

**Perencanaan Pembangunan Teknologi Pengurangan Limbah Berkelanjutan
Berkbasis IoT di Perairan Laut Indonesia
(Development Planning of IoT-based Sustainable Waste Reduction Technology in
Indonesian Marine Waters)**

Syarifah Mudaim*, Tazkiah Kamilah Aulia, Vivi Anggraeni

Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudi No.229, Kec. Sukasari,
Kota Bandung, Jawa Barat 40154, Indonesia
email: rifahmudaim02@upi.edu

ABSTRACT

Based on data from the Ministry of Environment and Forestry, in 2020 waste pollution in Indonesian sea waters increased to 5.75 tons. Sea waters are often considered the final waste disposal site for humans. One effort to overcome this problem requires a prototype model. Utilizing IoT can help monitor and manage marine waste effectively and efficiently. The method used in this research is literature study, one of the websites that supports the design of the RockWaste tool is Tinkercad. The working process of this tool begins with an automatic detection system that is able to identify rubbish in sea waters. Once identified, the tool will collect waste efficiently, separate it by type, and manage waste according to each category.

Keyword: Artificial Intelligence, Monitoring, Prototype, RockWaste

ABSTRAK

Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada tahun 2020 pencemaran limbah di perairan laut Indonesia bertambah mencapai 5,75 ton. Perairan laut sering dianggap sebagai tempat pembuangan limbah terakhir oleh manusia. Adapun salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan ini diperlukannya model *prototype*. Pemanfaatan IoT dapat membantu pemantauan dan mengelola limbah laut secara efektif dan efisien. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu studi literatur, adapun salah satu *website* yang mendukung dalam perancangan alat *RockWaste* yaitu Tinkercad. Proses kerja alat ini diawali dengan sistem pendeteksian otomatis yang mampu mengidentifikasi sampah di perairan laut. Setelah teridentifikasi, alat akan melakukan pengumpulan sampah secara efisien, memisahkan berdasarkan jenis, dan mengelola sampah sesuai kategori masing-masing.

Kata Kunci: Kecerdasan Buatan, Pemantauan, Prototipe, *RockWaste*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang akan kaya ribuan pulau besar dan kecil (Marewa, Y. B., & Parinussa, E. M., 2020). Tercatat menurut badan pusat statistik (BPS) Indonesia memiliki pulau mencapai 17.001 pulau yang tersebar di tengah lautan yang sangat luas. Indonesia juga dikelilingi oleh dua Samudra besar, yakni Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Perairan laut Indonesia merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting bagi manusia dengan adanya berbagai jenis ekosistem laut. Menurut Rosalia, A. A., *et al* (2022) berdasarkan data dari KKP Indonesia memiliki daerah lautan yang sangat luas daripada daratan dan Indonesia menduduki posisi kedua setelah Kanada akan panjang garis pantainya. Menurut Andiny, P. (2020) masyarakat pesisir memanfaatkan sumber daya alam untuk menjadikan lapangan pekerjaan sehingga dapat memajukan kesejahteraan perekonomian. Namun hal ini menimbulkan salah satu masalah utama yaitu pencemaran pada air laut. Menurut Maulana, P., *et al* (2022). pencemaran air laut dapat disebabkan oleh tumpahan minyak, limbah rumah tangga maupun limbah industri.

Berdasarkan grup penelitian Jambeck di dalam jurnal yang membahas riset mengenai fakta sampah plastik berjudul *Plastic Waste Inputs From Land Into The Ocean* pada tahun 2016, perairan laut Indonesia menduduki posisi peringkat kedua yang mencapai 187,2 juta ton sampah. Permasalahan ini telah mengancam kehidupan 1 juta burung laut, 100 ribu mamalia laut, kura-kura laut, dan ikan-ikan dalam jumlah besar, di setiap tahunnya. Lalu berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2020 pencemaran limbah di perairan laut Indonesia bertambah mencapai 5,75 ton, yang sebagian besar merupakan sampah plastik dengan berat sekitar 35,4%. Menurut Fauzi, A. A., *et al* (2022) limbah plastik paling sulit terurai, sehingga memerlukan waktu 50 hingga 200 tahun agar terurai dan habis sepenuhnya.

