

BAB 1

ANALISIS KEBUTUHAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sampah merupakan limbah padat mencakup bahan organik dan bahan anorganik yang dianggap tidak berguna dan tidak memiliki nilai lagi [1]. Timbulnya sampah ini dihasilkan dari sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang terukur dalam satuan volume atau berat per kapita per hari [1]. Mengutip dari laman situs Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), pada tahun 2022, timbul sampah mencapai puluhan juta ton/tahun di 303 kabupaten/kota se-Indonesia, termasuk Kabupaten Bandung yang menjadi salah satu lokasi dengan tingkat sampah yang tinggi [2]. Sampah plastik turut menyumbang dari total keseluruhan sampah di wilayah ini [2].

Hal ini disebabkan perilaku masyarakat yang memiliki gaya hidup serba instan, membuat penggunaan minuman kemasan terus meningkat [3]. Penggunaan minuman kemasan menyebabkan sampah yang dihasilkan berupa botol plastik dan kaleng. Daur ulang dari sampah botol plastik dan kaleng menjadi penting, karena penggunaan botol plastik hanya dapat digunakan satu kali dan daur ulang sampah kaleng merupakan upaya untuk mengurangi emisi *greenhouse* [4], [5]. Jikapun sampah botol plastik ini dibuang, memerlukan waktu untuk terurai dengan sempurna selama 450 tahun. Sedangkan untuk sampah kaleng memerlukan waktu 200-500 tahun [6]. Melihat kondisi tersebut, maka diperlukan proses pengolahan sampah botol plastik dan kaleng.

Menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008, setiap orang wajib untuk mengurangi dan menangani sampah dengan cara yang berwawasan lingkungan [1]. Perwujudan undang-undang ini telah dilakukan pada penelitian sebelumnya dengan membuat alat *Reverse Vending Machine* (RVM) untuk botol plastik dengan *reward* dalam bentuk *cash* berupa koin. Penelitian *Reverse Vending Machine* (RVM) sebelumnya dapat menerima sampah botol plastik dengan *output* berupa *reward* [7]. Namun, alat sebelumnya terbatas hanya pada satu jenis sampah yaitu botol plastik dan akan menolak selain sampah botol plastik. *Reward* yang diberikan sebelumnya juga dalam bentuk *cash* berupa koin. Hal ini menimbulkan masalah dari segi ekonomi yang menyebabkan pengelola *Reverse Vending Machine* (RVM) harus memberikan subsidi selisih nilai dari botol plastik dan nilai terkecil dari mata uang koin rupiah. Akibatnya,

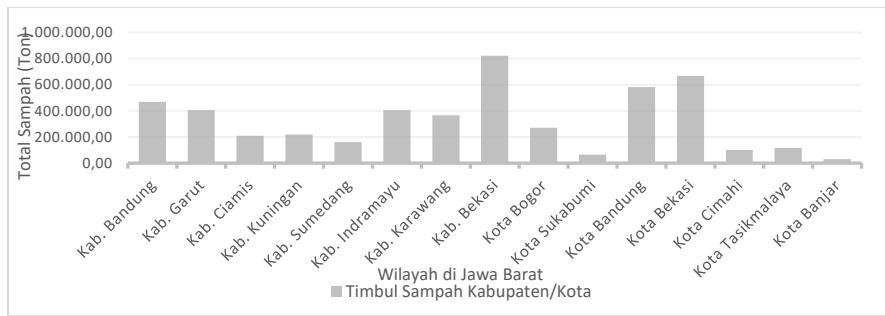
reward berupa koin tidak dapat memberikan nilai tukar yang sepadan antara sampah botol plastik dan *reward* yang diberikan.

