



# **RANCANG BANGUN TEMPAT SAMPAH OTOMATIS MENGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK**

**Skripsi**

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro**

**Oleh**

**Faizal Nulul Handoyo Ady**

**NIM.5301413032**

**PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2019**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Faizal Nulul Handoyo Ady  
NIM : 5301413032  
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro  
Judul : Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Menggunakan  
Sensor Ultrasonik

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknk Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 3 Mei 2019

Pembimbing,



Dr. Ir. I Made Sudana, M.Pd, IPM

NIP. 195605081984031004

## PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik telah dipertahankan di depan sidang panitia ujian skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 22 Mei 2019.

Oleh

Nama : Faizal Nulul Handoyo Ady  
NIM : 5301413032  
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro

Panitia:

Ketua



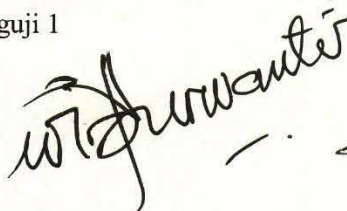
Dr. Ing. Dhihik Prastiyanto, S.T., M.T.  
NIP. 197805312005011002

Sekretaris



Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T. IPM.  
NIP. 196605051998022001

Penguji 1



Dra. Dwi Purwanti, AhT, M.S.  
NIP. 195910201990022001

Penguji 2



Arimaz Hangga, S.T., M.T.  
NIP. 199008122015041002

Penguji 3



Dr. Ir. I Made Sudana, M.Pd. IPM.  
NIP. 195605081984031004

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.  
NIP. 196911301994031001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 3 Mei 2019

Yang membuat pernyataan,



Faizal Nukul Handoyo Ady

NIM. 5301413032

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO :**

1. Kehidupan adalah kanan, kiri, depan, dan belakang.
2. Tangga menuju langit adalah kepalamu, maka letakkan kakimu di atas kepalamu. Untuk mencapai Tuhan injak-injaklah pikiran dan kesombongan rasionalmu. (Sujiwo Tejo)
3. Kemalasan adalah bentuk ketidakjujuran terhadap anugerah Tuhan atas potensialitas hamba-Nya. (Cak Nun)
4. Sabar, Ikhlas, Bersyukur, Ikhtiar, Tawakal dan Istiqomah adalah kunci kesuksesan.

### **PERSEMBAHAN :**

1. Kedua orang tua yang telah dengan ikhlas membesarkan, mendidik, dan membimbing dalam menjalani hidup.
2. Keluarga besar yang telah memberikan semangat dalam mengerjakan sekripsi.
3. Almamater Unnes.

## RINGKASAN

Faizal Nulul Handoyo Ady. 2019. Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik, Dr. Ir. I Made Sudana, M.Pd. IPM.  
Pendidikan Teknik Elektro

Tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik sebagai alat untuk mengotomatisasi tempat sampah manual supaya memudahkan masyarakat untuk membuang sampah dan meningkatkan kesadaran terhadap kebersihan lingkungan. Tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik dikendalikan melalui mikrokontroler. Sensor ultrasonik mendeteksi seseorang di depan tempat sampah selama kurang dari 3 detik. Data diproses oleh arduino uno untuk memutar motor servo dalam membuka dan menutup tutup tempat sampah serta speaker mengeluarkan suara “terima kasih sudah membuang sampah pada tempatnya”

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* atau RnD. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, kinerja dari rancang bangun tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik bekerja dengan baik, dengan nilai rata-rata waktu (tutup terbuka) saat uji kinerja alat pada jarak 15 cm adalah 3.07 s dan pada jarak 30 cm adalah 3.06 s. Pengujian kelayakan alat oleh dosen ahli masuk ke dalam kategori sangat layak dengan persentase di atas batas minimum ( $\geq 76\%$ ) yaitu desain alat 77.78%, kinerja alat 88.89%, kemudahan pengoperasian alat 79.17% dan manfaat alat 79.17%.

Disarankan untuk penelitian selanjutnya yaitu menambahkan sensor pendeteksi jika sampah sudah penuh. Saran yang ke dua adalah tempat sampah dibuat *portable* menggunakan catu daya sendiri atau tidak hanya bersumber tegangan AC.

***Kata Kunci : Tempat Sampah Otomatis, Sensor Ultrasonik, Mikrokontroler.***

## **PRAKATA**

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik” ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat-Nya di yaumul akhir nanti, Amin.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik, Dr-Ing Dhidik Prastiyanto, S.T, M.T., Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Elektro atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
2. Dr. Ir. I Made Sudana, M.Pd. IPM., Pembimbing yang penuh perhatian, memberi masukan, saran, bimbingan, dan motivasi dalam penyusunan skripsi.
3. Semua dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
4. Kedua orang tua serta keluarga besar yang selalu memberi nasihat, semangat, dan motivasi hingga skripsi ini dapat terselesaikan.

5. Rekan-rekan FTD dan PTE UNNES 2013 yang telah mengukir banyak cerita selama perkuliahan.
6. Keluarga Besar Hoera Partij, sekumpulan orang gila di perantauan yang mengajarkan berbagai hal mulai dari kesolidaritan, kesetiaan kekeluargaan hingga perselisihan. Dulur selawase lur.
7. Irfan Dwi S, Tigo Wati, Addien Agustina, M. Kharis, Harist Ahmad M. Aji Shofiudin, Ahmad Agus Sofwan, Gema Rachmadani, yang selalu setia mendengarkan keluh kesah, menemani dan membantu dalam proses pembuatan skripsi tanpa lelah. Muah.
8. Rina Karunia yang telah menghiasi masa Quarter Life Crisis ku. Terima kasih segalanya atas luka dan janji manismu.
9. Seluruh kawan organisasi DPM FT 2015, DPM FT 2016, HIMARU yang telah mengizinkan saya ikut berproses bersama.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk semua pihak yang memerlukan.