Perairan laut sering dianggap sebagai tempat pembuangan limbah terakhir oleh manusia, mereka berpikir tidak akan ada dampak yang merugikan karena memiliki volume air yang cukup besar (Najmi, N., *et al.*, 2022). Limbah yang terdapat di wilayah pesisir biasanya berasal dari rumah tangga dan industri. Menurut Dzikrillah, A., *et al* (2022) limbah dari hasil industri dapat mempengaruhi suhu air laut, kadar oksigen, dan kualitas dari ekosistem laut itu sendiri. Limbah yang berada di wilayah pesisir dapat

hanyut terbawa oleh arus karena adanya pergerakan yang dipengaruhi oleh angin (Patuwo, N. C., *et al.*, 2020). Oleh karena itu, diperlukannya sebuah inovasi berupa alat yang mampu meminimalisir permasalahan di wilayah pesisir dan di perairan laut Indonesia akibat adanya limbah padat.

Seiring perkembangan zaman teknologi semakin berkembang pesat, sehingga semakin tingginya alat teknologi canggih seperti *Internet of Things* (IoT). Menurut Fitriasari, N. S., *et al* (2017) perkembangan *Internet of Things* (IoT) dalam Industri 4.0 memungkinkan peningkatan kualitas dan kuantitas repositori pengetahuan. Adapun salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan ini diperlukannya model *prototype*, dan alat yang akan dirancang yaitu *RockWaste* berbasis IoT. Pemanfaatan IoT dapat membantu monitor dan mengelola limbah laut secara efektif dan efisien. Alat akan dirancang dengan sistem otomatisasi yang diharapkan dapat memudahkan kegiatan pembersihan limbah di wilayah pesisir dan di perairan laut Indonesia.

Berdasarkan permasalahan yang akan dipecahkan, terdapat 17 program pembangunan berkelanjutan yang telah disepakati oleh perserikatan bangsa-bangsa (PBB). Dalam melakukan pembangunan teknologi, penulis akan memfokuskan pada kedua point yang terdapat pada *Sustainable Development Goals* (SDGs) yaitu point ke-3 (Kehidupan Sehat dan Sejahtera), dan point ke-14 (Ekosistem Laut). Selain itu, adapun solusi untuk menindaklanjuti kegiatan pengelolaan limbah yang efektif yaitu dengan cara memisahkan limbah menggunakan alat pemilah limbah berbasis IoT.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat teknologi canggih berbasis IoT yang dapat meminimalisir limbah yang berada di wilayah pesisir dan perairan laut Indonesia. Teknologi ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif untuk membersihkan limbah laut dengan memanfaatkan AI (*Artificial Intelligence*) dan integrasi perangkat keras yang terkoneksi melalui jaringan IoT. Hal ini tentunya menjadi fokus utama dalam melakukan perancangan alat teknologi *RockWaste* dan sistem pemilahan limbah dengan model *prototype*. Maka dari itu, diharapkan solusi yang akan dihasilkan dapat memperbaiki aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu studi literatur. Menurut Zed., (2008:3) dalam Cahyono, D. D., *et al* (2022) metode studi literatur merupakan sekumpulan kegiatan yang berkaitan dengan metode pengumpulan data, membaca dan mencatat serta mengolah bahan penelitian. Data yang diperoleh dalam penelitian ini berdasarkan dari berbagai kajian-kajian yang berfokus terhadap pengembangan teknologi limbah. Penelitian ini akan menggunakan model *prototype* dalam merancang sebuah alat teknologi.

