

REVERSE VENDING MACHINE PENUKARAN LIMBAH BOTOL KEMASAN PLASTIK DENGAN TIKET SEBAGAI ALAT TUKAR MATA UANG

Prio Handoko, Hendi Hermawan, Safitri Jaya

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi dan Desain, Universitas Pembangunan Jaya,
Tangerang Selatan, Jl. Cendrawasih Raya Blok B7/P Bintaro Jaya,
Sawah Baru, Ciputat, Tangerang Selatan, 15413
prio.handoko@upj.ac.id

Abstrak

Mesin *reverse vending* atau *reverse vending machine* merupakan sebuah mesin *vending* yang membalikkan prinsip kerja mesin *vending* pada umumnya. Mesin *vending* pada umumnya memiliki prinsip ketika sejumlah uang dimasukkan ke dalam mesin ini maka konsumen dapat memilih produk yang diinginkan dengan hanya menekan tombol yang mewakili produk yang diinginkan. Mesin *reverse vending* justru membalikkan prinsip kerjanya, dimana produk dimasukkan terlebih dahulu ke dalam mesin kemudian mesin akan menanggapi dengan mengeluarkan sejumlah uang dan pengembangan mesin *reverse vending* ini merupakan salah satu dari sekian banyak perkembangan di bidang teknologi informasi, khususnya kecerdasan buatan. Kecerdasan yang ditanamkan pada mesin *reverse vending* ini adalah selain memiliki kemampuan untuk mendeteksi ukuran botol yang berbeda-beda yaitu, 300ml, 600ml, dan 1500ml, mesin ini pun secara otomatis mengeluarkan sejumlah tiket sebagai alat tukar mata uang yang disesuaikan ukuran botol. Pengembangan mesin *reverse vending* hanya dikhususkan pada limbah botol kemasan plastik air mineral saja. Mesin *reverse vending* dalam penelitian ini kan dibuat lebih sederhana dengan biaya produksinya yang lebih rendah. Pengembangan mesin *reverse vending* ini dilakukan dengan metode literasi, eksperimen serta melakukan serangkaian uji coba selaras dengan metode R&D guna memastikan mesin dapat bekerja sesuai yang diharapkan. Penggunaan mesin *vending* dengan prinsip ini dimungkinkan baru pertama kali digunakan di Indonesia, khususnya untuk media penukaran limbah botol kemasan plastik dan pengguna cukup memasukkan minimal 1 limbah botol plastik ke dalam mesin *vending* ini. Diharapkan dengan semakin banyak masyarakat yang menggunakan mesin *vending* ini, maka limbah botol kemasan plastik yang dapat ditekan jumlahnya dan meningkatkan kualitas kebersihan lingkungan pada umumnya.

Kata kunci: mesin *reverse vending*, kecerdasan buatan, limbah botol plastik, R&D.

Abstract

A reverse vending machine or reverse vending machine is a vending machine that reverse vending machine working principles in General. Machine shops in General having the principle when the amount of money put into this machine so consumers can choose the desired product by simply pressing the button that represents the desired product. A reverse vending machine thus reversing the principle works, in which the product is first put into the machine and then the engine will respond by issuing a certain amount of money. Development of reverse vending machines is one of the many developments in the area of information technology, particularly artificial intelligence. Intelligence that is embedded on the reverse vending machine this is in addition to having the ability to detect different bottle size i.e., 300 ml, 600 ml, and 1500ml, the machine is automatically produced a number of tickets as a means of currency exchange rates adjusted the size of the bottle. Development of reverse vending machines only devoted on waste plastic bottles of mineral water only. A reverse vending machine in the study right is made simpler with lower production costs. Development of reverse vending machines is done by methods of

literacy, experiments and perform a series of tests in accordance with the R&D method to ensure the engine can work as expected. The use of vending machines with this principle it is possible first used in Indonesia, especially to the media onsite waste plastic bottles and users simply enter a minimum of 1 waste plastic bottle into vending machines. Expected with more and more communities are using vending machines, then the waste plastic bottles can be pressed to a minimum number and enhance the quality of cleanliness of the environment.

Keywords: *reverse vending* machines, artificial intelligence, waste plastic bottle, R&D.

PENDAHULUAN

Vending machine atau mesin *vending* (mesin penjual otomatis) merupakan sebuah mesin elektronika otomatis yang digunakan untuk menjual produk - pada umumnya adalah makanan, minuman, surat kabar, rokok - setelah sejumlah uang dimasukkan ke dalam mesin (BusinessDictionary, 2017). Penggunaan mesin *vending* ini pada saat ini ternyata tidak hanya terbatas pada penjualan makanan, minuman, surat kabar dan rokok saja, di negara Italy bahkan terdapat sebuah mesin *vending* yang dapat menjual pizza bagi konsumen dimana mesin ini dilengkapi dengan mesin pembuatan pizza di dalamnya (The New York Times, 2017). Pengembangan mesin *vending* ini sudah lama sekali dilakukan sebagai salah satu alternatif penjualan produk dengan tujuan untuk dapat mengurangi pengeluaran biaya untuk membayar gaji karyawan karena tidak dibutuhkan personil yang khusus untuk mengoperasikan mesin, biaya sewa lokasi penjualan, biaya penggunaan listrik, dan/atau bahkan biaya membangun tempat penjualan produk seperti gerai atau kios.

