

PENGEMBANGAN *REVERSE VENDING MACHINE* BERBASIS SCAN *BARCODE* DAN SENSOR UNTUK PEMILAHAN BOTOL PLASTIK DAN KALENG DENGAN SISTEM PEMBAYARAN *CASHLESS*

1st Astrina Karunia Marta DK
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
astrinakarunia@student.telkomuniv
ersity.ac.id

2nd Mohamad Ramdhani, S.T.,
M.T.
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
mohammadramdhani@telkomunive
rsity.ac.id

3rd Dr. Iswahyudi Hidayat, S.T.,
M.T.
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
iswahyudihidayat@telkomuniversit
y.ac.id

Abstrak — Pengelolaan sampah plastik dan kaleng menjadi masalah lingkungan karena sulit terurai. Penelitian ini mengembangkan Reverse Vending Machine (RVM) berbasis GM65 Barcode Scanner untuk pemindaian dan pemilahan botol plastik serta kaleng secara otomatis. Sistem menggunakan ESP32, motor servo, dan conveyor, serta terintegrasi dengan aplikasi Android untuk autentikasi pengguna dan pemberian reward digital melalui sistem cashless. Pengujian pada 40 sampel dengan 20 kali percobaan per item menunjukkan tingkat keberhasilan rata-rata 93,3%. Faktor yang mempengaruhi meliputi kondisi barcode, pencahayaan, sudut pemindaian, dan posisi kemasan. Hasil ini menunjukkan RVM dapat berfungsi andal dan efisien, berpotensi diterapkan di area publik untuk mendukung program daur ulang dan partisipasi masyarakat.

Kata kunci: *Reverse Vending Machine*, GM65 Barcode Scanner, Pemilahan Sampah, *Cashless Payment*, ESP32

I. PENDAHULUAN

Sampah merupakan limbah padat yang terdiri dari bahan organik dan anorganik yang dianggap tidak memiliki manfaat atau nilai ekonomis. Timbulnya sampah ini dihasilkan dari aktivitas sehari-hari manusia maupun proses alami, yang dapat diukur dalam satuan volume atau berat per kapita per hari [1]. Sampah plastik menjadi salah satu kontributor utama dari total volume sampah dan telah menjadi isu global yang mengkhawatirkan [2]. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), pada tahun 2023 volume sampah yang dihasilkan mencapai puluhan juta ton per tahun di 378 kabupaten/kota di Indonesia [3].

Pengelolaan sampah plastik, terutama melalui daur ulang, sangat penting karena plastik sekali pakai membutuhkan waktu hingga 450 tahun untuk terurai, sementara kaleng aluminium 200–500 tahun. Daur ulang botol plastik dan kaleng dapat mengurangi akumulasi limbah sekaligus menekan emisi gas rumah kaca [4][5][6]. Salah satu solusi efektif adalah *Reverse Vending Machine* (RVM), yang memungkinkan pengumpulan dan pemilahan sampah plastik dan kaleng secara otomatis [7]. Penempatan RVM di lokasi strategis

seperti pusat perbelanjaan, kampus, dan ruang publik dapat mendorong perubahan perilaku masyarakat [8].

Berbagai penelitian telah mengusulkan identifikasi dengan pengolahan citra, sensor IR, dan loadcell [9][10][11]. Namun metode ini memiliki keterbatasan, misalnya ketergantungan pada pencahayaan, getaran, dan posisi objek. Sensor loadcell sering tidak stabil karena pergerakan botol di conveyor, sementara sensor ultrasonik HCRS04 juga dipengaruhi variasi posisi objek [12]. Sistem *reward* berbasis koin juga kurang fleksibel [13].

Dari permasalahan tersebut, RVM berbasis barcode scanner dengan sistem pembayaran cashless menjadi solusi efisien dan praktis. Barcode tidak bergantung pada pencahayaan, dan *reward* diberikan secara digital melalui aplikasi. Solusi ini juga menyertakan autentikasi pengguna dan mekanisme pintu otomatis, sehingga meningkatkan efisiensi serta pengalaman pengguna.

