

## Perancangan Prototype Alat Pemilah Sampah Otomatis

**Faisal Irsan Pasaribu, Marcopolo**

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik  
 Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)

Jl. Kapten Muchtar Basri, BA No. 03 Medan Telp. (061) 6622400 ex. 12 Kode pos 20238  
 e-mail: faisalirsan@umsu.co.id

**Abstrak** — Jumlah sampah yang berlebihan dapat diatasi dengan cara daur ulang. Sebelum melakukan daur ulang, limbah harus disortir terlebih dahulu. Pemilahan sampah secara otomatis dalam jumlah besar dapat dilakukan dengan menggunakan sensor infra merah, sensor logam, dan sensor cahaya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemilahan sampah otomatis dapat memilah sampah sesuai jenisnya. Namun masih ada kesalahan berupa limbah yang macet dan deteksi kesalahan oleh sensor.

**Kata kunci** : Pemisahan Limbah Otomatis, Sensor.

***Abstract** — The amount of waste excessive can be overcome by way of recycling. Before do recycling, the waste must be sorted first. Sorting waste automatically in a huge amount can be done by using infra red sensor, metal sensor, and light sensor. The result of test show that the automatic waste sorting have been able to sort waste according to its kind. But still there are errors in the form of waste that stuck and the error detection by sensors.*

**Keywords** : Automatic Waste Separation, Sensor.

### I. PENDAHULUAN

Manusia membutuhkan banyak benda untuk menunjang proses kegiatan yang dilakukan. Penggunaan benda akan mengurangi dan membuat nilai gunanya menjadi habis. Benda yang telah kehilangan nilai guna dan tidak dapat digunakan lagi akan dikategorikan sebagai sampah. Meningkatnya jumlah pertumbuhan populasi manusia berbanding lurus dengan peningkatan jumlah sampah. Sampah yang berlebihan membuat tempat penampungan sampah melewati batas tampung hingga meluap ke tempat lain. Dengan adanya jumlah sampah yang berlebihan, akan menyebabkan banyak efek buruk yang dapat mempengaruhi lingkungan maupun manusia. Kesehatan dan kebersihan akan terganggu akibat timbulnya bibit penyakit yang bersumber dari jumlah sampah berlebihan.

Untuk mengurangi jumlah sampah, dapat dilakukan pengolahan agar sampah yang masih bisa dimanfaatkan tidak langsung terbuang. Dalam proses pengolahan sampah, harus ditentukan sampah yang dapat didaur ulang maupun tidak, tentunya dibutuhkan proses pemilahan terlebih dahulu. Proses pemilahan berguna untuk memisahkan sampah sesuai jenisnya. Untuk membedakan jenis sampah, sering kali proses pemilahan ini dilakukan secara manual dengan memanfaatkan tenaga manusia. Namun seiring dengan perkembangan zaman dan laju pertumbuhan jumlah sampah yang terus meningkat, pemilahan sampah dengan metode manual menjadi tidak optimal. Kekurangan sumber daya manusia dalam proses memilah sampah dan besarnya jumlah sampah yang

harus dipilah, membuat banyak sampah yang seharusnya masih dapat didaur ulang berakhir langsung di tempat pembuangan akhir.

Oleh sebab tersebut, maka masalah kelebihan jumlah sampah tidak dapat teratasi dengan menerapkan metode pemilahan manual. Untuk mengatasi masalah tersebut, telah dirancang alat untuk dapat memisahkan jenis sampah. Pemilahan sampah dapat dilakukan dengan cara menghancurkan sampah terlebih dahulu, dengan tujuan agar sampah lebih mudah terpisah [1]. Selain metode memilah sampah dengan menghancurkan sampah, terdapat metode lain yakni dengan memanfaatkan sensor untuk membedakan jenis sampah [2]. Berdasarkan pada hal tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa masih dibutuhkan sistem dan alat yang mampu membedakan jenis sampah agar pemilahan dapat berjalan lebih efektif. Pada penelitian ini, akan dibahas tentang alat yang mampu memisahkan jenis sampah tersebut dengan cara membedakan jenis bahan sampah secara otomatis.

### II. TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Arduino

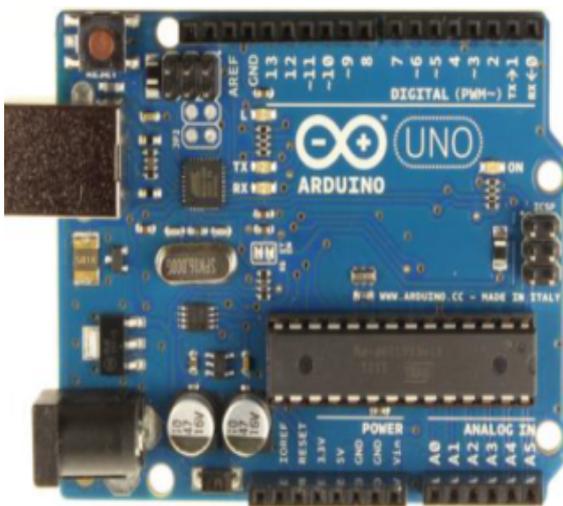
Modul *hardware Arduino* diciptakan pertama kali di Ivrea, Italia pada tahun 2005 oleh Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, David A. Mellis, dan Nicholas Zambetti. Arduino dikembangkan dari thesis Hernando Barragan di desain interaksi Institute Ivrea. Arduino dapat menerima masukan dari berbagai macam sensor

dan juga dapat mengontrol lampu, motor, dan aktuator lainnya. Mikrokontroler pada *board* arduino di program menggunakan bahasa pemrograman arduino (*based on wiring*) dan *IDE* arduino (*based on processing*). Proyek arduino dapat berjalan sendiri atau juga bisa berkomunikasi dengan *software* yang berjalan pada komputer. Arduino memakai standar lisensi *open source*, mencakup *hardware* (skema rangkaian, desain PCB), *firmware bootloader*, dokumen, serta perangkat lunak *IDE (Integrated Development Environment)* sebagai aplikasi programmer *board* Arduino [3].

Arduino adalah sebuah produk *design system* minimum mikrokontroler yang di buka secara bebas. *arduino* menggunakan bahasa pemrograman C yang telah dimodifikasi dan sudah ditanamkan program *bootloader* yang berfungsi untuk menjembatani antara *software compiler arduino* dengan *mikrokontroler*. Untuk koneksi dengan komputer menggunakan RS232 to TTL Converter atau menggunakan *Chip USB* ke *serial converter* seperti *FTDI FT232* [4].

**B. Arduino Uno**

Arduino uno adalah papan kontroler yang berdasarkan pada mikrokontroler ATmega328 [6]. *Arduino uno* memiliki 14 pin digital input/output. *Arduino uno* (Gambar 1) terdiri dari 6 pin yang dapat digunakan sebagai output *PWM*, 6 input analog, sebuah resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, *header ICSP*, dan tombol reset. *Arduino uno* memuat semua yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler dan mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan menggunakan kabel *USB* atau mensuplainya dengan sebuah adaptor *AC-DC* atau menggunakan baterai untuk memulainya [5].



