

## Pengembangan *RecycleAid* untuk Mendukung Keberlanjutan Lingkungan dengan Menggunakan *Design Thinking*

Heru Wijayanto Aripadono\*, Kelvianto

Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomi & Bisnis, Universitas Internasional Batam, Batam, Indonesia

\*penulis korespondensi: heru.wijayanto@uib.ac.id

### Kata Kunci:

*RecycleAid*, Design Thinking, Inovasi, Keberlanjutan

### Keywords:

*RecycleAid*, Design Thinking, Innovation, Sustainability

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe *RecycleAid*, sebuah tempat sampah pintar yang dirancang untuk meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah dan menjaga kebersihan lingkungan. Pemilihan topik ini dilatarbelakangi oleh tingginya volume sampah plastik yang sulit dikelola serta rendahnya kesadaran masyarakat dalam membuang sampah pada tempatnya. Penelitian dilaksanakan di Kota Batam dengan melibatkan responden dari kalangan masyarakat berusia 18–25 tahun, yang dianggap sebagai kelompok usia produktif dan potensial dalam mendorong perubahan perilaku lingkungan. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, digunakan metode *design thinking* sebagai pendekatan inovatif, yang terdiri atas empat tahapan: *empathy*, *define*, *ideate*, dan *prototype*. Data dikumpulkan melalui penyebaran kuesioner kepada 55 responden, observasi lapangan, wawancara dengan 15 mahasiswa, serta kajian literatur terkait pemilahan sampah otomatis berbasis teknologi. *RecycleAid* dirancang dengan fitur pemilahan sampah otomatis berbasis teknologi untuk memudahkan pengguna dalam membuang sampah sesuai kategori. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *RecycleAid* dapat meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat secara signifikan dalam pengelolaan sampah. Inovasi ini berpotensi menjadi solusi praktis dalam mengurangi masalah sampah plastik dan memperbaiki kualitas lingkungan. *RecycleAid* memberikan kontribusi positif dalam membentuk perilaku ramah lingkungan melalui teknologi yang mudah diakses dan digunakan oleh masyarakat luas.

### Diterima:

2 Januari 2025

### Disetujui:

20 Maret 2025

### Dipublikasikan:

26 April 2025



### ABSTRACT

*This study aims to design and develop a prototype of RecycleAid, a smart trash bin created to enhance public participation in waste management and promote environmental cleanliness. The topic was chosen in response to the increasing volume of plastic waste that is difficult to manage, along with the low public awareness of proper waste disposal. The research was conducted in Batam City, involving respondents aged 18–25, a demographic considered productive and influential in driving environmental behavior change. To address this issue, the study adopted the design thinking approach, which includes four key stages: empathy, define, ideate, and prototype. Data were collected through questionnaires distributed to 55 respondents, field observations, interviews with 15 university students, and a literature review on technology-based waste sorting systems. RecycleAid was designed with an automatic sorting feature to help users dispose of waste correctly according to its category. The findings show that RecycleAid can significantly increase awareness and public participation in waste management. This innovation offers a practical solution to reducing plastic waste problems and improving environmental quality. RecycleAid contributes positively to fostering environmentally friendly behavior through accessible and user-friendly technology.*

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi yang pesat dan urbanisasi yang tidak terkendali telah memicu krisis global dalam pengelolaan limbah, khususnya di kawasan perkotaan padat penduduk. Beberapa pihak mengemukakan pendapat bahwa perusahaan adalah penyebab rusaknya lingkungan, tereksplotasinya sumber daya alam, dan aktivitas utamanya hanya profit dan profit semata (Narsa & Irwanto, 2014 dalam Pratiwi, 2021). Kondisi ini menggarisbawahi kebutuhan mendesak akan strategi pengelolaan limbah yang tidak hanya berfokus pada pengurangan limbah, tetapi juga mendukung siklus hidup yang berkelanjutan. Pengelolaan limbah yang buruk dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang luas, seperti pencemaran tanah, air, dan udara, sehingga dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat dengan meningkatkan risiko terkenanya penyakit pernapasan, infeksi, dan gangguan kesehatan lainnya. Di sisi lain, dampak sosial seperti menurunnya kualitas hidup dan peningkatan ketidakesetaraan juga menjadi konsekuensi serius dari masalah ini. Pada tahun 2023, data menunjukkan bahwa Indonesia telah menghasilkan 29,65 juta ton limbah, dengan komposisi utama yaitu 19,1% limbah plastik, 11% limbah kertas, dan 41,3% limbah makanan (SIPSN, 2023). Limbah plastik menjadi ancaman yang signifikan karena proses penguraiannya yang lambat dan menyebabkan penumpukan sampah di lingkungan. Selain itu, mikroplastik yang terkandung dalam limbah plastik tidak hanya mencemari air dan tanah, tetapi juga dapat mengancam kehidupan hewan laut dan merusak keseimbangan ekosistem (Porta et al., 2020).

Meskipun berbagai inisiatif pengelolaan limbah telah diterapkan, efektivitasnya masih belum memadai dalam menghadapi tantangan kompleks seperti rendahnya partisipasi masyarakat dan perilaku yang tidak konsisten dalam pengelolaan limbah. (Karnalim et al., 2020) mengembangkan sistem persuasif yang terbukti meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat, namun belum mengeksplorasi aspek skalabilitas, keberlanjutan, serta pengaruh faktor sosial dan budaya terhadap keberhasilan sistem tersebut. Selain itu, (Peng et al., 2021) menghadirkan inovasi desain tempat sampah dengan fungsi hot-melt sealing untuk mencegah bau dan meningkatkan kenyamanan, tetapi produk tersebut masih kurang menarik dan belum mampu memengaruhi perilaku masyarakat secara signifikan. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya solusi inovatif yang tidak hanya fokus pada teknologi, tetapi juga berpusat pada pengguna dan mampu menjangkau masyarakat secara luas untuk mendukung perubahan perilaku yang berkelanjutan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan solusi inovatif yang mengintegrasikan prinsip user-centered design melalui pendekatan design thinking, agar mampu merespons kebutuhan nyata pengguna, mengakomodasi nilai-nilai sosial dan budaya, serta mendorong adopsi teknologi yang lebih luas..

Kemajuan teknologi menawarkan peluang besar untuk menjawab tantangan ini. Solusi berbasis teknologi, seperti sistem pemilahan otomatis, perangkat Internet of Things (IoT), dan aplikasi seluler telah terbukti meningkatkan proses daur ulang dan memperluas partisipasi masyarakat (Acharekar et al., 2020; Arwati et al., 2021; Muangnak et al., 2021). Salah satu teknologi yang memiliki peran penting dalam konteks ini adalah deteksi objek, yang memungkinkan integrasi gambar dan teks serta pelacakan objek secara presisi (Subramaniam et al., 2023). Teknologi ini memiliki berbagai aplikasi, termasuk sistem pemantauan visual bawah air, penglihatan mesin, kendaraan otonom, penglihatan robotik, dan sistem pengawasan video (Ji et al., 2023; Zou et al., 2023). Dengan dukungan algoritme berbasis pembelajaran mendalam, deteksi objek mampu mencapai tingkat akurasi tinggi sambil meminimalkan penggunaan sumber daya komputasi, menjadikannya metode yang sangat penting

Meskipun demikian, tinjauan terhadap literatur menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian sebelumnya cenderung berfokus pada aspek teknis dan performatif dari teknologi tersebut, dengan perhatian yang terbatas terhadap dimensi sosial, khususnya dalam hal bagaimana teknologi dapat mendorong keterlibatan aktif masyarakat dan membentuk perubahan perilaku yang berkelanjutan. Padahal, partisipasi masyarakat merupakan elemen kunci dalam

keberhasilan sistem pengelolaan limbah, tidak hanya dalam konteks pembuangan sampah yang tepat, tetapi juga dalam upaya pengolahan dan pemanfaatan ulang sampah untuk menciptakan nilai tambah bagi komunitas lokal (Rahmawati et al., 2023; Retno Febriyastuti Widyawati et al., 2023). Kesenjangan ini menegaskan perlunya pendekatan yang lebih integratif dalam pengembangan solusi pengelolaan limbah, yang tidak hanya menitikberatkan pada kemajuan teknologi, tetapi juga secara eksplisit menggabungkan strategi partisipatif, pendekatan perilaku, serta insentif sosial dan ekonomi. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi yang mampu menyelaraskan keunggulan teknologi dengan pendekatan humanistik agar solusi yang dihasilkan tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga berkelanjutan dan berdampak luas secara sosial.