II. KAJIAN TEORI

RVM merupakan alat inovatif yang dirancang untuk menangani permasalahan sampah, khususnya botol plastik dan kaleng minuman kosong [14]. Alat ini memungkinkan pengumpulan dan pemilahan sampah secara otomatis, serta umumnya memberikan *reward* kepada pengguna dalam bentuk uang atau insentif digital.

RVM mampu mengklasifikasikan sampah berdasarkan ukuran, material, berat, dan informasi barcode yang terdapat pada label botol [15]. Pemindaian barcode digunakan untuk mengidentifikasi setiap item secara akurat, sehingga proses pemilahan menjadi lebih efisien.

Konsep RVM dikembangkan dari *Vending Machine* (VM) konvensional yang biasanya digunakan untuk menjual barang seperti minuman atau makanan. Berbeda dengan VM biasa, RVM memberikan kemudahan bagi pengguna untuk menukarkan sampah mereka, sehingga lebih praktis dan efisien [16]. Selain memberikan insentif, penerapan RVM juga mendukung pengelolaan sampah yang lebih ramah lingkungan dan meningkatkan partisipasi masyarakat dalam kegiatan daur ulang.

B. Teknologi Scan Barcode

Pemanfaatan teknologi scan barcode telah banyak diterapkan, salah satunya dalam bidang perdagangan, untuk memudahkan identifikasi dan transaksi setiap barang [17]. Teknologi ini diadaptasi pada sistem *Reverse Vending Machine* (RVM) untuk mempermudah klasifikasi sampah

bottle plastik dan kaleng. Pemindaian barcode menjadi lebih akurat karena setiap botol memiliki kode seri yang berbeda.



Gambar 1
(Contoh Barcode)

Barcode terdiri dari pola garis hitam dan putih yang menyandikan informasi dalam bentuk kode biner. Garis hitam menyerap cahaya sedangkan garis putih memantulkannya. Scanner memancarkan cahaya ke barcode, kemudian sensor mendeteksi pantulan cahaya tersebut dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Sinyal ini diterjemahkan menjadi kode biner, dengan garis hitam diartikan sebagai “1” dan garis putih sebagai “0”. Selanjutnya, kode ini dikonversi menjadi angka atau teks sesuai standar barcode, seperti EAN-13. Format EAN-13 terdiri dari 13 digit angka: tiga digit pertama menunjukkan kode negara (misal 899 untuk Indonesia), diikuti kode produsen (4–5 digit), kode produk (3–4 digit), dan digit terakhir sebagai check digit untuk validasi menggunakan algoritma khusus.

Terdapat dua jenis barcode, yaitu satu dimensi (1D) dan dua dimensi (2D). Barcode 1D atau linear, contohnya UPC-A, UPC-E, dan EAN-13, menggunakan karakter numerik, sedangkan Code 39 dan Code 93 menggunakan karakter alfanumerik [18].

Teknologi pemindaian barcode, seperti pada scanner GM65, diterapkan pada sistem otomatis termasuk RVM. Dengan implementasi ini, proses klasifikasi sampah menjadi lebih cepat dan efisien, memastikan sampah botol plastik dan kaleng dapat dipilah dengan tepat untuk mendukung proses daur ulang.

C. Sistem Autentikasi Pengguna

Sistem autentikasi pada *Reverse Vending Machine* (RVM) dirancang untuk memastikan hanya pengguna yang terdaftar yang dapat mengakses layanan. Verifikasi dilakukan dengan memasukkan ID pengguna melalui keypad yang terhubung dengan layar LCD. Setelah ID dimasukkan, sistem mencocokkan data dengan database Firestore. Apabila ID valid, pengguna dapat mengakses RVM dan melakukan proses penyortiran sampah. Data aktivitas pengguna, termasuk histori sampah yang dikumpulkan dan *reward* yang diperoleh, juga disimpan dalam database. Hal ini memudahkan proses pemantauan, pengelolaan *reward*, serta memastikan keamanan dan validitas sistem.