Gambar 1. *Arduino Uno* [1]

Spesifikasi dari Arduino Uno ditunjukkan pada TABEL 1.

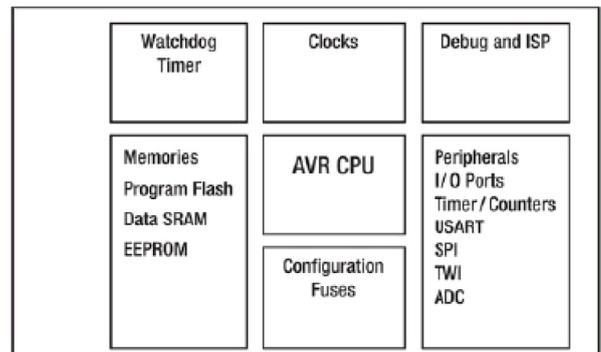
Tabel 1. Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroler	<i>Atmega328</i>
Operasi tegangan	5 Volt
Input tegangan	disarankan 7-11Volt
Input tegangan batas	6-20 Volt
Pin I/O digital	14 (6 pin untuk <i>PWM</i> )
Pin Analog	6
Arus DC tiap pin I/O	50 mA
Arus DC ketika 3.3V	50 mA
Memori flash	32 KB ( <i>ATmega328</i> ) 0,5 KB ( <i>bootloader</i> )
<i>SRAM</i>	2 KB ( <i>ATmega328</i> )
<i>EEPROM</i>	1 KB ( <i>ATmega328</i> )
Kecepatan <i>clock</i>	16 MHz
Mikrokontroler	<i>Atmega328</i>
Operasi tegangan	5 Volt
Input tegangan	disarankan 7-11Volt
Input tegangan batas	6-20 Volt
Pin I/O digital	14 (6 pin untuk <i>PWM</i> )

Bagian-bagian Arduino Uno terdiri dari:

1. Prosesor

Pengendali dari Arduino Uno adalah Atmel AVR ATmega 328. Perangkat ini pada dasarnya adalah komputer pada sebuah chip, yang berisi *Central Processing Unit (CPU)*, memori, *array*, *clock*, dan periferal dalam satu paket. Perhatikan Gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Sederhana ATmega328 [7]

Chip ATmega328 dikembangkan dari prosesor Arduino yang asli, ATmega8. Chip ini berisi lebih banyak memori dan kemampuan periferal yang lebih banyak dari pendahulunya saat menggunakan lebih sedikit daya. Prosesor ATmega328 dapat beroperasi dari jangkauan tegangan sumber yang luas, dari 1,8V sampai 5,5V. Hal ini membuatnya sangat sesuai untuk aplikasi dengan daya baterai. Pada tegangan terendah, prosesor memiliki *clock rate* maksimal 4MHz. Dengan menaikkan suplai tegangan hingga mencapai 2,7V, *clock rate* dapat ditingkatkan menjadi

10 MHz. Untuk beroperasi pada *clock rate* maksimum 20MHz, chip membutuhkan setidaknya 4,5V. *Board* I/O Arduino menyediakan 5V untuk chip ATmega328, sehingga dapat bekerja dengan berbagai kecepatan, maksimum 20 MHz [7].

## 2. Serial Port

*Serial port* berguna untuk komunikasi. Dalam tahap pengembangan proyek Arduino, komunikasi yang dimaksud adalah antara Arduino dan PC, dimana dilakukan penulisan, kompilasi, dan pengunggahan *sketch* ke *board*. Dalam tahap aplikasi proyek, ketika Arduino menjalankan tugasnya, *serial port* dapat terus berkomunikasi dengan PC, jika itu merupakan bagian dari rencana atau mungkin berkomunikasi dengan perangkat serial lainnya. Penggunaan *serial port* ini bersifat opsional pada tahap aplikasi, dapat pula tanpa adanya komunikasi sama sekali. Pada kasus tersebut, pin penerima (RX) dan pengirim (TX) dapat digunakan sebagai jalur input/output (I/O) pada umumnya [7].

## 3. Power Supply

Rangkaian catu daya pada Arduino tidak benar-benar memberikan daya pada Arduino, melainkan hanya sebagai penghubung, pengatur, dan penyangga tegangan dari catu daya eksternal. Rangkaian ini memilih tegangan tertinggi yang tersedia dan menggunakannya untuk mensuplai rangkaian lain yang tersisa pada *board* [7].

Ada beberapa cara untuk memberikan daya ke Arduino. Cara yang paling sederhana adalah menggunakan catu daya dengan kabel USB, yaitu melalui komputer. USB standar dapat menyuplai arus 500mA dan tegangan 5V. Bila Arduino tidak terhubung ke PC melalui kabel USB, tegangan 5V teregulasi dapat disuplai melalui pin konektor berlabel 5V dan GND [7].

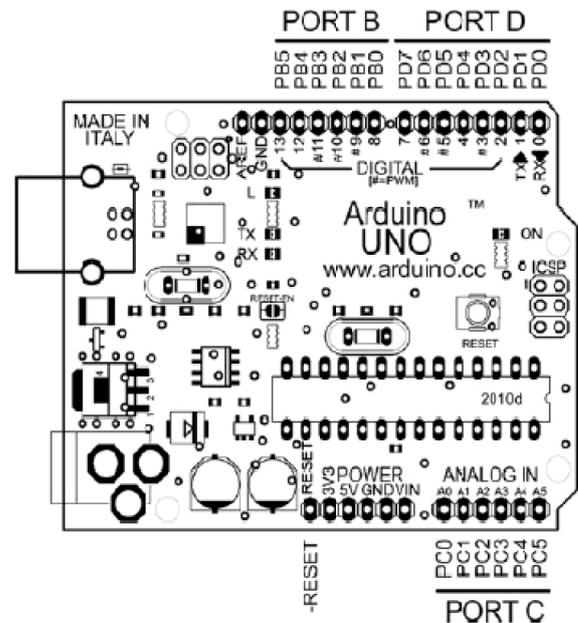
Untuk tegangan suplai yang tidak teregulasi, tersedia *jack power* berbentuk bulat dan berukuran 2,1 mm dengan tegangan masukan 7V hingga 12V. Masukan dari *jack* ini langsung terhubung ke regulator 5V. Secara teoritis, tegangan input dapat melebihi 20V, tapi kemungkinan chip regulator akan mendapat panas berlebih dan dapat merusak PCB. Salah satu fitur yang sangat bagus dari Arduino adalah dapat menghubungkan banyak catu daya yang berbeda sekaligus. Arduino memiliki rangkaian yang dapat memilih tegangan terbesar yang tersedia untuk diteruskan ke regulator tegangan [12].

Arduino Uno juga memiliki regulator 3,3V yang terpasang. Arus yang dihasilkan oleh regulator 3,3V adalah 50mA [7].

