

Otomatisasi Pemisah Minyak dan Air Laut Menggunakan Separator pada Kapal Berbasis IoT

Hana Fitri Fikriyah¹, Anggit Yustyawan², Muhammad Farizul Hadi³, Faisal Budiman⁴,
Brahmantya Aji Pramudita⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Bandung

E-mail: ¹[*gripaice@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:gripaice@student.telkomuniversity.ac.id), ²anggityustyawan@student.telkomuniversity.ac.id,
³mfarizulhadi@student.telkomuniversity.ac.id, ⁴faisalbudiman@telkomuniversity.ac.id,
⁵brahmantyaajip@telkomuniversity.ac.id

Abstrak – Perancangan alat pemisah minyak dan air laut berbasis Internet of Things (IoT) telah dilakukan untuk menanggulangi permasalahan tumpahan minyak pada ekosistem air. Sistem dirancang menggunakan separator sebagai metode pemisahan minyak dan air laut dengan memanfaatkan berat massa cairan minyak dan air laut, sistem yang dirancang memiliki kelebihan dapat mendeteksi keberadaan alat pemisah minyak dan air laut serta dapat mengukur minyak yang telah dipisahkan, kedua data tersebut nantinya akan dikirim menggunakan LoRa agar dapat dilihat di aplikasi kodular pada handphone. Hasil penelitian menunjukkan minyak yang bisa dipisahkan sebesar 91%. Harapan sistem dirancang dapat memisahkan minyak yang terdapat pada ekosistem air tanpa mencemari kembali ekosistem air tersebut.

Kata Kunci — Internet of Things, Pemisah Minyak dan Air Laut, Separator

1. PENDAHULUAN

Pencemaran ekosistem air karena tumpahan minyak merupakan permasalahan serius yang dapat merugikan ekosistem air. Berbagai faktor seperti operasi kapal tanker (penggunaan air ballast), kegiatan perbaikan dan perawatan kapal (docking), terminal bongkar muat di tengah laut, saluran pembuangan air bilga (berisi minyak dan pelumas dari proses mesin), pemusnahan kapal, dan faktor lainnya dapat menyebabkan pencemaran air laut akibat tumpahan minyak [1]. Dampak dari pencemaran minyak terhadap ekosistem air dapat mencakup kematian massal ikan di tambak atau keramba, serta jenis kerang yang memiliki kemampuan migrasi yang rendah untuk menghindari dampak tumpahan minyak [1]. Selain merugikan ekosistem, pencemaran minyak pada ekosistem air juga dapat menimbulkan kerugian ekonomi. Sebagai contoh, tragedi Exxon Valdez di Prince William Sound, Alaska, Amerika Serikat pada tahun 1989 menyebabkan tumpahan sekitar 41 juta liter minyak mentah. Dampak ekonominya mencakup biaya pemulihan yang mencapai sekitar 6,2 miliar Dolar AS (sekitar Rp 9,5 triliun dengan kurs waktu itu), termasuk ganti rugi sebesar 1,1 miliar Dolar AS (sekitar Rp 1,6 triliun) [2].

Berbagai cara telah dilakukan untuk menyelesaikan polusi minyak pada air oleh para peneliti sebelumnya. Sebagai contoh paling sederhana dengan cara membakar minyak, tetapi cara ini sangat berbahaya karena menimbulkan api yang sangat besar dan juga menghasilkan gas beracun akibat pembakaran [3]. Contoh lainnya dengan cara surfaktan atau bahan kimia yang biasanya digunakan pada sabun yang dapat menstabilkan campuran minyak dan air, namun penggunaan surfaktan sebagai pemisah minyak dan air dapat menimbulkan permasalahan lainnya pada ekosistem air akibat terpapar oleh bahan kimia [4].