Melihat tantangan dalam pengelolaan sampah dan keterbatasan teknologi yang ada, penelitian ini mengembangkan *RecycleAid*, sebuah prototipe tempat sampah pintar berbasis pendekatan *design thinking*. *Design thinking* adalah metode inovasi yang berpusat pada pengguna dan menekankan pemahaman mendalam terhadap kebutuhan pengguna (Brown, 2008). Pendekatan ini digunakan karena mampu mengintegrasikan perspektif teknologi dan manusia, sehingga menghasilkan solusi yang lebih relevan, praktis, dan berdampak langsung pada perubahan perilaku masyarakat. Penelitian sebelumnya menekankan kontribusi penting *design thinking* dalam transformasi digital, baik dalam bidang bisnis maupun Pendidikan (Magistretti et al., 2020; Mahmoud-Jouini et al., 2019). Sebagaimana diungkapkan oleh (Bender-Salazar, 2023), penggunaan *design thinking* dalam menyelesaikan tantangan-tantangan kompleks dapat meningkatkan efektivitas solusi, termasuk di bidang lingkungan dan edukasi keberlanjutan, dengan menghadirkan pendekatan yang lebih responsif dan strategis terhadap kebutuhan pengguna.

*RecycleAid* dirancang untuk tidak hanya memfasilitasi pemilahan limbah secara cerdas, tetapi juga meningkatkan kesadaran lingkungan masyarakat. Dengan fitur-fitur seperti pelacakan limbah yang transparan dan kemitraan dengan bank sampah, *RecycleAid* bertujuan membangun kepercayaan dan akuntabilitas dalam pengelolaan limbah, dua elemen penting untuk keberlanjutan partisipasi masyarakat (R & S, 2024; Verma et al., 2023). Inisiatif ini berada dalam kerangka inovasi teknologi pengelolaan limbah yang bertujuan menjawab tantangan yang ada melalui integrasi teknologi canggih dan prinsip desain berorientasi pengguna.

Penelitian ini berfokus pada penerapan *design thinking* untuk mengintegrasikan kebutuhan manusia, teknologi, dan keberhasilan bisnis dalam menciptakan solusi inovatif. Pendekatan ini mendukung pengembangan produk baru secara iteratif, seperti merancang *RecycleAid*, sebuah prototipe yang bertujuan meningkatkan keterlibatan pengguna dan efisiensi daur ulang (Cocchi et al., 2021). Penelitian ini memiliki tiga tujuan utama. Pertama, mengembangkan solusi daur ulang inovatif melalui pendekatan *design thinking* yang menekankan pada pengguna sebagai pusat pemecahan masalah. Kedua, merancang dan membuat prototipe *RecycleAid* untuk meningkatkan keterlibatan pengguna dan efisiensi daur ulang. Ketiga, mengevaluasi efektivitas prototipe *RecycleAid* melalui umpan balik pengguna, serta mendorong inovasi dalam pengelolaan sampah berkelanjutan melalui pengembangan *RecycleAid*.

Dengan memanfaatkan teknologi canggih dan pendekatan berbasis desain yang berpusat pada pengguna, *RecycleAid* diharapkan menjadi katalis untuk perubahan sistemik dalam pengelolaan limbah. Inisiatif ini tidak hanya bertujuan meningkatkan partisipasi masyarakat dalam daur ulang, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan polusi plastik, optimalisasi efisiensi daur ulang, dan terciptanya lingkungan yang lebih hijau serta berkelanjutan.

## 2. METODE PENELITIAN

### Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe bagi *RecycleAid*, sebuah inovasi teknologi dalam pengelolaan limbah yang mengintegrasikan pendekatan design thinking dengan konsep akuntansi keberlanjutan dan manajemen sosial. Untuk mencapai tujuan ini, digunakan metode penelitian kualitatif yang berpusat pada pengumpulan data empirik, analisis kebutuhan pengguna, dan pengembangan solusi berbasis teknologi. Proses pengumpulan data dilakukan dalam tiga tahap untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai permasalahan dan kebutuhan dalam pengelolaan limbah. Tahap awal pengumpulan data dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada 55 responden berusia 18–25 tahun. Kuesioner ini bertujuan untuk memahami persepsi masyarakat terkait pengelolaan limbah, mengidentifikasi kendala utama dalam praktiknya, serta menggali berbagai solusi potensial yang dianggap paling sesuai dengan kebutuhan pengguna. Tahap kedua melibatkan observasi langsung di lingkungan Universitas Internasional Batam (UIB), yang dilakukan setelah memperoleh izin dari pihak universitas. Observasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi aktual serta perilaku masyarakat dalam memilah dan mengelola sampah. Tahap ketiga dilanjutkan dengan wawancara semi-terstruktur terhadap 15 mahasiswa UIB guna menggali perspektif, tantangan, dan harapan mereka terkait sistem pemilahan sampah. Selain itu, untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam, studi pustaka dilakukan guna menelaah berbagai pendekatan teknologi pemilahan sampah yang telah dikembangkan sebelumnya. Kajian ini merujuk pada temuan dari penelitian terdahulu, seperti yang dikemukakan oleh Acharekar (Acharekar et al., 2020) dan Kumar (2023), yang memberikan landasan teoretis dan teknis dalam merancang solusi yang relevan dan aplikatif.

### **Proses Perancangan Luaran**

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kualitatif, yang mengintegrasikan kerangka kerja metode *design thinking* untuk menghasilkan prototipe *RecycleAid*. (Brown, 2008) menjelaskan bahwa *design thinking* merupakan proses yang berpusat pada manusia dengan mengintegrasikan metode desain dan perspektif bisnis untuk menciptakan solusi yang relevan dan inovatif. Lebih lanjut, (Rösch et al., 2023) menekankan bahwa *design thinking* tidak hanya mendukung pengembangan inovasi produk, tetapi juga mendorong kemampuan dan perilaku inovatif baik pada tingkat organisasi maupun individu. Proses ini menuntut terciptanya budaya yang mendukung kreativitas, menghargai kolaborasi, dan memandang kegagalan sebagai langkah penting dalam mendapatkan wawasan baru. Selain itu, hasil penelitian (Mahmoud-Jouini et al., 2019) dan (Cocchi et al., 2023) menunjukkan bahwa *design thinking* efektif dalam mengeksplorasi peluang baru dan merancang solusi yang layak, diinginkan, serta dapat diterapkan untuk suatu teknologi.

Metode *design thinking* terdiri dari lima tahapan utama: *empathize*, *define*, *ideate*, *prototype*, dan *testing*. Pemilihan metode ini bertujuan untuk memastikan hasil penelitian mampu merespons kebutuhan dan tantangan pengguna secara efektif (Dell’Era et al., 2020). Tahap *empathy* bertujuan untuk memahami kebutuhan dan tantangan yang dihadapi oleh pengguna melalui pendekatan empatik, yang mencakup identifikasi identitas pengguna serta kebutuhan tersembunyi mereka (Nagaraj et al., 2020; Rösch et al., 2023). Pemahaman mendalam diperoleh melalui observasi aktivitas harian pengguna dan wawancara terstruktur.

Tahap selanjutnya yaitu *define* difokuskan pada perumusan masalah secara terstruktur berdasarkan hasil analisis data dari tahap sebelumnya. *Design thinking* menjadi pendekatan yang sering digunakan untuk menangani masalah yang rumit dan belum jelas, karena fokusnya pada eksplorasi mendalam terhadap isu dan kebutuhan sebelum merumuskan solusi (Cocchi et al., 2023; Dell’Era et al., 2020). Kemudian tahap *ideate* diarahkan pada pengembangan solusi kreatif berdasarkan wawasan yang diperoleh dari pengguna serta data kontekstual (Rösch et al., 2023). Melalui brainstorming kolaboratif, berbagai ide potensial dirancang untuk memastikan solusi yang relevan dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Tahap *prototype* bertujuan mentransformasikan konsep abstrak menjadi prototipe nyata yang efisien, ekonomis, dan sesuai dengan desain awal (Cocchi et al., 2023; Rösch et al., 2023). Implementasi yang tepat waktu dan akurat sangat penting untuk memastikan prototipe dapat memenuhi tujuan utama, yaitu menghasilkan hasil konkret yang memungkinkan evaluasi dan pengembangan lebih lanjut (Lee, 2018). Prototipe, sebagai elemen kunci dalam proses pengujian dan eksplorasi desain, memainkan peran penting dalam mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan sebelum implementasi secara penuh (Dharmawan & Saputri, 2023).

Tahap *testing* menjadi penentu dalam mengevaluasi efektivitas dan efisiensi prototipe yang telah dikembangkan. Umpan balik pengguna dikumpulkan untuk menilai kekuatan dan kelemahan produk serta mengidentifikasi area perbaikan (Dell’Era et al., 2020). Pengujian ini dilakukan secara iteratif untuk memastikan bahwa solusi yang dihasilkan tidak hanya memenuhi kebutuhan pengguna tetapi juga mampu memberikan nilai tambah yang signifikan. Tahap ini memungkinkan proses penyempurnaan produk berdasarkan masukan pengguna sebelum implementasi secara luas.

