

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI SISTEM SENSOR PADA TEMPAT SAMPAH OTOMATIS DENGAN METODE FUZZY BERBASIS MIKROKONTROLLER

ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF SENSOR SYSTEM IN AUTOMATIC TRASH CAN WITH FUZZY METHOD BASED MICROCONTROLLER

Rizki Antoni¹, M. Sarwoko, Ir., M.Sc², Unang Sunarya, ST.,MT³

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi No. 1 Ters. Buah Batu Bandung 40257

Rizkiantoni16@gmail.com

Abstrak

Produksi sampah setiap hari semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah produk dan pola konsumsi masyarakat. Seperti yang diketahui masih banyak masalah sampah yang seakan menjadi hal yang ditakuti bagi masyarakat. Cara untuk meminimalisir dampak dari sampah tersebut adalah dengan mendaur ulang sampah. Sampah terbagi menjadi dua yaitu sampah Anorganik dan sampah Organik. Sampah organik yang dapat membusuk dapat didaur ulang sebagai pupuk, sedangkan sampah anorganik dapat didaur ulang menjadi barang yang bisa bermanfaat kembali. Sampah yang akan didaur ulang sebaiknya dilakukan pemilahan terlebih dahulu karena apabila kedua kategori sampah tersebut telah dipisahkan, maka sampah akan semakin mudah untuk di proses.

Untuk menyelesaikan masalah tersebut diimplementasikan sebuah sistem tempat sampah otomatis dengan menggunakan dua buah plat deteksi yang berfungsi sebagai kapasitor untuk mendeteksi objek sampah berdasarkan konstanta dielektrik dari bahan. Kedua plat tersebut terhubung ke rangkaian IC LM555 sebagai penerjemah sinyal PWM yang dideteksi oleh plat. Hasil deteksi kedua terhubung ke mikrokontroller dan dengan menggunakan metode fuzzy. Setelah objek berhasil dideteksi, maka motor servo mengarahkan objek tersebut ke wadah anorganik maupun organik sesuai dengan hasil yang didapatkan. Semua sistem tersebut terintegrasi ke Mikrokontroller sebagai penggerak sistem.

Dari pengujian yang dilakukan, sistem telah bekerja dengan baik. Sistem telah menerjemahkan nilai dielektrik objek yang lewat diantara kedua plat yang kemudian diterjemahkan menggunakan logika fuzzy. Kondisi yang didapat untuk nilai dielektrik yang berada dibawah 3.0 dan mendekati nilai 3.0, maka servo akan memilah sampah menuju wadah anorganik. Untuk nilai dielektrik yang berada diatas 9.0 dan mendekati nilai 9.0 maka servo akan memilah sampah menuju wadah organik. Sedangkan untuk nilai dielektrik yang berada diantara 3.0 sampai 9.0 maka servo akan menggerakkan sampah dengan nilai yang mendekati 3.0 atau 9.0.

Kata Kunci: IC LM555, Plat Kapasitor, Dielektrik, Sampah Anorganik dan Sampah Organik, Mikrokontroller, Logika Fuzzy

Abstract

Production of waste every day is increasing as the number of products and patterns of consumption. As you know there are still many problems that seemed to be garbage dreaded thing for the community. The way to minimize the impact of the waste is to recycle waste. Garbage is divided into two trash bins Inorganic and Organic. Which can decompose organic waste can be recycled as fertilizer, while the inorganic waste can be recycled into useful items can be returned. Waste to be recycled should be done sorting beforehand because if the two categories of the waste has been separated, the garbage will become easier to process.

To solve this problem implemented an automated trash system uses two detection plate that serves as a capacitor to detect objects based on the dielectric constant of garbage material. That two plate is connected to the circuit IC LM555 as a translator PWM signal detected by the plate. The result detection of two plates are connected to the microcontroller and by using fuzzy. Once the object is detected, the servo motors to direct the object to the container inorganic or organic in accordance with the results obtained. All systems are integrated into the microcontroller as the driving system.

From the tests, the system has worked well. The system has been translated value of the dielectric object passing between the two plates which are then translated using fuzzy logic. Conditions are obtained for the dielectric values under 3.0 and values approaching 3.0, then the servo will sort the waste into the container inorganic. For the dielectric value is above 9.0 and 9.0, the closer the value of the servo will sort the waste into the organic container. As for the dielectric value is between 3.0 to 9.0 then the servo will move the trash with a value approaching 3.0 or 9.0.

Keywords: IC LM555, Plate as Capacitors, Dielectric, Waste Inorganic and Organic Waste, Microcontroller, Fuzzy Logic

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah adalah material sisa yang dibuang dan berasal dari kegiatan manusia. Seperti yang diketahui masih banyak masalah sampah yang seakan menjadi hal yang ditakuti bagi masyarakat. Itu disebabkan rendahnya kesadaran masyarakat soal membuang sampah, sehingga sering terjadi masalah sampah yang berserakan sembarangan. Sampah yang dibuang sembarangan akan menjadi ancaman bagi kehidupan masyarakat, seperti mengakibatkan banjir, kotornya lingkungan, polusi udara, dan sebagainya.