D. Sistem Pembayaran Digital

Pemberian *reward* berupa koin ataupun uang fisik sudah pernah dilakukan dan kurang efektif dikarenakan kesalahan dalam pemberian nilai yang sesuai. Karena itu, penerapan *reward* dengan sistem digital menjadi salah satu solusi karena dinilai lebih efektif [19]. Perhitungan *reward* sampah berdasarkan kategori terdapat pada tabel 1

Tabel 1
(Perolehan *reward*)

Kategori	Harga/gr
Botol Plastik Bening	Rp4/gr
Botol Plastik Berwarna	Rp1,2/gr
Kaleng	Rp10/gr

E. Firestore

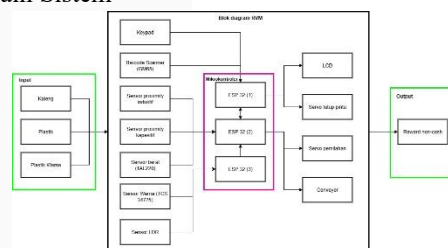
Cloud Firestore adalah layanan database NoSQL dari Google Firebase yang memungkinkan penyimpanan dan pembaruan data secara *real-time* [20]. Firestore menggunakan struktur berbasis dokumen dan koleksi, sehingga data dapat disimpan dalam format pasangan kunci-nilai (key-value) yang fleksibel, termasuk string, angka, waktu, dan objek.

Pada sistem RVM, Firestore digunakan untuk menyimpan data barcode dan data pengguna. Data barcode berisi informasi nama sampah, berat, material, ukuran, warna, dan harga, sedangkan data pengguna mencakup nama, username, password, dan ID unik. Struktur ini memudahkan integrasi dengan sistem hardware dan aplikasi untuk autentikasi pengguna serta pemberian *reward* digital secara *real-time*.

III. METODE

Perancangan penelitian ini mencakup desain sistem yang terdiri dari blok diagram, desain perangkat keras yang meliputi rangkaian skematik dan desain perangkat lunak yang berupa flowchart sistem

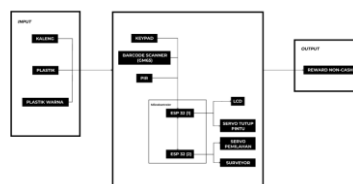
A. Desain Sistem



Gambar 2
(Desain Sistem)

Gambar 2 merupakan sistem *Reverse Vending Machine* yang dirancang untuk melakukan klasifikasi berdasarkan scan barcode. Pada sistem ini, keypad digunakan sebagai input manual untuk pengguna serta menggunakan GM65 sebagai pembacaan kode batang yang terdapat pada label botol sampah plastik atau kaleng. Setelah pembacaan dan verifikasi sampah dilakukan, selanjutnya akan ditampilkan pada LCD untuk hasil pembacaan. Dan servo pintu akan membuka pintu untuk melakukan proses klasifikasi berdasarkan jenis sampahnya. Dan poin *reward* sesuai dengan berat serta material yang diinput oleh user.

