

PEMBUATAN PROTOTYPE AUTOMATIC TRASH BIN UNTUK SAMPAH FOREIGN OBJECT DAMAGE (FOD) DENGAN SISTEM INFORMASI BERBASIS SHORT MESSAGE SERVICE (SMS) GATEWAY

Arya Dian D¹, Rian Prasetyo², Ike Yuni Wulandari³
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Nurtanio Bandung
Jl. Pajajaran 219 Bandung 40174
Email : aryadian21@yahoo.com

ABSTRAK

Di dunia manufacture dan assembly pesawat terbang dikenal sebuah istilah Foreign Object Damage (FOD), FOD merupakan kerusakan yang disebabkan oleh benda asing yang dapat membahayakan dan dapat menurunkan level keselamatan suatu produk beserta karakteristik kinerjanya. Dengan adanya sampah FOD di beberapa area assembly pesawat terbang di kawasan PT.DIRGANTARA INDONESIA (PT.DI), maka dibutuhkan tempat sampah yang dapat dibuka tutup otomatis tanpa menyentuh penutupnya.

Berdasarkan kasus atau permasalahan yang ditemukan maka dibuatlah Prototype Automatic Trashbin untuk sampah foreign object damage (FOD) dengan sistem informasi berbasis short message service (SMS) gateway dengan tujuan untuk mempermudah kerja para mekanik pesawat dan setiap orang yang berada di area perakitan pesawat di kawasan PT.DI untuk membuang sampah FOD.

Cara kerja Automatic Trashbin pertama-tama pada saat Sensor Infra Red (IR) mendeteksi object gerakan tangan manusia, maka penutup sampah terbuka ketika object berada sekitar ± 4 cm di atasnya dan penutup tempat sampah akan terbuka 90° selama ± 4 detik, kemudian menutup secara otomatis, memiliki jeda 2 detik untuk terbuka kembali. Setelah kapasitas sampah penuh yang dideteksi melalui sensor ketinggian ultrasonik HC SR-04 dan ditampilkan melalui layar LCD, maka penutup tempat sampah tidak dapat terbuka, maka modul GSM akan mengirim informasi sms notifikasi kepada petugas kebersihan, Automatic Trash Bin dapat digunakan kembali setelah petugas kebersihan mengosongkan tong sampah.

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengujian yang dilakukan, maka penulis dapat mengambil kesimpulan bahwa kinerja sistem Prototype Automatic Trash Bin bekerja dengan cukup baik. Penutup tempat sampah terbuka setelah Modul Sensor IR membaca object berupa gerakan manusia dengan jarak ± 4 cm di atasnya dan ketika sampah penuh, sensor ultrasonic mendeteksinya dan Modul GSM mengirim informasi pesan bahwa sampah telah penuh.

Pendahuluan

Di dunia *manufacture* dan *assembly* pesawat terbang dikenal sebuah istilah FOD, *Foreign Object Damage* (FOD) merupakan kerusakan yang disebabkan oleh benda asing yang dapat membahayakan dan dapat menurunkan level keselamatan suatu produk beserta karakteristik kinerjanya.

FOD merupakan singkatan yang biasa digunakan dalam dunia penerbangan yang mewakili baik kerusakan pada pesawat akibat benda asing maupun benda asing itu sendiri, artinya benda asing yang berada di sekitar pesawat yang dapat menyebabkan kerusakan pada pesawat, FOD merupakan benda yang bukan bagian dari komponen pesawat yang dapat merusak pesawat atau menciderai personil di area kerja *assembly*. Contoh FOD di area *assembly* PT.DIRGANTARA INDONESIA (PT.DI) : benda logam, cips (bekas pengeboran) *sealant* kering, sekrup, baut, *masking tape* bekas, plastik, yang berada bukan pada tempatnya.

Dengan adanya sampah FOD di beberapa area *assembly* pesawat terbang di kawasan PT.DI serta keberadaan tempat sampah yang harus dibuka secara manual dengan menyentuh penutupnya pada saat membuka tempat sampah tersebut yang belum tentu higienis dan kurang praktis, maka penyusun terpikir membuat judul penelitian Pembuatan *Prototype Automatic Trash Bin* Untuk Sampah *Foreign Object Damage* (FOD) Dengan Sistem Informasi Berbasis *Short Message Service* (SMS) *Gateway* dengan tujuan untuk mempermudah kerja para mekanik pesawat dan setiap orang yang berada di area perakitan pesawat di kawasan PT.DI, tanpa harus menyentuh penutup bagian dari tempat sampah. Dengan adanya alat

ini diharapkan maka sampah FOD dapat dikelola dengan baik, serta meringankan kinerja mekanik.

