

## KOMBINASI TEKNIK PEMODELAN PROTOTIPE PADA APLIKASI MOBILE UNTUK MONITORING PENGIRIMAN SAMPAH DAUR ULANG

Muh Hilmy Noor Fauzi<sup>\*1</sup>, Poetri Lestari Lokapitasari Belluano<sup>2</sup>, Mardiyah Hasnawi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Email: <sup>1</sup>fauzizaelano@gmail.com, <sup>2</sup>poettrilestari@umi.ac.id, <sup>3</sup>mardiyah.hasnawi@umi.ac.id

\*Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 17 April 2024, diterima untuk diterbitkan: 19 Juni 2025)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan teknik pemodelan desain aplikasi mobile untuk memantau pengiriman sampah daur ulang dengan menggabungkan dua metode yaitu Rapid Prototyping dan User-Centered Design (UCD). Aplikasi yang dikembangkan untuk meningkatkan efektivitas pengiriman sampah daur ulang serta memastikan keterlibatan pengguna dalam proses pengelolaan limbah. Pemodelan aplikasi mobile dengan pendekatan Rapid Prototyping dalam pembuatan prototipe interaktif secara cepat sementara User Centre Design diterapkan dalam hal pemahaman secara mendalam terhadap kebutuhan pengguna. Kombinasi Teknik pemodelan antara Rapid Prototyping dan User Centre Design menghasilkan prototipe aplikasi yang baik dalam memonitor pengiriman sampah daur ulang, memberikan kontribusi positif dalam mengatasi permasalahan monitoring pengiriman sampah dan dampak positif pada industri daur ulang dimana pengujian akhir prototipe Efficiency, Effectiveness, Satisfaction, dan Usability yang telah dikembangkan berhasil menunjukkan hasil yang sangat positif. Proses pengembangan prototipe aplikasi mobile melalui beberapa tahapan antara lain analisis awal, perancangan prototipe, verifikasi dan pengujian awal, iterasi dan perbaikan, serta evaluasi akhir desain. Hasil Penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat Efficiency dan Effectiveness pada pengujian akhir prototipe aplikasi sangat tinggi, dengan rata-rata nilai 5.00 sedangkan dari sisi Satisfaction dan Usability memperoleh rata-rata nilai sebesar 4.75.

**Kata kunci:** *Desain Aplikasi Mobile, Monitoring Pengiriman Sampah, Rapid Prototyping, User Centre Design*

## COMBINING PROTOTYPE MODELING TECHNIQUES FOR MONITORING APPLICATION TO MONITOR RECYCLING WASTE SHIPMENTS

### Abstract

*This research aims to develop a mobile application design modeling technique for monitoring recycling waste shipments by combining two methods: Rapid Prototyping and User-Centered Design (UCD). The application is developed to enhance the effectiveness of recycling waste shipments and ensure user engagement in waste management processes. Mobile application modeling with the Rapid Prototyping approach enables the rapid creation of interactive prototypes, while User-Centered Design is applied to gain in-depth understanding of user needs. The combination of modeling techniques between Rapid Prototyping and User-Centered Design results in a well-designed application prototype for monitoring recycling waste shipments, making a positive contribution to addressing monitoring issues in waste shipment and having a positive impact on the recycling industry. In the final prototype testing, Efficiency, Effectiveness, Satisfaction, and Usability demonstrated very positive results. The development process of the mobile application prototype involves several stages, including initial analysis, prototype design, verification and initial testing, iteration and improvement, as well as final design evaluation. The research findings show that the level of Efficiency and Effectiveness in the final prototype testing is very high, with an average score of 5.00, while from the perspective of Satisfaction and Usability, an average score of 4.75 is obtained.*

**Keywords:** *Mobile Application Design, Waste Shipment Monitoring, Rapid Prototyping, User-Centered Design*

### 1. PENDAHULUAN

Penelitian ini menitikberatkan pada pengembangan suatu desain aplikasi berbasis mobile

yang bertujuan untuk monitoring pengiriman sampah daur ulang di PT. BRAHN ENERGY MandIRI SENTOSA (BEMS). Pengambilan langkah ini merespon eskalasi masalah yang berkaitan dengan

