

## Sistem Monitoring Limbah Oli Menggunakan Arduino Uno Berbasis Lora

Adi Galih Utomo

Politeknik Pelayaran Surabaya

Diana Alia

Politeknik Pelayaran Surabaya

Anak Agung Istri Sri Wahyuni

Politeknik Pelayaran Surabaya

Korespondensi penulis: [akudaffael@gmail.com](mailto:akudaffael@gmail.com)

**Abstract:** Oil is one of the essential lubricating materials for machinery, especially on ships. With the abundant use of oil, waste oil is generated from the remaining oil discharge, causing dirty oil to become waste oil. To monitor the disposal of waste oil by ships, "Waste Oil Monitoring System Using LoRa-Based Arduino Uno" has been created. This tool is also equipped with sensors that can distinguish seawater and waste oil and uses the LoRa system. This method involves researching problems that exist in the shipping environment. The presence of waste oil pollution was successfully detected in the results of this study, and can be monitored remotely through an LCD display with LoRa. In this case study, the device made can detect waste oil and can distinguish it from sea water. The purpose of making this tool is to detect the presence of oil in sea waters in order to reduce and prevent waste oil pollution that can spread widely in sea waters. The system can function properly because there is an error of 2.18% in the fresh water test, 2.08% in the seawater test, 4.55% in the oil test, and 3.08% in the seawater and oil mixture test compared between the pH sensor and the pH meter. The system can work well using LoRa Ra-02, and the transmitted data can be reached stably at a distance of 205m, but if it exceeds that distance, the data can no longer be received by the receiver or becomes invalid.

**Keywords:** Waste oil, ESP32 Microcontroller, Lora, pH Sensor, Turbidity Sensor

**Abstrak:** Oli adalah salah satu bahan pelumas yang penting untuk mesin, terutama di kapal. Dengan penggunaan oli yang melimpah, limbah oli dihasilkan dari sisa pembuangan oli, menyebabkan oli kotor menjadi limbah oli. Untuk memonitor pembuangan limbah oli yang dilakukan oleh kapal, "Sistem monitoring Limbah Oli Menggunakan Arduino Uno Berbasis LoRa" telah dibuat. Alat ini juga dilengkapi dengan sensor yang mampu membedakan air laut dan limbah oli serta menggunakan sistem LoRa. Metode ini melibatkan riset masalah yang ada di lingkungan pelayaran. Adanya pencemaran limbah oli berhasil dideteksi dalam hasil penelitian ini, dan dapat dimonitoring dari jarak jauh melalui tampilan LCD dengan LoRa. Dalam studi kasus ini, alat yang dibuat dapat mendeteksi limbah oli dan dapat membedakannya dari air laut. Tujuan dari pembuatan alat ini adalah untuk mendeteksi keberadaan minyak di perairan laut guna mengurangi dan mencegah terjadinya pencemaran limbah oli yang dapat melebar luas di perairan laut. Sistem dapat berfungsi dengan baik karena terjadi error sebesar 2.18% pada pengujian air tawar, 2.08% pada pengujian air laut, 4.55% pada pengujian oli, dan 3.08% pada pengujian campuran air laut dan oli dibandingkan antara sensor pH dengan pH meter. Sistem dapat bekerja dengan baik menggunakan LoRa Ra-02, dan data yang dikirimkan dapat terjangkau secara stabil pada jarak 205m, tetapi jika melebihi jarak tersebut, data tidak dapat lagi diterima oleh receiver atau menjadi tidak valid.

**Kata Kunci:** Limbah oli, Mikrokontroler ESP32, Lora, Sensor pH, Sensor Keekeruhan

### PENDAHULUAN

Oli merupakan salah satu bahan pelumas yang penting untuk mesin kendaraan, terkhususnya di kapal. Karena di kapal banyak mesin mesin yang memerlukan pelumasan agar mesin berjalan secara normal. Biasanya oli yang digunakan terhadap permesinan kapal mengandung minyak dasar atau base oil yang berasal dari bahan mentah seperti minyak bumi, bahan aditif anti oksidan yang melindungi pelumas dari oksidasi, aditif antiwear melindungi

permukaan logam dari aus, aditif deterjen dan dispersan yang mampu membantu membersihkan endapan, kotoran, dan lumpur selama mesin beroperasi, dan masih beberapa bahan yang terkandung dalam pelumas (Uslarahmayana 2022).

