
RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI PADA REVERSE VENDING MACHINE DENGAN RASPBERRY PI 4

Aleksandro Dovan Hendrieta^{1*}, Dwi Setiawan², Immanuel Krisnanda Putra³, Mikael Bintang Permana⁴, Hilarius Prin Pujianto⁵, Chatarina Adjeng Aprilliasari⁶,

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

*Email: alexsandro.20202006@student.atmi.ac.id

Abstrak

Reverse Vending Machine merupakan mesin yang berfungsi sebagai tempat sampah pengumpulan botol bekas yang dikemas dengan modern, dimana memiliki fitur yang menguntungkan bagi pengguna mesin tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kendali pada Reverse Vending Machine menggunakan Raspberry Pi sebagai otak dari mesin. Dengan memanfaatkan teknologi Raspberry Pi, Reverse Vending Machine dapat mengidentifikasi dan memvalidasi botol bekas yang dikembalikan oleh konsumen, serta memberikan reward berupa poin melalui website. Metode penelitian melibatkan pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak Reverse Vending Machine berbasis Raspberry Pi dengan antarmuka GPIO. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kendali berbasis Raspberry Pi pada RVM beroperasi dengan efisien dan efektif, meningkatkan partisipasi user dalam daur ulang dan memberikan kontribusi dalam upaya pengelolaan limbah kemasan yang lebih berkelanjutan.

Kata kunci: Daur Ulang, Reverse Vending Machine, Reward

1. PENDAHULUAN

Dalam era saat ini, dampak buruk dari limbah plastik terhadap lingkungan semakin terasa nyata. Produksi dan konsumsi plastik yang semakin tinggi telah menyebabkan akumulasi limbah plastik yang signifikan di berbagai belahan dunia. Upaya untuk mengatasi masalah ini telah mendorong inovasi dalam pengelolaan limbah plastik, dan salah satu solusi yang muncul adalah pembuatan *Reverse Vending Machine* (RVM) atau mesin daur ulang balik. RVM merupakan suatu bentuk teknologi yang dapat merespon masalah limbah plastik dengan memberikan insentif bagi individu untuk mendaur ulang botol plastik, dengan harapan dapat meningkatkan tingkat daur ulang dan mengurangi akumulasi sampah plastik.

Penelitian ini bertujuan untuk merealisasikan konsep *Reverse Vending Machine* sebagai suatu solusi nyata dalam mengelola limbah plastik. Penelitian ini akan membahas langkah-langkah perancangan, fabrikasi, dan implementasi mesin RVM yang dapat dioperasikan dalam skala nyata. Selain itu, penelitian ini akan mengevaluasi kinerja dan efektivitas mesin RVM dalam mengumpulkan dan memproses botol plastik bekas. Untuk melengkapi tujuan penelitian ini, penelitian juga akan merancang dan mengimplementasikan sistem insentif yang memberikan *reward* bagi pengguna mesin *Reverse Vending Machine* (RVM) sebagai bentuk apresiasi atas partisipasi mereka dalam upaya daur ulang dan pengurangan limbah plastik.

2. METODOLOGI

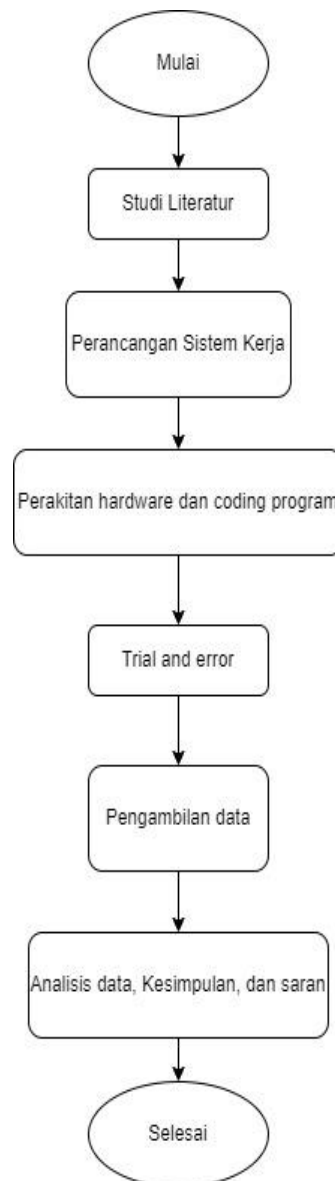
Proses penelitian ini memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan serta beberapa metode pengumpulan data dan perumusan masalah.

