

Implementasi Algoritma *Fuzzy* Pada Alat Sortir Kematangan Buah Kopi Berdasarkan Warna Berbasis Arduino Uno

Beryl Ardinata, Sidik Nurcahyo, Bambang Priyadi

Abstrak — Di Indonesia produksi kopi saat ini masih terhambat oleh kualitas kopi yang rendah sehingga mempengaruhi perkembangan produksi kopi. Hal ini disebabkan kesalahan dalam pasca panen yang kurang tepat. Untuk mendapatkan biji kopi yang berkualitas baik maka diperlukannya penanganan pasca panen dengan melakukan proses sortasi, proses pencucian, proses pengeringan, dan proses penyangraian. Proses sortasi adalah proses pertama saat panen kopi, saat ini masih banyak menggunakan proses pemisahan buah kopi secara manual, sehingga membutuhkan waktu yang lama dan tidak akurat dalam proses memisahkan buah kopi, jika proses ini dilakukan secara otomatis akan membutuhkan waktu yang lebih singkat, akurat dan membantu meringankan kerja petani. Sistem ini dirancang agar dapat membantu meringankan pekerjaan petani dengan dibuat sebuah alat berupa pemilah kopi dengan menggunakan sensor TCS3200, yang dilengkapi dengan motor servo sebagai pemilah. Sistem ini akan memberikan data hasil warna berupa tegangan dan ukuran buah satuan sentimeter dilanjutkan dengan proses pensortiran buah.

Kata kunci : *Arduino Uno, Sensor Tcs3200, Control Fuzzy, Motor Servo, Kopi.*

I. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara. Kopi tidak hanya berperan penting sebagai sumber devisa melainkan juga merupakan sumber penghasilan bagi tidak kurang dari satu setengah juta jiwa petani kopi di Indonesia.

Teknologi budi daya dan pengolahan kopi meliputi pemilihan bahan tanam kopi unggul, pemeliharaan, pemangkasan tanaman dan pemberian penang, pengendalian hama dan gulma, pemupukan yang seimbang, pemanenan, serta pengolahan kopi pasca panen. Pengolahan kopi sangat berperan penting dalam menentukan kualitas dan cita rasa kopi.

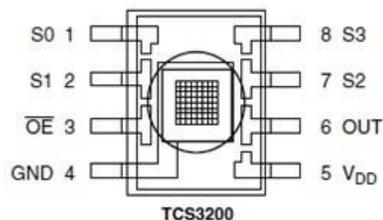
Oleh karena itu, untuk memperoleh biji kopi yang bermutu baik maka diperlukan penanganan pasca panen yang tepat

dengan melakukan setiap tahapan secara benar. Proses sortasi ini adalah proses pertama pada saat panen kopi, saat ini masih banyak menggunakan proses pemisahan buah kopi secara manual, sehingga membutuhkan waktu yang lama dan tidak akurat dalam proses memisahkan buah kopi, jika proses tersebut dilakukan dengan otomatis akan membutuhkan waktu yang lebih singkat, akurat dan mempermudah petani untuk memisahkan buah serta keuntungan dalam sektor pertanian buah akan semakin besar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sensor Warna TCS3200

Sensor warna TCS3200 merupakan konverter yang diprogram untuk mengubah warna menjadi frekuensi yang tersusun atas konfigurasi silikon photodiode dan konverter arus ke frekuensi dalam IC CMOS monolithic yang tunggal. Keluaran dari sensor ini adalah gelombang kotak (*duty cycle* 50%) frekuensi yang berbanding lurus dengan intensitas cahaya (*irradiance*).



Gambar 1 Sensor warna

2.2 Motor Servo

Prinsip kerja dari motor servo tak jauh berbeda dibanding dengan motor DC yang lain. Hanya saja motor ini dapat bekerja searah maupun berlawanan jarum jam. Derajat putaran dari motor servo juga dapat dikontrol dengan mengatur pulsa yang masuk ke dalam motor tersebut. Motor servo akan bekerja dengan baik bila pin kontrolnya diberikan sinyal PWM dengan frekwensi 50 Hz.