penumpukan sampah yang semakin mengkhawatirkan. Dalam konteks industri modern saat ini, penumpukan sampah telah menjadi isu yang memerlukan perhatian serius. Bahan-bahan limbah seperti gelas bekas, karton bekas, plastik bekas, dan besi bekas memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan kembali dalam berbagai produk bernilai (Limba et al. 2020), (Bano, Ud Din, and Al-Huqail 2020). Oleh karena itu, penelitian ini terfokus pada perancangan desain aplikasi berbasis mobile yang dapat monitoring proses pengiriman sampah daur ulang di PT. BEMS. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini mengombinasikan metode Rapid Prototyping dengan metode User-Centered Design (UCD), dengan tujuan memastikan pengembangan desain aplikasi yang efektif dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Dalam rangka membangun fondasi penelitian ini, banyak penelitian sebelumnya telah memberikan kontribusi berharga terkait dengan topik yang sama atau serupa. Beberapa di antaranya termasuk penelitian yang telah berhasil mengimplementasikan aplikasi berbasis mobile untuk mengatasi masalah pengelolaan sampah di Indonesia (Et. al. 2021). Selanjutnya, di Malaysia, pendekatan desain aplikasi berbasis gamifikasi telah digunakan untuk mengurangi pemborosan makanan dengan menggabungkan elemen permainan seperti sistem poin dan penghargaan (Tuah et al. 2022). Di tempat lain, penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dan aplikasi seluler telah membantu memantau tingkat sampah serta mengoptimalkan proses pengumpulan sampah guna meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah (Africa and Charleston Franklin 2019). Pengelolaan bank sampah juga telah mengalami kemajuan dengan pengembangan aplikasi berbasis web dan mobile yang mencakup fitur lokasi (Kamil, Akbar, and Andriani 2019). Dalam lingkup deteksi sampah, penelitian lain menggunakan jaringan saraf tiruan ensemble untuk identifikasi jenis sampah (Geetha et al. 2022). Di samping itu, dalam skenario pengelolaan limbah radioaktif, penerapan sistem terintegrasi dengan QR code telah diuji di Korea Selatan untuk mengatasi masalah dalam manajemen limbah radioaktif (Lee et al. 2022). Penelitian sebelumnya telah memberikan kontribusi berharga dalam pengembangan teknologi untuk meningkatkan pengelolaan limbah di berbagai negara, termasuk Indonesia, Malaysia, dan Korea Selatan.

Meskipun telah banyak upaya penelitian yang dilakukan sebelumnya, masih terdapat celah yang cukup besar yang perlu diisi. Penelitian-penelitian sebelumnya lebih cenderung fokus pada tahap-tahap awal seperti pengumpulan dan pemilahan sampah, tanpa secara komprehensif menggali tentang proses pengiriman limbah daur ulang antar perusahaan. Padahal, proses ini memiliki peran yang tak kalah penting dalam rangkaian daur ulang sampah secara keseluruhan. Dalam konteks PT. BEMS, terdapat perbedaan teknis dalam pengiriman sampah daur

ulang, dengan penggunaan media kontainer yang memerlukan monitoring ketat untuk memastikan keberhasilan dan mencegah terjadinya kesalahan informasi (Gan, Mohd, and Ng 2021). Proses monitoring dimulai dari mengumpulkan dan mengirimkan sampah daur ulang dari Manokowari Papua melalui kapal laut ke Surabaya Jawa Timur untuk didaur ulang. Situasi ini memperlihatkan kebutuhan mendesak pengembangan aplikasi monitoring pengiriman sampah daur ulang secara real-time, yang mampu mengatasi kendala kesalahan informasi dan mengoptimalkan efisiensi di PT. BEMS (Ur Rahim et al. 2021; Zhang et al. 2021). Sebagai hasilnya, fokus penelitian ini adalah pengembangan desain aplikasi monitoring pengiriman sampah daur ulang secara real-time untuk meningkatkan efektivitas pada proses pengiriman limbah antar perusahaan, khususnya dalam konteks PT. BEMS di Indonesia.