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.

Secara harfiahnya bisa disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti *Integrated Circuit Transistor Transistor Logic* (IC TTL) dan *Complementary Metal Oxide Semiconductor* (CMOS) dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini.

Dengan penggunaan mikrokontroler ini maka :

- a) Sistem elektronik akan menjadi lebih ringkas.
- b) Rancang bangun sistem elektronik akan lebih cepat karena sebagian besar dari sistem adalah perangkat lunak yang mudah dimodifikasi.
- c) Pencarian gangguan lebih mudah ditelusuri karena sistemnya yang kompak.

Arduino Uno

Arduino adalah sebuah kit elektronik *open source* yang dirancang khusus untuk memudahkan bagi para seniman, *designer*, dan siapapun yang tertarik dalam menciptakan objek atau mengembangkan perangkat elektronik yang dapat berinteraksi dengan bermacam-macam sensor dan pengendali.

Arduino UNO merupakan sebuah board mikrokontroler yang dikontrol penuh oleh ATmega328. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2 di bawah, Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output

(6 di antaranya dapat digunakan sebagai output *PWM*), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya. Tampak pada Gambar 2.2 konfigurasi Pin ATmega 328 Arduino Uno R3.



Gambar 1 Konfigurasi Pin ATmega 328 Arduino Uno R3

Sensor Ultrasonik / HC SR-04

Sensor Ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang dimana sensor menghasilkan gelombang pantulan ke benda yang kemudian menangkapnya kembali dengan perbedaan waktu sebagai dasar perhitungannya.

Perbedaan waktu antara gelombang pantulan yang dikembalikan dan yang diterima kembali adalah berbanding lurus dengan jarak atau tinggi objek yang memantulkannya. Jenis objek yang dapat di indranya adalah padat, cair dan butiran. Tanpa kontak jarak 3 cm sampai 4 meter dan dapat dengan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler melalui satu pin I/O

saja. Dimensinya adalah 2,6 cm (p) x 4,1 cm (l) x 6,2 cm (t). Sensor HC SR-04 merupakan salah satu sensor yang digunakan untuk mendeteksi jarak. Berbeda dengan sensor jarak yang menggunakan inframerah, pada sensor HC SR-04 menggunakan sebuah gelombang ultrasonik sebagai pendeteksinya. Memanfaatkan pancaran gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 Hz dengan bentuk gelombang cincin yang akan membentuk sudut 15° dari pusat pancaran yang kemudian ditangkap kembali untuk diproses guna mengetahui jarak yang dideteksi. Tampak pada gambar 2.6 Modul Sensor Ultrasonik HC SR-04.



Gambar 2 Modul Sensor Ultrasonik HC SR-04.

Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem *closed feedback* di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian *gear*, *potensiometer* dan rangkaian kontrol. *Potensiometer* berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Tampak pada gambar dengan pulsa 1.5 ms pada

periode selebar 2 ms maka sudut dari sumbu motor akan berada pada posisi tengah. Semakin lebar pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah jarum jam dan semakin kecil pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah yang berlawanan dengan jarum jam.

Motor servo biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak kontinu seperti motor DC maupun motor stepper. Walau demikian, untuk beberapa keperluan tertentu, motor servo dapat dimodifikasi agar bergerak kontinu. Pada robot, motor ini sering digunakan untuk bagian kaki, lengan atau bagian-bagian lain yang mempunyai gerakan terbatas dan membutuhkan torsi cukup besar.

Motor servo adalah motor yang mampu bekerja searah jarum jam *clock wise* (CW) dan berlawanan arah jarum jam *counter clock wise* (CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Gambar 2.10 merupakan motor servo yang ada di pasaran



Gambar 3 Motor Servo

Module Global System for Mobile Communications (GSM)

Modul GSM adalah peralatan yang didesain supaya dapat digunakan untuk aplikasi komunikasi dari mesin ke mesin atau dari mesin ke manusia. Modul GSM merupakan peralatan

yang digunakan sebagai mesin dalam suatu aplikasi. Dalam aplikasi yang dibuat harus terdapat mikrokontroler yang akan mengirimkan perintah kepada modul GSM berupa AT command melalui RS232 sebagai komponen penghubung (communication links). Modul GSM merupakan bagian dari pusat kendali yang berfungsi sebagai transceiver. Modul GSM mempunyai fungsi yang sama dengan sebuah telepon seluler yaitu mampu melakukan fungsi pengiriman dan penerimaan SMS. Dengan adanya sebuah modul GSM maka aplikasi yang dirancang dapat dikendalikan dari jarak jauh dengan menggunakan jaringan GSM sebagai media akses. Gambar 2.12 Merupakan modul GSM SIM 800L yang ada di pasaran.



