

Implementasi *Fuzzy Logic* pada Sistem Sortir Otomatis Alat Penghitung Jumlah Buah Apel

¹Rana Angely Syawalia*, Sabilal Rasyad, Destra Andika Pratama

¹Jurusan Teknik Elektro Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya

*Corresponding author, e-mail: ranaangely@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki hasil kekayaan alam yang melimpah, terutama di bidang pertanian. Salah satunya adalah buah apel lokal yang berasal dari Kota Batu. Buah apel dari Kota Batu diakui memiliki cita rasa yang enak dan segar. Lahan perkebunan apel Kota Batu sendiri memiliki luas sebesar 2.993,89 Ha, yang berarti bahwa Indonesia seharusnya sudah mampu untuk mengekspor buah apel produk Kota Batu. Proses produksi yang masih memakai tenaga manusia (konvensional) dalam proses penyortiran menjadi salah-satu kendala Indonesia untuk dapat mengekspor produk buah apel lokal. Cara untuk meningkatkan nilai ekonomis buah apel terutama di pasar ekspor salah-satunya dengan melakukan sortasi. Berdasarkan permasalahan tersebut, dibuat sebuah sistem sortir otomatis yang dapat memisahkan buah apel berdasarkan berat dan warna. Sistem ini menggunakan metode *fuzzy logic* untuk proses penyortiran, dimana alat akan menyortir otomatis berdasarkan keputusan *rules* yang sudah diberikan dengan menggunakan algoritma *If-Then*. Kontroler pengola data yang digunakan berupa Arduino Mega 2560. Data inPut utama yang digunakan berasal dari sensor *load cell* dan sensor warna TCS3200. Sedangkan eksekutor pemilah berupa 2 buah motor servo MG996. Permasalahan yang terdapat pada alat ini terletak pada sensor TCS3200 yang sangat sensitif. Jarak dan cahaya dapat mempengaruhi hasil nilai RGB yang didapat. Namun, meskipun terdapat kendala alat ini dapat menyortir buah apel dengan tingkat keberhasilan sebesar 90%.

Abstract

Indonesia is an agrarian country that has abundant natural resources, especially in agriculture. One of them is the local apple which comes from Kota Batu. Apples from Kota Batu are recognized as having delicious and fresh flavors. The land itself has the area of 2,993,89 Ha, which means that Indonesia should have been able to export apples from Kota Batu. The production process that still using human power (conventional) in the sorting process is one of the problem for Indonesia to be able to export local apple products. To increase the economic value of local apples, especially in global market is sorting. Based on these problems, an automatic sorting system that can separate the types of apples based on weight and color was created. This system uses fuzzy logic method for sorting process, where the tool will sort automatically based on the decision rules that have been given using the *If-Then* algorithm. The data processing controller is Arduino Mega 2560. The main input data is from load cell sensor and color sensor TCS3200. While the sorting executor is in the form of two servo motor MG996. The problem with this tool lies in the very sensitive TCS3200 sensor. Distance and light can affect the RGB Value obtained. However, despite that the tool can sort apples with a success rate of 90%.

Keywords: Fuzzy logic, Automatic Sorting System, TCS3200 Sensor, Load Cell Sensor.

PENDAHULUAN

Buah-buahan merupakan sumber makanan yang mengandung gizi lengkap dan sehat karena didalamnya tersimpan berbagai macam produk metabolisme tumbuhan seperti karbohidrat, lemak, vitamin, mineral, alkanoid, terpena dan terpenoid [1][2]. Di Indonesia, salah-satu buah yang cukup populer adalah buah apel. Produk buah apel dari Kota Batu diakui memiliki cita rasa yang enak dan segar [3]. Namun, produk buah apel Kota Batu belum dapat diekspor ke berbagai negara lain meskipun lahan pohon apel yang terdapat di Kota Batu seluas 2.993,89 Ha [4][5].

Proses penyortiran buah-buahan pada saat ini masih sangat banyak menggunakan cara manual yaitu dengan tenaga manusia [6]. Penyortiran manual ini akan memerlukan waktu yang lebih lama dalam memilah sehingga kurang efektif. Hal inilah yang menjadi salah-satu faktor ketidakmampuan Indonesia untuk dapat mengekspor ke negara lain. Untuk itu, diperlukannya sebuah sistem yang dapat melakukan proses pemilahan secara otomatis sehingga waktu yang diperlukan akan jauh lebih singkat [7].

Pada penelitian ini, ditawarkan sebuah konsep sistem otomatis. Penelitian ini juga dikembangkan berdasarkan peneliti terdahulu yaitu Febyan et al (2017) Sistem Cerdas Penyortiran Apel Berdasarkan Warna dan Ukuran Berbasis Mikrokontroler Arduino, Muhammad et al (2017) Rancang Bangun Sistem Sortir Buah Apel Menggunakan Sensor Warna Dan Sensor Suhu dan Lita et al (2019) Klasifikasi Jenis Buah Apel Lokal Berdasarkan Penciri Warna, *Aspctratio* dan GLCM Menggunakan *Belt* Konveyor Berbasis Raspberry Pi. Perbedaan yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu terletak pada penambahan sensor serta komponen, mikrokontroler dan metode yang digunakan yaitu menggunakan metode *fuzzy logic* untuk proses penyortirannya sehingga buah apel dapat dipilah berdasarkan jenis-jenisnya.

Fokus pada penelitian ini terdapat pada implementasi metode *fuzzy logic* pada proses penyortiran. Salah-satu kelebihan menggunakan metode *fuzzy logic* adalah data yang didapat akan diolah dan diproses secara matematis serta memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat dari batas nilai yang ditentukan dengan menggunakan algoritma *If-Then* [8].

