

Rancangan Robot Pelapis Gula pada Kue Menggunakan Bahasa Pemrograman Python pada Lego Mindstorms 51515 Robot Inventor

M. Rafif Syahrudin¹⁾, Yulian Mirza¹⁾, Ali Firdaus¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Komputer, Politeknik Negeri Sriwijaya,

Jalan Srijaya Negara, Palembang, Sumatera Selatan 30139

e-mail: *rafifsyahrudin@gmail.com, yulianmirza@gmail.com, alifirdaus@gmail.com

Abstrak

Pembuatan laporan akhir ini bertujuan untuk membuat dan mengembangkan cara kerja robot Lego Mindstorms 51515 Robot Inventor. Lego Mindstorms Robot Inventor ini dapat dibuat sesuai dengan keinginan user dan dapat dirakit dengan berbagai bentuk sesuai kebutuhan. Robot ini dapat melapisi gula pada kue kering dengan 3 pola yang berbeda menggunakan sensor warna sebagai deteksi indikator warna pada masing-masing pola. Penulis menyarankan agar dalam pembuatan alat ini adanya pengembangan lebih lanjut dalam menambahkan jumlah pola agar pola yang dapat dibentuk lebih beragam dan kapasitas gula pelapis yang diperbesar sehingga durabilitas gula pelapis menjadi banyak.

Kata kunci— Robot, Lego, Mindstorms, 51515, Sensor Warna, Motor Medium, Pelapis Gula

Abstract

This final creation aims to create and develop the workings of Lego Mindstorms 51515 Robot Inventor. Lego Mindstorms Robot Inventor can be created according to the user's wishes and can be assembled with a variety of forms according to the best. This robot can coat sugar on cookies with 3 different patterns using a color sensor as a color indicator detection in each pattern. The author suggests that in the manufacture of this tool there is further development in adding the number of patterns so that the patterns that can be formed are more diverse and the capacity of the coating sugar is enlarged so that the durability of the coating sugar becomes much more.

Keywords— Robot, Lego, Mindstorms, 51515, Colour Sensor, Medium Motor, Icing Sugar

1. PENDAHULUAN

Pada perkembangan teknologi di dunia yang kian berkembang berdampak pada kemajuan di berbagai bidang tak terkecuali perkembangan di dalam dunia robotika dan industri. Dengan teknologi yang terus maju mendorong manusia untuk meningkatkan produktivitas khususnya para pelaku industri mulai mengganti sistem manual ke sistem otomasi.

Dunia industri erat kaitanya dengan dunia robotika, hampir setiap industri menggunakan aplikasi robotik dalam menjalankan aktifitas produksinya. Diantara jenis robot yang banyak digunakan dalam produktivitas industri adalah robot kartesian. Robot kartesian di dalam perancangannya memiliki struktur yang terdiri dari tiga sumbu linier (prismatic). Masing-masing sumbu dapat bergerak ke area sumbu X-Y-Z sehingga memungkinkan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Modernisasi dalam bidang makanan khususnya kue kering belum banyak dilakukan. Pembuatan kue kering saat melapisi gula pada kue dengan pola tertentu, pelaku usaha kue

kering sangat mungkin melakukan kesalahan ataupun kurang rapinya lapisan gula yang dibentuk sehingga kue kurang layak didistribusikan kepada pembeli.

Sistem Robot dapat digunakan untuk membuat pola lapisan gula pada kue kering. Robot tersebut dapat membuat bentuk atau pola pada lapisan kue dengan bentuk yang serupa, maka daripada itu lapisan kue terlihat baik sehingga dapat didistribusikan dengan layak.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lego Mindstorms 51515 Robot Inventor

Lego Mindstorms 51515 Robot Inventor adalah kit yang dirancang untuk menjadi robot baru di lini produk Mindstorms, terdapat banyak fitur yang serupa dengan versi Spike Prime. Pertama, Hub-nya sama, dengan Hub yang dapat diisi ulang. Hub bekerja dengan aplikasi untuk memungkinkan pemrograman dan pembuatan dengan menggunakan bluetooth. Perbedaan hub terdapat pada warnanya saja, Robot mindstorms inventor mempunyai warna teal dan Spike Prime berwarna kuning.

2.2 Lego Large Hub

Large Hub adalah unit kontrol yang dapat diprogram pada Robot Inventor. Large Hub merupakan tempat dipasangnya motor dan sensor Lego Mindstorms 51515 Robot Inventor. Large Hub memiliki antarmuka cahaya dan tombol yang intuitif dan dapat bekerja secara mandiri atau dalam mode streaming.