Adapun salah satu *website* yang mendukung dalam pembuatan desain perancangan alat *RockWaste* yaitu menggunakan Tinkercad. Selain itu, *website* tinkercad dapat membantu merancang *hardware* untuk alat pemilah limbah. Menurut Pranita, E. (2023) *website* tinkercad digunakan untuk membuat perancangan terkait alat yang akan dibuat, serta dapat membantu membuat skema pemasangan komponen yang akan digunakan.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

HASIL PEMBAHASAN

Limbah merupakan sesuatu materi yang tidak dapat digunakan dan seringkali dibuang atau tidak didaur ulang. Menurut Wahyudi, A., *et al* (2023) berdasarkan UU No. 18 Tahun 2008 limbah dapat dikatakan sisa atau buangan dari hasil suatu kegiatan manusia atau usaha/industri. Limbah yang terdapat di wilayah pesisir biasanya berasal dari rumah tangga dan industri. Menurut Pratama, G., *et al* (2020) dengan adanya limbah di perairan laut kehidupan biota laut sangat terancam, karena akan berdampak pada kesehatan pada biota lautnya. Permasalahan ini sering terjadi di setiap pesisir pantai sehingga sampah tersebut terbawa oleh angin dan ombak menuju perairan laut. Maka peneliti membuat suatu rancangan menggunakan model *prototype* yaitu inovasi alat yang akan memudahkan pekerjaan tersebut dan menjadi solusi permasalahan yang sedang dihadapi. Alat ini dirancang dengan tujuan untuk mendeteksi keberadaan sampah di perairan, mengumpulkan sampah yang terdeteksi, dan mengelola sampah tersebut dengan cara mengkategorikan sesuai jenisnya. Proses kerja alat ini diawali dengan sistem pendeteksian otomatis yang mampu mengidentifikasi sampah di perairan laut, termasuk jenis dan ukuran sampah. Setelah teridentifikasi, alat akan melakukan pengumpulan sampah secara efisien, memisahkan berdasarkan jenis, dan mengelola sampah sesuai kategori masing-masing.

RockWaste merupakan rancangan alat teknologi yang akan digunakan untuk mengurangi limbah berkelanjutan berbasis IoT yang dapat digunakan di wilayah pesisir dan perairan laut Indonesia dengan menggunakan pemodelan *prototype*. *RockWaste* adalah sebuah rancangan robot atau perahu otomatis. Alat ini dilengkapi dengan sensor dan teknologi AI (*Artificial Intelligence*) sebagai pendeteksi yang memungkinkan untuk secara otomatis mengenali dan mengumpulkan sampah yang mengapung di perairan laut. Alat ini juga diberikan navigasi otomatis yang dapat membuat kapal bergerak secara mandiri menuju sampah dan juga mengumpulkan sampah. Menurut Gunawan, I., *et al* (2020) IoT gabungan dari 2 kata *interconnection-networking* yaitu menggabungkan beberapa jaringan komputer untuk saling terkoneksi dengan menggunakan TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*).



Gambar 1. Desain *RockWaste*

Sumber: Peneliti, 2023

Pada umumnya *RockWaste* akan terapung di atas air seperti perahu, namun alat ini memiliki ukuran panjang 3-4 meter, lebar ± 2 meter, dan tinggi 1-1,5 meter. *RockWaste* mampu mengubah energi listrik pada baterai menjadi energi gerak. Oleh karena itu, *RockWaste* dapat dikatakan alat teknologi ramah lingkungan, karena tidak menggunakan bahan bakar minyak (BBM). Terdapat 4 bagian inti yang dapat mengoperasikan alat *RockWaste* bekerja seperti pada **Tabel 1**. *RockWaste* dapat dikatakan alat yang ramah lingkungan, karena tidak menggunakan bahan bakar minyak (BBM), melainkan menggunakan tenaga surya.