Mesin *vending* yang digunakan pada umumnya memiliki prinsip kerja yang sama, dimana ketika konsumen memasukkan sejumlah uang ke dalam mesin tersebut, kemudian konsumen dapat memilih produk yang diinginkan dengan menekan tombol yang mewakili produk tersebut dan kemudian produk akan keluar melalui tempat yang telah disediakan, atau untuk beberapa mesin *vending*, seperti mesin *vending* surat kabar, konsumen hanya tinggal mengambil saja surat kabar yang diinginkan karena biasanya setiap *vending* mesin mewakili surat kabar tertentu. Beberapa referensi yang didapatkan oleh peneliti, saat ini memang belum ada mesin *vending* yang melakukan hal sebaliknya, artinya produk terlebih dahulu dimasukkan, barulah kemudian sejumlah uang yang dikeluarkan, dan hal inilah yang menjadi menarik. Terkait gambaran

mengenai prinsip kerja mesin *vending* pada umumnya dan belum adanya mesin *vending* yang memiliki prinsip sebaliknya (*reverse*), peneliti tertarik untuk melakukan eksplorasi pengembangan mesin *vending* dengan prinsip *reverse* ini dengan mengembangkan sebuah mesin *vending reverse* sederhana dengan biaya produksi yang lebih rendah. Mesin *vending* ini akan menerima objek berupa limbah botol kemasan plastik yang digunakan sebagai input dan akan menanggapi dengan mengeluarkan tiket berwarna. Limbah botol kemasan plastik ini ketika dimasukkan ke dalam mesin selanjutnya akan dideteksi oleh sensor yang terdapat di dalam mesin untuk menentukan ukuran botol (300ml, 600ml atau 1500ml) dan setiap ukuran botol yang dimasukkan memiliki perbedaan nilai tukar dalam rupiah yang diwakilkan oleh tiket yang akan dikeluarkan mesin yang dibedakan atas warnanya dimana tiket hijau untuk botol plastik ukuran 300ml, tiket kuning untuk ukuran 600ml, dan tiket merah untuk ukuran 1500ml. Tiket ini kemudian dapat ditukarkan dengan sejumlah uang di loket penukaran tiket yang telah ditentukan, misalkan gerai mini market. Mesin *vending* yang akan dikembangkan menggunakan perangkat keras modul Arduino Mega2560 R3 sebagai pusat kendali utama sistem yang terhubung dengan beberapa sensor infra merah dan motor servo.

Peneliti berkeyakinan bahwa dengan pengembangan mesin *vending* ini dapat menjadi salah satu alternatif cara untuk dapat mengurangi sampah plastik, khususnya sampah plastik limbah botol kemasan plastik. Pengembangan mesin *vending* ini merupakan bentuk kontribusi peneliti dalam turut membantu menjaga lingkungan dan sebagai salah satu bentuk kampanye kepada masyarakat untuk tidak membuang limbah botol kemasan plastik di sembarang tempat. Agar penelitian yang dilakukan tidak keluar dari pembahasan, maka sebuah . Adapun perumusan masalah dalam

penelitian ini adalah “bagaimanakah mengembangkan sebuah mesin vending dengan prinsip reverse yang dapat menerima masukkan limbah botol kemasan plastik dan menanggapi dengan mengeluarkan tiket berwarna sesuai hasil deteksi ukuran botol?”.

TINJAUAN REFERENSI

Sejalan dengan kebutuhan penelitian, beberapa pustaka digunakan untuk dapat mendukung terlaksananya penelitian lebih lanjut. Peneliti mengawali penelitian ini dengan melakukan tinjauan terhadap beberapa pustaka mengenai penelitian terdahulu, kemudian dilanjutkan dengan menambahkan beberapa pustaka untuk menyempurnakan pustaka penelitian.

Penelitian Terdahulu

Tinjauan terhadap penelitian terdahulu ditujukan untuk memberikan gambaran mengenai proses perancangan dan pengembangan *reverse* mesin *vending* yang pernah dilakukan sebelumnya sekaligus untuk mengumpulkan data mengenai perangkat yang digunakan dalam penelitian untuk dijadikan bahan pertimbangan peneliti dalam penentuan perangkat yang akan digunakan dalam pengembangan sistem yang akan dilakukan peneliti.

Penelitian terdahulu digunakan sebagai referensi dalam perancangan dan pencarian ide atau kasus yang akan diteliti dan diimplementasikan dalam sebuah pengembangan mesin *vending*. Beberapa penelitian yang digunakan sebagai referensi pengembangan sistem yang akan dilakukan berkisar pada pengembangan mesin *vending*, baik dari sisi komponen utama dan pendukung yang digunakan, implementasi serta kebutuhannya.

Penelitian terdahulu yang pertama adalah penelitian yang dilakukan oleh Moh Alifuddin dalam penelitiannya yang berjudul “*Pengembangan Mesin Vending Dengan Sistem Pengembalian Mata Uang Rupiah*” (Alifuddin, 2014). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah mesin *vending* yang dapat mendeteksi nominal uang yang dimasukkan ke dalam mesin dan dapat mengembalikan selisih uang yang dimasukkan apabila nominal uang yang dimasukkan lebih besar dari harga produk yang dipilih. Mesin yang dikembangkan tersebut menggunakan

mikrokontroler AVR Atmega sebagai komponen utamanya dan komponen pendukung sensor warna TCS-3200 yang dapat mendeteksi dan mengukur hampir tak terbatas warna. Penelitian terdahulu lainnya, yaitu penelitian yang dilakukan oleh Abhishek Luthra dkk. dengan judul penelitiannya adalah “*Design and Implementation of Vending Machine using Verilog HDL on FPGA*” (Luthra et. al., 2015) merupakan sebuah penelitian yang menjelaskan mengenai perancangan dan pengembangan mesin *vending* menggunakan pendekatan pemodelan Finite State yang mengacu kepada mesin *vending* model Mealy Machine.

“*Solar Powered Reverse Trash Vendo Machine*” merupakan sebuah judul penelitian dimana mengembangkan sebuah *reverse vending machine* (RVM) yang memanfaatkan tenaga surya sebagai penyedia daya utama mesin. Mesin RVM yang dikembangkan ini dapat menerima objek berupa limbah botol kemasan plastik dengan ukuran maksimal 500ml dan limbah minuman kemasan kaleng dengan diameter 3,5 inci. *Reverse vending* ini dikembangkan dengan menggunakan Gizduino X Atmega 1281 yang terdapat pada papan mikrokontroler Gizduino 644, modul GSM Shield, dan pasokan daya yang dibutuhkan sebesar 15V (Alexis et. al., 2016). Penelitian berjudul “*Cigarette Vending Machine Dan Cicard “Solusi Alternatif Untuk Mengurangi Jumlah Perokok Aktif Dibawah Umur*” (Ramadhani et. al., 2014) merupakan sebuah penelitian untuk mengembangkan sebuah mesin *vending* untuk penjualan rokok dimana konsumen yang dapat membeli dan menggunakan mesin ini hanyalah konsumen dengan usia 18 tahun ke atas. Pembelian rokok tidak menggunakan koin maupun uang, tetapi digantikan dengan penggunaan *cigarette card* (cicard) dan untuk mendapatkan *cicard* ini konsumen diharuskan memperlihatkan kartu identitasnya untuk memastikan bahwa usia konsumen di atas 18 tahun, sehingga apabila terdapat konsumen dengan usia di bawah 18 tahun, maka konsumen tersebut tidak diperkenankan memiliki *cicard* dan secara otomatis tidak dapat menggunakan mesin *vending* rokok tersebut.