2.3 Lego Technic Motor Medium

Motor pada Lego Mindstorms 51515 mencakup motor medium yang berfungsi untuk menggerakkan bagian robot seperti memutar roda atau menjadi sendi. Satu Large Hub bisa dipasang hingga empat buah motor. Motor pada 51515 Mindstorms tidak menggunakan motor DC biasa. Motor DC memiliki keterbatasan dalam hal kemampuan torsi putar, karena motor DC tidak mempunyai umpan balik untuk mengadaptasi beban pada motor DC.

2.3.1 Karakteristik Lego Technic Motor Medium

Lego technic motor medium dapat dioperasikan dengan supply tegangan pada Vdd berkisar antara 5 Volt s.d 9 Volt, dalam pengoperasiannya, motor dapat dilihat:

1. Dengan output tegangan minimum: Torsi: 0 Ncm, Kecepatan: 185 RPM +/- 15%
Konsumsi Arus: 110mA +/- 15%
2. Dengan output tegangan maksimum : Torsi: 3.5 Ncm, Kecepatan: 135 RPM +/- 15%
Konsumsi Arus: 110mA +/- 15%

Motor medium juga termasuk built-in Rotasi Sensor dengan resolusi satu derajat, tetapi lebih kecil dan lebih ringan. Itu berarti ia mampu merespon lebih cepat. Motor Medium dapat diprogram untuk mengaktifkan atau menonaktifkan, mengendalikan tingkat daya, atau untuk menjalankan untuk jumlah waktu tertentu atau rotasi.

2.3.2 Prinsip Kerja Lego Technic Motor Medium

Pada robot Lego technic motor medium yang dipakai adalah motor DC servo. Motor servo DC terdiri dari sebuah motor DC, rangkaian penggerak (driver) dan encoder. Besar sudut pergerakan poros motor servo diatur oleh encoder berdasarkan jumlah pulsa yang dikirim (feedback) ke rangkaian penggerak (driver) motor servo. Pembangkit pulsa berfungsi sebagai pemberi pulsa yang akan diberikan ke rangkaian penggerak motor servo. Pulsa yang masuk ke rangkaian penggerak motor servo akan diolah untuk menggerakkan motor DC dengan besar sudut tertentu, pergerakan poros motor DC akan dimonitor oleh rotary encoder dan diinformasikan kembali ke rangkaian penggerak motor servo. Informasi umpan balik yang diterima oleh rangkaian penggerak motor servo diolah untuk kembali menggerakkan motor DC.

2.4 Lego Technic Color Sensor (Sensor Warna)

Lego Technic Color Sensor (Sensor Warna) adalah sensor digital yang dapat mendeteksi warna atau intensitas cahaya. Sensor warna 51515 mampu mendeteksi objek dengan delapan macam warna dan objek yang tidak berwarna. Hal ini dapat membedakan antara warna atau hitam-putih atau antara biru, hijau, kuning, merah, putih, hitam, ungu kemerahan cerah, dan biru sedang.

2.4.1 Prinsip Kerja Lego Technic Color Sensor (Sensor Warna)

Rangkaian sensor warna menggunakan photodiode yang dipasangkan masing-masing dengan LED berwarna, prinsip kerjanya yaitu setiap LED akan memancarkan cahaya dimana cahaya tersebut akan dipantulkan oleh objek atau benda di depannya, besarnya intensitas cahaya setiap warna LED yang dipantulkan oleh objek tersebut akan berbeda-beda tergantung dengan warna objek tersebut.

Bila objek berwarna merah maka intensitas cahaya LED merah yang akan paling banyak dipantulkan dibandingkan intensitas cahaya LED hijau ataupun biru, sehingga photodiode yang berdekatan dengan LED merah akan mendapat intensitas cahaya paling terang menyebabkan resistansi photodiode berkurang sehingga drop tegangan di photodiode di LED merah paling kecil, sebaliknya bila objek berwarna hijau maka intensitas cahaya LED hijau yang akan paling banyak dipantulkan dibandingkan intensitas cahaya LED merah atau biru, sehingga photodiode yang berdekatan dengan LED hijau akan mendapat intensitas cahaya paling terang menyebabkan resistansi photodiode berkurang sehingga drop tegangan di photodiode LED hijau akan paling kecil, begitupun warna-warna lainnya. Dengan mengetahui perbandingan drop tegangan pada masing-masing photodiode maka dapat ditentukan warna objek yang didekatkan di depan sensor.