Reward merupakan salah satu bagian terpenting dari sistem *Reverse Vending Machine* (RVM) karena *reward* merupakan cara terbaik untuk meningkatkan partisipasi dari proses daur ulang [8]. Terdapat berbagai macam *reward* yang umum digunakan *Reverse Vending Machine* (RVM), seperti *reward* dalam bentuk *cash* berupa koin atau akun *Radio Frequency Identification* (RFID) [9], [10]. Setiap bentuk *reward* memiliki tantangannya sendiri, seperti *reward* koin memiliki keterbatasan dari segi fleksibilitas karena nilai denominasi yang tersedia dan kapasitas dalam menyimpan mata uang. Hal ini membuat pengembangan alat serupa menyarankan untuk melakukan perbaikan pada sistem *reward* [9], [11]. *Non-cash* atau *cashless* merupakan salah satu bentuk *reward* yang dapat diimplementasikan karena diasumsikan dapat menjawab masalah pada pengembangan alat serupa. *E-wallet* atau dompet digital adalah cara yang umum digunakan sebagai *reward* dalam bentuk *non-cash*. *E-wallet* dapat menjadi solusi karena memiliki fleksibilitas dan kemudahan dalam penggunaan [12].

Maka, masalah yang kami angkat adalah mengenai *Reverse Vending Machine* (RVM) yang belum dapat menerima sampah kaleng serta belum dapat memberikan *reward* dalam bentuk *non-cash*. Dengan adanya kemajuan teknologi saat ini, mendukung kami untuk melakukan inovasi dalam mengembangkan *Reverse Vending Machine* (RVM) tersebut agar dapat menerima sampah botol plastik dan kaleng serta memberikan *reward* dalam bentuk *non-cash*.

1.2 Informasi Pendukung

Jumlah sampah di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun. Menurut *data* dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), pada tahun 2022, timbul sampah di Indonesia mencapai 35.833.450,64 ton/tahun di 303 kabupaten/kota se-Indonesia dengan sampah yang tidak terkelola mencapai 37,37% atau sebanyak 13.390.326,06 ton/tahun [2]. Berikut disajikan grafik pada Gambar 1.1 mengenai timbulan sampah pada tahun 2022 di Provinsi Jawa Barat yang menunjukkan bahwa Kabupaten Bandung menjadi salah satu lokasi di Indonesia dengan tingkat sampah yang tinggi, yaitu sebanyak 468.351,94 ton/tahun [2].



Gambar 1.1 Grafik timbul sampah di Provinsi Jawa Barat 2022 [2]

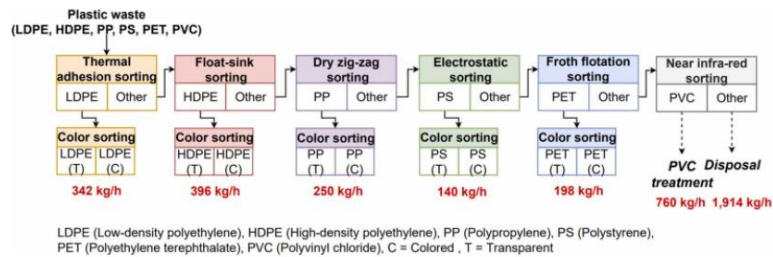
Keberagaman jenis plastik membuat pengaplikasiannya mudah digunakan dimana saja. Namun, keberagaman ini membuat pengolahan sampah plastik hanya sekitar 40% yang dapat didaur ulang dan 35% lainnya tidak dapat didaur ulang dan seperempat dari keseluruhan plastik dapat digunakan namun tidak banyak dibutuhkan. Ini membuat nilai keekonomiannya menjadi tidak memungkinkan [13]. Hal ini berkorelasi dengan nilai keekonomian dari sampah plastik. Semakin banyak jenis plastik yang disortir, maka jenis plastik yang tersortir juga meningkat. Sehingga, jumlah plastik yang dapat didaur ulang dan keuntungan yang didapatkan juga akan meningkat [14].

Penyortiran sampah plastik yang optimal akan membantu meningkatkan efisiensi. Proses pengoptimalan ini dimulai dari proses pemilahan awal sampah plastik [14]. Penyortiran yang efisien dan optimal akan berdampak pada jumlah plastik yang dapat didaur ulang dan keuntungan yang meningkat. Pada Tabel 1.1 diperlihatkan perbandingan biaya yang dibutuhkan dengan metode penyortiran secara konvensional dan yang telah dioptimalkan.