Penelitian lainnya adalah penelitian yang dilakukan untuk mengembangkan sebuah mesin *vending* untuk melakukan penjualan otomatis alat-alat tulis dengan judul penelitian “*Stationary Vending Machine*”. (*stationary*). Pembelian alat

tulis tidak menggunakan uang sebagai alat pembayaran tetapi menggunakan kartu. Kartu yang digunakan untuk melakukan transaksi pembelian alat-alat tulis ini merupakan kartu berbasis Radio-Frequency Identification (RFID) (Preetilatha et. al., 2014).

Referensi Pendukung

Referensi pendukung yang dirujuk berkenaan dengan teori mengenai komponen-komponen yang digunakan dalam pengembangan sistem mesin *reverse vending*, modul Arduino Mega2560 R3, sensor IR, servo, DC-DC Converter, serta LCD. Komponen pertama adalah modul Arduino Mega2560 R3 merupakan papan sirkuit berbasis mikrokontroler Atmega2560.

Mega2560 dirancang untuk proyek-proyek yang lebih kompleks dengan 54 digital i/o pin, 16 analog input dan ruang memori yang lebih besar untuk menampung program dan direkomendasikan untuk kebutuhan pengembangan printer 3D dan proyek-proyek robotika.



Gambar 1. Modul Arduino Mega 2560 R3

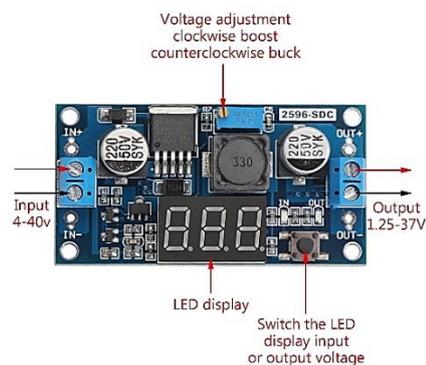
Arduino Mega 2560 adalah sebuah modul berbasis mikrokontroler ATmega2560 yang memiliki 54 digital input/output pin (15 yang dapat digunakan sebagai output PWM), 16 analog input, mempercepat *latency* 4 (port serial perangkat keras), osilator 16 MHz, koneksi USB, port daya, sebuah ICSP header, dan tombol reset. Modul ini memiliki semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler; cukup dengan hanya menghubungkan modul ini ke komputer dengan kabel USB atau dengan baterai atau adaptor AC ke DC, maka modul ini siap untuk diprogram.

Microcontroller	Atmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g

Gambar 2. Spesifikasi teknis Arduino Mega 2560 R3

Pernagkat berikutnya adalah LM2596 Adjustable DC-DC modul ini menggunakan *step-down* LM2596S regulator untuk menyediakan pasokan listrik yang stabil bagi pengguna. Tegangan output disesuaikan dan dapat memastikan beban arus keluaran sebesar 3A. modul ini bekerja pada frekuensi 150 kHz dan memiliki tingkat efisiensi tinggi, yaitu diatas 90%.

Adapun spesifikasi teknis dari modul ini adalah (1) memiliki tegangan input antara 4V hingga 40V, (2) tegangan output dapat disesuaikan antara 1,25V hingga 37V, dan (3) memiliki arus keluaran sebesar 3A, dan (4) voltmeter dengan tampilan *seven segmen* sebagai voltmeter untuk menampilkan nilai tegangan yang dikontrol.



Gambar 3. Adjustable step down DC – DC module with seven segment

Modul sensor IR (infra red atau infra merah) merupakan sebuah modul yang digunakan untuk dapat mendeteksi objek dalam jarak dekat. Modul sensor ini sering digunakan dalam banyak proyek sistem kendali atau robot berbasis Arduino karena ukurannya yang kecil, ringan dengan harga yang terjangkau. Sensor IR

yang terdapat dalam modul ini bekerja dengan menggunakan prinsip pantulan cahaya infra merah yang dikirimkan dalam frekuensi tertentu kemudian mendeteksi cahaya yang dipantulkan kembali dari objek ke sensor. Ketika modul sensor mendeteksi sebuah halangan atau objek di depan sensor maka akan diperoleh pantulan cahaya dengan intensitas yang dapat diatur sensitifitasnya melalui sebuah potensiometer.



Gambar 4. Modul Sensor IR Obstacle Avoidance

Motor servo dalam pengembangan mesin *vending* ini menggunakan 2 jenis motor servo sesuai dengan jangkauan putarannya, motor servo dengan jangkauan 120° dan motor servo dengan jangkauan 360° . Motor servo akan bekerja menggunakan sinyal input dari pemroses dengan menentukan nilai putaran yang diinginkan. Motor servo pada umumnya bekerja pada jangkauan tegangan 4,8 – 6 Volt DC dan dengan torsi yang berbeda-beda sesuai dengan spesifikasi motor servo.



Gambar 5. Motor Servo. (a) Motor Servo 180° MG996R; (b) Motor Servo 360°

Modul *Liquid Crystal Display* (LCD) menggunakan teknologi STN sehingga memiliki kontras yang besar dan berbagai sudut pandang. Tampilan modul dikendalikan oleh SPLC780D (sama seperti HD44780) paralel chipset yang mudah digunakan. Gambar 6 di bawah ini memperlihatkan fitur serta bentuk fisik LCD 4 x 20 karakter ini.