## 4. Pin Konektor

Arduino menyediakan empat set konektor agar lebih mudah untuk dihubungkan ke rangkaian

tambahan. Di tepi atas *board* berisi pin konektor digital, input referensi analog dan koneksi ground tambahan. Pin USART TX dan RX juga termasuk di antaranya. Di tepi bawah *board* terdapat konektor daya dan pin analog. Konektor daya menyediakan koneksi ke tegangan suplai utama (Vin, 5V, 3V3, dan GND) disertai dengan pin RESET mikrokontroler. Konektor analog menyediakan 6 pin analog yang dapat digunakan pula sebagai jalur I/O digital bila diperlukan [7].



Gambar 3. Pin Konektor Arduino Uno [3]

## 5. Pemrograman

Untuk mulai menulis program, dibutuhkan Arduino IDE. Arduino IDE adalah perangkat lunak yang ditulis dengan menggunakan bahasa Java dan dirancang khusus untuk melakukan pemrograman segala jenis *board* Arduino. Arduino IDE terdiri dari: *Editor Program*, *Compiler* dan *Uploader*. Ada beberapa menu pilihan pada IDE Arduino yang mempunyai fungsi yaitu,

- Verify*, memeriksa kesalahan penulisan kode dan melakukan kompilasi kode.
- Upload*, *upload* kode ke *board*/mikrokontroler.
- Serial Monitor*, membuka *serial port monitor* untuk melihat *feedback*/umpan balik *board* [6].

Program Arduino menggunakan sebuah kode program khusus yang mirip dengan struktur bahasa C. Struktur setiap program Arduino (biasa disebut *sketch*) mempunyai dua buah fungsi yang harus ada yaitu "`void setup() { }`" dan "`void loop() { }`". Pada fungsi yang disebutkan pertama, dilakukan inisialisasi pin-pin Arduino yang digunakan. Fungsi yang kedua berisi program inti yang akan dikerjakan secara berulang-ulang [6].

Beberapa fungsi yang umumnya digunakan dalam pemrograman Arduino adalah,

- a. **pinMode (pin, mode)**  
Digunakan untuk menetapkan mode dari suatu pin. Pin yang dapat digunakan adalah dari 0-19 (pin analog 0-5 adalah 14-19). Mode yang bisa digunakan adalah INPUT atau OUTPUT.
- b. **digitalWrite(pin, value)**  
Ketika sebuah pin ditetapkan sebagai OUTPUT, pin tersebut dapat dijadikan HIGH (ditarik menjadi 5 volt) atau LOW (diturunkan menjadi *ground*).
- c. **digitalRead(pin)**  
Ketika sebuah pin ditetapkan sebagai INPUT maka anda dapat menggunakan kode ini untuk mendapatkan nilai pin tersebut apakah HIGH (ditarik menjadi 5 volt) atau LOW (diturunkan menjadi *ground*).
- d. **analogWrite(pin, value)**  
Beberapa pin pada Arduino mendukung PWM (*pulse width modulation*) yaitu pin 3, 5, 6, 9, 10, 11. Ini dapat merubah pin hidup (*on*) atau mati (*off*) dengan sangat cepat sehingga membuatnya dapat berfungsi layaknya keluaran analog. *Value* (nilai) pada format kode tersebut adalah angka antara 0 ( 0% *duty cycle* ~ 0V) dan 255 (100% *duty cycle* ~ 5V).
- e. **analogRead(pin)**  
Ketika pin analog ditetapkan sebagai INPUT anda dapat membaca keluaran voltase-nya. Keluarnya berupa angka antara 0 (untuk 0 volt) dan 1024 (untuk 5 volt) [6].

### C. Sensor

Sensor adalah alat untuk mendeteksi/mengukur suatu besaran fisis berupa variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia dengan diubah menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor itu sendiri terdiri dari transduser dengan atau tanpa penguat/pengolah sinyal yang terbentuk dalam satu sistem pengindra. Dalam lingkungan sistem pengendali dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh kontroler sebagai otaknya [8].

#### 1. Modul Sensor Jarak Infra Merah (IR) FC-51

Merupakan modul sensor yang digunakan untuk mendeteksi jarak dari suatu benda. Menggunakan IC LM 393 sebagai komparator serta mampu mendeteksi objek dengan rentang jarak 2-30 cm.

Sensor *infra red* FC51 (Gambar 4) memiliki 3 pin yang terdiri dari 2 pin catu daya (positif dan negatif) serta 1 pin (out) untuk keperluan komunikasi.



Gambar 4. Modul Sensor Jarak *Infrared* (FC-51) [4]

Spesifikasi sensor *infra red* FC51 meliputi :

- a. Jarak deteksi : 2 cm hingga 30 cm
- b. Sudut deteksi : 35 derajat
- c. Chip komparator : LM393
- d. Tegangan kerja : 3 - 5V DC.
- e. Ukuran papan : 3,2 x 1,4 cm.

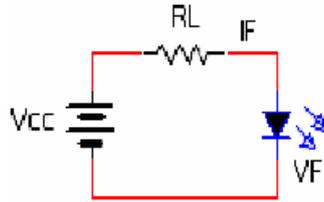
Jarak jangkauan deteksi dapat disesuaikan melalui potensiometer, dengan cara adalah: Jika diputar searah dengan jarum jam maka jarak deteksi meningkat, jika diputar berlawanan dengan arah jarum jam maka jarak deteksi berkurang [9].

#### 2. LED IR (Infra Red)

*Transceiver* adalah komponen elektronika yang bersifat memancarkan sinyal, sedangkan *receiver* adalah komponen elektronika yang bersifat menerima sinyal. Komponen ini memiliki prinsip kerja seperti LED (*Light Emitting Diode*), hanya saja yang dipancarkan adalah sinar infra merah yang tidak tampak oleh mata. Intensitas cahaya yang melaluinya sebanding dengan arus yang melewatinya, tetapi arus yang melaluinya tidak lebih dari 50 mA. Contoh *transceiver* yang lain yaitu dioda laser. Komponen ini juga seperti LED, namun pancaran sinarnya sejajar dan bisa mencapai jarak yang cukup jauh. LED infra merah merupakan komponen elektronika yang memancarkan cahaya infra merah dengan konsumsi daya sangat kecil. Pada saat menghantar, LED infra merah memancarkan cahaya yang tidak tampak oleh mata. LED infra merah mengeluarkan panjang gelombang sekitar 0,9 mikrometer [10].

Saat dioda menghantarkan arus, elektron lepas dari ikatannya karena memerlukan tenaga dari catu daya listrik. Setelah elektron lepas, banyak elektron yang bergabung dengan lubang yang ada disekitarnya (masuk lubang lain). Pada saat masuk lubang lain, elektron melepaskan tenaga yang akan diradiasikan dalam bentuk cahaya, sehingga dioda akan menyala atau memancarkan cahaya pada saat dilewati arus. Untuk pemfokusan cahaya, LED infra merah harus dilengkapi dengan lensa berkualitas tinggi agar memperoleh jangkauan pancaran cahaya yang jauh agar dapat ditransmisikan ke pendeteksi cahaya infra merah.

