

Rancang Bangun Pendeteksi Pencemaran Air Laut Berbasis *Microprocessor*

Muhamad Wildan Herlangga¹, Diana Alia², Diyah Purwitasari³

^{1,2,3}Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Abstract. *Sea water pollution is an increasingly urgent global issue, caused by various factors such as industrial waste, household waste, and ship activities. One of the solutions needed to overcome this pollution is the development of a detection system that is able to monitor polluting substances quickly, accurately, and efficiently. This research aims to design and build a microcontroller-based seawater pollution detection system, which can identify various pollution parameters in real-time. This research uses the Research and Development (R&D) method to develop a system consisting of several main components, including a pH sensor, turbidity sensor, Arduino Uno, GPS module, Raspberry Pi 4, USB camera, LiPo battery, and step-down converter. Each component is tested individually before being integrated into the overall system. The results of testing in a real environment show that the system is able to detect seawater pollution parameters with high accuracy. However, there are some errors in data collection, especially in the camera sensor with a percentage error of 32%, turbidity sensor 20%, and pH sensor 24%. Further improvements and developments were made based on the evaluation results to enhance system performance. The resulting system is considered accurate, reliable and easy to use, making an important contribution to efforts to protect seawater quality and mitigate the negative impacts of pollution on the environment and human health.*

Keywords: *Pollution, Raspberry, Internet of Things (IoT).*

Abstrak. Pencemaran air laut merupakan isu global yang semakin mendesak, disebabkan oleh berbagai faktor seperti limbah industri, limbah rumah tangga, dan aktivitas kapal. Salah satu solusi yang diperlukan untuk mengatasi pencemaran ini adalah pengembangan sistem deteksi yang mampu memantau zat-zat pencemar secara cepat, akurat, dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pendeteksi pencemaran air laut berbasis mikrokontroler, yang dapat mengidentifikasi berbagai parameter pencemaran secara real-time. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) untuk mengembangkan sistem yang terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk sensor pH, sensor kekeruhan, Arduino Uno, modul GPS, Raspberry Pi 4, kamera USB, baterai LiPo, dan step-down converter. Setiap komponen diuji secara individual sebelum diintegrasikan ke dalam sistem keseluruhan. Hasil pengujian di lingkungan nyata menunjukkan bahwa sistem ini mampu mendeteksi parameter pencemaran air laut dengan akurasi tinggi. Hasil dari penelitian dapat mendeteksi sampah, pH, dan kekeruhan. Namun, terdapat beberapa kesalahan pada pengambilan data, khususnya pada sensor kamera dengan persentase error 32%, sensor kekeruhan 20%, dan sensor pH 24%. Perbaikan dan pengembangan lanjutan dilakukan berdasarkan hasil evaluasi untuk meningkatkan kinerja sistem. Sistem yang dihasilkan dinilai akurat, handal, dan mudah digunakan, memberikan kontribusi penting dalam upaya perlindungan kualitas air laut dan mitigasi dampak negatif pencemaran terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Kata kunci: *Pencemaran, Raspberry, Internet of Things (IoT).*

1. PENDAHULUAN

Air laut adalah sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan ekosistem laut. Namun, keberlanjutan kualitas air laut semakin terancam oleh berbagai faktor, termasuk polusi. Polusi air laut dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk limbah industri, limbah rumah tangga, dan aktivitas kapal. Di kapal, penggunaan air laut sebagai sumber air bersih atau pendingin mesin dapat menyebabkan terjadinya pencemaran melalui pembuangan limbah atau kebocoran. Pencemaran air laut yang disebabkan oleh kapal dapat memiliki dampak yang serius terhadap ekosistem laut, termasuk kerusakan pada kehidupan laut

dan gangguan terhadap ekonomi lokal. Hal ini selaras dengan data yang di rilis oleh KKP kasus pencemaran air laut akibat tumpahan oli di Indonesia (KKP,2006).

Namun, tidak hanya di Indonesia, pencemaran air akibat tumpahan oli menjadi masalah global yang semakin serius dan mendesak. Pencemaran zat-zat ini dapat mempengaruhi kualitas air seperti mengubah nilai pH dan membuat air keruh, sehingga dapat menyebabkan keracunan pada hewan air dan tumbuhan air, mengurangi produktivitas pertanian, dan mengganggu ekosistem.

Dalam upaya untuk mengatasi masalah pencemaran air, diperlukan pendekatan yang holistik dan berbasis teknologi. Salah satu solusi yang diperlukan adalah pengembangan sistem deteksi pencemaran air yang mampu mengidentifikasi dan memonitor zat-zat pencemar dalam air dengan cepat, akurat, dan efisien.

