

Pengenalan dan Pemilahan Botol Kosong pada Reverse Vending Machine menggunakan metode Euclidean Distance

Recognition and Sorting of Empty Bottle on Reverse Vending Machine Using Euclidean Distance Methode

Aulia el Hakim¹, Ardian Prima Atmaja, S.Kom, M.Cs², Joko Hartadi³,
Ahmad Wildan Muammar⁴

^{1,3,4} Teknik Komputer Kontrol, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Madiun

² Teknologi Informasi, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Madiun

e-mail: aim@pnm.ac.id¹, atmaja@pnm.ac.id², jokohartadi07@gmail.com³, wildanahmad141@gmail.com⁴

Abstrak

Reverse Vending Machine merupakan mesin dimana pengguna akan mendapatkan imbalan berupa deposit uang dari mengumpulkan botol kosong. Pengenalan dan Pemilahan botol saat ini dilakukan dengan beberapa metode diantaranya pengenalan bahan menggunakan Spektrometer IR, indentifikasi botol sesuai barcode yang menempel pada botol, serta menggunakan teknologi Pengolahan Citra dalam mendeteksi bentuk botol. Pada penelitian ini, pengenalan dan pemilahan botol kosong dilakukan menggunakan tiga sensor. Sensor Proximity Induktif digunakan untuk mendeteksi botol logam atau non logam, sensor Loadcell digunakan untuk menghitung berat botol, serta LDR yang digunakan untuk mendeteksi warna dari botol berdasarkan intensitas cahaya yang diterima oleh sensor LDR. Dari pengujian yang dilakukan dengan menggunakan algoritma Euclidean Distance, dapat diketahui bahwa Reverse Vending Machine dapat mendeteksi dan memilah jenis sampah botol berdasarkan 3 parameter yaitu berat, nilai logam, dan warna dari botol secara real time serta dapat memberikan poin reward kepada pengguna sesuai dengan kriteria botol.

Kata Kunci: Euclidean Distance, LDR, Loadcell, Proximity Induktif, Reverse Vending Machine.

Abstract

Reverse Vending Machine is a machine where users will get a reward in the form of a deposit of money from collecting empty bottles. The Recognition and sorting of bottles currently done by several methods including the Recognition of materials using IR spectrometers, identification of bottles according to the barcode attached to the bottles, and using Image Processing technology to detect the shape of the bottles. In this study, the Recognition and sorting of empty bottles was carried out using three sensors. The Inductive Proximity sensor is used to detect metal or nonmetal bottles, the Loadcell sensor is used to calculate the weight of the bottle, and the LDR is used to detect the color of the bottle based on the light intensity received by the LDR sensor. From tests conducted using the Euclidean Distance algorithm, it can be seen that Reverse Vending Machine can detect and sort the type of bottle waste based on 3 parameters namely weight, metal value, and color of the bottle in real time and can provide reward points to users according to bottle criteria.

Keywords: Euclidean Distance, LDR, Loadcell, Inductive Proximity, Reverse Vending Machine.

Pendahuluan

Sistem pembuangan dan pengolahan sampah menjadi salah satu topik permasalahan di dunia saat ini. Volume besar limbah yang setiap hari di hasilkan masyarakat dibuang dengan cara yang dapat merugikan lingkungan [1]. Indonesia dinobatkan sebagai salah satu negara penyumbang sampah plastik terbesar kedua di dunia setelah Cina [2]. Sampai saat ini, sebagian besar Negara didunia telah melakukan berbagai aksi untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang dihasilkan dari sampah. Salah satu solusi yang dapat mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah adalah dengan cara mendaur ulang sampah. Salah satu sampah yang dapat didaur ulang adalah sampah dari bahan plastik dan kaleng. Jenis sampah tersebut beberapa diantaranya berasal dari berbagai wadah bekas minuman. Proses pemilahan

*) Penulis Korespondensi : aim@pnm.ac.id

sampah dengan bahan plastik atau kaleng sampai saat ini masih dilakukan secara manual. Pada saat ini di Indonesia, sebagian besar proses pemilahan sampah dilakukan secara manual yang dilakukan oleh petugas TPA maupun para pemulung. Bagi para pemulung, sampah plastik maupun kaleng tersebut dapat ditukar dengan Uang dengan cara menjual sampah tersebut ke pengepul sampah plastik maupun kaleng. Di beberapa Negara maju seperti di eropa dan amerika, pengepul sampah ini dilakukan dengan cara menggunakan *Reverse Vending Machine*.

Reverse Vending Machine (RVM) merupakan mesin dimana pengguna akan mendapatkan imbalan berupa deposit uang dari mengumpulkan botol minuman kosong kedalam mesin tersebut. *Reverse Vending Machine* adalah bagian penting dari sistem *container deposit systems* di Eropa dan Amerika Serikat, dengan 70% hingga hampir 100% dari semua wadah minuman disortir dan didaur ulang [3]. *Reverse Vending Machine* bekerja seperti mesin penjual otomatis (*Vending Machine*) tetapi secara terbalik (*Reverse*) [4]. Cara pengoperasian RVM pada umumnya sangat mudah, pengguna cukup memasukkan wadah bekas kedalam mesin, kemudian mesin akan mengidentifikasi jenis wadah bekas tersebut menurut berat, bahan dan atau kode barcode yang ada pada wadah tersebut. Kebanyakan RVM menggunakan sistem pemrosesan gambar secara realtime dalam mendeteksi barang yang masuk [4]. Untuk mencegah kecurangan yang dilakukan oleh pengguna, maka RVM menggunakan beberapa lapis pemeriksaan terhadap wadah yang dimasukkan kedalam mesin. Sebagai contoh prosedur dasar pemeriksaan dilakukan melalui tiga tahap yaitu pemeriksaan terhadap material penyusun wadah dengan menggunakan *Spectrum-IR*, pemeriksaan terhadap bentuk dari wadah, serta pemeriksaan terhadap *Barcode* yang ada pada wadah tersebut [3] [5]. Ketiga prosedur tersebut dilakukan untuk menghindari kecurangan atau percobaan penipuan. Tetapi dengan menggunakan ketiga prosedur tersebut, maka harga dari mesin RVM ini menjadi mahal [5].