Rangkaian Dasar Pengoperasian LED infra merah dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5. Rangkaian Dasar Pengoperasian LED Infra Merah [5]

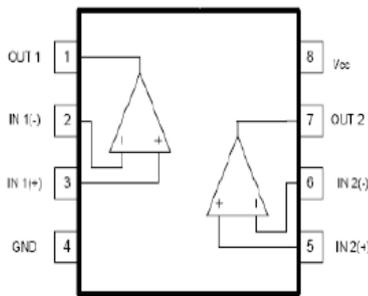
$$R_L = \frac{V_{CC} - V_f}{I_f} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- $R_L$  = Hambatan pada resistor ( $\Omega$ )
- $V_{CC}$  = Sumber tegangan DC (V)
- $V_f$  = Tegangan pada LED IR (V)
- $I_f$  = Kuat arus pada LED IR (A)

3. IC LM393

LM393 adalah sebuah IC (*Integrated Circuit*) yang berfungsi sebagai pembanding tegangan (*Voltage Comparator*). IC (*Integrated Circuit*) ini dapat diaplikasikan pada berbagai perangkat elektronik, diantaranya digunakan dalam rangkaian pengisi baterai (*Battery Charger*), *Switching Power Suplay*, *PC motherboard*, *Cordless Telephone*, dan perangkat komunikasi. LM393 berupa IC DIP (*Dual In-line Package*) 8 pin. Adapun konfigurasi pin pada IC LM393 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Konfigurasi Pin LM393 [11]

4. Sensor Logam Induktif

Sensor proximity yang berdasar atas perubahan induktansi karena adanya benda logam adalah salah satu yang paling banyak digunakan di industri. Efek dari sensor yang berada di dekat bahan ferromagnetic menyebabkan perubahan pada posisi garis fluks magnet permanen (Gambar 2.12). Dalam kondisi statis tidak ada gerakan dari garis fluks akan menyebabkan tidak ada arus yang diinduksi dalam

kumparan. Polaritas tegangan dari sensor tergantung pada apakah objek tersebut memasuki atau meniggalkan medan magnet [12].

Karena sensor membutuhkan gerak untuk menghasilkan gelombang keluaran, dibutuhkan pendekatan untuk menghasilkan sinyal biner untuk mengintegrasikan gelombang ini. Output biner akan bernilai rendah jika integral masih berada dibawah batas yang ditentukan, dan kemudian beralih ke tinggi (menunjukkan keadaan objek) ketika ambang batas terlampaui [12].

Adapun sensor logam induktif yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sensor logam induktif ROKO SN04 (Gambar 7). Mempunyai 3 kabel yang terdiri dari 2 pin catu daya (positif dan negatif) serta 1 pin (hitam) untuk keperluan komunikasi [13].

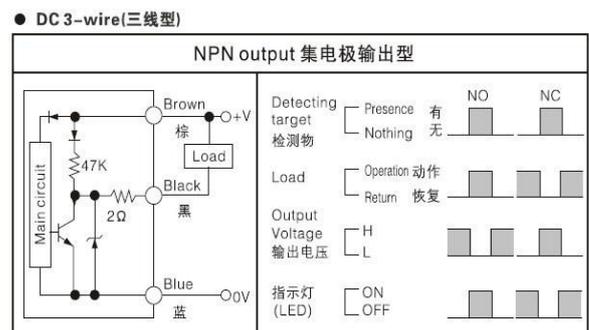


Gambar 7. Sensor Logam Roko SN04

spesifikasi sensor metal Roko SN04:

- a. Jarak deteksi : 0mm hingga 4mm.
- b. Tegangan kerja : 10 - 30V DC.
- c. Suhu kerja : -25° C hingga 70° C.
- d. Bobot : 60 gram.
- e. Ukuran : 34mm x 18mm x 14mm.

Wiring Diagram Sensor SN04 ditunjukkan pada Gambar 8.

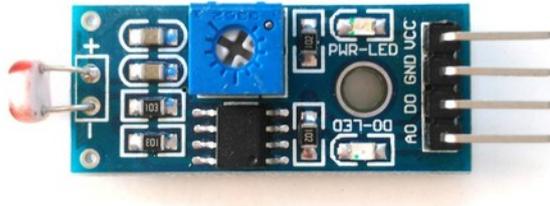


Gambar 8. Wiring Diagram Sensor SN04 [13]

5. Modul Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*)

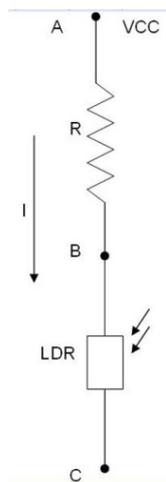
LDR (Gambar 9) atau sensor cahaya adalah salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansi apabila mengalami perubahan penerimaan cahaya. Besarnya nilai hambatan pada sensor cahaya

LDR tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. LDR sering disebut dengan alat atau sensor yang berupa resistor yang peka terhadap cahaya [6].



Gambar 9. Modul Sensor Cahaya

LDR (*Light Dependent Resistance*) merupakan salah satu contoh sensor cahaya yang terbuat dari bahan *cadmium sulfoselenoid (CDS)* yang sangat peka terhadap perubahan intensitas cahaya yang mengenai permukaannya. LDR akan sangat resisten jika tidak terkena cahaya, sebaliknya nilai resistansi LDR akan sangat rendah bila terkena cahaya yang sangat terang. Kemampuannya menyerap cahaya memudahkan LDR mengatur letak sumber cahaya agar bisa mengenai permukaan sensor dengan optimal.



Gambar 10. Rangkaian Seri LDR dan Resistor [11]

Tetapi penggunaan LDR harus dirangkai seri dengan resistor variabel (*trimmer*) yang terhubung ke sumber dan salah satu kaki LDR terhubung ke *ground*, sesuai dengan persamaan pembagi tegangan, maka persamaan pembagi tegangan yang akan digunakan adalah:

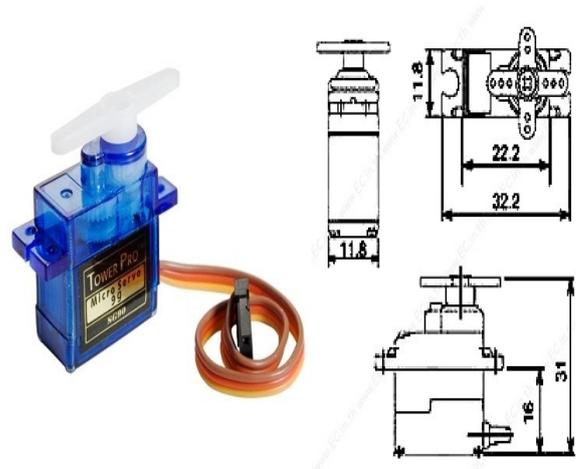
$$\begin{aligned} V_{CC} &= V_{AB} + V_{BC} \\ V_{CC} &= V_R + V_{LDR} \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{CC} &= I \times R_{total} \\ R_{total} &= R + R_{LDR} \\ I &= V_{CC} / R_{total} \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{BB} &= V_{CC} - V_{AB} \\ &= (I \times R_{total}) - (I \times R) \\ &= I \times (R_{total} - R) \\ &= I \times R_{LDR} \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

6. Motor Servo

Motor servo (Gambar 11) adalah sebuah motor DC yang dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem *closed feedback* yang terintegrasi dalam motor tersebut. Pada motor servo posisi putaran sumbu (*axis*) dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo [14].