Penelitian ini memberikan kontribusi baru dalam pengembangan desain aplikasi berbasis mobile yang difokuskan pada monitoring pengiriman sampah daur ulang di PT. BEMS, dengan menggabungkan metode Rapid Prototyping dan UCD. Hal ini mengisi kekosongan penelitian sebelumnya yang lebih terfokus pada tahap awal pengelolaan sampah, sementara penelitian ini mengatasi tantangan dan kendala dalam proses pengiriman limbah antar perusahaan dengan solusi desain aplikasi yang responsif. Keunggulan lainnya terletak pada implementasi fitur monitoring real-time yang berpotensi meningkatkan efisiensi dan mencegah kesalahan informasi dalam pengelolaan limbah. Selain itu, penelitian ini memiliki kekhususan dalam konteks PT. BEMS dan menjembatani aspek keberlanjutan dengan teknologi modern, memberikan kontribusi strategis dalam penanganan masalah kompleks terkait pengelolaan sampah dan dampak positif pada industri daur ulang.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, dilakukan pengembangan rancangan desain dengan melakukan kombinasi metode yakni Rapid Prototyping dan UCD (Saatçi et al. 2020). Kombinasi ini menghasilkan pengembangan perangkat lunak yang tanggap, efisien, dan memberikan pengalaman pengguna yang optimal (Kurniawan and Prananda Putra 2022). Rapid Prototyping memungkinkan pembuatan prototipe interaktif secara cepat dengan menggunakan berbagai teknik manufaktur aditif (Kwan et al. 2023). Sebaliknya, UCD menekankan pada pemahaman kebutuhan dan preferensi pengguna dengan melibatkan mereka secara aktif dalam pengujian prototipe dan penyempurnaan desain berdasarkan umpan balik (Mushaddiq, Yusran, and Fitriani 2022). Rapid prototype dan user center design adalah dua metode yang berbeda dalam pembuatan prototype aplikasi. Rapid prototype adalah metode yang berfokus pada kecepatan dan efisiensi, sedangkan

user center design adalah metode yang berfokus pada kebutuhan pengguna. Perbandingan antara rapid prototype dan UCD dapat di lihat pada tabel 1.

Pada persamaan (1),  $f_{baud}$  merupakan frekuensi *baud rate*. *SMOD* adalah bit control dalam *PCON* (*Power Mode Control Special Function Register*), sedangkan  $f_{osc}$  merupakan frekuensi *oscillator*/Kristal yang digunakan dalam rangkaian mikrokontroler.

Tabel 1. Perbandingan antara rapid prototype dan UCD.

Aspek	Rapid prototype	User center design
<b>Tujuan</b>	Membangun prototype dengan cepat dan efisien untuk mendapatkan umpan balik pengguna	Membangun prototype yang memenuhi kebutuhan pengguna
<b>Fokus</b>	Kecepatan dan efisiensi	Kebutuhan pengguna
<b>Proses</b>	Berulang-ulang dan iteratif	Linear
<b>Kompleksitas</b>	Rendah	Tinggi
<b>Waktu</b>	Cepat	Lama
<b>Biaya</b>	Rendah	Tinggi

Dari Tabel 1, Metode Rapid Prototyping menyediakan fleksibilitas dengan pendekatan iteratif yang mencakup pemahaman kebutuhan, pembuatan prototipe cepat, pengujian dan umpan balik pengguna, serta pengembangan berkelanjutan. Namun, kurangnya formalitas dapat menjadi kendala dalam pengelolaan prototipe (Blasiak, Laski, and Takosoglu 2021; Zivanovic et al. 2020). Di sisi lain, pendekatan UCD menempatkan fokus pada pemahaman yang lebih dalam terhadap pengguna melalui wawancara, survei, dan prototipe iteratif. Meskipun UCD menghasilkan solusi yang sesuai dengan kebutuhan pengguna, prosesnya memerlukan lebih banyak waktu dan sumber daya (Reis et al. 2022; Sylvain and Chaniaud 2023). Gambar 1 berikut merupakan tahapan penelitian yang menggabungkan kedua metode.

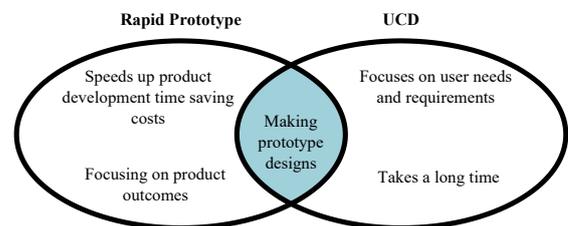


Gambar 1. Tahapan penelitian dengan menggabungkan Rapid prototype dan UCD

Dari Gambar 1, analisis dan perencanaan awal adalah langkah pertama untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna, melalui wawancara dan observasi dengan pengguna potensial untuk memahami kebutuhan, harapan, dan tantangan yang mereka hadapi dalam pengelolaan sampah daur ulang. Kemudian ditentukan tujuan yang ingin

dicapai melalui pengembangan prototipe, seperti peningkatan efisiensi pengiriman sampah daur ulang atau meningkatkan keterlibatan pengguna. Hasil analisis yaitu bahwa PT. BEMS masih menggunakan media sosial untuk memantau pengiriman sampah daur ulang, yang menghambat proses daur ulang. Sehingga dibutuhkan sistem untuk memantau pengiriman secara real-time. Proses perancangan prototipe mencakup pembuatan wireframe yang menggambarkan desain antarmuka aplikasi beserta fitur-fitur utama, termasuk halaman-halaman yang dibutuhkan untuk memonitor proses pengiriman sampah daur ulang (Nurbaiti Oktaviani, Fikri Aziz, and Maula Sulthon 2022; Xu et al. 2020). Kemudian, prototipe dibangun berdasarkan desain wireframe tersebut, dan prototipe ini menjadi dasar untuk melakukan verifikasi.