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada sistem sortir otomatis ini adalah metode fuzzy logic. Metode fuzzy logic merupakan peningkatan dari logika Boolean dimana nilai kebenaran variabel hanya mungkin nilai integer 0 atau 1 [9]. Sebaliknya, logika fuzzy memiliki nilai kebenaran dari variabel dapat berupa bilangan real antara 0 dan 1. Logika ini digunakan untuk menangani konsep kebenaran parsial, dimana nilai kebenaran dapat berkisar antara sepenuhnya benar dan sepenuhnya salah [10][11].

Fuzzifikasi adalah proses menerapkan input numerik suatu sistem ke set fuzzy dengan beberapa tingkat keanggotaan. Tingkat keanggotaan dapat berada di mana saja dalam interval $[0,1]$. Nilai apapun antara 0 dan 1 menunjukkan tingkat ketidakpastian bahwa nilai tersebut termasuk kedalam set atau tidak [12][13]. Set fuzzy biasanya dideskripsikan dengan kata. Ketika menetapkan input sistem ke set fuzzy, maka dapat mempertimbangkannya secara linguistik alami.

Defuzzifikasi merupakan proses menghasilkan hasil yang dapat diukur dari nilai kebenaran output menjadi nilai nyata [14][15][16].

A. Rules Fuzzy Logic

Pembuatan alat sortir buah apel otomatis ini menggunakan metode fuzzy logic untuk memudahkan proses penyortiran, sehingga alat ini dapat memilah buah apel kedalam beberapa jenis. Proses penyortiran alat ini sangat dipengaruhi dari data-data yang didapat dari sensor load cell dan sensor warna TCS3200. Setiap keputusan yang diambil dalam proses penyortiran mengacu pada rules fuzzy logic yang telah dibuat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3. Rules data yang diberikan memiliki inputan data utama yang dihasilkan dari sensor load cell dan sensor warna TCS3200 dan outputnya berupa motor DC dan 2 motor servo MG996 yang dapat dilihat pada Tabel 2. Rules data warna sendiri dapat dilihat pada Tabel 1 yang menentukan set Nilai RGB pada buah apel.

Tabel 1. Set Nilai RGB Kondisi Warna Buah Apel

Kondisi Warna Buah Apel	Nilai			
	R		G	
	Min	Max	Min	Max
Merah	41	81	55	134
Hijau	31	49	49	78

Tabel 2. Rules Proses Penyortiran

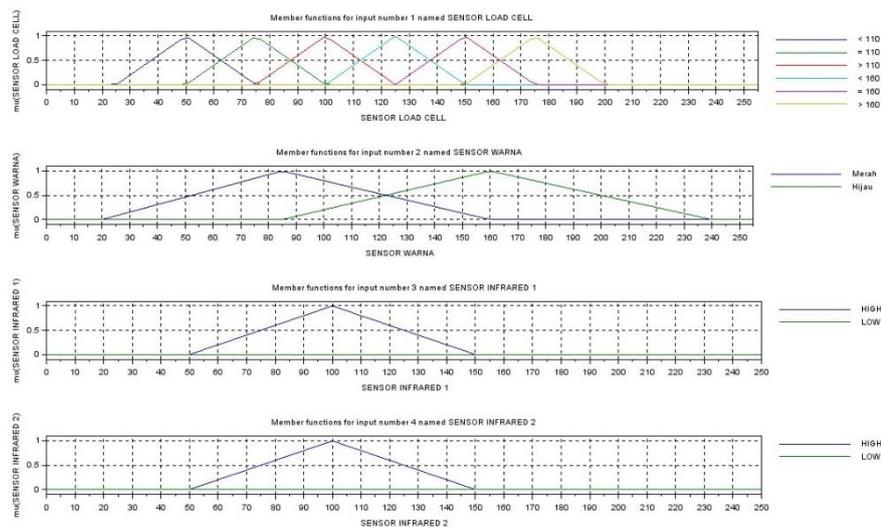
INPUT			OUTPUT	
Sensor Load Cell	Sensor Warna TCS3200	Motor Servo 3 (Meja Putar)	Motor Servo 1 (Cabang 1)	Motor servo 2 (cabang 2)
< 110 gram	Merah	High	Low (Menutup)	Low (Menutup)
< 110 gram	Hijau	High	Low (Menutup)	Low (Menutup)
= 110 gram	Merah	High	High (Membuka)	Low (Menutup)
= 110 gram	Hijau	High	Low (Menutup)	High (Membuka)
> 110 gram	Merah	High	High (Membuka)	Low (Menutup)
> 110 gram	Hijau	High	Low (Menutup)	High (Membuka)
< 160 gram	Merah	High	High (Membuka)	Low (Menutup)
< 160 gram	Hijau	High	Low (Menutup)	High (Membuka)
= 160 gram	Merah	High	High (Membuka)	Low (Menutup)
= 160 gram	Hijau	High	Low (Menutup)	High (Membuka)
> 160 gram	Merah	High	Low (Menutup)	Low (Menutup)
> 160 gram	Hijau	High	Low (Menutup)	Low (Menutup)