Sampah dibagi menjadi dua kategori, yaitu sampah kategori organik dan sampah kategori anorganik. Sampah organik merupakan sampah yang dapat terurai oleh mikroorganisme dan dapat membusuk. Sedangkan sampah Anorganik merupakan sampah yang sulit terurai karena mengandung bahan plastik, logam dan kertas. Dalam kehidupan sering masyarakat tidak tahu perbedaan kedua kategori sampah tersebut, sehingga kebanyakan orang membuang sampah tidak sesuai dengan tempat yang disediakan.

Berdasarkan masalah tersebut, pada tugas akhir dibuat sebuah sistem pemilahan sampah Organik dan sampah Anorganik agar sampah yang dibuang sesuai dengan kategorinya. Sistem ini dibuat dengan memanfaatkan nilai dielektrik dari bahan yang akan dibuang. Nilai dielektrik dapat dilihat menggunakan teori kapasitor keping sejajar menggunakan plat dan terhubung ke IC555. IC555 akan memproses nilai dielektrik dari sampah dan keluarannya akan terhubung ke mikrokontroler untuk dilakukan pemilahan menggunakan motor servo.

1.2 Rumusan Masalah

Beberapa masalah yang ditemukan dan dianalisis dalam realisasi perangkat sistem ini, antara lain:

- a. Bagaimana merancang sebuah sistem tempat sampah yang dapat memilah sampah organik dan sampah anorganik secara otomatis.
- b. Bagaimana mengimplementasikan program rangkaian pendeteksi pada mikrokontroler agar bisa mengendalikan seluruh kerja sistem sehingga bekerja sesuai dengan yang diharapkan.
- c. Bagaimana sistem dapat bekerja maksimal dalam mendeteksi keberadaan sampah jenis organik dan sampah anorganik.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada rumusan masalah yang ada maka tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Membuat sistem pemilahan sampah Organik dan sampah Anorganik secara otomatis menggunakan plat kapasitor untuk mendeteksi nilai dielektrik benda.
- b. Merealisasikan sistem pemilahan tempat sampah secara otomatis yang diintegrasikan dengan mikrokontroler.
- c. Memperoleh data yang akurat dan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya.

1.3 Metoda Penelitian

Tahap-tahap yang ditempuh dalam menyelesaikan tugas akhir ini adalah:

1. Studi Literatur
Pencarian dan pengkajian teori mengenai integrasi sistem beserta cara kerjanya dari berbagai literatur serta sumber yang bermacam-macam seperti buku, internet, jurnal dan pengumpulan data-data dan spesifikasi sistem yang dipakai untuk pembuatan perangkat sebagai pendukung sistem.
2. Analisa Masalah
Melakukan analisa dari teori yang telah didapat dengan bermacam-macam sumber sehingga mendapatkan hasil yang semaksimal mungkin.
3. Perancangan dan Pembuatan Sistem
Pembuatan sistem dengan melakukan integrasi antara perangkat utama dan perangkat pendukung.
4. Simulasi Sistem
Berdasarkan standar yang ada, tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi sistem untuk melihat kinerja sistem tersebut.
5. Eksperimen dan Analisa Sistem
Jika sistem telah berjalan dengan baik, maka akan dilakukan eksperimen untuk untuk mendapatkan nilai yang akan ditindaklanjuti oleh analisis sistem sehingga menghasilkan sistem yang baik dan efisien.
6. Penulisan Laporan
Berupa hasil perancangan, eksperimen dan analisis yang dituliskan dalam sebuah laporan.

II. DASAR TEORI

2.1 DRFduino UNO V 2.0

Secara umum DRFduino UNO V2.0 memiliki bentuk dan kemampuan yang sama persis dengan Arduino UNO. [1]



Gambar 1. DRFduino UNO V2.0 dan Kabel Konektor USB

2.1.1 Mikrokontroler ATmega328P-PU

Atmel ATmega328P-PU 8-bit AVR mikrokontroler adalah perangkat berbasis RISC kinerja tinggi yang menggabungkan 32KB ISP Flash memori dengan kemampuan *read-while-write*, 1KB EEPROM, SRAM 2KB, 23 pin I/O, 32 register, USART program serial, dan masih banyak lagi. Atmel ATmega328P-PU mengeksekusi instruksi yang kuat dalam satu siklus clock tunggal, memungkinkan perangkat untuk mencapai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz sambil menyeimbangkan konsumsi daya dan kecepatan pemrosesan. Atmel MCUs ini dirancang untuk digunakan dalam otomasi industri, kontrol dan sensor. [1]



Gambar 2. Konfigurasi Pin ATmega328P-PU

2.1.2 Catu Daya DRFduino

DRFduino diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Jika diberikan dengan kurang dari 7V, bagaimanapun, pin 5V dapat menyuplai kurang dari 5 volt dan *board* mungkin tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan merusak *board*. Rentang yang dianjurkan adalah 7 - 12 volt. [2]

Pin catu daya adalah sebagai berikut:

- VIN. Tegangan input ke *board* Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai lawan dari 5 volt dari koneksi USB atau sumber daya lainnya diatur). Anda dapat menyediakan tegangan melalui pin ini, atau, jika memasok tegangan melalui colokan listrik, mengaksesnya melalui pin ini
- 5V. Catu daya diatur digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lainnya di *board*. Hal ini dapat terjadi baik dari VIN melalui regulator onboard, atau diberikan oleh USB.
- 3,3 volt pasokan yang dihasilkan oleh regulator on-board. Menarik arus maksimum adalah 50 mA. GND.