Pada dasarnya penelitian terkait pengembangan RVM dapat dibagi mejadi tiga bagian [6] yaitu peneleitian dibidang pengembangan sumber daya RVM [7], pengembangan pada mikrokontroler [4], dan pengembangan dibidang mekanika dan pendeteksian wadah kosong [8]. Beberapa penelitian telah dilakukan tentang sistem pengenalan dan pemilah wadah kosong pada mesin RVM. Pengenalan dan pemilahan sampah wadah kosong dapat dilakukan menggunakan pengolahan citra dengan menggunakan modul kamera *Binocular*. Dengan menggunakan sistem kamera binokuler maka jarak antara kamera dengan objek dapat lebih dekat[3]. Namun pada penelitian tersebut terdapat kekurangan yaitu pada proses deteksi objek memerlukan pencahayaan yang sempurna serta membutuhkan waktu untuk proses komputasi pada pengolahan citra. Pengenalan botol juga dapat dilakukan dengan menggunakan sensor Ultrasonik [4]. Penggunaan sensor ultrasonik tersebut untuk mendeteksi ukuran dan bentuk dari wadah kosong. Namun terdapat kekurangan dari penelitian tersebut, yaitu sistem RVM tidak dapat membedakan berat dan warna dari sampah wadah kosong. Proses pengenalan dan Pemilahan wadah kosong juga dapat dilakukan dengan menggunakan kombinasi sensor *Load Cell*, sensor *Hall effect metal*, serta sensor IR [9]. Terdapat kekurangan dari penelitian tersebut yaitu RVM belum dapat mengenali perbedaan warna antara botol atau wadah kosong. Dalam penerapannya di Indonesia perbedaan warna botol berpengaruh terhadap nilai atau harga dari botol tersebut. Proses pengenalan dan pemilahan sampah juga dapat dilakukan dengan menggunakan sensor *photoelectric* dan sensor kapasitif [10]. Namun pada penelitian tersebut tidak mengukur berat dari botol kosong yang dimasukkan kedalam RVM. Penggunaan metode

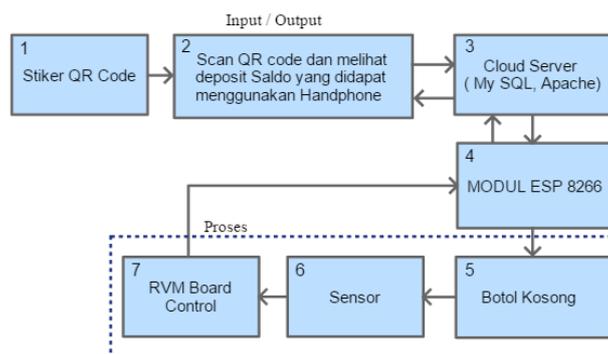
Berbeda dengan penelitian yang sudah ada, *Reverse Vending Machine* (RVM) yang dibuat pada penelitian ini memiliki cara kerja yaitu Pengguna melakukan scan Stiker *Kode QR* yang ada pada mesin RVM menggunakan aplikasi pada handphone, kemudian Pengguna memasukkan sampah ke RVM. Sampah yang dimasukkan tersebut kemudian dilakukan pengenalan dan pemilahan serta dihitung harganya sesuai jenis dan jumlah sampah yang dimasukkan, kemudian poin akan dikirim dan ditambahkan ke saldo point pada database yang ada di cloud server yang seterusnya deposit poin dan saldo total poin dapat dilihat oleh pengguna melalui aplikasi Android. Pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini dikhususkan pada bagian sistem pengenalan dan pemilahan sampah yang berbeda dengan penelitian yang sudah ada. Proses deteksi sampah dilakukan dengan menggunakan 3 buah kombinasi sensor yaitu sensor *LoadCell* dengan tipe 1 kg yang digunakan untuk mendeteksi berat sampah wadah kosong, Sensor Proximity Induktif untuk mendeteksi jenis botol atau wadah kosong dan sensor LDR yang digunakan untuk mendeteksi intensitas warna wadah kosong atau sampah yang dimasukkan kedalam RVM. Pada proses deteksi warna botol ini menggunakan metode *Euclidean Distance* [11] [12] [13] . Pada proses pemilahan dilakukan dengan menggunakan aktuator Motor Stepper untuk memindahkan sampah ke bak penampung sampah atau dikeluarkan kembali dikarenakan sampah tidak sesuai dengan kriteria yang diharapkan.

Metode Penelitian

Pada bagian ini akan membahas tentang diagram proses, diagram alur, implementasi dari diagram proses kedalam perancangan hardware, serta Implementasi perhitungan Euclidean Distance untuk deteksi jenis botol berdasarkan sensor LDR.