Jika buah apel yang dideteksi memiliki data berupa berat sama dengan 110 gram dan berwarna merah maka cabang 1 akan membuka sehingga apel akan masuk ke wadah cabang 1. Jika apel yang dideteksi memiliki data berupa berat sama dengan 110 gram dan berwarna hijau maka cabang 2 akan membuka sehingga apel akan masuk ke wadah cabang 2. Jika apel yang dideteksi memiliki data berupa berat lebih besar dari 110 gram dan berwarna merah, maka cabang 1 akan membuka sehingga apel akan masuk ke wadah cabang 1. Jika apel yang dideteksi memiliki data berupa berat lebih dari 110 gram dan berwarna hijau, maka cabang 2 akan terbuka sehingga apel akan masuk ke wadah cabang 2. Jika apel yang dideteksi memiliki data berupa berat kurang dari 160 gram dan berwarna merah, maka cabang 1 akan membuka sehingga apel akan masuk ke wadah cabang 1. Jika buah apel yang dideteksi memiliki data berupa berat kurang dari 160 gram dan berwarna hijau, maka cabang 2 akan membuka sehingga apel akan masuk ke wadah cabang 2. Jika apel yang dideteksi memiliki data berupa berat sama dengan 160 gram dan berwarna merah, maka cabang 1 akan membuka sehingga apel akan masuk ke wadah cabang 1. Jika apel yang dideteksi memiliki data berupa berat sama dengan 160 gram dan berwarna hijau, maka cabang 2 akan membuka sehingga apel akan masuk ke wadah cabang 2. Namun, apabila apel yang dideteksi memiliki data berupa berat kurang dari 110 gram ataupun lebih besar dari 160 gram dan berwarna merah ataupun hijau,

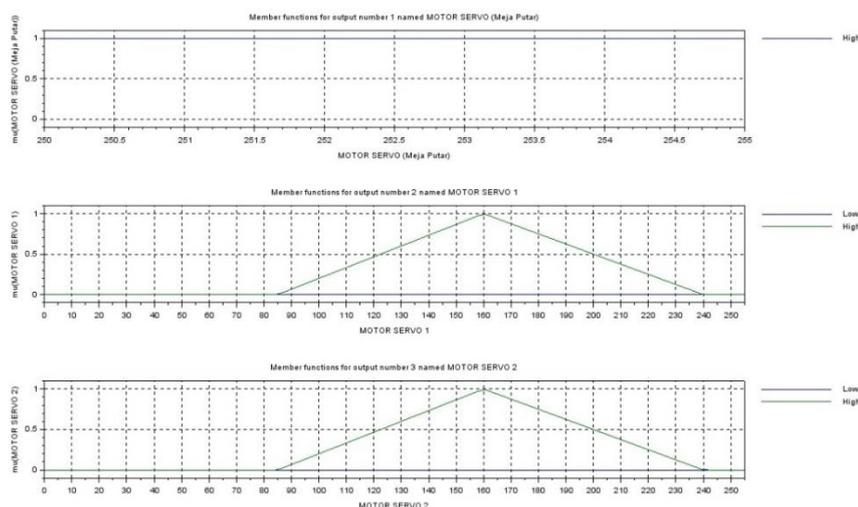
maka apel akan langsung masuk ke wadah cabang 3 (cabang *reject*) yang berarti bahwa apel tersebut tidak masuk ke dalam kriteria yang telah ditentukan sehingga disebut apel *reject*.

Tampilan grafik pada Gambar 1 merupakan grafik dari input proses penyortiran. Sensor load cell memiliki 6 ketentuan, yaitu: < 110 gram, $= 110$ gram, > 110 gram, < 160 gram, $= 160$ gram, dan > 160 gram. Sensor warna memiliki 2 ketentuan, yaitu: merah dan hijau. Sedangkan sensor infrared memiliki 2 ketentuan, yaitu: Low dan High, sensor akan High ketika mendeteksi buah apel yang telah terkirim ke setiap cabang.

Gambar 2 merupakan grafik dari output proses penyortiran. Grafik kedua motor servo juga memiliki 2 ketentuan, yaitu: *Low* dan *High*. Motor servo akan otomatis bergerak ketika mendapatkan inputan yang sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2. Hal ini bertujuan untuk mengirimkan buah apel sesuai ke cabang yang ditentukan. Sedangkan grafik pada motor servo (meja putar) akan selalu *high* untuk setiap keadaan.



Gambar 1. Grafik Input Proses Penyortiran



Gambar 2. Grafik Output Proses Penyortiran

PERANCANGAN

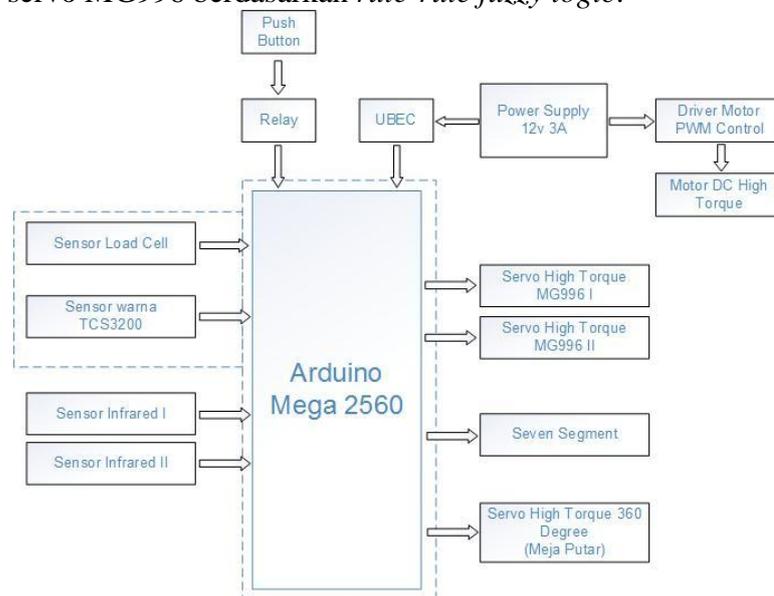
Perancangan sistem yang dilakukan terdiri dari studi pustaka tentang sistem sortir otomatis, perancangan Perangkat Keras (Hardware), Perancangan Algoritma Fuzzy

(Software), Perancangan Elektronik, Skematik Rangkaian, Perancangan Mekanik serta pengujian dan evaluasi sistem secara keseluruhan apakah memenuhi kinerja seperti yang diinginkan.

1. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Blok diagram sistem sortir buah apel otomatis ini dapat dilihat pada Gambar 3. Pada Gambar 3, sensor input dari alat sortir ini berupa sensor *load cell*, sensor warna tcs3200 dan 2 buah sensor *infrared*. Namun, yang menjadi data input utama adalah data dari sensor *load cell* dan sensor warna TCS3200. Sedangkan output dari alat ini berupa motor dc, 2 motor servo mg996 yang berperan sebagai eksekutor pemilah dan tampilan LCD 16x2. Seluruh komponen pada alat ini diatur oleh Arduino Mega 2560.

Garis putus-putus menunjukkan bahwa bagian tersebut merupakan inti pada penelitian ini. Detail proses penyortiran buah apel yang akan dideteksi oleh sensor *load cell* dan Sensor warna TCS3200. Kedua sensor tersebut akan mengirimkan data yang diperoleh untuk kemudian diolah/diproses Arduino Mega 2560 agar dapat mengatur pergerakan dari motor DC dan 2 motor servo MG996 berdasarkan *rule-rule fuzzy logic*.

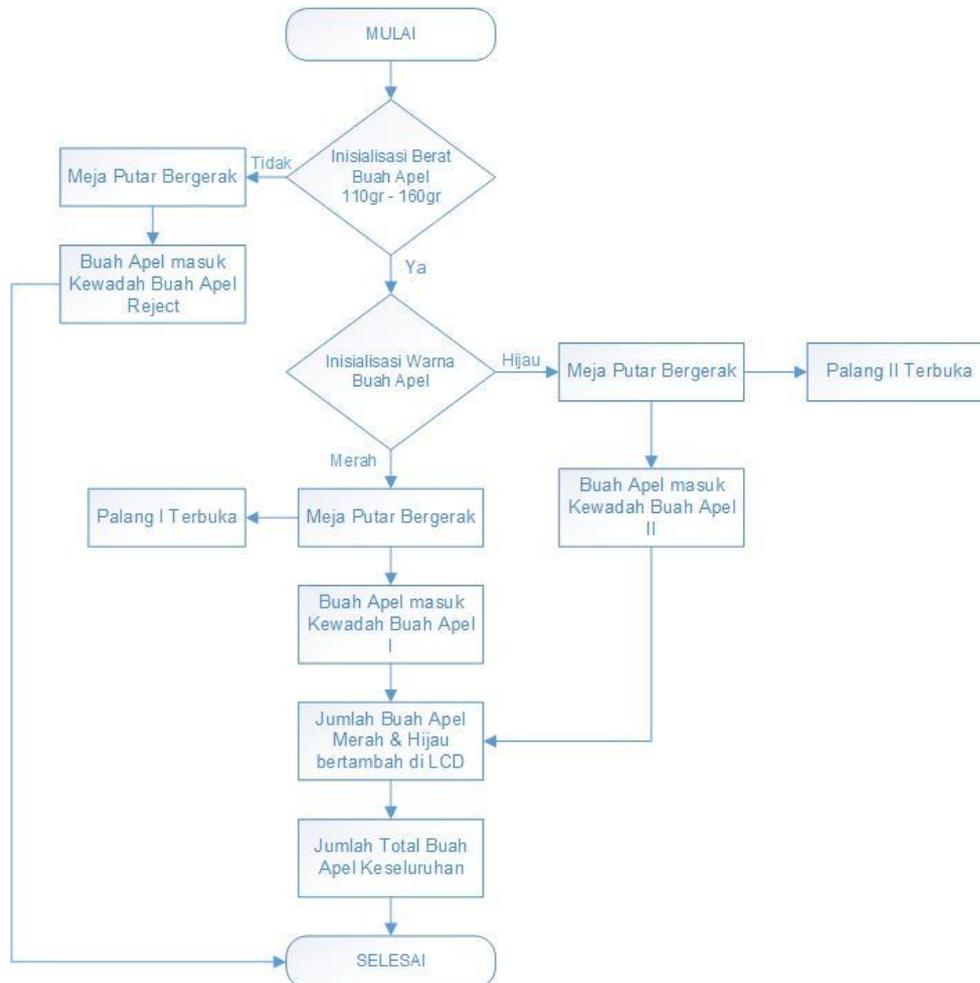


Gambar 3. Diagram Blok Alat Penghitung Jumlah Buah Apel

2. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pengimplementasian *fuzzy logic* pada alat sortir otomatis digunakan untuk mengatur proses penyortiran agar buah apel dapat dibagi berdasarkan kriteria yang telah dibuat pada *rules*. Data-data yang didapat akan diolah sebagai inputan agar dapat mengetahui output yang dihasilkan berdasarkan *rules* yang telah dibuat. Untuk dapat lebih mudah dipahami dalam proses penyortiran otomatis, maka diperlukannya diagram alir (*flowchart*) sebagai perencanaan dari perangkat lunak seperti pada Gambar 2.

Algoritma yang digunakan merupakan algoritma *If-Then*. Seperti yang dapat dilihat pada *flowchart* di Gambar 4, dimana penyortiran dibagi menjadi 3 proses dengan inputan utama berupa berat dan warna. Jika berat sama dengan atau lebih besar dari 110 gram sampai 160 gram, maka buah apel akan dikirim ke cabang 1 atau cabang 2. Jika warna buah apel yang memiliki berat sama dengan atau lebih besar dari 110 gram sampai 160 gram berwarna merah maka akan dikirim cabang 1. Apabila buah apel yang masuk kedalam kriteria berat berwarna hijau maka akan dikirim ke cabang 2. Sedangkan buah apel yang tidak memenuhi kriteria berat minimum ataupun maksimum yang telah ditentukan, maka akan dikirim ke cabang 3 (cabang *reject*), meskipun buah apel tersebut berwarna merah ataupun hijau.