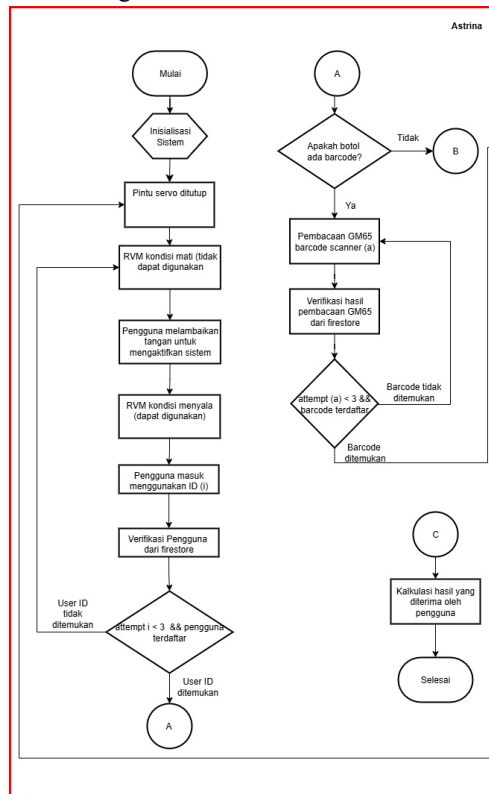
B. Desain Perangkat Keras



Gambar 3
(Desain perangkat keras)

Gambar 3 merupakan perangkat keras yang digunakan pada sistem ini terdiri dari *Barcode Scanner* GM65, mikrokontroler ESP32, motor servo. Komponen-komponen tersebut dirancang untuk bekerja secara terintegrasi guna mendukung proses identifikasi dan pemilahan botol plastik serta kaleng secara otomatis. Sistem ini dirancang agar dapat beroperasi di lingkungan nyata, seperti tempat umum atau industrial, dengan mempertimbangkan efisiensi dan keandalan.

C. Desain Perangkat Lunak



Gambar 4
(Desain perangkat lunak)

Gambar 4 Flowchart, sistem dimulai dengan inisialisasi sistem, dimulai dengan sistem dalam kondisi sleep. Untuk memulai sistem diperlukan sistem dalam kondisi nyala, dan user perlu melakukan lambaian tangan ke PIR. Setelah sistem nyala, user memasukkan *User ID* yang sesuai dengan kode unik yang didapatkan setelah mendaftarkan akun. Apabila, *User ID* sesuai dengan database maka pengguna tinggal melakukan pembacaan kode batang yang terdapat di pada label sampah botol plastik atau kaleng. Apabila pembacaan sesuai dengan kode batang yang terdapat di botol sistem akan memverifikasi hasil pembacaan GM65 dari firestore. Setelah pembacaan berhasil sistem akan mengklasifikasikan sesuai dengan material sampah dan akan dikalkulasikan sesuai dengan *reward* kepada pengguna yang terdaftar.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian GM65

Pengujian ini dilakukan pada 40 sampel botol dengan barcode yang berbeda-beda. Terdapat 30 sampel botol plastik dan 10 sampel kaleng. Setiap botol dilakukan pengujian sebanyak 20x untuk melihat keakuratan hasil pembacaan. Pengujian dilaksanakan pada jarak deteksi 4-20 cm antara permukaan barcode dan sensor GM65, sesuai dengan spesifikasi optimal sensor. Hasil pembacaan barcode yang diperoleh dari sensor dicatat dan dibandingkan dengan database yang sudah ada. Tabel 2 merupakan 10 sampel yang dilakukan untuk percobaan GM65:

Tabel 2
(Percobaan scan barcode)

No	Merk Sampah	Barcode	Percobaan	Keberhasilan (%)
1	Adem Sari Kaleng	8992772586030	19/20	95
2	Bintang	8997225200235	19/20	95
3	Pocari	8997035111110	20/20	100
4	Panda	8995227500582	18/20	90
5	Pokka Greentea	8888196124128	19/20	95
6	Cap Badak	8999988888828	18/20	90
7	Le Minerale	8996001600269	20/20	100
8	Sprite	8992761145026	19/20	90
9	Milku Vanilla	8998866203920	20/20	100
10	Nipis Madu	8992761145026	17/20	85

Hasil pengujian GM65 menunjukkan bahwa sistem dapat menerima sampah menggunakan GM65 Barcode Scanner sebagai parameter utamanya. Dengan batasan yang telah ditetapkan, yaitu barcode yang sesuai dengan daftar sampah botol plastik dan kaleng, sistem berhasil mengklasifikasikan botol plastik dan kaleng dengan tingkat keberhasilan 93,3%. Tingkat keberhasilan ini termasuk kategori tinggi, mengingat adanya faktor-faktor yang dapat memengaruhi kinerja pembacaan, seperti kondisi fisik barcode (rusak, tergores, atau terlipat), pencahayaan lingkungan, serta sudut dan jarak pembacaan oleh GM65.