Gambar 4 Modul SIM 800L

Layanan Send Message Service (SMS) Pada Sistem GSM

SMS adalah data tipe *asynchronous message* yang pengiriman datanya dilakukan dengan mekanisme *protocol store and forward*. Hal ini berarti bahwa pengirim dan penerima SMS tidak perlu berada dalam status berhubungan (connected/online) satu sama lain ketika akan saling bertukar pesan SMS. Pengiriman pesan SMS secara *store and forward* berarti pengiriman pesan SMS menuliskan pesan dan nomor telepon tujuan dan kemudian mengirimkannya (store) ke server SMS (SMS-Center) yang kemudian

bertanggung jawab untuk mengirimkan pesan tersebut (forward) ke nomor tujuan. Sensor getar digunakan untuk mendeteksi adanya suatu getaran dalam kondisi tertentu pada sepeda motor. Getaran yang dimaksud apabila seorang pencuri hendak membobol sepeda motor pada area tertentu dimana sensor tersebut dipasang.

AT-Command (*Attention Command*)

AT-Command merupakan perintah standar yang dapat diterima oleh modem. Perintah AT (*Hayes AT-Command*) digunakan untuk berkomunikasi dengan terminal (modem) melalui gerbang serial pada computer. AT-Command ini dipakai untuk memerintahkan telephone selular mengirim dan menerima pesan sms. Selain itu, AT-Command juga dapat dipakai untuk mengetahui atau membaca kondisi dari terminal seperti mengetahui kondisi sinyal, kondisi baterai, nama operator, lokasi, menambah item pada daftar telephone, mengetahui model telephone selular yang dipakai, nomor IMEI (*Internasional Mobile Station Equipment Identity*) dan informasi – informasi lainnya yang berhubungan dengan telephone selular tersebut.

Liquid Cristal Display (LCD)

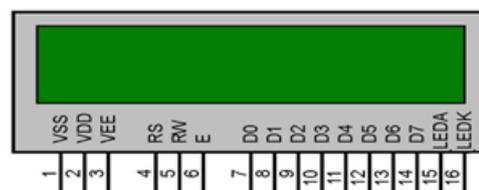
Display LCD sebuah *liquid crystal* atau perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan angka atau teks. Ada dua jenis utama layar LCD yang dapat menampilkan *numerik* (digunakan dalam jam tangan, kalkulator, dan lain lain) dan menampilkan teks *alfanumerik* (sering digunakan pada mesin foto kopi dan telepon genggam).

Dalam menampilkan *numerik* ini kristal yang dibentuk menjadi bar, dan dalam menampilkan *alfanumerik* kristal hanya diatur kedalam pola titik. Setiap kristal memiliki sambungan listrik individu sehingga dapat

dikontrol secara independen. Ketika kristal *OFF* (yakni tidak ada arus yang melalui kristal) cahaya kristal terlihat sama dengan bahan latar belakangnya, sehingga kristal tidak dapat terlihat. Namun ketika arus listrik melewati kristal, itu akan merubah bentuk dan menyerap lebih banyak cahaya. Hal ini membuat kristal terlihat lebih gelap dari penglihatan mata manusia sehingga bentuk titik atau bar dapat dilihat dari perbedaan latar belakang.

LMB162A adalah modul LCD matrix dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan setiap karakternya dibentuk oleh 8 baris *pixel* dan 5 kolom *pixel* (1 baris terakhir adalah kursor).

Keunggulan menggunakan LCD adalah konsumsi daya yang relatif kecil dan menarik arus yang kecil (beberapa *micro ampere*), sehingga alat atau sistem menjadi portable karena dapat menggunakan catu daya yang kecil. Keunggulan lainnya adalah ukuran LCD yang pas yakni tidak terlalu kecil dan tidak terlalu besar, kemudian tampilan yang diperlihatkan dari LCD dapat dibaca dengan mudah dan jelas. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.14 merupakan gambar bentuk fisik dari LCD 16x2 dan blok Pin LCD. Contoh Bentuk *Liquid Cristal Display* (LCD).