2.5 Lego Technic Distance Sensor (Sensor Jarak)

Sensor jarak adalah sensor digital yang dapat mendeteksi jarak suatu objek atau permukaan dengan menggunakan teknologi ultrasonik. Dengan terdapat tambahan cahaya lampu yang berada di sekitar “mata” sensor, yang terbagi atas empat bagian yang dapat diaktifkan secara terpisah. Bagian belakang sensor dapat dilepas dan digunakan sebagai “break-out” untuk mengakses ke platform LPF2.

2.5.1 Prinsip Kerja Lego Technic Distance Sensor (Sensor Jarak)

Frekuensi kerja Lego Technic Distance Sensor merupakan prinsip kerja dari sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik pada daerah diatas gelombang suara dari 40kHz - 400kHz. Sensor ultrasonik terdiri dari dua unit, yaitu unit pemancar dan unit penerima. Struktur unit pemancar dan penerima sangatlah sederhana, sebuah kristal piezoelektrik dihubungkan dengan mekanik jangkar dan hanya dihubungkan dengan diafragma penggetar.

Tegangan bolak-balik yang memiliki frekuensi kerja 40kHz – 400kHz diberikan pada plat logam. Struktur atom dari kristal piezoelektrik akan berkontraksi (mengikat), mengembang atau menyusut terhadap polaritas tegangan yang diberikan dan ini disebut dengan efek piezoelektrik. Kontraksi yang terjadi diteruskan ke diafragma penggetar sehingga terjadi gelombang ultrasonik yang dipancarkan ke udara (tempat sekitarnya). Pantulan gelombang ultrasonik akan terjadi bila ada objek tertentu dan pantulan gelombang ultrasonik akan diterima kembali oleh unit sensor penerima.

Selanjutnya unit sensor penerima akan menyebabkan diafragma penggetar akan bergetar dan efek piezoelektrik menghasilkan sebuah tegangan bolak-balik dengan frekuensi yang sama. Besar amplitudo sinyal elektrik yang dihasilkan unit sensor penerima tergantung dari jarak objek yang dideteksi serta kualitas dari unit sensor pemancar dan unit sensor penerima.

2.6 Komponen Tambahan

Selain komponen utama, ada juga komponen tambahan untuk membuat robot lego mindstorms 51515. Komponen-komponen yang terdapat di robot lego mindstorms 51515

merupakan komponen yang ada di paket penjualan lego Mindstorms 51515 Robot Inventor.

2.7 Mindstorms Robot Inventor App

Software ini digunakan untuk membuat program untuk robot lego mindstorms 51515, dan terdapat dua cara yang dapat dilakukan yaitu menggunakan *word blocks* atau menggunakan python. Saat memilih metode *word blocks* maka saat membuat program akan menggunakan teknik *drag-and-drop*, dan untuk python maka saat membuat program akan menggunakan bahasa pemrograman python.

2.8 Bahasa Pemrograman Python

Python adalah bahasa pemrograman interpretatif multiguna. Tidak seperti bahasa lain yang susah untuk dibaca dan dipahami, Python lebih menekankan pada keterbacaan kode agar lebih mudah untuk memahami sintaks. Dengan kode yang simpel dan mudah diimplementasikan, seorang programmer dapat lebih mengutamakan pengembangan aplikasi yang dibuat, bukan malah sibuk mencari syntax error.

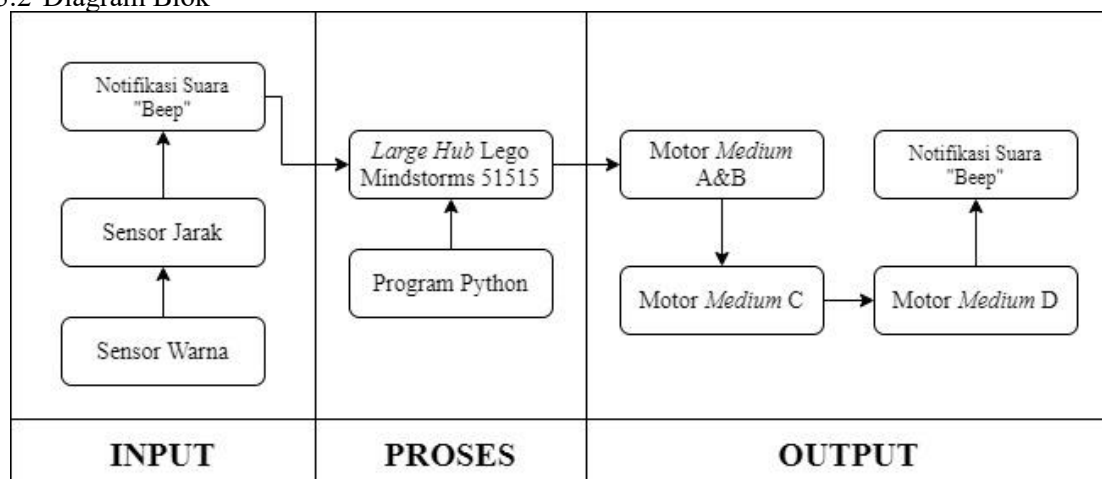
Python dikembangkan oleh Guido van Rossum pada tahun 1990 di CWI, Amsterdam sebagai kelanjutan dari bahasa pemrograman ABC. Sampai saat ini Python masih dikembangkan oleh Python Software Foundation. Bahasa Python mendukung hampir semua sistem operasi, bahkan untuk sistem operasi Linux.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Spesifikasi Hardware dan Software