Beryl Ardinata adalah mahasiswa D4 Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang, email : beryl_ardinata@gmail.com
Sidik Nurcahyo dan Bambang Priyadi adalah dosen Jurusan Teknik Elektrok Politeknik Negeri Malang, email : sidik.nur@polinema.ac.id, privadibebeng@gmail.com



Gambar 2 Motor Servo

2.3 Algoritma Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* kedalam suatu ruang *output*. Titik awal dari konsep modern mengenai ketidakpastian adalah paper yang dibuat oleh Lofti A Zadeh (1972), dimana Zadeh memperkenalkan teori yang memiliki obyek-obyek dari *himpunan fuzzy* yang memiliki batasan yang tidak presisi dan keanggotaan dalam himpunan *fuzzy*, dan bukan dalam bentuk logika benar (*true*) atau salah (*false*), tapi dinyatakan dalam derajat (*degree*). Konsep seperti ini disebut dengan *Fuzziness* dan teorinya dinamakan *Fuzzy Set Theory*. *Fuzziness* dapat didefinisikan sebagai logika kabur berkenaan dengan semantik dari suatu kejadian, fenomena atau pernyataan itu sendiri. Seringkali ditemui dalam pernyataan yang dibuat oleh seseorang, evaluasi dan suatu pengambilan keputusan

2.4 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan salah satu Arduino yang murah, mudah didapat, dan sering digunakan. Arduino Uno ini dibekali dengan mikrokontroler ATMEGA32 dan versi terakhir yang dibuat adalah versi R3 [5].

Spesifikasi yang terdapat board Arduino UNO adalah sebagai berikut:

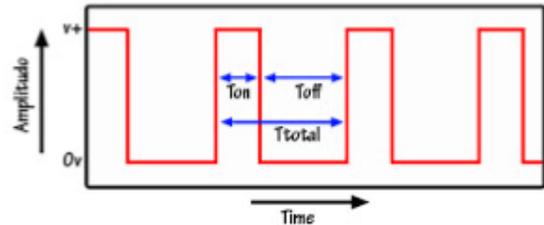
- 1) Mikrokontroler: ATmega328
- 2) Tegangan operasi : 5V
- 3) Tegangan input (*recommended*) : 7 - 12V
- 4) Tegangan input (limit) : 6-20 V
- 5) Arus DC per pin I/O : 40 mA
- 6) Arus DC untuk pin 3.3 V : 150 mA
- 7) Frekuensi sebesar 16 Mhz

2.5 PWM (Pulse Width Modulation)

Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%).

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan salah satu teknik untuk mendapatkan signal analog dari sebuah piranti digital. Sebenarnya Sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan banyak cara, dapat menggunakan metode analog dengan menggunakan rangkaian op-amp atau dengan menggunakan metode digital. Dengan metode analog setiap perubahan PWM-nya sangat halus, sedangkan menggunakan metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Resolusi adalah jumlah variasi perubahan nilai dalam PWM tersebut. Misalkan suatu PWM memiliki resolusi 8 bit berarti PWM ini memiliki variasi perubahan nilai

sebanyak 28 = 256 variasi mulai dari 0 – 255 perubahan nilai yang mewakili duty cycle 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut.