Perlu diketahui penggunaan oli diatas kapal biasa mencapai 20 liter/bulan dengan menggunakan 6 silinder. Dengan banyaknya oli yang digunakan maka sisa dari pembuangan oli menghasilkan oli kotor yang berubah menjadi limbah oli. Hasil limbah oli akan diolah oleh mesin OWS (*Oil Water Sperator*) untuk memisahkan kandungan oli dengan air. Terkadang sering terjadinya tumpahan minyak secara tidak sengaja dari atas kapal kedalam laut ketika kapal beroperasi Dan kebanyakan kapal-kapal di Indonesia membuang kandungan limbah oli tersebut di laut.

Maka dari itu perlu diketahui apabila ada kandungan limbah oli yang terbuang ke laut akan mengakibatkan dampak besar baik untuk lingkungan sekitar perairan tersebut seperti air laut menjadi tercemar, merusak biota-biota laut yang ada, bahkan bisa terkena pelanggaran pasal tentang Anex 1 Marpol yang berbunyi pencemaran laut oleh limbah minyak. Sehingga bisa mengakibatkan kerugian besar oleh seluruh awak kapal KMP. Virgo18.

Maka dari itu diperlukan adanya sebuah alat penangan untuk mendeteksi keberadaan minyak di perairan laut agar menghindari dan mencegah terjadinya pencemaran limbah oli yang melebar luas di perairan laut. Maka dari itu penulis pada penelitian ini tertarik mengambil judul "*Sistem Monitoring Limbah Oli Menggunakan Arduino Uno Berbasis Lora*".

## TINJAUAN PUSTAKA

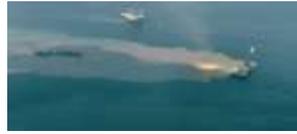
### Landasan teori

Landasan teori dijadikan sebagai sumber teori dasar penelitian. Seperangkat definisi, konsep, dan proposisi yang tersusun rapi dan sistematis tentang variabel-variabel penelitian. Sumber-sumber ini memberikan kerangka atau dasar untuk secara sistematis memahami konteks dimana masalah muncul. oli. Berikut ini adalah beberapa landasan teori.

### Limbah Oli

Limbah merupakan material sisa yang tidak diinginkan setelah berakhirnya suatu proses. Proses yang dimaksud adalah merupakan proses yang dilakukan oleh manusia. Limbah dapat berupa padat cair dan gas (Nurcahyo, et al., 2022). Menyatakan bahwa derajat keasaman (pH) yang ideal untuk pertumbuhan biota laut adalah 7–8. Menurut (Wulandari et al., 2015). Limbah Oli Adalah jenis limbah cair yang di hasilkan oleh sebuah sistem pelumasan suatu sistem bisa berasal dari engine seperti: kendaraan bermotor, kapal laut, ataupun sistem pelumasan lainnya. Limbah ini apabila dibiarkan terbuang sembarangan dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan yang cukup buruk, terutama apabila limbah yang di hasilkan oleh

sebuah kapal laut jika terbuang di perairan secara bebas akan sangat berbahaya baik untuk lingkungan perairan ataupun biota-biota laut yang ada didalamnya.



Gambar 1 Limbah oli laut

(Sumber: [https:// cara-mencegah-polusi-minyak-di-laut/](https://cara-mencegah-polusi-minyak-di-laut/))

## Arduino UNO

Arduiono adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang didalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip mikrokontroller dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroller itu sendiri adalah chip atau IC (integrated circuit) yang biasa di program dengan komputer tujuan menanamkan program pada mikrikontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. (Rosmanila, et al., 2018).

Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset.



Gambar 2 Arduino UNO

(Sumber: [https:// Tutorial-Arduino-menggunakan-Tinkercad](https://Tutorial-Arduino-menggunakan-Tinkercad))

## Lora Ra-02

LoRa merupakan singkatan dari Long Range, dimana module ini menggunakan frekuensi radio dengan jarak yang jauh dan konsumsi daya yang rendah, yang dibuat oleh perusahaan Semtech (Effendi, et al., 2021).

LoRa modul RA-02 merupakan salah satu perangkat LoRa yang diciptakan oleh AI-Thinker. RA-02 menggunakan Semtec SX1278 sebagai chip LoRa. Dengan nilai sensitivity hingga -141 dBm dan output power hingga +20 dBm. Teknologi LoRa ini biasa digunakan untuk mengirimkan sebuah informasi dua arah dalam jarak jauh dengan jangkauan hingga 15 KM menggunakan daya yang cukup kecil. Pada artikel kali ini kita akan belajar bagaimana berkomunikasi dengan modul LoRa.