Diagram Proses

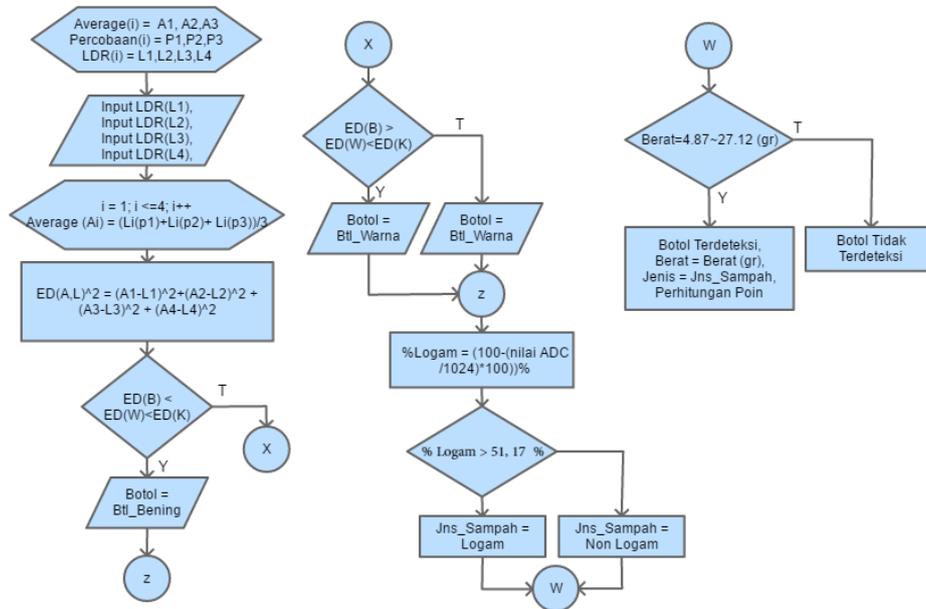
Gambar 1 menunjukkan Blok diagram dari keseluruhan sistem *Reverse Vending Machine* (RVM) yang ada pada penelitian ini. Pada Blok pertama berupa stiker kode QR yang sudah dibuat dan ditempelkan pada mesin RVM. Stiker Kode QR tersebut pada Blok kedua dilakukan pemindaian oleh Handphone pengguna, Kode QR ini sebagai penanda Id atau Kode dari *Reverse Vending Machine* (RVM) yang digunakan. Pada aplikasi yang digunakan nantinya terdapat Android Scan generator yang digunakan sebagai jembatan untuk mencocokkan antara ID pengguna dan perangkat sehingga poin yang didapat akan masuk ke pengguna yang memakainya. Pada blok ketiga berisi Web Server yang digunakan untuk menyimpan dan mengunggah file backend yang berektensi PHP ke hosting server. MySQL merupakan platform database digunakan untuk menyimpan seluruh data yang masuk dan data pengguna aplikasi. Selanjutnya pada blok ke empat, data yang terdapat pada database kemudian dihubungkan dengan RVM menggunakan modul ESP 8266. Setelah Perangkat Handphone dan RVM sudah terhubung maka selanjutnya pengguna memasukkan botol kosong kedalam mesin RVM. Pada blok keenam, botol tersebut dilakukan pendeteksian dan pemilahan sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Setelah proses deteksi, kemudian dilakukan pemilahan dan jika botol yang dimasukkan sesuai dengan kriteria, maka botol akan dimasukkan kedalam box penyimpanan dan dinilai poin dari botol atau sampah tersebut dan kemudian dikirim ke database di Cloud Server, sebaliknya jika sampah yang dimasukkan tidak sesuai dengan kriteria, maka sampah akan dikeluarkan kembali dari RVM. Poin yang sudah dikirim ke server tersebut kemudian ditampilkan ke aplikasi yang terhubung dengan mesin RVM tersebut.



Gambar 1. Diagram Proses sistem Reverse Vending Machine (RVM)

Pada penelitian ini, fokus pembahasan pada Blok Proses yang ada pada mesin RVM. Gambar 2 menunjukkan lebih detail terkait diagram Blok dari proses pendeteksian dan pemilahan botol kosong pada mesin RVM. Penjelasan dari fungsi pada masing-masing Blok adalah sebagai berikut: Pada Blok 1 menunjukkan ketika pengguna memasukkan botol kosong kedalam mesin RVM. Selanjutnya Pada Blok 2, botol tersebut dideteksi menggunakan sensor Proximity Induktif. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi bahan dari botol yang dimasukkan apakah berupa logam atau non logam. Proses deteksi juga dilakukan menggunakan sensor *Loadcell*. Sensor ini digunakan untuk menghitung berat sampah yang dimasukkan. Pada Blok 4 terdiri dari 4 buah LDR yang digunakan untuk mendeteksi warna dari botol berdasarkan dari intensitas cahaya yang terhalangi oleh botol yang ditangkap dari Led strip yang dipasang pada sisi tabung yang berhadapan. 4 buah sensor LDR ini disusun secara vertikal dengan jarak 4 cm antara LDR 1 dengan yang lain. Blok 5 merupakan *RVM Board Control* menggunakan Board Arduino *Mega 2566*. Board ini digunakan sebagai pengendali utama yang memproses input, output dan menjalankan keseluruhan sistem. Blok 6 berisi Modul ESP 8266 yang digunakan untuk komunikasi antara *Board Control* dengan Webserver. Blok 7 merupakan Indikator Led yang digunakan untuk menampilkan notifikasi bahwa RVM sedang melakukan proses pengenalan dan pemilahan botol kosong atau sampah. Pada Blok terakhir berisi Motor Stepper, sebagai aktuator untuk memisahkan sampah yang sesuai dengan kriteria dan dimasukkan kedalam bak penampungan dengan sampah yang tidak sesuai dengan kriteria yang dikeluarkan kembali ke pengguna.