Tabel 1.1 Perbandingan biaya metode penyortiran [14]

<i>Variables</i>	<i>Conventional Case</i>	<i>Optimal Case*</i>	<i>Final Optimal Case**</i>
$C^{electricity}$	22	17	26
$C^{invest\&labor}$	1502	956	1502
C^{nacl}	72	205	171
$C^{Ethanol}$	313	262	171
$C^{disposal}$	174	205	171
<i>Total Cost</i>	2082	1500	1951
<i>Revenue</i>	1789	1301	1861
<i>Overall Cost</i>	293	200	90

Dari Tabel 1.1, pengoptimalan proses pemilahan membuat peningkatan keuntungan sebesar 27,3% sebesar 488 US\$/h. Tidak hanya dari keuntungan, namun proses keseluruhan dapat mengurangi *overall cost* senilai 69,28%. Penyortiran ini dilakukan menggunakan prinsip perbedaan sifat fisik dari setiap jenis plastik.



Gambar 1.2 Prinsip perbedaan sifat fisik jenis plastik [14]

Pada Gambar 1.2, metode yang digunakan adalah: (1) *thermal adhesion sorting*; (2) *float-sink sorting*; (3) *dry zig – zag sorting*; (4) *electrostatic sorting*; (5) *froth flotation sorting*; and (6) *NIR spectrum sorting* [15]. Pengoptimalan yang dilakukan pada penelitian sebelumnya dilakukan dengan mengabaikan plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan menghilangkan metode penyortiran *froth flotation sorting* [14]. Hal ini menghilangkan potensi pengelolaan botol plastik yang umumnya menggunakan material *Polyethylene Terephthalate* (PET). Untuk mendapatkan nilai keuntungan yang maksimal dapat dilakukan dengan menyortir plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) diawal. Salah satu upaya ini dapat dilakukan dari metode *Reverse Vending Machine* (RVM).

Pada penelitian sebelumnya masih banyak sampah botol plastik dan beberapa kaleng kemasan minuman yang dibuang sembarangan. Berikut disajikan tabel pada Tabel 1.2 yang berisikan pengambilan sampel sampah di Telkom University [7].

Tabel 1.2 Hasil pengambilan sampah botol plastik dan kaleng [7]

Hari Ke-	Jumlah Botol Plastik	Jumlah Kaleng
1	78	2
2	90	5
3	65	-
4	69	1
5	87	4
6	77	3
7	58	3

Dari *data* yang ditampilkan pada Tabel 1.2 di atas, kesadaran akan pengelolaan sampah masih sangat rendah. Hal ini dapat dijadikan peluang untuk meningkatkan kesadaran warga Telkom University dengan pemberian *reward* karena botol plastik dan kaleng kemasan minuman memiliki nilai keekonomian tersendiri. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.3 yang menunjukkan harga jual sampah dari salah satu pengepul sampah yaitu Bank Sampah Bersinar.

Tabel 1.3 Tabel jenis sampah dan nilai jualnya [16]

Jenis Sampah Plastik	UOM	Kode	Deskripsi	Harga
PET botol bening bersih	kg	P12 BM	Botol plastik PET kemasan air mineral (bening kebiruan) bebas dari tutup botol	Rp3.900
PET botol bening bersih	kg	P12 BENING	Botol plastik PET kemasan air mineral (bening) bebas dari tutup botol	Rp4.000
PET botol bening bersih	kg	P14	Botol plastik PET kemasan minuman warna biru dan hijau yang bebas dari tutup botol	Rp1.200
<i>Aluminium</i>	kg	A3	Kaleng barang minuman <i>aluminium</i>	Rp10.000

Selain itu, pada penelitian lainnya didapatkan perbedaan harga pada kategorisasi sampah botol plastik dan kaleng kemasan minuman. Perbedaan harga ini tergantung dari wilayah dan harga jual pada setiap pihak pengepul sampah.