Dalam penelitian ini, fokus utama diberikan pada penerapan tiga tahap awal, yaitu *empathize*, yang bertujuan memahami kebutuhan dan tantangan pengguna; *define*, yang mengidentifikasi dan merumuskan masalah utama yang perlu diselesaikan; serta *ideate*, yang mencakup pengembangan ide-ide kreatif untuk menghasilkan solusi inovatif (Cocchi et al., 2023; Nagaraj et al., 2020).

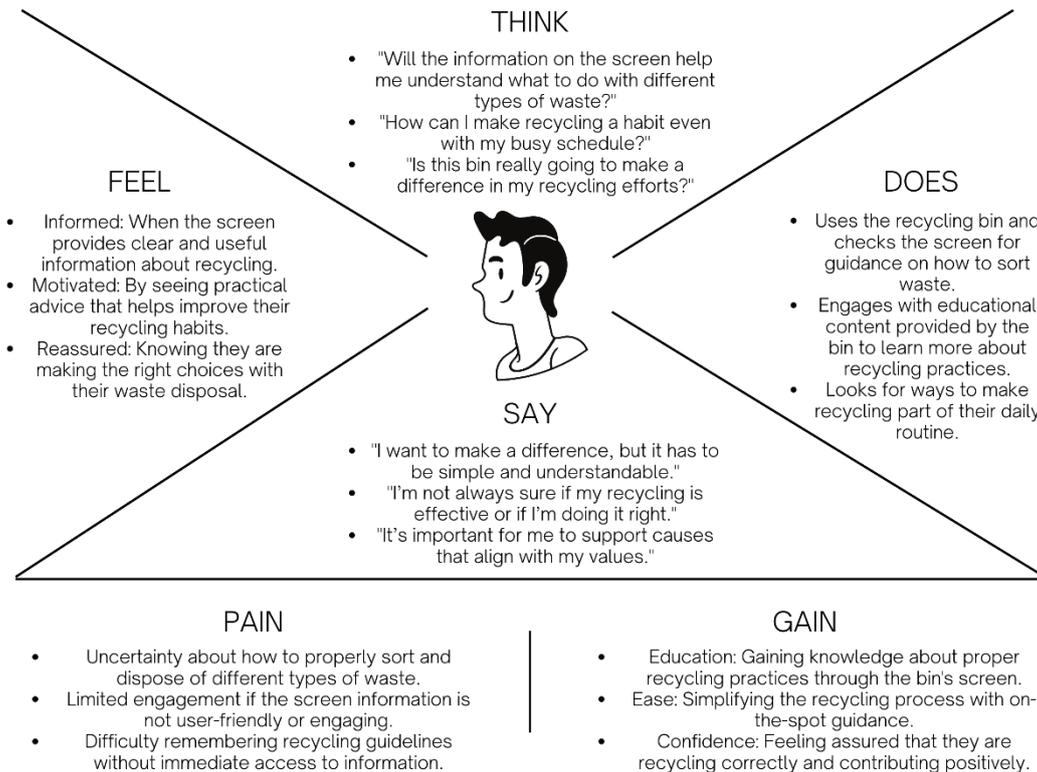
### 3. HASIL DAN LUARAN PENELITIAN

#### Penerapan *Design Thinking* dalam Pengembangan Prototipe *RecycleAid*

##### a. *Empathy*

Pada tahap *empathy*, pengumpulan data dilakukan melalui pendistribusian kuesioner kepada 55 responden berusia 18-25 tahun. Kuesioner ini dirancang untuk menggali persepsi masyarakat terhadap pengelolaan limbah, mengidentifikasi hambatan utama dalam praktik pengelolaan limbah, serta mengeksplorasi solusi potensial yang dapat memenuhi kebutuhan pengguna secara efektif.

## Empathy Map

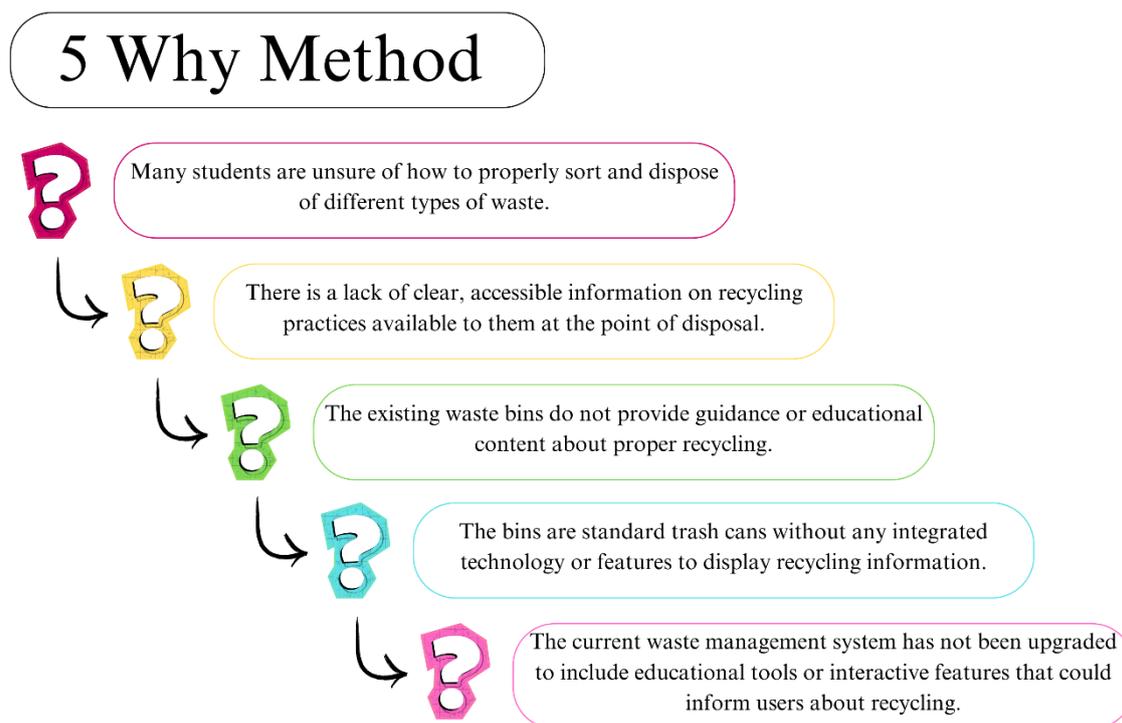


**Gambar 1. Empathy Map**

Data yang terkumpul kemudian dianalisis untuk menghasilkan *empathy map*, yang bertujuan memberikan wawasan komprehensif tentang perspektif, prioritas, dan tantangan utama yang dihadapi oleh pengguna. Peta ini dibagi menjadi empat kuadran utama, yaitu "*says*," "*thinks*," "*does*," dan "*feels*." Kuadran "*says*" merekam pernyataan verbal yang mencerminkan kekhawatiran serta preferensi pengguna. Kuadran "*thinks*" mengungkapkan pola pikir dan sikap pengguna, sementara kuadran "*does*" memetakan perilaku yang ditunjukkan sebelum berinteraksi dengan produk. Kuadran "*feels*" mengevaluasi respons emosional terhadap produk atau merek. Selain itu, bagian tambahan seperti "*pain*" dan "*gain*" digunakan untuk mengidentifikasi hambatan spesifik serta manfaat yang diharapkan dari solusi yang dirancang. Analisis ini memberikan landasan penting bagi perancangan solusi *RecycleAid* yang lebih terarah dan responsif terhadap kebutuhan dan harapan sebenarnya dari pengguna.

### b. Define

Setelah kebutuhan pengguna dipetakan melalui *empathy map*, data tambahan dikonsolidasikan melalui analisis dokumen guna memperkaya temuan. Analisis ini mencakup penelaahan literatur, laporan, kebijakan, dan studi kasus yang relevan dengan pengelolaan limbah dan keberlanjutan lingkungan. Dengan meneliti dokumen-dokumen ini, penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi praktik terbaik, studi kasus yang berhasil, dan celah dalam strategi pengelolaan limbah saat ini. Kombinasi antara umpan balik langsung dari pengguna dan pengetahuan yang ada ini memberikan pemahaman yang kuat tentang ruang masalah dan membimbing tahap-tahap berikutnya dalam proses *design thinking* (Nagaraj et al., 2020; Röscher et al., 2023).