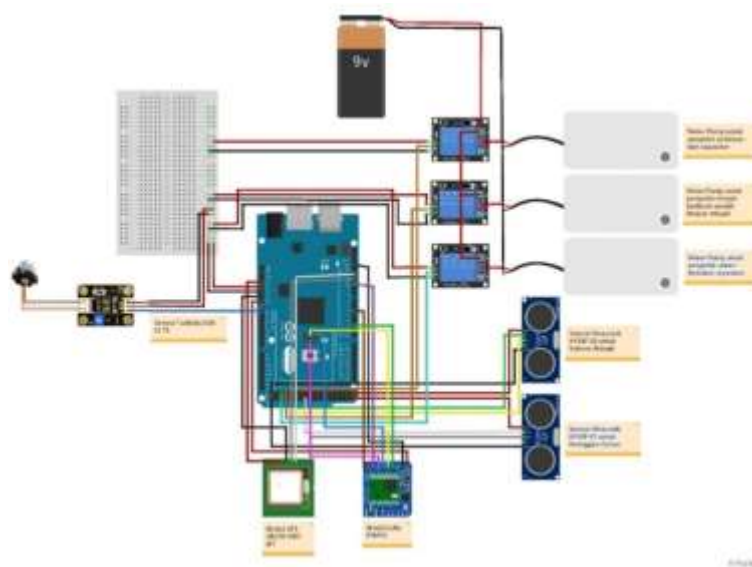
Penelitian ini berfokus pada perancangan alat “Pemisah minyak dan air laut menggunakan separator berbasis Internet of Things (IoT)”. Sistem terdiri dari separator sebagai wadah tempat pemisah minyak dan air laut dengan memanfaatkan massa jenis cairan. Mikrokontroler Arduino mega, sensor turbidity, sensor ultrasonik, LoRa dan modul GPS bertujuan sebagai pendeteksi dan *user interface*. Alat dirancang untuk memisahkan minyak dan air dengan metode separator, dimana metode ini dapat memisahkan minyak hanya dengan memanfaatkan massa jenis cairan. Minyak yang sudah terapung diatas air pada separator nantinya akan disedot oleh *water pump* untuk dipindahkan kedalam wadah khusus minyak. Pada wadah ini akan ada sensor ultrasonik yang berfungsi sebagai pengukur volume jumlah minyak. Data hasil pengukuran sensor ultrasonik nantinya akan dikirimkan melalui LoRa bersama dengan data dari modul GPS yang dapat dimonitoring di *handphone* pada aplikasi kodular, hal ini bertujuan agar dapat mempermudah pengguna [5] dalam memonitoring jumlah minyak yang sudah terpisah dan memonitoring keberadaan alat. Diharapkan alat yang dirancang dapat memisahkan minyak yang terdapat pada ekosistem air tanpa mencemari kembali ekosistem air tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini memiliki fokus pada pengembangan alat pemisah minyak dan air otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT), yang mengintegrasikan sistem elektronika dengan sistem IoT. Alat ini bertujuan untuk melakukan pemisahan minyak dari air secara otomatis. Secara umum, metodologi pembuatan alat ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

2.1 Pengujian Komponen

Gambar 1 menunjukkan *wiring diagram* antara komponen elektronika dalam suatu rangkaian. Secara umum, rangkaian ini terdiri dari sensor, mikrokontroler, dan aktuator, dengan fungsi masing-masing dijelaskan lebih lanjut dalam Tabel 1. Komponen elektronika ini kemudian digabungkan menjadi sebuah perangkat elektronika untuk digunakan sebagai alat pemisah minyak dan air otomatis. Seluruh sensor telah melalui proses kalibrasi dan penyesuaian.



Gambar 1. *Wiring diagram*

Tabel 1. Komponen Elektronika pada Alat dan Fungsinya

Komponen Elektronika	Tipe/Model	Fungsi
Sensor Ultrasonik	HYSRF 05	Pengukur volume yang sudah dipisahkan dari air dan ketinggian separator
Sensor GPS	UBLOK NEO M7	Pendeteksi lokasi alat
Sensor Turbidity	SEN0175	Pendeteksi minyak
Modul LoRa	RFM95	Modul komunikasi untuk pengiriman data volume minyak dan keberadaan alat
Water Pump	Mini Water Pump 12V	Sebagai penyedot cairan minyak dan air ke dalam separator dan juga ke dalam wadah khusus minyak (hasil pemisahan)

Proses kalibrasi dan penyesuaian pada alat yang sudah dirangkai menjadi satu terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Kalibrasi yang dilakukan pada sensor ultrasonik guna mencari besar persentase galat, hasil galat yang didapat kemudian dijadikan faktor koreksi pada pembacaan sensor ultrasonik yang akan digunakan

untuk membaca ketinggian cairan dan volume dari minyak yang sudah dipisahkan, adapun presentasi galat dihitung menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$\% \text{ error} = \frac{\text{jarak sesungguhnya} - \text{jarak sensor}}{\text{jarak sesungguhnya}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