Gambar 5 *Liquid Cristal Display* (LCD) 16X2

Klasifikasi LED *Display* 16x2 *Character*

1. 16 karakter x 2 baris
2. 5x7 titik *Matrix* karakter + kursor

3. HD44780 *Equivalent* LCD controller/driver *Built-In*
4. 4-bit atau 8-bit MPU *Interface*
5. Tipe standar
6. Bekerja hampir dengan semua Mikrokontroler.

IR OBSTACLE Sensor infrared

IR OBSTACLE Sensor infrared merupakan sebuah modul yang berfungsi sebagai pendeteksi halangan atau object di depannya. Aplikasinya banyak, contohnya alarm yang berbunyi saat sesuatu mendekat, atau mengubah arah robot ketika mendekati dinding. Komponen utamanya terdiri dari IR emitter dan IR receiver/phototransistor. Ketika power-up, IR emitter akan memancarkan cahaya infrared yang kasat mata. Cahaya tersebut kemudian dipantulkan oleh object yang ada di depannya. Cahaya terpantul ini kemudian diterima oleh IR receiver. Terdapat Op-Amp LM363 yang berfungsi sebagai komparator antara resistansi IR receiver dan resistansi trimpot pengatur sensitivitas. Saat terkena cahaya infrared pantulan object tadi, resistansi IR receiver akan mengecil sehingga output Op-Amp menjadi high 5V dan menghidupkan LED Sensor. Output Op-Amp ini juga terhubung dengan pin "OUT" yang dihubungkan ke Arduino. Tampak pada gambar 2.15 contoh *Obstacle Sensor Infrared*



Gambar 6 Module Sensor Infrared

Warna object berpengaruh terhadap pantulan cahaya :

1. Bila object berwarna putih maka cahaya yang dipantulkan makin besar.
2. Jika berwarna hitam, cahaya IR akan terserap.
3. Ubah sensitivitas sensor dengan memutar trimpot pengatur sensitivitas sesuai keperluan.

Piezo Electric Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loud speaker, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara.

Buzzer dipasang pada bagian samping tong sampah sebagai penanda (alarm). Contoh *Piezo Electric buzzer* tampak pada gambar 2.16

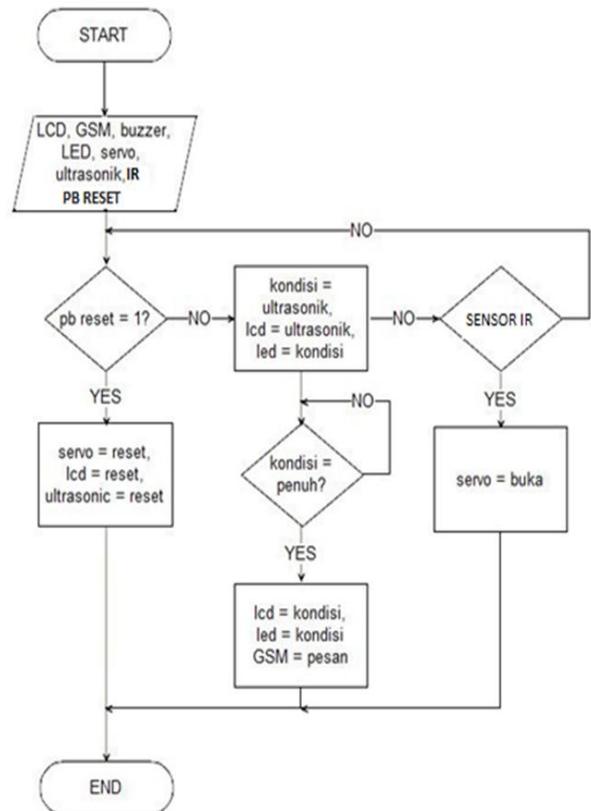


Gambar 7 Piezo Electric Buzzer Prinsip Kerja Alat

Pada pengujian keseluruhan ini akan dilakukan pengujian alat *Prototype Automatic TrashBin* Untuk sampah *Foreign Object Damage* (FOD) dengan sistem informasi berbasis *Short Message Service* (Sms) *Gateway*, yang telah dimasukan program pada arduino uno R3 agar sistem dapat berjalan dengan seharusnya. Prosedur penggunaan alat adalah sebagai berikut :