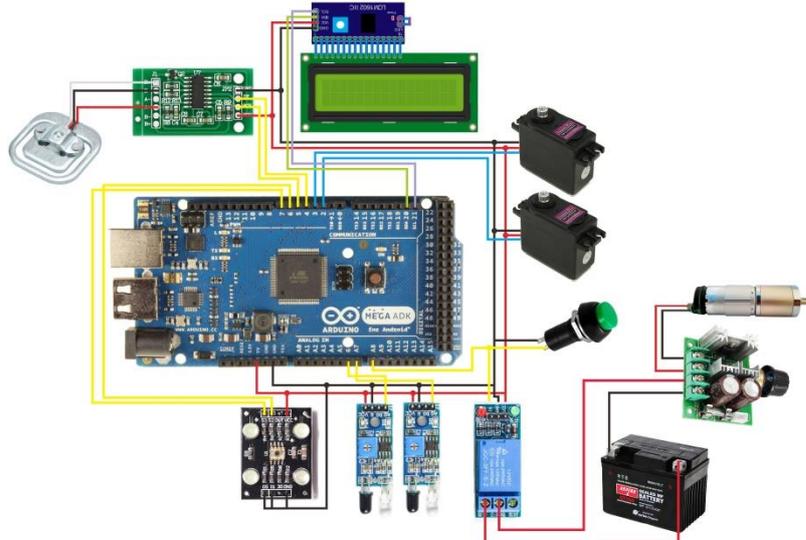


Gambar 4. Flowchart Proses Penyortiran

3. Perancangan Elektronik

Pada Gambar 5 merupakan desain elektronik dari alat sortir buah apel otomatis. Desain ini terdiri dari 1 buah accu, 1 buah Arduino Mega 2560, 1 buah *stepdown*, 1 buah *relay* 1 channel, 1 buah *push button*, 1 buah *driver* motor PWM control, 1 buah motor dc *high torque*, 1 buah sensor *load cell*, 1 buah penguat HX711, 1 buah sensor warna tcs3200, 2 buah sensor *infrared*, 2 buah motor servo *high torque* MG996, 1 buah LCD 16x2 dan 1 buah I2C.

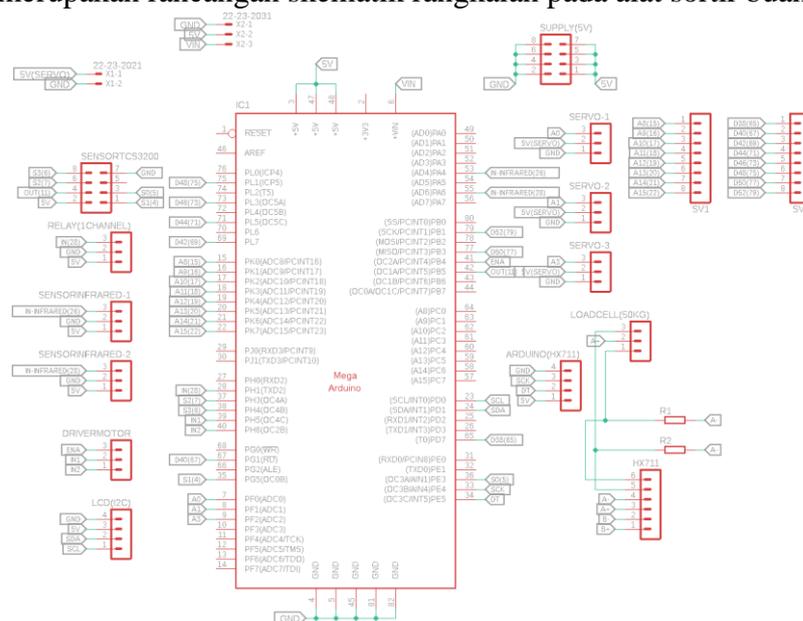
Fungsi dari masing-masing komponen yaitu, accu 12V DC yang digunakan sebagai *supply* utama dari alat sortir ini. Arduino Mega 2560 digunakan sebagai mikrokontroler yang akan memproses setiap data. *Stepdown* digunakan sebagai penurun tegangan dari 12 V DC menjadi 5V DC yang akan di *supply* ke Arduino serta komponen yang hanya menggunakan tegangan 5V DC. *Relay* digunakan sebagai proteksi motor DC apabila terjadi trouble. Motor DC *high torque* digunakan sebagai penggerak *roller* pada *conveyor* dengan kecepatan yang diatur dengan menggunakan *driver* motor PWM control. Sensor *load cell* digunakan sebagai sensor berat yang datanya akan digunakan sebagai input utama. Penguat HX711 digunakan sebagai amplifier/penguat hasil pembacaan sensor *load cell*. Sensor warna TCS3200 digunakan untuk mendeteksi warna dari buah apel, sensor warna TCS3200 juga merupakan input utama. Sensor *infrared* digunakan sebagai penghitung buah apel yang telah disortir. motor servo *high torque* MG996 digunakan sebagai eksekutor palang cabang. Sedangkan LCD digunakan sebagai penampil dari total buah apel yang telah disortir berdasarkan berat dan warna.



Gambar 5. Desain Elektronik Alat Sortir Buah Apel Otomatis

4. Skematik Rangkaian

Gambar 6 merupakan rancangan skematik rangkaian pada alat sortir buah apel otomatis.