Gambar 11. Servo TowerPro SG90 [15]

7. LASER (*Light Amplification By Stimulated Emission Of Radiation*)

Laser adalah suatu alat yang memancarkan gelombang elektromagnetik atau bagian khusus dari sumber cahaya yang melewati suatu proses yang dinamakan emisi spontan. Daerah kerja laser tidak terbatas dapat bekerja pada daerah frekuensi yang luas, dapat berupa laser infra merah, laser ultra violet, laser X-ray, atau laser *visible*. Laser dikatakan baik jika frekuensi atau panjang gelombang yang dipancarkannya bersifat tunggal. Daya laser dapat dibuat bervariasi dari mulai nano watt untuk laser kontinyu sampai triliunan watt untuk laser pulsa [14].

Dioda laser (Gambar 12) adalah sejenis laser di mana media aktifnya sebuah semikonduktor persimpangan *p-n* yang mirip dengan dioda pemancar cahaya. Prinsip kerja dioda laser yaitu melalui sirkuit dari rangkaian elektronika, yang terdiri dari jenis p dan n. Pada laser sering dihasilkan 2 tegangan, yaitu:

1. *Biased forward*, arus dihasilkan searah dengan nilai 0,707 untuk pembagian tegangan puncak, bentuk gelombang di atas (+).
2. *Backforward biased*, merupakan tegangan berbalik yang dapat merusak suatu komponen elektronika [11].



Gambar 12. Laser [11]

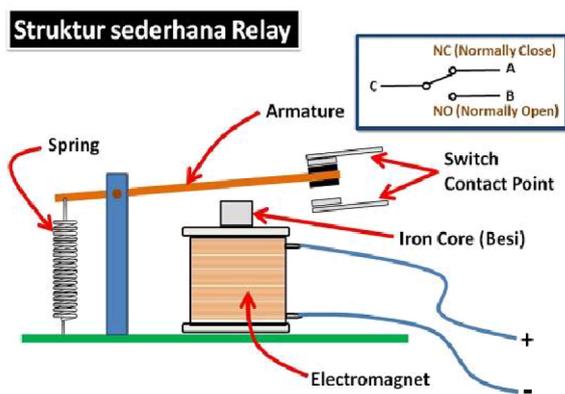


Gambar 14. Modul Relay

8. Relay

Relay adalah komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, relay merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (*solenoid*) di dekatnya. Ketika *solenoid* dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada *solenoid* sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka [4].

Berdasarkan Gambar 13, sebuah Besi (*Iron Core*) dililit oleh sebuah kumparan yang berfungsi untuk mengendalikan besi tersebut. Apabila Kumparan diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet yang kemudian menarik *Armature* untuk berpindah dari posisi sebelumnya (*NC*) ke posisi baru (*NO*) sehingga menjadi Saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (*NO*). Posisi dimana *Armature* tersebut berada sebelumnya (*NC*) akan menjadi *OPEN* atau tidak terhubung.



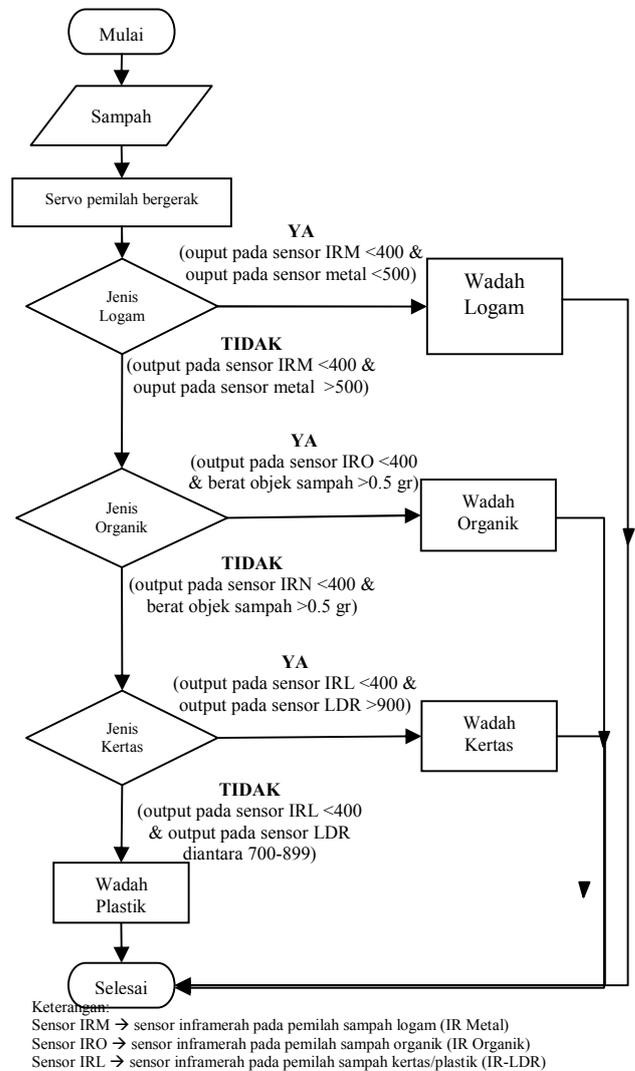
Gambar 13. Struktur Sederhana Relay [17]

Pada saat tidak dialiri arus listrik, *Armature* akan kembali lagi ke posisi Awal (*NC*). *Coil* yang digunakan oleh Relay untuk menarik *Contact Point* ke Posisi *Close* pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik relatif kecil [8]. Modul relay dapat dilihat pada Gambar 14.

III. METODE

A. Konsep Rancangan

Langkah awal dalam perancangan alat adalah menentukan konsep dari rancangan alat yang akan dibuat. Gambar 9 adalah blok diagram yang menggambarkan konsep dasar dari alat yang akan dirancang.



Gambar 15. Diagram Blok Sistem

**B. Perancangan Alat**

Alat akan dirancang berdasarkan pada kebutuhan sistem. Adapun perancangan alat pemilah sampah otomatis akan terdiri dari:

1. Perancangan pendeteksi objek sampah.
2. Perancangan pemilah logam.
3. Perancangan pemilah organik.
4. Perancangan pemilah kertas.
5. Perancangan pemilah plastik.

Untuk perancangan perangkat lunak meliputi inialisasi program pada mikrokontroler, inialisasi sensor, dan inialisasi alat pendukung tambahan.

1. Perancangan pendeteksi keberadaan sampah  
Bagian ini berfungsi untuk mengindikasikan bahwa terdapat sampah yang harus diproses oleh alat. Terdiri dari sensor jarak infra merah dan servo.