1. Hubungkan kabel *input power* pada *prototype automatic trashbin* dengan sumber listrik sebagai sumber utama dari sistem yaitu listrik PLN 220 VAC.
2. LCD akan menyala dan menampilkan informasi kapasitas *trashbin*.
3. Pada saat *Module Sensor IR* mendeteksi gerakan tangan manusia dengan jarak ± 4 cm di atasnya, maka penutup tempat sampah akan terbuka selama ± 4 detik.
4. Sensor ultrasonic akan mendeteksi penuhnya kapasitas sampah, pada saat kapasitas sampah 50% maka indikator LED pertama yang berada di bagian depan *Trash Bin* akan menyala dan pada saat kapasitas sampah terisi 100% penuh, maka indikator LED pertama dan kedua akan menyala, sehingga kontrol pada arduino memberikan perintah kepada module GSM untuk mengirim pesan informasi melalui SMS dan *buzzer* berbunyi memberi peringatan bahwa tong sampah penuh yang ditampilkan oleh LCD.
5. Penutup tempat sampah yang digerakan oleh motor servo tidak terbuka pada saat *Trash Bin* penuh.
6. Setelah sampah dikosongkan maka *Trash Bin* bisa digunakan kembali.
7. Tombol *reset push button* digunakan untuk membuka manual dan *reset trash bin*.

Diagram Alir (Flowchart)



Gambar 8 Flowchart cara kerja alat

Pengujian Sensor Ultrasonic

Tabel 1 Pengujian Sensor Ultrasonic

No	Ketinggian Volume Sampah	Indikator LED 1	Indikator LED 2
1	40 cm (kosong)	Padam	Padam
2	30 cm (25%)	Padam	Padam
3	25 cm (50%)	Nyala	Padam
4	20 cm (75%)	Nyala	Padam
5	15 cm (100%)	Nyala	Nyala



Gambar 9 Presentase kapasitas sampah

Keterangan :

1. Pengujian pertama pada jarak 40 cm dari *sensor ultrasonic* indikator LED tidak menyala menandakan kapasitas sampah dalam kondisi belum penuh pada jarak 40 cm dari sensor ultrasonic.
2. Pengujian kedua pada jarak 30 cm dari *sensor ultrasonic* Indikator LED belum menyala menandakan kapasitas sampah dalam kondisi belum penuh pada jarak 30 cm (20%) dari sensor ultrasonic.
3. Pengujian ketiga pada jarak 25 cm dari *sensor ultrasonic* Indikator LED menyala pada jarak 25 cm dari sensor ultrasonic, menandakan kapasitas penuhnya sampah sudah terisi 50%.
4. Pengujian keempat pada jarak 20 cm dari *sensor ultrasonic* Indikator LED belum menyala menandakan kapasitas sampah dalam kondisi belum penuh 70% pada jarak 20 cm dari sensor ultrasonic.
5. Pengujian kelima pada jarak 15 cm dari *sensor ultrasonic* Indikator LED menyala pada jarak 15 cm dari sensor ultrasonic, menandakan kapasitas sampah sudah terisi penuh 100%.

Tabel 2 Pengujian *Module Sensor IR*

No	Ketinggian <i>object</i> terhadap <i>module sensor IR</i>	Penutup Tempat Sampah
1	10 cm	Tertutup
2	8 cm	Tertutup
3	6 cm	Tertutup
4	4 cm	Terbuka

Keterangan :

1. Pengujian pertama *object* pada jarak 10 cm terhadap *module sensor IR*, pada ketinggian *object* 10 cm terhadap *module sensor IR*, penutup sampah belum terbuka.
2. Pengujian kedua *object* pada jarak 8 cm terhadap *module sensor IR*, pada ketinggian *object* 8 cm terhadap *module sensor IR* penutup sampah masih belum terbuka.
3. Pengujian ketiga *object* pada jarak 6 cm terhadap *module sensor IR*, pada ketinggian *object* 6 cm terhadap *module sensor IR* penutup sampah masih belum terbuka.
4. Pengujian keempat *object* pada jarak 4 cm terhadap *module sensor IR*, pada ketinggian *object* 4 cm terhadap *module sensor IR*, penutup sampah berhasil terbuka.