Spesifikasi *hardware* yang digunakan pada rancangan sistem ini adalah laptop lenovo dengan sistem operasi *windows 10 Pro* 64-bit, AMD Ryzen 5 2500u CPU, Memori 8 GB RAM dan mouse sebagai perangkat pendukung laptop dan spesifikasi *software* yang digunakan pada rancangan sistem ini adalah *windows 10* sebagai system operasi dan lego mindstorms 51515 *Inventor* sebagai aplikasi program.

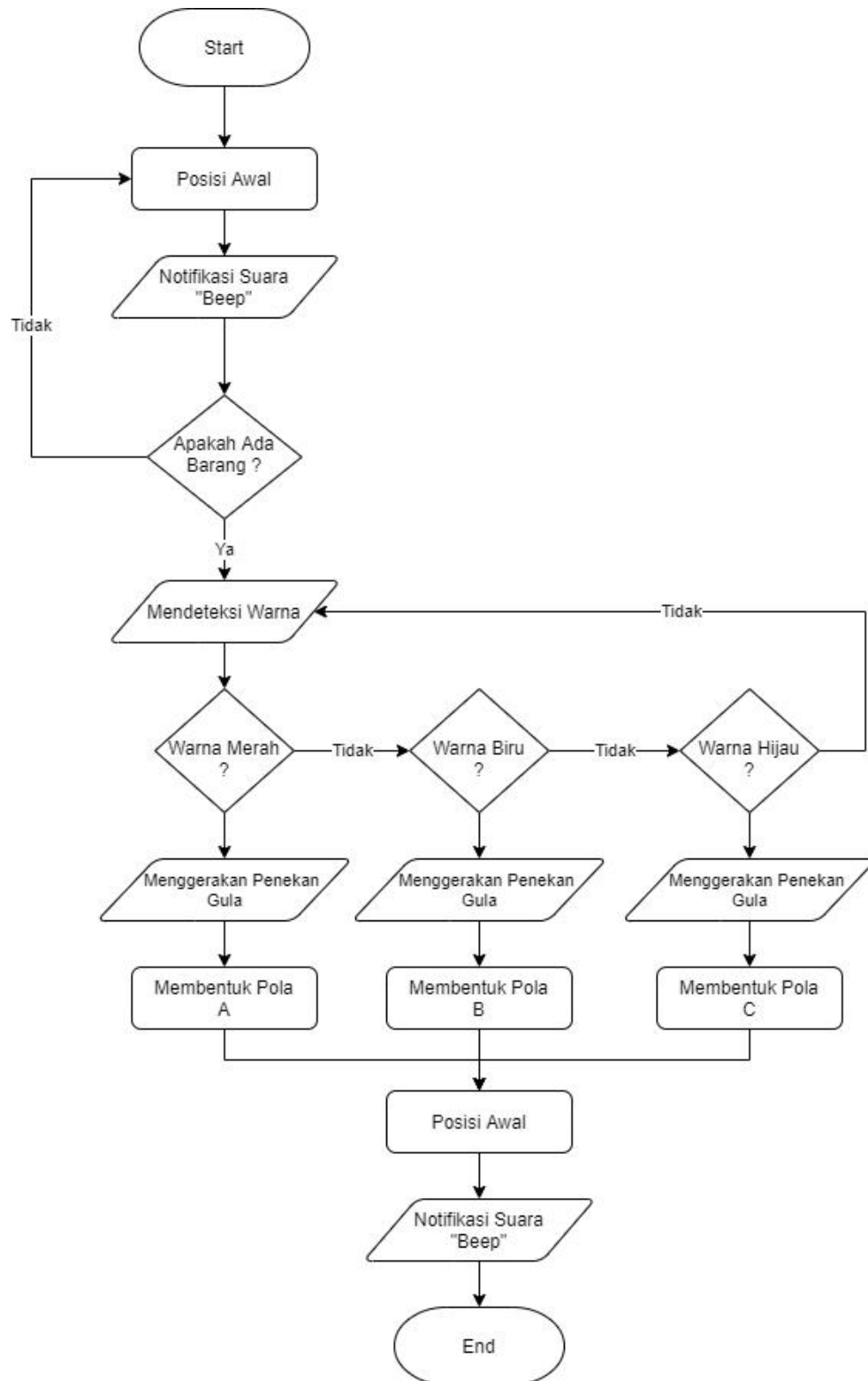
3.2 Diagram Blok



Gambar 3.1 Blok Diagram

3.3 Flowchart

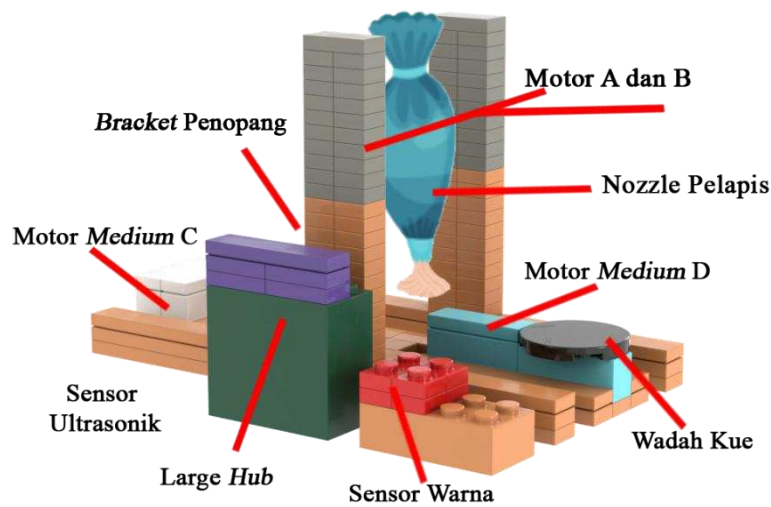
