



JIPTEK: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik dan Kejuruan

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/jptk>

Studi Implementasi Teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk Monitoring Berat Sampah di Lokasi Wisata Pulau Penyengat Berbasis IoT

Deny Nusyirwan^{1*}, Aditya Maggara Freniko², Tonny Suhendra³, Eko Prayetno⁴, Anton Hekso Yunianto⁵, Adyk Marga Raharja⁶, Firman Apriansyah⁷, Muhd Ridho Baihaque⁸, Risandi Dwirama Putra⁹

^{1,4,5,8,9}Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji

^{2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji

^{6,7}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji

Jl. Politeknik Senggarang, Tanjungpinang 29100, Provinsi Kepulauan Riau, Indonesia

*Email: denynusyirwan@umrah.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilaksanakan di Pulau Penyengat, sebuah kawasan wisata sejarah peninggalan kerajaan Melayu yang menjadi daya tarik utama di Kota Tanjungpinang. Peningkatan aktivitas masyarakat dan jumlah wisatawan menyebabkan peningkatan signifikan terhadap volume sampah. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dirancang sistem pemantauan berat sampah berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini menggunakan Wemos D1 Mini dengan konektivitas Wi-Fi yang terintegrasi dengan sensor *load cell*, serta memanfaatkan aplikasi Blynk sebagai penghubung ke web server. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat bekerja dengan baik dan hasil uji coba lapangan di Pulau Penyengat menunjukkan sistem berfungsi secara optimal, mudah dioperasikan, serta memiliki biaya implementasi yang rendah. Inovasi ini terbukti mampu mendukung efisiensi pengelolaan sampah di Pulau Penyengat serta berpotensi diterapkan di kawasan wisata lain dengan kondisi serupa. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah menciptakan solusi berbasis smart environment yang meningkatkan pengelolaan sampah dengan menggunakan teknologi IoT yang berkelanjutan dan dapat diakses secara efektif oleh masyarakat setempat.

Kata kunci: *Internet of Things*, Wemos, *load cell*, sampah, Pulau Penyengat.

ABSTRACT

This research was conducted on Penyengat Island, a historical tourist area of the Malay kingdom heritage which is a major attraction in Tanjungpinang City. The increase in community activities and the number of tourists has led to a significant increase in waste volume. To address this problem, an Internet of Things (IoT)-based waste weight monitoring system was designed. This system uses a Wemos D1 Mini with Wi-Fi connectivity integrated with a load cell sensor, and utilizes the Blynk application as a connection to a web server. Test results showed that the device worked well and field trials on Penyengat Island showed the system functioned optimally, was easy to operate, and had low implementation costs. This innovation has been proven to support the efficiency of waste management on Penyengat Island and has the potential to be applied in other tourist areas with similar conditions. The main contribution of this research is to create a smart environment-based solution that improves waste management by using sustainable IoT technology and can be effectively accessed by the local community.

Keywords: *Internet of Things*, Wemos, *load cell*, waste, Penyengat Island.

PENDAHULUAN

Provinsi Kepulauan Riau (Kepri) memiliki peran strategis sebagai pintu gerbang industrialisasi dan jalur perdagangan internasional. Posisi geografisnya yang berdekatan dengan Singapura dan Malaysia menjadikan Kepri sebagai pusat kegiatan ekonomi, perdagangan, dan investasi yang terus berkembang. Sejak Kepri ditetapkan sebagai provinsi mandiri, daya tariknya bagi investor lokal dan asing semakin meningkat, yang berdampak pada pesatnya aktivitas ekonomi, lalu lintas barang, serta arus perpindahan penduduk ke wilayah perkotaan (Wikurendra et al., 2024; Ramadhan et al., 2022).

Pertumbuhan ekonomi yang pesat ini diikuti oleh peningkatan kebutuhan infrastruktur dan perumahan. Kawasan pemukiman baru mulai dibangun untuk mengakomodasi populasi yang semakin bertambah, diiringi dengan kemunculan pusat perbelanjaan dan fasilitas publik yang mendukung kebutuhan konsumsi masyarakat sehari-hari. Meskipun hal ini berdampak positif pada perekonomian, namun turut menyebabkan peningkatan signifikan terhadap produksi sampah rumah tangga dan konsumsi (Kasulla et al., 2024; Nandy et al., 2022).

Sampah telah menjadi isu utama di wilayah padat penduduk. Volume sampah yang terus meningkat, jika tidak dikelola dengan baik, dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan, lingkungan, dan estetika kawasan perkotaan. Menurut Addas (2024), penumpukan

sampah yang lama dan keterlambatan pengangkutan dapat menyebabkan pencemaran udara dan sarang penyakit. Pemerintah daerah telah berupaya dengan menyediakan bak penampungan sampah sementara yang kemudian diangkut dengan truk sampah secara berkala. Namun, sistem manual ini seringkali tidak efisien, karena tidak adanya pemantauan real-time yang mengakibatkan sampah meluap dan berserakan (Ismail et al., 2023).

Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan solusi teknologi yang efisien dan otomatis. Salah satu inovasi yang dikembangkan adalah sistem monitoring berat sampah berbasis Internet of Things (IoT). Teknologi IoT memungkinkan integrasi sensor, mikrokontroler, dan jaringan internet untuk mengumpulkan dan mengirim data secara real-time ke server pusat (Pardini et al., 2019). Sistem ini dirancang menggunakan Wemos D1 mini dengan konektivitas Wi-Fi, yang terintegrasi dengan sensor load cell untuk mengukur berat sampah. Data yang diperoleh dikirimkan ke server melalui aplikasi Blynk, sehingga memudahkan petugas kebersihan dan dinas lingkungan untuk mengakses data dari mana saja dan kapan saja (Neema & Gor, 2022). Penelitian ini berlokasi di Pulau Penyengat, sebuah destinasi wisata sejarah di Kota Tanjungpinang yang menghasilkan berbagai jenis sampah dari aktivitas rumah tangga dan wisatawan. Pendekatan sosial dalam penelitian ini melibatkan masyarakat lokal sebagai calon pengguna sistem, yang dikombinasikan dengan metode design thinking untuk menggali kebutuhan pengguna dan merancang solusi teknologi yang sesuai dengan kondisi lapangan.

Penelitian ini berbeda dengan banyak studi IoT pengelolaan sampah sebelumnya yang lebih banyak berfokus pada kawasan perkotaan besar atau industri. Penelitian ini menargetkan kawasan wisata pulau kecil, dengan melibatkan partisipasi masyarakat lokal dalam pengelolaan sampah berbasis teknologi IoT. Penggunaan teknologi IoT untuk monitoring berat sampah secara real-time di kawasan wisata Pulau Penyengat tidak hanya menawarkan solusi efisien dalam mengelola sampah, tetapi juga membuka peluang penerapan teknologi yang lebih adaptif dan berkelanjutan di lokasi wisata lain yang menghadapi permasalahan serupa.

Dengan menggunakan sistem berbasis IoT, penelitian ini dapat mengurangi frekuensi pengangkutan yang tidak perlu, meminimalkan dampak terhadap lingkungan, serta mendukung implementasi konsep smart environment yang menjadi bagian dari visi smart city. Sistem ini juga dapat diterapkan di kawasan wisata lain, menawarkan solusi teknologi berbiaya rendah yang dapat diakses dan dioperasikan dengan mudah oleh masyarakat setempat. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan pada pengelolaan sampah di kawasan wisata, dengan pendekatan berbasis IoT dan design thinking, yang belum banyak diterapkan dalam studi-studi pengelolaan sampah sebelumnya.

Meskipun teknologi *Internet of Things* (IoT) sudah diterapkan dalam berbagai sektor, implementasi sistem monitoring berat sampah berbasis IoT di kawasan wisata pulau kecil dengan partisipasi masyarakat masih minim. Penelitian ini mengisi *research gap* tersebut dengan fokus pada perancangan dan pengujian purwarupa IoT yang berbiaya rendah dan mudah

dioperasikan, khususnya untuk pengelolaan sampah di kawasan wisata pulau kecil. Pengujian dilakukan dengan melibatkan masyarakat lokal menggunakan metode *design thinking* untuk menciptakan solusi yang sesuai dengan kondisi lapangan. Kontribusi penelitian ini antara lain adalah memberikan solusi teknologi efisien dalam pengelolaan sampah dan meningkatkan kualitas lingkungan di kawasan wisata. Selain itu, penelitian ini memperkaya kajian IoT terapan berbasis design thinking, yang dapat diterapkan di kawasan wisata lain dan mendukung implementasi smart environment dalam konsep *smart city* (Gunawan et al., 2021; Addas, 2024).

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini melibatkan kajian terhadap berbagai studi terdahulu yang memiliki relevansi dengan topik yang dibahas, dengan tujuan untuk menetapkan batasan serta ruang lingkup penelitian yang akan dilaksanakan. Analisis terhadap literatur dan karya ilmiah sebelumnya dimaksudkan untuk mengidentifikasi adanya celah penelitian (*research gap*) atau aspek yang masih memerlukan eksplorasi lebih mendalam, sekaligus memperkuat landasan teoretis sebagai dasar pengembangan penelitian ini.

Penelitian terdahulu

Penelitian mengenai pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) dalam pengelolaan sampah semakin berkembang, dengan berbagai inovasi yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem pengelolaan sampah di kawasan perkotaan dan wisata. Salah satu contoh yang relevan adalah studi yang dilakukan oleh

