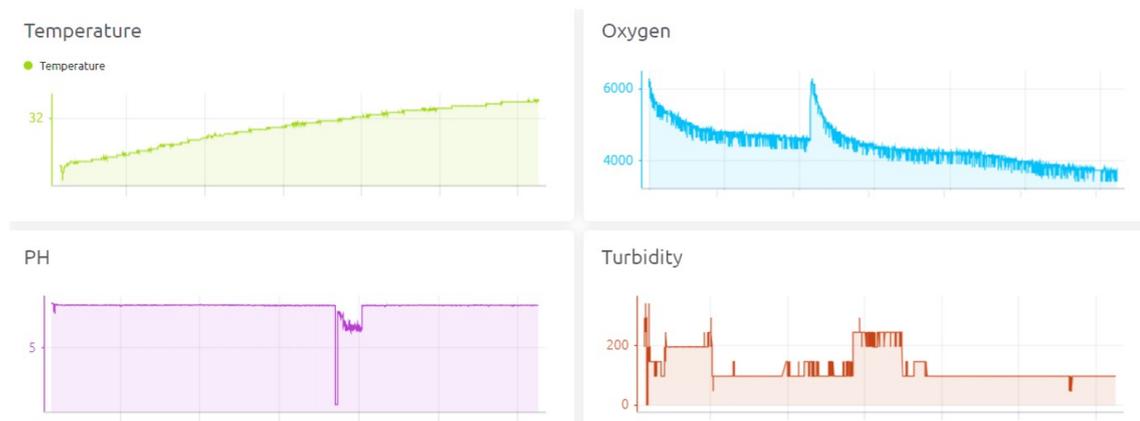
Gambar 10 Grafik Hasil Pengujian Pagi

Data detail hasil pengujian pagi dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3 Data Hasil Pengujian Pagi

Jam	Suhu (°C)	DO (mg/L)	pH	Kekeruhan (NTU)	TSS (mg/L)
8.00	28.95	3.68	8.38	101.5	329.02
8.05	29.02	3.66	8.42	101.5	329.02
8.10	29.09	3.67	8.44	101.5	329.02
8.15	29.17	3.78	8.46	101.5	329.02
8.20	29.24	3.69	8.47	101.5	329.02
8.25	29.30	3.66	8.48	101.5	329.02
8.30	29.36	3.84	8.49	101.5	329.02
8.35	29.43	3.87	8.49	101.5	329.02
8.40	29.45	4.09	8.50	101.5	329.02
8.45	29.49	4.07	8.51	101.5	329.02
8.50	29.54	4.07	8.54	101.5	329.02
8.55	29.60	4.12	8.57	101.5	329.02
9.00	29.62	4.28	8.56	101.5	329.02
Rata-rata	29.32	3.88	8.48	101.5	329.02

Sementara itu, untuk pengujian pada siang hari, grafik hasil pengujian di lapangan pada pagi hari dapat dilihat pada Gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11 Grafik Hasil Pengujian Siang

Data detail hasil pengujian pagi dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4 Data Hasil Pengujian Siang

Jam	Suhu (°C)	DO (mg/L)	pH	Kekeruhan (NTU)	TSS (mg/L)
12:25	30.51	7.57	5.72	202.16	691.71
12:30	30.68	5.37	5.68	210.34	719.69
12:35	30.59	4.84	5.71	112.41	384.62
12:40	30.77	4.70	5.68	121.97	417.33
12:45	30.85	4.62	5.72	143.41	490.69
12:50	30.93	5.09	5.73	161.02	550.94
12:55	31.06	4.51	4.83	223.52	764.79
13:00	31.14	4.30	5.51	116.91	400.01
13:05	31.95	4.21	5.68	104.12	356.25
13:10	32.04	4.17	5.70	104.12	356.25
13:15	32.13	4.03	5.68	104.12	356.25
13:20	32.21	3.84	5.72	100.27	343.08
13:25	32.30	3.76	5.73	104.12	356.25
Rata-rata	31.32	4.69	5.62	139.11	475.99

Setelah data didapat, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan rata-rata kandungan zat di dalam air. Hasil perhitungan tersebut dibandingkan kembali dengan batas nilai maksimum yang telah ditentukan. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5 Hasil Perbandingan Pengujian di Lapangan

Pengujian	Sensor				
	Suhu (°C)	DO (mg/L)	pH	Kekeruhan (NTU)	TSS (mg/L)
Batas Nilai Maksimum	38	5-8	6-9	58	200
Pengujian Pagi	29.32	3.88	8.48	101.5	329.02
Pengujian Siang	31.32	4.69	5.62	139.11	475.99