Semarang, 3 Mei 2019

Peneliti



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
RINGKASAN .....	vi
PRAKATA .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	4
1.3 Rumusan Masalah .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Tujuan Penelitian .....	5
1.6 Manfaat Penelitian .....	5
1.7 Penegasan Istilah .....	5
BAB II LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA .....	7
2.1 Landasan Teori .....	7
2.1.1 Sistem Pengendalian .....	7
2.1.2 Sensor Ultrasonik.....	9

2.1.3	Mikrokontroler .....	12
2.1.4	Motor Servo .....	13
2.1.5	Modul <i>Micro SD Card</i> .....	14
2.1.6	Penguat Operasi atau <i>Operational Amplifier (OP-Amp)</i> .....	14
2.1.7	<i>Speaker</i> (Pengeras Suara) .....	17
2.2	Kajian Pustaka .....	18
2.2.1	Penelitian yang Relevan.....	18
2.3	Kerangka Berfikir .....	21
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>23</b>
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian .....	23
3.2	Metode dan Desain Penelitian .....	23
3.3	Prosedur Penelitian .....	23
3.3.1	Potensi dan Masalah .....	25
3.3.2	Pengumpulan Data .....	25
3.3.3	Desain Produk .....	25
3.3.3.1	Persiapan Alat dan Bahan .....	26
3.3.3.2	Perancangan Alat .....	28
3.3.4	Validasi Desain .....	34
3.3.5	Pembuatan dan Penyempurnaa Alat .....	35
3.3.6	Uji Coba Produk .....	35
3.4	Pengambilan Data .....	35
3.5	Analisis Data .....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>37</b>
4.1	Deskripsi Alat .....	37
4.2	Saran Perbaikan Alat Oleh Dosen Ahli .....	38

4.3 Cara Pengoperasian Alat .....	39
4.4 Kinerja Alat .....	40
4.5 Hasil Uji Kelayakan Alat Oleh Dosen Ahli .....	43
BAB V PENUTUP .....	47
5.1 Kesimpulan .....	47
5.2 Saran .....	48
DAFTAR PUSTAKA .....	49
LAMPIRAN.....	51

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1 Hasil Percobaan Deteksi Sensor Ultrasonik Pada Jarak 15 Cm.....	41
Tabel 4.2 Hasil Percobaan Deteksi Sensor Ultrasonik Pada Jarak 30 Cm.....	42
Tabel 4.3 Hasil Persentase Nilai Uji Kelayakan Alat Oleh Dosen Ahli .....	44

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Fungsi Alih Sistem Kontrol <i>Open Loop</i> .....	7
Gambar 2.2 Fungsi Alih Sistem Kontrol <i>Close Loop</i> .....	8
Gambar 2.3 Prinsip Pemantulan Ultrasonik.....	10
Gambar 2.4 Penguat <i>Inverting</i> .....	15
Gambar 2.5 Penguat <i>Non Inverting</i> Dengan Dua <i>Input</i> .....	17
Gambar 2.6 Diagram Alur Kerangka Berfikir .....	21
Gambar 3.1 Diagram Prosedur Penelitian.....	24
Gambar 3.2 Diagram Blok Tempat Sampah Otomatis <i>Open Loop</i> .....	28
Gambar 3.3 <i>Wiring</i> Diagram (Diagram Pengkabelan) Tempat Sampah Otomatis .....	29
Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Kerja Tempat Sampah Otomatis .....	31
Gambar 3.5 Desain Tempat Sampah Otomatis .....	33
Gambar 3.6 Desain Komponen Tempat Sampah Otomatis .....	34
Gambar 4.1 Seseorang Berdiri Tepat Di Depan Sensor Ultrasonik.....	39
Gambar 4.2 Tutup Tempat Sampah Terbuka.....	39
Gambar 4.3 Tutup Tempat Sampah Tertutup .....	40
Gambar 4.4 Diagram Hasil Uji Kelayakan Alat Oleh Ahli .....	45

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Angket Uji Kelayakan Alat Oleh Dosen Ahli 1 .....	51
Lampiran 2 Angket Uji Kelayakan Alat Oleh Dosen Ahli 2 .....	54
Lampiran 3 Angket Uji Kelayakan Alat Oleh Dosen Ahli 3 .....	57
Lampiran 4 Surat Permohonan Menggunakan Laboratorium .....	60
Lampiran 5 Formulir Usulan Topik .....	61
Lampiran 6 Surat Usulan Pembimbing .....	62
Lampiran 7 Surat Keputusan Dosen Pembimbing .....	63
Lampiran 8 Dokumentasi .....	64

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebersihan lingkungan merupakan kegiatan menciptakan atau menjadikan lingkungan yang bersih, indah, asri, nyaman, hijau dan enak dipandang mata. Kebersihan dan keindahan lingkungan sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup manusia. Kebersihan lingkungan merupakan tanggung jawab manusia, akan tetapi masih banyak yang tidak peduli akan pentingnya kebersihan lingkungan. Hal tersebut dapat kita lihat bahwa masih banyak sampah yang berceceran di jalan dan juga di taman kota. Keadaan tersebut tentunya meresahkan bagi pengguna fasilitas publik. Ketidakpedulian masyarakat terhadap lingkungan mengakibatkan kerusakan terhadap lingkungan. Masalah lingkungan bukan hanya menjadi tanggungjawab pemerintah, tetapi harus ada kerjasama dari semua pihak dalam menangani masalah lingkungan. Sebagai warga negara yang baik harus mengetahui apa yang menjadi hak, kewajiban dan larangan terhadap lingkungan, sesuai yang tertulis dalam undang-undang nomor 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengolahan lingkungan hidup.

Sekarang ini kerusakan lingkungan menjadi masalah serius di Indonesia. Kerusakan alam di Indonesia terjadi karena masyarakat memiliki sifat serakah dan tidak menghormati lingkungan (Mu'in, 2011). Permasalahan sampah di Indonesia meliputi tingginya laju timbunan sampah, tingkat kepedulian masyarakat terhadap lingkungan masih rendah, dan masyarakat membuang sampah tidak pada tempat

yang disediakan. Perilaku buruk ini, seringkali menyebabkan bencana banjir di musim hujan karena *drainase* (selokan) tersumbat sampah (Hardiatmi, 2011). Kebiasaan membuang sampah sembarangan dilakukan hampir di semua kalangan masyarakat. Tempat sampah yang sudah disediakan oleh instansi kebersihan belum berfungsi secara optimal. Disisi lain, kesadaran dan kepedulian setiap individu akan kebersihan lingkungan sangat diperlukan dan lebih ditingkatkan. Kepedulian terhadap lingkungan bisa dilakukan dari lingkup yang terkecil yaitu lingkungan keluarga, dengan banyak menanam pohon di sekitar rumah dan mengolah sampah organik dan anorganik. Selain melalui keluarga, sikap peduli lingkungan bisa dilakukan di sekolah, salah satunya dengan cara memilah sampah sesuai jenisnya kepada siswa.