2.1. Metode Penelitian

Metode yang diterapkan dalam realisasi sistem kendali *Reverse Vending Machine* jika dilihat dari jenis data dan analisisnya adalah kombinasi metode kuantitatif yang didahului dengan metode penelitian kualitatif. Alur pengerjaan mempertimbangkan unsur-unsur penelitian dalam tahap analisis kebutuhan, desain sistem, dan implementasi sistem.

2.2. Proses Penelitian

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan dalam *flowchart* sebagai berikut :

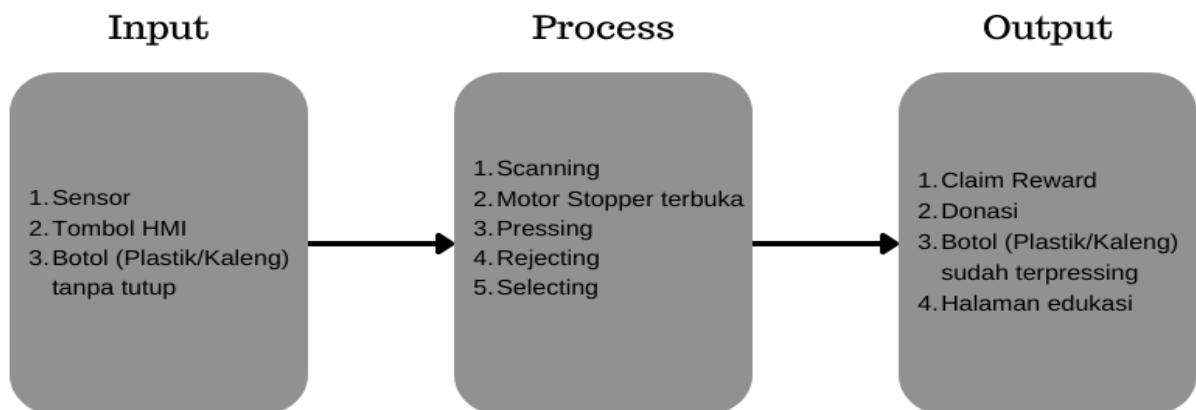


Gambar 1. Flowchart proses penelitian

2.2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dengan *customer*, sehingga didapatkan berbagai data yang dapat digunakan dalam penyusunan batasan masalah dan identifikasi masalah. Selain wawancara dengan *customer*, data penelitian didapatkan dari jurnal penelitian sebelumnya dan data pendukung dari referensi jurnal ilmiah lainnya. Dari data yang didapatkan maka dibuat sebuah rumusan yang berisi IPO pada *Reverse Vending Machine* sebagai berikut :

Reverse Vending machine



Gambar 2. Blok diagram IPO (*Input, Process, Output*)

Diagram IPO membantu dalam visualisasi proses pada *Reverse Vending Machine* secara sederhana dan jelas, sehingga membantu pemahaman tentang bagaimana suatu sistem berfungsi dari awal hingga akhir. Ini juga dapat membantu dalam merancang, mengembangkan, dan meningkatkan proses serta mengidentifikasi potensi masalah atau perbaikan yang diperlukan.

2.2.2. Pembuatan Matriks Kebutuhan

Sebelum memulai proses perancangan, langkah awal melibatkan penentuan interkoneksi yang ada antara elemen-elemen yang dibutuhkan pada *Reverse Vending Machine*. Dalam konteks pembuatan matriks kebutuhan, diperlukan beberapa informasi seperti daftar kebutuhan yang dihasilkan dari permintaan pelanggan, serta sebuah skema yang menggambarkan keterkaitan antara elemen-elemen yang perlu untuk memisahkan tugas-tugas yang terkait dengan input data, pengolahan data, penyimpanan data, dan tampilan data di setiap unit operasional.

Tabel 1. Matriks Kebutuhan Proyek Sistem Kendali *Reverse Vending Machine*.