Features:

- > Number of Characters: 20 characters x 4 Lines
- > Character Table: English-European (RS in [Datasheet](#))
- > Viewing area: 77.0 x 26.5 mm, Active area: 70.4 x 20.8 mm
- > Dot size: 0.55 x 0.55 mm
- > Dot pitch: 0.60 x 0.60 mm, Character size: 2.95 x 4.75 mm
- > Character pitch: 3.55 x 5.35 mm
- > LCD type: Yellow-green STN Positive, Transflective
- > Backlight Type: Yellow/Green LED
- > Viewing direction: 6 O'clock
- > Supply Voltage For Logic: 5V
- > Supply Voltage of backlight: 3.8 - 4.2 V (180mA)
- > Operating Temperature -20 to +70 °C



Gambar 6. Fitur dan bentuk fisik LCD 4 x 20 karakter

METODE PENELITIAN

Terkait dengan penelitian yang akan dilakukan dan sebagai tuntunan pengembangan mesin *reverse vending* yang dibahas dalam makalah ini, penulis menggunakan metode penelitian *research and development* (R&D). Metode penelitian R&D merupakan sebuah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keektifan produk tersebut (Sugiyono, 2010). Metode ini akan menuntun peneliti melalui suatu rangkaian proses atau langkah-langkah dalam rangka mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada agar dapat dipertanggungjawabkan. Pemilihan metode ini terkait dengan luaran yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu berupa sebuah produk dalam bentuk purwarupa mesin *reverse vending*.

Rangkaian proses pengembangan mesin *reverse vending* ini mengadopsi tahapan-tahapan yang terdapat dalam metode R&D (Sugiyono, 2010). Mengacu kepada tahapan-tahapan yang terdapat dalam metode penelitian R&D, berikut adalah tahapan-tahapan pengembangan mesin *reverse vending* perangkat elektronika yang akan dilakukan oleh peneliti.

1. *Research and information collecting*, dalam tahapan ini peneliti akan melakukan studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang dikaji, mengumpulkan kebutuhan untuk pengembangan mesin *reverse vending* perangkat elektronika ini, dari sisi luaran yang ingin dicapai, kebutuhan pengembangan mesin *reverse vending*, mulai dari kebutuhan perangkat hingga alat dan bahan yang akan digunakan, serta merumuskan kerangka kerja penelitian.
2. *Planning*, peneliti akan menyusun rencana penelitian dan merumuskan kecakapan serta

- keahlian yang berkaitan dengan permasalahan, menentukan tujuan, desain dari luaran yang akan dihasilkan.
3. *Develop preliminary form of product*, peneliti akan melakukan persiapan guna pengembangan mesin *reverse vending* ini termasuk komponen utama dan pendukung serta melakukan evaluasi terhadap kelayakan alat-alat pendukung.
 4. *Preliminary field testing*, melakukan pengumpulan data dari hasil pengujian secara observasi terhadap mesin *reverse vending* kemudian dilanjutkan dengan melakukan analisis terhadap data hasil pengujian. Pengujian yang dilakukan dalam tahapan ini menggunakan pengujian *white box* dan *black box testing*, yaitu pengujian untuk menentukan tingkat fungsionalitas produk yang dihasilkan dari sisi perintah yang ditulis dalam program dan pengamatan terhadap perilaku mesin *reverse vending* secara empirik.
 5. *Main product revision*, dalam tahapan ini peneliti akan melakukan perbaikan yang diperlukan terhadap mesin *reverse vending* yang mengacu kepada hasil ujicoba awal.
 6. *Main field testing*, peneliti melakukan pengujian lanjutan (jika ada) setelah mesin *reverse vending* direvisi menggunakan pengujian *black box*.
 7. *Operational product revision*, peneliti akan melakukan penyempurnaan terhadap mesin *reverse vending*.
 8. *Operational field testing*, dalam tahapan ini, penguji akan memastikan apakah mesin *reverse vending* benar-benar dapat digunakan oleh pengguna. Pengujian dilakukan observasi dan hasilnya kemudian dianalisis.
 9. *Final product revision*, peneliti akan melakukan perbaikan akhir terhadap mesin *reverse vending* perangkat elektronika ini jika diperlukan guna menghasilkan produk akhir (final).
 10. *Dissemination and implementation*, peneliti akan menyebarkan produk/model yang dikembangkan kepada khalayak/masyarakat luas dalam bentuk publikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dijelaskan proses pengerjaan sistem mesin *reverse vending* dimulai dari menyusun kebutuhan perangkat keras,

perancangan, perakitan, pengkodean, hingga pengujian sistem guna memastikan kesesuaiannya dengan tujuan penelitian.

Kebutuhan Perangkat Keras

Guna membangun mesin *reverse vending*, selain dibutuhkan perangkat-perangkat keras sebagai pembangun mesin *reverse vending*. Perangkat keras yang dibutuhkan untuk membangun mesin *reverse vending* disajikan pada Tabel 1 di bawah.

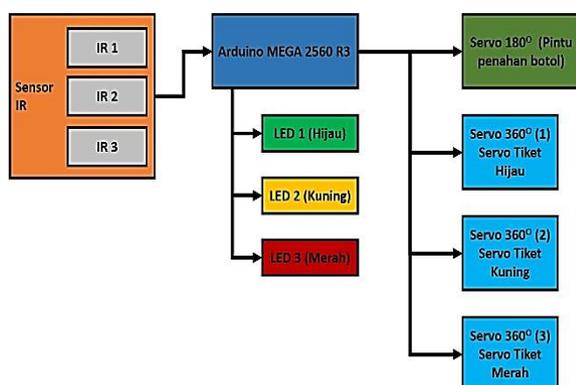
Tabel 1. Kebutuhan perangkat keras mesin *reverse vending*

No.	Nama Perangkat	Kebutuhan
1.	Modul mikrokontroler Arduino 2560 R3	Pusat pengolahan perintah
2.	Modul Sensor IR	Indera identifikasi jenis botol sesuai kapasitas botol
3.	Servo 360°	Penyalur tiket berwarna sebagai alat tukar (hijau, kuning dan merah)
4.	Servo 180°	Pintu penahan botol
5.	LED	Indikator tipe botol (hijau 300ml, kuning 600ml, dan merah 1500ml)
6.	LCD 4x20 karakter	Menunjukkan jumlah botol yang dimasukkan dalam mesin <i>reverse vending</i>
7.	Step Down Converter dengan <i>seven segment</i>	Pengubah tegangan 12V power supply ke 5V untuk pemasok daya bagi mesin <i>reverse vending</i>
8.	Adaptor	Pemberi tegangan utama mesin <i>reverse vending</i>