Dengan adanya sistem pendeteksi pencemaran air yang canggih, dapat dilakukan tindakan pencegahan dan mitigasi yang tepat waktu untuk melindungi kualitas air dan meminimalkan dampak negatifnya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Limbah Oli/Pencemaran

Pencemaran air oleh limbah oli merupakan salah satu jenis limbah berbahaya yang sering mencemari lingkungan laut. Oli, sebagai zat kimia, memiliki potensi besar untuk membahayakan organisme laut dan ekosistemnya. Ketika limbah oli masuk ke perairan laut, polusi yang diakibatkannya dapat merusak ekosistem laut yang sangat sensitif. Limbah oli juga dapat membentuk lapisan tipis di permukaan air laut, yang menghambat proses fotosintesis oleh fitoplankton. Fitoplankton adalah sumber makanan penting bagi berbagai organisme laut, sehingga gangguan pada proses fotosintesis dapat mengganggu rantai makanan laut secara keseluruhan. Akibatnya, pencemaran oleh limbah oli tidak hanya mengancam kelangsungan hidup organisme laut, tetapi juga keseimbangan ekosistem laut secara menyeluruh. Oleh karena itu, pengelolaan limbah oli di laut menjadi perhatian penting dalam menjaga kelestarian lingkungan laut dan ekosistemnya (Amfa, et al., 2023).

Sensor pH

Sensor pH adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan dalam suatu larutan. Dalam konteks proyek ini, sensor pH dapat digunakan untuk memantau kualitas air laut di sekitar lokasi proyek. Keasaman sendiri adalah ukuran seberapa banyak ion hidrogen (H⁺) yang terlarut dalam suatu larutan.

Sensor Turbidity

Sensor *turbidity* adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan atau kemudahan tembus cahaya suatu larutan. Kekeruhan air dapat menjadi indikator penting dalam menentukan kualitas air, terutama dalam konteks pemantauan pencemaran oleh limbah oli. Biasanya air bersih memiliki nilai NTU yang rendah, yaitu di bawah 1 NTU. Ini menunjukkan sedikit atau tidak ada partikel padatan yang dapat menghalangi cahaya. Jika kekurangan kualitas air dapat meningkatkan nilai NTU. Contohnya, air yang terkontaminasi oleh tanah, limbah industri, atau zat-zat lain yang menyebabkan partikel padatan akan memiliki nilai NTU yang tinggi. Dengan menggunakan sensor turbidity, proyek ini dapat secara akurat memantau tingkat kekeruhan air laut di sekitar lokasi proyek dan mengidentifikasi adanya pencemaran oleh limbah oli (Faturahman, et al., 2019).

Global Positioning System (GPS)

GPS adalah sistem navigasi satelit yang digunakan untuk menentukan posisi geografis suatu objek di permukaan Bumi. Dalam proyek ini, penggunaan GPS memungkinkan pemantauan lokasi secara real-time dari sistem yang dibangun. Data posisi yang diperoleh dari GPS dapat digunakan untuk melacak pergerakan sistem, memetakan area yang terkena dampak pencemaran oleh limbah oli, serta melakukan analisis lebih lanjut terkait distribusi limbah oli di laut (Apriliani, et al., 2018).

LCD 16x2

LCD 16x2 adalah jenis layar karakter yang sering digunakan dalam berbagai proyek elektronika. Layar ini memiliki kemampuan untuk menampilkan teks dan informasi visual lainnya dengan jelas dan mudah dibaca. Dalam konteks proyek ini, LCD 16x2 dapat digunakan untuk menampilkan data dan informasi penting kepada pengguna, seperti hasil pengukuran pH air laut, tingkat kekeruhan air, atau koordinat GPS lokasi proyek (Suryantoro, et al., 2019).

Buzzer dan LED

Buzzer dan LED merupakan komponen elektronik yang digunakan sebagai indikator atau alarm dalam sistem. Buzzer dan LED dapat diprogram untuk memberikan notifikasi atau peringatan kepada pengguna terkait kondisi tertentu dalam proyek ini, seperti deteksi limbah oli yang melebihi batas toleransi. Dengan adanya buzzer dan LED, pengguna dapat dengan cepat dan mudah mengidentifikasi adanya masalah atau perubahan kondisi yang memerlukan tindakan lebih lanjut (Fauza, et al., 2021).

Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah komputer mini yang banyak digunakan dalam proyek Internet of Things (IoT) dan aplikasi pemrosesan data. Raspberry Pi memiliki kemampuan untuk menjalankan berbagai aplikasi dan layanan, sehingga cocok digunakan sebagai otak utama dalam sistem ini. Dalam proyek ini, Raspberry Pi dapat digunakan untuk mengumpulkan data dari berbagai sensor dan perangkat lainnya, menyimpan data tersebut dalam penyimpanan lokal atau cloud, serta melakukan analisis data untuk mendapatkan wawasan yang lebih mendalam tentang kondisi lingkungan di sekitar lokasi proyek (Pradana, et al., 2015).

Kamera

Kamera adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mendapatkan data visual, seperti gambar atau video. Dalam konteks proyek ini, kamera dapat dipasang di lokasi proyek untuk memantau kondisi lingkungan secara visual. Data visual yang diperoleh dari kamera dapat digunakan untuk pemantauan dan analisis lebih lanjut terkait kondisi lingkungan di sekitar lokasi proyek, seperti adanya tumpahan limbah oli atau aktivitas manusia yang berpotensi mencemari lingkungan (Syahputra, et al., 2017).