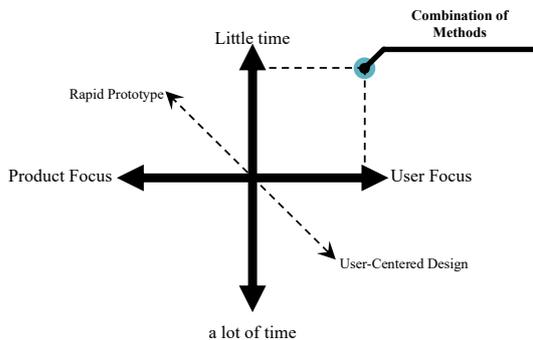
Dalam penelitian sebelumnya yang mengadopsi Rapid Prototyping (Azzam, Sugarindra, and Qurtubi 2022) langkah-langkahnya melibatkan perancangan awal aplikasi, pengujian stakeholder, evaluasi, perbaikan desain aplikasi, pengujian ulang stakeholder, pengujian mahasiswa, dan analisis hasil. Meskipun metode ini sangat cepat, namun kurang dalam pemahaman terhadap kebutuhan pengguna. Oleh karena itu, penelitian ini masih menekankan pada evaluasi, perbaikan, dan pengujian ulang stakeholder untuk memastikan kesesuaian desain aplikasi dengan kebutuhan. Di sisi lain, penelitian lainnya yang menggunakan UCD (Mushaddiq et al. 2022) melibatkan analisis dan spesifikasi kebutuhan, desain solusi, pembuatan prototipe, evaluasi dan pengujian, serta implementasi. Pendekatan UCD dirancang untuk memahami kebutuhan pengguna secara mendalam dari awal. Dalam tahap prototyping, metode UCD melibatkan desain antarmuka pengguna (UI) aplikasi, yang memungkinkan pembuatan prototipe yang lebih rinci dan akurat. Diagram Venn antara Rapid Prototype dan UCD dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Venn antara Rapid Prototype dan UCD.

Gambar 2 menunjukkan bahwa metode Rapid Prototype dan UCD memiliki tujuan serupa menghasilkan desain prototipe. Untuk meningkatkan efisiensi pemantauan pengiriman sampah daur ulang di PT BEMS, dibutuhkan pendekatan yang responsif dan sesuai dengan kebutuhan perusahaan. Menggabungkan kedua metode ini menjadi relevan karena memungkinkan pembuatan prototipe yang cepat, fokus pada pemahaman kebutuhan pengguna, dan evaluasi melalui usability testing untuk

mengukur hasil akhir prototipe. Diagram koordinat kartesian antara rapid prototype dan UCD dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Koordinat Kartesian antara Rapid Prototype dan UCD

Berdasarkan Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa penggunaan kombinasi metode dari rapid prototype dan UCD menghasilkan suatu tahapan penelitian yang efisien dalam waktu, dengan menerapkan aspek adaptasi dari metode Rapid Prototype sambil tetap menjaga fokus pada pengguna sebagaimana diadaptasi dari metode UCD.

Langkah berikutnya verifikasi dan Pengujian awal, langkah ini dilakukan dengan melibatkan sekelompok kecil pengguna yang merupakan audiens target, bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian prototipe dengan tujuan awal. Tahapan ini melibatkan interaksi antara pengguna dengan prototipe, sambil mencatat setiap kendala yang ada. Apabila prototipe telah terbukti sesuai dengan tujuan awal, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap desain dan fungsionalitas prototipe. Pengujian awal yang digunakan untuk mengukur sejauh mana pengguna dapat menggunakan prototipe (Ramli et al. 2022) untuk mengidentifikasi masalah dalam desain dan antarmuka yang dapat mempengaruhi pengalaman pengguna, serta untuk memastikan bahwa prototipe memenuhi kebutuhan dan ekspektasi pengguna. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk dilakukan perbaikan berdasarkan umpan balik dari pengguna.

Iterasi dan Perbaikan, selanjutnya hasil pengujian yang telah dilakukan digunakan untuk mengimplementasikan perbaikan pada prototipe, baik dalam aspek antarmuka pengguna maupun fungsionalitasnya. Setelah perbaikan dilakukan, dilakukan pengujian ulang menggunakan partisipan yang berbeda atau bahkan dengan partisipan yang sama untuk memastikan efektivitas perbaikan yang telah dijalankan.