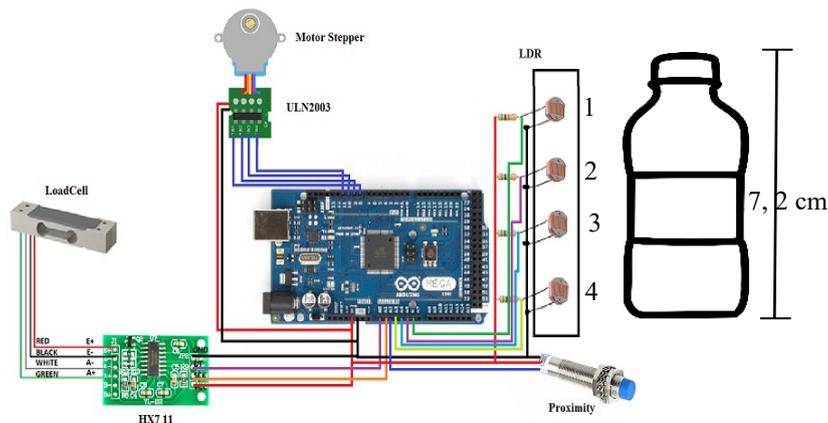
dimasukkan kedalam RVM. Jika prosentase Logam lebih besar sama dengan 51, 17 %, maka botol akan dideteksi sebagai Logam atau kaleng, sebaliknya, maka botol atau sampah akan dikenali sebagai sampah non logam. Proses terakhir adalah penentuan berat dari sampah. Jika sampah atau botol berada diantara 4,87 – 27,12 gram, maka botol atau sampah akan terdeteksi sebagai botol sesuai kriteria, sedangkan jika berat botol atau sampah kurang dari atau ebih dari 4,87-27,12 maka sampah tidak terdeteksi, dan akan dikembalikan lagi ke pengguna.



Gambar 4. Flow Chart Sub Proses pengenalan Botol pada Reverse Vending Machine (RVM)

Perancangan Hardware

Gambar 5 menunjukkan implementasi dari diagram Blok Proses pengenalan dan pemilahan pada Reverse Vending Machine sistem kedalam Perancangan Hardware. Input dari rangkaian berupa Sensor Proximity Induktif yang terhubung dengan pin A2 Arduino, Sensor LoadCell dengan driver HX711 yang terhubung dengan Pin A0 dan A1 Arduino, Sensor LDR yang terhubung dengan Pin Arduino A3-A6 dan minimum sistem yang dipakai adalah Arduino Mega 2560. Untuk Output berupa Motor Stepper dengan driver Motor ULN2003 yang terhubung dengan Arduino pada pin 8-11. Tabel 1 menunjukkan konfigurasi Pin antara komponen input, output dengan board Arduino.



Gambar 5. Desain hardware bagian Proses pengenalan dan pemilahan pada Reverse Vending Machine (RVM)

Tabel 1. Konfigurasi Pin Board Arduino mega 2560 dan Spesifikasi komponen *input/output*

Pin Arduino 2560	Input / Output		
	Pin / No.	Sensor/ Aktuator	Keterangan
A0	DT		Kabe warnah Hijau Load Cell 1 Kg YZC-133 dihubungkan dengan input A+(Input posited) pada modul <i>24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales HX 711</i> [14]
A1	SCK	HX711	
A2	Data	Proximity Induktif	Proximity Induktif dengan tipe LJ12A3-4-Z/BX
A3	1	LDR	4 buah sensor LDR yang disusun secara vertikal, dimulai dari no.1 paling bawah sampai no.4 paling atas.
A4	2		
A5	3		
A6	4		
8	Out 1	ULN2003	4 pin Motor Stepper 28BYJ-48 – 5V terhubung dan Driver ULN2003
9	Out 2		
10	Out 3		
11	Out 4		

Implementasi Algoritma Euclidean Distance untuk deteksi jenis botol berdasarkan sensor LDR

Penggunaan Algoritma Euclidean Distance (ED) sering dipakai dalam pengukuran kemiripan suatu data dengan data yang lain. Umumnya pengukuran kemiripan dilakukan dengan cara mengukur jarak dari 2 titik atau lebih dalam ED [13]. Pada penelitian ini, algoritma ED dipakai untuk mencocokkan data masukan sensor LDR dari botol yang dimasukkan kedalam *Reverse Vending Machine* dengan Template atau data LDR yang sudah disimpan sebelumnya. Pada algoritma *Euclidean Distance*, jika $u = (x_1, y_1)$ dan $v = (x_2, y_2)$ adalah dua titik dengan dua dimensi, maka *Euclidean Distance* antara u dan v dapat diketahui dengan menggunakan perumusan [11]:

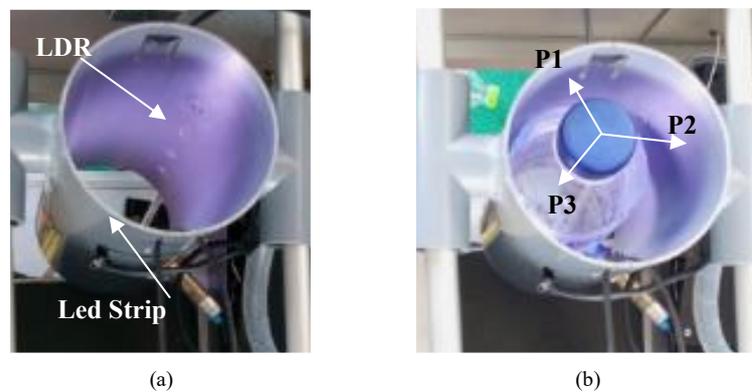
$$ED(u, v) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \tag{1}$$

Jika titik mempunyai n-dimensi seperti $a = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ dan $b = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)$ maka perumusan algoritma Euclidean Distance antara a dan b menjadi [15].