Masalah lain yang membuat masyarakat enggan membuang sampah adalah kurang menariknya tempat sampah. Dalam meningkatkan kesadaran akan kepedulian terhadap kebersihan lingkungan, memerlukan cara yang unik agar tiap-tiap individu tertarik, sehingga menumbuhkan kesadaran untuk membuang sampah pada tempatnya. Berbagai macam peran pemerintah dalam menangani hal tersebut adalah tersedianya tempat sampah di setiap sudut jalan dengan berbagai macam model serta warna-warna yang menarik. Pemerintah juga menyediakan tempat sampah yang berbeda untuk sampah organik maupun anorganik. Hal tersebut menunjukkan bahwa pemerintah telah berperan dalam menciptakan kebersihan lingkungan, namun demikian masyarakat masih tidak peduli dengan banyak alasan. Beberapa dari mereka membuang sampah sembarangan karena takut kotor untuk menyentuh tutup tempat sampah yang disediakan ataupun menginjaknya untuk



membuka tutup tempat sampah. Hal tersebut kurang praktis dan kurang efisien untuk mewujudkan lingkungan yang bersih dan indah.

Dari masalah-masalah di atas, dapat di simpulkan bahwa untuk mewujudkan lingkungan yang bersih dan indah membutuhkan tempat sampah yang lebih menarik, praktis dengan memanfaatkan teknologi modern yaitu dengan membuat tempat sampah otomatis berbasis mikrokontroler. Penelitian sebelumnya yang berjudul Rancang Bangun Alat Pembuka dan Penutup Tong Sampah Otomatis oleh Dedi Setiawan dkk, pada tahun 2014 menggunakan sensor ultrasonik dan sensor PIR. Sensor jarak (ultrasonik) adalah sensor yang memiliki frekuensi 40 KHz, menggunakan sonar (gelombang ultrasonik) untuk menentukan jarak dari benda yang berada di depannya, sedangkan sensor PIR merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan manusia dengan menangkap pancaran sinyal infra merah yang dikeluarkan oleh tubuh manusia maupun hewan. Ketika sensor jarak menangkap aktivitas di dekat tempat sampah, dalam hal ini tangan seseorang dengan jarak kurang dari 25 cm, motor servo akan membuka tutup tempat sampah selama 5 detik, akan tetapi jika tidak ada aktivitas di sekitar tempat sampah maka motor servo hanya membuka tutup tempat sampah selama 3 detik dan akan menutup kembali.

Kekurangan penelitian diatas adalah tutup tempat sampah hanya membuka selama 5 detik saja, padahal dalam kondisi tertentu seseorang dapat membutuhkan waktu lebih lama untuk membuang sampah. Maka diperlukan perbaikan pada alat tersebut sehingga mampu tetap membuka saat sensor masih mendeteksi keberadaan seseorang

Dari penjelasan di atas maka dibuatlah penelitian dengan judul “RANCANG BANGUN TEMPAT SAMPAH OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK”.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Identifikasi masalah berdasarkan latar belakang tersebut adalah sebagai berikut:

1. Tempat sampah yang tersedia tidak digunakan dengan sebagaimana mestinya.
2. Kondisi lingkungan tidak bersih.

## **1.3 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana proses dari rancang bangun tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik?
2. Bagaimana kinerja dari rancang bangun tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik?

## **1.4 Batasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, peneliiian ini dibatasi pada pembuatan tempat sampah otomatis yang berbasis mikrokontroler dengan menggunakan sensor ultrasonik.

### **1.5 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk membuat tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik.
2. Untuk mengetahui kinerja dari rancang bangun tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik.

### **1.6 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Pengguna

Hasil penelitian ini diharapkan menjadi solusi untuk kepedulian masyarakat terhadap lingkungan dengan membuang sampah pada tempatnya.

2. Bagi Peneliti

Dapat mengetahui kinerja tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik dan menambah pengetahuan untuk mengaplikasikan ilmu yang didapat selama perkuliahan.

3. Bagi Akademisi

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk penelitian yang serupa atau dapat dikembangkan lagi.

### **1.7 Penegasan Istilah**

Penegasan istilah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Rancang Bangun

Rancang merupakan serangkaian prosedur untuk menerjemahkan hasil analisa dari sebuah sistem ke dalam bahasa pemrograman untuk mendeskripsikan dengan detail bagaimana komponen-komponen sistem

diimplementasikan (Pressman, 2002). Dengan demikian rancang bangun adalah kegiatan menerjemahkan hasil analisa ke dalam bentuk paket perangkat lunak. Kemudian menciptakan sistem tersebut ataupun memperbaiki sistem yang sudah ada dalam bentuk tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik.

## 2. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input output (Santoso, et al, 2013). Penelitian ini menggunakan mikrokontroler jenis arduino uno.

## 3. Arduino

Arduino adalah suatu perangkat *prototype* elektronik berbasis mikrokontroler yang fleksibel dan *open source*, perangkat keras dan perangkat lunaknya mudah digunakan. Perangkat ini ditujukan bagi siapapun yang tertarik atau memanfaatkan mikrokontroler secara praktis dan mudah. Penelitian ini menggunakan arduino uno.

## 4. Sensor Ultrasonik

Sensor Ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek atau benda tertentu di depan frekuensi kerja pada daerah di atas gelombang suara dari 20 KHz hingga 2 MHz (Arief, 2011). Penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04.