Langkah tahap akhir, diadakan pengujian akhir dengan prototipe yang telah ditingkatkan, langkah ini diadaptasi dari metode UCD, dengan tujuan mengamati interaksi dan keberhasilan pengguna dalam menyelesaikan alur dalam menggunakan versi terbaru dari prototipe. Penilaian akhir dilakukan untuk menilai sejauh mana prototipe telah memenuhi

kebutuhan pengguna serta tujuan desain yang telah ditetapkan sebelumnya. Pengujian melibatkan evaluasi dengan prinsip dari ISO 9241-11 yaitu Variabel Efficiency, Effectiveness, Satisfaction, dan Usability (Dutsinma et al. 2022). Indikator pengujian dan evaluasi terhadap pengguna dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Indikator pengujian dan evaluasi terhadap pengguna

Variabel	Indikator	Kode
Efficiency	Sistem telah sesuai dengan alur pengiriman di PT. BEMS	E1
	Ketika melakukan pemantauan (monitoring), prototipe dapat menampilkan proses pengiriman	E2
	Struktur penyajian dari konten mudah dipelajari	E3
	Dapat dengan mudah menavigasi antara berbagai fitur dan layar prototipe	E4
	Fitur-fitur yang ada di prototipe mudah dipahami dan digunakan	E5
	Saat pertama kali mengakses prototipe, pengguna dapat langsung menemukan proses pengiriman terbaru yang sedang berlangsung dan yang telah selesai	E6
Effectiveness	Tersedianya fitur download dokumen backlog	F1
	Tersedianya menu Notifikasi	F2
	Informasi yang tersedia sesuai dengan kebutuhan pengguna dalam rangka memonitoring proses pengiriman	F3
	Penyajian tulisan dapat dibaca dan mudah dipahami	F4
	Pemilihan warna yang digunakan sesuai keinginan pengguna	F5
	Apakah tersedia fitur tema gelap dan terang	F6
Satisfaction	Apakah fitur-fitur pada prototipe telah sesuai	S1
	Apakah kemudahan menggunakan prototipe ada pada prototipe	S2
	Apakah penanganan kesalahan informasi ada pada prototipe	S3
	Apakah interface prototipe telah sesuai	S4
Usability	Apakah pengguna nyaman saat menggunakan prototipe	U1
	Apakah pengguna memberikan respons yang cukup cepat terhadap tindakan pengguna	U2
	Apakah pengguna mudah mempelajari penggunaan prototipe	U3
	Apakah pengguna merasa puas menggunakan prototipe	U4

Pengujian dilakukan dengan merancang skenario yang menggambarkan langkah-langkah penggunaan prototipe, mulai dari awal proses pengiriman sampah daur ulang hingga mencapai tahap akhir pengiriman. Terdapat lima opsi jawaban yang dapat dipilih, yaitu: Sangat Tidak Setuju (STS), Tidak Setuju (TS), Netral (N), Setuju (S), dan Sangat Setuju (SS), dengan masing-masing opsi jawaban memiliki nilai bobot yang telah ditentukan. Untuk nilai, Sangat Tidak Setuju memiliki nilai 1, sementara

Sangat Setuju memiliki nilai tertinggi sebesar 5. sebagaimana yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3. Singkatan dan Nilai jawaban

Jawaban	Singkatan	Nilai
Sangat Tidak Setuju	STS	1
Tidak Setuju	TS	2
Netral	N	3
Setuju	S	4
Sangat Setuju	SS	5

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kombinasi kedua metode yaitu Rapid Prototipe dan UCD menunjukkan hasil yang sangat positif dari perolehan pengujian prototipe dalam empat variabel yaitu Efficiency, Effectiveness, Satisfaction, dan Usability. Prototipe Aplikasi ini berhasil memenuhi kebutuhan dan harapan pengguna dengan fitur-fitur yang sangat membantu, terutama fitur monitoring yang menjadi fokus utama dalam penelitian ini.

Pengguna PT. BEMS di Bintuni menggunakan aplikasi untuk memulai pengiriman baru dan mengunggah informasi dan foto dokumentasi pengiriman. Mereka diharuskan mengunggah 3 foto yang sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan. Proses input data dan informasi pengiriman sampah daur ulang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses input data dan informasi pengiriman sampah daur ulang.