Gambar 6. Skematik Rangkaian Alat Sortir Buah Apel Otomatis

Rangkaian keseluruhan dari alat sortir buah apel yang dilengkapi dengan Arduino Mega 2560, sensor *load cell*, penguat HX711, sensor warna TCS3200, 2 buah sensor *infrared*, motor servo *high torque 360 degree*, 2 buah motor servo MG996 dan tampilan LCD 16x2.

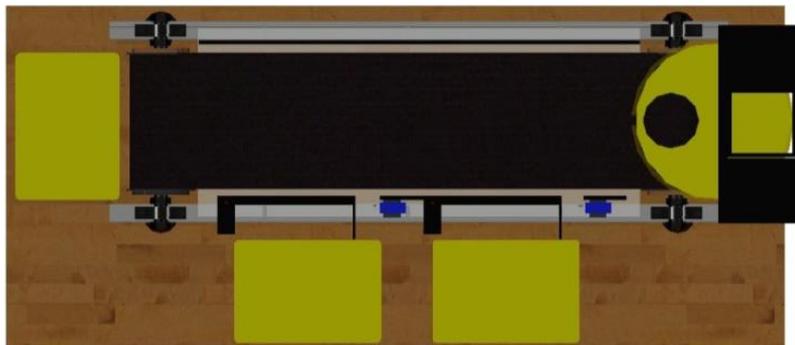
Pada gambar, sensor *load cell* terhubung dengan pin A+, A-, B+, B- HX711, VCC tersambung dengan 5V Arduino. Pada HX711 pin DT terhubung dengan digital pin 3 (PWM), pin SCK terhubung dengan digital pin 2 (PWM). Pada sensor warna TCS3200, S0 terhubung dengan digital pin 5 (PWM), S1 terhubung dengan digital pin 4 (PWM), S2 terhubung dengan digital pin 6 (PWM) dan S3 terhubung dengan digital pin 7 (PWM). Pin data pada sensor *infrared* 1 terhubung dengan digital pin 26, sedangkan pin data pada sensor *infrared* 2 terhubung dengan digital pin 28. Pin data pada servo 1 (MG996) terhubung dengan analog pin A0. Pin data pada servo 2 (MG996) terhubung dengan analog pin A1. Pin data pada servo 3 (360 degree) terhubung dengan analog pin A2. Pin data LCD (I2C) memiliki pin SDA dan

SCL, dimana pin SDA terhubung dengan digital pin 20 (SDA), pin SCL terhubung dengan digital pin 21 (SCL). Pin data pada *relay* terhubung dengan digital pin 17. Sedangkan untuk tegangan yang dialirkan pada setiap komponen adalah 5v, kecuali motor servo yang dialiri 12v.

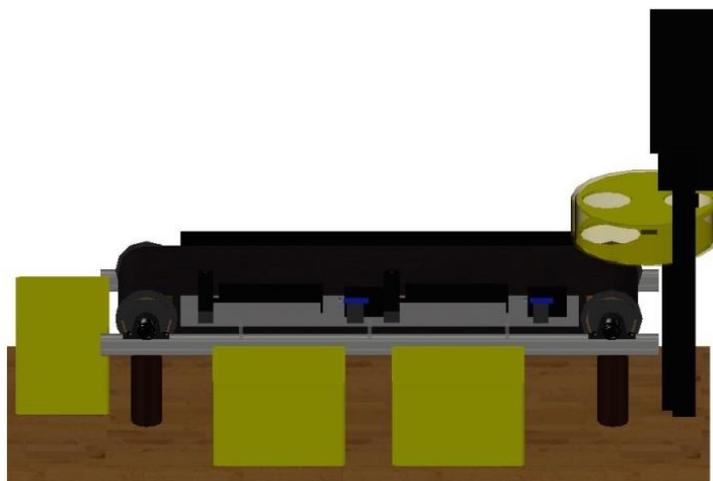
5. Perancangan Mekanik

Gambar 7 merupakan desain dari alat sortir buah apel otomatis yang di desain dengan menggunakan software design. Alat ini memiliki ukuran sebagai berikut: panjang 1 meter, lebar 50cm dan tinggi 70cm. Bagian atas pada alat ini terdapat corong apel yang digunakan sebagai tempat penampungan awal buah apel sebelum disortir. Corong apel ini terbuat dari bahan akrilik.

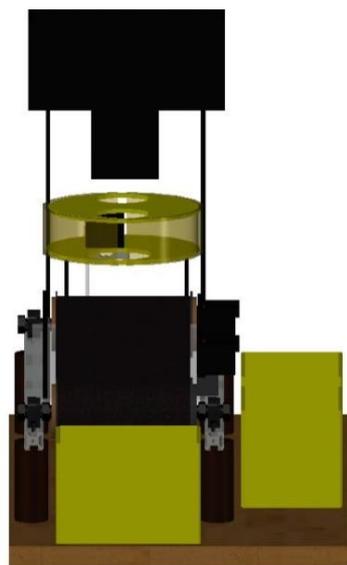
Pada Gambar 57 (e) merupakan meja putar yang terdapat dibawah corong apel. Meja putar sendiri bertujuan untuk mengatur jarak agar buah apel yang jatuh ke *conveyor* sehingga tidak menumpuk. Meja putar ini terbuat dari akrilik dan berdiameter 28cm yang terdapat 3 lingkaran. Lingkaran 1 berdiameter 11cm dan 2 lobang lainnya berdiameter 9cm. Pada meja putar terdapat motor servo *high torque 360 degree*, sensor load cell dan sensor warna TCS3200. Pada bagian badan *conveyor* terdapat motor DC *high torque* sebagai penggerak *roller conveyor*, 2 buah motor servo MG996 sebagai penggerak palang cabang 1 dan palang cabang 2, serta 2 buah sensor infrared sebagai penghitung buah apel yang telah disortir, dapat dilihat pada gambar 7 (e). Sedangkan pada bagian alas menggunakan kayu yang di atasnya terdapat *conveyor*, Aki, kotak wiring komponen yang berisi *switch on/off*, UBEC, Arduino Mega 2560, 3 buah wadah apel dan kotak LCD yang berisi LCD 16X2, I2C, *stepdown*, *relay* dan *push button* yang berfungsi sebagai tombol *emergency*.