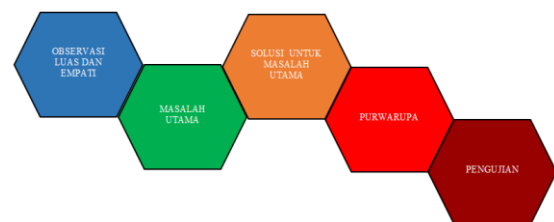
Gunawan, Hernawati, dan Aditya (2021) yang mengembangkan sistem *IoT-based waste height and weight monitoring*. Sistem ini memanfaatkan sensor ultrasonik dan load cell untuk mengukur tinggi dan berat sampah secara real-time, serta mengirimkan data tersebut melalui jaringan internet ke aplikasi berbasis web. Selain itu, Alsayaydeh, Bacarra, dan Wong Yoon Khang (2025) dalam studi mereka yang berjudul "*IoT-Based Smart Waste Management System: A Solution for Urban Sustainability*" menyoroti pentingnya penggunaan sensor load cell, ultrasonik, dan GPS untuk memantau tingkat dan volume sampah secara otomatis. Lebih lanjut, penelitian oleh Vishnu et al. (2021) berjudul "*IoT-Enabled Solid Waste Management in Smart Cities*" mengulas pemanfaatan IoT dalam pengelolaan sampah perkotaan, yang melibatkan pengukuran real-time terhadap volume dan kapasitas sampah menggunakan berbagai sensor. Penelitian ini menunjukkan bagaimana sistem smart trash berbasis IoT dapat memberikan data yang berguna untuk pengelolaan sampah secara lebih efisien, serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Saha et al. (2025) dalam penelitian mereka mengenai "*IoT-Based Waste Can Monitoring System to Detect Waste Can Capacity*" juga menggunakan teknologi IoT untuk mengukur kapasitas tempat sampah, baik secara berat maupun tinggi. Dengan memanfaatkan load cell dan sensor ultrasonik, penelitian ini dapat membantu sistem pemantauan sampah dengan menggunakan data real-time yang dapat diakses melalui aplikasi berbasis cloud. Terakhir, Pasha et al. (2022) memaparkan penerapan teknologi

IoT dalam smart trash monitoring dengan sistem berbasis sensor yang dapat mengirimkan data status sampah ke server lokal.

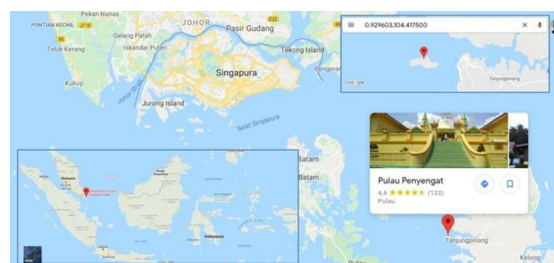
METODE PENELITIAN

Design Thinking menjadi pendekatan yang relevan dalam penelitian pengelolaan sampah berbasis IoT di Pulau Penyengat, yang mendukung pembangunan kawasan wisata yang lebih berkelanjutan dan efisien. Sila lihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Tahapan pada Proses Desain Rekayasa Stanford Design School dengan pendekatan *Design Thinking*

Adapun lokasi penelitian dilakukan pada sebuah pulau bersejarah yang menjadi tujuan wisatawan lokal dan mancanegara, yaitu Pulau Penyengat, yang berlokasi sekitar 2 km dari Kota Tanjungpinang Kepulauan Riau. lihat **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 2. Lokasi Penelitian di Pulau Penyengat, Tanjungpinang Kota, Kota Tanjung Pinang, Kepulauan Riau



Gambar 3. Pulau Penyengat di Kotta Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau

Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan pengujian sistem pemantauan berat sampah berbasis *Internet of Things* (IoT) di Pulau Penyengat, yang dirancang untuk mengatasi tantangan pengelolaan sampah di kawasan wisata. Dalam konteks ini, dua aspek utama yang diuji adalah fungsionalitas sistem dan kemudahan penggunaannya oleh masyarakat lokal.

Adapun uji fungsionalitas bertujuan untuk memastikan bahwa semua komponen sistem—termasuk sensor load cell, mikrokontroler Wemos D1 Mini, dan aplikasi Blynk—berfungsi dengan baik di lapangan. Pengujian ini dilakukan di Pulau Penyengat untuk menguji sistem dalam kondisi nyata, mengingat lokasi ini memiliki karakteristik yang unik, seperti tingkat keramaian yang fluktuatif dan konektivitas jaringan yang terbatas. Sistem diuji untuk

memastikan bahwa sensor mampu mengukur berat sampah dengan akurat dan data dapat dikirimkan secara real-time ke platform pemantauan yang dapat diakses oleh pengelola dan masyarakat setempat.

Pengujian dilakukan dengan mengamati respons sistem terhadap beban sampah yang bervariasi dan memastikan bahwa perangkat keras dapat beroperasi secara optimal meskipun dalam kondisi lapangan yang mungkin lebih menantang dibandingkan dengan lingkungan laboratorium. Fungsionalitas ini sangat penting untuk memastikan bahwa sistem dapat diterapkan dengan efektif untuk memantau pengelolaan sampah di kawasan wisata tanpa hambatan teknis.

Sistem yang dirancang tidak hanya harus berfungsi dengan baik, tetapi juga harus mudah digunakan oleh masyarakat lokal dan pengelola wisata yang mungkin tidak memiliki latar belakang teknis. Oleh karena itu, kemudahan penggunaan menjadi parameter penting dalam evaluasi sistem. Uji kemudahan penggunaan dilakukan dengan melibatkan masyarakat lokal yang menjadi pengguna utama sistem.