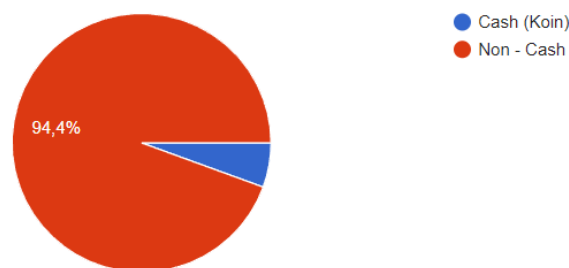
Tabel 1.4 Rata-rata poin konversi sampah pada RVM [7], [17]

Jenis Sampah	Harga/kg (Rp)	Harga/gr (Rp)	Berat Sampah (gr)	Poin (Rp)
Botol plastik bening	2.200	2,2	16	35,2
Botol plastik berwarna	3500	3,5	25	87,5
Kaleng	1100	1,1	13	14,3

Namun, dari Tabel 1.4 menunjukkan bahwa pengkategorisasian harga jenis sampah sama pada kedua pengepul sampah, yaitu pengkategorisasian material dan warna terhadap harga/kg dari sampah yang dikumpulkan [17]. Pengkategorisasian ini dapat dijadikan acuan untuk memberikan *reward* yang sesuai dengan *value* sampah yang dimasukkan.

Untuk memberikan *reward* kepada pengguna *Reverse Vending Machine* (RVM) diperlukan suatu sistem agar *reward* yang diberikan sesuai dengan nilai sampah yang dimasukkan dan dapat diterima oleh pengguna secara efisien. Terdapat berbagai bentuk pembayaran yang telah dikembangkan untuk *reward* pada *Reverse Vending Machine* (RVM) ini. *Reward* koin adalah salah satu bentuk pemberian *reward*. Metode ini bekerja dengan cara memberikan *reward* berupa koin sesuai jenis dari sampah botol plastik yang di masukkan (berdasarkan jenis ukuran sampah botol plastik dan warna sampah botol plastik) [7]. Selain *reward* koin, terdapat juga bentuk pemberian *reward* menggunakan *scan Quick Response* (QR) melalui aplikasi. Metode ini bekerja dengan cara menempelkan stiker kode *Quick Response* (QR) pada alat *Reverse Vending Machine* (RVM). Lalu, pada stiker *Quick Response* (QR) dilakukan pemindaian oleh *handphone* pengguna sebagai penanda id atau kode dari *Reverse Vending Machine* (RVM) yang digunakan [17]. Kedua metode ini masih memiliki kekurangan dari segi kemudahan dalam penggunaan dan perawatan pada komponen. Maka, diperlukan solusi yang dapat menyelesaikan masalah tersebut seperti bentuk *non-cash* berupa *e-wallet*.

Pembayaran menggunakan *e-wallet* sendiri dianggap sebagai salah satu metode transaksi yang paling populer saat ini karena memiliki kemudahan, fleksibilitas, dan keamanan [18]. Hal ini didukung survei yang kami lakukan selama tiga hari pada 20 Desember 2023-22 Desember 2023 pada warga Telkom University untuk mendapatkan hasil *reward* yang cocok untuk diimplementasikan pada *Reverse Vending Machine* (RVM) kami.






Gambar 1.3 Hasil survei metode *reward* RVM

Dari hasil survei pada grafik Gambar 1.3 yang kami lakukan didapat bahwa 94,4% warga Telkom University memilih *reward* dalam bentuk *non-cash*.

Pada umumnya, metode pendeteksian *Reverse Vending Machine* (RVM) menggunakan metode *image processing* atau *barcode scanner*. Metode *image processing* sudah pernah diuji coba pada penelitian lainnya, namun masih memiliki kekurangan yaitu proses deteksi objek yang memerlukan pencahayaan yang sempurna serta membutuhkan waktu untuk proses komputasi pada pengolahan citra [17]. Begitu juga dengan metode *scan barcode*. Sebagai contoh, prosedur dasar memerlukan tiga tahap untuk mengantisipasi kecurangan dalam pengklasifikasian botol. Pemeriksaan ini terdiri dari material, bentuk, dan *barcode* dari wadah [17], [19], [20]. Dari Tabel 1.5, masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangannya tersendiri. Kami memilih konsep 3 karena memiliki biaya produksi yang rendah dengan akurasi yang cukup.