Secara otomatis, notifikasi proses pengiriman dan file dokumentasi pengiriman akan muncul di PT BEMS di Makassar yang bertugas memonitoring proses pengiriman. Selain itu, pengguna dari Surabaya juga menerima notifikasi tentang pengiriman tersebut. Tampilan dari notifikasi pengiriman sampah daur ulang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Notifikasi pengiriman sampah daur ulang

Setelah kontainer sampah daur ulang sampai di pelabuhan Surabaya, pengguna PT. BEMS di Surabaya harus mengunggah 3 foto dokumentasi kontainer yang menunjukkan bahwa kontainer telah tiba.

Secara otomatis, notifikasi akan muncul di PT BEMS Makassar bahwa proses pengiriman telah

selesai, dan pengiriman telah tiba di pelabuhan Surabaya.



Gambar 6. Konfirmasi kedatangan pengiriman sampah daur ulang.



Gambar 7. Monitoring proses pengiriman sampah daur ulang.

Setelah prototipe dibangun, maka dapat dilakukan pengujian untuk mengetahui kelayakannya. Berikut ini adalah hasil pengujian yang telah dilakukan dengan cara menghitung rata-rata dari setiap variabel (Efficiency, Effectiveness, Satisfaction, dan Usability) dengan cara menjumlahkan nilai-nilai yang ada dalam masing-masing variabel dan kemudian membaginya dengan jumlah total data yang ada. Sehingga didapati hasil akhir pada tahap evaluasi akhir seperti yang ada pada Tabel 3.

Tabel 4. Hasil pengujian akhir prototype

Variabel	Kode	Nilai
Efficiency	E1	5
	E2	5
	E3	5
	E4	5
	E5	5
	E6	5
Effectiveness	F1	5
	F2	4
	F3	5
	F4	5
	F5	5
	F6	5
Satisfaction	S1	5
	S2	5
	S3	4
	S4	5
Usability	U1	4
	U2	5
	U3	5
	U4	5

Jadi, rata-rata nilai dari masing-masing variabel adalah sebagai berikut:

Efficiency:

$$(5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5) / 6 = 5.00$$

Effectiveness:

$$(5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5) / 6 = 5.00$$

Satisfaction:

$$(5 + 5 + 4 + 5) / 4 = 4.75$$

Usability:

$$(4 + 5 + 5 + 5) / 4 = 4.75$$

Pada tabel 7, Hasil pengujian prototipe menunjukkan bahwa secara keseluruhan, prototipe aplikasi ini berhasil mencapai tingkat Efficiency dan Effectiveness yang sangat tinggi, dengan rata-rata nilai 5.00 pada kedua variabel tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa pengguna dapat dengan efisien menggunakan aplikasi ini untuk melakukan pengiriman sampah daur ulang dengan hasil yang efektif.

Namun, terdapat sedikit penurunan pada variabel Satisfaction dan Usability dengan rata-rata nilai 4.75 pada keduanya. Meskipun masih dalam kisaran yang baik, penurunan ini mungkin mengindikasikan bahwa beberapa pengguna menghadapi beberapa tantangan atau kesulitan dalam menggunakan aplikasi, terutama terkait dengan aspek kepuasan dan usability. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut dan perbaikan pada aplikasi untuk meningkatkan tingkat kepuasan dan kemudahan penggunaan. Nilai rata-rata pengujian awal prototype dapat dilihat di tabel 7.

Tabel 5. Nilai rata-rata pengujian awal prototype.

Efficiency	Effectiveness	Satisfaction	Usability
5.00	5.00	4.75	4.75

Dampak dari penilaian terhadap prototipe ini adalah bahwa hasil yang sangat positif pada keefisienan dan efektivitas menunjukkan bahwa aplikasi ini memiliki potensi untuk membantu PT. BEMS dalam memantau dan mengelola pengiriman sampah daur ulang dengan lebih efisien. Namun, tantangan yang muncul terkait dengan kepuasan dan usability menunjukkan pentingnya melibatkan pengguna dalam proses pengembangan lebih lanjut untuk memastikan pengalaman pengguna yang lebih baik dan meningkatkan penerimaan aplikasi ini di kalangan pengguna PT. BEMS.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pengembangan desain prototipe aplikasi berbasis mobile untuk memantau pengiriman sampah daur ulang dengan kombinasi metode yang menggabungkan Rapid Prototyping dan UCD memiliki dampak positif yang signifikan dalam berbagai aspek, seperti fungsionalitas, kejelasan antarmuka, pengalaman pengguna, kemudahan navigasi, serta aspek visual dan estetika. Namun, penggunaan kombinasi metode dalam pengembangan desain prototype aplikasi hanya efektif jika prototype aplikasi yang akan dibangun memiliki tingkat kompleksitas yang tidak terlalu tinggi, yaitu dalam skala menengah ke bawah. Hal ini perlu menjadi pertimbangan dalam merencanakan pengembangan prototipe aplikasi di masa depan. Temuan penelitian ini memiliki dampak yang signifikan dalam