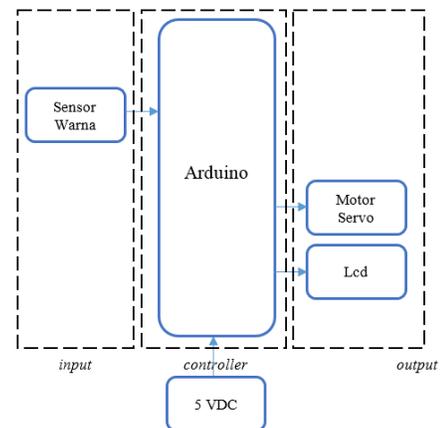


Gambar 3 Sinyal PWM

III. METODE PENELITIAN

3.1 Prinsip Kerja Alat

Pada alat ini memiliki prinsip kerja yaitu yang pertama mengaktifkan sistem alat. Setelah itu memasukkan beberapa buah kopi kedalam *Hooper*. Setelah itu buah kopi akan turun menuju meja putar dan *motor servo* pertama berputar sebagai meja putar yang berputar 360° secara *continous*, *motor servo* pertama akan berhenti ketika ada buah kopi terdeteksi sensor TCS3200, setelah itu sensor TCS3200 melakukan klasifikasi warna. Saat warna buah kopi terdeteksi, *motor servo* pertama akan berputar mengarahkan buah kopi menuju *motor servo* kedua, selanjutnya *motor servo* kedua akan berputar mengarahkan buah kopi ke wadah terakhir sesuai warna yang telah dideteksi oleh Sensor TCS3200. Saat proses Sensor TCS3200 mendeteksi warna, data warna tersebut akan diproses oleh mikrokontroler Arduino UNO, lalu ditampilkan pada LCD 16x2 sehingga pada saat proses *sortir* telah selesai semua, maka akan didapatkan banyaknya jumlah buah kopi sesuai tingkat kematangan.



Gambar 4 Diagram Blok Sistem

3.2 Perencanaan dan Pembuatan Mekanik

Perencanaan dan pembuatan mekanik :



Gambar 5 Perencanaan Mekanik

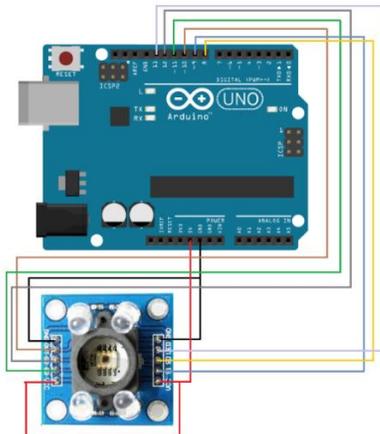
Pada perencanaan alat yang akan di buat ini memiliki beberapa spesifikasi, diantaranya adalah:

Berikut spesifikasi alat yang akan digunakan dalam penelitian:

1. Dimensi
 - Panjang : 43 cm
 - Lebar : 35 cm
 - Tinggi : 45 cm
2. Bahan
 - Rangka Alat : Besi, Acrylic, Hooper
 - Buah Kopi : 2 kg
3. Sensor Tcs 3200 : 2,7 V – 5,5 V
4. Arduino Uno : 5 VDC
5. Motor Servo : 5 VDC
6. Lcd 16 x 2 : 5 VDC
7. Sumber Daya : 5 VDC

3.3 Perencanaan Rangkaian Elektronik

3.3.1 Rangkaian TCS3200



Gambar 6 Rangkaian TCS3200

TCS3200 adalah IC pengkonversi warna cahaya ke nilai frekuensi. Ada dua komponen utama pembentuk IC ini, yaitu photodiode dan pengkonversi arus ke frekuensi. Keluaran dari sensor ini sendiri berupa output digital yang berbentuk pulsa-pulsa hasil pembacaan warna RGB.

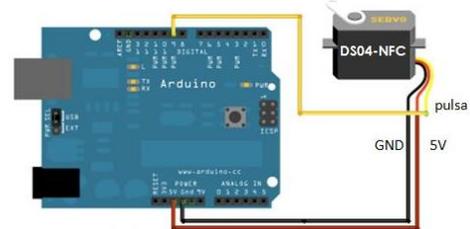
3.4. Rangkaian Motor Servo

Mengendalikan Motor Servo DS04-NFC dengan Arduino. Tetapi perlu diingat, karna motor ini bukan *motor servo*, dan cara pengendaliannya juga berbeda dengan *motor servo*. Kalau *motor servo*, cukup mengeluarkan perintah *servo.write* (sudut_tujuan) untuk menggerakkan motor ke sudut tujuan (contoh: *servo.write* (90) untuk menggerakkan motor ke sudut 90. Untuk motor 'servo DS04-NFC ini cara pengendaliannya berbeda. Harus mengeluarkan pulsa PWM dengan *duty cycle* tertentu. *Duty cycle* tersebut adalah sebagai berikut :