Gambar 3 LoRa RA-02

( Sumber: [http://sonoku.com/wp-content/uploads/2020/02/sonokudotcom\\_LoRa1.jpg](http://sonoku.com/wp-content/uploads/2020/02/sonokudotcom_LoRa1.jpg))

## Sensor pH

Sensor pH adalah sensor yang digunakan untuk mengetahui derajat keasaman (Rozaq, et al., 2018). Sensor pH merupakan sebuah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur konsentrasi ion hidrogen ( $H^+$ ) dalam suatu larutan atau cairan. Air laut umumnya memiliki nilai pH di atas 7 yang berarti bersifat basis. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan nilai pH, nilai yang ideal untuk kehidupan antara 7 – 8,5. Pada nilai pH yang lebih rendah ( $< 4$ ), sebagian besar tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah. Perubahan kualitas air dapat menyebabkan air laut yang bersifat basis ( $pH > 7$ ) berubah menjadi bersifat asam pH (Tjutju Susana, 2019). Dengan adanya perubahan nilai pH maka bisa dikatakan adanya pengaruh zat lainnya di dalam suatu perairan tersebut seperti zat kimia minyak oli.

Sensor pH biasanya terdiri dari dua elektroda yang dicelupkan ke dalam larutan yang akan diukur pH-nya. Elektroda tersebut diberi lapisan khusus yang mengandung senyawa elektrokimia yang peka terhadap ion hidrogen. Ketika elektroda tercelup dalam larutan, reaksi kimia terjadi antara elektroda dan ion hidrogen di dalam larutan, menghasilkan potensial listrik yang terukur. Potensial ini kemudian dikonversi menjadi nilai pH menggunakan koreksi kalibrasi yang sesuai.



Gambar 4 Sensor pH

(Sumber: [https://PH\\_meter\\_SKU\\_SEN0161](https://PH_meter_SKU_SEN0161) )

## Sensor Kekeruhan

Sensor kekeruhan adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur sejauh mana cahaya diblokir atau tersebar oleh partikel-partikel padat atau zat terlarut dalam suatu cairan (Wiranto, 2020). Kekeruhan menggambarkan tingkat transparansi atau kejernihan dari cairan tersebut, di mana semakin tinggi kekeruhannya, semakin banyak partikel padat atau zat terlarut yang menghalangi cahaya dan membuat cairan menjadi keruh.



Gambar 5 Sensor Kekeruhan

(Sumber: <https://digiwarestore.com/id/sensor-other/turbidity-sensor-meter-for-arduino-v10-grove-296385.html>)

Sensor kekeruhan biasanya menggunakan prinsip fotometri atau nefelometri untuk melakukan pengukuran. Prinsip fotometri berfokus pada pengukuran jumlah cahaya yang diteruskan melalui cairan, sementara nefelometri berfokus pada pengukuran jumlah cahaya

yang tersebar oleh partikel dalam cairan. Standar kekeruhan air ditetapkan antara 5-25 NTU (Nephelometric Turbidity Unit) dan bila melebihi batas maka bisa dikatakan ada pengaruh zat kimia lainnya salah satunya limbah oli (Ridwan Muhammad, 2009).

### **Mikrokontroler ESP32**

ESP32 adalah modul mikrokontroler populer yang dikembangkan oleh perusahaan Espressif Systems (Ilahi,R., 2021). Modul ini didasarkan pada System-on-a-Chip (SoC) dengan kemampuan WiFi dan Bluetooth. ESP32 menawarkan beberapa fitur dan kemampuan yang membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi dan pembuatan prototipe IoT.



Gambar 6 ESP32

(Sumber: <https://menggunakan-pin-gpio-pada-esp32/>)

### **LCD**

LCD merupakan suatu media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama (Githa, Swastawan, 2014). Liquid Crystal Display (LCD) dapat menampilkan gambar dikarenakan pada LCD terdapat banyak titik cahaya (piksel) yang tersusun dari satu buah kristal cair sebagai titik cahaya.

Modul LCD matrix terdapat dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan masing-masing karakternya disusun oleh baris pixel. Fitur yang disajikan dalam LCD ini diantaranya terdiri dari 16 karakter dan 2 baris, memiliki 192 karakter, ada karakter generator terprogram yang bisa dialamati dengan mode 4 bit dan 8 bit serta dilengkapi dengan back light.