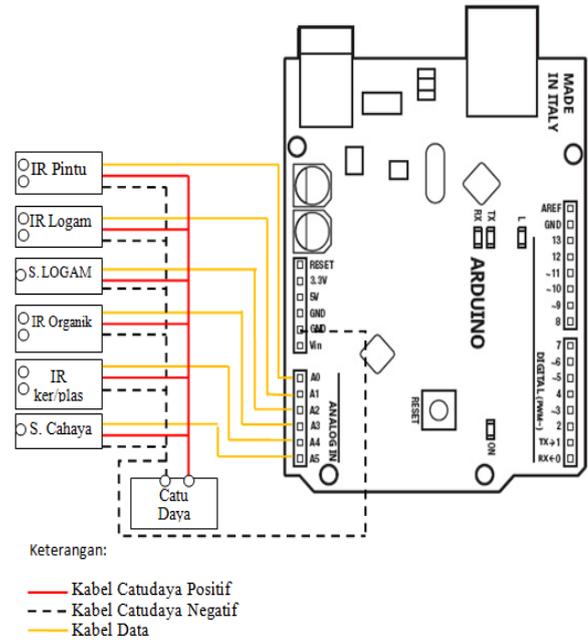
2. Perancangan pemilah logam  
Bagian ini akan berfungsi sebagai pemilah sampah yang mengandung logam. Terdiri dari sensor logam dan servo.

3. Perancangan pemilah organik  
Bagian ini akan berfungsi sebagai pemilah sampah organik dengan menggunakan metode perbedaan berat sampah. Sampah organik cenderung lebih berat daripada sampah plastik dan sampah kertas. Terdiri dari sensor infra merah, servo, dan kipasendorong.

4. Perancangan pemilah kertas  
Bagian ini akan berfungsi sebagai pemilah sampah kertas dengan memanfaatkan metode perbedaan pemantulan cahaya oleh kertas. Kertas cenderung memantulkan cahaya yang mengenainya. Terdiri dari sensor infra merah, sensor cahaya, servo, dan laser.

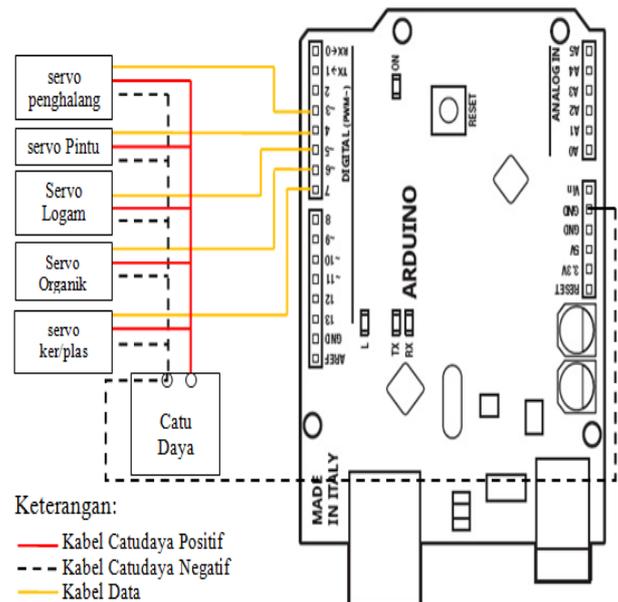
5. Perancangan pemilah plastik  
Bagian ini akan berfungsi sebagai pemilah sampah plastik dengan memanfaatkan metode perbedaan pemantulan cahaya. Plastik cenderung meneruskan cahaya yang mengenainya. Terdiri dari sensor infra merah, sensor cahaya, servo, dan laser. Bagian pemilah plastik merupakan satu tempat yang sama pada bagian pemilah kertas.

6. Rangkaian Sensor dengan Arduino UNO  
Hubungan rangkaian sensor dengan arduino UNO dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 16. Rangkaian Sensor dengan Arduino UNO

7. Rangkaian Servo dengan Arduino UNO  
Hubungan rangkaian sensor dengan arduino UNO dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 17. Rangkaian Servo dengan Arduino UNO

- C. Perancangan Alat (software)  
Perancangan perangkat lunak bertujuan untuk menetapkan nilai-nilai dan fungsi pada penulisan program sehingga tujuan dari perancangan perangkat keras dapat tercapai.

### 1. *Software* pemograman

Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino uno. Arduino harus diprogram terlebih dahulu agar dapat menjalankan fungsinya. Pemograman arduino uno menggunakan program *IDE (Integrated Development Environment)*. Agar alat tempat pemilah sampah otomatis dapat berkerja secara optimal, sensor-sensor yang digunakan untuk mendeteksi objek jenis sampah harus diatur nilai dan jarak ukurnya terlebih dahulu. Kesalahan pengaturan nilai dan jarak ukur akan menyebabkan objek tidak terdeteksi ataupun kesalahan pendeteksian objek.

Mikrokontroler arduino memiliki memori yang terbatas, sehingga mempunyai kemampuan memproses data yang terbatas juga. Input analog pada mikrokontroler arduino uno hanya mampu membaca nilai digital sebesar 10 bit, sehingga arduino uno hanya mampu mengkonversi data digital ke data analog sebesar 1024 ( $2^{10}$ ). Besaran konversi akan bernilai mulai dari 0 hingga 1023. Nilai 0 berarti 0 volt, sedangkan nilai 1023 berarti 5 volt. Sehingga setiap cacahan akan memiliki nilai  $5/1023$  volt.

### 2. Inisialisasi Sensor

Agar hasil pembacaan sensor dapat diproses secara akurat oleh mikrokontroler arduino, sensor perlu dikalibrasi terlebih dahulu. Adapun kalibrasi yang harus dilakukan meliputi nilai-nilai minimal dan maksimal pada masing-masing sensor. Nilai yang ditetapkan pada masing-masing sensor adalah nilai hasil pengujian deteksi sensor terhadap objek sampah yang akan dideteksi.

Nilai yang dihasilkan oleh sensor (tegangan) akan diproses oleh arduino (*ADC*) sehingga dapat ditampilkan pada bagian *serial monitor*. Adapun kalibrasi yang perlu dilakukan antara lain adalah:

- a. Sensor pendeteksi keberadaan objek sampah  
Nilai sensor *IR* harus lebih dari 200 dalam keadaan tidak mendeteksi objek (nilai maksimal adalah 1023 dalam mikrokontroler arduino). Jika sensor menghasilkan keluaran yang lebih kecil dari 200, maka sensor dianggap mendeteksi adanya keberadaan objek sampah. Berikut merupakan potongan kode program kerja sensor *IR1* sebagai sensor pendeteksi objek sampah.
- b. Sensor pemilah sampah logam  
Untuk inisialisasi sensor *IR* bagian pemilah sampah logam, nilai awal dari sensor harus lebih besar dari 400, sensor dianggap mendeteksi benda jika menghasilkan nilai keluaran lebih kecil dari 400. Untuk inisialisasi sensor logam, nilai awal sensor logam harus lebih besar dari 500, sensor dianggap mendeteksi benda berjenis logam jika menghasilkan keluaran lebih kecil dari 500.
- c. Sensor pemilah sampah organik

Sebagai pendeteksi keberadaan sampah organik, hanya digunakan sensor *IR*. Nilai awal dari sensor harus lebih dari 400, sensor dianggap mendeteksi benda jika menghasilkan nilai keluaran lebih kecil dari 400.