2000 putar kanan (*clockwise CW*)

1500 berhenti

1000 putar kiri (*counter clockwise CCW*)

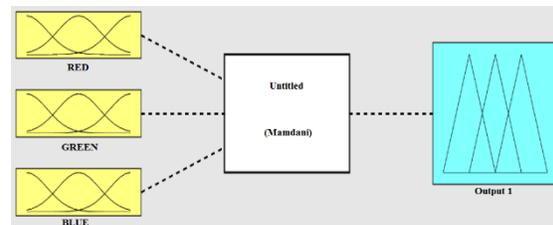


Gambar 7 Rangkaian Motor Servo

3.5 Perancangan Algoritma Logika Fuzzy

3.5.1 Fuzzyfikasi

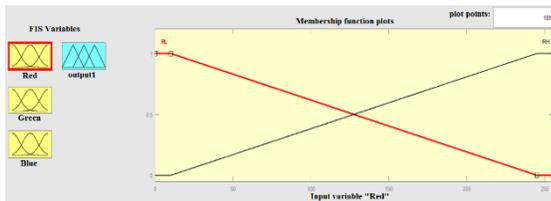
Proses fuzzyfikasi ini terdiri dari penentuan fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk variabel *input* dan *output*. Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah jenis *triangular*.



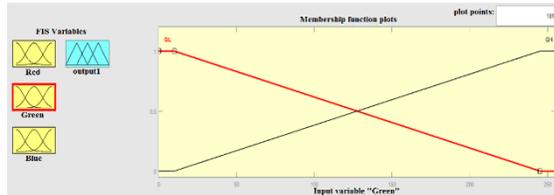
Gambar 8 FIS Fuzzy Warna

3.5.2 Fungsi Keanggotaan Input

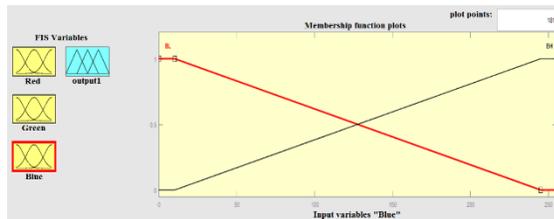
Variabel nilai input (Red) akan bernilai low (L) jika warna yang terbaca oleh sensor bernilai kecil atau sekitar 0. Begitu pula sebaliknya, variabel nilai input (Red) akan bernilai high (H) warna yang terbaca oleh sensor bernilai kecil atau sekitar 255. Fungsi keanggotaan error terdiri dari 2 kondisi yaitu Low (L) dan High (H) seperti pada gambar 9, begitu juga dengan variabel green dan variabel blue seperti pada gambar 10 dan 11.



Gambar 9 Membership Function Red



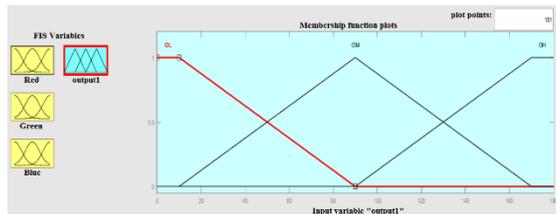
Gambar 10 Membership Function Green



Gambar 11 Membership Function Blue

3.5.3 Fungsi Keanggotaan Output

Variabel *output fuzzy* berupa sudut yang memiliki 3 kondisi pada fungsi keanggotaannya yaitu low (L), mid (M), dan high (H), Seperti fungsi keanggotaan *input*, fungsi keanggotaan *output* pun juga berbentuk triangular dan pada *output Fuzzy* dengan nilai sudut yaitu dengan range 0 sampai 180.