$$ED(a, b) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2}$$

$$ED(a, b) = \sqrt{\sum_i^n (x_i - y_i)^2} \tag{2}$$

Pada penelitian ini, template data LDR didapat dari melakukan percobaan terhadap tiga buah objek yaitu botol plastik bening dengan ukuran 380 ml, botol plastik berwarna 390 ml, dan botol kaleng 320 ml. pengujian dilakukan dengan meletakkan 4 buah Sensor LDR dan Led strip yang saling berhadapan dan diletakkan pada sisi wadah deteksi yang berseberangan, seperti yang terlihat pada gambar 6.a



Gambar 6. (a) Penempatan Sensor LDR dan Led Strip pada wadah deteksi, (b) Kondisi ketika botol dimasukkan kedalam wadah deteksi

Tabel 2. Data percobaan LDR pada Botol plastik bening ukuran 380 ml

	P1	P2	P3	$\bar{x} (P1\sim P3)$
LDR1	832	872	838	847,33
LDR2	877	932	799	869,33
LDR3	928	926	928	927,33
LDR4	883	888	893	888,00
$\sum_{i=1}^4 (\bar{x}_i - LDR_i)^2$	319,33	4537,33	5059,33	
ED	17,8699	67,35973	71,128991	

Tabel 3. Data percobaan LDR pada Botol plastik berwarna ukuran 390 ml

	P1	P2	P3	$\bar{x} (P1\sim P3)$
LDR1	774	780	778	777,33
LDR2	432	496	413	447,00
LDR3	854	832	843	843,00
LDR4	777	770	778	775,00
$\sum_{i=1}^4 (\bar{x}_i - LDR_i)^2$	361,11	2554,11	1165,44	
ED	19,002924	50,5382144	34,138606	

Tabel 4 . Data percobaan LDR pada Botol kaleng ukuran 320 ml

	P1	P2	P3	$\bar{x} (P1\sim P3)$
LDR1	913,00	904,00	915,00	910,67
LDR2	932,00	925,00	940,00	932,33
LDR3	459,00	456,00	475,00	463,33
LDR4	271,00	281,00	265,00	272,33
$\sum_{i=1}^4 (\bar{x}_i - LDR_i)^2$	26,11	227,11	267,44	
ED	5,109903	15,0702061	16,353729	

Nilai LDR dari percobaan (P1,P2,P3) pada tabel tersebut didapat dari nilai Analog A3-A6 pada Board Arduino dengan panjang bit sebesar 10 bit, sehingga rentang nilai LDR adalah 0 – 1023. Tiga buah data rata-rata pembacaan LDR $\bar{x} (P1\sim P3)$ akan dijadikan sebagai template dalam menentukan jenis botol yang dimasukkan kedalam mesin RVM. Pengambilan data pada masing-masing botol dilakukan dengan cara memutar botol sesuai pada gambar 6.b.

Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dibahas tentang pengujian terhadap sistem yang sudah dibuat serta pembahasan terkait hasil yang sudah didapat. Pengujian dilakukan melalui beberapa bagian, mulai dari pengujian sensor Loadcell, pengujian algoritam ED dalam menentukan jenis botol berdasarkan warna menggunakan Sensor LDR, pengujian terhadap Sensor Proximity Induktif serta pengujian keseluruhan sensor dan menghitung poin sesuai dengan jenis dari botol yang dimasukkan kedalam RVM.

Pengujian Sensor Loadcell

Pengujian Sensor Loadcell dilakukan dengan mengambil data dari sensor Loadcell kemudian membandingkan dengan berat asli dari sampah dengan timbangan Digital. Dikarenakan input dari sensor Loadcell berupa data analog, maka perlu dilakukan konversi dari nilai analog kedalam satuan gram (gr). Pada penelitian ini, untuk mendapatkan nilai akhir dalam bentuk gram, peneliti menggunakan Library HX711.h yang di masukkan kedalam program arduino. Pengujian terhadap berat botol kosong dilakukan dengan menggunakan sampah botol yang berbeda-beda. Pada penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap sampah botol plastik sebanyak 6 buah dengan merek yang berbeda-beda serta sampah botol kaleng sebanyak 3 buah dengan merek yang berbeda juga. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dengan jenis botol yang berbeda-beda. Hasil pengujian dapat dilihat pada table 5. Pada tabel tersebut diketahui bahwa untuk pembacaan berat sampah botol mempunyai prosentase error total (π_{ET}) pembacaan sebesar 0.72 %, sehingga tingkat keakurasian pembacaan sensor terhadap berat botol sebesar 99, 28 %.

Tabel 5. Hasil Pengujian Berat Sampah Botol menggunakan sensor Loadcell

Pengujian algoritam ED dalam menentukan jenis botol berdasarkan warna menggunakan Sensor LDR

Merek	Percobaan 1			Percobaan 2			Percobaan 3			Rata-rata Error (%)
	Weight (gram)	LC (gram)	Error 1 (%)	Weight (gram)	LC (gram)	Error 2 (%)	Weight (gram)	LC (gram)	Error 3 (%)	
Aqua 380 ml	16	15.77	1.43	16	15.77	1.43	16	15.68	2	1.37
Sprite 390 ml	20	19.67	1.65	20	19.67	1.65	20	20.18	0.9	1.11
Pepsi 450 ml	27	26.88	0.44	27	26.88	0.44	27	27.12	0.44	0.71
Crystaline 330 ml	16	16.15	0.9	16	16.15	0.9	16	15.89	0.68	1.02
Cleo gelas plastik	5	4.90	2	5	4.90	2	5	4.87	0.26	0.88
Teh Pucuk 350 ml	27	27.11	0.4	27	27.11	0.4	27	27.12	0.44	0.33
Lasegar kaleng 320 ml	13	13.08	0.61	13	13.08	0.61	13	12.97	0.23	0.31
Sosro kaleng 330 ml	13	13.23	0.17	13	13.23	0.17	13	13.11	0.84	0.41
Green Sand kaleng 330 ml	14	14.24	0.17	14	14.24	0.17	14	13.94	0.4	0.42
Interval Berat	5~27	4.9~26.88		5~27	4.9~26.88		5~27	4.87~27.12		
Prosentase Rata-rata Error Total Pembacaan Loadcell (πET)										0.72

Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan botol uji kedalam RVM. Sensor LDR akan membaca intensitas cahaya yang diterima dari Led strip. Data masing-masing sensor LDR tersebut akan dibandingkan dengan data referensi atau template dan sebagai parameter untuk mendapatkan nilai *Euclidean Distance*. Tabel 6 merupakan data perbandingan antar nilai LDR yang didapat saat pengujian dengan data template yang berupa nilai rata-rata LDR. Botol-botol tersebut akan dilakukan pengenalan berdasarkan nilai akhir dari *Euclidean Distance* sesuai dengan rumus (3).

Tabel 6. Perbandingan nilai LDR botol uji dengan rata-rata LDR

LDR	\bar{x} botol Bening	\bar{x} botol Warna	\bar{x} botol kaleng	Crystaline 330 ml	Pepsi 450 ml	Cleo 330 ml	Sosro kaleng 330 ml
LDR1	847,33	777,33	910,67	799	820	860	913
LDR2	869,33	447,00	932,33	902	639	934	932
LDR3	927,33	843,00	463,33	941	863	835	459
LDR4	888,00	775,00	272,33	894	779	844	271

Dengan menggunakan perumusan no.2, maka untuk mendapatkan nilai Euclidean Distance (ED) antara data *LDRi* yang didapat pada botol yang diuji coba dengan nilai rata-rata LDR (\bar{x}_i) yang didapat saat percobaan, maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$ED(\bar{x}_i, LDRi) = \sqrt{(\bar{x}_1 - LDR_1)^2 + (\bar{x}_2 - LDR_2)^2 + (\bar{x}_3 - LDR_3)^2 + (\bar{x}_4 - LDR_4)^2} \quad (3)$$

Tabel 7. Hasil pengenalan jenis Sampah Botol berdasarkan warna dengan menggunakan sensor LDR

	Merek Botol	ED → \bar{x} botol Bening	ED → \bar{x} botol Warna	ED → \bar{x} botol kaleng
Euclidean Distance	Crystaline 330 ml	60,22	480,89	792,48
	Pepsi 450 ml	264,24	197,74	714,64
	Cleo 330 ml	121,67	498,83	683,75
	Sosro kaleng 330 ml	779,91	809,38	5,10

Tabel 7 merupakan tabel hasil pengujian dan pengenalan jenis sampah botol bekas berdasarkan nilai akhir Euclidean Distance. Pada merek Botol Crystaline jika dibandingkan dengan template botol bening dan dimasukkan kedalam rumus 3, menghasilkan nilai ED yang paling kecil yaitu 60, 22 sehingga dapat dikenali bahwa botol tersebut merupakan botol plastik bening. Pada botol Pepsi, jika data LDR dibandingkan dengan template botol warna, menghasilkan nilai yang paling kecil sehingga dapat dikenali bahwa botol pepsi merupakan botol plastik berwarna. Sebaliknya pada Botol Sosro Kaleng, nilai ED

diketahui paling kecil ketika data LDR dibandingkan dengan template botol kaleng. Sehingga dapat diketahui bahwa sampah bekas botol sosro kaleng 330 ml merupakan botol berwarna dengan jenis kaleng.

Pengujian Sensor Proximity

Pengujian Sensor Proximity dilakukan dengan memasukkan sampah botol ke dalam tabung kemudian mencatat nilai yang dihasilkan dari pembacaan sensor Proximity melalui Serial Monitor Arduino IDE pin A2 dengan panjang data sebesar 10 bit. Nilai Proximity Sensor diambil dengan mendekati benda logam dan non logam. Benda logam yang dipakai menggunakan botol bekas minuman kaleng yang ternyata mempunyai nilai pembacaan Analog sebesar 122-130 seperti pada tabel 8. Sedangkan untuk botol plastik mempunyai nilai pembacaan Analog sebesar 1023. Untuk menghitung prosentase logam pada botol yang dimasukkan kedalam mesin RVM dengan menggunakan rumus (4). Sebagai pembatas nilai agar sistem dapat berjalan secara otomatis, maka pada program ditentukan nilai pembatas input A2 yang dapat ditoleransi sebesar 500 atau dalam % Logam sebesar 51,17 %. Jika hasil akhir pembacaan % Logam dibawah 51,17%, maka botol dianggap Non Logam, sebaliknya jika nilai % Logam lebih besar sama dengan 51,17%, maka botol dianggap sebagai benda logam atau kaleng.

$$\% \text{ Logam} = \left(100 \% - \left(\frac{\text{Nilai ADC}}{1024} \times 100 \right) \right) \% \quad (4)$$

Tabel 8. Pembacaan sensor Proximity Induktif pada Arduino IDE

Merek	Percobaan		
	Nilai Analog(A2)	% Metal	Jenis
Aqua 380 ml	1023	0,10	Non Logam
Sprite 390 ml	1023	0,10	Non Logam
Pepsi 450 ml	1023	0,10	Non Logam
Crystaline 330 ml	1023	0,10	Non Logam
Cleo gelas plastik	1023	0,10	Non Logam
Teh Pucuk 350 ml	1023	0,10	Non Logam
Lasegar kaleng 320 ml	126	87,70	Logam
Sosro kaleng 330 ml	122	88,09	Logam
Green Sand kaleng 330 ml	130	88,09	Logam