Pada tahap ini, pengguna diminta untuk berinteraksi langsung dengan purwarupa dan melakukan berbagai tugas seperti memantau data berat sampah yang dikirimkan sistem melalui aplikasi Blynk. Evaluasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi apakah sistem mudah dipahami, apakah instruksi yang diberikan cukup jelas, dan apakah pengguna merasa nyaman mengoperasikan perangkat tanpa kesulitan. Observasi langsung dilakukan untuk mengidentifikasi hambatan yang mungkin muncul dalam penggunaan sistem, seperti

kesulitan dalam memahami antarmuka aplikasi atau kesulitan dalam mengakses data.

Selain itu, umpan balik dikumpulkan melalui wawancara dan pengamatan untuk mengukur tingkat kenyamanan dan kemudahan penggunaan sistem. Dengan mengutamakan user-centered design, penelitian ini memastikan bahwa solusi yang dikembangkan tidak hanya efisien secara teknis tetapi juga dapat diterima dan digunakan dengan mudah oleh komunitas lokal.

Dengan memastikan kedua aspek—fungsionalitas dan kemudahan penggunaan—berjalan dengan baik, penelitian ini berupaya menghasilkan sistem yang tidak hanya canggih dalam teknologi, tetapi juga praktis dan dapat diterima oleh masyarakat setempat. Hal ini memastikan keberlanjutan penggunaan sistem dalam jangka panjang dan meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah di Pulau Penyengat serta kawasan wisata serupa lainnya.

Prosedur Pengujian Sistem

Prosedur pengujian sistem dimulai dengan uji fungsionalitas, yang memastikan semua komponen teknologi, seperti sensor dan mikrokontroler, berfungsi dengan benar untuk mengukur berat sampah dan mengirimkan data secara real-time. Pengujian ini dilakukan di lapangan untuk memastikan perangkat keras beroperasi sesuai dengan harapan dalam lingkungan nyata. Pengujian lapangan juga dilakukan di Pulau Penyengat untuk memastikan bahwa sistem dapat beroperasi dengan baik di lokasi yang relevan dengan kondisi lapangan yang sebenarnya. Proses pengujian dilakukan dengan melibatkan masyarakat lokal dan

pengelola, yang memberikan umpan balik tentang pengalaman mereka dalam menggunakan sistem tersebut.

Parameter Evaluasi

Evaluasi kinerja sistem dilakukan berdasarkan tiga parameter utama untuk memastikan keberhasilan sistem dalam konteks pengelolaan sampah berbasis IoT, yaitu:

Akurasi: Parameter ini mengukur seberapa tepat hasil pengukuran berat sampah yang dilakukan oleh sistem dibandingkan dengan pengukuran manual. Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan data yang dikirimkan oleh sensor IoT dengan data pengukuran yang dilakukan secara manual. **Kestabilan:** Kestabilan menilai kemampuan sistem untuk beroperasi tanpa gangguan dalam jangka waktu yang lama, meskipun dalam kondisi jaringan yang bervariasi. **Kemudahan Penggunaan:** Kemudahan penggunaan mengukur sejauh mana sistem dapat digunakan dengan mudah oleh masyarakat lokal dan pengelola tanpa kesulitan. Pengujian dilakukan dengan mengumpulkan umpan balik dari pengguna melalui wawancara dan observasi untuk menilai kenyamanan dan kesederhanaan penggunaan sistem.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

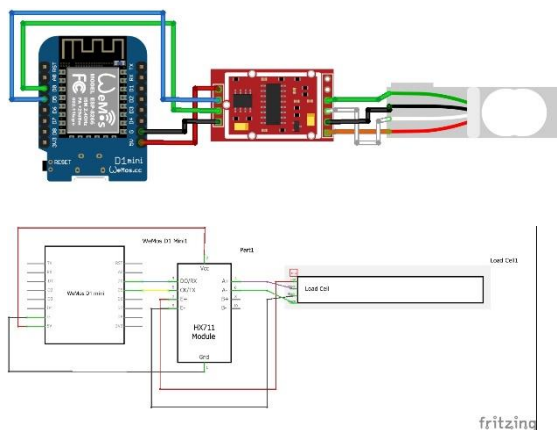
Purwarupa

Salah satu metode yang sering diterapkan pada tahap awal proses pengembangan adalah pembuatan purwarupa beresolusi rendah. Purwarupa jenis ini umumnya dibuat menggunakan material sederhana seperti kertas atau karton, sehingga memungkinkan terjadinya interaksi langsung antara perancang dan

pengguna sebelum proses rekayasa yang lebih kompleks dilakukan (Nusyirwan, 2017). Pendekatan tersebut menjadi bagian penting dari konsep *user-centered design*, karena memberikan kesempatan bagi pengguna untuk berpartisipasi dalam evaluasi awal desain dan memastikan bahwa produk akhir benar-benar selaras dengan kebutuhan, ekspektasi, serta pengalaman pengguna.