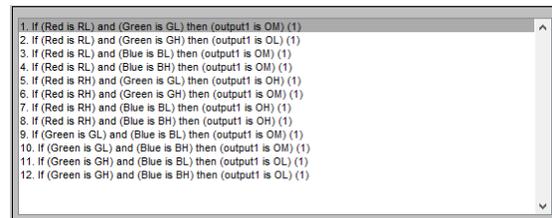
Gambar 12 Membership Function PWM

3.5.4 Perancangan Rule Base

Fuzzy rule base berbentuk pernyataan *IF-Then* yang menyatakan pernyataan kondisi. Penyusunan *Fuzzy Rule Base* ini sangat berpengaruh pada tahap pengambilan keputusan yang dilakukan oleh *plant*.

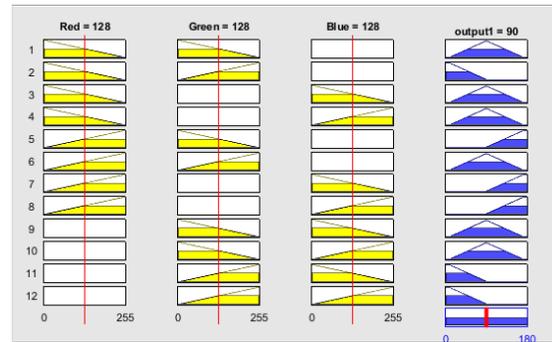
Tabel 1 Perancangan Rule Base

	GL	GH	BL	BH
RL	OM	OL	OM	OM
RH	OH	OM	OH	OH
GL	-	-	OM	OM
GH	-	-	OL	OL



Gambar 13 Rule Editor

Setelah *fuzzy rule base* dibuat dan dimasukkan pada *rule editor* seperti gambar 13, maka keseluruhan *rule* yang telah dibentuk dapat ditunjukkan pada *rule viewer* seperti yang terlihat pada gambar 14.



Gambar 14 Rule Viewer

3.5.5 Defuzzyfikasi

Hasil dari defuzzyfikasi ini yang akan menentukan seberapa besar sinyal PWM yang akan masuk pada *motor servo* untuk memutar servo 90° untuk warna hijau dan servo 120° untuk warna merah. Penelitian ini menggunakan interferensi *fuzzy* dengan metode *fuzzy Mamdani*.

Sistem inferensi *fuzzy* diartikan sebagai penarikan kesimpulan dari sekumpulan aturan atau kaidah *fuzzy* yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy*, dan penalaran yang memiliki *input* dan *output* berupa *crisp value*. Setelah aturan *fuzzy* dibuat, selanjutnya dilakukan proses pengambilan keputusan yang berdasarkan pada aturan-aturan *IF-THEN* yang telah dibuat untuk menghubungkan antara *input fuzzy* dan *output fuzzy*.

Proses ini berfungsi untuk mencari nilai *output fuzzy*. Metode inferensi *fuzzy Mamdani* yang seringkali disebut metode Min-Max ini digunakan metode Max dengan mengambil nilai maksimum dari aturan untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya pada *output fuzzy* menggunakan operasi AND.

Proses untuk mengubah *output fuzzy* menjadi *output crisp*, hasil defuzzifikasi inilah yang menentukan nilai besaran PWM. Metode defuzzyfikasi yang di gunakan dalam penelitian ini adalah *Means of Maximum (MOM)*. *Crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terendah dan tertinggi yang mengambil nilai tengah.

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian Sensor Warna

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sensor warna dapat bekerja dengan baik. Pengujian dan analisa sistem perblok ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah bagian-bagian dari sistem bekerja sesuai dengan fungsinya, agar lebih mudah dalam melakukan *troubleshoot* apabila terjadi kerusakan.