mengatasi masalah pemantauan proses pengiriman sampah daur ulang di PT. BEMS dengan menciptakan sebuah desain prototipe aplikasi yang responsif dan efisien. Informasi yang disajikan dalam bagian ini juga dapat memberikan wawasan berharga kepada peneliti lain mengenai potensi hambatan yang mungkin muncul saat menggabungkan metode Rapid Prototyping dan UCD, serta memberikan panduan untuk mengatasi kelemahan yang teridentifikasi dalam pengembangan prototipe berbasis mobile.

#### DAFTAR PUSTAKA

- AFRICA, AARON DON M., and C. U. CHARLESTON FRANKLIN. 2019. "Development of a Cost-Efficient Waste Bin Management System with Mobile Monitoring and Tracking." *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering* 8(2). doi: 10.30534/ijatcse/2019/35822019.
- AZZAM, ABDULLAH, MUCHAMAD SUGARINDRA, and QURTUBI QURTUBI. 2022. "Augmented Reality-Based Application Design with Rapid Prototyping Method to Support Practicum during the Covid-19 Pandemic." *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri* 6(2). doi: 10.30656/jsmi.v6i2.4704.
- BANO, ANIQA, IKRAM UD DIN, and ASMA A. AL-HUQAIL. 2020. "AIoT-Based Smart Bin for Real-Time Monitoring and Management of Solid Waste." *Scientific Programming* 2020. doi: 10.1155/2020/6613263.
- BLASIAK, SLAWOMIR, PAWEŁ ANDRZEJ LASKI, and JAKUB EMANUEL TAKOSOGLU. 2021. "Rapid Prototyping of Pneumatic Directional Control Valves." *Polymers* 13(9). doi: 10.3390/polym13091458.
- DUTSINMA, FARUK LAWAL IBRAHIM, DEBAJYOTI PAL, SUREE FUNILKUL, and JONATHAN H. CHAN. 2022. "A Systematic Review of Voice Assistant Usability: An ISO 9241-11 Approach." *SN Computer Science* 3(4). doi: 10.1007/s42979-022-01172-3.
- ET. AL., MUHAMMAD ARIEF KUSMAWARDANI,. 2021. "Analysis and Design of Mobile-Based Waste Management Applications Prototype Methods." *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)* 12(4). doi: 10.17762/turcomat.v12i4.556.
- GAN, KOK BENG, SYAHRIL AMIR MOHD, and TZE YEE NG. 2021. "Apps-Based Temperature Monitoring System with Location Services for Medical Needs Delivery Using Drone." *International Journal of Interactive Mobile Technologies* 15(9). doi: 10.3991/ijim.v15i09.20039.
- GEETHA, SUBBIAH, JAYIT SAHA, ISHITA DASGUPTA, RAHUL BERA, ISAH A. LAWAL, and SEIFEDINE KADRY. 2022.