## BAB II

### LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

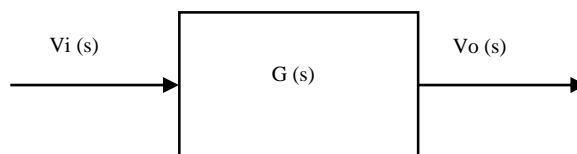
#### 2.1 Landasan Teori

##### 2.1.1 Sistem Pengendalian

Sistem kontrol adalah suatu sistem yang bertujuan untuk mengendalikan suatu proses agar keluaran yang dihasilkan dapat dikontrol sehingga tidak terjadi kesalahan. Dalam hal ini keluaran yang dikontrol adalah kestabilan ketelitian dan kedinamisan (Hamdani, 2010:5). Secara umum sistem kontrol dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

1. *Open Loop*

Sistem kontrol *open loop* memiliki keluaran yang tidak mempengaruhi masukan atau dengan kata lain sistem kontrol *open loop* memiliki keluaran yang tidak dapat digunakan sebagai perbandingan umpan balik dengan masukan. Sehingga ketetapan dari sistem bergantung dari kalibrasi. Pada umumnya, sistem kontrol *open loop* tidak tahan terhadap gangguan dari luar. Dibawah ini adalah gambar diagram blok dari sistem kontrol *open loop*.



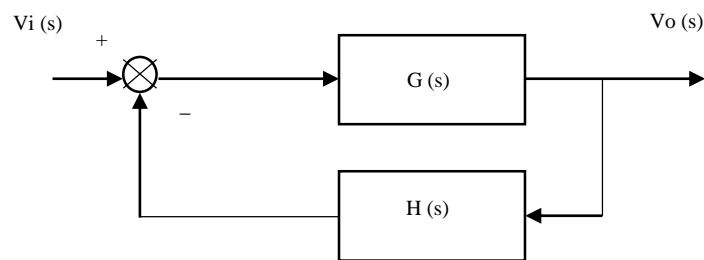
Gambar 2.1 Fungsi alih sistem kontrol *open loop*

Berdasarkan Gambar 2.1 diperoleh rumus fungsi alih kontrol *open loop*:

$$V_o(s) = G(s).V_i(s) \quad (2.1)$$

## 2. Close Loop

Sistem kontrol *close loop* seringkali disebut sebagai sistem kontrol umpan balik. Pada sistem kontrol *close loop* sinyal kesalahan yang bekerja yaitu perbedaan antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik dimasukkan ke dalam kontroler untuk mengurangi kesalahan dan membawa keluaran sistem ke nilai yang dikehendaki, pada umumnya sistem kontrol *close loop* tahan terhadap gangguan dari luar. Secara umum sistem kontrol *close loop* ini dibagi menjadi dua jenis, yaitu sistem kontrol kontiyu dan sistem kontrol diskrit. Gambar diagram blok sistem kontrol *close loop* adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2 Fungsi alih sistem kontrol *close loop*

Berdasarkan Gambar 2.2 diperoleh rumus fungsi alih sistem kontrol *close loop*:

$$\frac{V_o(s)}{V_i} = \frac{G(s)}{(1+G(s).H(s))} \quad (2.2)$$

Dimana,  $G(s)$  = fungsi alih sistem

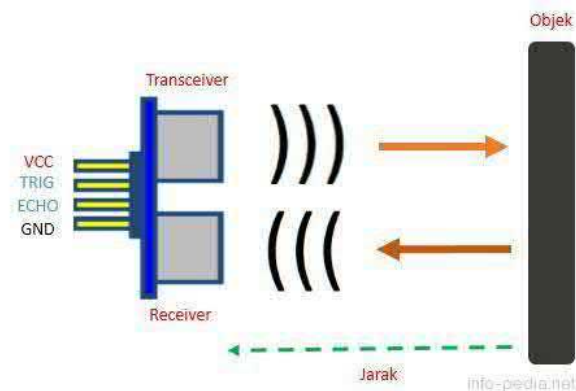
$H(s)$  = fungsi alih tranduser

### 2.1.2 Sensor Ultrasonik

Sensor adalah elemen sistem yang secara efektif berhubungan dengan proses dimana suatu variabel sedang diukur dan menghasilkan suatu keluaran dalam bentuk tertentu tergantung pada variabel masukan dan dapat digunakan oleh bagian sistem pengukuran yang lain untuk mengenali nilai variabel tersebut (Rafiuddin, 2013: 13). Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek atau benda tertentu di depan frekuensi kerja pada daerah di atas gelombang suara dari 20 KHz hingga 2 MHz (Arief, 2011). Bunyi gelombang suara ultrasonik tidak dapat didengar oleh telinga manusia, tapi dapat didengar oleh telinga anjing, kucing, kelelawar, dan lumba-lumba. Sensor Ultrasonik terdiri dari dua unit, yaitu unit pemancar dan unit penerima struktur unit pemancar dan penerima. Sebuah kristal *piezoelectric* dihubungkan dengan diafragma penggetar tegangan bolak-balik yang memiliki frekuensi kerja 20 KHz hingga 2 MHz (Arief, 2011). Struktur atom dari kristal *piezoelectric* menyebabkan berkontraksi mengembang atau menyusut sebuah polaritas tegangan yang diberikan. Hal ini disebut dengan efek *piezoelectric* pada sensor ultrasonik.

Pantulan gelombang ultrasonik terjadi apabila ada objek tertentu dan pantulan gelombang ultrasonik akan diterima kembali oleh unit sensor penerima. Selanjutnya unit sensor penerima akan menyebabkan diafragma penggetar bergetar dan efek *piezoelectric* menghasilkan sebuah tegangan bolak-balik dengan frekuensi yang sama. Besar amplitudo sebuah sinyal elektrik yang dihasilkan sensor penerima tergantung dari jauh dekatnya sebuah objek yang akan dideteksi serta kualitas dari

sensor pemancar dan sensor penerima. Proses *sensing* yang dilakukan pada sensor ini menggunakan metode pantulan untuk menghitung jarak antara sensor dengan objek sasaran.



Gambar 2.3 Prinsip Pemantulan Ultrasonik ([Bakhtiyar Arasada, 2017](#))

Berdasarkan Gambar 2.3, dapat diketahui bahwa prinsip kerja sensor ultrasonik adalah *transmitter* mengirimkan sebuah gelombang ultrasonik kemudian diukur dengan waktu yang dibutuhkan hingga menerima pantulan dari objek. Lama waktu ini sebanding dengan dua kali jarak sensor dengan objek, sehingga jarak sensor dengan objek dapat ditentukan persamaan:

$$s = \frac{v \cdot t}{2} \quad (2.3)$$

Keterangan:

s = jarak (meter)

v = kecepatan suara (344 m/detik)

t = waktu tempuh (detik)



Fungsi pin sensor ultrasonik:

1. VCC : *Power Supply*. Pin sumber tegangan positif sensor.
2. Trig : *Trigger/Penyulut*. Pin yang digunakan untuk membangkitkan sinyal ultrasonik.
3. Echo : *Receive/Indikator*. Pin yang digunakan untuk mendeteksi sinyal pantulan ultrasonik.
4. GND : *Ground/0V Power Supply*. Pin sumber tegangan negatif sensor.

Pin *trigger* dan *echo* dihubungkan ke mikrokontroler. Pengukuran jarak dapat dihitung ketika mikro mengeluarkan *output high* pada pin *trigger* selama minimal 10  $\mu$ s sinyal *high* yang masuk membuat sensor ultrasonik ini mengeluarkan gelombang suara ultrasonik. Kemudian ketika bunyi yang dipantulkan kembali ke sensor ultrasonik, bunyi tersebut akan diterima dan membuat keluaran sinyal *high* pada pin *echo* menjadi *inputan* pada mikrokontroler.

Ultrasonik akan memberikan pulsa 100  $\mu$ s – 18 ms pada *outputnya* tergantung pada informasi jarak pantulan objek yang diterima. Lama sinyal *high* dari *echo* inilah yang digunakan untuk menghitung jarak antara sensor ultrasonik dengan benda yang memantulkan bunyi berada di depan sensor. Untuk menghitung lamanya sinyal *high* yang diterima mikrokontroler dari pin *echo*, maka digunakan fasilitas *timer* yang ada pada masing-masing mikrokontroler. Ketika ada perubahan dari *low* ke *high* dari pin *echo*, maka akan mengaktifkan *timer*, kemudian ketika ada perubahan dari *high* ke *low* dari pin *echo* maka akan mematikan *timer*.

Untuk mengkonversi nilai *timer* dari satuan dalam detik menjadi ke dalam jarak (inch/cm) yaitu dengan menggunakan rumus berikut:

$$s = \frac{t}{58} \quad (2.4)$$

Keterangan:

s = jarak (cm)

t = waktu dalam satuan mikro detik

### 2.1.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip* IC, sehingga sering disebut *single chip microcomputer* (Didin Wahyudin, 2006). Secara teknis mikrokontroler terbagi menjadi 2 yaitu:

1. *Reduced Intruction Set Computer* (RISC) yaitu mikrokontroler yang memiliki instruksi terbatas tetapi memiliki fasilitas banyak.
2. *Complex Intruction Set Computer* (CISC) yaitu mikrokontroler yang memiliki instruksi banyak tetapi memiliki fasilitas terbatas.

Mikrokontroler pada suatu rangkaian elektronik berfungsi sebagai pengendali yang mengatur jalannya proses kerja dari rangkaian elektronik. Di dalam sebuah IC mikrokontroler terdapat CPU, memori, *timer*, saluran komunikasi *serial parallel*, *port input/output*, ADC, dan lain-lain (Heri A dan Aan D, 2016). Mikrokontroler dapat melakukan tugasnya jika ditanamkan program ke dalam memori *flashnya*. Ada banyak bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk membuat program ke mikrokontroler seperti assembly, C, Pacal, Basic dan lain-lain.

#### 2.1.4 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup dan posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, rangkaian kontrol dan rangkaian *gear* yang kuat untuk mempertahankan sudut putaran. Motor servo merupakan salah satu jenis motor DC, berbeda dengan motor stepper, motor servo beroperasi secara *close loop*. Poros motor dihubungkan dengan rangkaian kendali, sehingga jika putaran poros belum sampai pada posisi yang diperintahkan maka rangkaian kendali akan terus mengoreksi posisi hingga mencapai posisi yang diperintahkan. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Jika ada kekuatan eksternal yang mencoba memutar atau mengubah posisi tersebut, maka motor servo akan mencoba menahan dengan kekuatan torsi yang dimiliki, namun motor servo tidak akan mempertahankan posisinya untuk selamanya, sinyal lebar pulsa kendali harus diulang setiap 20 ms untuk menginstruksikan agar posisi poros motor servo tetap bertahan pada posisinya.

Motor servo ada dua jenis yaitu motor servo *continous* dan motor servo *standart*. Kedua motor servo ini tidak jauh berbeda, perbedaannya terletak pada sudut putaran. Motor servo *standart* hanya mampu bergerak dua arah CW (*Clock Wise*) dan CCW (*Counter Clock Wise*) dengan sudut maksimum yaitu 0 sampai 180 derajat. Motor servo *continous* ini mampu bergerak dua arah CW (*Clock Wise*) dan CCW (*Counter Clock Wise*) dengan sudut yang dapat berputar secara *continue* sampai 360 derajat.

### **2.1.5 Modul *Micro SD Card***

Modul *micro SD card* merupakan modul untuk mengakses *memori card* yang bertipe *micro sd* untuk pembacaan maupun penulisan data dengan menggunakan sistem antarmuka SPI (*Serial Parallel Interface*). Sedangkan *micro SD card* yaitu kartu memori yang pada umumnya berukuran 11x15mm, dengan berbagai ukuran kapasitas yang digunakan untuk keperluan penyimpanan data maupun pembacaan data yang sudah ada di dalamnya. Data tersebut bersifat digital yang dapat berupa data gambar, dokumen, video, maupun audio. Peringkat kecepatan *transfer rate* yang dikenal dengan *Speed Class* merupakan standar kecepatan yang ada pada *SD Card*.