Gambar 7 LCD

(Sumber: <http://www.leselektronika.com/display-lcd-16-x-2.html>)

### **Buzzer**

Buzzer adalah perangkat elektronik yang menghasilkan nada atau nada yang berulang secara berkala (Ashshiddiq, Rahmadya, 2023). Bel terdiri dari elemen piezoelektrik atau elektromagnetik yang merespons arus listrik yang dikirim kepadanya melalui getaran atau getaran.



Gambar 8 Buzzer

(Sumber: <https://sariteknologi.com/product/buzzer/>)

Bel piezoelektrik menggunakan kristal piezoelektrik yang mengalami deformasi mekanis saat arus listrik diterapkan, menciptakan getaran. Getaran ini kemudian diubah

menjadi suara menggunakan membran yang terpasang pada buzzer. Bel piezoelektrik sering digunakan dalam aplikasi kecil seperti jam alarm, perangkat elektronik portabel, atau iklan kecil.

### Antena

Antena LoRa adalah jenis antena yang dirancang khusus untuk digunakan dengan teknologi Long Range (LoRa) (Maedy, 2021). Antena LoRa sangat penting untuk mengoptimalkan jangkauan dan kinerja perangkat yang mendukung teknologi LoRa. Antena ini diatur secara khusus untuk bekerja pada pita frekuensi yang digunakan oleh perangkat LoRa, yang dapat bervariasi tergantung pada wilayah penggunaannya. Beberapa pita frekuensi umum untuk LoRa adalah 433 MHz, 868 MHz, dan 915 MHz.



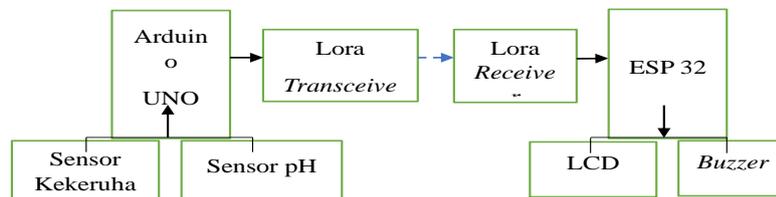
Gambar 9 Antena LoRa

(Sumber: <https://real-range-of-long-range-transceptor-lora-ra-02-sx1278-with-arduino-uno>)

## METODE PENELITIAN

### Perancangan sistem

Secara umum rancangan penelitian yang akan dibuat terdiri dari beberapa bagian yang dapat digambarkan blok diagram sebagai berikut:



Gambar 10 Blok diagram  
(Sumber: Dokumen pribadi, 2023)

Dari diagram blok gambar 3.1 bahwa menggunakan dua buah sensor yaitu sensor kekeruhan dan sensor pH. Kemudian data dari sensor di kirimkan ke mikrokonroler Arduino uno untuk pemrosesan data kemudian di teruskan ke Lora transceiver untuk di kirimkan ke Lora receiver kemudian di terimanya data selanjutnya data akan di teruskan kembali ke mikrokontroler ESP32 untuk di proses dan diteruskan ke serial monitor LCD untuk di lakukan pembacaan tampilan data dan apabila data yang dihasilkan normal dan sesuai maka buzzer tidak akan berbunyi, begitu juga kebalikannya jika data melebihi keadaan normal maka ESP32 akan memerintahkan buzzer untuk berbunyi sebagai tanda alarm.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Komponen

Pengujian komponen adalah proses penting yang dilakukan dengan melakukan pengujian statis dan dinamis pada alat yang dirancang untuk memastikan bahwa komponen berfungsi dengan baik sesuai dengan yang diharapkan, menghasilkan hasil analisis data yang tepat, dan memastikan bahwa data dapat diolah dengan akurat. Sensor Ph, Turbidity, ESP32, LCD i2c, Arduino Uno, dan LoRa Ra-02 adalah komponen yang diuji.

#### a. Pengujian Arduino Uno

Pengujian *hardware* arduino uno dilakukan dengan memberikan tegangan melalui kabel USB ke *power bank* atau sumber tegangan lainnya yang sesuai kebutuhan tegangan pada arduino uno.



Gambar 11 Pengujian Arduino Uno  
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

Gambar 11 Menunjukkan bagaimana arduino uno dapat bekerja dengan baik ditandai dengan lampu indikator LED hijau menyala.

#### b. Pengujian ESP32

Pengujian *hardware* ESP32 dilakukan dengan memberikan tegangan melalui kabel USB ke *power bank* atau sumber tegangan lainnya yang sesuai kebutuhan tegangan ESP32.