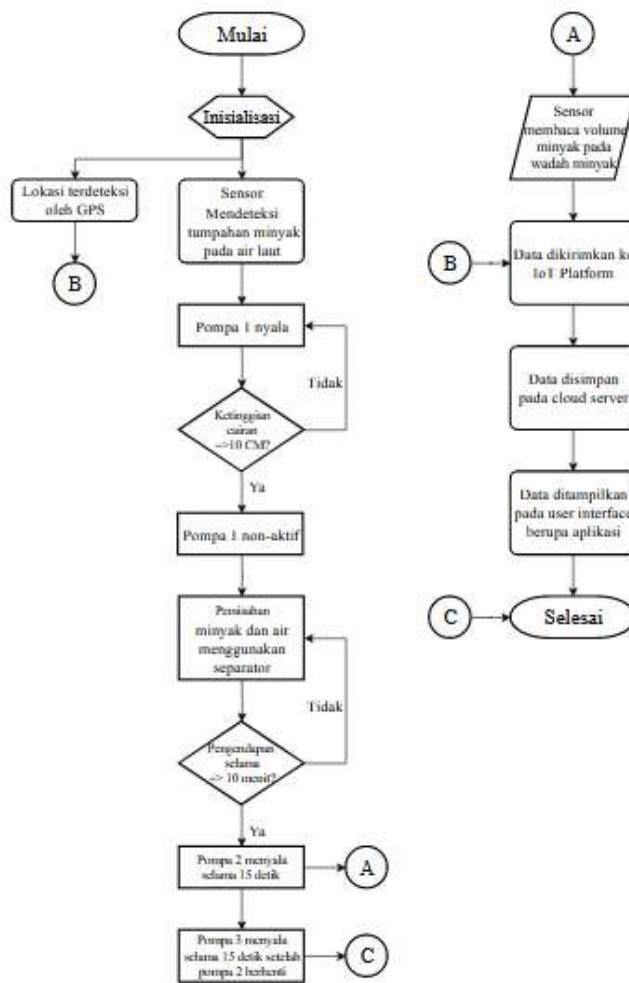
4.2. Persamaan (2) berguna untuk menghitung seberapa efisien alat pemisah minyak dan air menggunakan separator yang memanfaatkan massa jenis cairan dalam proses pemisahannya. Adapun rumus dari persamaan (2) untuk menghitung efisiensi alat pemisah minyak dan air sebagai berikut:

$$\frac{\text{minyak tersaring}}{\text{minyak awal}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Selain proses kalibrasi dan penyesuaian terdapat juga proses pengujian yang dilakukan pada sensor *turbidity*, dimana pengujian dilakukan ketika sensor mendeteksi minyak maka akan menyalakan water pump, pendeteksian ini didasarkan oleh nilai tegangan yang dikeluarkan sensor *turbidity*, jika dia mendeteksi minyak maka tegangan yang dikeluarkan akan melebihi 4,2 V sedangkan jika mendeteksi air biasa akan mengeluarkan tegangan dibawah 4V.

2.2 Alur Sistem

Gambar 2 menampilkan representasi alur proses operasional dari perangkat pemisah minyak dan air otomatis yang telah dibuat. Terlihat bahwa pembacaan sensor yang relevan akan menggerakkan aktuatur pompa sebagai respons, memicu proses pemisahan minyak dan air secara otomatis dengan menggunakan separator. Setelah pemisahan, volume minyak yang dihasilkan diukur secara otomatis dengan bantuan sensor ultrasonik. Data otomatis dari pengukuran volume ini selanjutnya dikirim melalui platform IoT dan dapat diakses melalui aplikasi mobile.