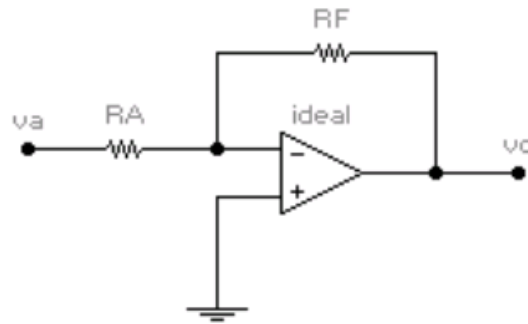
Kontrol antarmuka modul *micro SD card*:

- GND : negatif *power supply*
- VCC : positif *power supply*
- MISO, MOSI, SCK : *SPI bus*
- CS : *chip select signal pin*

### **2.1.6 Penguat Operasi atau *Operational Amplifier (Op-Amp)***

Penguat operasi atau disebut dengan *Operational Amplifier (Op-Amp)* adalah suatu penguat beda (penguat diferensial) yang mempunyai penguatan tegangan sangat tinggi dengan impedansi masukan tinggi dan impedansi keluaran rendah (Herman Dwi S, 2009). Op-Amp merupakan rangkaian terintegrasi yang dikemas dalam bentuk chip, sehingga sangat praktis penggunaannya. Penggunaan Op-Amp sangat luas, termasuk diantaranya sebagai osilator, filter, dan rangkaian instrumentasi.

Penguat *inverting* adalah suatu penguat yang dikeluarkan selalu berlawanan fasa dengan masukannya (Herman Dwi S, 2009). Op-Amp yang berfungsi sebagai penguat *inverting* terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Penguat *Inverting*

Berdasarkan Gambar 2.4 dengan memperhatikan karakteristik Op-Amp ideal, maka pada titik  $V^-$  dengan Hukum Kirchoff diperoleh:

$$i_A + i_F = 0 \quad (2.5)$$

$$\frac{(V_a - V^-)}{R_A} + \frac{(V_o - V^-)}{R_F} = 0 \quad (2.6)$$

$$(V^-) = (V^+) = 0 \quad (2.7)$$

$$\frac{V_a}{R_A} + \frac{V_o}{R_F} = 0 \quad (2.8)$$

$$\frac{V_a}{R_A} = \frac{(-V_o)}{R_F} \quad (2.9)$$

$$V_o = -\frac{R_F}{R_A} V_a \quad (2.10)$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_a} \quad (2.11)$$

$$A_v = -\frac{R_F}{R_A} \quad (2.12)$$

Dengan cara yang sama, maka analisis untuk penguat *inverting* dengan masukan lebih dari satu dapat pula dilakukan.

Penguat *non inverting* adalah suatu penguat yang keluaran tidak berlawanan fasa dengan masukan (sefasa) (Herman Dwi S, 2009). Op-Amp yang berfungsi sebagai penguat *non inverting* terlihat pada gambar 2.5. Masukan penguat ( $V_i$ ) diberikan kepada terminal  $V_+$  (terminal masukan *non inverting*). Dengan memperhatikan karakteristik Op-Amp ideal, maka:

Pada titik  $V_-$  dengan Hukum Khircoff diperoleh:

$$i_A + i_F = 0 \quad (2.13)$$

$$\frac{(V_- - 0)}{R_A} + \frac{V_- - V_o}{R_F} = 0 \quad (2.14)$$

$$V_- = V_+ = 0 \quad (2.15)$$

$$\frac{V_i}{R_A} + \frac{V_i}{R_F} = 0 \quad (2.16)$$

$$\frac{V_i}{R_A} + \frac{V_i}{R_F} - \frac{V_o}{R_F} = 0 \quad (2.17)$$

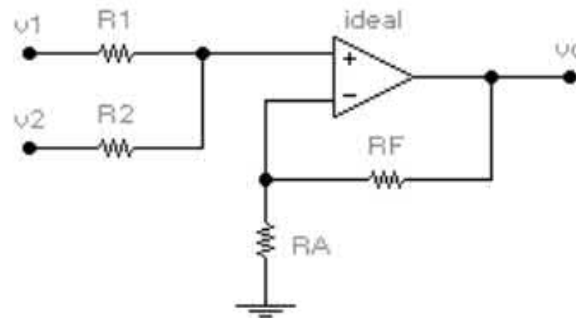
$$\frac{V_i}{R_A} + \frac{V_i}{R_F} = \frac{V_o}{R_F} \quad (2.18)$$

$$V_o = 1 + \frac{R_F}{R_A} V_i \quad (2.19)$$

$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_A} \quad (2.20)$$

Dengan memperhatikan persamaan ini, terlihat bahwa keluaran penguat *non inverting* selalu lebih besar dari satu.

Untuk penguat *non inverting* yang berinput lebih dari satu, maka rangkaiannya adalah seperti gambar 2.5.



Gambar 2.5 Penguat *non inverting* dengan dua input

### 2.1.7 *Speaker*

*Speaker* adalah *transduser* yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi frekuensi audio (sinyal suara) yang dapat didengar oleh telinga manusia dengan cara menggetarkan komponen membran pada *speaker* tersebut sehingga terjadilah gelombang suara. *Speaker* terdiri dari beberapa komponen utama yaitu *cone*, *suspension*, magnet permanen, *voice coil* dan juga kerangka *speaker*.

Prinsip kerja *speaker* adalah ketika sinyal listrik melewati *voice coil* yang terdiri dari kumparan, membangkitkan medan magnet dan berinteraksi dengan magnet permanen sehingga menggerakkan *cone speaker* maju dan mundur, semakin besarnya *cone* semakin besar pula permukaan yang dapat menggerakkan udara sehingga suara yang dihasilkan *speaker* juga akan semakin besar. *Suspension* yang terdapat dalam *speaker* berfungsi untuk menarik *cone* ke posisi semula setelah bergerak maju dan mundur serta berfungsi sebagai pemegang *cone* dan *voice coil*. Kekakuan (*rigidity*), komposisi, dan desain *suspension* sangat mempengaruhi kualitas suara *speaker*.

Berdasarkan frekuensi yang dihasilkan, *speaker* dapat dibagi menjadi:

1. *Speaker Tweeter*, yaitu *speaker* yang menghasilkan frekuensi tinggi sekitar 2 kHz – 20 kHz.
2. *Speaker Mid-range*, yaitu *speaker* yang menghasilkan frekuensi menengah sekitar 300 Hz – 5 kHz.
3. *Speaker Woofer*, yaitu *speaker* yang menghasilkan frekuensi rendah sekitar 40 Hz – 1 kHz).
4. *Speaker Sub-woofer*, yaitu *speaker* yang menghasilkan frekuensi sangat rendah sekitar 20 Hz – 200 Hz.
5. *Speaker Full-range*, yaitu *speaker* yang dapat menghasilkan frekuensi rendah hingga frekuensi tinggi.