2.1.3 Input dan Output

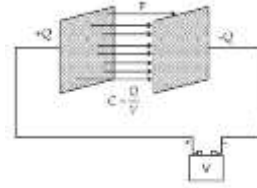
Masing-masing dari 14 pin digital pada Uno dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Mereka beroperasi di 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA. [1]

Tabel 1. Spesifikasi DRFduino UNO V2.0

Mikrokontroler	Atmega328
Operasi Voltage	5V
Input Voltage	7-12 V (Rekomendasi)
Input Voltage	6-20 V (Limits)
I/O	14 pin (6 pin untuk PWM)
Arus	50 mA
Flash Memory	32KB
Bootloader	SRAM 2 KB
EEPROM	1 KB
Kecepatan	16 Mhz

2.2 Kapasitor Keping Sejajar

Kapasitor keping sejajar adalah kapasitor yang terdiri dari dua keping konduktor yang dipisahkan oleh bahan dielektrik. Jika keping kapasitor dihubungkan dengan baterai, baterai akan memberikan muatan +q pada keping pertama dan -q pada keping kedua. Dalam celah antara kedua keping akan timbul medan listrik. [3]



Gambar 3. Kapasitor keping sejajar jika diberi muatan listrik

Persamaan beda potensial disekitar muatan listrik memberikan

$$V = E \cdot d = \frac{qd}{\epsilon_0 A} \quad (1)$$

Dari persamaan memberikan

$$C = \frac{q}{v} \quad (2)$$

Jika kedua persamaan disubstitusikan maka akan memberikan

$$C = \frac{q}{v} \longrightarrow C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (3)$$

Dimana C = Kapasitas kapasitor (F)

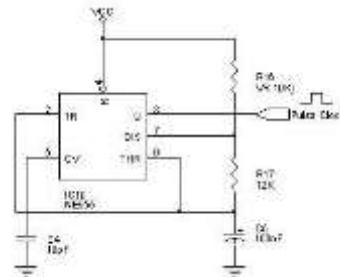
ϵ_0 = Permitivitas Vakum ($8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^2$)

A = Luas Penampang masing masing keping (m^2)

d = Jarak antar keping (m)

2.3 Rangkaian Pembangkit Pulsa Clock IC NE555

Bagian pembangkit clock merupakan bagian yang berfungsi untuk menghasilkan pulsa clock. Pulsa clock yang dihasilkan digunakan untuk semua bagian atau sistem agar bekerja secara sinkron. Frekuensi clock adalah frekuensi kerja dari sebuah sistem digital. Pada perancangan rangkaian pembangkit pulsa clock dapat digunakan IC NE555 sebagai komponen utama rangkaian pembangkit clock. IC NE555 dikonfigurasi menjadi multivibrator astabil. Rangkaian pembangkit clock dengan IC NE555 selengkapnya ditunjukkan pada gambar berikut. [10]



Gambar 2.5 Rangkaian Pembangkit Clock IC NEC 555

Rangkaian Pembangkit Pulsa Clock IC NE555 Frekuensi keluaran rangkaian pembangkit clock ditentukan oleh nilai resistor R16, R17 dan kapasitor C5. Apabila nilai periode dari frekuensi keluaran rangkaian pembangkit pulsa ditentukan 2,35167 mS sesuai dengan waktu yang dibutuhkan oleh sebuah sistem atau alat ukur. Sehingga diperoleh nilai frekuensi yang diperlukan pada keluaran rangkaian pembangkit clock adalah 425,2297 Hz sesuai dengan perangkat atau sistem. Maka untuk mendapatkan keluaran rangkaian pembangkit clock dengan frekuensi 425,2297 Hz dengan periode 2,35167 mS tersebut dapat ditentukan dengan memberikan nilai resistor R16, R17 dan kapasitor C5 sebagai berikut.

$$F = \frac{1,44}{(R_A + 2R_B)C} \quad (4)$$

2.4 Dielektrik

Dielektrik adalah bahan isolator yang disisipkan dalam ruang antar keping-keping sebuah kapasitor. Contoh bahan dielektrik adalah kertas, karet, kaca, dan udara. Bahan dielektrik pada suatu kapasitor menghambat aliran medan listrik antar plat nya. K adalah konstanta dielektrik, merupakan karakteristik bahan dielektrik $K > 1$ (karena $E < E_0$). E_0 adalah medan listrik sebelum disipi bahan dielektrik, E adalah medan listrik setelah medan listrik disisipi dielektrik.