Gambar 12 Pengujian ESP32  
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

Gambar 12 Menunjukkan ESP32 dapat bekerja dengan baik dan dapat digunakan yang ditandai dengan lampu indikator LED hijau menyala ketika ESP32 mendapat tegangan.

#### c. Pengujian LCD I2C

Pengujian akan dilakukan dengan menghubungkan LCD i2c dengan mikrokontroler ESP32. Kemudian diprogram yang akan menampilkan sebuah tulisan “LoRa Receiver” pada Sebuah LCD i2c 16 x 2.

Mikrokontroler LCD I2C sangat menguntungkan karena dapat menghemat pin yang digunakan. Pin yang tersisa dapat digunakan untuk sensor atau tujuan lain. Ada empat pin pada LCD I2C yaitu: Vcc, Ground, SDA, dan SCL. SDA dan SCL.



Gambar 13 Hasil Pengujian LCD i2c  
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

Hasil Pengetesan LCD pada gambar 13 menampilkan tulisan "LoRa Receiver" sehingga LCD berfungsi dengan baik dan dapat menampilkan sesuai dengan program yang telah dibuat

d. Pengujian Sensor pH dan Sensor *Turbidity*

Pengujian sensor pH dan sensor turbidity ini diujikan dengan cara diuji menggunakan campuran cairan air laut dan oli sehingga sensor dapat membaca nilai pH dan kekeruhan. Seperti gambar 14 data yang didapat akan ditampilkan pada LCD i2c.



Gambar 14 Pengujian Sensor pH  
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

Hasil pengujian pada sensor dapat terbaca dengan baik sebesar dengan nilai pH 7.66 dan nilai kekeruhan 1023.75 NTU. Data yang didapat ditampilkan pada LCD i2c yang telah terintegrasi dengan sensor sehingga memudahkan pembacaan monitoring pH dan tingkat kekeruhan limbah oli.

e. Penggabungan pengujian komponen

Penggabungan pengujian komponen yang dilakukan setelah semua perangkat keras dirangkai, tahap berikutnya adalah melakukan pengujian yaitu menempatkan semua komponen menjadi satu sesuai dengan masing-masing sistem sehingga bisa dilakukan pengujian. Pembuatan kotak bertujuan agar komponen terhindar dari air dan debu yang dapat merusak hardware. Kotak yang digunakan yaitu terbuat dari bahan box plastik yang terletak pada miniatur kapal pada sistem transceiver. Sedangkan pada sistem receiver hanya menggunakan box kotak dengan tujuan supaya ketika diuji tidak secara langsung terbentur dengan benda padat.



Gambar 15 Pengujian Kalibrasi pH Meter  
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

Pengujian dilakukan dengan cara uji coba secara menyeluruh untuk mengetahui setiap komponen berjalan dengan baik dan sesuai program yang telah ditetapkan. Pengujian ini menggunakan powerbank sebagai power supply yang dihubungkan pada masing-masing sistem.

Pengujian modul LoRa-02 dilakukan dengan memberi jarak antara transceiver dan receiver sehingga data yang dapat dikirimkan dan diterima pada sistem ini sesuai. Data yang dihasilkan dari pembacaan sensor dikirim secara wireless melalui modul LoRa Ra-02.

(a) *Transceiver*(b) *Receiver*

Gambar 16 Pengujian Modul LoRa Ra-02

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

Hasil pengujian pembacaan sensor Ph pada sistem ini dan ditampilkan pada LCD terbaca 3.27. Pengukuran jarak komunikasi LoRa secara wireless menggunakan aplikasi Google Maps.



Gambar 17 Pengujian Jarak LoRa Ra-02

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

Saat menguji sistem ini, tim penguji dibagi menjadi dua kelompok. Tim pertama bertanggung jawab untuk mengawasi LoRa transceiver yang sudah dipasangkan pada miniatur kapal, sedangkan tim kedua bertanggung jawab untuk membawa LoRa receiver ke lokasi yang telah ditentukan. Pengujian ini menunjukkan bahwa transceiver dan receiver yang menggunakan modul LoRa dapat menjangkau dan mengirimkan data secara stabil pada jarak 50m, 100m, 150m, 200m, dan 205m. Namun, ketika pengujian dilanjutkan ke 210m penerima tidak dapat menerima data sehingga pengujian dihentikan. Jarak LoRa dapat dipengaruhi oleh tingkat penghalang, daya pancar, antena, dan interferensi gelombang lainnya di lokasi pengujian.