Pengolahan Citra

Pengolahan citra (image processing) adalah konsep dan metode yang digunakan untuk memahami, menganalisis, dan memanipulasi gambar digital (Jumadi, et al., 2021).

Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merujuk pada konsep jaringan perangkat elektronik yang terhubung satu sama lain dan ke internet untuk bertukar data dan mengendalikan operasi secara otomatis (Selay, et al., 2022). Dalam proyek ini, konsep IoT memungkinkan sistem untuk melakukan pengumpulan data, analisis, dan pengambilan keputusan secara otomatis berdasarkan informasi yang diperoleh dari berbagai sensor dan perangkat lainnya. Melalui integrasi berbagai komponen elektronik dan teknologi IoT, proyek ini dapat menghasilkan solusi yang efektif dalam pemantauan dan pengelolaan limbah oli di laut secara lebih efisien dan berkelanjutan.

3. METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Metode Research and Development (R&D) adalah suatu pendekatan sistematis yang digunakan untuk mengembangkan produk baru atau memperbaiki produk yang sudah ada melalui penelitian dan pengembangan. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk menghasilkan produk atau layanan yang memiliki nilai tambah bagi konsumen dan mampu bersaing melalui uji coba.

Berikut adalah beberapa karakteristik utama dari metode R&D:

- 1) Penelitian Awal: Tahap ini melibatkan eksplorasi konsep dan ide baru melalui penelitian dasar dan terapan. Peneliti mengumpulkan informasi, menganalisis data, dan mengidentifikasi kebutuhan serta peluang melalui uji coba.
- 2) Pengembangan Konsep: Berdasarkan hasil penelitian awal, tim R&D mengembangkan konsep produk atau layanan. Ini termasuk pembuatan prototipe awal dan pengujian konsep untuk mengevaluasi kelayakannya melalui uji coba.
- 3) Pengujian dan Evaluasi: Prototipe yang telah dikembangkan diuji secara menyeluruh untuk memastikan bahwa produk tersebut memenuhi standar kualitas dan kebutuhan melalui uji coba. Pengujian ini bisa mencakup uji laboratorium, uji lapangan, dan feedback dari pengguna potensial.
- 4) Penyempurnaan dan Produksi: Berdasarkan hasil pengujian, produk akan disempurnakan dan dikembangkan lebih lanjut hingga siap untuk diproduksi secara massal. Tahap ini juga mencakup perencanaan produksi, manajemen rantai pasokan, dan penyiapan proses manufaktur.
- 5) Komersialisasi: Setelah produk siap, langkah selanjutnya adalah meluncurkan produk melalui uji coba. Ini melibatkan strategi pemasaran, distribusi, dan penjualan untuk memastikan produk mencapai konsumen dan mendapatkan penerimaan yang baik melalui uji coba.

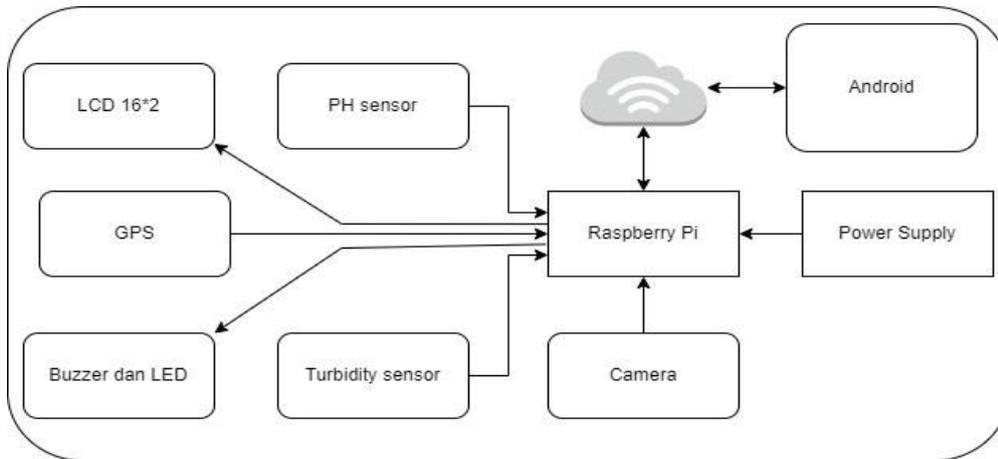
Diagram Blok Sistem

Penelitian ini menggabungkan beberapa komponen dalam sistemnya. Berikut adalah fungsi dari masing-masing komponen dalam sistem yang dijelaskan:

- 1) Raspberry Pi 4:
 - a. Pengolahan Data: Berfungsi sebagai inti dari pengolahan data dalam sistem.
 - b. Pengaturan Sensor: Mengatur pembacaan dari sensor-sensor yang terhubung, seperti sensor PH, *turbidity*, GPS NEO-06, dan kamera.