**Gambar 2. The 5 Why Method**

Untuk mengidentifikasi akar permasalahan, digunakan Metode 5 *Why* yang dapat dilihat pada gambar 2. Metode ini dikembangkan untuk mengungkap tantangan mendasar yang dihadapi siswa dalam mengkategorikan dan membuang material limbah secara efektif. Meskipun sederhana, metode ini efektif dalam menganalisis masalah dengan menggali hubungan sebab-akibat (Serrat, 2017). Hasil analisis menunjukkan bahwa kurangnya pengetahuan di kalangan siswa mengenai pengelolaan limbah yang benar sebagian besar disebabkan oleh terbatasnya akses terhadap informasi edukatif di lokasi pembuangan. Tempat sampah konvensional tidak dilengkapi dengan panduan atau materi instruksional, yang mengurangi efektivitas edukasi. Selain itu, minimnya integrasi teknologi dalam sistem pengelolaan limbah tradisional memperburuk situasi ini. Penelitian yang dilakukan oleh (Karnalim et al., 2020) dan (Peng et al., 2021) sebelumnya juga mengidentifikasi masalah yang sama. Temuan ini mempertegas kebutuhan mendesak akan solusi modern seperti *RecycleAid* yang mengintegrasikan teknologi dengan sumber daya edukasi.

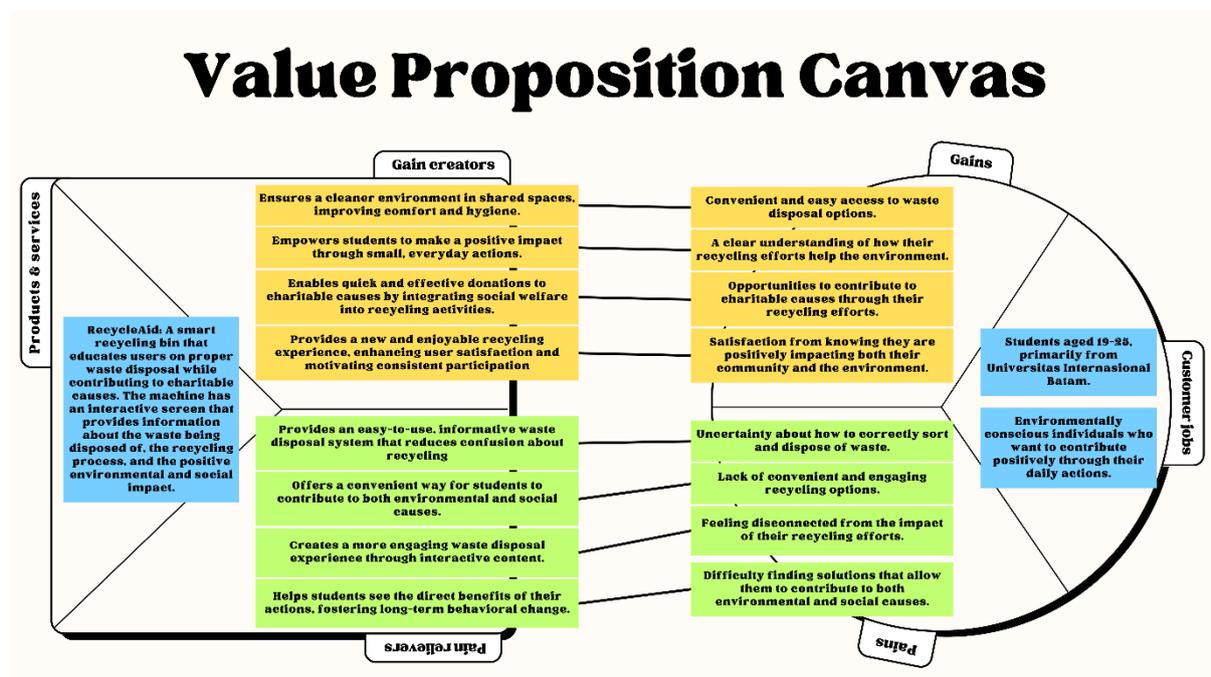
### **c. Ideate**

*Brainstorming* dilakukan setelah proses identifikasi akar permasalahan, dengan tujuan mengembangkan ide-ide kreatif yang tidak hanya memungkinkan penyempurnaan konsep secara berkelanjutan tetapi juga memastikan bahwa solusi yang dirancang mampu secara efektif mengatasi tantangan dalam pengelolaan limbah. Salah satu langkah yang diambil adalah melakukan perbandingan dengan pesaing serupa. Salah satu produk dengan konsep serupa adalah *PlasticPay*, yang juga berfokus pada pengelolaan sampah dengan sistem yang memungkinkan pengguna untuk membuang sampah mereka melalui mesin pengumpul sampah otomatis. Meskipun memiliki kesamaan dalam fungsi dasar, seperti pemilahan sampah berdasarkan jenisnya, *PlasticPay* memiliki beberapa kekurangan yang tidak ditemukan pada *RecycleAid*.

*PlasticPay* tidak menyediakan layar edukasi yang memberikan informasi terkait jenis sampah yang dibuang oleh pengguna, serta tidak memiliki fitur pemilahan sampah otomatis yang

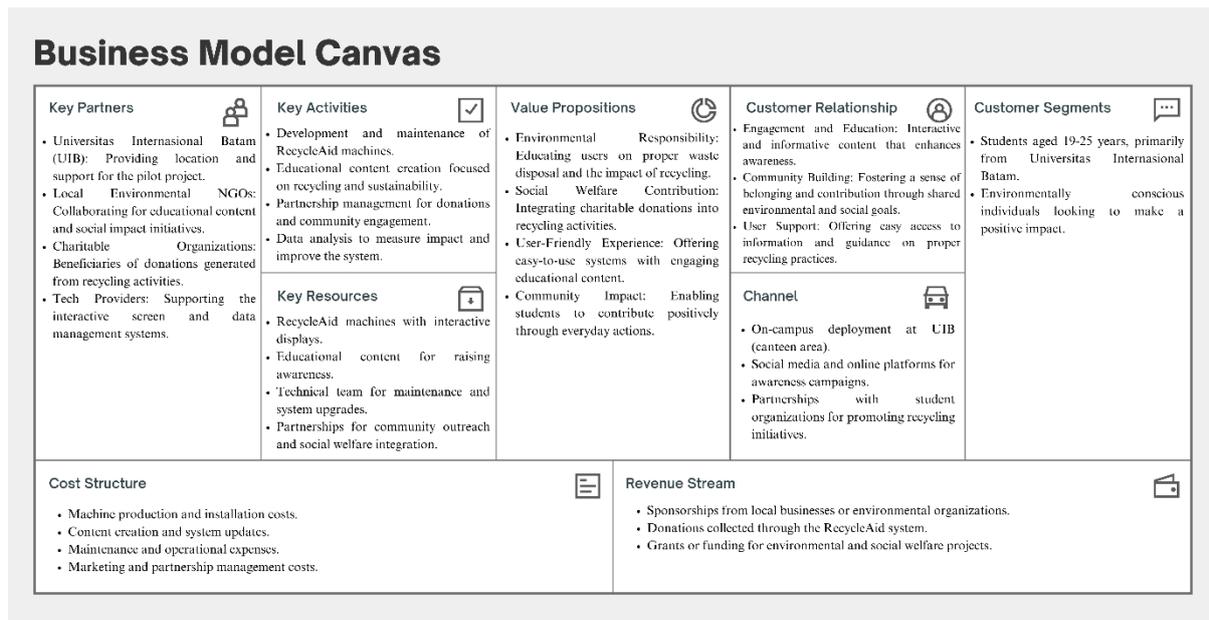
terintegrasi dengan sistem canggih. Hal ini dapat menyebabkan kurangnya pemahaman bagi pengguna mengenai pentingnya daur ulang dan cara pemilahan sampah yang benar. Sebagai respons terhadap kekurangan ini, *RecycleAid* mengintegrasikan layar edukasi yang memberikan informasi visual mengenai jenis sampah dan cara pengelolaannya, sehingga pengguna dapat lebih memahami proses daur ulang dan berpartisipasi dengan lebih sadar.

Selain itu, *PlasticPay* memberikan hadiah uang kepada pengguna yang membuang sampah mereka, yang bisa menciptakan motivasi finansial sebagai alasan utama dalam melakukan pemilahan sampah. Namun, hal ini dapat mengarah pada pemahaman yang kurang mendalam mengenai pentingnya menjaga lingkungan, karena fokusnya hanya pada imbalan uang. Untuk mengatasi hal ini, *RecycleAid* mengedepankan pendekatan berbasis moral yang mengedukasi pengguna mengenai dampak sosial dan lingkungan dari perilaku mereka. *RecycleAid* juga melibatkan unsur amal, di mana sebagian pendapatan dari sampah yang dapat didaur ulang disalurkan untuk mendukung lembaga atau individu yang membutuhkan, memberikan dampak sosial yang positif, dan menumbuhkan rasa empati di kalangan pengguna.