- “Design of Waste Management System Using Ensemble Neural Networks.” *Designs* 6(2). doi: 10.3390/designs6020027.
- KAMIL, HUSNIL, FAJRIL AKBAR, and MELLA ANDRIANI. 2019. “Design of Location-Based Waste Collecting on Enviro Andalas Waste Bank.” *International Journal on Informatics Visualization* 3(1). doi: 10.30630/joiv.3.1.212.
- KURNIAWAN, RUDI, and DIKA PRANANDA PUTRA. 2022. “Perancangan User Interface Sistem Kredit Aktivitas Mahasiswa STMIK ‘AMIKBandUNG’ Berbasis Website Menggunakan Metode User Centered Design (UCD).” *Journal of Information Technology* 4(1). doi: 10.47292/joint.v4i1.77.
- KWAN, YU HENG, ZHI QUAN ONG, DAWN YEE XI CHOO, JIE KIE PHANG, SUNGWON YOON, and LIAN LENG LOW. 2023. “A Mobile Application to Improve Diabetes Self-Management Using Rapid Prototyping: Iterative Co-Design Approach in Asian Settings.” *Patient Preference and Adherence* 17. doi: 10.2147/PPA.S386456.
- LEE, JIN WOO, JI YOUNG JEONG, JONG JIN KIM, HEE SEOUNG PARK, and SAN CHAE. 2022. “A Note on the Design of Waste Management System Using QR Code for Radioactive Waste.” *Sustainability (Switzerland)* 14(15). doi: 10.3390/su14159265.
- LIMBA, TADAS, ANDREJUS NOVIKOVAS, ANDRIUS STANKEVIČIUS, ANTANAS ANDRILEVIČIUS, and MANUELA TVARONAVIČIENE. 2020. “Big Data Manifestation in Municipal Waste Management and Cryptocurrency Sectors: Positive and Negative Implementation Factors.” *Sustainability (Switzerland)* 12(7). doi: 10.3390/su12072862.
- MUSHADDIQ, MUSHADDIQ, YUSRAN YUSRAN, and DEWI FITRIANI. 2022. “Design Of Aceh Language Learning Android Based Application For Paud Teachers Using User Centered Design (UCD) Method.” *Cyberspace: Jurnal Pendidikan Teknologi Informatika* 6(1). doi: 10.22373/cj.v6i1.12993.
- NURBAITI OKTAVIANI, SITI, CHAIRUL FIKRI AZIZ, and BESUS MAULA SULTHON. 2022. “Analisa UI/UX Sistem Informasi Penjualan Berbasis Mobile Menggunakan Metode Prototype.” *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika Dan Komputer* 2(6). doi: 10.30865/klik.v2i6.401.
- RAMLI, RATNA ZUARNI, NORAI DAH SAHARI, SITI FADZILAH MAT NOOR, MAHANEM MAT NOOR, NAZATUL AINI ABD MAJID, HADI AFFENDY DAHLAN, and AMELIA NATASYA ABDUL WAHAB. 2022. “Assessing Usability of Learning Experience Prototype.” *International Journal of Emerging Technologies in Learning* 17(9). doi: 10.3991/ijet.v17i09.29955.
- REIS, CATARINA I., CLÁUDIA PERNENCAR, MARTA CARVALHO, PEDRO GASPAR, RICARDO MARTINHO, ROBERTA FRONTINI, RODRIGO ALVES, and PEDRO SOUSA. 2022. “Development of an MHealth Platform for Adolescent Obesity Prevention: User-Centered Design Approach.” *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(19). doi: 10.3390/ijerph191912568.
- SAATÇI, BANU, KAYA AKYÜZ, SEAN RINTEL, and CLEMENS NYLANDSTED KLOKMOSE. 2020. “(Re)Configuring Hybrid Meetings: Moving from User-Centered Design to Meeting-Centered Design.” *Computer Supported Cooperative Work: CSCW: An International Journal* 29(6). doi: 10.1007/s10606-020-09385-x.
- SYLVAIN, FLEURY, and NOÉMIE CHANIAUD. 2023. “Multi-User Centered Design: Acceptance, User Experience, User Research and User Testing.” *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. doi: 10.1080/1463922X.2023.2166623.
- TUAH, NOORALISA MOHD, SITI KHADIJAH ABD GHANI, SURYANI DARHAM, and SUAINI SURA. 2022. “A Food Waste Mobile Gamified Application Design Model Using UX Agile Approach in Malaysia.” *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 13(5). doi: 10.14569/IJACSA.2022.0130526.
- UR RAHIM, HAFEEZ, MUHAMMAD QASWAR, MISBAH UDDIN, CINZIA GIANNINI, MARIA LIDIA HERRERA, and GIUSEPPINA REA. 2021. “Nano-Enable Materials Promoting Sustainability and Resilience in Modern Agriculture.” *Nanomaterials* 11(8).
- XU, XIAOMENG, KONSTADINA GRIVA, MARK KOH, ELAINE LUM, WOAN SHIN TAN, STEVEN THNG, and JOSIP CAR. 2020. “Creating a Smartphone App for Caregivers of Children with Atopic Dermatitis with Caregivers, Health Care Professionals, and Digital Health Experts: Participatory Co-Design.” *JMIR MHealth and UHealth* 8(10). doi: 10.2196/16898.
- ZHANG, YAKUN, WENZHE TANG, COLIN F. DUFFIELD, LIHAI ZHANG, and FELIX KIN PENG HUI. 2021. “Environment Management of Hydropower Development: A Case Study.” *Energies* 14(7). doi: 10.3390/en14072029.
- ZIVANOVIC, SASA T., MIHAJLO D. POPOVIC, NIKOLA M. VORKAPIC, MILOS D. PJEVIC, and NIKOLA R. SLAVKOVIC. 2020. “An Overview of Rapid Prototyping Technologies Using Subtractive, Additive and

Formative Processes.” *FME Transactions*  
48(1). doi: 10.5937/fmet2001246Z.