No	Permintaan	Solusi	Spesifikasi
1.	Scanning unit	Menggunakan 3 sensor kapasitif dan 1 sensor induktif yang disusun berdasarkan ukuran botol.	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor proximity 12 V - 24V • Pull down module • Raspberry pi sebagai controller • PSU 12 V dan 5 V
2.	Pressing unit	Menggunakan lever sebagai effector dan menggunakan motor stepper sebagai actuator yang dikendalikan oleh Raspberry pi.	<ul style="list-style-type: none"> • Motor stepper 24V dengan gearbox 1:5 dengan keluaran 6 Nm • PSU 24 V dan 5 V • Raspberry pi sebagai

			controller
			<ul style="list-style-type: none"> • Gear dan lever sebagai mekanisme gerakan • Motor Driver DM556 • Motor servo 5 V • Raspberry pi sebagai controller • PSU 5 V • V Selector
3.	Selecting unit	Menggunakan motor servo sebagai actuator dan V selector sebagai effector dengan bergerak kekanan jika botol plastik dan bergerak kekiri jika botol kaleng.	<ul style="list-style-type: none"> • Database pada server • Website berbasis CSS dan PHP • HMI 7 Inch
4.	User Interface	Pemandu Pengguna untuk menjalankan <i>Reverse Vending Machine</i> . Menggunakan Basis data dan Website secara lokal area.	<ul style="list-style-type: none"> • Database pada server • Website berbasis CSS dan PHP
5.	Reward dan Maintenance	Pemberian poin sebagai reward atau intensif bagi pengguna dan juga maintenance bagi pengelola. Fitur ini berbasis website yang terhubung dengan database.	<ul style="list-style-type: none"> • Database pada server • Website berbasis CSS dan PHP

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan dan implementasi dalam sistem kendali *Reverse Vending Machine* ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu keberhasilan fungsi sistem *input* data, kesesuaian nilai *input* pada pengolahan data, komunikasi data dari tiap unit dapat terhubung dengan *raspberry pi* dan *database*, dan data yang telah terolah dapat tersimpan pada *database*.

3.1. Implementasi Sistem

Seluruh sistem input data diolah secara efisien dan terhubung dengan perangkat Raspberry Pi. Perangkat ini bertindak sebagai pusat pengendalian yang mengkoordinasikan aliran data. Data yang diolah secara *real-time* ini selanjutnya disimpan dalam sebuah *database* yang terhubung dengan *local area network* (LAN). Dengan adanya integrasi yang kokoh ini, sistem mampu menghasilkan informasi terkini dan relevan, serta memastikan bahwa setiap data yang masuk diperbarui setiap 1 detik, memungkinkan penggunaan data yang responsif dan akurat dalam kinerja sistem kendali *Reverse Vending Machine*.

Table	Action	Rows	Type	Collation	Size	Overhead
<input type="checkbox"/> aktuator	★ Browse Structure Search Insert Empty Drop	1	InnoDB	utf8_general_ci	16.0 KiB	-
<input type="checkbox"/> data_botol	★ Browse Structure Search Insert Empty Drop	1	InnoDB	utf8mb4_general_ci	16.0 KiB	-
<input type="checkbox"/> kode_redeem	★ Browse Structure Search Insert Empty Drop	9	InnoDB	utf8_general_ci	32.0 KiB	-
<input type="checkbox"/> log_pengelola	★ Browse Structure Search Insert Empty Drop	2	InnoDB	utf8_general_ci	32.0 KiB	-
<input type="checkbox"/> log_pengguna	★ Browse Structure Search Insert Empty Drop	7	InnoDB	utf8_general_ci	32.0 KiB	-
<input type="checkbox"/> mesin	★ Browse Structure Search Insert Empty Drop	2	InnoDB	utf8_general_ci	16.0 KiB	-
<input type="checkbox"/> pengelola	★ Browse Structure Search Insert Empty Drop	2	InnoDB	utf8_general_ci	16.0 KiB	-
<input type="checkbox"/> pengguna	★ Browse Structure Search Insert Empty Drop	4	InnoDB	utf8_general_ci	16.0 KiB	-
<input type="checkbox"/> tabel_reject	★ Browse Structure Search Insert Empty Drop	1	InnoDB	utf8mb4_general_ci	16.0 KiB	-
9 tables	Sum	29	InnoDB	utf8_general_ci	192.0 KiB	0 B