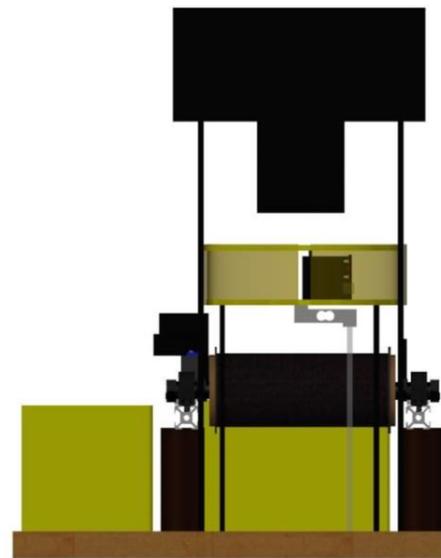
Gambar 7. (a)



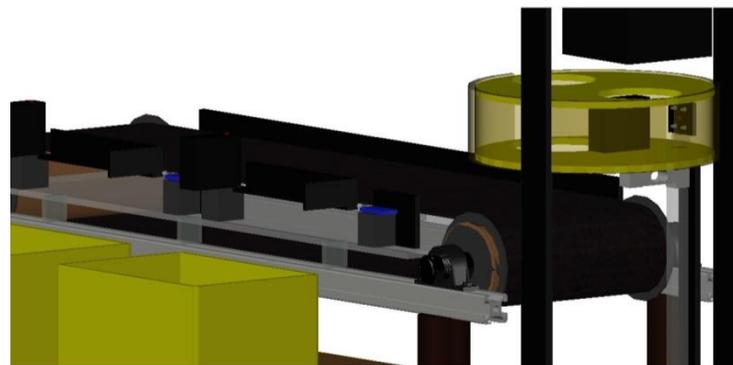
Gambar 7. (a)



Gambar 7. (c)



Gambar 7. (d)



Gambar 7. (e)

Keterangan Gambar 7 Desain Alat:

- a. Desain Alat Sortir Buah Apel Tampak Atas
- b. Desain Alat Sortir Buah Apel Tampak Samping
- c. Desain Alat Sortir Buah Apel Tampak Depan
- d. Desain Alat Sortir Buah Apel Tampak Belakang
- e. Desain Meja Putar Dan Badan *Conveyor* Alat Sortir Buah Apel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 8 merupakan Alat Sortir Buah Apel Otomatis. Bagian utama pada alat sortir ini adalah conveyor, dimana terdapat sensor-sensor serta motor servo, sedangkan input inti dari alat ini terletak pada sensor load cell dan sensor warna TCS3200. Buah apel akan ditempatkan di tempat apel (corong apel) yang kemudian apel-apel tersebut akan jatuh tepat dilingkaran meja putar satu per satu. Ketika apel berada di meja putar, sensor *load cell* dan sensor warna TCS3200 akan mendeteksi dan mengambil data dari apel yang dideteksi tersebut. Setelah buah apel berada di *belt conveyor* yang sedang bekerja, maka salah satu cabang akan membuka atau bahkan kedua cabang tidak membuka, tergantung dari data yang diambil oleh sensor *load cell* dan sensor warna TCS3200.

Pengujian dilakukan langsung secara real time pada beberapa waktu dengan menggunakan sampel berupa 10 buah apel dimana didapat data input berupa berat (gram) dan nilai RGB dari setiap sampel yang akan menentukan hasil pada output.



Gambar 8. Alat Sortir Buah Apel Otomatis

Tabel 3. Data Hasil Pengujian

Sampel Buah Apel	Data Output				Motor Servo Meja Putar	Output		Keterangan
	Berat	Nilai				Servo Cabang 1	Servo Cabang 2	
		R	G	B				
Apel 1	136	38	51	18	High	Low (Menutup)	High (Membuka)	Berhasil
Apel 2	146,6	62	124	34	High	High (Membuka)	Low (Menutup)	Berhasil
Apel 3	142,6	47	62	22	High	Low (Menutup)	High (Membuka)	Berhasil
Apel 4	155,7	44	57	20	High	High (Membuka)	Low (Menutup)	Berhasil
Apel 5	154,6	41	52	18	High	Low (Menutup)	High (Membuka)	Berhasil
Apel 6	144,7	49	98	26	High	High (Membuka)	Low (Menutup)	Berhasil
Apel 7	149,8	48	83	21	High	High (Membuka)	Low (Menutup)	Gagal
Apel 8	157,3	52	115	29	High	High (Membuka)	Low (Menutup)	Berhasil
Apel 9	172	47	60	21	High	Low (Menutup)	High (Membuka)	Berhasil
Apel 10	149,8	48	107	27	High	High (Membuka)	Low (Menutup)	Berhasil