- d. Sensor pemilah sampah kertas dan pemilah sampah plastik

Dikarenakan tempat pemilahan, penggunaan sensor, dan metode pemilahan yang sama, maka inisialisasi sensor pemilah sampah kertas dan pemilah sampah plastik hanya perlu dilakukan sekali. Untuk mendeteksi objek sampah dengan jenis kertas ataupun jenis plastik, digunakan 2 buah sensor yakni sensor *IR* dan sensor cahaya.

Inisialisasi sensor *IR* pemilah sampah kertas dan pemilah sampah plastik sama seperti pada sensor *IR* logam. Nilai awal dari sensor harus lebih dari 400, sensor dianggap mendeteksi benda jika menghasilkan nilai keluaran lebih kecil dari 400. Sedangkan untuk inisialisasi sensor cahaya, nilai awal sensor cahaya harus lebih kecil dari 700, sensor akan dianggap mendeteksi benda berjenis kertas jika menghasilkan keluaran lebih besar dari 900, kemudian sensor akan dianggap mendeteksi benda berjenis plastik jika menghasilkan keluaran dengan rentang nilai antara 700 hingga 899.

### D. *Inisialisasi Alat Pendukung*

Inisialisasi alat pendukung bertujuan untuk mendeklarasikan posisi awal alat saat program mulai berjalan. Hal ini diperlukan agar tidak terjadi kesalahan fungsi alat dan sensor.

#### 1. Servo

Servo merupakan motor bergigi yang digunakan untuk menggerakkan bagian-bagian pemilah. Dikarenakan penggunaan servo dalam jumlah yang banyak, maka masing-masing servo harus diatur posisi awalnya serta posisi servo saat sensor memberikan keluaran. Pengaturan posisi servo dapat dijelaskan adalah:

- a. Servo penghalang  
Posisi awal  $90^\circ$ , posisi deteksi objek  $50^\circ$ .
- b. Servo pintu  
Posisi awal  $65^\circ$ , posisi deteksi objek  $140^\circ$ .
- c. Servo logam  
Posisi awal  $130^\circ$ , posisi deteksi logam  $178^\circ$ , posisi deteksi non-logam  $70^\circ$ .
- d. Servo organik  
Posisi awal  $180^\circ$ , posisi deteksi organik  $90^\circ$ .
- e. Servo kertas dan plastik  
Posisi awal  $107^\circ$ , posisi deteksi kertas  $180^\circ$ , posisi deteksi plastik  $0^\circ$ .

#### 2. Alat tambahan

Selain penggunaan servo, dibutuhkan alat tambahan yang dapat menjalankan fungsi tertentu.

Alat tambahan merupakan alat pendukung yang digunakan agar tujuan suatu aksi dapat tercapai.

Adapun alat tambahan yang digunakan dalam tempat pemilah sampah otomatis adalah:

a. Relay

Relay digunakan untuk mengendalikan keadaan kipas. Posisi awal relay adalah *normally open (NO)*, posisi relay ketika sensor mendeteksi adanya objek selama 2 detik harus berubah ke keadaan *normally close (NC)*.

b. Kipas

Kipas akan dikendalikan oleh relay. Kipas harus berada dalam keadaan mati saat awal dan harus hidup ketika sensor mendeteksi objek selama 2 detik.

c. Modul laser

Laser harus tetap berada dalam keadaan hidup dimulai saat program telah berjalan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat dilakukan dengan cara memasukkan objek sampah secara langsung. Percobaan dilakukan dengan 2 jenis sampah, yakni sampah yang sejenis dan sampah yang dicampur. Masing-masing percobaan dilakukan sebanyak 15 kali untuk mendapatkan nilai rata-ratanya.

Setelah melakukan perancangan dan pengujian alat, akan didapatkan hasil pengujian berupa data kuantitatif. Hasil perancangan berupa alat dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Hasil Perancangan

A. Hasil Pengujian

Hasil pengujian alat menunjukkan sensor yang digunakan telah mampu membedakan jenis sampah logam, organik, kertas, dan plastik. Adapun hasil

pengujian alat dapat dilihat pada masing-masing tabel hasil pengujian dibawah ini. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian untuk sampah sejenis.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sampah Sejenis

JENIS	Kesimpulan (Sejenis)					Keakuratan (%)
	Kertas	Plastik	Logam	Organik	Gagal (Tersangkut)	
Logam	0	0	147	0	3	98%
Organik	26	56	1	40	27	26.67%
Kertas	48	51	0	25	26	32%
Plastik	34	87	0	11	18	58%
Total					12.3%	53.67%

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian untuk sampah campuran.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sampah Campuran

JENIS	Kesimpulan (Campuran)					Keakuratan (%)
	Kertas	Plastik	Logam	Organik	Gagal (Tersangkut)	
Logam	2	4	142	2	0	94.67%
Organik	28	40	22	42	18	28%
Kertas	18	55	28	39	10	12%
Plastik	34	62	24	20	10	41.3%
Total					6.3%	44%

Tabel 4 yang menunjukkan hasil rata-rata untuk kedua jenis pengujian.

tabel 4. Hasil Pengujian Sampah Campuran

JENIS	Kesimpulan (Total)					Keakuratan (%)
	Kertas	Plastik	Logam	Organik	Gagal (Tersangkut)	
Logam	2	4	289	2	3	96.3%
Organik	54	96	23	82	45	27.3%
Kertas	66	106	28	64	36	22%
Plastik	68	149	24	31	28	49.67%
Total					9.3%	48.8%

Dari hasil pengujian, dapat dilihat bahwa masih terdapat kesalahan berupa sampah tersangkut dan kesalahan pendeteksian oleh sensor.

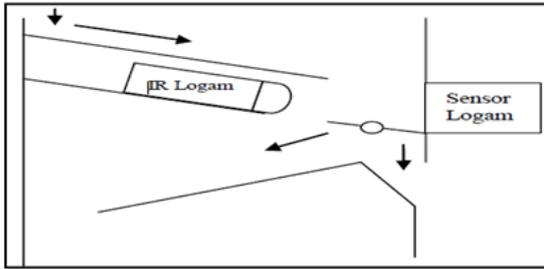
B. Pembahasan

Alat pemilah sampah otomatis menggunakan beberapa metode dan sensor untuk membedakan jenis sampah. Metode dan sensor yang digunakan akan mempengaruhi hasil pemilahan sampah. Diperlukan metode dan sensor yang tepat sesuai karakteristik sampah yang akan dideteksi sehingga sampah dapat dipilah. Adapun keefektifan metode dan sensor yang digunakan dapat dibahas adalah:

1. Pemilah sampah logam

Sensor logam yang digunakan dapat mendeteksi benda berbahan logam secara baik. Metode yang digunakan adalah penempatan sensor logam pada