### **Pemrograman Software**

Pemrograman software adalah proses memberikan perintah kepada sistem yang bertujuan untuk memberikan pembacaan pada sensor Ph dan turbidity. Sistem memeriksa

sensor Ph dengan membandingkan sensor Ph dengan alat Ph meter. Kemudian, nilai dikirimkan ke mikrokontroler arduino uno dan diproses untuk meneruskan perintah ke transceiver LoRa dan receiver Lora. Pemrograman ini menggunakan aplikasi software arduino IDE. Aplikasi ini menggunakan bahasa pemrograman C++ untuk memproses data dan menuliskan perintah sebagai proses output.



Gambar 18 Pemrograman Software  
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

Dalam program yang telah dibuat, sensor Ph dan turbidity mendeteksi kadar Ph dan kekeruhan air dan data tersebut akan diproses di mikrokontroler. Selanjutnya, data dikirimkan secara wireless menghasilkan output yang akan ditampilkan pada LCD serta menyalakan buzzer jika pembacaan sensor tidak sesuai dengan program yang telah dibuat.

### Penyajian Data

Penyajian data adalah prosedur yang digunakan untuk mengumpulkan data dari sensor dan ph meter, dengan membandingkan antara alat Ph meter dan sensor Ph dengan cairan yang berbeda. Pengujian akan dilakukan dengan mengukur tingkat asam dan basa suatu cairan untuk memberikan solusi efektif dalam pemantauan dan pengelolaan limbah oli, memberikan informasi *real-time* mengenai kondisi limbah untuk mendukung keputusan yang tepat dalam menjaga lingkungan. Gambar 4.5 merupakan perbandingan antara alat Ph meter dan Sensor Ph yang terletak pada miniatur kapal yang datanya diterima dan di tampilkan pada LCD sistem *receiver*.



Gambar 19 Perbandingan Ph Meter Dengan Sensor Ph  
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

### Analisis Data

Analisis data sistem monitoring limbah oli melibatkan evaluasi dan interpretasi informasi yang diperoleh dari monitoring aktivitas limbah oli di laut. Tujuannya adalah untuk memahami perilaku, dampak, dan kepatuhan terhadap peraturan terkait pencemaran lingkungan di laut. Pengujian alat untuk menguji tingkat keakuratan sensor serta untuk analisa data. Pada pengujian ini dapat disimpulkan percobaan maupun secara keseluruhan bahwa

produk sistem monitoring limbah oli menggunakan arduino uno berbasis lora ini sudah valid dan layak digunakan. Untuk mengetahui *error* relatif, dapat menggunakan rumus berikut.

$$\frac{\text{Nilai Sensor pH} - \text{Nilai pH Meter}}{\text{Nilai pH Meter}} \times 100\% \dots\dots\dots (1.1)$$

Berikut adalah data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1, 4.2, 4.3 dengan menggunakan cairan air laut, oli dan campuran air laut serta oli sehingga menghasilkan perbandingan pH meter dan sensor pH untuk mengetahui tingkat keakuratan sensor menggunakan waktu selama 20 menit untuk proses pengambilan data, serta mengambil data tingkat kekeruhannya. Dengan melakukan analisis data sistem monitoring limbah oli secara teratur akan membantu pencemaran laut meminimalkan dampak lingkungan, dan mematuhi peraturan yang berlaku.

Tabel 1 Hasil Pengujian Air Tawar

Percobaan ke -	Ph meter	Sensor ph	Error % ( Air tawar)	<i>Turbidity</i>
1	7.21	7.13	1.11%	-356.99 NTU
2	7.16	6.93	3.21%	-356.99 NTU
3	7.23	7.09	1.97%	-383.03 NTU
4	7.09	6.79	4.23%	-383.03 NTU
5	7.06	7.03	0.42%	-356.99 NTU
Rata-Rata <i>Error</i> air tawar (%)			2.18%	-

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

Tabel 2 Hasil Pengujian Air Laut

Percobaan ke -	pH Meter	Sensor pH	<i>Error</i> (Air laut)
1	7.32	7.62	4.10%
2	7.34	7.39	0.68%
3	7.55	7.59	0.53%
4	7.42	7.45	0.40%
5	7.27	7.5	3.16%
6	7.23	7.52	4.01%
7	7.37	7.45	1.07%
8	7.57	7.63	0.79%
9	7.38	7.5	1.63%
10	7.45	7.53	1.07%
11	7.67	7.69	0.26%
12	7.25	7.91	9.10%
13	7.37	7.39	0.27%
14	7.48	7.56	1.07%
15	7.52	7.59	0.92%
16	7.57	7.6	0.39%
17	7.51	7.62	1.46%
18	7.43	7.65	2.96%
19	7.29	7.56	3.70%
20	7.37	7.67	4.07%
Rata-Rata <i>Error</i> air laut (%)			<b>2.08%</b>