Rancangan Diagram Blok Sistem Mesin *Reverse Vending*

Gambar 5 di bawah ini menggambarkan cara kerja dari mesin *reverse vending* yang dibangun. Ketika mesin diaktifkan, maka modul

Arduino Mega 2560 R3 berada pada posisi menunggu (stand by) untuk menerima data masukan dari 3 buah modul sensor IR yang mewakili pembacaan untuk setiap jenis botol yang dimasukkan oleh pengguna (300ml, 600ml, atau 1500ml). Ketika modul IR sensor menerima data dari hasil pembacaan dari botol yang dimasukkan oleh pengguna, maka modul sensor IR akan mengirimkan data hasil pembacaan ini ke modul Arduino Mega 2560 R3 untuk diproses guna menentukan LED yang akan menyala sebagai indikator jenis botol yang terbaca dan menahan selama selang waktu tertentu. Selanjutnya modul Arduino Mega 2560 R3 akan memerintahkan (1) LCD untuk menampilkan hasil pembacaan sensor IR, (2) servo 180^o untuk membuka pintu penahan botol sebesar 90^o yang menyebabkan botol jatuh ke penampung, dan (3) servo tiket akan mengeluarkan tiket sesuai jenis botol yang dimasukkan. Setelah botol jatuh ke penampungan, maka pintu penahan akan tertutup kembali dan mesin siap menerima masukkan botol yang lain. Saat pintu terbuka, mesin akan menunggu beberapa waktu untuk memastikan apakah dalam waktu yang berdekatan masih ada botol lain yang dimasukkan. Hal ini dimaksudkan agar nantinya dalam satu waktu, servo tiket akan dapat mengeluarkan sekaligus tiket dengan jenis yang berbeda untuk menghemat waktu.



Gambar 5. Blok diagram mesin *reverse vending*

Rancangan Pin Sistem Mesin *Reverse Vending*

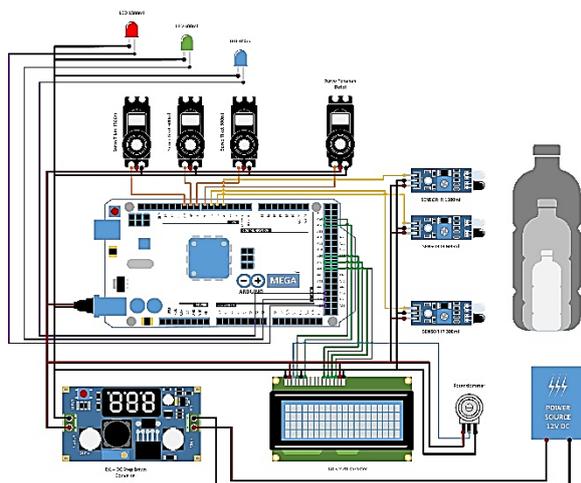
Seperti yang terlihat pada Tabel 2. di bawah ini, untuk mengakomodir kebutuhan mengendalikan sistem mesin *reverse vending*, maka dibutuhkan pengaturan pin yang digunakan sebagai jalur komunikasi antara semua perangkat yang digunakan.

Tabel 2. Tabel rancangan pin sistem mesin *reverse vending*

Nomor Pin Arduino	Kebutuhan
4	Pin sensor IR 1 untuk pembacaan botol 300ml
5	Pin sensor IR 2 untuk pembacaan botol 600ml
6	Pin sensor IR 3 untuk pembacaan botol 1500ml
7	Pin Servo 180 ^o untuk pintu penahan botol
8	Pin Servo 360 ^o untuk servo tiket warna biru (300ml)
9	Pin Servo 360 ^o untuk servo tiket warna hijau (600ml)
10	Pin Servo 360 ^o untuk servo tiket warna merah (1500ml)
24	Pin RS pada LCD
26	Pin Enable pada LCD
36 – 42	Pin data masukkan pada LCD untuk dapat menampilkan karakter-karakter
48	Pin LED 1 berwarna biru untuk indikator jenis botol 300ml
50	Pin LED 2 berwarna hijau untuk indikator jenis botol 600ml
52	Pin LED 3 berwarna biru untuk indikator jenis botol 1500ml

Rancangan Skema Elektronik Sistem Mesin *Reverse Vending*

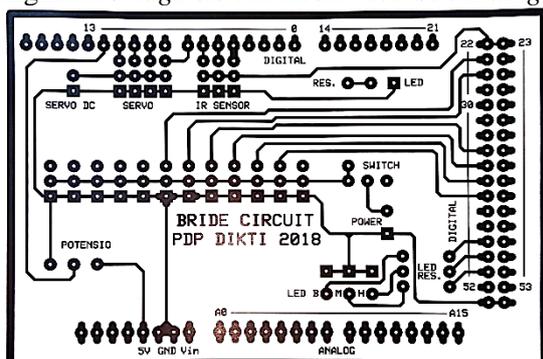
Pada Gambar 10 di bawah ini menunjukkan skema rancangan elektronik sistem mesin *reverse vending* yang menghubungkan antara 5 komponen utama mesin *reverse vending*, yaitu modul Arduino Mega 2560 R3, 4 buah servo, 3 buah LED, 3 buah modul sensor IR, dan LCD.



Gambar 6. Skema rancangan elektronika sistem mesin reverse vending

Perakitan Sistem Mesin reverse vending

Perakitan sistem mesin reverse vending ini diawali dengan pembuatan PCB rangkaian elektronika yang digunakan untuk kebutuhan menghubungkan semua pin pada setiap perangkat ke modul Arduino Mega 2560 R3 agar terlihat lebih rapih dan memudahkan pengaturan jalur GND dan VCC yang digunakan bersama. Gambar 13 di bawah ini merupakan layout PCB rangkaian bridge sistem mesin reverse vending.