Gambar 3. Value Proposition Canvas

Gambar 3 menggambarkan *Value Proposition Canvas*, sebuah kerangka kerja yang mencakup profil pelanggan dan peta nilai. Profil pelanggan dibagi menjadi tiga kategori: 1) *Customer jobs*—tugas sosial, fungsional, dan emosional yang dilakukan pelanggan, masalah yang mereka hadapi, dan kebutuhan yang ingin mereka penuhi; 2) *Pains*—risiko dan pengalaman negatif yang dihadapi pelanggan selama melakukan tugas-tugas tersebut; dan 3) *Gains*—manfaat yang diharapkan oleh pelanggan. Peta nilai juga memiliki tiga kategori: 1) *Products & services*—yang menjelaskan penawaran yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan sosial, fungsional, dan emosional pelanggan; 2) *Pain Relievers*—yang menggambarkan bagaimana produk mengurangi pengalaman negatif dan risiko; dan 3) *Gain Creators*—yang menyoroti manfaat dan keunggulan positif yang diberikan produk kepada pelanggan.

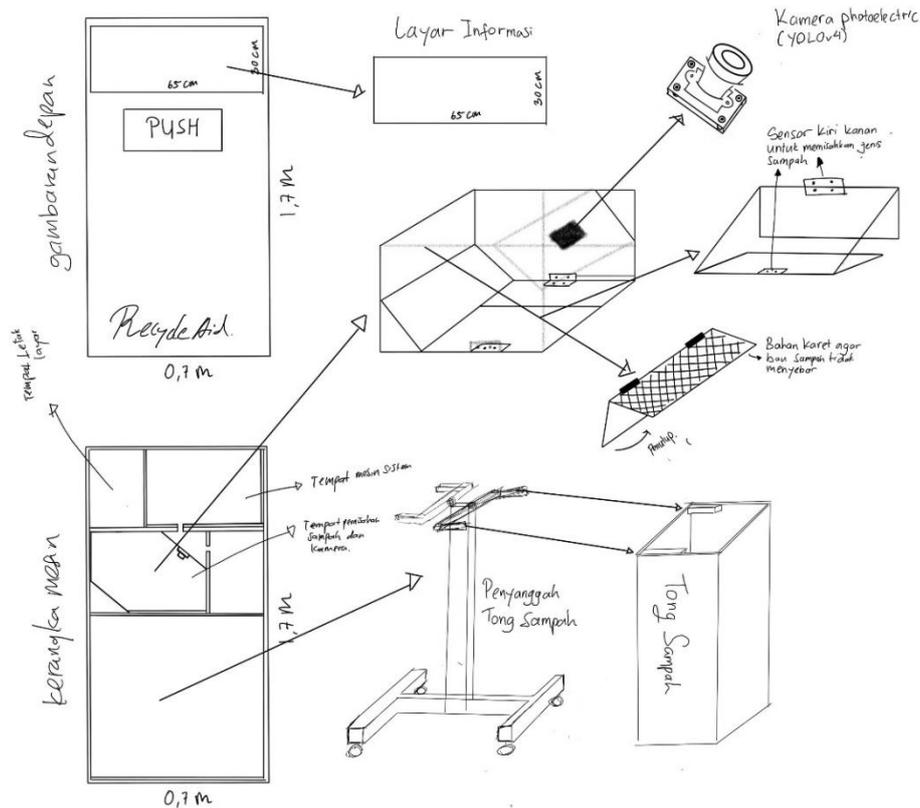


Gambar 4. Business Model Canvas

Sebagai langkah tambahan, *Business Model Canvas* digunakan untuk memvisualisasikan aspek strategis pengembangan *prototype RecycleAid*. Kerangka kerja ini mengatur elemen-elemen utama ke dalam sembilan komponen fundamental, yaitu *key partners*, *key activities*, *key resources*, *value proposition*, *customer relationships*, *channels*, *customer segmentation*, *cost structure*, and *income streams*. Dengan menggunakan alat ini, perencanaan bisnis yang komprehensif dapat dilakukan, mulai dari analisis operasional hingga strategis (Razabillah et al., 2023). Proses ini memungkinkan pengembangan prototipe *RecycleAid* yang tidak hanya inovatif tetapi juga relevan dengan kebutuhan pengguna.

#### d. Prototype

Ling (2015) menyatakan bahwa prototipe dapat diwujudkan dalam beberapa format, seperti storyboard, mood board, model kertas, gambar bingkai, sketsa, mockup, atau teknik lainnya yang sesuai, yang dapat memfasilitasi identifikasi dan visualisasi solusi optimal dengan cepat dari berbagai konsep. Prototipe *RecycleAid* diwujudkan melalui sketsa desain yang merepresentasikan komponen utama, termasuk antarmuka interaktif, area pemrosesan limbah, serta sistem klasifikasi berbasis teknologi untuk pemilahan sampah. Visualisasi ini bertujuan untuk mempercepat iterasi desain dan memastikan relevansi solusi terhadap kebutuhan pengguna.



**Gambar 5. Sketsa Visualisasi Prototipe RecycleAid**

Gambar prototipe menunjukkan rancangan awal yang mencakup mekanisme otomatis untuk pengenalan dan pemilahan sampah, antarmuka pengguna untuk edukasi, serta sistem penyimpanan material daur ulang. Sistem sensor *photoelectric* yang didukung algoritma *YOLOv4* digunakan untuk mengidentifikasi jenis sampah secara *real-time*, memungkinkan pemilahan yang efisien bahkan dalam kondisi volume sampah tinggi. Hasil pemindaian ditampilkan di layar mesin, memberikan pengguna informasi langsung tentang jenis dan kategori sampah.

Proses kerja *RecycleAid* diawali dengan pengguna memasukkan sampah ke mesin. Sampah ini kemudian dipindai oleh sistem sensor untuk klasifikasi. Hasil pemindaian kemudian ditampilkan pada layar yang terdapat pada mesin agar dapat memberikan informasi mengenai jenis sampah yang baru saja dibuang oleh pengguna. Berdasarkan hasil klasifikasi, mekanisme pemisahan akan mengarahkan sampah ke kompartemen yang sesuai: material daur ulang atau non-daur ulang. Sampah yang dapat didaur ulang akan dipindahkan ke bagian kiri mesin, sementara sampah yang tidak dapat didaur ulang akan diarahkan ke bagian kanan. Proses pemilahan ini sepenuhnya otomatis berkat sistem pengolahan data yang didukung oleh *YOLOv4*.

Dari perspektif sosial, *RecycleAid* menawarkan mekanisme unik untuk menghubungkan tindakan individu dengan dampak komunitas. Fitur tambahan berupa informasi kontribusi amal juga disematkan, memberikan insentif moral kepada pengguna untuk berpartisipasi dalam program daur ulang. Fitur tersebut memberikan nilai tambah pada pengalaman pengguna, menciptakan rasa tanggung jawab sosial yang lebih kuat. Selain itu, dengan mengalokasikan sebagian dari pendapatan daur ulangnya untuk mendukung inisiatif komunitas, *RecycleAid* memberikan cara yang berarti bagi pengguna untuk berkontribusi pada kesejahteraan masyarakat. Fitur ini tidak hanya memperkuat rasa tujuan di antara pengguna tetapi juga meningkatkan keterlibatan mereka dengan program daur ulang, karena mereka melihat usaha mereka diterjemahkan menjadi manfaat nyata bagi komunitas. Hal ini memperkuat hubungan

emosional pengguna dengan program daur ulang, meningkatkan keterlibatan dan keberlanjutan inisiatif ini

Setelah pengenalan prototipe *RecycleAid*, diharapkan akan tercapai dampak yang signifikan, baik dalam aspek lingkungan maupun sosial. Penerapan pendekatan design thinking dalam pengembangan *RecycleAid* sangat krusial, karena memastikan bahwa kebutuhan pengguna menjadi prioritas utama sepanjang proses inovasi. Dengan menempatkan empati sebagai dasar pengembangan dan melakukan iterasi yang berkelanjutan, tim proyek berhasil menciptakan solusi yang tidak hanya memenuhi ekspektasi pengguna, tetapi juga mendorong partisipasi aktif dalam kegiatan daur ulang. Pendekatan berpusat pada manusia ini telah memperkuat keterhubungan antara pengguna dan teknologi, menghasilkan dampak yang lebih berkelanjutan dan memberikan manfaat sosial yang nyata.

### Anggaran Pelaksanaan Kegiatan *RecycleAid*

Anggaran pelaksanaan kegiatan *RecycleAid* disusun untuk mendukung kelancaran setiap tahap dalam penelitian dan pengembangan. Beberapa pos utama yang tercakup dalam anggaran ini antara lain perjalanan, belanja barang non-operasional, dan belanja bahan untuk pembuatan prototipe. Untuk perjalanan, dialokasikan anggaran sebesar Rp 560.000 yang akan digunakan untuk 20 kali perjalanan yang meliputi kegiatan observasi, wawancara, dan kegiatan terkait lainnya. Tujuan perjalanan ini adalah untuk mengumpulkan data yang relevan dari berbagai pihak yang terlibat, seperti mahasiswa, staf kampus, dan masyarakat pengguna mesin *RecycleAid*, dengan mencakup biaya transportasi dan kebutuhan lainnya yang mendukung penelitian lapangan.