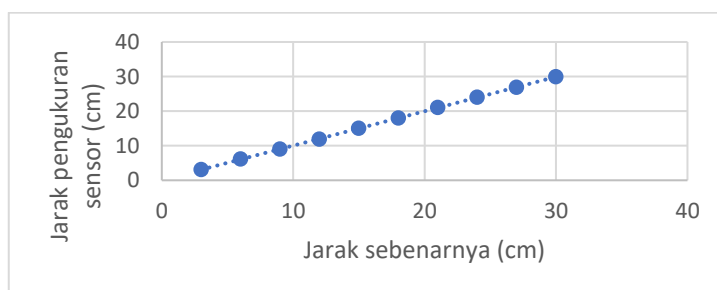
Gambar 2. Diagram Alir Sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 menunjukkan hasil rancangan perangkat pemisah minyak dan air otomatis. Terlihat dari gambar bahwa terdapat tiga wadah utama; wadah yang berisi campuran minyak dan air (*oily water*) sebagai simbol tumpahan minyak di air, wadah yang memuat separator (tempat terjadinya proses pemisahan minyak), dan wadah hasil pemisahan minyak yang telah berhasil dilakukan. Dalam aplikasinya, perangkat pemisah minyak dan air ini berpotensi efisien dan efektif untuk dalam lingkungan yang telah dibuat atau pada tahap *scaling up* untuk diterapkan dalam penanganan polusi air. Prinsip kerja pemisahan minyak dan air laut ini melibatkan penggunaan sensor *turbidity* sebagai pengindera minyak dalam air. Sensor ini akan mendeteksi keberadaan minyak, dan informasi tersebut akan diteruskan ke mikrokontroler. Mikrokontroler kemudian mengaktifkan pompa air untuk menarik minyak melalui penggunaan relay. Minyak yang ditarik oleh pompa air dialirkan ke separator untuk mengalami proses pemisahan dengan memanfaatkan perbedaan massa jenis cairan. Minyak yang mengapung di atas cairan kemudian dideteksi oleh sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggiannya. Apabila minyak terdeteksi, pompa air akan diaktifkan kembali untuk mengalirkan minyak ke dalam wadah khusus minyak. Wadah ini dilengkapi dengan sensor ultrasonik yang berfungsi untuk mengukur volume minyak dalam tabung. Sementara itu, GPS juga berperan dalam mendeteksi lokasi alat pemisah minyak dan air. Data mengenai volume minyak dan keberadaan alat tersebut kemudian dikirimkan melalui jaringan LoRa. Data yang diterima oleh LoRa selanjutnya dikirimkan ke aplikasi Kodular melalui platform Firebase.



Gambar 3. Hasil Perancangan Alat

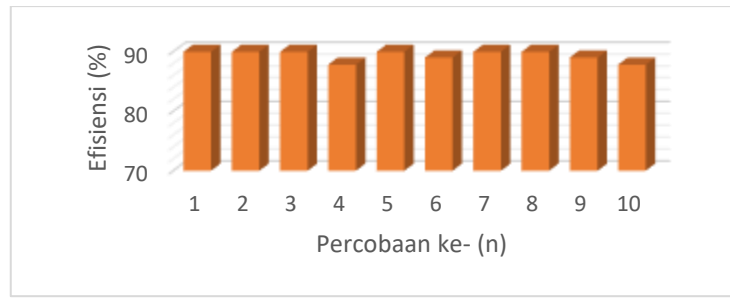


Gambar 4. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Pada penelitian ini, sensor ultrasonik dimanfaatkan untuk pengukuran volume serta pengukur ketinggian cairan didalam separator. Proses pengujian kalibrasi dilakukan untuk mengetahui besar galat yang diberikan sensor dengan membandingkan pembacaan sensor dengan pembacaan standar panjang. Pengujian dilakukan dari jarak 3-30 cm dengan interval perbedaan setiap 3 cm. Hasil pengujian yang ditampilkan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa besar persentase galat yang didapat menggunakan persamaan (1) adalah 0,68%.

Hasil galat yang didapat kemudian dijadikan faktor koreksi pada pembacaan sensor ultrasonik yang nantinya akan mengukur ketinggian cairan dan volume minyak yang sudah dipisahkan. Faktor koreksi nantinya akan dimasukkan kedalam kodingan pada proses dilaksanakan, hal ini nantinya akan mempengaruhi angka pengukuran sensor ultrasonik yang menjadi lebih baik dari pada sebelum dimasukkan nilai faktor koreksi didalam kodingannya.

Hasil pengujian pemisahan minyak dan air otomatis ditunjukkan pada Gambar 5. Pengujian dilakukan berulang sebanyak 10 kali untuk melihat repeatability dan recyclability dengan kondisi pengujian awal adalah, *oily water* dengan rasio sebanyak 2:1 (minyak:air). Dapat dilihat bahwa hasil pemisahan minyak berhasil dilakukan dengan efisiensi rata-rata mencapai 91% berdasarkan perhitungan persamaan (2).