Dalam penelitian ini, sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor *Load Cell* yang diintegrasikan dengan Wemos D1 Mini serta aplikasi Blynk sebagai antarmuka pemantauan data. Integrasi ini memungkinkan sistem untuk mendeteksi berat secara real-time, Sila lihat

Gambar 4.



Gambar 4. Bentuk Awal Dari Purwarupa Monitoring Berat Sampah Berbasis *Internet of Thing* (IOT)

Pengujian Kegunaan

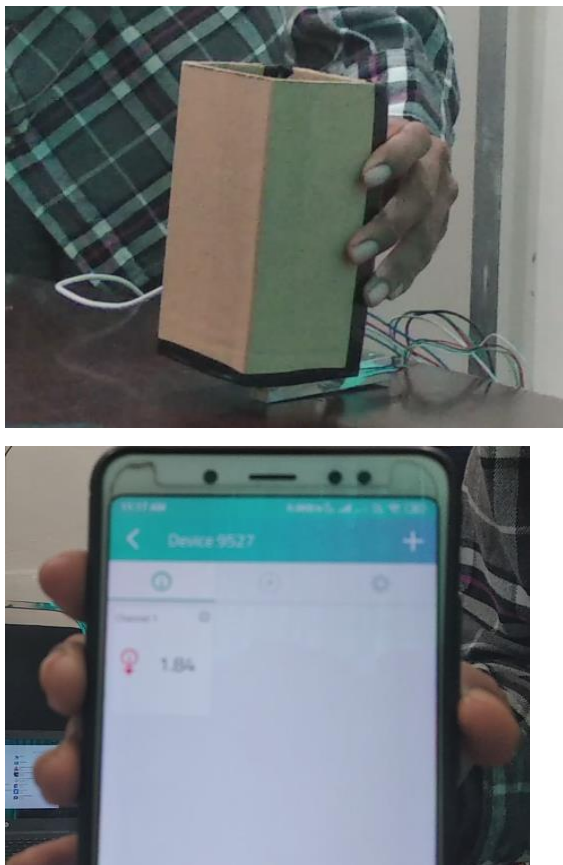
Evaluasi kegunaan (*usability evaluation*) merupakan tahap penting dalam proses pengembangan sistem berbasis pengguna (*user-focused innovation*). Pada tahap ini, pengguna diundang untuk berinteraksi langsung dengan purwarupa yang telah dikembangkan guna menguji sejauh mana sistem mampu mendukung

aktivitas dan tujuan mereka. Pengguna biasanya diminta untuk menyelesaikan serangkaian tugas tertentu atau menjelajahi sistem secara bebas, sementara peneliti melakukan observasi terhadap perilaku pengguna untuk mengidentifikasi kendala, kesalahan, atau elemen desain yang membingungkan (Hartson & Pyla, 2019).

Apabila ditemukan masalah dalam desain, tim pengembang kemudian merumuskan rekomendasi perbaikan guna meningkatkan kenyamanan, efisiensi, dan pengalaman pengguna secara keseluruhan. Proses ini sejalan dengan prinsip *User-Centered Design* (UCD), yang menempatkan kebutuhan, konteks, dan tujuan pengguna sebagai dasar utama dalam setiap tahap pengembangan produk (Norman & Spencer, 2019). Pendekatan iteratif ini memungkinkan pengembang untuk menciptakan antarmuka yang lebih intuitif, efektif, dan mudah digunakan, karena setiap perbaikan didasarkan pada umpan balik langsung dari pengguna aktual (Borsci et al., 2018).

Lebih lanjut, evaluasi kegunaan tidak hanya mengandalkan pengamatan subjektif, tetapi juga didukung oleh metrik kuantitatif seperti efektivitas penyelesaian tugas, efisiensi waktu, serta tingkat kepuasan pengguna (Sauro & Lewis, 2016). Penggunaan metrik ini memberikan dasar yang lebih kuat dalam mengukur kinerja sistem secara obyektif dan mengonfirmasi bahwa produk benar-benar mampu memenuhi kebutuhan serta ekspektasi pengguna (Hertzum, 2020). Dengan melibatkan pengguna sejak tahap awal pengembangan, proses pengujian tidak hanya memperbaiki kualitas desain tetapi juga menghemat waktu dan

biaya produksi, karena potensi kesalahan dapat diidentifikasi dan diselesaikan sebelum sistem diluncurkan secara penuh (Kujala et al., 2020). Pendekatan semacam ini menjadikan evaluasi kegunaan sebagai strategi penting dalam menciptakan solusi teknologi yang berorientasi pada manusia (human-centered design) dan memastikan bahwa hasil inovasi tidak hanya fungsional secara teknis, tetapi juga memberikan pengalaman positif dan berkelanjutan bagi pengguna akhir. **Gambar 5** menampilkan pengujian kegunaan purwarupa.



Gambar 5. Tahapan awal dengan menjelaskan fungsi inovasi

Program

Proses pemrograman pada purwarupa dilakukan dengan memanfaatkan perangkat komputer atau laptop sebagai media pengembangan utama.