Tabel 1. Deskripsi Singkat Kegunaan Alat

Atribut	Fungsi
<i>Camera</i> (Navigasi)	Membantu untuk mengarahkan dari suatu tempat ke tempat yang lain dan mampu merekam posisi berdasarkan titik koordinat.
Baling-Baling	Sebagai alat bantu dorong Bergeraknya <i>RockWaste</i> .
Sensor	Pendeteksi apabila adanya limbah di sekitar, alat akan otomatis terbuka dan memasukan limbah ke dalam <i>cup waste</i> .
<i>Cup Waste</i>	Tempat penampungan limbah yang memiliki kapasitas 1-2 metrik ton.

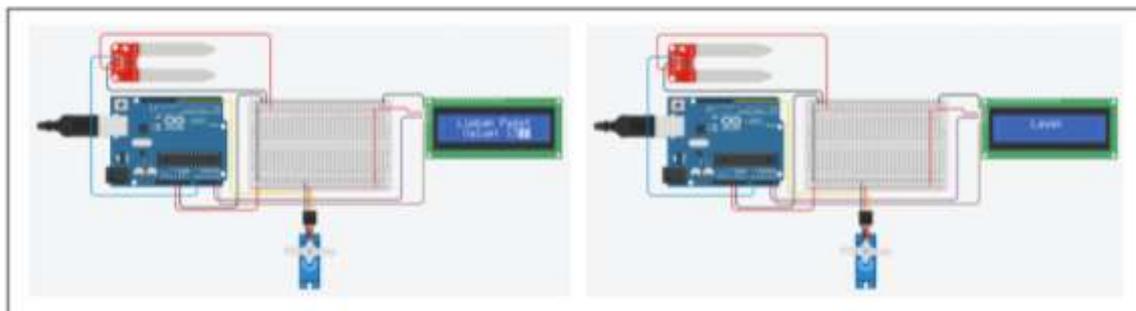
Pemodelan alat dapat dilihat pada **Gambar 2** menjelaskan bagaimana cara alat *RockWaste* beroperasi. Sensor yang menjadi penutup atas *cup waste* tidak akan berfungsi jika *cup waste* sudah mencapai batas maksimal, dan *RockWaste* otomatisasi akan ke darat.

Namun apabila jika baterai sudah mencapai <35%, *RockWaste* juga otomatisasi akan ke darat untuk mengisi daya.

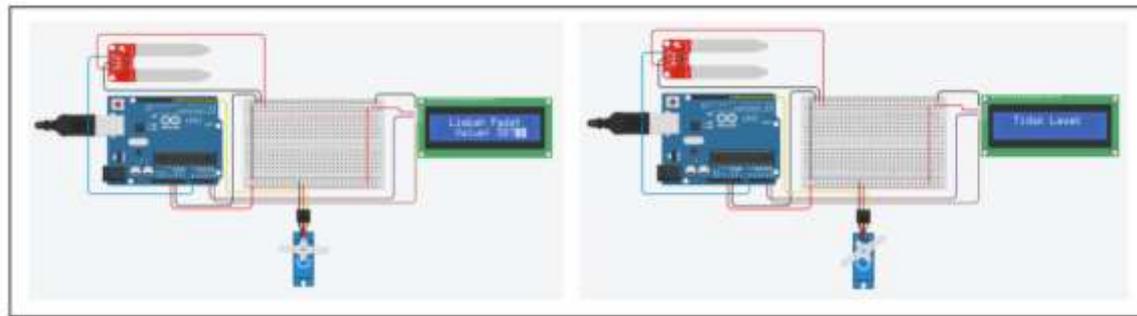


Gambar 2. Flowchart Sistem *RockWaste*

Cup waste pada *RockWaste* dapat di lepas-pasang untuk memudahkan dibawa ke tempat pemilahan limbah. Terdapat perancangan *hardware* untuk alat pemilah limbah yang dapat mendeteksi apakah limbah yang terkumpul layak atau tidak layak untuk di daur ulang.