Flowchart sistem merupakan urutan prosedur dan proses keseluruhan sistem. Bagan ini dibuat dengan tujuan untuk mempermudah dalam memahami arah dari jalannya program yang akan diimplementasikan pada robot pelapis gula pada kue kering.



Gambar 3.2 Flowchart

3.2 Sketsa Perancangan Robot

Sketsa perancangan robot ini memiliki dimensi dengan panjang x lebar x tinggi sama dengan 14,2 cm x 32,2 cm x 27,4 cm.

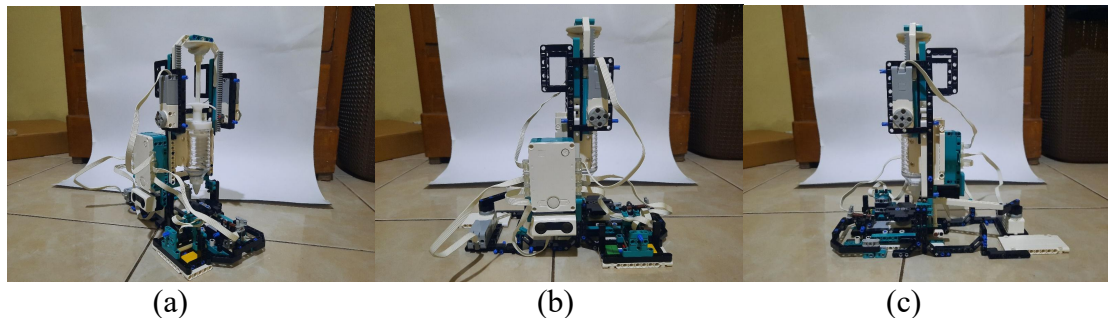


Gambar 3.3 Sketsa Perancangan Robot Pelapis Gula pada Kue

4. HASIL

4.1 Hasil

Hasil dari perancangan dan perakitan robot pelapis gula pada kue dapat dilihat pada Gambar 4.1