Pada tahap ini, mikrokontroler Wemos D1 Mini dihubungkan ke komputer menggunakan kabel USB untuk memungkinkan proses kompilasi dan unggah (uploading) kode program ke perangkat. Setelah koneksi berhasil, sistem dijalankan sehingga perintah dan instruksi yang tertulis pada kode dapat diterjemahkan dengan benar. Kode program yang dirancang berfungsi untuk mengatur alur kerja sistem secara keseluruhan sesuai dengan spesifikasi teknis purwarupa yang telah ditentukan pada tahap perancangan. Proses ini mencakup inisialisasi perangkat keras, pembacaan data sensor, pengolahan sinyal, serta pengiriman data ke platform pemantauan berbasis web atau aplikasi. Dengan demikian, program ini menjadi komponen inti dalam menghubungkan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) agar purwarupa mampu beroperasi secara otomatis dan terintegrasi sesuai fungsi yang diharapkan.

Analisis Performa Sistem di Konteks Pulau Penyengat

Purwarupa ini dirancang lebih sederhana namun tetap handal, sehingga cocok dengan kebutuhan lokal di Pulau Penyengat yang masih dalam tahap awal digitalisasi pengelolaan lingkungan (infrastruktur digital masih perlu peningkatan) sesuai temuan studi smart tourism lokal. Performa sistem IoT monitoring berat sampah yang dikembangkan dalam penelitian ini menunjukkan hasil yang efektif, selaras dengan studi sejenis yang menggunakan sensor load cell dan mikrokontroler untuk pemantauan real time. Secara teknis, sistem mampu menangkap perubahan berat secara konsisten dan mengirimkan data melalui jaringan, yang

penting mengingat karakter wisata di Pulau Penyengat yang padat aktivitasnya. Hal ini relevan karena wilayah ini secara rutin menjadi fokus aksi kebersihan lingkungan dan gerakan wisata bersih, yang menunjukkan kebutuhan sistem pemantauan yang dapat memberi data real time bagi pengelola.

Keunggulan Biaya dan Kesederhanaan Sistem

Salah satu keunggulan signifikan dari purwarupa yang dikembangkan adalah biaya yang rendah dan kesederhanaan implementasinya. Dengan mengandalkan Wemos D1 Mini serta sensor Load Cell yang relatif terjangkau, serta platform seperti Blynk untuk pemantauan berbasis cloud, sistem menjadi lebih accessible bagi pengelola wisata dan masyarakat setempat. Pendekatan ini sangat penting di kawasan seperti Pulau Penyengat, di mana investasi infrastruktur digital masih menjadi tantangan dan memerlukan dukungan dari berbagai pihak termasuk pemerintah daerah dan komunitas lokal untuk memaksimalkan penggunaan teknologi informasi dalam pengelolaan pariwisata (kondisi fasilitas digital di kawasan ini masih berkembang).

Keterbatasan Sistem dalam Konteks Lokal

Beberapa keterbatasan sistem perlu diperhatikan terkait kondisi lokal di Pulau Penyengat mencakup Koneksi Wi Fi dan Infrastruktur Jaringan: Pulau Penyengat, sebagai wilayah pulau kecil, masih bergantung pada jaringan yang tidak selalu stabil, terutama saat puncak kunjungan wisatawan. Ketergantungan sistem pada Wi Fi dapat menjadi hambatan jika jaringan

tidak kuat atau sering terputus, sehingga data real time terhambat. Kemudian Pengaruh Cuaca di Lokasi pulau yang terbuka dan sering terpapar angin, hujan, dan kelembaban tinggi dapat mempengaruhi performa sensor load cell maupun perangkat IoT jika tidak terlindungi dengan baik, sehingga memerlukan desain housing yang tahan cuaca khusus untuk proteksi jangka panjang. Kemudian Kalibrasi Sensor *load cell* yang memerlukan kalibrasi berkala untuk mempertahankan akurasi, terutama di lingkungan yang sering berubah seperti area wisata di Pulau Penyengat di mana beban sampah dapat sangat bervariasi. Hal ini memerlukan standar operasi dan pelatihan bagi operator lokal untuk memastikan data tetap valid.

Keterbatasan keterbatasan ini memberi gambaran bahwa meskipun sistem IoT memberikan solusi inovatif, pemenuhan infrastruktur digital, perlindungan perangkat dari cuaca, serta prosedur kalibrasi yang terjadwal penting untuk memastikan keberlanjutan pengoperasian, khususnya di lingkungan wisata seperti Pulau Penyengat yang memiliki dinamika pengunjung dan sumber daya yang unik.

Dalam penelitian ini, dua faktor teknis utama yang perlu dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem pemantauan berat sampah berbasis *Internet of Things* (IoT) adalah akurasi numerik dan error rate. Kedua parameter ini sangat penting untuk memastikan bahwa data yang dihasilkan oleh sistem dapat diandalkan dan memberikan gambaran yang akurat terkait pengelolaan sampah di Pulau Penyengat.