Gambar 7. Layout PCB rangkaian bridge sistem mesin reverse vending

Setelah rangkaian bridge selesai dibuat, perakitan sistem mesin reverse vending dilanjutkan dengan proses pemasangan rangkaian bridge ke modul Arduino Mega 2560 R3 dengan cara menumpangkannya pada modul Arduino Mega 2560 R3 dengan menyesuaikan kaki-kaki pada rangkaian bridge dengan pin-pin modul Arduino Mega 2560 R3. Setelah selesai kemudian menghubungkan semua kabel perangkat ke pin-pin yang telah disediakan pada rangkaian bridge.



Gambar 8. Rangkaian bridge yang ditumpangkan pada modul Arduino Mega 2560 R3

Proses perakitan perangkat-perangkat utama lainnya dengan rangkaian bridge secara berurutan adalah sebagai berikut.

1. Menghubungkan pin data dan pin catu daya modul sensor IR.
2. Menghubungkan pin data dan catu daya servo.
3. Menghubungkan pin RS, Enable, dan data serta catu daya LCD 4 x 20 karakter.

Setelah semua perangkat terhubung dengan baik ke modul Arduino 2560 R3 melalui rangkaian bridge selesai, selanjutnya dilakukan pengkodean mesin reverse vending. Perakitan semua komponen utama dan pendukung sistem mesin reverse vending nantinya ke bangunan fisik akan dilakukan setelah proses pengkodean selesai agar dapat dilanjutkan ke tahap pengujian.

Pengkodean Sistem Mesin reverse vending

Pengkodean dilakukan untuk dapat mengendalikan sistem mesin reverse vending yang kemudian ditanamkan pada mikrokontroler Atmega2560 yang terdapat di modul Arduino Mega 2560 R3 (Gambar 9). Gambar 9 memperlihatkan sedikit penggalan program yang menggambarkan proses dimana sistem mesin reverse vending melakukan pendeteksian objek berupa botol kemasan bekas untuk ukuran 300ml. Respon sistem mesin reverse vending dalam bentuk output hasil pengolahan mikrokontroler ATmega2560 nantinya dapat diamati pada serial monitor editor Arduino IDE. Setelah proses koding selesai, kemudian dilakukn oengujian terhadap sistem dengan berbagai kemungkinan agar dapat menyesuaikan dengan kebutuhan dan untuk mengamati kekurangan yang masih perlu diperbaiki atau disempurnakan dalam program.

```

vending_PDP_v21
76 {
77   int irNilai3 = digitalRead(irSensor3);
78   int irNilai6 = digitalRead(irSensor6);
79   int irNilai15 = digitalRead(irSensor15);
80
81   if ((irNilai3 == 0) && (irNilai6 == 1) && (irNilai15 == 1))
82   {
83     digitalWrite(led_b, HIGH);
84     digitalWrite(led_h, LOW);
85     digitalWrite(led_m, LOW);
86     konter_bt1b = konter_bt1b+1;
87     buffkonter_bb = konter_bt1b;
88     Serial.print("irNilai3 = ");
89     Serial.println(irNilai3);
90     Serial.println("Botol 300ml Terdeteksi!");
91     Serial.println("Pintu Pembuangan Terbuka!");
92     delay(250);
93     servo_lid.write(180);
94     delay(1500);
95     servo_lid.write(82);
96     delay(10);
97     Serial.println("Tiket Biru Keluar!");
98     servo_tb.write(180);
99     delay(1500);

```

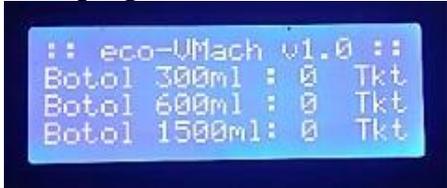
Gambar 9. Contoh penggalan program mesin *reverse vending*

Pengujian Sistem Mesin *reverse vending*

Guna memastikan bahwa perilaku sistem sesuai dengan program, maka tentunya setiap kali ada perubahan/penambahan perintah/blok perintah dalam program, sistem diaktifkan dan diberikan masukan-masukan dengan berbagai kondisi. Gambar di bawah ini adalah beberapa hal yang diamati ketika pengujian sistem mesin *reverse vending* dilakukan yaitu, (1) mengamati logik pembacaan sensor IR, (2) respon servo pintu pembuangan botol ketika beberapa kemungkinan kondisi diberikan terhadap sensor, baik kondisi valid maupun tidak valid, (3) mengamati respon servo tiket sesuai kondisi pembacaan sensor IR, baik valid maupun tidak valid, (4) tampilan informasi pada LCD, dan (5) kesesuaian antara perilaku sistem dengan tampilan informasi pada layar *serial monitor* Arduino IDE.

Setiap kali pengujian dilakukan, hasilnya diamati dan dicatat dalam tabel pengujian baik untuk pengujian menggunakan metode *white box* dan maupun *black box*. Pengujian yang dilakukan disesuaikan dengan skenario pengujian yang telah direncanakan sebelumnya. Tabel 3 dan Tabel 4 di bawah ini menunjukkan hasil pengujian yang dilakukan. Hasil pengujian yang ditampilkan tidak menggambarkan keseluruhan pengujian, hal ini dikarenakan skenario pengujian yang panjang dan beberapa hasil ini dirasakan cukup menggambarkan luaran dari mesin *reverse vending* yang tengah dikembangkan.