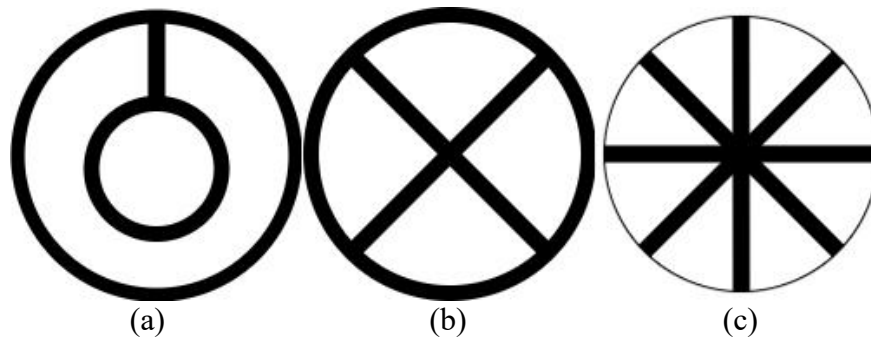


Gambar 4.1 Hasil Perakitan Robot Pelapis Gula Pada Kue (a) Tampilan Depan, (b) Tampilan Kanan, (c) Tampilan Kiri

Tujuan dari perancangan dan pembangunan robot ini adalah untuk dapat melapisi gula pada kue. Maka objek pengujiannya ialah kue, maka kue yang dipakai adalah sebagai berikut.



Gambar 4.2 Kue Kering yang akan Dilapisi Gula



Gambar 4.3 (a) Pola Lapisan Gula A, (b) Pola Lapisan Gula B, (c) Pola Lapisan Gula C

4.2 Pengujian

Tahap pengujian robot adalah suatu tahapan yang dimana paling penting dalam pembuatan robot. Dikarenakan pada tahap ini akan menentukan bekerja atau tidak robot yang telah dibangun sesuai dengan sistem kerja robot. Sehingga pada saat pengujian robot dapat diketahui kelebihan dan kelemahan dari robot yang dibuat.

4.2.1 Pengujian Pergerakan Robot

1. Pergerakan *Nozzle* Pelapis Gula

Pada Tabel 4.1. pengujian pergerakan *nozzle* pelapis gula pada kue dilakukan dengan menjalankan pergerakan motor dan tegangan motor, dapat disimpulkan bahwa setelah diuji, tegangan 5V lah yang bisa mengeluarkan pelapis gula pada kue.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Pergerakan *Nozzle* Pelapis Gula

Pergerakan <i>Nozzle</i> (Motor <i>Medium</i> A dan B)	Tegangan Motor	Indikator	Keterangan
10°	5V	Motor <i>medium</i> A dan B mengeluarkan pelapis gula yang ada didalam <i>nozzle</i> pelapis gula.	Tidak Sesuai
20°	5V		Tidak Sesuai
30°	5V		Tidak Sesuai
10°	9V		Sesuai
20°	9V		Sesuai
30°	9V		Sesuai

2. Penggerak Vertikal Wadah Kue

Pada Tabel 4.2. *motor medium C* menggerakkan wadah kue secara vertikal, beberapa gerakan yang telah diuji dalam tabel menunjukkan bahwa pergerakan sesuai dengan program yang telah ditentukan hal ini dapat dilihat dari koordinat awal dan koordinat akhir pergerakan *motor medium C* yang dijalankan secara vertikal.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Penggerak Vertikal Wadah Kue

Motor <i>Medium C</i>	Koordinat Awal	Koordinat Akhir	Indikator	Keterangan
55° ke 110°	(25 , 0)	(25 , 12)	Motor <i>Medium C</i> menggerakkan wadah kue secara vertikal.	Sesuai
55° ke 165°	(25 , 0)	(25 , 24)		Sesuai
55° ke 210°	(25 , 0)	(25 , 36)		Sesuai
55° ke 275°	(25 , 0)	(25 , 48)		Sesuai

3. Penggerak Rotasi Wadah Kue

Pada Tabel 4.3. Motor *Medium D* diuji merotasi wadah kue dengan beberapa putaran, setelah diuji, putaran yang ditentukan oleh program sesuai dengan pengujian yang dijalankan

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Penggerak Rotasi Wadah Kue

Motor <i>Medium</i> D	Putaran	Indikator	Keterangan
0° ke 360°	1 Putaran	Motor <i>Medium</i> D dapat merotasi wadah kue	Sesuai
0° ke 720°	2 Putaran		Sesuai
0° ke 1080°	3 Putaran		Sesuai

4.2.2 Pengujian Sensitivitas Sensor

Pada tabel 4.4, pengujian sensitivitas sensor pada robot pelapis gula pada kue dilakukan melalui pengujian pergerakan robot, dimana robot akan berjalan jika ada benda di sensor ultrasonik dan pada sensor warna akan mendeteksi indikator warna yang telah ditentukan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon dari sensor-sensor yang digunakan pada robot telah sesuai dengan yang diharapkan.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sensitivitas Sensor