Gambar 3. Rangkaian *Hardware* Limbah Layak Daur Ulang
Sumber: Peneliti, 2023



Gambar 4. Rangkaian *Hardware* Limbah Tidak Layak Daur Ulang
Sumber: Peneliti, 2023

Implementasi alat pemilah limbah juga berbasis IoT dengan menggunakan *software* Blynk. Menurut Saputra, D., & Arinal, V. (2021) blynk merupakan sebuah *platform* yang dapat di akses menggunakan iOS dan android melalui konektivitas internet. *Software* Blynk digunakan untuk mengendalikan alat pengoperasian pemilah limbah. Dalam pembuatan rancangan alat pemilah limbah diperlukan beberapa komponen yang membuat menjadi satu kesatuan. Komponen yang ada pada rancangan alat pemilah limbah ini yaitu, arduino, *micro servo*, *soil moisture sensor*, *lcd*, dan *motherboard*.

RockWaste memiliki keunggulan yang mampu membantu menjaga lingkungan laut dan juga mengurangi dampak negatif dari sampah pada laut. *RockWaste* juga dapat bekerja dalam kondisi cuaca buruk dan mengurangi resiko cedera pada para pekerja manusia yang biasanya melakukan pembersihan secara manual. Namun *RockWaste* perlu dilakukan pemeliharaan setiap beberapa bulan sekali untuk memastikan alat selalu bekerja secara optimal dan mencegah adanya kerusakan berat yang terjadi pada alat.

KESIMPULAN

Upaya dalam mengatasi permasalahan serius yang dihadapi oleh perairan laut Indonesia terkait dengan jumlah limbah yang menggunung di lautan, penulis merancang dan mengembangkan inovasi teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dinamakan *RockWaste*. Tujuan dari teknologi ini adalah untuk mendeteksi, mengumpulkan, dan mengelola sampah di perairan laut secara efisien, serta membantu mengatasi dampak negatif yang diakibatkan oleh pencemaran limbah. Terdapatnya perangkat AI dan sensor canggih, *RockWaste* dapat mengidentifikasi dan mengumpulkan sampah secara otomatis. Alat ini ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan bakar minyak (BBM),

melainkan menggunakan energi surya. *RockWaste* memberikan solusi efisien untuk menjaga kebersihan laut, dan meminimalisir adanya limbah padat yang dapat menimbulkan dampak negatif pada lingkungan. Adanya rancangan alat *RockWaste* berbasis IoT dan teknologi Blynk, pengelolaan dan pemilahan limbah dapat dilakukan secara efektif.

Berdasarkan hasil penelitian terkait inovasi teknologi *RockWaste* untuk mengatasi permasalahan limbah di perairan laut Indonesia, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan dan implementasi lebih lanjut:

1. Pengembangan lebih lanjut dan Uji coba lapang
Perlu dilakukan pengembangan dan peningkatan lebih lanjut pada desain dan fungsionalitas *RockWaste* untuk memastikan keefektifan dan efisiensi kerja di berbagai kondisi perairan.
2. Pengintegrasian sistem dan Perluasan jangkauan
Mengintegrasikan *RockWaste* dengan sistem monitoring yang lebih luas untuk mendukung pemantauan dan pengelolaan limbah secara holistik di perairan Indonesia. Perluasan jangkauan operasional alat ini juga perlu dipertimbangkan.
3. Pemantauan kinerja dan Evaluasi rutin
Melakukan pemantauan kinerja secara teratur dan evaluasi sistematis untuk menilai efektivitas, kelayakan *RockWaste* dalam mengatasi pencemaran limbah di perairan laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Andiny, P. (2020). Dampak Pengembangan Ekowisata Hutan Mangrove terhadap Sosial dan Ekonomi Masyarakat di Desa Kuala Langsa, Aceh. *Jurnal Samudra Ekonomi Dan Bisnis*, 11(1), 43-52.
- Cahyono, D. D., Mustofa, N. H., Fatoni, A., & Gufron, A. (2022). Upaya Meningkatkan Minat Belajar Bahasa Arab melalui Media Gambar. *ALSYS*, 2(4), 546-554.
- Dzikrillah, A., Fahriza, S. P., Lisana, R. N., Kisty, H. M., Yoga, M. I. A., & Anzani, L. (2022, December). Dampak Pencemaran Air Limbah PLTU Paiton Terhadap Keberlangsungan Ekosistem Akuatik. *In Indonesian Conference of Maritime* (Vol. 1, No. 1, pp. 26-32).