B. Pengujian sensor PIR

Sensor PIR (*Passive Infrared*) digunakan untuk mengaktifkan sistem *Reverse Vending Machine* (RVM) yang berada pada mode *sleep* (hemat daya) menjadi mode dapat digunakan. Setelah sistem aktif, proses berikutnya seperti pemindaian barcode, dan klasifikasi sampah dapat dilakukan. Jika tidak ada gerakan untuk jangka waktu 30 detik, sistem akan kembali ke mode sleep untuk efisiensi daya.



Gambar 5
(PIR kondisi sleep)

Pada gambar 5 merupakan tampilan pada LCD dan menandakan sistem dalam kondisi sleep. Untuk menyalakan sistem, tinggal melambaikan tangan ke depan sensor PIR dan sistem akan menyala. Sistem kondisi sleep untuk penghematan daya, dan sistem tidak bekerja secara terus menerus.

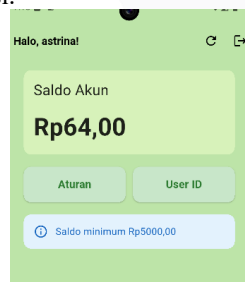


Gambar 6
(PIR kondisi nyala)

Gambar 6 merupakan tampilan pada LCD dan menandakan sistem dalam kondisi siap digunakan. Tampilan di LCD akan menampilkan tulisan selamat datang dan user ID yang dimasukkan secara manual dari pengguna.

c. Aplikasi

Aplikasi dirancang untuk mendukung sistem penyortiran sampah berbasis digital yang praktis dan terstruktur. Pengguna cukup melakukan login sebagai user, lalu mengikuti petunjuk yang tersedia dalam aplikasi.



Gambar 7
(Tampilan di aplikasi)

Gambar 7 merupakan tampilan di aplikasi mengenai informasi *reward* yang sudah di scan. Dan berhasil menampilkan sesuai dengan yang terdapat pada database.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem *Reverse Vending Machine* (RVM) yang dikembangkan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem RVM yang dikembangkan mampu mengidentifikasi dan mengklasifikasikan botol plastik dan kaleng secara otomatis menggunakan barcode scanner GM65. Berdasarkan pengujian terhadap lima sampel berbeda, tingkat keberhasilan pembacaan barcode mencapai 93,3%.
2. Implementasi sistem autentikasi dengan aplikasi berhasil memberikan akses pengguna yang valid ke sistem RVM. Hal ini memastikan bahwa hanya pengguna terdaftar yang dapat menggunakan layanan dan menerima insentif.
3. Sistem pembayaran cashless melalui aplikasi berhasil memberikan *reward* digital berdasarkan berat atau jenis botol yang disetorkan. Aplikasi juga menyediakan tampilan saldo dan fitur penarikan yang mempermudah pengguna.