No.	Kasus Uji	Indikator	Keterangan
1.	Sensor Ultrasonik	Jika robot pelapis gula dalam posisi awal, lalu sensor ultrasonik mendeteksi barang, maka robot akan menjalankan program sesuai pola yang sebelumnya ditentukan oleh sensor warna	Sesuai
2.	Sensor Warna	Sensor warna memulai inisialisasi untuk mendeteksi warna. Barang berwarna yang di deteksi oleh sensor warna berjarak 1cm antara pancaran sinar sensor warna terhadap barang berwarna.	Sesuai

4.2.3 Pengujian Bangun Dasar Sederhana

Pengujian bangun dasar ini bertujuan untuk mengetahui apakah robot pelapis gula ini dapat membentuk bangun dasar sederhana. Berikut hasil uji bangun dasar sederhana:

1. Pengujian Pola Lingkaran

Pada Tabel 4.5. pola lingkaran yang telah diprogram kedalam robot sesuai dengan pengujian yang telah dicoba, koordinat awal dan akhir nya sesuai dengan dan juga bentuk lingkaran bisa dibuat oleh robot.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Pola Lingkaran

Diameter	Koordinat Awal	Koordinat Akhir	Diameter Pola	Keterangan
dv	(2 , 25)	(48 , 25)	5 cm	sesuai
dh	(24 , 3)	(24 , 49)	5 cm	sesuai

2. Pengujian Garis Lurus

Pada Tabel 4.6. pola garis lurus yang telah diprogram kedalam robot sesuai dengan pengujian yang telah dicoba, koordinat awal dan akhir nya sesuai dengan dan juga bentuk garis lurus bisa dibuat, baik secara vertikal maupun horizontal

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Garis Lurus

Garis Lurus	Koordinat Awal	Koordinat Akhir	Keterangan
Vertikal	(25 , 3)	(25 , 48)	sesuai
Horizontal	(2 , 25)	(48 , 25)	sesuai

4.2.4 Pengujian Sistem Kerja Robot

Pada tabel 4.7 sampai dengan 4.9, merupakan hasil pembentukan pola robot pelapis gula pada kue yang telah ditentukan. Bertujuan untuk mengetahui apakah robot pelapis gula pada kue ini berhasil dengan baik. Berhasil atau tidaknya pengujian ditentukan dengan sistem kerja robot yang bergerak membentuk pola yang sesuai berdasarkan indikator warna yang telah ditentukan dan dapat melapisi gula pada kue dengan baik. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali, yang dimana pada setiap percobaan dilakukan dengan metode pengulangan sebanyak tiga kali di setiap pola masing- masing.

Pada tabel 4.7 dilakukan pengujian dengan pembentukan pola lapisan gula A. Dapat dilihat bahwa dari waktu yang telah ditentukan dengan waktu pengujian sesuai.

Tabel 4.7 Tabel Hasil Pengujian 1

Kasus Pengujian	Pengulangan	Waktu yang ditentukan	Waktu Diuji	Keterangan
Pembentukan Pola Lapisan Gula A (Kuning)	1	16 detik	16,21 detik	Sesuai
	2		16,02 detik	Sesuai
	3		16,12 detik	Sesuai

Pada tabel 4.8 dilakukan pengujian dengan pembentukan pola lapisan gula B. Dapat dilihat bahwa dari waktu yang telah ditentukan dengan waktu pengujian sesuai.

Tabel 4.8 Tabel Hasil Pengujian 2

Kasus Pengujian	Pengulangan	Waktu yang ditentukan	Waktu Diuji	Keterangan
Pembentukan Pola Lapisan Gula A (Kuning)	1	33 detik	33,12 detik	Sesuai
	2		33,19 detik	Sesuai
	3		33,04 detik	Sesuai

Pada tabel 4.9 dilakukan pengujian dengan pembentukan pola lapisan gula C. Dapat dilihat bahwa dari waktu yang telah ditentukan dengan waktu pengujian sesuai.