- c. Koordinasi Tampilan LCD: Mengatur output yang akan ditampilkan pada layar LCD.
 - d. Notifikasi ke Aplikasi Telegram: Bertanggung jawab untuk mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui aplikasi Telegram.
- 2) Sensor PH:
- a. Mengukur Tingkat Keasaman: Bertugas untuk mengukur tingkat keasaman (pH) dari suatu larutan.
 - b. Mengirimkan Data: Mengirimkan data pH yang terukur ke Raspberry Pi untuk pengolahan lebih lanjut.
- 3) Sensor *Turbidity*:
- a. Mengukur Kekeruhan: Bertugas untuk mengukur tingkat kekeruhan dari suatu cairan.
 - b. Pengiriman Data: Mengirimkan data ke k e r u h a n yang terukur ke Raspberry Pi.
- 4) GPS NEO-06:
- a. Mendapatkan Data Lokasi: Bertanggung jawab untuk mendapatkan data lokasi geografis yang akurat.
 - b. Pengiriman Data: Mengirimkan data lokasi ke Raspberry Pi untuk pengolahan lebih lanjut.
- 5) Kamera (*Sensor Image Processing*):
- a. Mendapatkan Data Visual: Mengambil gambar-gambar yang digunakan untuk pengolahan citra.
 - b. Pengolahan Citra: Memproses citra yang diambil untuk mendapatkan informasi yang relevan.
 - c. Pengiriman Data: Mengirimkan data hasil pengolahan citra ke Raspberry Pi.
- 6) Tampilan LCD:
- a. Menampilkan Informasi: Menampilkan informasi yang relevan kepada pengguna, seperti data sensor, hasil pengolahan, atau pesan-pesan penting lainnya.
 - b. Koordinasi dengan Raspberry Pi: Menerima instruksi dari Raspberry Pi untuk menampilkan informasi yang sesuai.
- 7) Aplikasi Telegram:
- a. Menerima Notifikasi: Menerima notifikasi yang dikirimkan oleh Raspberry Pi.
 - b. Menampilkan Notifikasi: Menampilkan notifikasi kepada pengguna melalui aplikasi Telegram.

Keseluruhan struktur sistem dijelaskan dalam Blok Diagram yang tercantum pada Gambar 1.



Sumber : Dokumen Pribadi (2024)

Gambar 1. Diagram blok sistem yang dirancang

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penyajian Data

Pada tahap ini data hasil pengujian komponen dan sistem secara keseluruhan di Analisa untuk mengetahui keandalan sistem dan penerapannya di kapal.

Setelah dilakukan serangkaian pengujian untuk mendeteksi keberadaan sampah, oli dan minyak, serta kondisi keruh pada air. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali dengan hasil yang beragam.

a. Pengujian Deteksi Sampah di Atas Air

Dari 10 kali pengujian, sampah di atas air berhasil terdeteksi sebanyak 6 kali. Pada 4 pengujian lainnya, sistem tidak mendeteksi keberadaan sampah dan hasil ini konsisten dengan kondisi sebenarnya di mana sampah memang tidak ada. Namun, terdapat satu kasus pada pengujian ini dimana sampah tidak terdeteksi meskipun sebenarnya ada. Ini menunjukkan adanya error yang perlu diselidiki lebih lanjut.

Tabel 1. Tabel Pengujian Kamera

Percobaan Ke -	Jenis Sampah	Kamera	Sensor Turbidity	Sensor pH	Kesimpulan
1	Botol Aqua	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanya sampah botol aqua
2	Plastik Pop Ice	TT	TT	TT	Kamera tidak dapat mendeteksi adanya sampah
3	Kaleng Bear Brand	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanya sampah kaleng
4	Bungkus Rokok	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanya sampah bungkus rokok
5	Plastik Indomie	TT	TT	TT	Kamera tidak dapat mendeteksi adanya sampah
6	Plastik Sampo	TT	TT	TT	Kamera tidak dapat mendeteksi adanya sampah
7	Kertas Karton	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanya sampah kertas
8	Sterofoam	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanya sampah
9	Bungkus Susu Ultramilk	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanya sampah bungkus susu
10	Daun Kering	TT	TT	TT	Kamera tidak dapat mendeteksi adanya daun kering
11	Kaleng Sarden	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanya kaleng sarden
12	Kaleng Pocarisweet	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanya kaleng pocarisweet
13	Plastik Mika	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanya plastik mika

14	Karton Mie	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanya karton mie
15	Kertas Minyak	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanya kertas minyak
16	Bungkus Masako	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanya bungkus masako
17	Cangkang Telur	TT	TT	TT	Kamera tidak dapat mendeteksi adanya cangkang telur
18	Botol Sosro	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanya botol sosro
19	Bungkus Sabun	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanyabungkus sabun
20	Botol Fanta	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanya botol fanta
21	Kerdus Terang Bulan	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanya kerdus terang bulan
22	Bungkus Cilok	TT	TT	TT	Kamera tidak dapat mendeteksi adanya bungkus cilok
23	Plastik Krupuk	T	TT	TT	Kamera dapat mendeteksi adanya Plastik Krupuk
24	PVC	TT	TT	TT	Kamera tidak dapat mendeteksi adanya pipa PVC
25	Ranting	TT	TT	TT	Kamera tidak dapat mendeteksi adanya ranting