REFERENSI

A. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. P. Pemerintah, "Undang Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah," *Lemb. Negara Republik Indones.*, 2008.
- [2] A. Okunola A, O. Kehinde I, A. Oluwaseun, and A. Olufiro E, "Public and Environmental Health Effects of Plastic Wastes Disposal: A Review," *J. Toxicol. Risk Assess.*, vol. 5, no. 2, 2019, doi: 10.23937/2572-4061.1510021.
- [3] Kementerian LHK, "Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah Indonesia," Kemenlkh.
- [4] N. Karuniastuti, "BAHAYA PLASTIK TERHADAP KESEHATAN DAN LINGKUNGAN."
- [5] Wahyunindyawati and Dyanasari, "Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungan Oleh : Dr . Dra . Wahyunindyawati , MP dan Dr . Ir . Dyanasari , MBA," *Deepublish*, pp. 1–5, 2019.
- [6] R. LeBlanc, "How Long Garbage Decomposes," 2019.
- [7] D. Kim *et al.*, "Designing of *Reverse Vending Machine* to improve its sorting efficiency for recyclable materials for its application in convenience stores recyclable materials for its application in convenience stores," *J. Air Waste Manage. Assoc.*, vol. 71, no. 10, pp. 1312–1318, 2021, doi: 10.1080/10962247.2021.1939811.
- [8] P. Giardullo, "Automatizing green practices? The analysis of *Reverse Vending Machines* as a re-contamination of theories of practices," *Sociologica*, vol. 13, no. 3, pp. 149–166, 2019, doi: 10.6092/issn.1971-8853/9424.
- [9] A. El hakim, A. P. Atmaja, J. Hartadi, and A. W. Muammar, "Pengenalan dan Pemilahan Botol Kosong pada *Reverse Vending Machine* menggunakan metode Euclidean Distance," *J. Innov. Inf. Technol. Appl.*, vol. 2, no. 01, pp. 76–86, 2020, doi: 10.35970/jinita.v2i01.207.

- [10] P. Handoko, H. Hermawan, and S. Jaya, "Reverse Vending Machine Penukaran Limbah Botol Kemasan Plastik Dengan Tiket Sebagai Alat Tukar Mata Uang," *J. Univ. Muhammadiyah Jakarta*, pp. 1–12, 2018.
- [11] C. Muria, H. Setiawan Teknik Komputer, and P. Aceh Selatan, "Reverse Vending Machine Perhitungan Berat Plastik," *J. Geuthee Eng. Energy*, vol. 1, no. 1, pp. 6–10, 2022.
- [12] S. Prodi *et al.*, "CAPSTONE DESIGN PENGEMBANGAN REVERSE VENDING MACHINE DENGAN REWARD NON-CASH," 2024.
- [13] N. H. A. Rahim and A. N. H. M. Khatib, "Development of pet bottle shredder Reverse Vending Machine," *Int. J. Adv. Technol. Eng. Explor.*, vol. 8, no. 74, pp. 24–33, 2021, doi: 10.19101/IJATEE.2020.S2762167.
- [14] A. Alfiandi *et al.*, "Sistem Reward Otomatis pada Reverse Vending Machine Menggunakan Servo Linear".
- [15] C. H.S., A. K. K.M., M. K.A., Sh. C.G., and A. Raju.B, "Plastic Bottle Reverse Vending Machine," *Int. J. Sci. Res. Dev.*, vol. 8, no. 2, pp. 2321–0613, 2020.
- [16] M. Abdullah, W. Gata, J. L. Putra, and H. B. Novitasari, "Desain Vending Machine dengan Penerapan Finite State Automata Overview Methods," pp. 342–348, 2020.
- [17] V. K. Ladesi, R. N. Ichwan, A. Pendahuluan, and B. M. Penelitian, "EVALUASI PENGGUNAAN SISTEM BARCODE DAN SCANNER DALAM PROSES DELIVERY DI COLD STORAGE PT . MULTI TERMINAL INDONESIA," vol. XII, no. 1, pp. 17–20, 2019.
- [18] M. Taufikurrachman, I. K. Somawirata, and M. I. Ashari, "Perancangan Sistem Informasi Pada Laporan Praktikum Menggunakan Scan Barcode," *Magnetika*, vol. 07, no. 2, pp. 413–418, 2023.
- [19] M. W. Karim, A. Haque, M. A. Ulfy, M. A. Hossain, and M. Z. Anis, "Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Penggunaan E-wallet Sebagai Metode Pembayaran Diantaranya Dewasa Muda Malaysia," *J. Int. Bus. Manag.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–11, 2020.
- [20] M. Ilhamsyah and M. Fathurrahman, "Rancang Bangun Aplikasi Android Mysmartfishfeeding Menggunakan Flutterflow Dan Firebase Firestore," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3S1, pp. 4114–4122, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3s1.5269.