Gambar 5. Hasil Pengujian Pemisahan Minyak dan Air

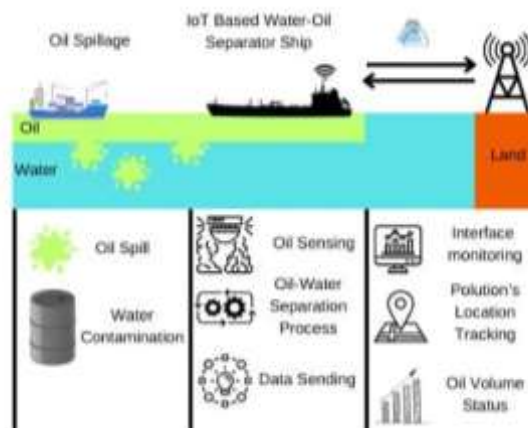
Pengujian pemisahan minyak dan air yang dilakukan pada separator dengan memanfaatkan massa jenis cairan membuat pemisahan minyak tidak 100% terpisah, hal ini juga dikarenakan pada proses pemindahan minyak ke wadah khusus minyak dilakukan oleh sensor ultrasonik sebagai sensor yang menentukan kapan *water pump* menyedot minyak untuk pindah, Dimana sensor ultrasonik tidak menyetahui mana cairan yang minyak dan mana yang air. Kedepannya pada separator digunakan sensor yang dapat membedakan minyak dan air, agar penyedotan oleh *water pump* lebih efisien.

Hasil dari pengujian pemisahan minyak dan air secara otomatis akan dikirim ke aplikasi kodular di handphone melalui modul LoRa, adapun tampilan pada aplikasi kodular seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Pada aplikasi ini juga menunjukkan data lokasi berupa longitude dan latitude dari keberadaan alat.



Gambar 6. Tampilan Mobile Aplikasi

Mempertimbangkan hasil efektivitas pemisahan minyak dan air di atas, Berikut disampaikan potensi pengembangan yang dapat dilakukan dari alat yang telah dirancang. Gambar 7 menunjukkan ekosistem pemisahan minyak dan air yang berpeluang untuk diimplementasikan ketika terjadi adanya pencemaran air laut karena adanya tumpahan minyak.



Gambar 7. Ilustrasi Potensi Pengembangan Alat untuk Diimplementasikan sebagai Kapal Pemisah Minyak dan Air

3. SIMPULAN

Perancangan alat pemisah minyak dan air otomatis telah dilakukan pengkalibrasian sensor dan percobaan pemisahan minyak dan air pada separator. Dari pengkalibrasian dan percobaan tersebut didapatkan beberapa kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut.

1. Hasil pengujian kedua sensor ultrasonik didapat persentase rata-rata galat sebesar 0,68%.
2. Hasil pengujian pemisahan minyak dan air menunjukkan efisiensi rata-rata mencapai 91%
3. Hasil pengujian pengiriman data menunjukkan bahwa data dapat terkirim ke aplikasi.
4. Rencana pengembangan ke depan sensor untuk mendeteksi minyak diubah menjadi non kontak dan sensor yang menjadi pengatur kapan minyak dipindahkan ke wadah khusus minyak merupakan sensor yang dapat mendeteksi minyak.

4. SARAN

1. Penelitian selanjutnya terkait pemisahan minyak dan air menggunakan separator dapat menggunakan sensor non kontak pada bagian mendeteksi cairan minyak dan air, dikarenakan sensor *turbidity* merupakan sensor kontak yang memiliki kekurangan dalam mengubah data yang dideteksi dengan waktu singkat, akibatnya cairan minyak masih tertempel pada sensor menyebabkan sensor masih mendeteksi minyak dan *water pump* masih menyedot cairan kedalam separator.
2. Sensor yang digunakan sebagai pengatur kapan minyak dipindahkan ke wadah khusus minyak adalah sensor yang dapat mendeteksi minyak. Sehingga pemindahan minyak ke wadah khusus minyak dan dilakukan secara maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kelautan dan Perikanan RI, “Tumpahan Minyak (Oil Spill).” Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: kkp.go.id
- [2] L. Alfa, “Perhitungan Biaya Kerugian Akibat Tumpahan Minyak Montara di Pesisir Nusa Tenggara Timur.”
- [3] A. P. Karlapudi *et al.*, “Role of biosurfactants in bioremediation of oil pollution-a review,” *Petroleum*, vol. 4, no. 3. KeAi Communications Co., pp. 241–249, Sep. 01, 2018. doi: 10.1016/j.petlm.2018.03.007.
- [4] Johannes Bagas Ardy Nugraha, “Sistem Pemisah Air dan Minyak Otomatis Menggunakan Nanofilter dan Sensor Ultrasonik.” Accessed: Dec. 10, 2023. [Online]. Available: <https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/166093/sistem-pemisah-air-dan-minyak-otomatis-menggunakan-nanofilter-dan-sensor-ultrasonik.html>
- [5] H. T. Kristanto, A. S. Mustakim, M. Y. K. Huda, and R. Helilintar, “Perancangan Aplikasi Android Untuk Pemilihan Tempat Wisata Di Kota Kediri,” 2023, Accessed: Dec. 27, 2023. [Online]. Available: <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/stains/article/view/2846>