## **2.2 Kajian Pustaka**

### **2.2.1 Penelitian yang Relevan**

1. Jurnal penelitian yang berjudul Aplikasi Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler ATmega328 Untuk Merancang Tempat Sampah Pintar, yang diteliti oleh Yudha Elasya, Didik Notosudjono dan Evyta Wismiana pada tahun 2016. Secara garis besar alat sistem kendali tempat sampah otomatis berbasis mikrokontroler ATmega328 ini dibagi dalam dua bagian, yaitu perancangan *hardware* dan perancangan *software*. Untuk bagian *hardware* terdiri dari catu daya, sistem minimum mikrokontroler ATmega328, LCD dan manual *switch* yang berfungsi sebagai pengontrol beban berupa motor DC dengan bantuan *driver relay* sebagai pengaman. Sementara *software* untuk alat ini menggunakan program yang dibuat menggunakan *software* arduino



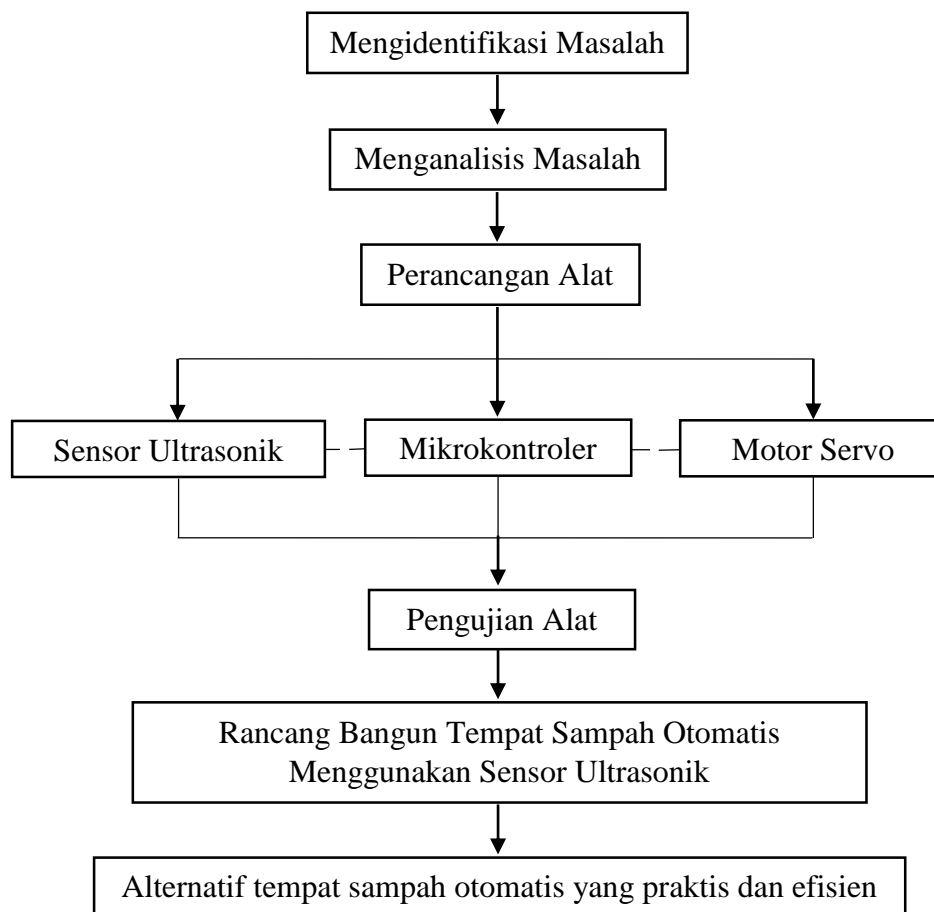
IDE. Tingkat efisiensi sensor yang digunakan berkisar 99,2% sampai dengan 99,6% dengan sensitifitas kerja sesuai dengan program yang dibuat yaitu akan bekerja apabila mendeteksi objek (sampah) dengan jarak dibawah 15 cm. Tempat sampah yang penuh akan mengirimkan pemberitahuan melalui sms dengan interval pengiriman sms selama kurang lebih 10 detik. Motor DC yang digunakan untuk mengeluarkan atau memasukan bak sampah dari rangkanya bekerja secara stabil dan optimal dengan tegangan kerja berkisar antara 23-25 Volt DC.

2. Penelitian kedua yang berjudul Rancang Bangun Alat Pembuka Dan Penutup Tong Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontroler, yang diteliti oleh Dedi Setiawan, Trinanda Syahputra dan Muhammad Iqbal pada tahun 2014. Alat ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu bagian *hardware* dan *software*. *Hardware* terdiri dari sensor ultrasonik HC-SR04, sensor PIR, sistem minimum mikrokontroler ATmega328 sebagai rangkaian pengendali *input* dan *output* dan motor servo, sedangkan *software* yang dibuat menggunakan program arduino yang mirip dengan bahasa pemrograman C (arduino). Pada hasil pembacaan data jarak sensor ultrasonik didapat rata-rata tingkat ketelitian sebesar 99,55%, pendeteksi objek pada tong sampah maksimal 25 cm dan untuk mendeteksi keberadaan manusia akan menggunakan sensor PIR. Berdasarkan jarak yang telah ditentukan, kondisi terdeteksi ada objek mendekat dengan jarak kurang dari 25 cm, maka mikrokontroler akan menggerakkan motor servo untuk membuka dan menutup tutup tong sampah secara otomatis.

3. Penelitian ketiga yang berjudul Progam Perancangan Kotak Sampah Otomatis menggunakan Sensor PIR dan LDR berbasis *Radio Control*, yang diteliti oleh Dwi Angraini, Syeptiananda pada tahun 2014. Tempat sampah otomatis ini bekerja dikendalikan oleh mikrokontroler ATmega16 dengan *compiler* bahasa *programming* dasar (BASCOM AVR) dan *remote control*. Kerja dari sampah otomatis menggunakan sensor PIR dan sensor LDR. PIR sensor berguna untuk memudahkan dalam membuka tutup tong sampah otomatis tanpa menggunakan tangan. Sedangkan fungsi sensor LDR di alat ini untuk mendeteksi tong sampah sepenuhnya, jadi sampah tidak dapat dibuka untuk sementara waktu sampai sampah otomatis kembali kosong lagi dan menunjukkan pemberitahuan oleh LCD. Tempat sampah ini juga dilengkapi dengan pemancar dan penerima sirkuit. Sirkuit ini berfungsi sebagai *remote control*.