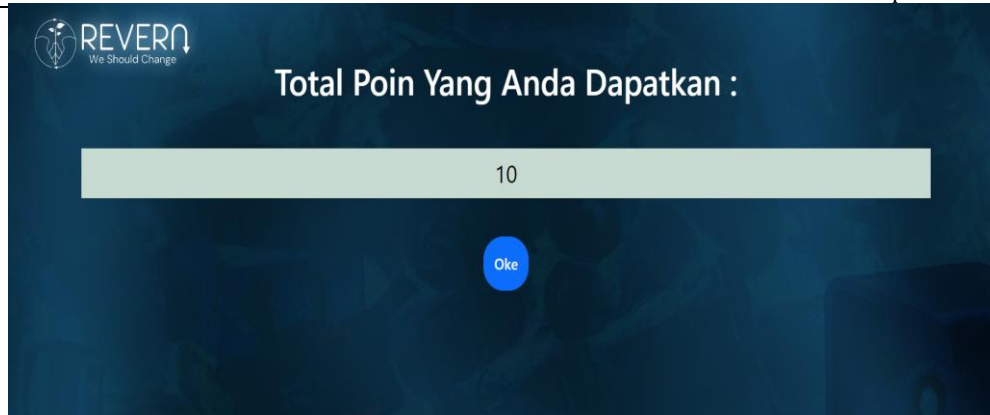
Gambar 3. Tampilan pada database monitoring sistem kerja RVM

Seluruh data hasil *input* dan hasil pembacaan dari setiap sensor akan tersimpan pada *database*. Kemudian *database* akan mengolah data hasil *input* untuk ditampilkan pada HMI, yang berupa ukuran botol, total poin, dan kode *redeem*. Selain tertampil pada HMI, *input* yang diolah pada *database* juga menjadi penggerak untuk aktuator pada mesin. Dimana aktuator akan dapat beroperasi setelah mendapatkan olahan sinyal *input* dari *database*.

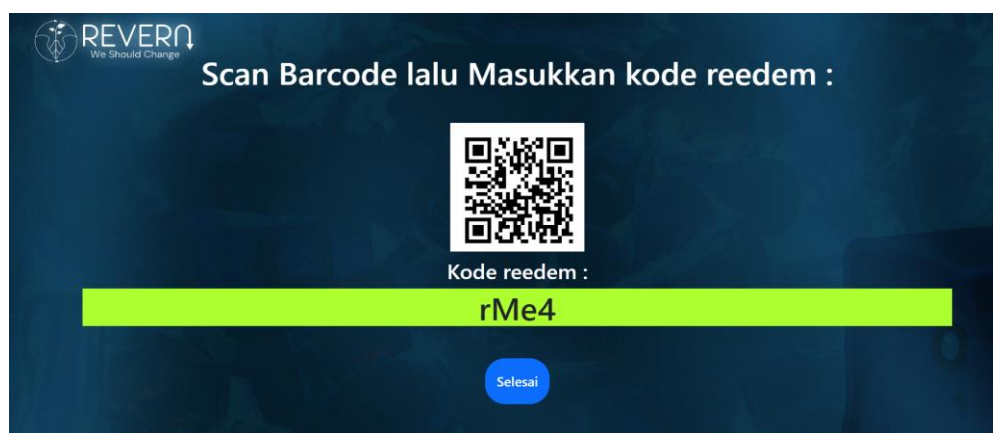
Data yang tersimpan dalam *database* akan ditampilkan pada *Human Machine Interface* (HMI) untuk memberikan informasi kepada pengguna mengenai hasil pengolahan data, seperti ukuran botol, total poin yang dikumpulkan, dan kode *redeem* yang dapat ditukarkan oleh pengguna. Hal ini bertujuan untuk memberikan kemudahan bagi pengguna dalam melihat dan memanfaatkan hasil dari proses penggunaan *Reverse Vending Machine* (RVM). Berikut ini tampilan hasil pengolahan data yang ditampil pada HMI :