Pada Tabel 3 didapat hasil dari output dengan keakurasian perancangan dengan hasil pengujian sebesar 90% berhasil. Motor bergerak sesuai perintah yang didapat dari data input. Terdapat 1 kegagalan yaitu pada sampel Apel 7 dimana motor servo cabang 1 yang seharusnya dalam keadaan low (menutup) namun pada pengujian dalam keadaan high (membuka) dan motor servo cabang 2 yang seharusnya dalam keadaan high (membuka)

namun pada pengujian dalam keadaan low (menutup). Hal ini diakibatkan nilai RGB pada sampel apel 7 yang berwarna hijau memiliki nilai green 83 yang berarti melebihi dari nilai set untuk warna hijau yaitu: 49-78 dan termasuk kedalam nilai green untuk warna merah. Error pada nilai RGB yang dideteksi tersebut juga dapat dipengaruhi oleh cahaya ruang serta jarak apel ke sensor. Pada sampel apel 9 yang masuk kedalam cabang reject diakibatkan karena berat apel tersebut lebih besar dari berat maksimum apel yang telah ditentukan yaitu 160 gram. Pergerakan motor yang menjadi output juga sangat baik mengikuti perintah yang telah dibuat berdasarkan data input, sehingga proses sortir berjalan seperti yang diinginkan.

PENUTUP

Sistem sortir otomatis dengan menggunakan sensor warna TCS3200 dan sensor load cell ini mengimplementasikan metode *fuzzy logic* pada proses penyortirannya. Penerapan metode fuzzy logic bertujuan agar buah apel dapat disortir berdasarkan kriteria yang ditulis dalam rules yang telah dibuat dengan algoritma *If-Then*. Diperlukan pengembangan lebih lanjut agar sistem ini dapat diaplikasikan dengan hasil yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Mahatidanar, "Manfaat Buah Apel (*Malus domestica*) untuk Pencegahan Stroke pada Pasien Benefits of Apples (*Malus domestica*) for Stroke Prevention in Patients with," *J. Agromedia Unila*, 2015.
- [2] L. N. Fitiriani, F. Utamingrum, and W. Kurniawan, "Klasifikasi Jenis Buah Apel Lokal Berdasarkan Penciri Warna , Aspectratio," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, 2019.
- [3] J. B. Wendy Aditias Haji, Alexander Tunggul Sutan Rahadi, F. Pertanian, U. Jambi, K. P. Masak, and M. Darat, "TANAMAN APEL DI KOTA BATU - JAWA TIMUR Spasial Analisis For Evaluation Of Apple ' s Land Suitability In Batu City – East Java," *Fak. Pertanian, Univ. Jambi Kampus Pinang Masak, Mendalo Darat, Jambi 36361*, 1999.
- [4] W. Aditias, A. T. S. Haji, and J. B. Rahadi, "Analisis Spasial Untuk Evaluasi Kesesuaian Lahan Tanaman Apel di Kota Btu - Jawa Timur," *Sumberd. Alam dan Lingkungan.*, 2014.
- [5] O. Putra, Andika, Rio and A. Hoetoro, "Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pendapatan usaha mikro kecil dan menengah (UMKM) di kota Batu," *Anal. Fakt. yang mempengaruhi tingkat pendapatan usaha mikro kecil dan menengah di kota Batu*, 2012.
- [6] F. D. Pramanta, L. W. Susilo, and M. R. Fahmi, "Sistem Cerdas Penyortir Apel Berdasarkan Warna dan Ukuran Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Pros. SENTRINOV 2017*, 2017.
- [7] M. F. Amin, S. R. Akbar, and E. R. Widasari, "Rancang Bangun Sistem Sortir Buah Apel Menggunakan Sensor Warna Dan Sensor Suhu," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, 2017.
- [8] A. S. Handayani, N. L. Husni, S. Nurmaini, and I. Yani, "Formation control design for real swarm robot using fuzzy logic," 2017, doi: 10.1109/ICECOS.2017.8167171.
- [9] J. K. Williams, "Introduction to fuzzy logic," in *Artificial Intelligence Methods in the Environmental Sciences*, 2009.
- [10] C. C. Lee, "Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller—Part I," *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, 1990, doi: 10.1109/21.52551.
- [11] C. C. Lee, "Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller, Part II," *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, 1990, doi: 10.1109/21.52552.
- [12] J. Jung, H. Hu, D. Solodukhin, D. Pagan, K. H. Lee, and T. Kim, "Fuzzification: Anti-fuzzing techniques," 2019.
- [13] D. Sinha and E. R. Dougherty, "Fuzzification of set inclusion: Theory and applications," *Fuzzy Sets Syst.*, 1993, doi: 10.1016/0165-0114(93)90299-W.
- [14] T. J. Ross, "Membership Functions, Fuzzification and Defuzzification," 2000.

- [15] W. Van Leekwijck and E. E. Kerre, "Defuzzification: Criteria and classification," *Fuzzy Sets Syst.*, 1999, doi: 10.1016/s0165-0114(97)00337-0.
- [16] H. Hellendoorn and C. Thomas, "Defuzzification in fuzzy controllers," *J. Intell. Fuzzy Syst.*, 1993, doi: 10.3233/IFS-1993-1202.

Biodata Penulis

Rana Angely Syawalia, lahir di Palembang. Sedang menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektronika (DIV), Politeknik Negeri Sriwijaya dengan tahun masuk 2016.

Sabilal Rasyad, S.T., M.Kom adalah dosen aktif di jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya. Riwayat pendidikan beliau dengan Diploma (D3) di Politeknik Negeri Sriwijaya, Sarjana 1 di Universitas Sriwijaya dan Magister di Universitas Bina Darma.

Andika Destra Pratama, S.T., M.T adalah dosen aktif di jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya. Riwayat pendidikan beliau dengan Diploma (D3) di Politeknik Negeri Sriwijaya, Sarjana 1 di Universitas Sriwijaya dan Magister di Universitas Indonesia.