Anggaran sebesar Rp 100.000 dialokasikan untuk belanja barang non-operasional yang diperlukan dalam observasi dan wawancara. Pengalokasian ini mencakup pembelian barang-barang pendukung seperti alat tulis, perlengkapan dokumentasi, dan peralatan lainnya yang berfungsi untuk kelancaran proses pengumpulan data, meskipun tidak berhubungan langsung dengan operasi mesin. Selain itu, sebesar Rp 70.000 dialokasikan untuk belanja bahan yang akan digunakan dalam pembuatan prototipe produk. Penggunaan bahan ini mencakup komponen dasar yang dibutuhkan untuk menyusun model prototipe yang akan dikembangkan lebih lanjut.

Berikut adalah tabel anggaran untuk pelaksanaan kegiatan *RecycleAid*:

**Tabel 1. Anggaran Pelaksanaan Kegiatan *RecycleAid***

| Aktivitas                      | Item   | Qty     | Harga     | Total             |
|--------------------------------|--|---------|-----------|-------------------|
| Perjalanan                     | Perjalanan untuk observasi, wawancara, dan kegiatan terkait. | 20 kali | Rp 28.000 | Rp 560.000        |
| Belanja Barang Non Operasional | Kebutuhan untuk observasi dan wawancara                      | 2 kali  | Rp 50.000 | Rp 100.000        |
| Belanja Bahan                  | Bahan untuk membuat prototype produk                         | 1 unit  | Rp 70.000 | Rp 70.000         |
| <b>Total Keseluruhan</b>       |  |         |           | <b>Rp 730.000</b> |

Dengan total anggaran sebesar Rp730.000, dana tersebut telah digunakan untuk mencakup seluruh kebutuhan yang diperlukan dalam mendukung kelancaran kegiatan penelitian, pengumpulan data, dan pembuatan *prototipe*. Pengalokasian dana ini telah memungkinkan terlaksananya observasi, wawancara, serta kegiatan lapangan lainnya yang penting untuk memperoleh data yang relevan. Selain itu, dana tersebut juga telah dimanfaatkan untuk membeli barang-barang pendukung yang diperlukan selama proses pengumpulan data, serta untuk pembuatan prototipe produk yang merupakan langkah kunci dalam pengembangan

*RecycleAid*. Dengan demikian, kegiatan penelitian dan pengembangan ini dapat berjalan dengan lancar dan menghasilkan output yang maksimal.

### Asumsi pengeluaran untuk penelitian selanjutnya

Dalam merencanakan pengeluaran untuk penelitian selanjutnya, beberapa komponen penting telah dipertimbangkan untuk mendukung kelancaran pembangunan dan pengembangan mesin *RecycleAid* yang lebih lanjut. Rincian pengeluaran ini mencakup biaya untuk bahan baku serta pembuatan sistem yang akan diintegrasikan ke dalam mesin tersebut. Belanja bahan akan mencakup pembelian kerangka mesin dan bahan-bahan lainnya yang diperlukan. Berikut adalah rincian pengeluaran yang direncanakan untuk realisasi dari *prototype RecycleAid*:

**Tabel 2. Asumsi Pengeluaran Untuk Penelitian Selanjutnya**

| Aktivitas                | Item                                       | Qty     | Harga        | Total        |
|--------------------------|--|---------|--------------|--------------|
| <b>Belanja bahan</b>     | Kerangka mesin dan bahan lainnya           | 1 unit  | Rp 2.500.000 | Rp 2.500.000 |
| <b>Belanja sistem</b>    | Pembuatan dan pembelian sistem dalam mesin | 1 paket | Rp 2.000.000 | Rp 2.000.000 |
| <b>Belanja perangkat</b> | Belanja GPU untuk menjalani sistem YOLOv4  | 1 unit  | Rp 4.000.000 | Rp 4.000.000 |
| <b>Total Keseluruhan</b> |  |         |              | Rp 8.500.000 |

Pengeluaran ini sangat krusial, mengingat kerangka mesin akan menjadi dasar struktural dari mesin yang akan dikembangkan, sementara bahan lainnya diperlukan untuk proses perakitan. Anggaran yang diperkirakan untuk item ini adalah Rp 2.500.000. Selain itu, belanja sistem mencakup biaya untuk pembuatan dan pembelian sistem yang akan diintegrasikan ke dalam mesin *RecycleAid*. Sistem ini meliputi perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk memastikan mesin dapat berfungsi secara optimal, termasuk pengolahan sampah dan penyediaan materi edukasi bagi pengguna. Untuk pengeluaran ini, anggaran yang disarankan adalah sebesar Rp 6.000.000. Dengan total keseluruhan pengeluaran sebesar Rp 8.500.000, diharapkan kegiatan penelitian dan pengembangan prototipe mesin *RecycleAid* dapat berjalan dengan lancar tanpa adanya kendala yang berarti.

### Analisa Potensi Pendapatan *RecycleAid*

Pendapatan *RecycleAid* di masa depan diproyeksikan akan berasal dari beberapa sumber utama yang telah direncanakan dengan cermat untuk memastikan keberlanjutan operasional dan dampak sosial yang signifikan. Salah satu sumber utama pendapatan berasal dari proses pengelolaan sampah yang terkumpul melalui mesin *RecycleAid*. Proses ini dimulai dengan pemilahan sampah menjadi dua kategori utama: sampah yang dapat didaur ulang dan yang tidak dapat didaur ulang. Sampah yang tidak dapat didaur ulang akan disalurkan kepada pihak berwenang atau perusahaan pengelola sampah yang telah ditunjuk, mengikuti prosedur pengelolaan sampah yang berlaku sesuai dengan peraturan lingkungan hidup yang ada.

Sampah yang dapat didaur ulang, seperti plastik, kertas, dan logam, akan dijual kepada pihak-pihak terkait, seperti perusahaan daur ulang atau industri yang memerlukan bahan baku untuk proses produksi. Berdasarkan informasi yang tersedia, harga pembelian sampah di Batam pada tahun 2024 mengalami variasi tergantung pada jenis dan kondisi sampah tersebut. Hal ini mencerminkan nilai ekonomi dan potensi daur ulang masing-masing jenis sampah yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung upaya pengelolaan limbah yang lebih efisien di Batam.

**Tabel 3. List Harga sampah**

| Jenis Sampah           | Kode | Harga per kilo gram |
|------------------------|------|---------------------|
| Aqua gelas bersih      | P1   | Rp 3.000            |
| Aqua gelas kotor       | P2   | Rp 1.000            |
| Botol plastik bersih   | P3   | Rp 2.500            |
| Botol plastik Kotor    | P4   | Rp 1.000            |
| Teh gelas/monti/pipet  | P5   | Rp 1.000            |
| Tutup botol            | P9   | Rp 2.500            |
| Asoi                   | P10  | Rp 1.500            |
| Karton                 | K1   | Rp 1.200            |
| HVS (kertas putih)     | K3   | Rp 700              |
| Kertas padat, seperti: |      |                     |
| Kertas dokumen (warna) |      |                     |
| Kertas cacah           |      |                     |
| Majalah                |      |                     |
| Kotak nasi             | K4   | Rp 400              |
| Cover/sampul buku      |      |                     |
| Kertas campur          |      |                     |
| Koran bekas            |      |                     |

Berdasarkan asumsi bahwa setiap mahasiswa di UIB dapat menghasilkan sekitar 2,5 kg sampah yang dikategorikan bisa di daur ulang setiap bulan, dengan total 1.000 mahasiswa yang berpartisipasi, jumlah sampah daur ulang yang terkumpul per bulan diperkirakan mencapai 2.500 kg. Mengingat harga sampah daur ulang di Batam yang bervariasi, seperti Aqua gelas bersih yang dihargai Rp 3.000 per kilogram, botol plastik bersih seharga Rp 2.500 per kilogram, serta karton dan HVS yang masing-masing dihargai Rp 1.200 dan Rp 700 per kilogram, pendapatan bulanan dari sampah yang terkumpul dapat diperkirakan dengan rumus:

$$\text{Pendapatan Bulanan} = \text{Jumlah Sampah (kg)} \times \text{Harga per kg}$$

Sebagai contoh, untuk Aqua gelas bersih ( $900 \text{ kg} \times \text{Rp } 3.000 = \text{Rp } 2.700.000$ ), botol plastik bersih ( $600 \text{ kg} \times \text{Rp } 2.500 = \text{Rp } 1.500.000$ ), dan karton ( $450 \text{ kg} \times \text{Rp } 1.200 = \text{Rp } 540.000$ ), pendapatan bulanan diperkirakan sebesar Rp 5.650.000.