Sumber : Dokumen Pribadi

NB : TT : Tidak Terdeteksi

T : Terdeteksi

b. Pengujian Deteksi Oli dan Minyak

Pengujian deteksi oli dan minyak menunjukkan hasil yang serupa dengan pengujian sampah. Oli dan minyak berhasil terdeteksi sebanyak 6 kali, sementara pada 4 pengujian lainnya, sistem dengan benar tidak mendeteksi adanya oli dan minyak. Pada pengujian ini terdapat salah satu percobaan yang *error*, yaitu pada pengujian ke 10 dimana oli dan minyak terdeteksi tetapi nilai pH dan turbidity tidak sesuai.

Tabel 2. Percobaan Data Sensor Turbiditu dan Sensor pH

Percobaan Ke -	Sensor Turbidity(NTU)	Sensor pH	Keterangan	Kesimpulan
1	Terdeteksi (233)	Terdeteksi (4,77)	Oli	Nilai pH 4,77 dan Nilai turbidity 233
2	Terdeteksi (254)	Terdeteksi (4,49)	Oli	Nilai pH 4,49 dan Nilai turbidity 254
3	Terdeteksi (241)	Terdeteksi (4,57)	Oli	Nilai pH 4,57 dan Nilai turbidity 241
4	Terdeteksi (252)	Terdeteksi (4,43)	Oli	Nilai pH 4,43 dan Nilai turbidity 252
5	Terdeteksi (287)	Terdeteksi (4,65)	Oli	Nilai pH 4,65 dan Nilai turbidity 287
6	Terdeteksi (72)	Terdeteksi (5,31)	Oli	Nilai pH 5,31 dan Nilai turbidity 72
7	Terdeteksi (242)	Terdeteksi (5,11)	Oli	Nilai pH 5,11 dan Nilai turbidity 242
8	Terdeteksi (97)	Terdeteksi (4,85)	Oli	Nilai pH 4,85 dan Nilai turbidity 97
9	Terdeteksi (211)	Terdeteksi (4,82)	Oli	Nilai pH 4,82 dan Nilai turbidity 211
10	Terdeteksi (243)	Terdeteksi (9,76)	Oli	Nilai pH 9,76 dan Nilai turbidity 243
11	Terdeteksi (212)	Terdeteksi (4,76)	Oli	Nilai pH 4,76 dan Nilai turbidity 212
12	Terdeteksi (255)	Terdeteksi (8,26)	Oli	Nilai pH 8,26 dan Nilai turbidity 255
13	Terdeteksi (272)	Terdeteksi (3,76)	Oli	Nilai pH 3,76 dan Nilai turbidity 272
14	Terdeteksi (265)	Terdeteksi (5,26)	Oli	Nilai pH 5,26 dan Nilai turbidity 265
15	Terdeteksi (251)	Terdeteksi (8,76)	Oli	Nilai pH 8,76 dan Nilai turbidity 251

16	Terdeteksi (23)	Terdeteksi (7,76)	Minyak	Nilai pH 7,76 dan Nilai turbidity 23
17	Terdeteksi (87)	Terdeteksi (5,86)	Minyak	Nilai pH 5,86 dan Nilai turbidity 87
18	Terdeteksi (82)	Terdeteksi (6,23)	Minyak	Nilai pH 6,23 dan Nilai turbidity 82
19	Terdeteksi (144)	Terdeteksi (10,6)	Minyak	Nilai pH 10,6 dan Nilai turbidity 144
20	Terdeteksi (103)	Terdeteksi (4,76)	Minyak	Nilai pH 4,76 dan Nilai turbidity 103
21	Terdeteksi (183)	Terdeteksi (5,57)	Minyak	Nilai pH 5,57 dan Nilai turbidity 183
22	Terdeteksi (93)	Terdeteksi (6,13)	Minyak	Nilai pH 6,13 dan Nilai turbidity 93
23	Terdeteksi (113)	Terdeteksi (7,32)	Minyak	Nilai pH 7,32 dan Nilai turbidity 113
24	Terdeteksi (123)	Terdeteksi (6,15)	Minyak	Nilai pH 6,15 dan Nilai turbidity 123
25	Terdeteksi (213)	Terdeteksi (4,76)	Minyak	Nilai pH 4,76 dan Nilai turbidity 213

Sumber : Dokumen Pribadi

c. Kinerja Sistem:

Sistem memiliki tingkat keberhasilan yang baik dalam mendeteksi sampah di atas air, meskipun terdapat satu error yang perlu dianalisis. Hasil pengujian menunjukkan sistem dapat mendeteksi oli dan minyak dengan tingkat keberhasilan yang serupa dengan deteksi sampah, dengan satu pengecualian error. Deteksi oli dan minyak menunjukkan akurasi yang sangat tinggi dan konsisten. Koneksi IoT berfungsi dengan baik dengan tingkat keberhasilan 95%.