Karena medan listrik berkurang, maka beda potensial antar kedua keping kapasitor juga berkurang (saat muatan tetap).

$$V = \frac{V_0}{K} \quad (5)$$

Sehingga kapasitansi kapasitor dengan dielektrik adalah

$$C = \frac{Q_0}{V} = \frac{K Q_0}{V_0} = K C_0, \text{ artinya } C > C_0 \quad (6)$$

Konstanta dielektrik dapat dikaitkan dengan permitivitas bahan $\epsilon = K \epsilon_0$. Menghasilkan persamaan untuk kapasitor untuk plat sejajar.

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad (7)$$

Dengan $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$, setelah penyisipan dielektrik besarnya permitivitas bahan adalah hasil perkalian antara permitivitas dielektrik dengan permitivitas vakum. Permitivitas relatif tergantung dari jenis bahan. Berikut merupakan tabel permitivitas dari beberapa bahan.

Tabel 2. Permitivitas beberapa bahan [4]

Bahan	Permitivitas
Udara	1,00059
Kertas	3,7
Air	80
Nilon	3,4
Teflon	2,1
Bakelit	4,9
Kaca pyrex	5,6
Polystyrene	2,56
Kuarsa lebur	3,78
Karet neoprene	6,7

2.5 Fuzzy Logic

Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*, dimana peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting.

a. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah sebuah proses yang bertujuan mengubah *inputan* analog menjadi *set* variabel *fuzzy*. Semakin banyak variabel *fuzzy* semakin tinggi akurasi, namun memerlukan proses yang lebih lama dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi *fuzzy* (variabel linguistik) yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* dengan suatu fungsi keanggotaannya masing-masing. [5]

b. Evaluasi Aturan

Pada tahap ini diproses hubungan antara nilai *input* dan nilai *output* yang dikehendaki dengan aturan tertentu. Dari aturan yang terbentuk nantinya akan menjadi acuan bagi sistem dalam menentukan respon kerja ketika ada perubahan *set point* (gangguan). Pada evaluasi aturan *fuzzy* terdapat dua model yaitu model mamdani dan model sugeno [6]

c. Defuzzifikasi

Sebuah proses perubahan besaran *fuzzy* yang disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaannya untuk mendapatkan kembali bentuk tegasnya (*crisp*). Hal ini diperlukan sebab dalam aplikasi nyata yang dibutuhkan adalah nilai tegas (*crisp*). [7]

2.6 Motor Servo

Motor servo 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. [8]



Gambar 3. Motor Servo

2.7 Bahasa Pemrograman Arduino

Arduino menggunakan pemrograman dengan bahasa C. Bahasa C biasa digunakan untuk pemrograman berbagai jenis perangkat, termasuk mikrokontroler. Bahasa ini sudah merupakan *high level language*, selain memudahkan programmer menuangkan algoritmanya, bahasa C adalah bahasa pemrograman yang sangat powerful yang mendekati bahasa assembler. Bahasa C menghasilkan objek kode yang sangat kecil dan dieksekusi sangat cepat. [9]



Gambar 4. Tampilan Bahasa Pemrograman Arduino

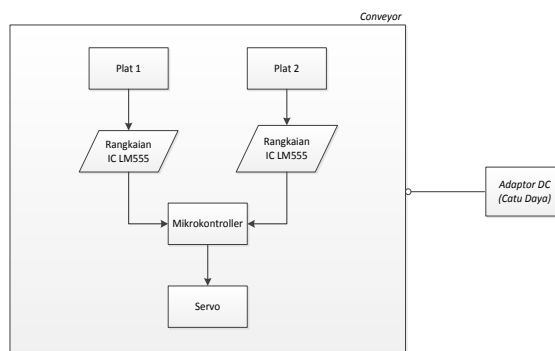
2.8 Sampah

Sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Banyak sampah organik masih mungkin digunakan kembali atau pendaurulangan (re-using).

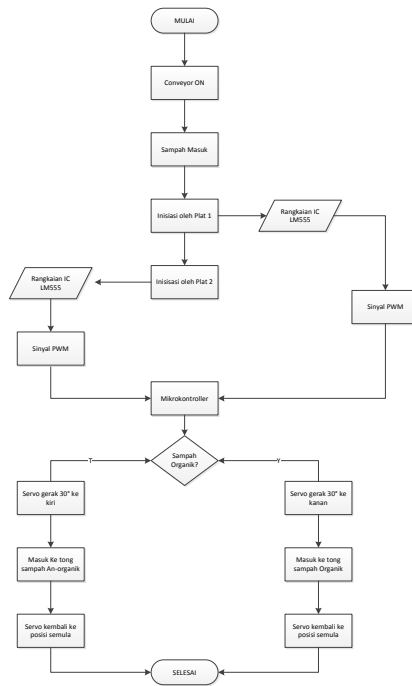
Pada prinsipnya sampah dibagi menjadi sampah padat, sampah cair dan sampah dalam bentuk gas (fume, smoke). Sampah padat dapat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu :

1. Berdasarkan zat kimia yang terkandung didalamnya
 - a. Sampah non organik misalnya : logam-logam, pecahan gelas, dan plastik
 - b. Sampah Organik misalnya : sisa makanan, sisa pembungkus
2. Berdasarkan dapat tidaknya dibakar
 - a. Mudah terbakar misalnya : kertas, plastik, kain, kayu
 - b. Tidak mudah terbakar misalnya : kaleng, besi, gelas
3. Berdasarkan dapat tidaknya membusuk
 - a. Mudah membusuk misalnya : sisa makanan, potongan daging
 - b. Sukar membusuk misalnya : plastik, kaleng, kaca

Gambaran Umum Sistem Kerja dari pendeteksi sampah dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Gambaran Umum Sistem

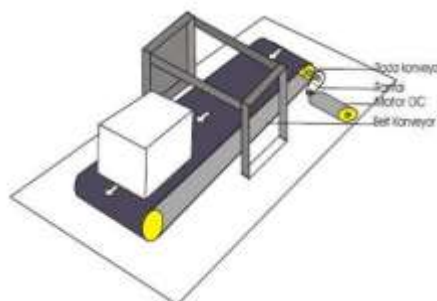


Gambar 6. Diagram Alir Sistem

III. PEMBAHASAN

3.1 Perancangan Hardware

Perancangan Hardware yang dibuat merupakan sistem yang mampu membawa beban berupa sampah yang mampu dibawa oleh konveyor. Serta pengintegrasian komponen elektronika dan aksesoris tambahan ke sistem mekanik konveyor secara efisien. Hal tersebut akan berpengaruh terhadap performa pendeteksian yang dilakukan oleh plat yang dipasang pada konveyor. Pada Tugas Akhir ini digunakan motor DC jenis PMDC Motor Compact Reversible. Motor DC jenis ini memiliki torsi 2000 - 12000 RPM (Radiant Per Meter) dan bisa menarik beban sampai 2 kilogram. Untuk catu daya yang digunakan yaitu 5 Volt. Alat deteksi yang digunakan adalah plat tembaga yang berukuran 11 cm x 11 cm dengan jarak 7 cm dengan sejajar. Plat tembaga terintegrasi ke rangkaian multivibrator IC555 untuk mengkonversi pulsa menjadi frekuensi. Motor servo yang digunakan untuk pemilahan memiliki spesifikasi Torsi maksimum pada 0,16 detik/60⁰ dengan rotasi sejauh 180⁰ dan dijalankan pada tegangan 4,8 volt – 6 volt.



Gambar 7 Perancangan Konveyor

Berikut adalah hasil pengujian Motor DC :

Tabel 3. Hasil Pengujian Motor DC

Pengujian ke-	Tegangan (Volt)	Perputaran belt konveyor		
		Karet ban	Tali	Double tip
1	3	0 ⁰ /sec	0 ⁰ /sec	0 ⁰ /sec
2	4.5	0 ⁰ /sec	0 ⁰ /sec	15 ⁰ /sec
3	6	0 ⁰ /sec	0 ⁰ /sec	30 ⁰ /sec

4	7.5	0 ⁰ /sec	15 ⁰ /sec	70 ⁰ /sec
5	9	0 ⁰ /sec	38 ⁰ /sec	120 ⁰ /sec
6	12	0 ⁰ /sec	50 ⁰ /sec	180 ⁰ /sec

Dari pengujian tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa untuk motor DC yang digunakan pada percobaan ini dapat menarik belt konveyor menggunakan *doubletip*. *Doubletip* memiliki ketegangan yang rendah dan ringan sehingga ketika diberikan tegangan 4.5 Volt, motor DC langsung bergerak dengan kecepatan putaran 15⁰/sec. Sedangkan ketika menggunakan karet ban, perputaran motor DC tidak terjadi sama sekali. Ketika menggunakan tali, motor DC bergerak ketika diberi tegangan 7.5. Setelah melakukan percobaan ini, maka digunakan *doubletip* sebagai belt konveyor karena perputaran motor DC ketika diberi *doubletip* jauh lebih ringan dan efisien.