Kesimpulan

Dari perencanaan, pembuatan pengujian, analisa metode yang digunakan dan membandingkan dengan teori-teori penunjang maka dapat disimpulkan pembuatan *Prototype Automatic TrashBin* Untuk sampah *Foreign Object Damage (FOD)* berbasis *Short Message Service (SMS)* gateway adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian, pembuatan *Prototype Automatic TrashBin* Untuk sampah *Foreign Object Damage* (FOD) berbasis *Short Message Service* (SMS) yang dikendalikan menggunakan Arduino Uno R3 melalui *Module Sensor IR* dan *Sensor Ultrasonic HC-SR04* berfungsi sesuai dengan rancangan pembuatan.
2. Pada saat Sensor Infra Red mendeteksi *object* gerakan tangan manusia, maka penutup sampah terbuka ketika *object* berada sekitar ± 4 cm di atasnya dan penutup tempat sampah akan terbuka 90° selama 4 detik, kemudian menutup secara otomatis, memiliki jeda 2 detik untuk terbuka kembali.
3. Setelah kapasitas sampah penuh yang dideteksi melalui sensor ketinggian ultrasonik HC SR-04 dan ditampilkan melalui layar LCD, maka penutup tempat sampah tidak dapat terbuka, Maka modul GSM akan mengirim informasi SMS kepada petugas kebersihan, *automatic trashbin* dapat digunakan kembali setelah petugas kebersihan mengosongkan tong sampah.

Saran

Pada penelitian ini tidak lepas dari berbagai macam kelemahan didalamnya, baik itu perencanaan sistem maupun pada peralatannya yang telah dibuat. Untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan serta sebagai masukan untuk perbaikan sistem menjadi lebih sempurna ke depannya, maka diberikan beberapa saran dan harapan sebagai berikut :

- a. Untuk pengembangan selanjutnya, penggunaan tong sampah yang terbuat dari bahan *steel* supaya lebih kokoh.
- b. Pada alat ini masih menggunakan papan *bread board*, untuk

pengembangan selanjutnya bisa digunakan papan PCB.

- c. Untuk pengembangan selanjutnya dapat ditambahkan *DF Mini Player*, untuk memberikan informasi bahwa *Trash Bin* telah penuh.

Daftar Pustaka

- a. Achyarnurandi, <http://www.achyarnurandi.net/2013/07/servo-motor-bagian-2-tutorialformulasi.html>. Diakses 07 Juli 2018 Pukul 16.00 WIB
- b. Anonim, LMB162ABC LCD Module User Manual (PDF). Diakses tanggal 2 September 2016 Pukul 10.00 WIB
- c. Nurcahyo, Sidik. 2012. Aplikasi dan teknik pemrograman mikrokontroler AVR Atmel. Jakarta: Andi Publisher.
- d. Suhardi Diding, 2014, Prototype Controller Lampu Penerangan LED Independent Bertenaga Surya, Universitas Muhammadiyah Malang, Jurnal Gamma, vol.10, 116-122.
- e. Sujarwata. "Pengendali Motor Servo Berbasis Mikrokontroler Basic Stamp 2SX Untuk Mengembangkan sistem Robotika". Proyek Akhir FMIPA UNNES. 2013. Hal 49
- f. U.M. Zaeny, T. Indriyanto dan H. Muhammad.2007. PEMBUATAN DAN PENGUJIAN SENSOR ULTRASONIK SEBAGAI FEEDBACK PADA SISTEM KENDALI OTOMATIK PITCH ATTITUDE HOLD. MESIN Vol. 22 No.135, april 2007. Diambil dari : http://www.academia.edu/4775387/Journal_Sensor_Ultrasonik (diakses pada oktober 2017)
- g. <https://www.arduino.cc/en/Reference/Board>
- h. www.academia.edu/131316111/ab_X_Motor_Servo_10.1_Pendahuluan.

- i. <http://cactus.io/platform/arduino/arduino-uno>.
- j. <https://circuitdigest.com/article/16x2-lcd-display-module-pinout-datasheet>.
- k. <https://periph.io/device/buzzer/>.
- l. <http://www.simcomm2m.com/En/module/detail.aspx?id=138>
- m. [https://tkkrlab.nl/wiki/arduino_KY-032 Obstacle avoidance sensor module](https://tkkrlab.nl/wiki/arduino_KY-032_Obstacle_avoidance_sensor_module).
- n. <https://teknikelektronika.com/prinsip-kerja-dc-power-supply-adaptor>.