Data hasil pengujian sistem secara keseluruhan ditampilkan pada table berikut:

Tabel 3. Data Hasil Percobaan Keseluruhan

ID Pengujian	Sampah Diatas Air		Oli dan MInyak diatas Air		Status Eksekusi Aplikasi (Application Execution Status)
	Status Sampah	Hasil Bacaan	Status Minyak	Hasil Bacaan	
1	ada	Terdeteksi	Ada	Terdeteksi	Berhasil
2	ada	Terdeteksi	Ada	Terdeteksi	Berhasil
3	ada	Terdeteksi	Ada	Terdeteksi	Berhasil
4	ada	Terdeteksi	Ada	Terdeteksi	Berhasil
5	Tidak Ada	Tidak Terdeteksi	Tidak Ada	Tidak Terdeteksi	Berhasil
6	Tidak Ada	Tidak Terdeteksi	Tidak Ada	Tidak Terdeteksi	Berhasil
7	Tidak Ada	Tidak Terdeteksi	Tidak Ada	Tidak Terdeteksi	Berhasil
8	Tidak Ada	Tidak Terdeteksi	Tidak Ada	Tidak Terdeteksi	Berhasil
9	Tidak Ada	Tidak Terdeteksi	Tidak Ada	Tidak Terdeteksi	Berhasil
10	Tidak Ada	Tidak Terdeteksi	Tidak Ada	Tidak Terdeteksi	Berhasil

Sumber : Dokumen Pribadi

Analisis Data

Selama penelitian dapat di analisa bahwa ada beberapa kekurangan dan kelebihan pada alat penelitian tersebut.

- 1) Kelebihan Alat
 - a. **Akurasi Posisi:** Salah satu kelebihan utama dari alat ini adalah kemampuannya untuk mendeteksi dan menampilkan letak posisi dengan akurasi yang tinggi saat disimulasikan. Hal ini memudahkan peneliti dalam menentukan titik-titik penting secara tepat, yang sangat berguna terutama dalam bidang geolokasi atau pemetaan.
 - b. **Real-Time Tracking:** Alat ini memiliki kemampuan untuk melacak pergerakan secara real-time, yang memberikan keuntungan signifikan dalam situasi di mana perubahan posisi secara dinamis perlu dipantau. Misalnya, dalam penelitian bidang transportasi atau manajemen logistik.
 - c. **User-Friendly Interface:** Alat ini dilengkapi dengan antarmuka yang mudah digunakan, memungkinkan pengguna untuk dengan cepat mengakses dan mengoperasikan fungsi utama tanpa memerlukan pelatihan teknis yang mendalam. Ini menjadikannya alat yang efektif bahkan bagi pengguna dengan latar belakang teknis yang minim.

2) Kekurangan Alat

a. **Keterbatasan Sensor**

Salah satu kelemahan utama alat ini adalah pada aspek sensor yang tidak sepenuhnya lengkap. Hal ini menyebabkan pengumpulan data tidak maksimal, terutama dalam kondisi lingkungan yang ekstrem atau variabel penelitian yang sangat kompleks.

b. **Resolusi Data yang Terbatas**

Alat ini menghasilkan data dengan resolusi yang mungkin tidak memadai untuk penelitian yang memerlukan detail tingkat tinggi. Hal ini bisa menjadi kendala ketika data presisi tinggi dibutuhkan untuk analisis yang mendalam.

c. **Fitur Analisis yang Terbatas**

Alat ini memiliki keterbatasan dalam hal fitur analisis bawaan, yang mengharuskan pengguna untuk menggunakan perangkat lunak tambahan untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih komprehensif. Hal ini bisa menjadi hambatan bagi pengguna yang mencari solusi terpadu.

Dengan melakukan analisis data sistem limbah oli dan minyak secara teratur akan membantu pencemaran laut meminimalkan dampak lingkungan, dan mematuhi peraturan yang berlaku. Berikut adalah table error data.

Tabel 4. Data Error Percobaan Pada Kamera

Percobaan Ke-	Jenis Sampah	Kamera	Error
1	Botol Aqua	T	-
2	Plastik Pop Ice	TT	<input type="checkbox"/>
3	Kaleng Bear Brand	T	-
4	Bungkus Rokok	T	-
5	Plastik Indomie	TT	<input type="checkbox"/>
6	Plastik Sampo	TT	<input type="checkbox"/>
7	Kertas Karton	T	-
8	Sterofom	T	-
9	Bungkus Susu Ultramilk	T	-
10	Daun Kering	TT	<input type="checkbox"/>
11	Kaleng Sarden	T	-
12	Kaleng Pocarisweet	T	-
13	Plastik Mika	T	-
14	Karton Mie	T	-
15	Kertas Minyak	T	-
16	Bungkus Masako	T	-
17	Cangkang Telur	TT	<input type="checkbox"/>
18	Botol Sosro	T	-
19	Bungkus Sabun	T	-
20	Botol Fanta	T	-
21	Kerdus Terang Bulan	T	-
22	Bungkus Cilok	TT	<input type="checkbox"/>
23	Plastik Krupuk	T	-