Tabel 1.5 Perbandingan kinerja RVM [17], [19], [20]

Jenis Konsep	Konsep 1	Konsep 2	Konsep 3
	Kode Barcode	Pengolahan Citra	Kombinasi Sensor
Sensor	 <i>Barcode Scanner</i>	 <i>Camera</i>	 <i>Proximity, Infrared, Load Cell, Ultrasonic, LDR</i>
Cara Kerja	Botol yang akan dimasukkan dipindai terlebih dahulu lalu dimasukkan ke dalam <i>Reverse Vending Machine</i> (RVM)	<i>Camera</i> akan mengidentifikasi botol yang dimasukkan dengan metode <i>machine learning</i>	Mendeteksi perbedaan material, ukuran, dan warna dari setiap botol yang dimasukkan
Kelebihan	Pembuatan paling mudah	Membutuhkan lebih sedikit perangkat yang digunakan	Biaya produksi yang cenderung lebih murah
Kekurangan	Sistem mudah dikelabui	Membutuhkan pencahayaan yang sempurna dan <i>hardware</i> yang mahal	Akurasi tergolong rendah jika dibandingkan yang lainnya
Kebutuhan Spesifik	Membutuhkan <i>database</i> botol yang spesifik	Membutuhkan <i>hardware</i> yang mampu melakukan komputasi dengan sangat cepat	Membutuhkan kalibrasi pada kondisi yang berbeda

1.3 Constraint

Tabel 1.6 Aspek-aspek dalam *constraint*

No	Aspek	Penjelasan terkait aspek
1	Ekonomi	Dari segi ekonomi, biaya produksi <i>Reverse Vending Machine</i> (RVM) berkisar 5-15 juta [7]. Untuk harga alat di pasaran saat ini bernilai US\$4.800,00-US\$10.000,00, dengan nilai keekonomian sampah botol plastik dan kaleng berkisar antara Rp1.200,00-Rp10.000,00 [16]. Dari pengembangan yang sudah ada, estimasi pengembangan fitur memerlukan estimasi biaya 3-5 juta. Dengan mempertimbangkan biaya produksi dan nilai keekonomian dari sampah botol plastik dan kaleng, alat ini memiliki aspek keekonomian yang baik.
2	Manufakturabilitas	Dari segi manufakturabilitas, peneliti mempertimbangkan kemudahan produksi dan perawatan alat tersebut dengan mencari komponen dan suku cadang yang umum tersedia di pasaran. Dari segi kualitas produk, peneliti mempertimbangkan kepresisian dan keandalan dalam pengoperasiannya. Dari hal ini, semakin baik manufaktur produk, maka akan semakin mudah dalam proses produksi, perawatan alat, dan kualitas dari alat.
3	Keberlanjutan	Dari segi keberlanjutan, peneliti mempertimbangkan perawatan alat secara rutin agar tidak menambah masalah lingkungan baru. Berdasarkan aspek manufakturabilitas yang sudah dipertimbangkan, maka akan semakin mudah dalam proses perawatan alat sehingga alat ini dapat terus berlanjut untuk dipakai kedepannya.
4	Lingkungan	Dari segi lingkungan, alat diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap kesadaran masyarakat Telkom University atas pengelolaan sampah botol plastik dan kaleng.

1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka kebutuhan yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

1. Alat dapat menerima sampah yang dimasukkan oleh pengguna, yaitu sampah botol plastik dan kaleng kemasan minuman.
2. Alat dapat memberikan *reward* dalam bentuk *non-cash* dalam berupa *e-wallet*.
3. *Reward* yang diberikan sesuai dengan ukuran, berat, dan warna dari botol plastik serta kaleng yang dimasukkan.
4. Alat memiliki tingkat akurasi lebih dari 90% dalam keseluruhan tahap yang dilewati.
5. Alat memiliki desain yang lebih baik dari alat sebelumnya, yaitu memudahkan alat untuk berpindah tempat oleh satu orang.

1.5 Tujuan

Penelitian *Capstone Design* (CD) ini bertujuan untuk menciptakan alat *Reverse Vending Machine* (RVM) yang dapat memberikan *reward* berdasarkan jenis sampah botol plastik dan kaleng yang dimasukkan dalam bentuk *non-cash*.