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

Tabel 3 Hasil Pengujian Oli

Percobaan ke -	pH Meter	Sensor pH	Error (Oli)
1	7.05	7.34	4.11%
2	6.78	7.06	4.13%
3	6.77	7.05	4.14%
4	6.75	7.01	3.85%
5	6.68	7.00	4.79%
6	6.70	7.06	5.37%
7	6.79	7.08	4.27%
8	6.90	7.15	3.62%
9	6.95	7.19	3.45%
10	6.66	7.02	5.41%
11	6.65	7.03	5.71%
12	6.70	7.02	4.78%
13	6.94	7.18	3.46%
14	6.93	7.17	3.46%
15	6.88	7.12	3.49%
16	6.85	7.10	3.65%
17	6.66	7.04	5.71%
18	6.65	7.03	5.71%
19	6.60	7.00	6.06%
20	6.77	7.17	5.91%
Rata-Rata Error Oli (%)			<b>4.55 %</b>

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

Tabel 4 Hasil Pengujian Air laut dan Oli

Percobaan ke -	Perbandingan Takaran		pH Meter	Sensor pH	Error (Air laut dan Oli)	Turbidity
	Cairan (Air Laut)	Cairan (Oli)				
1	5 L	10 mL	7.05	7.34	4.11%	51.52 NTU
2	5 L	20 mL	7.01	7.27	3.71%	448.72 NTU
3	5L	30 mL	6.9	7.38	6.96%	623.47 NTU
4	5 L	40 mL	7.02	7.2	2.56%	770.15 NTU
5	5 L	50 mL	6.91	7.21	4.34%	835.89 NTU
6	5 L	60mL	6.97	7.2	3.30%	890.31 NTU
7	5L	70 mL	6.95	7.31	5.18%	937.61 NTU
8	5 L	80 mL	6.93	7.15	3.17%	993.50 NTU
9	5 L	90 mL	6.91	7.05	2.03%	1023.75 NTU
10	5 L	100 mL	6.9	7.1	2.90%	1125.69 NTU
11	5L	110mL	6.94	7.06	1.73%	1311.55 NTU
12	5L	120 mL	6.89	7.01	1.74%	1586.99 NTU
13	5 L	130 mL	6.81	6.97	2.35%	1734.78 NTU
14	5 L	140 mL	6.73	6.89	2.38%	2058.77 NTU
15	5 L	150 mL	6.67	6.82	2.25%	2584.23 NTU
16	5L	160 mL	6.62	6.71	1.36%	2893.89 NTU
17	5 L	170 mL	6.54	6.67	1.99%	3000.00 NTU
18	5 L	180 mL	6.49	6.64	2.31%	3000.00 NTU
19	5 L	190 mL	6.41	6.61	3.12%	3000.00 NTU
20	5L	200mL	6.35	6.52	2.68%	3000.00 NTU
Rata-Rata Error air laut dan oli (%)					3.08%	-

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

Berdasarkan data-data yang diperoleh data keakuratan sensor dan hasil *error* atau tidak sesuai dari membandingkan sensor pH dengan Ph meter.

Tabel 5 Pengujian Jarak

No	Kondisi	Jarak	Keterangan Kualitas Transmisi
1	LOS ( Line Of Siight )	50 m	Data Terbaca dengan delay 1 <i>second</i>
		100 m	Data Terbaca dengan delay 1 <i>second</i>
		150 m	Data Terbaca dengan delay 2 <i>second</i>
		200 m	Data Terbaca dengan delay 2 <i>second</i>
		205 m	Data Tidak Terbaca
2	Non LOS ( Non Line Of Sight)	20 m	Data Terbaca dengan delay 1 <i>second</i>
		40 m	Data Terbaca dengan delay 1 <i>second</i>
		60 m	Data Terbaca dengan delay 1 <i>second</i>
		80 m	Data Terbaca dengan delay 1 <i>second</i>
		85 m	Data Tidak Terbaca

Hasil pengujian jarak menunjukkan bahwa sistem LoRa penerima dapat menerima data dari transceiver LoRa dan menampilkannya pada LCD. Pengujian LoRa didarat dilakukan dengan pengujian LOS ( Line Of Sight ) dan NLOS ( Non Line Of Sight ). Untuk Jarak pengujian LOS yaitu 0 sampai 205 m sedangkan jarak pengujian NLOS yaitu 0 sampai 85 m, tetapi penerima tidak dapat menerima data dari transceiver dijarak lebih dari 205 meter pada pengujian LOS dan 85 m pada pengujian NLOS.