Percobaan Ke-	Jenis Sampah	Kamera	Error
24	PVC	TT	<input type="checkbox"/>
25	Ranting	TT	<input type="checkbox"/>
Jumlah Error			8
Presentase Error			32%

Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 5. Data Error Percobaan Pada Sensor Turbidity dan Sensor pH

Percobaan Ke -	Sensor Turbidity(NTU)	Sensor pH	Error	
			Sensor Trubidity	Sensor pH
1	Terdeteksi (233)	Terdeteksi (4,77)	-	-
2	Terdeteksi (254)	Terdeteksi (4,49)	-	-
3	Terdeteksi (241)	Terdeteksi (4,57)	-	-
4	Terdeteksi (252)	Terdeteksi (4,43)	-	-
5	Terdeteksi (287)	Terdeteksi (4,65)	-	-
6	Terdeteksi (72)	Terdeteksi (5,31)	<input type="checkbox"/>	-
7	Terdeteksi (242)	Terdeteksi (5,11)	-	-
8	Terdeteksi (97)	Terdeteksi (4,85)	<input type="checkbox"/>	-
9	Terdeteksi (211)	Terdeteksi (4,82)	-	-
10	Terdeteksi (243)	Terdeteksi (9,76)	-	<input type="checkbox"/>
11	Terdeteksi (212)	Terdeteksi (4,76)	-	-
12	Terdeteksi (255)	Terdeteksi (8,26)	-	<input type="checkbox"/>
13	Terdeteksi (272)	Terdeteksi (3,76)	-	-
14	Terdeteksi (265)	Terdeteksi (5,26)	-	-
15	Terdeteksi (251)	Terdeteksi (8,76)	-	<input type="checkbox"/>
16	Terdeteksi (23)	Terdeteksi (7,76)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
17	Terdeteksi (87)	Terdeteksi (5,86)	-	-
18	Terdeteksi (82)	Terdeteksi (6,23)	-	-
19	Terdeteksi (144)	Terdeteksi (10,6)	-	<input type="checkbox"/>
20	Terdeteksi (103)	Terdeteksi (4,76)	-	-
21	Terdeteksi (183)	Terdeteksi (5,57)	<input type="checkbox"/>	-
22	Terdeteksi (93)	Terdeteksi (6,13)	-	-
23	Terdeteksi (113)	Terdeteksi (7,32)	-	<input type="checkbox"/>
24	Terdeteksi (123)	Terdeteksi (8,15)	-	-
25	Terdeteksi (213)	Terdeteksi (6,21)	<input type="checkbox"/>	-
Jumlah Error			5	6
Presesntase Error			20%	24%

Sumber : Dokumen Pribadi

Dari hasil data percobaan di atas terdapat eror pada setiap sensor yang digunakan. Pada sensor kamera terdapat 8 data eror dari 25 percobaan presentase eror yaitu 32%. Untuk sensor turbidity eror yang di hasilkan 5 dengan presentase 20% sedangkan eror pada sensor pH yaitu 6 dengan presentase eror 24%.

5. PENUTUP

Kesimpulan

- 1) Pada penelitian ini sistem pendeteksi pencemaran air laut dirancang menggunakan *microprocessor* Arduino Uno yang dilengkapi sensor pH dan sensor turbiditas. Sistem ini menggunakan GPS Neo 6 dan kamera USB sebagai alat pendukung deteksi pencemaran secara real-time yang ditampilkan pada layar LCD kemudian data dikirimkan ke aplikasi telegram.
- 2) Pengujian sistem pendeteksi *microprocessor* pada penelitian ini menunjukkan sistem mampu mendeteksi perubahan kualitas air laut dengan tingkat keakuratan yang cukup baik. Pengujian keakuratan sensor dilakukan sebanyak 25 kali percobaan pada sensor pH dengan persentase eror sebesar 24%, sensor turbiditas dengan persentase eror sebesar 20%, dan sensor kamera dengan persentase eror sebesar 32%.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan evaluasi yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan sistem ini ke depan adalah sebagai berikut:

- 1) **Peningkatan Algoritma Pemrosesan Data:** Algoritma pemrosesan data dapat ditingkatkan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi. Penggunaan teknik pemrosesan data lanjutan dan algoritma pembelajaran mesin dapat membantu dalam analisis data yang lebih kompleks dan mendalam.
- 2) **Penambahan Fitur Baru:** Penambahan fitur seperti notifikasi otomatis jika terdeteksi pencemaran, integrasi dengan platform IoT untuk monitoring jarak jauh, dan kemampuan prediksi tren pencemaran dapat meningkatkan fungsionalitas dan nilai tambah sistem ini.
- 3) **Optimasi Konsumsi Daya:** Optimasi konsumsi daya sangat penting untuk memastikan bahwa sistem dapat beroperasi dalam jangka waktu yang lama tanpa gangguan. Penggunaan komponen dengan konsumsi daya rendah dan implementasi mode hemat daya dapat membantu mencapai tujuan ini.