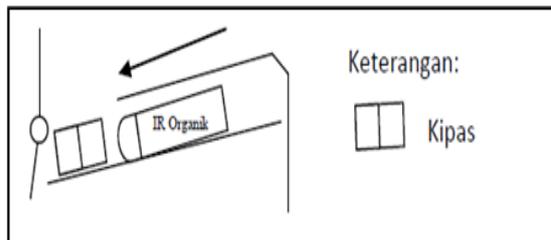
bagian awal alat memberikan hasil yang baik. Posisi sensor dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Posisi Sensor Logam

#### 2. Pemilahan sampah organik

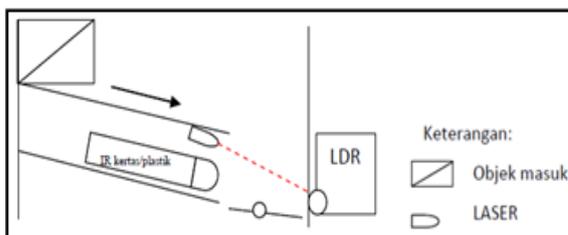
Sensor infra merah yang digunakan dapat mendeteksi keberadaan sampah. Namun metode mendeteksi sampah organik dengan cara perbedaan berat sampah organik dengan sampah kertas dan sampah plastik kurang tepat. Seringkali sistem gagal memilah sampah organik. Metode dengan penggunaan kipas dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Metode Pemisahan Sampah Organik

#### 3. Pemilahan sampah kertas

Sensor infra merah telah mampu mendeteksi keberadaan objek. Namun penggunaan sensor cahaya masih kurang optimal. Perbedaan ukuran kertas dan posisi jatuh kertas yang tidak sesuai mempengaruhi hasil pendeteksian sensor cahaya. Metode memilah kertas dengan plastik menggunakan perbedaan cahaya masih kurang optimal. Metode menggunakan cahaya untuk membedakan sampah kertas dengan sampah plastik dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Metode Cahaya Untuk Membedakan kertas dengan Plastik

#### 4. Pemilahan sampah plastik

Sensor infra merah telah mampu mendeteksi keberadaan objek. Penggunaan sensor cahaya yang disinkronkan dengan sensor infra merah mampu memberikan hasil pendeteksian yang lebih baik daripada hasil sampah kertas. Sensor cahaya yang digunakan adalah modul sensor LDR (*light dependent resistor*). LDR akan sangat resisten jika tidak terkena cahaya, sebaliknya nilai resistansi LDR akan sangat rendah bila terkena cahaya yang sangat terang.

### V. KESIMPULAN

Hasil percobaan pada prototype alat pemilah sampah otomatis menunjukkan bahwa alat yang dirancang telah mampu membedakan jenis sampah berdasarkan bahan sampah. Pemilahan pada bagian logam menghasilkan keakuratan terbaik berkat penggunaan sensor logam. Namun pemilahan pada bagian lain tidak menghasilkan keakuratan yang baik. Masih terdapat kesalahan pendeteksian dan kesalahan akibat tersangkutnya sampah di dalam alat.

Beberapa saran untuk pengembangan pada penelitian selanjutnya Perancangan desain alat pada bagian pintu yang lebih efektif agar sampah dapat masuk secara lancar. Perancangan sensor organik yang dapat digunakan untuk mendeteksi sampah organik secara langsung dengan pemanfaatan sensor gas dan sensor lain.

Merancang alat pemilah sampah yang mampu mendeteksi jenis sampah yang mempunyai ukuran beragam (tidak standart) dengan meningkatkan daya deteksi sensor dengan pemakaian sensor skala industri ataupun menggunakan sinkronisasi sensor (lebih dari satu buah).

### VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Restu, "Rekayasa Mesin Pemilah dan Penghancur Sampah Otomatis Dengan Sistem Kendali Kontrol Sederhana Pada Skala Internal Politeknik Negeri Batam," *Jurnal integrasi*, ISSN: 2085-3858, 2013.
- [2] M. H. Russel, M. H. Chowdhury, Md. S. N. Uddin, A. Newaz, Md. M. M. Talukder, "Development Of Automatic Smart Waste Sorter Machine," *International Conference on Mechanical, Industrial and Materials Engineering 2013 (ICMIME2013) 1-3 November, 2013*, RUET, Rajshahi, Bangladesh. Paper Id: AM-012, 2013.
- [3] S. Aslamia, "Robot Pendeteksi Manusia Sebagai Sistem Keamanan Ruang Menggunakan Sensor PIR Dengan Media Komunikasi XBEE Berbasis Arduino Leonardo", *Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang*, 2015.

- [4] V. Masinambow, "Pengendali Saklar Listrik Melalui Ponsel pintar Android," e-journal Teknik Elektro dan Komputer (2014), ISSN 2301-8402, 2014.
- [5] S. Rahmawati, "Simulasi Membuka, Menutup Pintu dan Menghidupkan Mesin Mobil Menggunakan Android," Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, 2015.
- [6] S. J. Sokop, "Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," E-Journal Teknik Elektro dan Komputer vol.5 no.3 (2016), ISSN : 2301-8402, 2016.
- [7] D. Wheat, Arduino Internals, New York: Apress, 2011
- [8] D. T. Saputra, "Aplikasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Pada Sistem Kendali Valve Sebagai Penyalur Air Dengan Akses Control RFID Berbasis Arduino Uno," Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, 2015
- [9] G. Felix, J. D. Ning, "Enhanced Bank Vault (Strong Room) Security System Design," International Journal of Science and Research (IJSR), ISSN (Online): 2319-7064, 2015.
- [10] F. Y. Atmaja, "Otomatisasi Kran Dan Penampung Air Pada Tempat Wudhu Berbasis Mikrokontroler", Universitas Sebelas Maret, 2010.
- [11] E. Tuluk, "Implementasi Alat Pengusir Hama Burung Di Area Persawahan Dengan Menggunakan Gelombang Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler ATMEGA168," Vol.VII Nomor 21 Nopember 2012 - Jurnal Teknologi Informasi, ISSN : 1907-2430, 2012.
- [12] R. M. K. Wijaya, "Studi Penggunaan Proximity Sebagai Saklar Pada Alat Penomoran Pupuk Urea Kantong Di PT. Pupuk Sriwidjaja," Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, 2014.
- [13] M. G. Toto, G. A. Mutiara, dan G. I. Hapsari, "Memperluas Jangkauan AR Drone 2.0 Menggunakan Wifi Extender," e-Proceeding of Applied Science: Vol.1, No.2 Agustus 2015, ISSN : 2442-5826, 2015.
- [14] Harahap, U., Pasaribu, F. I., Kontrol, I. S., Tutup, B., Pada, V., Pemanasan, P., & Jaket, A. (2018). Journal of Electrical and System Control Engineering Sistem Kontrol Buka Tutup Valve Pada Proses Pemanasan Air Jaket, Vol.1, No.2 Agustus 2018, ISSN : 2549-6298.
- [15] Towerpro. Datasheet Servo SG9 [online] Tersedia: [www.towerpro.tw/ product](http://www.towerpro.tw/product), 16 Juli 2017
- [16] Maxwell. Datasheet SN04. <http://www.electronicastudio.com/docs/SHT-170.pdf>. 16 Juli 2017.