Dengan investasi awal sebesar Rp 8.500.000 untuk pembuatan mesin *RecycleAid*, perhitungan *Return on Investment (ROI)* dapat dilakukan menggunakan rumus:

$$ROI = \frac{\text{Pendapatan} - \text{Investasi Awal}}{\text{Investasi Awal}} \times 100$$

$$ROI = \frac{\text{Rp } 5.650.000 - \text{Rp } 8.500.000}{\text{Rp } 8.500.000} \times 100 = -33.53\%$$

Perhitungan ini menunjukkan bahwa mesin *RecycleAid* dapat menghasilkan keuntungan sebesar -33.53% untuk bulan pertama. Selain itu, untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik impas (*Break-Even Point/BEP*), dihitung dengan membagi investasi awal dengan pendapatan bulanan:

$$BEP(\text{bulan}) = \frac{\text{Investasi Awal}}{\text{Pendapatan Per Bulan}}$$

$$BEP(\text{bulan}) = \frac{\text{Rp } 8.500.000}{\text{Rp } 5.650.000} = 1.5 \text{ bulan} = 48 \text{ hari}$$

Dengan demikian, *BEP RecycleAid* tercapai dalam waktu sekitar 45 hari, yang berarti mesin ini akan mulai menghasilkan keuntungan hanya dalam waktu relatif cepat setelah dioperasikan. Kapasitas mesin yang dapat mengumpulkan volume sampah yang signifikan memungkinkan pendapatan yang diperoleh dari penjualan sampah daur ulang menjadi sumber utama untuk mendanai operasional mesin, sekaligus mendukung pemeliharaan dan pengembangan lebih lanjut dari teknologi yang digunakan oleh *RecycleAid*. Pendapatan ini juga membuka peluang untuk melakukan investasi dalam inovasi dan peningkatan kinerja mesin, yang penting untuk memastikan bahwa *RecycleAid* dapat terus mendukung tujuan penelitian serta keberlanjutan operasionalnya dalam jangka panjang. Dengan demikian, keberhasilan finansial dan inovasi teknologi yang berkelanjutan dapat berjalan seiring untuk memaksimalkan dampak positif *RecycleAid* terhadap lingkungan dan masyarakat.

Selain itu, sebagian dari pendapatan yang diperoleh akan dialokasikan untuk mendukung kegiatan amal. Hal ini memungkinkan *RecycleAid* untuk tidak hanya berfokus pada pengelolaan sampah sebagai bagian dari inisiatif keberlanjutan lingkungan, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap kesejahteraan sosial. Pendekatan ini memberikan pengguna kesempatan untuk merasa terlibat dalam upaya sosial yang lebih luas, di mana mereka dapat merasakan dampak positif dari partisipasi mereka dalam proses daur ulang. Sebagian dari hasil penjualan sampah daur ulang akan disalurkan ke lembaga atau individu yang membutuhkan, dengan tujuan meningkatkan kualitas hidup dan mendukung kegiatan sosial yang bermanfaat bagi masyarakat. Dengan demikian, *RecycleAid* tidak hanya menciptakan kesadaran dan partisipasi dalam pengelolaan sampah, tetapi juga menumbuhkan rasa empati dan solidaritas di kalangan pengguna.

Pendekatan berbasis ekonomi dan sosial yang dipadukan ini menjadikan *RecycleAid* lebih dari sekadar solusi teknis untuk pengelolaan sampah. *RecycleAid* berpotensi menjadi model yang menggabungkan keberlanjutan ekologis dengan dampak sosial yang positif, menjadikannya sebuah inovasi yang tidak hanya efisien dalam pengelolaan sumber daya alam, tetapi juga berperan penting dalam mendorong perubahan sosial yang lebih besar, baik dalam hal peningkatan kesadaran lingkungan maupun peningkatan kualitas hidup masyarakat.

### **Evaluasi Desain *RecycleAid***

Keberhasilan *RecycleAid* terletak pada integrasi yang efektif antara teknologi canggih, elemen pendidikan, dan dampak sosial. Dengan memanfaatkan teknologi otomatisasi pemilahan sampah yang didukung oleh sistem sensor dan algoritma, *RecycleAid* memungkinkan proses pengelolaan limbah yang lebih efisien. Selain itu, mesin ini juga dilengkapi dengan antarmuka edukatif yang memberikan informasi yang jelas kepada pengguna mengenai jenis sampah dan pentingnya daur ulang. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman pengguna, tetapi juga mendorong mereka untuk berpartisipasi aktif dalam praktik pengelolaan limbah yang lebih bertanggung jawab. Lebih jauh lagi, fokus *RecycleAid* pada dampak sosial, melalui alokasi sebagian pendapatan untuk kontribusi filantropis, memperkuat keterlibatan komunitas dan menjamin keberlanjutan keterlibatan dalam jangka panjang.

*RecycleAid* menetapkan standar baru dalam solusi pengelolaan sampah dengan menggabungkan inovasi teknologi dan tanggung jawab sosial secara harmonis. Proyek ini menunjukkan bagaimana pendekatan yang berpusat pada pengguna dapat menciptakan perubahan sosial yang signifikan, sekaligus memberikan solusi konkret untuk tantangan lingkungan yang dihadapi masyarakat. Strategi yang diterapkan dalam *RecycleAid* menawarkan pelajaran berharga tentang pentingnya mempertimbangkan kebutuhan pengguna, serta mendorong keterlibatan aktif mereka dalam mencapai tujuan bersama. Keberhasilan proyek ini berfungsi sebagai model bagi inisiatif serupa yang bertujuan untuk mengatasi masalah lingkungan melalui teknologi dan kolaborasi sosial yang efektif.

Keberlanjutan proyek *RecycleAid* didukung oleh sejumlah strategi jangka panjang yang mencakup aspek teknologi, sosial, dan lingkungan. Dari sisi teknologi, sistem dirancang untuk mudah diupgrade dan ditingkatkan, sehingga mesin ini dapat tetap relevan dan efisien seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan pengguna. Pemeliharaan rutin dan pembaruan sistem juga akan dilaksanakan untuk memastikan kinerja mesin tetap optimal dalam jangka panjang. Dalam hal keberlanjutan sosial, *RecycleAid* mengintegrasikan komponen edukasi yang berfokus pada peningkatan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan sampah dan manfaat daur ulang, yang pada gilirannya dapat memicu perubahan perilaku positif di tingkat individu maupun komunitas. Selain itu, dari perspektif lingkungan, *RecycleAid* berperan penting dalam mengurangi volume sampah yang masuk ke tempat pembuangan akhir dan mempromosikan praktik daur ulang yang lebih efisien. Dengan menggabungkan ketiga elemen tersebut, *RecycleAid* berkomitmen untuk memberikan dampak yang positif dan berkelanjutan, tidak hanya bagi masyarakat saat ini, tetapi juga untuk generasi mendatang.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan prototype untuk *RecycleAid*, sebuah tempat sampah pintar yang menggunakan pendekatan *design thinking* untuk meningkatkan kesadaran lingkungan dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan limbah. Melalui tiga tahap utama *design thinking*—*empathy*, *define*, dan *ideate*—penelitian ini menggali kebutuhan pengguna dan tantangan yang dihadapi dalam pengelolaan limbah di Indonesia, khususnya di kalangan mahasiswa UIB. Hasil dari tahap *empathy* menunjukkan bahwa kurangnya pengetahuan dan akses informasi mengenai pengelolaan sampah yang benar menjadi kendala utama dalam mengelola limbah dengan efektif (Karnalim et al., 2020). Oleh karena itu, *RecycleAid* dirancang untuk memberikan edukasi langsung kepada pengguna serta meningkatkan keterlibatan mereka dalam pemilahan sampah.

Selain itu, melalui tahap *define* dan *ideate*, penelitian ini mengidentifikasi bahwa solusi yang tepat untuk tantangan tersebut adalah integrasi teknologi yang dapat memberikan panduan dan informasi secara langsung kepada pengguna. *RecycleAid* dilengkapi dengan fitur pelacakan limbah, integrasi dengan bank sampah, serta sistem pemilahan sampah otomatis yang mendukung keberlanjutan partisipasi masyarakat. Penggunaan teknologi canggih ini tidak hanya mempermudah pemilahan sampah, tetapi juga memberikan nilai tambah berupa transparansi dan akuntabilitas dalam pengelolaan limbah (Acharekar et al., 2020; Arwati et al., 2021; Kumar et al., 2023). Fitur-fitur ini diharapkan dapat mengatasi masalah yang dihadapi sistem pengelolaan limbah tradisional yang masih belum optimal.

Dengan keberhasilan pengembangan prototipe *RecycleAid*, penelitian ini menunjukkan potensi besar untuk mengimplementasikan solusi berbasis teknologi dalam pengelolaan limbah yang lebih efisien dan berkelanjutan. Diharapkan, dengan menggunakan pendekatan *design thinking*, *RecycleAid* dapat menjadi katalis perubahan dalam kebiasaan masyarakat terkait pengelolaan limbah, serta memicu pengembangan solusi serupa di masa depan. Sebagai tindak lanjut, penelitian ini mengusulkan untuk melakukan evaluasi lebih lanjut terhadap efektivitas dan dampak implementasi *RecycleAid* dalam skala yang lebih besar, guna memperluas jangkauan solusi ini dalam upaya pengurangan polusi plastik dan peningkatan kesadaran lingkungan.