Gambar 4. Tampilan ukuran botol



Gambar 5. Tampilan total poin



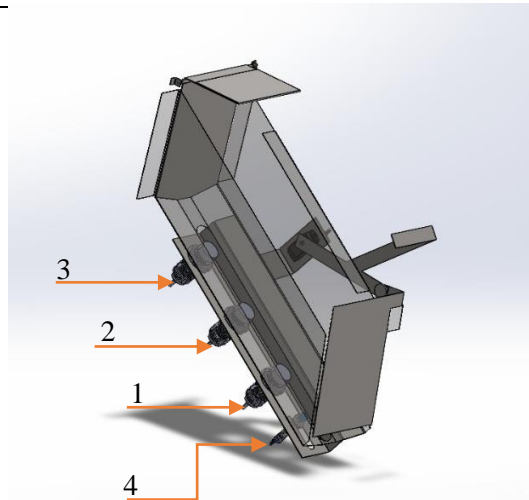
Gambar 6. Tampilan kode redeem

Tampilan di atas merupakan tampilan hasil pengolahan data yang ditampilkan pada HMI untuk memberikan informasi kepada pengguna terkait hasil pengolahan data pada mesin. Tampilan yang ditampilkan mempermudah pengguna dalam mendapatkan insentif dari penggunaan *Reverse Vending Machine*.

3.2. Pengujian Sistem

Tingkat keberhasilan fungsi sistem kendali *Reverse Vending Machine* didasarkan dari hasil pengujian *input* data yang telah diolah melalui *raspberry pi*, dan disimpan pada *database*. Berikut adalah hasil pengujian Sistem kendali *Reverse Vending Machine*.

Proses *scanning* botol masuk untuk mengetahui ukuran botol dan jarak peletakan sensor sebagai berikut :



Gambar 7. Letak sensor pada mesin

Tabel 2. Jarak sensor dengan botol

Sensor	Jarak
1	8 mm
2	8 mm
3	8 mm
4	8 mm

Keterangan:

- ❖ Sensor 1, 2, dan 3 adalah sensor *proximity* kapasitif.
- ❖ Sensor 4 adalah sensor *proximity* induktif.

Dengan hasil percobaan pada tabel 2 menunjukkan bahwa jarak deteksi sensor menggunakan yang paling jauh karena dari sistem mekanik untuk tempat letak sensor rusak saat proses pembuatan sehingga menggunakan akrilik yang dipotong sesuai desain yang ada. Lalu, berdasarkan tabel tersebut maka dipilih jarak deteksi yang paling maksimal.

Dari hasil percobaan di atas dapat disimpulkan bahwa peletakan sensor dengan jarak 8 mm, dapat melakukan pembacaan ukuran botol dengan tepat sesuai dengan ukuran botol secara nyata.

Tabel 3. Hasil baca sensor

Ukuran	Jenis	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
210 ml	Kaleng	1	0	0	1
350 ml	Plastik	1	0	0	0
500 ml	Plastik	1	1	0	0
1500 ml	Plastik	1	1	1	0

Keterangan:

- ❖ Sensor 1, 2, dan 3 adalah sensor *proximity* kapasitif.
- ❖ Sensor 4 adalah sensor *proximity* induktif.
- ❖ Kondisi 1 = aktif, 0 = tidak aktif

Dengan hasil percobaan pada tabel 3 mengindikasikan bahwa sensor telah mampu membaca botol dengan hasil yang maksimal tetapi dengan syarat bahwa botol harus tepat

pada jalur yang tersedia. Jika botol dimasukkan dalam keadaan yang tidak benar maka sensor tidak dapat mengeluarkan data secara maksimal. Setelah dilakukan beberapa kali pengujian yaitu sebanyak 30 kali percobaan dengan botol plastik ukuran sedang dan botol kaleng, Sebanyak 60% dari percobaan gagal dikarenakan posisi sensor yang tidak tepat dan tidak ada *stopper* botol untuk proses *scanning*.

Dari rumus perhitungan torsi motor yang digunakan dengan spesifikasi motor secara aktual maka diperoleh data sebagai berikut:

Perhitungan motor servo

Data :

- Massa beban = 50 gram (0.05 Kg)
- Gravitasi = 9.81
- Panjang lengan = 10 Cm

Perhitungan torsi motor servo MG966R :

- $T = F * L = 0.478 * 10$
- $= 4.78 \text{ Kgfc} = 0.469 \text{ Nm}$
- $F = m * g$
- $= 0.05 * 9.81$
- $= 0.478 \text{ Newton}$

Keterangan :

- F = gaya total
- L = panjang lengan
- M = massa beban
- G = gravitasi
- T = Torsi

Berdasarkan perhitungan diatas torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan beban *scanning*, *selecting*, dan *rejecting* yaitu 0.469 Nm. Torsi yang dimiliki oleh motor servo mg966r yaitu 1 Nm, sehingga motor ini dapat digunakan untuk proses tersebut.