## **PENUTUP**

### **Kesimpulan**

Sesuai dengan pengujian, perancangan, dan rumusan masalah sistem monitoring limbah oli menggunakan arduino uno berbasis lora. Serta telah melakukan analisis data pada sistem alat tersebut maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Alat ini didesain dengan dua buah sensor yaitu sensor kekeruhan dan sensor pH. Data dari sensor di kirimkan ke Arduino uno untuk pemrosesan data dan di teruskan ke Lora transceiver untuk di kirimkan ke Lora receiver selanjutnya data di teruskan kembali ke ESP32 diteruskan ke LCD dan buzzer sebagai output
- b. Sistem dapat bekerja dengan dengan baik karena *error* yang terjadi sebesar 2.18% pada pengujian air tawar , 2.08% pada pengujian air laut , 4.55% pada pengujian oli dan 3.08% pada pengujian campuran air laut dan oli yang dibandingkan antara sensor pH dengan pH meter, sehingga sistem ini dirancang untuk memantau limbah oli dengan baik dan akurat.

### **Saran**

Meskipun sistem memberikan hasil yang memuaskan, ada beberapa rekomendasi untuk pengembangan penelitian selanjutnya:

- a. Meningkatkan akurasi pemantauan limbah oli, dengan menambahkan dan mempelajari penggunaan sensor terbaru yang lebih canggih.
- b. Uji coba sistem pada skala yang lebih besar untuk memastikan kinerja terbaik dalam lingkungan yang lebih kompleks.
- c. Pengembangan sistem daya yang lebih efisien untuk memaksimalkan masa pakai baterai atau sumber daya lainnya.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Ashshiddiq, R., & Rahmadya, B. (2023). Rancang alat pengukur tekanan darah otomatis berbasis Internet of Things. *CHIPSET*, 4(01), 23-35.
- Azharuddin, S., & Ariasya, M. A. (2020). Proses pengolahan limbah B3 (oli bekas) menjadi bahan bakar cair dengan perlakuan panas yang konstan. *Jurnal Austenit*, 48-53.

- Banjarnahor, D. (2022). Rancang bangun alat monitoring penyiraman tanaman otomatis dengan NodeMCU berbasis Internet of Things (IoT) (Disertasi, Universitas Medan Area).
- Effendi, H., & Puspitaningrum, R. (2021). Rancang bangun sistem monitoring pemakaian air PAM dan mutu air pada komplek perumahan dengan jaringan nirkabel LoRa berbasis Arduino Uno. *Sinusoida*, 23(1), 50-60.
- Githa, D. P., & Swastawan, W. E. (2014). Sistem pengaman parkir dengan visualisasi jarak menggunakan sensor ping dan LCD. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika: JANAPATI*, 3(1), 10-14.
- Illahi, R. (2021). Rancangan bangun kendali untuk peralatan rumah tangga menggunakan smartphone Android berbasis Arduino (Disertasi, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Novitasari, D. A., Triyanto, D., & Nirmala, I. (2018). Rancang bangun sistem monitoring pada limbah cair industri berbasis mikrokontroler dengan antarmuka website. *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, 43-52.
- Nurchahyo, R., & Setyoko, A. (Tahun). Pengelolaan limbah baterai bekas sebagai limbah B3.
- Pamungkas, A. B., & Cahyana, A. S. (2023). Uji viskositas penanganan limbah B3 liquid pada oli bekas menggunakan metode Taguchi. *Jurnal Teknik Industri*, 9, 144-152. <http://dx.doi.org/10.24014/jti.v8i2.21812>
- Ridarmin, R., Fauzansyah, F., Elisawati, E., & Prasetyo, E. (2019). Prototype robot line follower Arduino Uno menggunakan 4 sensor TCRT5000. *Informatika*, 11(2), 17-23.
- Riyadi, A., & Amri, H. (2022). Rancang bangun sistem monitoring ketinggian limbah oli berbasis Arduino Uno pada PT. Megapower Makmur Tbk Bengkalis. *Seminar Nasional dan Industri Teknologi*, 31-37.
- Rosmanila, R., Radillah, T., & Sofiyani, A. (2018). Prototype lemari pengering pakaian otomatis. *Informatika*, 10(1), 32-38.