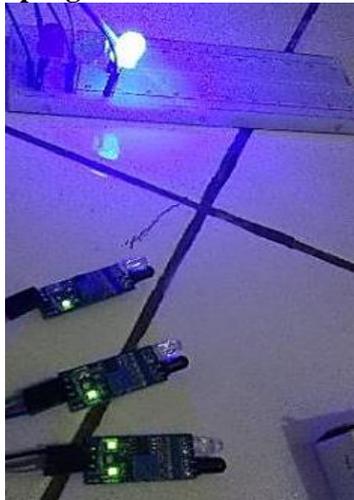
Tabel 3. Beberapa hasil pengujian sistem mesin *reverse vending* menggunakan *white box testing*

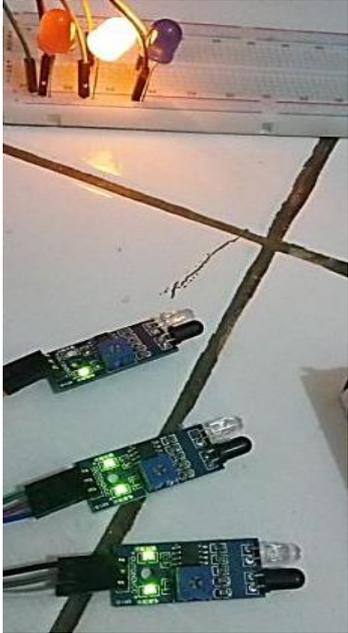
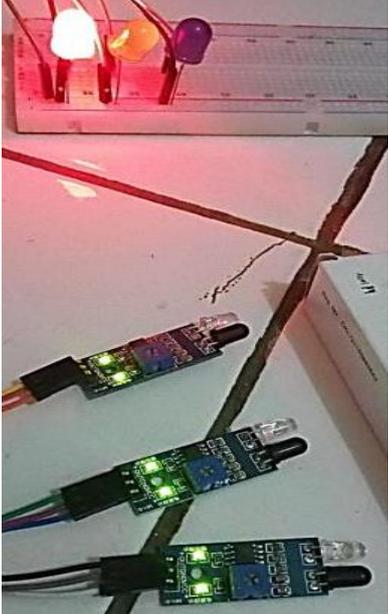
No.	Script Perintah pada Program, Hasil yang Diharapkan dan Hasil Pengamatan
1.	<pre> //LCD lcd.setCursor(0,0); //(kolom, baris) lcd.print(":: eco-VMach v1.0 ::"); //Botol 300ml lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Botol 300ml : "); lcd.setCursor(14,1); lcd.print(buffkonter_bb); lcd.setCursor(17,1); lcd.print("Tkt"); //Botol 600ml lcd.setCursor(0,2); lcd.print("Botol 600ml : "); lcd.setCursor(14,2); lcd.print(buffkonter_bh); lcd.setCursor(17,2); lcd.print("Tkt"); //Botol 1500ml lcd.setCursor(0,3); lcd.print("Botol 1500ml: "); lcd.setCursor(14,3); lcd.print(buffkonter_bm); lcd.setCursor(17,3); lcd.print("Tkt"); </pre> <p>Hasil yang diharapkan. LCD akan menampilkan keterangan mengenai jenis botol dan jumlah tiket yang akan dikeluarkan mesin sesuai jumlah pembacaan/identifikasi sensor IR.</p> <p>Hasil pengamatan.</p> 
2.	<pre> vending_PDP_v21 81 if ((irNilai3 == 0) && (irNilai6 == 1) && (irNilai15 == 1)) 82 { 83 digitalWrite(led_b, HIGH); 84 digitalWrite(led_h, LOW); 85 digitalWrite(led_m, LOW); 86 konter_bt1b = konter_bt1b+1; 87 buffkonter_bb = konter_bt1b; 88 Serial.print("irNilai3 = "); 89 Serial.println(irNilai3); 90 Serial.println("Botol 300ml Terdeteksi!"); 91 Serial.println("Pintu Pembuangan Terbuka!"); 92 delay(250); 93 servo_lid.write(180); 94 delay(1500); 95 servo_lid.write(82); 96 delay(10); 97 Serial.println("Tiket Biru Keluar!"); 98 servo_tb.write(180); 99 delay(1500); </pre> <p>Hasil yang diharapkan. <i>Serial monitor</i> akan menampilkan hasil pembacaan sensor IR kemudian menampilkan informasi mengenai (1)</p>

	<p>pendeteksian botol berukuran 300ml, (2) kondisi pintu pembuangan, (3) warna tiket yang dikeluarkan oleh mesin.</p> <p>Hasil pengamatan.</p> <pre> irNilai3 = 0 Botol 300ml Terdeteksi! Pintu Pembuangan Terbuka! Tiket Biru Keluar! Jumlah Botol Biru = 1 Jumlah Botol Hijau = 0 Jumlah Botol Merah = 0 irNilai3 = 0 Botol 300ml Terdeteksi! Pintu Pembuangan Terbuka! Tiket Biru Keluar! Jumlah Botol Biru = 2 Jumlah Botol Hijau = 0 Jumlah Botol Merah = 0 </pre>
<p>3.</p>	<pre> } else if ((irNilai3 == 0) && (irNilai6 == 0) && (irNilai15 == 1)) { digitalWrite(led_b, LOW); digitalWrite(led_h, HIGH); digitalWrite(led_m, LOW); konter_btlm = konter_btlm+1; buffkonter_bh = konter_btlm; Serial.print("irNilai6 = "); Serial.println(irNilai6); Serial.println("Botol 600ml Terdeteksi!"); Serial.println("Pintu Pembuangan Terbuka!"); delay(250); servo_ld.write(180); delay(1500); servo_ld.write(82); delay(10); Serial.println("Tiket Hijau Keluar!"); servo_th.write(180); delay(1500); </pre>
	<p>Hasil yang diharapkan. <i>Serial monitor</i> akan menampilkan hasil pembacaan sensor IR kemudian menampilkan informasi mengenai (1) pendeteksian botol berukuran 600ml, (2) kondisi pintu pembuangan, dan (3) warna tiket yang dikeluarkan oleh mesin.</p> <p>Hasil pengamatan.</p> <pre> irNilai6 = 0 Botol 600ml Terdeteksi! Pintu Pembuangan Terbuka! Tiket Hijau Keluar! Jumlah Botol Biru = 0 Jumlah Botol Hijau = 1 Jumlah Botol Merah = 0 </pre>