- Motor stepper nema 34
- StepAngle(deg) = 1.8
- Rated current (A) = 5
- Holding torque (N.m) = 6
- Nema34 Planetary Reducer
- Rasio : 5
- Kecepatan Input : 3000RPM

Perhitungan Motor Stepper

Data :

- Massa maksimal pengepresan (Mmp) = 19,3 Kg
- Massa lengan = 1,979 Kg
- Gravitasi = 9,81 m/s
- Panjang lengan = 137 mm
- Torsi Nema 34 gearbox Motor Stepper = 30 Nm
- Ratio = 1:5
- Arus = 4,5 Ampere

Perhitungan torsi motor stepper :

Gaya tekan

- $F = (Mmp + Ml) * g$
- $= (19,3 + 1,979) * 9,81 = 208,747 \text{ Newton}$

Torsi yang dibutuhkan

- $T = F * \frac{1}{2} D$

- = $208,747 \times 137$
- = 28.598,339 Nmm
- = 28,598 Nm

Keterangan :

- F = gaya total
- Mmp = massa maksimal pengepresan
- T = torsi
- Ml = massa lengan
- G = Gravitasi
- D = panjang lengan

Berdasarkan perhitungan diatas torsi yang diperlukan untuk proses *pressing* yaitu 28,598 Nm. Torsi yang dihasilkan oleh motor stepper yaitu 30 Nm, sehingga torsi yang dimiliki oleh motor ini sudah mampu untuk melakukan proses *pressing*.

Dari hasil perhitungan rumus di atas maka penggunaan motor pada *Reverse Vending Machine*, dikatakan cukup untuk melakukan proses *selecting*, *rejecting*, dan *pressing* dengan maksimal.

Tabel 4. Hasil Pengujian Pressing

Pengujian ke -	Jenis botol	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Botol Plastik 500 ml	Gagal	Dikarenkan botol tidak berdiri tepat pada titik <i>press</i> , sehingga botol tergeser dan masuk kedalam <i>rejecting</i> .
2	Botol Plastik 500 ml	Berhasil	Botol berhasil berubah volumenya menjadi 41,7 % lebih kecil atau dari 600 ml menjadi 250 ml saja.
3	Kaleng 210 ml	Berhasil	Kaleng berhasil berubah menjadi 47,6 % lebih kecil atau dari volume 210 ml menjadi 100 ml.
4	Botol Plastik 1500 ml	Gagal	Dikarenkan dudukan pada <i>loadcell</i> untuk <i>pressing</i> tidak kuat sehingga percobaan dihentikan.

Dari tabel di atas, hasil pengujian pada botol dan kaleng menunjukkan bahwa motor yang digunakan telah sesuai dengan kebutuhan. Namun, terdapat variabel-variabel pembantu di luar motor yang perlu diperbaiki seperti mekanik *pressing*, penempatan sensor *loadcell*, dan titik jatuh botol agar proses berjalan dengan baik dan lebih optimal.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dan menganalisis data hasil pengukuran, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berhasil mengimplementasikan konsep Reverse Vending Machine (RVM) sebagai solusi konkret dalam mengatasi permasalahan limbah plastik. Meskipun motor yang digunakan telah sesuai dengan kebutuhan, ditemukan variabel-variabel seperti mekanik *pressing*, penempatan sensor *loadcell*, dan titik jatuh botol di luar motor yang perlu diperbaiki agar proses operasional RVM berjalan secara optimal. Mesin ini menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan tingkat daur ulang dan mengurangi

akumulasi limbah plastik melalui insentif kepada individu. Namun, untuk meraih hasil yang lebih optimal, perlu dilakukan peningkatan desain dan penyesuaian teknis yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrey N. Kokoulin, D. A. (2019). The Optical Subsystem for the Empty Containers Recognition and Sorting in a Reverse Vending Machine. *IEEE Xplore*, 1-3.
- Baluta, G. (2007). Microstepping Mode for Stepper Motor Control. *International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS)*, 1-10.
- Pavel Kejík, C. K. (2003). A low-cost inductive proximity sensor for industrial applications. *Sensors*, 10-14.
- Shilpa Sambhi, P. D. (2020). Reverse vending machine for managing plastic waste. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 1-4.
- Sotnik S., M. V. (2020). Overview: PHP and MySQL Features for Creating Modern Web Projects. *Overview*, 1-2.