#### 5. SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melanjutkan pengembangan dan pembuatan prototipe *RecycleAid*. Pengujian langsung terhadap prototipe yang telah dibangun akan memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang tantangan teknis dan keterbatasan yang mungkin dihadapi dalam penerapan teknologi ini di lapangan. Selain itu, penelitian lebih lanjut juga dapat mengeksplorasi dampak sosial dari penggunaan *RecycleAid*, dengan fokus pada perubahan perilaku masyarakat dalam pengelolaan sampah dan peningkatan kesadaran lingkungan.

Penelitian yang melibatkan uji coba di berbagai lokasi dan dengan berbagai kelompok masyarakat juga akan berguna untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan inovasi ini dalam berbagai konteks.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Acharekar, K., Khedekar, P., Dsouza, J., & Vaidya, S. (2020). Machine Learning based RecyClick: Recycle at A Click. *Proceedings of the 4th International Conference on Trends in Electronics and Informatics, ICOEI 2020, Icoei*, 927–933. <https://doi.org/10.1109/ICOEI48184.2020.9142933>
- Arwati, I. G. A., Nina Saparina Yuliani, E., Endah Retno Wuryandari, N., & Lutfiana, D. (2021). Development and Application of Appropriate Technology To Recycle Waste Performed. *Dinasti International Journal of Management Science*, 2(4), 561–568. <https://doi.org/10.31933/dijms.v2i4.192>
- Bender-Salazar, R. (2023). Design thinking as an effective method for problem-setting and needfinding for entrepreneurial teams addressing wicked problems. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13731-023-00291-2>
- Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, 86(6), 84–92.
- Cocchi, N., Dosi, C., & Vignoli, M. (2021). *Alma Mater Studiorum Università di Bologna Archivio istituzionale della ricerca The final published version is available online at : <https://doi.org/10.1111/jori.12415> Terms of use : Some rights reserved . The terms and conditions for the reuse of this ve. May.*
- Cocchi, N., Dosi, C., & Vignoli, M. (2023). Tech To Market. Finding and Designing Suitable Technology Applications With Design Thinking. *Proceedings of the Design Society*, 3(July), 3315–3324. <https://doi.org/10.1017/pds.2023.332>
- Dell’Era, C., Magistretti, S., Cautela, C., Verganti, R., & Zurlo, F. (2020). Four kinds of design thinking: From ideating to making, engaging, and criticizing. *Creativity and Innovation Management*, 29(2), 324–344. <https://doi.org/10.1111/caim.12353>
- Dharmawan, P., & Saputri, N. A. O. (2023). Perancangan User Interface dan User Experience Pada Website Employee Benefit PasarPolis Menggunakan Metode Design Thinking. *KAJIAN ILMIAH INFORMATIKA DAN KOMPUTER*, 4(2).
- Ji, S.-J., Ling, Q.-H., & Fei Han. (2023). An improved algorithm for small object detection based on YOLO v4 and multi-scale contextual information. *ELSEVIER*, 105.
- Karnalim, O., Wongso, O., Elbert Budiman, V., Christian Jonathan, F., Alan Manuel, B., & Marlina, M. (2020). A Persuasive Technology for Managing Waste Disposal through Smart Trash Bin and Waste Disposal Tracker. *International Journal on Information and Communication Technology (IJoICT)*, 6(1), 41. <https://doi.org/10.21108/ijoint.2020.61.117>
- Kumar, A. P. S., Kumar, B. J. S., Bharath, R. L., Amirtharajan, R., & Pravinkumar, P. (2023). IOT-based Smart Trash Bin for Real-Time Monitoring and Management of Solid Waste. *2023 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICCCI56745.2023.10128267>
- Lee, K. (2018). Innovative design thinking process with TRIZ. In *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (Vol. 541). Springer International Publishing.

[https://doi.org/10.1007/978-3-030-02456-7\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02456-7_20)

- Ling, D. (2015). *COMPLETE DESIGN THINKING GUIDE FOR SUCCESSFUL PROFESSIONALS*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Magistretti, S., Dell’Era, C., & Verganti, R. (2020). Searching for the right application: A technology development review and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 151(May 2018), 119879. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119879>
- Mahmoud-Jouini, S. Ben, Fixson, S. K., & Boulet, D. (2019). Making Design Thinking Work: Adapting an Innovation Approach to Fit a Large Technology-Driven Firm. *Research Technology Management*, 62(5), 50–58. <https://doi.org/10.1080/08956308.2019.1638485>
- Muangnak, N., Sirawattananon, C., Oza, M. G., & Sukthanapirat, R. (2021). DB2SM: An Efficient Resampling Technique for Imbalanced Data Classification. In *Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 251, Issue Ic2it). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-79757-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-79757-7_1)
- Nagaraj, V., Berente, N., Lyytinen, K., & Gaskin, J. (2020). Team Design Thinking, Product Innovativeness, and the Moderating Role of Problem Unfamiliarity. *Journal of Product Innovation Management*, 37(4), 297–323. <https://doi.org/10.1111/jpim.12528>
- Peng, L. H., Wang, Y. W., & Siswanto, I. (2021). Sealed trash bin with innovative design technology and environmental education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1833(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1833/1/012057>
- Porta, R., Sabbah, M., & Di Pierro, P. (2020). Biopolymers as food packaging materials. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(14), 1–3. <https://doi.org/10.3390/ijms21144942>
- Pratiwi, E. T. (2021). Analisis Semiotik Pada Pelaporan Corporate Social Responsibility (CSR) Saat Pandemi Covid-19 Di Pertamina TBBM Baubau. *Sang Pencerah: Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton*, 7(3), 311–320. <https://doi.org/10.35326/pencerah.v7i3.1261>
- R, M., & S, R. (2024). The Role of ICT Initiatives in Enhancing Urban Agriculture: A Case Study of Bengaluru Smart City. *International Journal of Social Service and Research*, 4(03), 1002–1007. <https://doi.org/10.46799/ijssr.v4i03.596>
- Rahmawati, R., Hayat, N., Ngulqiyah, I., & Rafianti, I. (2023). Pengelolaan dan Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga Berbasis Pemberdayaan Masyarakat Madani Dasawisma: Sebuah Studi Kasus di Desa Teluk Kecamatan Labuan Kabupaten Pandeglang, Indonesia. *Jurnal Studi Kasus Kegiatan Masyarakat*, 1(1), 8–22. <https://doi.org/10.53889/jskkm.v1i1.253>
- Razabillah, N., Raihana, S., Junaedi, P., Plane, O., & Daeli, M. (2023). *Startuppreneur Bisnis Digital (SABDA) Lean Canvas and the Business Model Canvas Model in Startup Piecework*. 2(1), 72–85.
- Retno Febriyastuti Widyawati, Ermatry Hariani, Andre Yesevin Hutabarat, Nia Rahmawati, & Saiyida Oktaviani. (2023). Pelatihan Pemberdayaan Masyarakat dalam Pengelolaan Limbah Rumah Tangga untuk Menjaga Lingkungan. *KREASI : Jurnal Inovasi Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2), 268–276. <https://doi.org/10.58218/kreasi.v3i2.666>
- Rösch, N., Tiberius, V., & Kraus, S. (2023). Design thinking for innovation: context factors, process, and outcomes. *European Journal of Innovation Management*, 26(7), 160–176. <https://doi.org/10.1108/EJIM-03-2022-0164>
- Serrat, O. (2017). Knowledge Solutions: Tools, Methods, and Approaches to Drive

Organizational Performance. *Knowledge Solutions: Tools, Methods, and Approaches to Drive Organizational Performance*, 1–1140. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-0983-9>

SIPSN. (2023). *Grafik Komposisi Sampah*. SIPSN.

Subramaniam, R., Mohd Muji, S. Z., & Zakaria, Z. (2023). Smart Trash Bin to Prevent Animal Disturbance Using Raspberry Pi and Deep Learning. *Emerging Advances in Integrated Technology*, 4(2), 19–26. <https://doi.org/10.30880/emait.2023.04.02.002>

Verma, S., Purswani, E., & Khan, M. L. (2023). Collaborative Governance and Nonmonetary Compensation Mechanisms for Sustainable Forest Management and Forest Fire Mitigation. *Springer, Cham*, 223–244.

Zou, Z., Chen, K., Shi, Z., Guo, Y., & Ye, J. (2023). Object Detection in 20 Years: A Survey. *Proceedings of the IEEE*, 111(3), 257–276. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2023.3238524>