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa nilai DO pada pengukuran pagi dan siang berada dibawah standar yang ditentukan. Untuk nilai pH yang didapatkan berada pada pagi hari nilainya berada diatas standar baku mutu air limbah, sementara saat siang hari berada dibawah standar. Untuk nilai TSS, kedua hasil berada diatas standar baku mutu air limbah. Terdapat faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran, seperti keadaan sungai yang berlumpur, cuaca di hari tersebut, dan intensitas sinar matahari yang diterima oleh air.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil pengujian sampel adalah alat monitoring air limbah industri telah berhasil dibuat dan di kontrol dengan menggunakan Arduino IDE. Sistem real-time monitoring yang dirancang dapat mempermudah proses pengukuran air limbah karena dapat diakses dimanapun dan kapanpun. Selain itu, alat dapat digunakan dengan baik untuk melakukan kegiatan monitoring pada perairan sekitar daerah industri berdasarkan kalibrasi sensor. Dari hasil pengujian, dapat dilihat bahwa kadar DO air limbah farmasi berada jauh dibawah nilai standar baku mutu air limbah yang telah ditentukan. Untuk nilai pH, air limbah tekstil, limbah minuman ringan, limbah minyak goreng, dan limbah pengalengan ikan berada diatas standard yang ditentukan. Untuk nilai kekeruhan, setelah di konversikan ke nilai TSS, air limbah farmasi dan air limbah minyak goreng berada diatas standard air limbah yang telah ditentukan. Dari hasil pengujian pada perairan di sekitar Kawasan Industri Sayung, dapat disimpulkan bahwa kondisi perairan sungai memiliki pH sebesar 5,62 dan DO sebesar 4,69 yang berada dibawah standar nilai baku mutu air limbah. Sementara untuk nilai TSS air adalah 475,99, dimana nilai ini berada di atas standar nilai baku mutu air. Kondisi sungai ini dapat digolongkan sebagai tercemar.

5. Daftar Pustaka

- [1] KEMLHK Indonesia, 2018, “Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tentang Pemantauan Kualitas Air Limbah Secara Terus Menerus dan Dalam jaringan Bagi Usaha dan/atau Kegiatan (Sparing)”, Jakarta, Indonesia.
- [2] A.M. Meyer, C. Klein, E. Fünfroeken, R. Kautenburger, and H.P. Beck, “Real Time Monitoring of Water Quality to Identify Pollution Pathways in Small and Middle Scale Rivers”. *Sci. Tot. Env.*, vol. 651, pp. 2323–2333
- [3] Salmin, 2005, “Oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biologi (BOD) sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas perairan”. *Oseana LIPI*, Volume III, pp. 21–26.
- [4] Ahmad, T., 1991, “Pengelolaan Peubah Mutu Air yang Penting dalam Sungai”, Balai Penelitian Perikanan Budidaya Pantai Maros, Jakarta, Indonesia.
- [5] Campbell, N. A., Reece, J. B., & Michell, L. G., 2008, *Biology 8th Ed.*, Pearson Education, San Fransisco, CA, USA.
- [6] Vasudevan, S. B., 2021, “An Improved Real-Time Water Quality Monitoring Embedded System with IoT on Unmanned Surface Vehicle”, *Ecological Informatics* 65.
- [7] McLean, K. P., 2021, “A Low-Cost, Accessible, and High-Performing Arduino-Based Seawater pH Control System for Biological Applications”, *Hardware X* 10
- [8] Kondaveeti, H. K., 2021, “A Systematic Literature Review on Prototyping with Arduino: Applications, Challenges, Advantages, and Limitations”, *Computer Science Review*.
- [9] Artiyasa, M., 2020, Studi Perbandingan Platform Internet of Things (IoT) untuk Smart Home Kontrol Lampu Menggunakan NodeMCU dengan Aplikasi Web Thingspeak dan Blyn. *Jurnal Fidelitiy*, Vol. 02, pp. 3–10
- [10] Hernandez-Ramirez, A. M.-T.-E.-P.-H.-U. (2019). Detection, Provenance and Associated Environmental Risks of Water Quality Pollutants During Anomaly Events in River Atoyac, Central Mexico: A Real-Time Monitoring Approach. *Science of Total Environment*, pp. 1019-1032.
- [11] Keim, R., 2019, “What Is a Microcontroller? The Defining Characteristics and Architecture of a Common Component”, Retrieved from All About Circuits: <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/what-is-a-microcontroller-introduction-component-characteristics-component/>
- [12] Kumar, R. K., 2022, “A Survey on Blockchain for Industrial Internet of Things”, *Alexandria Eng. Journal*, pp. 6001–6022