Akurasi numerik mengacu pada sejauh mana hasil pengukuran berat sampah oleh sensor load cell dalam sistem ini sesuai dengan pengukuran manual yang dilakukan oleh petugas kebersihan atau pengelola sampah. Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan data pengukuran yang dikirimkan oleh sensor IoT dengan hasil pengukuran yang dilakukan secara manual menggunakan timbangan standar.

Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang memadai dengan menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan hasil yang cukup tepat meskipun ada perbedaan jenis dan kepadatan sampah yang diuji.

Selanjutnya, *error rate* atau tingkat kesalahan diukur untuk mengetahui seberapa sering sistem menghasilkan data yang tidak akurat atau salah. Beberapa faktor eksternal dapat mempengaruhi tingkat kesalahan ini, terutama kondisi jaringan Wi-Fi yang tidak selalu stabil di lokasi wisata dengan banyak pengunjung. Ketika koneksi jaringan terganggu atau terjadi interferensi, pengiriman data real-time dari sensor ke server bisa terhambat, yang berpotensi meningkatkan *error rate*. Selain itu, kondisi cuaca ekstrem, seperti hujan lebat atau angin kencang, juga dapat memengaruhi kinerja sensor load cell, mengingat perangkat tidak dilengkapi dengan perlindungan cuaca yang cukup kuat. Oleh karena itu, ketahanan perangkat terhadap kondisi lapangan harus menjadi perhatian utama dalam pengembangan sistem.

Akurasi dan *error rate* dipengaruhi oleh sejumlah faktor eksternal yang dapat memengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan. Cuaca buruk, seperti hujan atau kelembapan tinggi, dapat

mempengaruhi ketepatan sensor dalam mengukur berat sampah, sedangkan koneksi Wi-Fi yang tidak stabil, terutama saat volume pengunjung tinggi, dapat menyebabkan gangguan dalam pengiriman data secara real-time. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan langkah-langkah perbaikan, seperti kalibrasi sensor secara rutin dan peningkatan infrastruktur jaringan di lokasi untuk memastikan bahwa data dapat diproses dan dikirimkan tanpa gangguan.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pemantauan berat sampah berbasis *Internet of Things* (IoT) yang diterapkan di Pulau Penyengat memiliki akurasi yang cukup tinggi, dengan selisih pengukuran antara sistem dan pengukuran manual yang berada dalam batas toleransi yang dapat diterima. Selain itu, sistem ini memiliki *error rate* dalam kisaran yang masih cukup rendah, namun dapat dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti kondisi cuaca yang ekstrem dan ketidakstabilan jaringan Wi-Fi di lokasi wisata. Meskipun demikian, sistem ini berfungsi dengan baik dalam kondisi lapangan, membuktikan bahwa teknologi berbasis IoT ini dapat diandalkan untuk memantau berat sampah secara real-time, khususnya di lokasi wisata seperti Pulau Penyengat.

Sistem yang dikembangkan memiliki potensi besar untuk diterapkan di tempat lain yang menghadapi tantangan serupa dalam pengelolaan sampah. Keberhasilan uji coba ini membuktikan bahwa solusi berbasis teknologi ini tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah, tetapi juga mendukung

pengembangan konsep smart environment di kawasan wisata.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa langkah yang dapat diambil untuk meningkatkan efektivitas dan keberlanjutan sistem pemantauan berat sampah berbasis IoT di Pulau Penyengat adalah dengan memperkuat infrastruktur jaringan, mengingat ketidakstabilan Wi-Fi di lokasi tersebut. Penggunaan teknologi alternatif atau jaringan seluler yang lebih stabil akan memperlancar pengiriman data real-time. Selain itu, perlindungan sensor *load cell* dengan housing tahan cuaca perlu diterapkan untuk mengatasi kondisi cuaca ekstrem yang sering terjadi di kawasan ini, sehingga kinerja sensor tetap optimal dalam jangka panjang. Kalibrasi sensor secara rutin juga sangat diperlukan untuk menjaga akurasi sistem, mengingat perubahan kondisi lingkungan yang cepat. Pelatihan bagi masyarakat lokal sangat penting untuk memastikan mereka dapat mengoperasikan sistem dengan efektif, mengurangi kesalahan operasional, dan meningkatkan kepuasan pengguna. Terakhir, sistem ini memiliki potensi untuk diterapkan di kawasan wisata lain dengan tantangan serupa dalam pengelolaan sampah, berkat biaya implementasi yang rendah dan kemudahan penggunaannya. Dengan langkah-langkah ini, sistem IoT dapat lebih efektif diterapkan di Pulau Penyengat dan kawasan wisata lainnya, mendukung pengelolaan sampah yang lebih efisien dan keberlanjutan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Addas, A. (2024). Waste Management 2.0: Leveraging Internet of Things for an optimized waste system. *PLoS One*, 19(3), e0307608.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307608>
- Alsayaydeh, J. A. J., Bacarra, R., & Wong Yoon Khang, A. (2025). IoT-Based Smart Waste Management System: A Solution for Urban Sustainability. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 15(6), 1173–1183.
<https://doi.org/10.18280/ijss.150609>
- Anderson, N., Potočník, K., & Zhou, J. (2020). Innovation and creativity in organizations: A state-of-the-science review, prospective commentary, and guiding framework. *Journal of Management*, 46(6), 859–888.
<https://doi.org/10.1177/0149206320911103>
- Borsci, S., Federici, S., & Lauriola, M. (2018). On the dimensionality of the System Usability Scale: A test of alternative measurement models. *Cognitive Processing*, 19(1), 55–62.
<https://doi.org/10.1007/s10339-017-0803-9>
- Collins, P. (2015). The rise of design leadership in global corporations. *Design Management Review*, 26(4), 16–25.
<https://doi.org/10.1111/drev.10307>
- Dinas Pariwisata Kota Tanjungpinang. (2023). *Laporan Statistik Kunjungan Wisatawan Pulau Penyengat Tahun 2023*. Tanjungpinang: Pemerintah Kota Tanjungpinang.