Pengujian Sistem RVM Pada Sampah Botol Kosong

Pengujian sampah dilakukan dengan mengambil semua nilai dari semua sensor ketika sampah dimasukkan ke dalam tabung. Gambar 7 menunjukkan Reverse Vending Machine (RVM) yang dibuat pada penelitian ini. RVM sampah botol kosong ini memiliki panjang (p) 45 cm, lebar (l) 44 cm dan tinggi (t) 90 cm. Mekanik alat menggunakan Tabung yang digerakkan oleh Motor Stepper. Rangka yang digunakan menggunakan Aluminium. Untuk penutup samping menggunakan triplek yang dilapisi seng agar ringan. Sedangkan untuk penutup atas menggunakan Akriik. Dan tabung yang digunakan untuk meletakkan sensor dibuat dari Pipa PVC.



Gambar 7. Foto Reverse Vending Machine (RVM)

Untuk pemberian poin dilakukan dengan cara mengonversi harga hasil survei ke Pengepul sampah menjadi poin dengan cara seperti rumus (5). Dari hasil survei diketahui bahwa Harga sampah botol kosong plastik bening apapun mereknya dengan sampah botol berwarna terdapat perbedaan harga per kilogramnya.

Pada harga sampah botol plastik dengan sampah botol kaleng juga berbeda. Harga tersebut juga dapat berbeda dengan harga didaerah lain, ha ini dikarenakan harga sampah botol dipengaruhi oleh pengepul serta harga yang diberikan oleh pabrik yang menerima sampah plastik untuk di daur ulang kembali. Tabel 9 menunjukkan hasil survei perbedaan harga dari masing-masing jenis sampah botol serta perhitungan rata-rata poin hasil konversi dari Harga/Kg menjadi poin. Untuk berat sampah botol pada tabel (9) menggunakan rata-rata berat sejenis dengan mengacu pada tabel 5. Perhitungan poin dilakukan dengan cara:

$$Poin = \left(\frac{Harga(Rp)/Kg}{1000} \right) \times Berat Botol \quad (5)$$

Tabel 9. Tabel Rata-rata poin Konversi sampah botol yang dimasukkan kedalam RVM

Jenis Sampah	Harga / Kg (Rp)	Harga / gr (Rp)	Berat sampah (gr)	Poin (Rp)
Botol Plastik bening	2200	2,2	16	35,2
Botol Plastik Berwarna	3500	3,5	25	87,5
Botol Kaleng	1100	1,1	13	14,3

Tabel 10. Merupakan tabel pengujian yang dilakukan dengan memasukkan berbagai macam botol kosong kedalam *Reverse Vending Machine*. Untuk pemberian poin dilakukan dengan menggunakan rumus (5). Untuk harga per gram dari botol yang dimasukkan ke RVM, disesuaikan dengan hasil pengenalan jenis Botol berdasarkan warna serta mengacu pada harga per gram yang ada pada tabel 3. Pada pengujian ini, sensor Proximity digunakan untuk mengenali jenis botol apakah logam atau tidak, jika diketahui bahwa botol merupakan jenis logam, maka harga per gramnya akan mengacu pada jenis sampah Botol Kaleng seperti pada tabel 9. Sebaliknya, jika sampah terdeteksi sebagai sampah non logam, maka sistem akan melakukan pengenalan terhadap warna dari botol, jika diketahui bahwa sampah botol berwarna bening, maka harga per gram akan mengacu pada harga sampah botol plastik bening sesuai tabel 9. Jika sampah botol terdeteksi sampah botol berwarna, maka harga per gramnya akan mengacu pada harga pada Botol Plastik berwarna sesuai pada tabel 9. Poin-poin yang didapat dari mengumpulkan sampah botol tersebut akan dikirim ke Web Server untuk dimasukkan kedalam deposit saldo pengguna. Nantinya poin tersebut akan ditukar dengan uang sesuai dengan banyaknya poin dalam rupiah yang dikumpulkan. Penelitian ini melengkapi kekurangan yang ada pada penelitian [4] yang hanya menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi sampah botol, sehingga kurang maksimal jika diterapkan. Serta melengkapi penelitian [9] yang menggunakan sensor loadcell dan sensor logam, akan tetapi belum menggunakan sensor warna untuk mendeteksi jenis botol plastik bening atau berwarna.

Tabel 10. Hasil Pengujian sampah botol yang dimasukkan kedalam RVM

Jenis Sampah	LDR1	LDR2	LDR3	LDR4	Load cell	Proximity	Poin (Rp)
Aqua 380 ml	799	902	941	894	12.62	1023	27,8
Sprite Hijau 390 ml	820	639	863	779	14.63	1023	51,2
Kaleng Lasegar 320 ml	913	932	459	271	11.34	126	12,5
Cheers 330 ml	881	811	921	876	11.48	1023	25,3
Pepsi 420 ml	862	754	612	513	20.35	1023	71,2