<p>4.</p>	<pre> } else if ((irNilai3 == 0) && (irNilai6 == 0) && (irNilai15 == 0)) { digitalWrite(led_b, LOW); digitalWrite(led_h, LOW); digitalWrite(led_m, HIGH); konter_btlm = konter_btlm+1; buffkonter_bh = konter_btlm; Serial.print("irNilai15 = "); Serial.println(irNilai15); Serial.println("Botol 1500ml Terdeteksi!"); Serial.println("Pintu Pembuangan Terbuka!"); delay(250); servo_ld.write(180); delay(1500); servo_ld.write(82); delay(10); Serial.println("Tiket Merah Keluar!"); servo_tm.write(180); delay(1500); </pre>
	<p>Hasil yang diharapkan. <i>Serial monitor</i> akan menampilkan hasil pembacaan sensor IR kemudian menampilkan informasi mengenai (1) pendeteksian botol berukuran 1500ml, (2) kondisi pintu pembuangan, dan (3) warna tiket yang dikeluarkan oleh mesin.</p> <p>Hasil pengamatan.</p> <pre> irNilai15 = 0 Botol 1500ml Terdeteksi! Pintu Pembuangan Terbuka! Tiket Merah Keluar! Jumlah Botol Biru = 0 Jumlah Botol Hijau = 0 Jumlah Botol Merah = 1 </pre>

Tabel 4. Beberapa hasil pengujian sistem mesin *reverse vending* dengan metode *black box testing*

No.	Skenario Pengujian, Hasil yang Diharapkan, dan Hasil Pengamatan
<p>1.</p>	<p>Sensor IR1 mendeteksi, sensor IR2 dan IR3 tidak mendeteksi</p> <p>Hasil yang dikehendaki. Sensor IR1 mendeteksi adanya objek, sensor IR2 dan IR3 tidak mendeteksi dan LED BIRU menyala.</p> <p>Hasil pengamatan.</p> 

2.	<p>Sensor IR1 dan IR2, sedangkan sensor IR3 tidak mendeteksi</p> <p>Hasil yang dikehendaki. Sensor IR1 dan IR2 mendeteksi adanya objek, sedangkan sensor IR3 tidak mendeteksi dan LED HIJAU menyala.</p> <p>Hasil pengamatan.</p> 
3.	<p>Sensor IR1, IR2 dan IR3 mendeteksi</p> <p>Hasil yang dikehendaki. Sensor IR1, IR2, dan IR3 mendeteksi adanya objek dan LED MERAH menyala.</p> <p>Hasil pengamatan.</p> 

Secara keseluruhan, pengujian yang dilakukan, baik menggunakan metode *white box testing* dan *black box testing*. metode *white box testing* untuk melihat kesesuaian antara script program dengan hasil dilapangan, khususnya hasil yang ditampilkan pada serial monitor, sedangkan metode *black box testing* menggunakan untuk melihat perilaku sistem mesin *reverse vending*. Hasil dari pengujian pada mesin menunjukkan bahwa sistem telah sesuai dengan yang diharapkan.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dalam pengembangan sistem mesin vending reverse dengan alat tukar mata uang ini didapatkan beberapa *lesson learn* bahwa (1) pengembangan mesin *reverse vending* sangat mungkin dilakukan menggunakan modul Arduino Mega2560 R3 karena jumlah pin yang tersedia sangat banyak sehingga dapat mengakomodir kebutuahn pin untuk semua komponen, (2) komponen *hardware* yang digunakan mudah didapatkan dengan harga yang relatif murah, (3) dibutuhkan catu daya tambahan untuk memasok daya pada keempat servo yang digunakan, dikarenakan pada saat servo bekerja, daya yang diserap cukup banyak sehingga mengganggu fungsionalitas komponen lainnya. Kemudian sebagai saran untuk pengembangan mesin *reverse vending* yang lebih baik dikemudian hari, (1) proses identifikasi botol bebrasis pengolahan citra, sehingga lebih akurat dan dapat membedakan objek yang dimasukkan ke dalam mesin, dan (2) jika masih mempertahankan penggunaan sensor IR, dibutuhkan sensor yang sangat banyak agar dapat melakukan pendeteksian lebih akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Akhir kata sebagai penutup, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam kelancaran penyelesaian penelitian ini.

1. rekan-rekan sejawat yang telah memberikan dukungan moril untuk terus menggali hal-hal baru untuk memperkaya ilmu pengetahuan melalui tulisan ilmiah,
2. pihak universitas yang memberikan keleluasan untuk memaksimalkan penggunaan perangkat yang tersedia di Laboratorium,

Harapan penulis semoga dengan tulisan ilmiah ini dapat memberikan kontribusi bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alifuddin, M. (2014). Pengembangan Mesin Vending Dengan Sistem Pengembalian Mata Uang Rupiah. *Jurnal IT STMIK Handayani*, 14(-), 1 – 7.
- Luthra, A., Jain, A., Mishra, P., Gupta, V., Aggarwal, S. (2015). Design and Implementation of Vending Machine using Verilog HDL on FPGA. *Jurnal International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*, 4(11), 11610 – 11614 .
- Alexis John M. dan Joan P. Lazaro (2016). Solar Powered Reverse Trash Vendo Machine. *Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research*, 4(2), 16 – 20.
- Ramdhani, L.F., Laili, F., Mahmudati, Z. (2014). Cigarette Vending Machine Dan Cicard “Solusi Alternatif Untuk Mengurangi Jumlah Perokok Aktif Dibawah Umur”. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro*, 4(1), 1 – 6.
- Preetilatha, R., Ramkumar, R., Ramesh, S. M., Kiruthika, S., Bharani, M. (2014). Stationary Vending Machine. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology (IJSET)*, 1(9), 8 – 12.
- Sugiyono, Prof. Dr. (2010). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Cetakan XI, Alfabeta. Bandung.
- Roger S. Pressman. 2010. *Software Engineering: A Practitioner’s Approach*. 7th Editon. New Jersey: McGraw Hill Education.
- BusinessDictionary. (2017). BusinessDictionary: Vending Machine. Diakses pada tanggal 7 Juni 2017 dari laman situs <http://www.businessdictionary.com/definition/vending-machine.html>.
- The New York Times. (2017). *The New York Times: In Italy, a Vending Machine Even Makes the Pizza*. Diakses pada tanggal 7 Juni 2017 dari laman situs <http://www.nytimes.com/2009/03/14/business/worldbusiness/14vend.html>.