### 2.3 Kerangka Berfikir

Berikut adalah diagram alur kerangka berfikir pada penelitian ini:



Gambar 2.6 Diagram Alur Kerangka Berfikir

Berdasarkan Gambar 2.6, dapat diketahui bahwa kerangka berfikir dimulai dengan mengidentifikasi masalah, diantaranya yaitu tempat sampah yang tersedia tidak digunakan dengan sebagaimana mestinya, kondisi lingkungan tidak bersih, dan belum ada tempat sampah otomatis berbasis mikrokontroler dengan menggunakan sensor ultrasonik yang penutup tempat sampah tidak menutup sebelum seseorang selesai membuang sampah dan berjalan menjauhi tempat sampah.

Berdasarkan identifikasi masalah, langkah selanjutnya menganalisis masalah yaitu bagaimana cara menghasilkan salah satu alternatif sistem yang praktis dan efisien pada tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik. Kemudian merancang alat dengan menyiapkan *hardware* dan *software* untuk membuat tempat sampah otomatis. Setelah tempat sampah sudah jadi selanjutnya melakukan pengujian alat, mencari tahu bagaimana kinerja tempat sampah otomatis serta mencari kekurangan apa saja yang perlu diperbaiki. Dalam hal ini pengujian alat dilakukan dengan menggunakan angket yang diisi oleh para dosen ahli elektro.

Langkah selanjutnya yaitu menghasilkan rancang bangun tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik yang diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif tempat sampah otomatis yang praktis dan efisien.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian tentang rancang bangun tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik yang telah peneliti lakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses dari rancang bangun tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik adalah sensor ultrasonik mendeteksi seseorang di depan tempat sampah kurang dari 3 detik. Selanjutnya yaitu data diproses oleh arduino uno untuk memutar motor servo dalam membuka tutup tempat sampah. Tutup tempat sampah tetap terbuka selama sensor ultrasonik masih mendeteksi seseorang, kemudian akan menutup setelah sensor ultrasonik tidak mendeteksi seseorang di depan tempat sampah. Speaker mengeluarkan suara “terima kasih sudah membuang sampah pada tempatnya” jika tidak mendeteksi seseorang.
2. Kinerja dari rancang bangun tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik bekerja dengan baik, dengan nilai rata-rata waktu (tutup terbuka) uji kinerja alat pada jarak 15 cm adalah 3.07 s dan pada jarak 30 cm adalah 3.06 s. Pengujian kelayakan alat masuk ke dalam kategori sangat layak dengan persentase di atas batas minimum ( $\geq 76\%$ ) yaitu desain alat 77.78%, kinerja alat 88.89%, kemudahan pengoperasian alat 79.17%, dan manfaat alat 79.17%.

## 5.2 SARAN

Setelah melakukan penelitian, disarankan perlu ada pengembangan lebih lanjut untuk tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik yang telah dibuat, maka penulis menyarankan sebagai berikut:

1. Menambahkan sensor pendeteksi jika sampah sudah penuh dan indikator audio memberitahukan bahwa tempat sampah sudah penuh.
2. Tempat sampah dibuat *portable* menggunakan catu daya sendiri, tidak hanya bersumber tegangan AC.
3. Alat yang dibuat diharapkan dapat dikembangkan lagi oleh mahasiswa Universitas Negeri Semarang maupun peneliti lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andrianto, H., dan Aan Dermawan. 2016. *Arduino Belajar Cepat dan Pemrograman*. Bandung: Informatika Bandung.
- Arasada Bachtiar, dan Suprianto Bambang. 2017. Aplikasi Sensor Ultrasonik untuk Deteksi Posisi Jarak pada Ruang Menggunakan Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro* 6(2):137.
- Arif, M.U. 2011. Pengujian Sensor Ultrasonik PING untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air. *Jurnal Ilmiah “ Elektrikal Enjiniring” UNHAS* 9(2).
- Didin Wahyudin. 2006. *Belajar Mudah Mikrokontroller AT89S52 dengan Bahasa Basic menggunakan BASCOM-8051*. Yogyakarta: Andi.
- Dwi Anggraini, dan Syeptianada. 2014. *Program Perancangan Kotak Sampah Otomatis menggunakan Sensor PIR dan LDR berbasis Radio Control*.
- Fatchul Mu’in. 2011. *Pendidikan Karakter: Konstruksi Teoretik & Praktik*. Jogjakarta: Ar-Ruzz Media.
- Hamdani. 2011. *Perancangan dan Implementasi Trajectory Point to Point dengan pada Manipulator 4 DOF*. Skripsi. Institut Teknologi 10 November, Surabaya.
- Hardiatmi, S. 2011. *Pendukung Keberhasilan Pengelolaan Sampah Kota*. INNOFARM. *Jurnal Inovasi Pertanian* 10(1): 50-66.
- Herman Dwisurjono. 2009. *Elektronika Lanjut*. Cerdas Ulet Kreatif: Jember.
- Pressman RS. 2002. *Rekayasa Perangkat Lunak*. Terjemahan dari Software Engineering. Yogyakarta: Andi.
- Rafiuddin Syam. 2013. *Seri Buku Ajar: Dasar-Dasar Teknik Sensor*. FT Unhas. Makassar.
- Setiawan, D., T. Syahputra, M. Iqbal. 2014. Rancang Bangun Alat Pembuka dan Penutup Tong Sampah Otomatis Berbasis Mikrokontriler. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi* 1 (1): 55-62.
- Susanto, G.. Irwanto R.E., dan Subandi. Bel Sekolah Otomatis berbasis Mikrokontroller ATMEGA8. *Jurnal Elektrikal* 1: 13-18.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009. *Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5059. Jakarta.

Yudha Elasya, Didik Notosudjono, dan Evyta Wisniana. 2016. *Aplikasi Sensor Ultrasonik berbasis Mikrokontroler ATMEGA328 untuk Merancang Tempat Sampah Pintar*. Jurnal Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pakuan.