Tabel 2 Pengujian Sensor Warna Dengan Kertas Warna

WARNA	R	G	B
	806	327	309
	269	253	319
	422	404	275
	565	102	155
	104	354	349
	108	313	343

Tabel 3 Pengujian Sensor Warna Dengan Buah Kopi

WARNA	R	G	B
 Percobaan 1	172	222	245
 Percobaan 2	163	205	220
 Percobaan 3	158	199	223
 Percobaan 4	161	209	218

Dari percobaan pada tabel 2 dan 3, menggunakan objek tetap dihasilkan keluaran sensor TCS berubah-ubah atau tidak presisi, mengasilkan keluaran frekuensi tidak tetap, idelnya sensor harus memiliki nilai yang tetap jika objek yang dipakai tetap. Sehingga pada pengujian objek ini dapat disimpulkan sensor tidak presisi atau nilai yang dihasilkan berubah-ubah, dengan perubahan atau selisih sekitar 10Hz sampai 100Hz dari beberapa pengujian yang dilakukan.

4.3 Pengujian Algoritma Logika Fuzzy

Pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah algoritma fuzzy bekerja dengan baik atau tidak. Dalam hal ini, algoritma *fuzzy* digunakan untuk menentukan putaran *motor servo* pada proses sortir buah kopi berdasarkan warna kematangan dengan sensor TCS3200.

Tabel 4 Pengujian Algoritma *Fuzzy* dengan objek Kertas Warna.

Warna Kertas	Sensor TCS 3200 (RGB)	Duty Cycle (%)	Sudut Motor Servo (°)
Merah	806 327 309	6,5	120
Hijau	269 253 319	7,5	90
Oranye	104 354 349	7,5	90

Dari tabel 4 dihasilkan nilai RGB yang didapatkan dari sensor TCS3200 untuk warna merah 806 (R), 327 (Green) dan 309 (Blue), dan memiliki output PWM dengan besar *duty cycle* 6,5% sehingga motor servo bergerak 120°.

Dari tabel 4 dihasilkan nilai RGB yang didapatkan dari sensor TCS3200 untuk warna hijau 269 (R), 253 (Green) dan 319 (Blue), dan memiliki output PWM dengan besar *duty cycle* 7,5% sehingga motor servo bergerak 90°.

Dari tabel 4 dihasilkan nilai RGB yang didapatkan dari sensor TCS3200 untuk warna oranye 104 (R), 354 (Green) dan 349 (Blue), dan memiliki output PWM dengan besar *duty cycle* 7,5% sehingga motor servo bergerak 90°.

Tabel 5 Pengujian Algoritma *Fuzzy* dengan objek Buah Kopi.

Warna Buah Kopi	Sensor TCS 3200 (RGB)	Duty Cycle (%)	Sudut Motor Servo (°)
Merah	98 124 128	7,5	90
Hijau	269 253 319	7,5	90
Oranye	104 354 349	7,5	90

Dari tabel 5 dihasilkan nilai RGB yang didapatkan dari sensor TCS3200 untuk warna merah 98 (R), 124 (Green) dan 128 (Blue), dan memiliki output PWM dengan besar *duty cycle* 7,5% sehingga motor servo bergerak 90°.

Dari tabel 5 dihasilkan nilai RGB yang didapatkan dari sensor TCS3200 untuk warna hijau 269 (R), 253 (Green) dan 319 (Blue), dan memiliki output PWM dengan besar *duty cycle* 7,5% sehingga motor servo bergerak 90°.