- Gunawan, T., Hernawati, E., & Aditya, B. R. (2021). IoT-Based Waste Height and Weight Monitoring System. *Journal of Computer Science*, 17(11), 1085–1092. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2021.1085.1092>
- Hartson, R., & Pyla, P. S. (2019). *The UX Book: Agile UX Design for a Quality User Experience* (2nd ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-02055-8>
- Hertzum, M. (2020). Usability testing: Too early? too little? too fake? *Human–Computer Interaction*, 35(1), 1–31. <https://doi.org/10.1080/07370024.2018.1554756>
- Hossain, M., Akter, S., & Wamba, S. F. (2022). Customer analytics for data-driven service innovation in the digital economy. *Industrial Marketing Management*, 103, 135–147. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2022.02.013>
- Ismail, I., Nusri, A. Z., & Rahman, S. (2023). Sistem smart trash pemilah sampah organik dan anorganik berbasis Internet of Things. *Jurnal SAINTEKOM*, 13(2), 193–201. <https://doi.org/10.33020/saintekom.v13i2.487>
- Kasulla, S., Malik, S. J., Baxla, S. P., & Zafar, S. (2024). The role of IoT in waste management and sustainability. *PUIRJ*, 3(2), 76–89. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11854522>
- Kujala, S., Roto, V., Väänänen-Vainio-Mattila, K., Karapanos, E., & Sinnelä, A. (2020). UX Curve: A method for evaluating long-term user experience. *Behaviour & Information Technology*, 39(3), 227–241. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2019.1571118>
- Nandy, P., Singh, A., & Das, D. (2022). Smart waste management systems: A review. *Materials Today: Proceedings*, 57, 2161–2166. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.249>
- Neema, S., & Gor, K. (2022). Smart waste management using IoT. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, 9(6), 16–21. <https://doi.org/10.32628/IJSRSET229529>
- Norman, D. A., & Spencer, T. (2019). *User-centered system design: New perspectives on human–computer interaction*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429022636>
- Pardini, K., Rodrigues, J. J. P. C., Kozlov, S. A., & Nee, A. (2019). IoT-based solid waste management solutions: A survey. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 8(1), 5. <https://doi.org/10.3390/jsan8010005>
- Pasha, M. S. N., Supriyadi, T., & Hanifatunnisa, R. (2022). Digitalisasi Sistem Monitoring Sampah Rumahan Berbasis Internet of Things. *Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika dan Listrik Tenaga (JITEL)*, 2(1), 25–34. <https://doi.org/10.35313/jitel.v2.i1.2022.25-34>
- Ramadhan, M. F., & Hidayat, R. (2022). Urban waste management challenges in growing Indonesian cities. *Journal of*

- Environmental Engineering and Sustainable Development*, 11(2), 87–96.
<https://doi.org/10.7454/jeesd.v11i2.451>
- Saha, A., & Kolega, et al. (2025). Internet of Things Based on Waste Can Monitoring System to Detect Waste Can Capacity. *Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications*, 5(1), 34–41.
<https://doi.org/10.59934/jaiea.v5i1.1227>
- Sauro, J., & Lewis, J. R. (2016). *Quantifying the user experience: Practical statistics for user research* (2nd ed.). Morgan Kaufmann.
<https://doi.org/10.1016/C2014-0-02807-4>
- Setiawan, D. (2022). Implementasi model design thinking pada pengembangan prototype pembelajaran interaktif. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik dan Kejuruan*, 10(2), 6–11.
<https://doi.org/10.35799/jiptek.10.2.2022.5765>
- Vishnu, S., Jino Ramson, S. R., Senith, S., et al. (2021). IoT Enabled Solid Waste Management in Smart Cities. *Smart Cities*, 4(3), 1004–1017.
<https://doi.org/10.3390/smartcities4030053>
- Wikurendra, E. A., Hidayat, S., & Sitorus, A. (2024). Urbanization and the integration of circular economy practices in Indonesian provinces. *Circular Economy and Sustainability*, 4(2), 1–12.
<https://doi.org/10.1007/s43615-024-00346-w>