Hasil pengujian beban pada motor servo dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4. Hasil pengujian motor servo

Pengujian	Berat Beban	Kecepatan Servo
1	1kg	0,20 sec/60 ⁰
2	2kg	0,20 sec/60 ⁰
3	3kg	0,50 sec/60 ⁰
4	4kg	0,80 sec/60 ⁰
5	5kg	1 sec/60 ⁰

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa motor servo dapat bergerak dengan benar dan sesuai dengan perancangan apabila beban yang diputar seimbang dan sesuai karena apabila beban tidak seimbang maka motor servo bergerak tidak benar dan sampah yang akan dipilah menjadi terlambat mencapai wadah. Ketika berat beban yang diletakkan diatas motor servo seberat 1 sampai 2 kg maka motor servo masih cepat dalam bergerak dengan kecepatan 0,20 sec/60⁰. Ketika berat beban yang diberikan seberat 3 kg maka motor servo akan bergerak lebih lambat, yaitu dengan kecepatan 0,50 sec/60⁰. Ketika berat beban yang diberikan 4 kg maka gerakan motor servo menjadi sedikit lambat yaitu dengan kecepatan 0,80 sec/60⁰, dan ketika diberikan beban 5kg motor servo bergerak lambat yaitu dengan kecepatan 1 sec/60⁰. Jadi untuk sistem pemilahan nantinya beban maksimal yang digunakan untuk bisa menggerakkan motor servo yaitu sekitar 3kg dengan memperhitungkan juga berat konveyor.

Hasil dari keseluruhan pengujian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Hasil pengujian keseluruhan

Bahan Uji	Frekuensi plat1	Frekuensi plat2	Kapasitansi plat	Kapasitansi plat
	(kHz)	(kHz)	1 (μF)	2 (μF)
Udara	434,8	416,7	23,39	24,4
Aluminium	438,6	427,4	23,19	23,8
Kotak Dus	434,8	416,7	23,39	24,4
Kantong Kresek	421,9	420,2	24,1	24,2
Kaleng	423,7	386,1	24	26,34
Kulit Pisang	13,59	32,68	748,3	311,2

Dari pengujian yang telah dilakukan dengan 6 sampel uji, maka dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat perbedaan frekuensi yang dihasilkan oleh plat 1 dan plat 2. Ini disebabkan adanya perbedaan error pada rangkaian multivibrator IC555 dan plat tembaga yang digunakan dalam pengujian. Tetapi perbedaan yang dihasilkan pada pengujian tidak terlalu berbeda jauh. Untuk hasil pengujian udara dengan pengujian dengan bahan dus, frekuensi yang dihasilkan sama. Ini disebabkan karena kotak dus memiliki rongga sehingga gelombang yang dipancarkan sama dengan gelombang tanpa udara. Jadi hasil yang ditunjukkan oleh osiloskop sama. Nilai kapasitansi yang dihasilkan oleh sampah jenis anorganik memiliki perbedaan sedikit, sekitar 24 μF.

3.2 Perancangan Software

Perancangan *software* pada tugas akhir ini dilakukan dalam dua langkah yaitu perancangan program pendeteksi menggunakan plat dan IC555 dengan menggunakan *Fuzzy Logic* dan perancangan program kontrol motor servo.

Alat deteksi sampah menggunakan 2 pasang plat kapasitor keping sejajar yang masing masing plat terhubung ke IC555. Output dari IC555 yang berupa pulsa akan diterjemahkan oleh mikrokontroler berbasis DRFduino. Pemograman yang digunakan menggunakan bahasa C dengan *software* Arduino. Daerah kerja utama dari plat deteksi adalah diantara kedua plat yang dijadikan sebagai *input*. *Input* yang didapatkan dari kedua plat berupa pulsa yang akan diturunkan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{1,44}{(Ra+2Rb)f}, \quad \epsilon-r = \frac{Ca}{Co}$$

Keterangan

- Er = konstanta dielektrik
- Ra = Hambatan A
- Rb = Hambatan B
- f = Frekuensi(pulsa)
- C = Kapasitas kapasitor
- Ca = Kapasitas kapasitor objek
- Co = Kapasitas kapasitor vakum (udara)

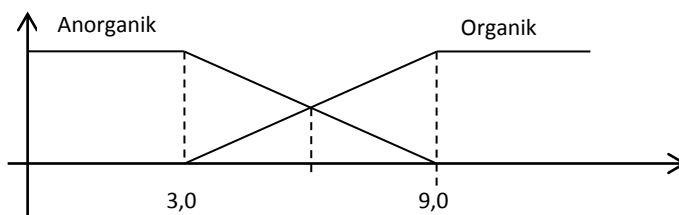
Hasil yang didapatkan dari rumus berupa konstanta dielektrik yang menjadi pembeda dari tiap objek yang akan dideteksi dan objek yang akan dipilah. Kedua hasil tersebut akan diterjemahkan oleh mikrokontroler dengan menggunakan logika *Fuzzy*.

3.2.1. Fuzzyfication

Tahap fuzzifikasi adalah tahapan awal dalam pembentukan metode *fuzzy logic*. Pada tahapan ini terdapat gambaran fungsi keanggotaan yang dibentuk pada implementasi *fuzzy* kendali dirlektrik. Pada tugas akhir ini, fungsi keanggotaan berbentuk trapesium dengan menggunakan 2 buah plat sejenis dan jenis fungsi keanggotaan “ANORGANIK” dan “ORGANIK”. Anorganik dan organik adalah inisialisasi *input* sebagai data masukan pada blok fuzzifikasi.