- 4) **Pengujian di Berbagai Kondisi Lingkungan:** Pengujian sistem di berbagai kondisi lingkungan seperti di laut lepas, pelabuhan, dan area industri dapat memberikan data yang lebih komprehensif tentang kinerja sistem dalam berbagai situasi. Hal ini juga membantu dalam melakukan kalibrasi dan penyesuaian yang diperlukan.
- 5) **Kolaborasi dengan Institusi Terkait:** Kolaborasi dengan institusi terkait seperti lembaga penelitian, universitas, dan badan lingkungan dapat memberikan dukungan tambahan dalam hal penelitian, pengujian, dan pengembangan lebih lanjut. Kolaborasi ini juga dapat membuka peluang untuk pendanaan dan implementasi skala besar.
- 6) **Peningkatan Antarmuka Pengguna:** Antarmuka pengguna yang lebih intuitif dan user-friendly dapat meningkatkan pengalaman pengguna dalam menggunakan sistem ini. Pelatihan dan panduan pengguna juga dapat disediakan untuk memudahkan operasional sistem.

Dengan mengikuti saran-saran tersebut, diharapkan sistem pendeteksi pencemaran air laut berbasis mikrokontroler ini dapat terus berkembang dan memberikan kontribusi yang lebih besar dalam upaya pelestarian lingkungan dan penanggulangan pencemaran air laut.

REFERENSI

- Abimanyu, D., Sumarno, S., Anggraini, F., Gunawan, I., & Parlina, I. (2021). Rancang bangun alat pemantau kadar pH, suhu, dan warna pada air sungai berbasis mikrokontroler Arduino. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 1(6), 235-242.
- Apriliani, I. M., Herawati, H., Khan, A. M., Dewanti, L. P., & Rizal, A. (2018). Pengenalan teknologi global positioning system (GPS) sebagai alat bantu operasi penangkapan ikan di Pangandaran. *Vol. 7, Issue 3*.
- Fatturahman, F., & Irawan. (2019). Monitoring filter pada tangki air menggunakan sensor turbidity berbasis Arduino Mega 2560 via SMS gateway. *Jurnal Komputasi*, 7(2), 19.
- Fauza, N. (2021). Rancang bangun prototipe detektor hujan sederhana berbasis raindrop sensor menggunakan buzzer dan LED. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(3), 163-168. <https://doi.org/10.33369/jkf.4.3.163-168>
- Gabelly Fadila Pradana, A. (2015). Perancangan sistem menggunakan Raspberry Pi dengan web GUI untuk mengontrol tirai.
- Mohamad Hanis Farhan Mohd Reduan. (2021). Water quality monitoring system based on microcontroller and LoRa. *Malaysian Journal of Science and Advanced Technology*.
- Nuvreilla Nadya Novempa. (2020). Alat pendeteksi kualitas air portable dengan parameter pH, TDS, dan suhu berbasis Arduino Uno. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 9(2), 85-92.

- Pradipta, I. W. (2022). *Statistik air bersih 2017-2021*. BPS RI.
- Rosyidi, dkk. (2019). *Indonesian Journal of Engineering and Technology*.
- Sains Dan Teknologi, J., Jumadi, J., & Sartika, D. (2021). Pengolahan citra digital untuk identifikasi objek menggunakan metode hierarchical agglomerative clustering. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 10(2), 148.
- Sains, R., Kelautan, D. T., Azka, M., Amffa, B., Arsy, M. F., Fuad, D., & Assidiq, M. (2023). Analisis dampak oil spill pada kehidupan masyarakat pesisir Karawang dalam perspektif hukum dan lingkungan. In *SENSISTEK* (Vol. 6, Issue 1).
- Selay, A., Andigha, G. D., Alfarizi, A., Wahyudi, M. I. B., Falah, M. N., Khaira, M., & Encep, M. (2022). Internet of things. *Karimah Tauhid*, 1(6), 860.
- Suryantoro, H., & Budiyanto, A. (2019). *Indonesian Journal of Laboratory Prototype Sistem monitoring level air berbasis LabVIEW & Arduino sebagai sarana pendukung praktikum instrumentasi sistem kendali* (Vol. 1, Issue 3). Online.
- Syahputra, D. N. A. (2017). Algoritma pendeteksi marka jalan berbasis pengolahan citra sebagai pemandu navigasi pada miniatur mobil [Diploma thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. <https://repository.its.ac.id/47157/>
- Yohana Windra, C. (2021). Penerapan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai monitoring pada pembacaan arus 3 phasa di gardu induk 150 kV Lubuk Alung. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1). <https://doi.org/10.21063/jte.2021.31331007>