Tabel 4.9 Tabel Hasil Pengujian 3

Kasus Pengujian	Pengulangan	Waktu yang ditentukan	Waktu Diuji	Keterangan
Pembentukan Pola Lapisan Gula A (Kuning)	1	26 detik	26,04 detik	Sesuai
	2		26,11 detik	Sesuai
	3		26,19 detik	Sesuai

Selanjutnya dilakukan pengujian dengan menentukan waktu pada setiap pengujian. Hasil pengujian waktu dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Tabel Hasil Pengujian Waktu

No.	Pengujian Ke-	Waktu Pengujian (Detik)
1.	1	48,35
2.	2	99,25
3.	3	78,34
Rata-Rata Waktu Pengujian		75,04

5. KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari Rancangan Robot Pelapis Gula pada Kue Menggunakan Bahasa Pemrograman Python pada Lego Mindstorms 51515 Robot Inventor, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Robot dapat membuat lapisan gula dengan 3 pola berdasarkan indikator warna yang telah ditentukan.
2. Berdasarkan evaluasi kerja robot yang telah dilakukan, kelayakan robot digunakan untuk industri kue kecil atau UMKM yang bergerak di bidang kuliner terutama kue kering.
3. Hasil pengujian dari sistem kerja keseluruhan sehingga robot pelapis gula pada kue dapat melapisi gula pada kue dengan indikator pola warna yang telah ditentukan adalah 75,04 detik

6. SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut sebagai penyempurnaan Rancangan Robot Pelapis Gula pada Kue Menggunakan Bahasa Pemrograman Python pada Lego Mindstorms 51515 Robot Inventor, antara lain sebagai berikut:

1. Untuk pengujian selanjutnya, disarankan kepada peneliti agar dapat meragamkan pola pada robot pelapis gula pada kue sehingga pola yang bisa dibentuk lebih beragam.
2. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan kepada peneliti agar robot pelapis gula pada kue ini diharapkan mempunyai kapasitas pelapis gula yang lebih besar sehingga durabilitas dalam melapisi gula bisa melebihi daripada kapasitas sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chaudhary, Apoorv; Mhatre, Ankit; Sharma, Anantkumar; Tiwramkar, Amey. *Design and Development of CNC Writing and Drawing Machine*. VIVA-Tech International Journal for Research and Innovation Volume 1, Issue 4(2021).
- [2] Huda, Solichul; Sumardi; Setiyono. Budi. *Perancangan Protipe Penggambar Pola Batik Robot Kartesian 2 DOF Metode Pengurutan Data Koordinat Jarak Euclidean Berbasis Arduino Uno*. TRANSIENT, VOL. 7, No. 2, Juni 2018.
- [3] Journal of Electrical Technology, 105. Maurer, Aaron. 2021. *Smart Robotics with LEGO MINDSTORMS Robot Inventor*. Birmingham: Packt Publishing Ltd.

- [4] Munadi; Syukri, Aulia; Setiawan, Joga Dharma; Ariyanto, Mochammad. *Rancang-Bangun Prototipe Mesin CNC Laser Engraving Dua Sumbu Menggunakan Diode Laser*. Vol 13 No 1 (2018): Jurnal Teknik Mesin Indonesia.
- [5] Petruzella, Frank D. 2001. *Elektronik Industri*. Yogyakarta: ANDI.
- [6] Raut, Mahesh; Shete, Ganesh; Shinde, Vipul; Suryawanshi, Ashok. *Automatic Mini CNC Machine for PCB Drawing using Arduino*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Volume: 06 Issue: 06, June 2019.
- [7] Setiawan, Agam. 2015. *Pengembangan Media Robot Dengan Software GUI untuk Pencapaian Hasil Belajar pada Mata Pelajaran Sensor dan Aktuator pada Kelas XI Program Keahlian Teknik Elektronika Industri SMK Negeri 2 Pengasih*. Jogjakarta: Universitas Negeri Jogjakarta.
- [8] Syam, Rafiuddin. 2013. *Bahan Ajar: Dasar-dasar Teknik Sensor*. Makassar: Universitas Hassanuddin.
- [9] Uthara, Ida Bagus Gede; Rusdinar, Angga; Susanto. Erwin. *Penelitian Perancangan Mesin Cake Dekorator dengan Arduino*. e-Proceeding of Engineering: Vol. 2, No.2 Agustus 2015.
- [10] <<https://antonsmindstorms.com/wpcontent/uploads/2020/11/51515-part-list-v5scaled.jpg>> diakses pada 19 Juni 2021.
- [11] <<https://id.wikipedia.org/wiki/Robot>> diakses pada 19 Juni 2021.
- [12] <<https://www.brothers-brick.com/2020/10/10/the-next-generation-of-lego-robotics-mindstorms-51515-robot-inventor-review/>> diakses pada 19 Juni 2021.
- [13] <<https://www.robot-advance.com/EN/actualite-new-lego-mindstorms-robot-inventor-51515-213.htm>> diakses pada 19 Juni 2021.