Kesimpulan

Proses Pengenalan dan pemilahan sampah pada *Reverse Vending Machine* dengan menggunakan tiga buah kombinasi sensor telah dapat di implementasikan sesuai dengan harapan. Hal ini diketahui dengan tingkat keberhasilan pengujian pada masing-masing sensor dengan didapatkan tingkat keakurasian pembacaan sensor terhadap berat botol sebesar 99, 28 %. Pada pengujian pengenalan warna botol menggunakan algoritma Euclidean Distance dengan masukan dari sensor LDR juga dapat dilakukan dengan maksimal. Dipilihnya sensor LDR untuk mendeteksi warna botol ini dibanding sensor warna, dikarenakan botol yang dideteksi hanya ada tiga kriteria yaitu botol plastik bening, berwarna, dan botol kaleng sehingga dengan menggunakan sensor LDR sudah mencukupi. Selain itu jika menggunakan sensor warna maka penempatan botol harus sangat dekat dengan sensor serta membutuhkan tempat yang lebih besar untuk meletakkan sensor pada wadah pemilah sehingga kurang efektif jika diterapkan pada *Reverse Vending Machine*. Pengujian terhadap jenis botol apakah termasuk jenis logam (kaleng) atau non logam (Pastik) dengan menggunakan sensor proximity induktif juga dapat dilakukan dengan tingkat keberhasilan 100%. Pada proses pengujian poin yang didapat dari sampah yang dimasukkan kedalam RVM juga dapat dilakukan sesuai dengan kriteria masing-masing. Namun dari penelitian ini ada tantangan yang masih belum terselesaikan, yaitu sistem masih belum dapat membedakan sampah botol yang masih terdapat cairan

didalamnya atau tidak, sehingga jika sampah botol ini masih terdapat cairan didalamnya, maka akan mempengaruhi dari poin yang didapatkan oleh pengguna.

Daftar Pustaka

- [1] "What a Waste : A Global Review of Solid Waste Management." <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388> (accessed May 01, 2020).
- [2] J. R. Jambeck *et al.*, "Plastic waste inputs from land into the ocean," *Science*, vol. 347, no. 6223, pp. 768–771, Feb. 2015, doi: 10.1126/science.1260352.
- [3] "The Optical Subsystem for the Empty Containers Recognition and Sorting in a Reverse Vending Machine - IEEE Conference Publication." <https://ieeexplore.ieee.org/document/8782990> (accessed May 01, 2020).
- [4] "Hardware based design and implementation of a bottle recycling machine using FPGA - IEEE Conference Publication." <https://ieeexplore.ieee.org/document/7920701> (accessed May 01, 2020).
- [5] A. N. Kokoulin, A. I. Tur, and A. A. Yuzhakov, "Convolutional neural networks application in plastic waste recognition and sorting," in *2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus)*, Jan. 2018, pp. 1094–1098, doi: 10.1109/EIConRus.2018.8317281.
- [6] R. Tomari, A. A. Kadir, W. N. W. Zakaria, M. F. Zakaria, M. H. A. Wahab, and M. H. Jabbar, "Development of Reverse Vending Machine (RVM) Framework for Implementation to a Standard Recycle Bin," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 105, pp. 75–80, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.procs.2017.01.202.
- [7] A. J. M. Rubio and J. P. Lazaro, "Solar Powered Reverse Trash Vendo Machine," 2016. <https://www.semanticscholar.org/paper/Solar-Powered-Reverse-Trash-Vendo-Machine-Rubio-Lazaro/8b2eae4cd86b4d9dd2b9c3e50537938c70abf85b> (accessed May 03, 2020).
- [8] "Smart Recycle Bin: A Conceptual Approach of Smart Waste Management with Integrated Web Based System | Request PDF." https://www.researchgate.net/publication/283229461_Smart_Recycle_Bin_A_Conceptual_Approach_of_Smart_Waste_Management_with_Integrated_Web_Based_System (accessed May 13, 2020).
- [9] M. Islam, M. F. Ferdous, M. S. R. Almazee, M. S. Dipto, K. T. Sultana, and A. Hasan, "Recyclable Plastic Bottles Deposit and Refund System (RPBDRS)," in *2019 Joint 8th International Conference on Informatics, Electronics Vision (ICIEV) and 2019 3rd International Conference on Imaging, Vision Pattern Recognition (icIVPR)*, May 2019, pp. 45–50, doi: 10.1109/ICIEV.2019.8858577.
- [10] W. G. P. Dumpayan, M. L. M. De Mesa, N. D. F. Yucor, E. T. Gabion, J. D. Reynoso, and G. R. M. Geslani, "Two-way powered microcontroller-based plastic bottles 'drop-and-tap' reverse vending machine with stored value system using radio frequency identification (RFID) scanner technology," in *2017 IEEE 9th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM)*, Dec. 2017, pp. 1–8, doi: 10.1109/HNICEM.2017.8269433.
- [11] M. D. Malkauthekar, "Analysis of euclidean distance and Manhattan Distance measure in face recognition," in *Third International Conference on Computational Intelligence and Information Technology (CIIT 2013)*, Oct. 2013, pp. 503–507, doi: 10.1049/cp.2013.2636.
- [12] F. Samopa and Y. Yulianawati, "PENERAPAN EUCLIDEAN DISTANCE PADA PENCOCOKAN POLA UNTUK KONVERSI CITRA KE TEKS," *JUTI J. Ilm. Teknol. Inf.*, vol. 1, p. 32, Jul. 2002, doi: 10.12962/j24068535.v1i1.a94.
- [13] M. Nishom, "Perbandingan Akurasi Euclidean Distance, Minkowski Distance, dan Manhattan Distance pada Algoritma K-Means Clustering berbasis Chi-Square," *J. Inform. J. Pengemb. IT*, vol. 4, no. 1, pp. 20–24, Jan. 2019, doi: 10.30591/jpit.v4i1.1253.
- [14] "datasheet.pdf." Accessed: May 10, 2020. [Online]. Available: https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132222/AVIA/HX711/+01_4W5XvupwcKbwtN+/datasheet.pdf.
- [15] "(PDF) Performance comparison of distance metrics in content-based image retrieval applications." https://www.researchgate.net/publication/308953711_Performance_comparison_of_distance_metrics_in_content-based_image_retrieval_applications (accessed May 23, 2020).