- Fauzi, A. A., Rusmana, R., Permana, S. A., Afriandi, A., & Anzani, L. (2022, December). Identifikasi Pengaruh Ancaman Sampah Terhadap Nilai Perikanan Tangkap Daerah Ekosistem Mangrove di Kuala Langsa, Aceh. *In Indonesian Conference of Maritime* (Vol. 1, No. 1, pp. 90-95).
- Fitriasari, N. S., Iftitah, K. E., & Judhie, P. R. R. (2017, October). *Indonesian document retrieval using vector space method. In 2017 3rd International Conference on Science in Information Technology (ICSITech)* (pp. 664-668). IEEE.
- Gunawan, I., Akbar, T., & Ilham, M. G. (2020). Prototipe penerapan Internet Of Things (Iot) pada monitoring level air tandon menggunakan nodemcu Esp8266 dan Blynk. *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, 3(1), 1-7.
- Marewa, Y. B., & Parinussa, E. M. (2020). Perlindungan pulau-pulau terluar indonesia berdasarkan konsep negara kepulauan. *Paulus Law Journal*, 2(1), 1-14.
- Maulana, P., Devi, I., Mariyori, S., & Lestari, D. A. (2022). Analisis Spasial Perubahan Sebaran Mangrove Akibat Tumpahan Minyak di Laut Banten Utara. *Pena Akuatika: Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 21(2), 85-94.
- Najmi, N., Rahma, E. A., Suriani, M., Hartati, R., Lubis, F., & Oktavinanda, G. (2022). Sosialisasi Bahaya Sampah Plastik Terhadap Ekosistem Laut Bagi Remaja Desa Ujong Pulau Rayeuk, Aceh Selatan. *J-ABDI: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 2(2), 3855-3862.
- Patuwo, N. C., Pelle, W. E., Manengkey, H. W., Schaduw, J. N., Manembu, I., & Ngangi, E. L. (2020). Karakteristik Sampah Laut Di Pantai Tumpaan Desa Tateli Dua Kecamatan Mandolang Kabupaten Minahasa. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 8(1), 70-83.
- Pranita, E. (2023). Control Jembatan Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino. *Journal ICTEE*, 4(2), 13-16.
- Pratama, G., Kurniawan, ID, & Ilhamdy, AF (2020). Pengendalian pencemaran limbah domestik sebagai upaya rehabilitasi pesisir di Desa Malangrapat, Kabupaten Bintan. *PRIMA: Jurnal Pemberdayaan dan Pelayanan Masyarakat*, 4 (1), 45.
- Rosalia, A. A., Ariawan, I., Arifin, W. A., Apriansyah, M. R., Nurjanah, N., & Maulana, P. (2022). Analisis Sebaran dan Perubahan Ekosistem Mangrove di WPP-NRI 712 Indonesia. *Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime*, 3(2), 94-105.

- Saputra, D., & Arinal, V. (2021). Perancangan *Home Automation* dalam Mengontrol Lampu dan Kipas Menggunakan Blynk Berbasis NodeMCU. *Jurnal Sosial dan Teknologi*, 1(7), 597-606.
- Wahyudi, A., Agustin, RD, Ambarawati, M., & Fadhilah, K. (2023). Pelatihan Kewirausahaan untuk Meningkatkan Jiwa Entrepreneur pada Siswa Dengan Memanfaatkan Limbah Daur Ulang. *Lambung Ngabdi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1 (1), 15-18.