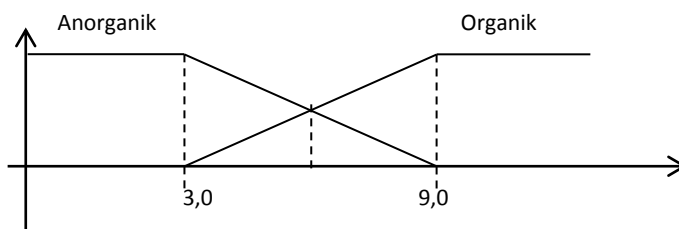
Untuk derajat keanggotaan *Fuzzy* yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Plat 1



Gambar 8. Derajat Keanggotaan Input Dielektrik Logika Fuzzy Plat 1

- b. Plat 2



Gambar 9. Derajat Keanggotaan Input Dielektrik Logika Fuzzy Plat 2

Gambar 8 dan gambar 9 menjelaskan tentang derajat keanggotaan input *fuzzy* yang akan digunakan sebagai acuan untuk mengetahui *range* yang akan diimplementasikan pada program arduino.

3.2.2. Inference atau Evaluasi Aturan

Pada evaluasi aturan terdapat inisiasi aturan yang diharapkan oleh pengguna saat pengujian implementasi *fuzzy logic* pada pengendali dielektrik1 dan dielektrik2. Evaluasi aturan yang diharapkan berupa hubungan sebab – akibat dari input berupa nilai dielektrik, yang akan diproses pada suatu keadaan tertentu.

Output dari inference berupa pergerakan servo ke kiri (Anorganik) atau ke kanan (Organik). Pememaranan evaluasi aturan *fuzzy* yang akan diimplementasikan pada tugas akhir ini dijelaskan pada Tabel 10 berikut.

Tabel 6. Tabel Rules *Fuzzy*

Dielektrik2 Dielektrik1	Anorganik ($\leq 3,0$)	Organik ($\geq 9,0$)
Anorganik ($\leq 3,0$)	Servo Kiri	Servo Kiri
Organik ($\geq 9,0$)	Servo Kiri	Servo Kanan

3.2.3. Defuzzification

Tahap pemodelan metode *fuzzy logic* yang terakhir adalah *defuzzification*, yaitu tahap penentuan hasil dari pengolahan fuzzifikasi yang telah diterapkan melalui evaluasi aturan atau *inference*. Pada tahap ini nilai keluaran *fuzzy* diubah menjadi nilai yang bersifat tegas. Dimana pada proses awal yaitu fuzzifikasi nilai inputan dipetakan kedalam fungsi keanggotaan yang nilainya menjadi tidak tegas.

Pada tugas akhir ini, nilai perhitungan dari keluaran yang ditentukan melalui defuzzifikasi dihasilkan melalui perhitungan dengan metode *weight-average*. Cara defuzzifikasi ini mengambil nilai rata – rata dari pembobotan yang berupa derajat keanggotaan.

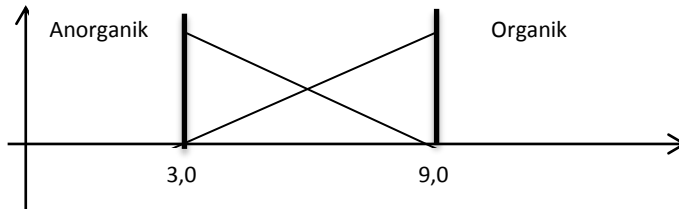
$$y^* = \sum \frac{\mu(y)y}{\mu(y)}$$

Dimana : y = nilai *crisp*

$\mu(y)$ = derajat keanggotaan dari nilai *crisp* y

Melalui persamaan diatas maka diperoleh keluaran yang bersifat tegas dan akan dijadikan acuan pada motor servo. Keluaran pada proses ini sesuai dengan umpan balik yang diberikan melalui evaluasi aturan atau *inference*.

Derajat keanggotaan output bisa dilihat pada gambar berikut:



Gambar 10. Derajat keanggotaan output fuzzy

3.3 Sistem pendeteksi sampah

Packaging sistem pendeteksi sampah menggunakan tempat berupa konveyor sebagai lengan dan wadah pemilahan. Sistem pendeteksi ditempatkan pada bagian atas konveyor dengan posisi kedua pasang plat dipasang sejajar. Sedangkan untuk pemilahan dengan memasang motor servo dibagian bawah konveyor supaya motor servo bisa mengarahkan sampah sesuai dengan hasil pendeteksian. *Packaging* sistem pendeteksi dan pemilahan sampah dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 11 Packaging Sistem Pendeteksi Sampah Organik dan Anorganik

Setelah semua sistem terhubung dan bekerja, objek sampah yang akan dideteksi dijalankan pada konveyor secara serial untuk dideteksi oleh plat kapasitor dan diterjemahkan oleh mikrokontroler menggunakan *fuzzy logic*. Tabel berikut menjelaskan hasil deteksi objek sampah yang telah di deteksi:

Tabel 7. Pengujian sampah deteksi

Jenis Sampah	Frekuensi Uji (kHz)	Nilai Kapasitansi (pF)	Dielektrik uji	Jenis Sampah	PWM Servo	
					Kiri	Kanan
Botol plastik	135,2	75,2	3,2	Anorganik	1	-3
Kotak Dus	434,8	23,39	1	Anorganik	1	-3
Kulit pisang	32,68	748,3	31,9	Organik	9	-1
Sayuran	6,8	1495,5	63,94	Organik	9	-1
Botol Kaca	87,2	116,62	4,98	Anorganik	9	-1
Botol alumunium	423,7	24	1,02	Anorganik	9	-1
Kulit jeruk	33,45	736,89	30	Organik	9	-1
Plastik kresek	421,9	24,1	1,03	Organik	1	-3
Daun Kering	90,0	112,9	4,9	Organik	1	-3
Kertas	398,4	25,52	1,09	Anorganik	1	-3

Dari Tabel 7 dapat disimpulkan bahwa nilai dielektrik sampah yang dideteksi berbeda dengan nilai dielektrik yang sebenarnya. Ini disebabkan karena kemampuan plat dalam mendeteksi objek belum sepenuhnya akurat. Plat deteksi belum mampu mendeteksi secara maksimal jenis sampah basah maupun sampah kering, sehingga PWM servo yang dihasilkan mengarahkan servo sesuai dengan input yang bisa dideteksi. Dari 10 percobaan yang dilakukan terdapat 4 nilai dielektrik deteksi yang berbeda jauh dengan nilai dielektrik yang sebenarnya. Untuk gerakan motor servo dalam pengambilan keputusan sudah sesuai dengan yang diharapkan. Menentukan akurasi menggunakan rumus berikut:

$$\text{Degree of Accuracy} = \frac{\text{The Amount of Correct Data}}{\text{The Total Number of Data}} \times 100\% \quad (8)$$

$$\text{Degree of Accuracy} = \frac{63}{100} \times 100\% = 63\%$$

Untuk mengetahui level error menggunakan rumus berikut:

$$\text{Level Error} = \frac{\text{The Amount of Wrong Data}}{\text{The Total Number of Data}} \times 100\% \quad (9)$$

$$\text{Level Error} = \frac{37}{100} \times 100\% = 37\%$$

Setelah melakukan seluruh pengujian, dapat diambil kesimpulan bahwa dari 100 sampel sampah yang dilewatkan pada sistem pengujian, 63% sampel sampah sudah dipilah oleh servo sesuai dengan jenis sampah yang diharapkan. Sedangkan sisanya 37% sampel sampah yang belum bisa dipilah oleh motor servo sesuai dengan data yang didapatkan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian pada Tugas Akhir ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Menentukan nilai pulsa yang dihasilkan oleh plat lebih sulit, disebabkan objek yang terletak diantara plat bergerak sesuai dengan kecepatan putaran motor DC pada belt konveyor sehingga frekuensi yang didapatkan oleh plat dan IC555 menjadi tidak stabil dan tidak tetap.
2. Logika fuzzy yang telah dibuat masih memiliki kelemahan disebabkan *rules* yang dibuat terdiri dari empat macam *rules* sehingga keakuratan *fuzzy* sedikit berkurang dalam mengambil keputusan.
3. Dari 100 percobaan yang dilakukan masih terdapat error yang besar yaitu 37% yang disebabkan adanya pengaruh frekuensi yang tidak stabil yang didapatkan oleh plat kapasitor.
4. Gerakan pemilahan yang dilakukan motor servo sesuai dengan nilai PWM (*Pulse Wide Magnitude*) yang dihasilkan oleh logika *fuzzy* pada mikrokontroler.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arduino, Diakses tgl 21 November 2014 <http://www.arduino.cc/>
- [2] Robot Wiki. DFRobot Ambient Light Sensor SKU:DFR0026 , Diakses tgl 4 Mei 2015 http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/DFRobot_Ambient_Light_Sensor_SKU:DFR0026
- [3] Firman Matiinu Sigit, "Perancangan Proximity Sensor Berbasis Kapasitif Untuk Kontrol Pintu Otomatis".

- [4] Yasmarianto. (2006, 19 Juni) Konstanta Dielektrik. [Online]. gsut.wordpress.com/2009/06/19/konstanta-dielektrik
- [5] George J Klir and Bo Yuan, *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy System*. Singapur: World Scientific, 1996.
- [6] Suyanto, *Soft COMPUTING MEMBANGUN MESIN BER-IQ TINGGI*. Bandung: Penerbit Informatika, 2008.
- [7] Suyanto, *Artificial Intelligence*. Bandung: Penerbit Informatika, 2011.
- [8] (2015, 6 Mei) Elektronika Dasar. [Online]. <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/motor-servo/>
- [9] (2015, 6 Mei) Arduino. [Online]. <http://www.rustamaji.net/id/arduino/belajar-program-arduino>
- [10] (2015, 6 Mei) Pembangkit Pulsa Clock IC NE555. [Online]. <http://elektronika-dasar.web.id/rangkaian/pembangkit-pulsa-clock-ic-ne555/>