Dari tabel 5 dihasilkan nilai RGB yang didapatkan dari sensor TCS3200 untuk warna oranye 104 (R), 354 (Green) dan 349 (Blue), dan memiliki output PWM dengan besar *duty cycle* 7,5% sehingga motor servo bergerak 90°.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan menganalisis hasil dari pengujian tersebut, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perancangan yang telah dilakukan bahwa sensor TCS 3200 tidak cocok digunakan pada ukuran yang kecil, dikarenakan memiliki nilai yang berubah - ubah ketika menggunakan objek yang kecil, pada hasil percobaan Tabel 1 dan 2 dengan selisih perubahan 20 - 70 hz.
2. Penggunaan *servo* 360° digunakan dengan kecepatan rendah dikarenakan proses pembacaan sensor TCS3200 membutuhkan waktu beberapa detik agar mendapatkan nilai yang ideal apabila di setting dengan kecepatan tinggi akan menghasilkan overshoot putaran dengan jarak 1 - 2cm dikarenakan adanya gaya dorong *sentrifugal*.
3. *Servo* 360° tidak dapat diatur sudut putarnya dengan menggunakan pwm tetapi hanya bisa diatur kecepatan putar dan arah putarnya.

5.2 Saran

Alat yang telah dibuat ini masih banyak kekurangan. Perlu adanya perbaikan dan penyempurnaan agar alat ini dapat bekerja secara optimal. Ada beberapa hal yang disarankan untuk perbaikan dan penyempurnaan yaitu :

1. Untuk proses sortir objek kecil berbentuk seperti buah kopi lebih baik menggunakan sensor warna selain TCS 3200.
2. Jika tetap ingin menggunakan sensor TCS 3200 lebih baik mengganti objek dari buah kopi yang memiliki ukuran kecil dengan objek yang memiliki ukuran besar seperti buah apel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ashabul Kahpi, 2017. Budidaya Dan Produksi Kopi Di Sulawesi Bagian Selatan Pada Abad Ke-19. Makassar
- [2] Febyan Dimas Pramanta, Dkk 2017. Sistem Cerdas Penyortir Apel Berdasarkan Warna Dan Ukuran Berbasis Mikrokontroler Arduino. Malang: Teknik Elektro, Universitas Negeri Malang
- [3] Subhan Hartanto, 2017. Implementasi Fuzzy Rule Based System Untuk Klasifikasi Buah Mangga. Sumatera Utara: Sistem Informatika, Universitas Pembangunan Panca Budi.
- [4] Prastyono Eko Pambudi, 2014. Identifikasi Daging Segar Menggunakan Sensor Warna RGB TCS3200-DB. Yogyakarta: Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND
- [5] Mohamad Nadhif dan Suryono, 2015. Aplikasi Fuzzy Logic untuk Pengendali Motor DC Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 dengan Sensor Photodiode. Semarang: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
- [6] Ridwan Arif . Dkk. 2009. Rancang Bangun Sistem Pengaturan Tekanan Pompa Air Menggunakan Sistem Kontrol Logika Fuzzy. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro Industri
- [7] Musyafa, A dan Imam, A. 2011. Rancang Bangun Aplikasi Kontrol Fuzzy Tegangan Turbin Angin Pada Sistem Teknologi Hybrid Konversi Energi Surya Dan Angin. Jurnal Ilmiah. Surabaya; Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [8] Sutikno. 2011. Perbandingan Metode Defuzzifikasi Aturan Mamdani Pada Sistem Kendali Logika Fuzzy (Studi Kasus Pada Pengaturan Kecepatan Motor DC). *Makalah Seminar Tugas Akhir*. Semarang; Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- [9] Hannawati, A. Thiang, dan Resmana. 2011. Prototipe Sistem Kendali Temperatur Berbasis Fuzzy Logic Pada Sebuah Inkubator. *Jurnal Teknik Elektro*. Surabaya; Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra.
- [10] Zulaikah. 2011. Aplikasi Teknik Kendali Fuzzy Pada Pengendalian Level Cairan. *Makalah Seminar Tugas Akhir*. Semarang; Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- [11] Hidayat, Qory. 2012. Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535. Balikpapan: Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Balikpapan.
- [12] Jumadri, dkk. Pengaturan Kecepatan Motor DC menggunakan PWM Berbasis Mikrokontroler Atmega 16. Batam: Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Batam
- [13] Yahyfan. 2009. Kendali Putaran Motor DC Menggunakan PWM. Bandung: Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung.