

**PERANCANGAN ROBOT BERODA DAN BERLENGAN UNTUK
PROSES PEMANENAN BUAH TOMAT BERBASIS RASPBERRY PI**

(Skripsi)

**Oleh:
Ilham Setia Budi**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2019

ABSTRACT

DESIGN OF WHEELED ROBOT AND ARM ROBOT FOR HARVESTING TOMATOES BASED ON RASPBERRY PI

By

ILHAM SETIA BUDI

At present all aspects supporting activities are required to facilitate human mobility, especially in the process of harvesting tomatoes. Therefore a robot is needed to assist in the process of harvesting tomatoes. This robot uses a camera to find out for ripe tomatoes and DC motors to move towards tomato trees and servo motors to process the ripe tomatoes. The working principle of this robot is that the DC motor will be active and make the robot walk toward the tomato tree if the camera detects and determines the coordinates of the ripe tomatoes then the DC motor will be inactive and the servo motor will be active and work according to the coordinates obtained on the camera. Based on the results of the data obtained this robot is able to work well at 6 Volt voltage and 162 Lux light intensity.

Keywords: robot, DC motor, servo motor, tomato

ABSTRAK

PERANCANGAN ROBOT BERODA DAN BERLENGAN UNTUK PROSES PEMANENAN BUAH TOMAT BERBASIS RASPBERRY PI

Oleh

ILHAM SETIA BUDI

Pada saat ini semua aspek pendukung kegiatan dituntut dapat mempermudah mobilitas manusia khususnya pada proses pemanenan buah tomat. Oleh sebab itu dibutuhkan robot untuk membantu dalam proses pemanenan buah tomat. Robot ini menggunakan kamera untuk mengetahui buah tomat yang matang dan motor DC untuk bergerak menuju pohon tomat serta motor servo untuk proses penggapaian buah tomat yang matang. Prinsip kerja robot ini yaitu motor DC akan aktif dan membuat robot berjalan menuju pohon tomat jika kamera mendeteksi dan menentukan koordinat buah tomat yang matang maka motor DC akan tidak aktif selanjutnya motor servo akan aktif dan bekerja sesuai koordinat yang didapat pada kamera. Berdasarkan data hasil yang didapat robot ini mampu bekerja dengan baik pada tegangan 6 Volt dan intensitas cahaya 162 Lux.

Kata kunci: robot, motor DC, motor servo, tomat

**PERANCANGAN ROBOT BERODA DAN BERLENGAN UNTUK
PROSES PEMANENAN BUAH TOMAT BERBASIS RASPBERRY PI**

Oleh

ILHAM SETIA BUDI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PERANCANGAN ROBOT BERODA DAN BERLENGAN UNTUK PROSES PEMANENAN BUAH TOMAT BERBASIS RASPBERRY PI**

Nama Mahasiswa : **Ilham Setia Budi**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1415031066

Program studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

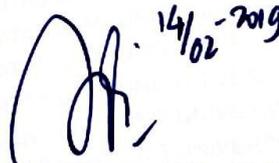


Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T.
NIP 19731004 199803 2 001



Herlinawati, S.T., M.T.
NIP 19710314 199903 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro



14/02-2019

Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.
NIP 19731128 199903 1 005

MENGSESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T.



Sekretaris

: Herlinawati, S.T., M.T.



**Penguji
Bukan Pembimbing**

: Dr. Ir. Sri Ratna S., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 21 Januari 2019

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini penulis menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan penulis tidak terdapat karya ataupun pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan di dalam daftar pustaka. Selain itu penulis menyatakan bahwa skripsi ini dibuat oleh penulis sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 29 Januari 2019



Ilham Setia Budi
NPM: 1415031066

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung pada tanggal 19 September 1995. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Sadeni dan Ibu Sulasih

Mengenai riwayat pendidikan, penulis lulus Sekolah Dasar di SD Muhammadiyah Pringsewu pada tahun 2008. Kemudian penulis lulus Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Pringsewu pada tahun 2011. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 2 Pringsewu pada tahun 2011 dan pada tahun 2014 penulis lulus dan diterima di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung pada tahun 2014 melalui jalur SNMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) Fakultas Teknik sebagai anggota Departemen Pendidikan dan Pengembangan Diri. Pada bulan Juli 2017 penulis melaksanakan kerja praktik di PT. Clariant Indonesia.

PERSEMBAHAN



Dengan Ridho Allah. SWT, Shalawat beriring salam kepada Nabi Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam. Kupersembahkan Karya tulis ini sebagai wujud rasa cinta dan terimakasihku untuk:

Ayah dan Ibuku Tercinta

Sadeni & Sulasih

Kakak-kakak ku tersayang

Sugeng & Supriyadi

Orang-orang yang selalu mendoakan

Keluarga terdekat

Teman-teman tercinta

Rekan-rekan Teknik Elektro 2014

Almamaterku

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung

Bangsa dan Negaraku

Negara Kesatuan Republik Indonesia

Terimakasih untuk segalanya

Motto

Sesungguhnya kesulitan merupakan sebuah seni yang harus dinikmati

Tetesan keringat orang tua harus dibayar tuntas dengan senyum bangga
melihat kesuksesan anaknya

(Ilham Setia Budi)

Allah tidak membebankan seseorang melainkan sesuai dengan batas
kemampuannya.

(Al- Baqarah: 286)

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya kepada penulis, sehingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini. Shalawat serta salam disanjungkan kepada Nabi Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam yang dinantikan syafaatnya dihari akhir kelak.

Skripsi yang berjudul “PERANCANGAN ROBOT BERODA DAN BERLENGAN UNTUK PROSES PEMANENAN BUAH TOMAT BERBASIS RASPBERRY PI” digunakan sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana di jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama penelitian dan perkuliahan penulis banyak mendapatkan pengalaman yang sangat berharga. Penulis juga telah mendapat bantuan baik moril, materil, bimbingan, petunjuk serta saran dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P. sebagai Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
3. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. sebagai Kepala Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

4. Bapak Dr. Herman Halomoan S, S.T., M.T. sebagai Sekertaris Jurusan Teknik Elektro fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Ibu Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Utama. Teriomakasih atas kesedian waktunya untuk membimbing dan memberikan ilmu.
6. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. Sebagai Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing kedua. Terimakasih atas waktu dan bimbinganya selama penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung dan selama mengerjakan tugas akhir ini.
7. Ibu Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T sebagai Dosen Penguji tugas akhir. Terimakasih atas masukan guna membuat tugas akhir ini menjadi lebih baik lagi.
8. Semua Dosen Teknik Elektro, Terimakasih atas bimbingan yang telah diberikan selama menuntut ilmu di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
9. Seluruh civitas Keluarga Besar Teknik Elektro UNILA. Terimakasih telah menjadi bagian penting dalam menempuh ilmu di jurusan Teknik Elektro.
10. Ayah, Ibu, dan kakak serta Keluarga Semuanya, yang tidak lupanya selalu memberikan doa, dukungan moril maupun materil, semangat dan perhatian selama saya menyelesaikan tugas akhir.
11. Zahra Fathya Chaerunisa yang selalu memberikan bantuan dukungan, perhatian, dan semangat selama penulis melakukan tugas akhir.
12. Semua pihak yang tidak dapat sepenuhnya penulis sebutkan satu persatu yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

Semoga kebersamaan ini membawa kebaikan, keberkahan, kemurahan hati, serta bantuan dan doa yang telah diberikan seluruh pihak akan mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT dan semoga kita menjadi manusia yang berguna dan berkembang. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak terlepas dari kesalahan dan jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu masukan serta saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dimasa yang akan datang. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, 29 Januari 2019
Penulis



Ilham Setia Budi
1415031066

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	v
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	4
1.3. Manfaat penelitian	4
1.4. Rumusan Masalah	4
1.5. Batasan Masalah	5
1.6. Hipotesis	5
1.7. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Sejarah Perkembangan Robot.....	6
2.2. Raspberry Pi	10
2.3. Motor DC.....	12
2.4. Motor Servo.....	15
2.5. Robot Lengan	16
2.6. Derajat Kebebasan (<i>degree of freedom</i>)	17
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu, Jadwal dan Tempat Penlitian	19
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.3 Spesifikasi Alar	20
3.4 Spesifikasi Sistem	21
3.5 Metode Penelitian	22
3.5.1. Perancangan Alat dan Sistem	22
1. Diagram Alir Pembuatan Alat	22
2. Desain Alat	23
3. Diagram Alir Sistem	24

4. Diagram Blok Sistem.....	25
3.5.2. Pembuatan Alat.....	26
3.5.3. Pengujian Alat dan Sistem.....	26
1. Pengujian Tiap Komponen.....	26
2. Pengujian Komponen Dengan Program.....	27
3. Pengujian Secara Keseluruhan.....	27
3.5.4. Pembuatan Laporan.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Prinsip Kerja Alat.....	29
4.2 Realisasi Alat.....	30
4.3 Pengujian Alat dan Sistem.....	31
4.3.1 Pengujian Komponen.....	31
4.3.1.1 Pengujian Raspberry Pi.....	31
4.3.1.2 Pengujian Motor Servo.....	33
1. Motor Servo Horizontal.....	36
2. Motor Servo Vertikal.....	37
3. Motor Servo Maju.....	37
4. Motor Servo <i>Gripper</i>	38
4.3.1.3 Pengujian Picamera.....	39
4.3.1.4 Pengujian Motor DC dan Motor <i>Driver</i> L298N.....	40
4.3.2 Pengujian Program Python.....	43
4.4 Data Hasil Pengujian.....	51
4.4.1 Pengujian Berdasarkan Letak Cahaya.....	51
4.4.2 Pengujian Efek Intensitas Cahaya.....	65
4.4.3 Pengujian Efek Tegangan Motor DC.....	70
4.4.4 Pengujian Efek Resolusi Picamera.....	71
4.4.5 Pengujian Batas Maksimum dan Minimum Ketinggian.....	73
4.4.6 Pengujian Jarak Maksimum dan Minimum.....	74
4.4.7 Pengujian Waktu Pemakaian Sumber Tegangan.....	75
4.4.8 Pengujian Pergerakan Motor Servo.....	76
4.5 Pembahasan.....	77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran.....	80

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Gambar 2.1 Logo Raspberry Pi	10
2. Gambar 2.2 <i>Layout</i> Raspberry Pi.....	11
3. Gambar 2.3 Motor DC	12
4. Gambar 2.4 Prinsip Kerja Motor DC.....	14
5. Gambar 2.5 Motor Servo	15
6. Gambar 2.6 Robot Lengan.....	17
7. Gambar 2.7 Derajat Kebebasan Robot Lengan.....	18
8. Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Alat dan Sistem.....	22
9. Gambar 3.2Desain Alat.....	23
10. Gambar 3.3 Diagram Alir Cara Kerja Sistem.....	24
11. Gambar 3.4 Bok Diagram Sistem.....	25
12. Gambar 4.1 Realisasi Alat	30
13. Gambar 4.2 Tampilan Program Python Idle	33
14. Gambar 4.3 Pengujian Motor Servo	34
15. Gambar 4.4 Gelombang Motor Servo.....	34
16. Gambar 4.5 Motor Servo Horizontal	36
17. Gambar 4.6 Motor Servo Vertikal	37
18. Gambar 4.7 Motor Servo Maju	38
19. Gambar 4.8 Motor Servo <i>Gripper</i>	39
20. Gambar 4.9 Pengujian Picamera	40
21. Gambar 4.10 Pengujian Motor DC Pada Robot	41
22. Gambar 4.11 Pengujian Driver Motor L298N.....	41
23. Gambar 4.12 Pengujian Program Motor DC	42
24. Gambar 4.13 Penentuan Resolusi Picamera	43
25. Gambar 4.14 Penentuan Warna HSV	44
26. Gambar 4.15 Tampilan Program Setelah Diunggah.....	45
27. Gambar 4.16 Program Penanda Objek	46
28. Gambar 4.17 Objek Yang Ditandai	46
29. Gambar 4.18 Program Koordinat Objek.....	47
30. Gambar 4.19 Inisialisasi Program Motor Servo	48
31. Gambar 4.20 Persamaan Diprogram.....	48
32. Gambar 4.21 Program Pengatur Pergerakan Motor Servo	49
33. Gambar 4.22 Program Motor DC dan Motor Driver L298N.....	50
34. Gambar 4.24 Program Awalan Motor DC.....	50
35. Gambar 4.25 Program Menonaktifkan Motor DC.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 4.1 Pengujian Motor DC Pada Cahaya Ruang.....	52
Tabel 4.2 Pengujian Motor Servo Horizontal Pada Cahaya Ruang.....	53
Tabel 4.3 Pengujian Motor Servo Vertikal Pada Cahaya Ruang.....	54
Tabel 4.4 Pengujian Motor Servo Maju Pada Cahaya Ruang.....	55
Tabel 4.5 Pengujian Motor DC Pada Cahaya Tambahan dari kanan.....	56
Tabel 4.6 Pengujian Motor Servo Horizontal	57
Tabel 4.7 Pengujian Motor Servo Vertikal	58
Tabel 4.8 Pengujian Motor Servo Maju.....	59
Tabel 4.9 Pengujian Motor DC Pada Cahaya Tambahan Dari Kiri.....	60
Tabel 4.10 Pengujian Motor Servo Horizontal	61
Tabel 4.11 Pengujian Motor Servo Vertikal	62
Tabel 4.12 Pengujian Motor Servo Maju.....	63
Tabel 4.13 Perbandingan Data Berdasarkan Letak Cahaya.....	64
Tabel 4.14 Pengujian Cahaya Gelap (15 Lux).....	65
Tabel 4.15 Pengujian Cahaya Redup (50 Lux)	66
Tabel 4.16 Pengujian Cahaya Sedang (102 Lux).....	67
Tabel 4.17 Pengujian Cahaya Terang (162 Lux)	68
Tabel 4.18 Perbandingan Data Berdasarkan Intensitas Cahaya.....	69
Tabel 4.19 Pengujian Efek Tegangan Motor DC.....	70
Tabel 4.20 Pengujian Efek Resolusi Picamera	72
Tabel 4.21 Pengujian Batas Minimum dan Maksimum Ketinggian	73
Tabel 4.22 Pengujian Jarak Minimum dan Maksimum	74
Tabel 4.23 Pengujian Lama Waktu Pemakaian Baterai.....	75
Tabel 4.24 Pengujian Pergerakan Motor Servo	76

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era modern seperti saat ini semua macam aspek pendukung kegiatan dituntut dapat mempermudah manusia guna mendukung mobilitas manusia khususnya pada bidang pertanian. Di bidang pertanian dapat kita jumpai peralatan yang sudah dapat bekerja secara otomatis dengan sekali menekan tombol ataupun dengan perintah suara dan lain sebagainya. Di dalam lingkungan pekerjaan dimana alat-alat dapat bekerja secara otomatis, manusia berperan sebagai operator yang bertugas mengawasi apabila nantinya terjadi masalah. Pada bidang pertanian peralatan yang digunakan dituntut harus semakin baik dari waktu ke waktu guna meningkatkan kualitas dan kuantitas dari hasil panen tersebut.

Tomat merupakan tanaman buah yang sangat penting bagi manusia. Secara tradisional pemanenan buah tomat dapat dilakukan dengan melihat warna permukaan dan bentuk pada buah tomat. Namun, seiring berjalannya waktu kehidupan manusia tidak terlepas dari teknologi. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan robot lengan sebagai pemetik buah tomat tersebut. Dengan adanya teknologi yang semakin maju dapat memungkinkan petani dapat menggunakan robot pemetik buah sebagai alat bantu saat panen dan

memungkinkan mendapat hasil panen dengan kuantitas yang baik dan efisien waktu serta tenaga manusia itu sendiri.

Pada tahun 2016 penelitian robot pemetik buah telah dilakukan oleh mahasiswa yang berasal dari mahasiswa Universitas Gadjah Mada, yang bernama Ghia Pisti Cikarge dengan judul penelitian yaitu Purwarupa Robot Humanoid Pemetik Buah Stroberi Dengan Kamera. Penelitian ini menjelaskan bagaimana robot yang menyerupai manusia memetik buah stroberi dengan kamera. Kamera yang digunakan adalah kamera Pixy CMUCam5. Pixy CMUCam5 merupakan sensor citra yang menggunakan warna saturasi sebagai sasaran utama pada pendeteksian. Ini berarti bahwa pencahayaan atau *exposure* tidak akan mempengaruhi deteksi sensor pada suatu objek. Sensor ini mampu mendeteksi warna yang beragam dan menemukan benda pada saat yang sama dengan kecepatan 50 *fps*. Robot ini akan bekerja dengan baik apabila tidak ada penghalang di depannya.

Pada tugas akhir ini penulis melakukan penelitian tentang rancang bangun robot pemetik buah tomat dengan menggunakan Raspberry Pi. Perbedaan dari penelitian sebelumnya terletak pada cara kerja robot berjalan menuju pohon, penggunaan kamera dan pada pengendalinya. Pada penelitian sebelumnya robot pemetik buah tersebut berjalan menuju pohon layaknya seperti manusia. Menurut penulis robot tersebut memiliki kelemahan yaitu waktu yang relatif lama jika robot berjalan dengan metode berjalan layaknya manusia. Oleh karena itu penulis akan membuat dengan menggunakan roda yang dikendalikan oleh mikrokontroler atau mikroprosesor. Selanjutnya pada penggunaan kamera dan pengendalinya, menurut

penulis kemampuan pengendali tidak cukup mumpuni untuk pengolahan citra oleh sebab itu pada penelitian sebelumnya menggunakan Pixy CMUCam5 yang memiliki kemampuan sangat baik untuk visual yang mampu mengolah gambar hingga 50 *fps*. Namun memiliki kamera Pixy CMUCam5 memiliki harga yang sangat mahal, oleh karena itu penulis akan membuat dengan Raspberry Pi 3 Model B sebagai pengendalinya. Raspberry jenis ini memiliki prosesor dengan kecepatan sekitar 1,2 GHz dan memiliki RAM sebesar 1 Gb. Raspberry Pi ini dinilai mampu mengolah citra yang ditangkap melalui modul kamera dengan baik.

Objek yang diamati pada tugas akhir ini yaitu robot dapat memetik buah tomat yang sudah matang. Robot ini menggunakan motor DC yang berfungsi untuk menggerakkan robot menuju buah tomat yang sudah matang dan menggunakan motor servo sebagai penggerak engsel robot yang nantinya akan terpasang sebuah *gripper* yang terhubung dengan servo sebagai pemetik atau pencengkram buah. Melalui motor servo serta menggunakan kerangka robot mobil yang sudah terpasang 2 buah motor DC yang berfungsi sebagai penggerak sehingga robot dapat berjalan menuju pohon tomat tersebut yang terbatat buah yang matang atau berwarna merah. Robot ini menggunakan kamera sebagai pengambilan gambar yang kemudian akan di olah sehingga kamera tersebut dapat mengenali mana buah yang matang dan mana buah yang belum matang.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sebuah rancang bangun robot pemetik buah berbasis Raspberry Pi

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat digunakan pada proses pemanenan buah tomat.
2. Dapat mengaplikasikan Raspberry Pi sebagai pengendali robot pemetik buah tomat

1.4 Perumusan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang ada, maka perumusan penelitian ini berfokus pada aspek berikut:

1. Bagaimana proses robot memetik buah tomat?
2. Bagaimana proses berjalan robot menuju pohon yang terdapat buah yang sudah matang?

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Hanya membahas cara kerja dari robot
2. Tidak membahas pengolahan citra pada robot

1.6 Hipotesis

Sistem yang dirancang dapat berjalan dan memetik buah tomat. Dengan memanfaatkan gabungan dari robot beroda dan robot berlengan hal ini dapat memungkinkan robot untuk menjangkau dan memetik buah tomat yang matang.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan penulisan dan pemahaman mengenai materi tugas akhir ini, maka tugas akhir ini dibagi menjadi 5 buah bab, yaitu:

BAB I. PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, tujuan, manfaat, perumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori-teori yang mendukung sistem perancangan robot beroda dan berlengan berbasis Raspberry Pi. Teori-teori tersebut meliputi Raspberry Pi, modul kamera Raspberry Pi, motor DC dan motor servo

BAB III. METODE PENELITIAN

Berisi rancangan sistem, yang meliputi alat dan bahan yang digunakan, langkah-langkah pengerjaan yang dilakukan, penentuan spesifikasi sistem, perancangan sistem, serta diagram alir sistem.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan prosedur pengujian, hasil pengujian, dan analisa data.

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

Memuat simpulan yang diperoleh dari hasil pembuatan dan pengujian alat, dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Perkembangan Robot

Teknologi robot sendiri telah dikenal sebelum istilah robot itu ada. Kata robot pertama kali diperkenalkan oleh seorang penulis dari Czech yang bernama Karel bersama saudaranya Josef di dalam karya pertamanya Rossum's Univeral Robots, sebuah karya Dystopian tentang hari buruk di sebuah pabrik yang diisi dengan makhluk *androids*. Istilah robot ini berasal dari bahasa Cheko "*robota*" yang dapat diartikan sebagai pekerja yang tidak mengenal lelah. Dahulu oleh pencipta robot mengenalnya dengan sebutan *automata*. Secara etimologi "*automata*" berasal dari bahasa Yunani yaitu *automatos* yang berarti bergerak sendiri. Robot biasanya digunakan untuk tugas berat, berbahaya, pekerjaan berulang dan kotor. Kebanyakan robot digunakan di dalam bidang industri, sebagai contoh untuk pembersihan limbah beracun, penjelajahan di dalam air dan ruang angkasa. Seiring dengan perkembangannya, robot mulai masuk dalam bidang hiburan dan bidang pendidikan, alat pembantu rumah tangga, seperti penyedot debu dan pemotong rumput. Pada abad 3 SM, deskripsi *automata* sendiri telah ada di dalam naskah Taoisme kuno Cina, Liezi . Ada yang menduga penulis naskah ini adalah LieYukou, seorang dari Cina. Di dalam naskah tersebut diceritakan bahwa Raja Mudari Dinasti Zou (1023-957) SM bertemu dengan

seorang insinyur mekanik bernama Yan Shi dengan bangga insinyur tersebut menunjukkan hasil karyanya berupa manusia mekanis kepada raja.

Pada tahun 1920 robot mulai berkembang dari disiplin ilmu elektronika, lebih spesifiknya pada cabang kajian disiplin ilmu elektronika yaitu teknik kontrol otomatis, tetapi pada masa-masa itu komputer yang merupakan komponen utama pada sebuah robot yang digunakan untuk pengolahan data masukan dari sensor dan kendali aktuator belum memiliki kemampuan komputasi yang cepat selain ukuran fisik komputer pada masa itu masih cukup besar.

Robot-robot cerdas mulai berkembang pesat seiring berkembangnya komputer pada sekitar tahun 1950. Dengan semakin cepatnya kemampuan komputasi komputer dan semakin kecilnya ukuran fisiknya, maka robot-robot yang dibuat semakin memiliki kecerdasan yang cukup baik untuk melakukan pekerjaan-pekerjaan yang biasa dilakukan oleh manusia. Pada awal diciptakannya, komputer sebagai alat hitung saja, perkembangan algoritma pemrograman menjadikan komputer sebagai instrumentasi yang memiliki kemampuan kemampuan seperti otak manusia. *Artificial intelegent* atau kecerdasan buatan adalah algoritma pemrograman yang membuat komputer memiliki kecerdasan seperti manusia yang mampu menalar, mengambil kesimpulan dan keputusan (Zulkarnain. 2017).

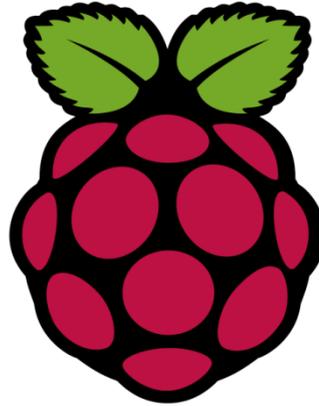
Menurut *International Journal of Computer Science and Mobile Computing* dengan judul *Survey Paper on Fruit Picking Robots* yang ditulis oleh Ashwini K pada tahun 2011. Jurnal tersebut menjelaskan tentang robot pemetik buah stroberi dimana robot tersebut menggunakan banyak kamera untuk mendeteksi buah stroberi yang matang dan mampu mendeteksi ukuran buah stroberi tersebut. Pendeteksian ukuran buah stroberi bertujuan agar *end effector* pada robot dapat membuka dengan sesuai berdasarkan ukuran buah (K, Ashwini. 2016).

Robot ini memiliki 3 derajat kebebasan (*degree of freedom*) untuk menggapai buah stroberi yang matang dan robot ini berjalan melintasi tiap-tiap pohon stroberi pada lintasan yang telah dibuat atau yang biasa disebut rel. Ketika robot ini akan memetik buah stroberi pada belakang pohon terdapat kepingan yang berwarna hitam dengan tujuan untuk mengurangi gangguan pada kameranya. Kepingan warna hitam ini terpasang langsung dengan robot sehingga ketika robot berjalan maka kepingan warna hitam ini juga akan mengikutinya (K, Ashwini. 2016).

2.2 Raspberry Pi

Raspberry Pi sering disingkat dengan nama Raspi adalah komputer papan tunggal (*single-board circuit*) yang seukuran dengan kartu kredit yang dapat digunakan untuk menjalankan program perkantoran, permainan komputer, dan sebagai pemutar media hingga video beresolusi tinggi. Raspberry Pi dikembangkan oleh yayasan nirlaba, Raspberry Pi Foundation, yang

digawangi sejumlah pengembang dan ahli komputer dari Universitas Cambridge, Inggris.



Gambar 2.1. Logo Raspberry Pi (Khadir, Abdul. 2017).

Gambar 2.1 menunjukkan logo dari Raspberry Pi. Ide dibalik Raspberry Pi diawali dari keinginan untuk mencetak pemrogram generasi baru. Seperti yang disebutkan dalam situs resmi Raspberry Pi Foundation, waktu itu Eben Upton, Rob Mullins, Jack Lang, dan Alan Mycroft, dari Laboratorium Komputer Universitas Cambridge memiliki kekhawatiran melihat kian turunnya keahlian dan jumlah siswa yang hendak belajar ilmu komputer. Mereka lantas mendirikan yayasan Raspberry Pi bersama dengan Pete Lomas dan David Braben pada 2009. Tiga tahun kemudian, Raspberry Pi Model B memasuki produksi massal. Dalam peluncuran pertamanya pada akhir Februari 2012 dalam beberapa jam saja sudah terjual 100.000 unit. Pada bulan Februari 2016, Raspberry Pi Foundation mengumumkan bahwa mereka telah menjual 8 juta perangkat Raspi, sehingga menjadikannya sebagai perangkat paling laris di Inggris.



Gambar 2.2. *Layout* Raspberry Pi (khadir, Abdul. 2017).

Gambar 2.2 menunjukkan *Layout* dari Raspberry Pi. Raspberry Pi memiliki dua model yaitu model A dan model B. Secara umum Raspberry Pi Model B memiliki kapasitas penyimpanan RAM sebesar 512 MB. Perbedaan model A dan B terletak pada modul penyimpanan yang digunakan. Model A menggunakan penyimpanan sebesar 256 MB dan penyimpanan model B sebesar 512 MB. Selain itu, model B sudah dilengkapi dengan porta Ethernet (untuk LAN) yang tidak terdapat di model A. Desain Raspberry Pi didasarkan pada SoC (system-on-a-chip) Broadcom BCM2835, yang telah menanamkan prosesor ARM1176JZF-S dengan 700 MHz, GPU VideoCore IV, dan RAM sebesar 256 MB (model B). Penyimpanan data tidak didesain untuk menggunakan cakram keras atau solid-state drive, melainkan mengandalkan kartu penyimpanan tipe SD untuk menjalankan sistem dan sebagai media penyimpanan jangka panjang (Khadir, Abdul. 2017).

2.3 Motor DC

Motor Listrik DC atau DC Motor adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan (*motion*). Motor DC ini juga dapat disebut sebagai Motor Arus Searah. Seperti namanya, DC Motor memiliki dua terminal dan memerlukan tegangan arus searah atau DC (Direct Current) untuk dapat menggerakannya. Motor Listrik DC ini biasanya digunakan pada perangkat-perangkat Elektronik dan listrik yang menggunakan sumber listrik DC seperti Vibrator Ponsel, Kipas DC dan Bor Listrik DC.

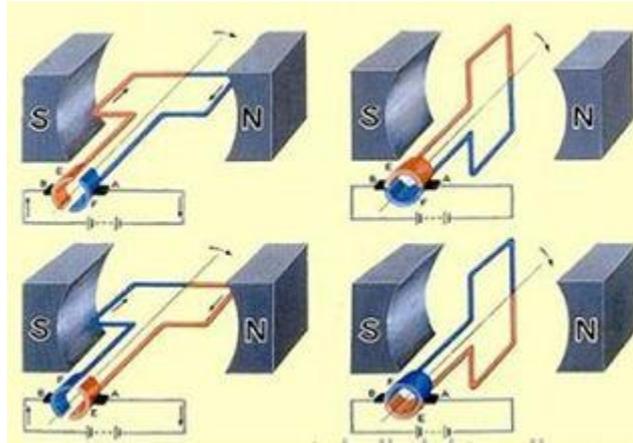


Gambar 2.3. Motor DC (Khadir, Abdul. 2017).

Gambar 2.3 menunjukkan motor listrik DC atau DC Motor ini menghasilkan sejumlah putaran per menit atau biasanya dikenal dengan istilah RPM (*Revolutions per minute*) dan dapat dibuat berputar searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam apabila polaritas listrik yang diberikan pada Motor DC tersebut dibalik. Motor Listrik DC tersedia dalam berbagai ukuran rpm dan bentuk. Kebanyakan Motor Listrik DC memberikan kecepatan rotasi sekitar 3000 rpm hingga 8000 rpm dengan

tegangan operasional dari 1,5V hingga 24V. Apabila tegangan yang diberikan ke Motor Listrik DC lebih rendah dari tegangan operasionalnya maka akan dapat memperlambat rotasi motor DC tersebut sedangkan tegangan yang lebih tinggi dari tegangan operasional akan membuat rotasi motor DC menjadi lebih cepat. Namun ketika tegangan yang diberikan ke Motor DC tersebut turun menjadi dibawah 50% dari tegangan operasional yang ditentukan maka Motor DC tersebut tidak dapat berputar atau terhenti. Sebaliknya, jika tegangan yang diberikan ke Motor DC tersebut lebih tinggi sekitar 30% dari tegangan operasional yang ditentukan, maka motor DC tersebut akan menjadi sangat panas dan akhirnya akan menjadi rusak (Khadir, Abdul. 2017).

Pada prinsipnya motor listrik DC menggunakan fenomena elektromagnet untuk bergerak, ketika arus listrik diberikan ke kumparan, permukaan kumparan yang bersifat utara akan bergerak menghadap ke magnet yang berkutub selatan dan kumparan yang bersifat selatan akan bergerak menghadap ke utara magnet. Saat ini, karena kutub utara kumparan bertemu dengan kutub selatan magnet ataupun kutub selatan kumparan bertemu dengan kutub utara magnet maka akan terjadi saling tarik menarik yang menyebabkan pergerakan kumparan berhenti. (Khadir, Abdul. 2017).



Gambar 2.4. Prinsip Kerja Motor DC (Khadir, Abdul. 2017).

Gambar 2.4 merupakan prinsip kerja motor DC. Untuk menggerakannya lagi, tepat pada saat kutub kumparan berhadapan dengan kutub magnet, arah arus pada kumparan dibalik. Dengan demikian, kutub utara kumparan akan berubah menjadi kutub selatan dan kutub selatannya akan berubah menjadi kutub utara. Pada saat perubahan kutub tersebut terjadi, kutub selatan kumparan akan berhadapan dengan kutub selatan magnet dan kutub utara kumparan akan berhadapan dengan kutub utara magnet. Karena kutubnya sama, maka akan terjadi tolak menolak sehingga kumparan bergerak memutar hingga utara kumparan berhadapan dengan selatan magnet dan selatan kumparan berhadapan dengan utara magnet. Pada saat ini, arus yang mengalir ke kumparan dibalik lagi dan kumparan akan berputar lagi karena adanya perubahan kutub. Siklus ini akan berulang-ulang hingga arus listrik pada kumparan diputuskan (Khadir, Abdul. 2017).

2.4 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. Motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo (Khadir, Abdul. 2017)



Gambar 2.5. Motor Servo (Khadir, Abdul. 2017).

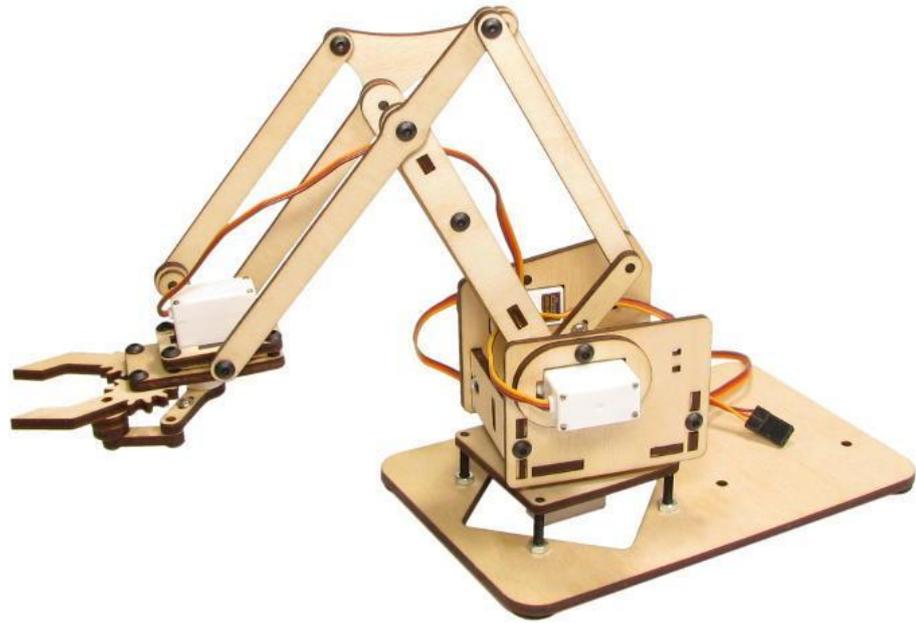
Gambar 2.5 merupakan motor servo yang biasa digunakan. Pada penggunaannya motor servo menggunakan sistem kontrol loop tertutup yang berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor servo. Penjelasan sederhananya adalah posisi poros output akan di sensor untuk mengetahui posisi poros sudah tepat seperti yang diinginkan atau belum, dan jika belum, maka kontrol input akan mengirim sinyal kendali

untuk membuat posisi poros tersebut tepat pada posisi yang diinginkan (Khadir, Abdul. 2017)

2.5 Robot Lengan

Robot lengan terdiri dari tiga bagian yaitu struktur mekanik (*manipulator*), penggerak dan sistem kontrol. Manipulator adalah susunan *rigid bodies* (benda-benda kaku) dan *link* (lengan) yang satu sama lain terhubung oleh *joint* (sendi). Pangkal lengan dapat dipasang pada kerangka dasar. Sedangkan *end-effector* (ujung lengan) dapat dihubungkan dengan alat tertentu sesuai dengan fungsi robot lengan (Martinus, Didi. 2012).

Robot lengan dapat dikontrol dengan menggunakan sensor dan aktuator. Ada beberapa jenis aktuator yaitu aktuator listrik, hidrolik, pneumatik dan piezoelektrik. Masing-masing jenis aktuator memiliki tingkat kendali yang berbeda. Contohnya, aktuator listrik lebih mudah dikendalikan. Aktuator listrik memiliki beberapa kelebihan yaitu akurasi tinggi, torsi yang ideal untuk pergerakan dan tingkat efisiensi yang tinggi (Martinus, Didi. 2012).



Gambar 2.6. Robot Lengan (Martinus, Didi. 2012).

Gambar 2.6 merupakan contoh robot lengan dengan motor servo sebagai penggerak. Robot lengan dapat digunakan untuk beberapa fungsi, salah satu fungsinya adalah untuk menggapai benda dan mengambil benda tersebut.

2.6 Derajat Kebebasan (*Degree of Freedom*)

Derajat kebebasan (*Degree of Freedom*) adalah sambungan pada lengan yang dapat dibengkokkan, diputar maupun digeser. Derajat kebebasan digunakan untuk mengetahui cara robot bergerak. Penentuan jumlah derajat kebebasan dilakukan berdasarkan jumlah gerakan yang dapat dilakukan berdasarkan jumlah aktuator lengan robot (Martinus. Dedi, 2012).



Gambar 2.7. Derajat Kebebasan Robot Lengan (Wiria Nugraha, Deny. 2011).

Gambar 2.7 menunjukkan contoh derajat kebebasan robot lengan yang dimana rotasi dan translasi sangat diperhatikan agar robot lengan dapat bekerja sesuai dengan apa yang diinginkan. Dalam menentukan jumlah derajat kebebasan yang dimiliki oleh sebuah robot, tidak dapat dilakukan dengan menghitung jumlah persendian (*joint*) yang dimiliki oleh robot tersebut, karena tidak semua gerakan independen yang dibuat oleh persendian dapat dikategorikan sebagai derajat kebebasan (Wiria Nugraha, Deny. 2011)

BAB III

METODE PENELITIAN

Dalam rangka menyelesaikan perancangan robot beroda dan berlengan untuk proses pemanenan buah tomat berbasisi Raspberry Pi, maka penulis melakukan penelitian berdasarkan metode yang dijalankan secara bertahap dan terencana. Metode ini digunakan untuk menjelaskan tentang jalannya penelitian. Adapun metode-metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

3.1 Waktu, Jadwal dan Tempat Penelitian.

1. Pelaksanaan Waktu dan Lokasi Penelitian

Adapun waktu dan lokasi penelitian ini dilakukan adalah sebagai berikut:

Waktu : April 2018 – Oktober 2018

Tempat : Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Universitas
Lampung

3.2 Alat dan Bahan.

Penelitian tugas akhir ini memerlukan beberapa alat dan bahan untuk menunjang penelitian ini. Berikut ini adalah alat dan bahan yang diperlukan:

1. *Hardware* (Perangkat Keras)

- a. Motor DC
- b. Motor Servo

- c. Modul Kamera Raspberry Pi
 - d. Raspberry Pi
 - e. Kartu Penyimpanan Eksternal
 - f. Roda
 - g. Motor *Drivers* LM298N
 - h. Kabel *Jumper* dan *Flat Flexible Cable*
 - i. Multimeter
 - j. *Chasis* Robot Mobil
 - k. Kerangka Robot Lengan
 - l. Baterai 9 Volt dan *Powerbank* 3300 mAh
2. *Software* (Perangkat Lunak)
- a. *Open CV*
 - b. Sistem Operasi Raspberry Pi
 - c. *Sketch Up*
 - d. *MobaXterm*
 - e. Sistem Operasi Windows 32 bit

3.3 Spesifikasi alat

Spesifikasi alat-alat yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Raspberry Pi 3 Model B disebut juga sebagai otak dari sistem yang berfungsi untuk mengatur kerja alat.

2. Modul kamera Raspberry Pi digunakan untuk menangkap citra dari objek buah tomat.
3. Akrilik digunakan sebagai chasis pada robot beroda dan sebagai kerangka robot.
4. *Project board* digunakan untuk menyambung koneksi antar kabel.
5. Motor servo digunakan untuk menggerakkan robot untuk menggapai dan memetik buah tomat tersebut.
6. Motor DC digunakan sebagai penggerak roda pada robot agar dapat berjalan menuju pohon tomat yang terindikasi buah matang.
7. Kabel jumper digunakan untuk menghubungkan komponen satu ke komponen lainnya dan juga untuk menghubungkan aktuator dengan Raspberry Pi.
8. Laptop asus x455d digunakan sebagai alat pemrogram arduino.
9. Alat-alat yang lainnya digunakan dalam proses pembuatan alat.

3.4 Spesifikasi sistem

Spesifikasi sistem dari alat yang akan dibuat adalah sebuah alat yang dapat memetik buah dengan tingkat akurasi yang tinggi sehingga dapat mempermudah petani untuk melakukan pemanenan

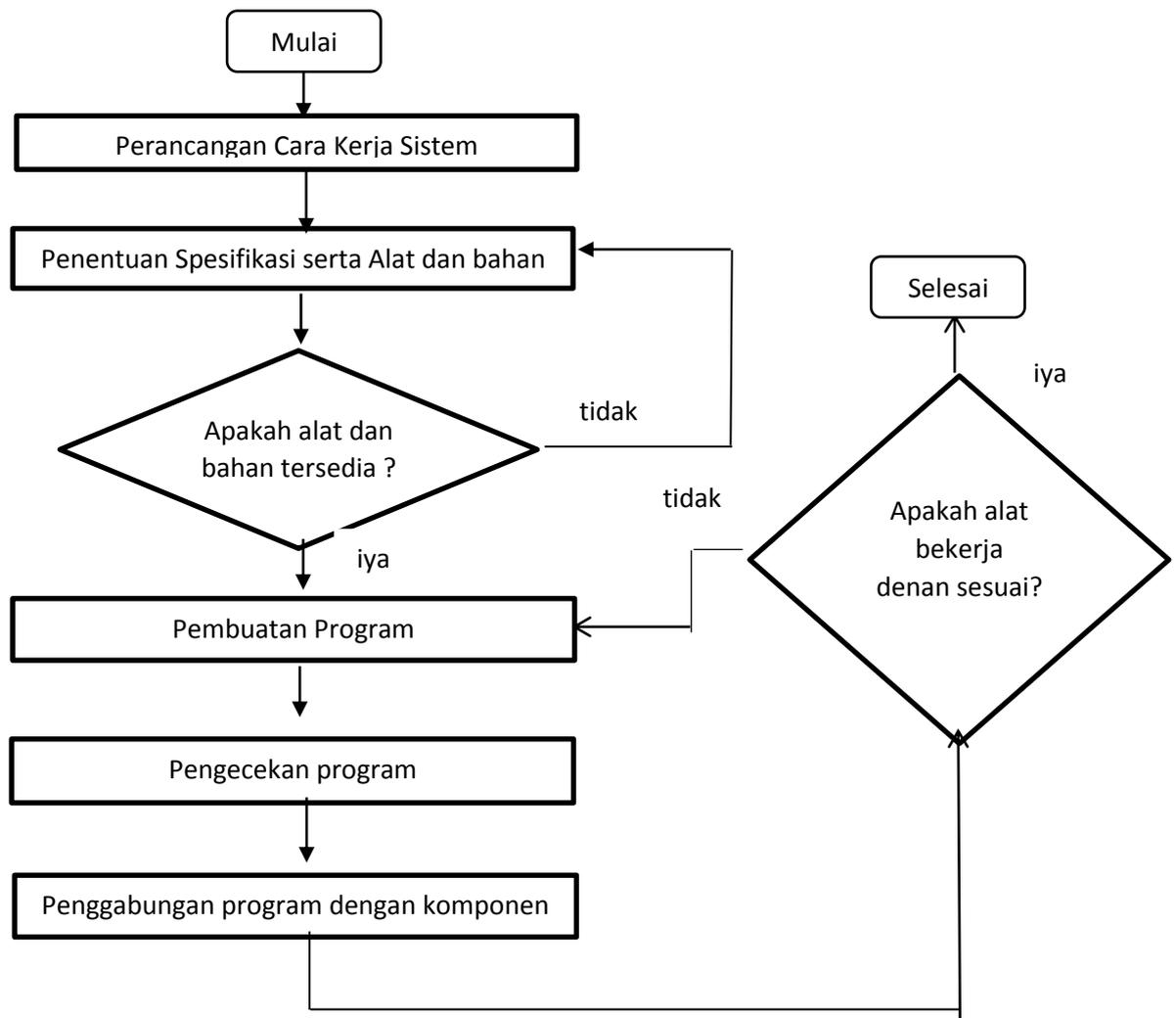
.

3.5 Metode penelitian

3.5.1. Perancangan alat dan sistem

1. Diagram alir pembuatan alat dan sistem

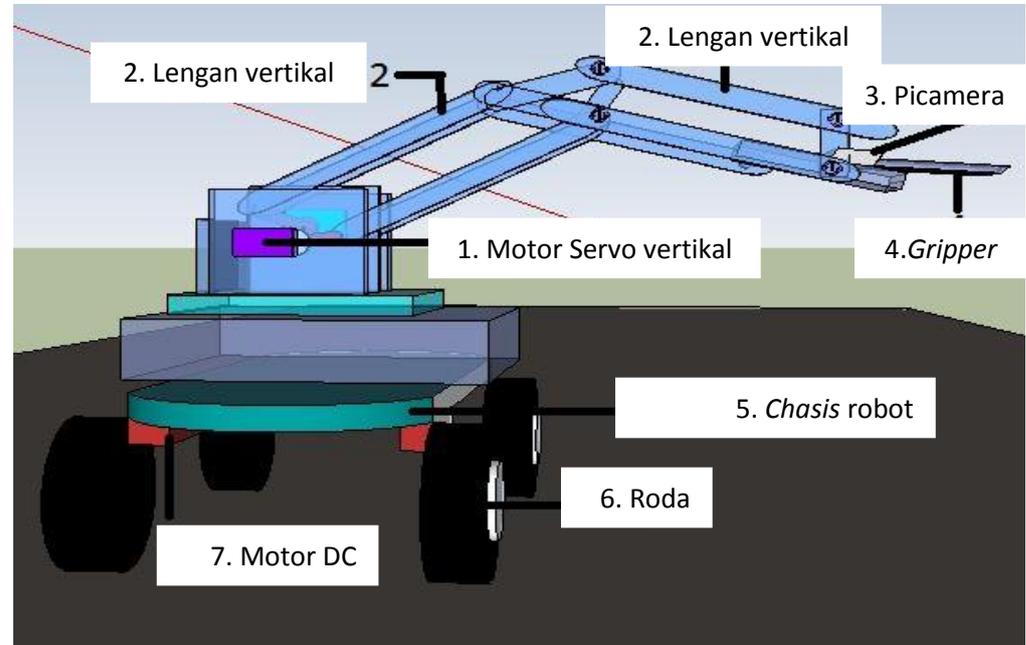
Diagram alir dari pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Diagram Alir Pembuatan alat

2. Desain alat

Rancangan desain dari alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:



Gambar 3.2. Desain Alat

Gambar 3.2 merupakan desain robot beroda dan robot lengan.

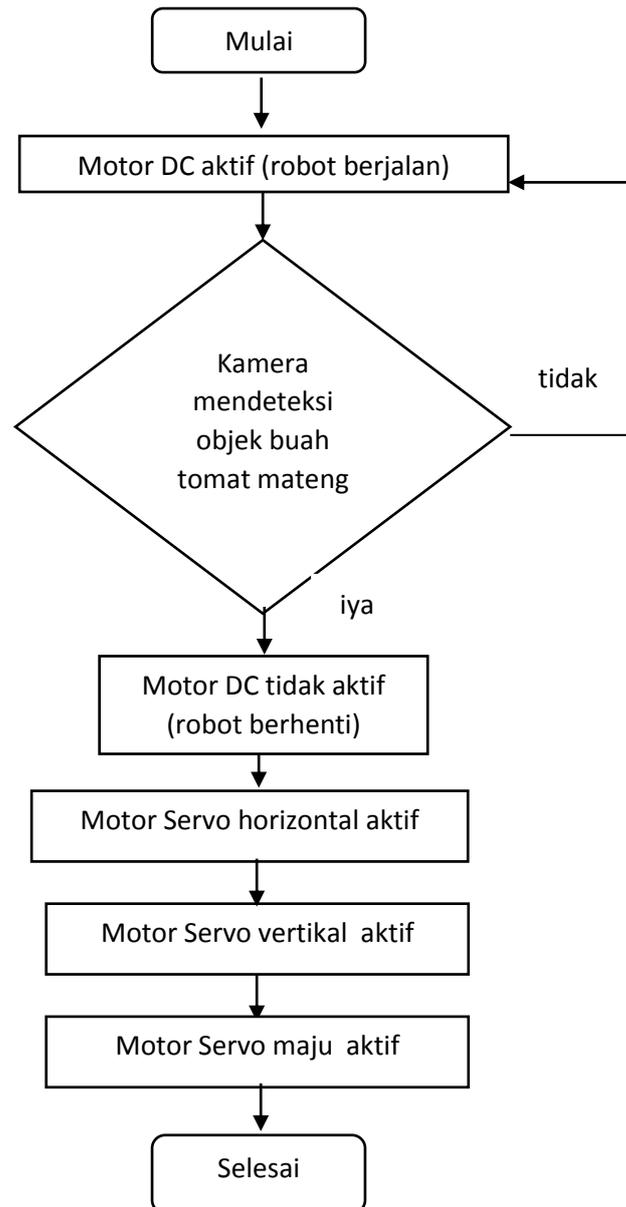
Berikut rincian fungsi dari tiap komponen yaitu:

1. Motor Servo Vertikal berfungsi untuk menggerakkan lengan secara vertikal
2. Lengan vertikal berfungsi untuk penghubung motor servo agar bisa bergerak secara vertikal
3. Picamera berfungsi untuk mendeteksi buah tomat yang matang
4. *Gripper* berfungsi sebagai *end effector*
5. Chasis robot berfungsi sebagai penghubung robot lengan dan robot beroda
6. Roda berfungsi sebagai alat berjalannya robot menuju pohon tomat

7. Motor DC berfungsi untuk menggerakkan roda agar bisa berjalan

3. Flow Chart Sistem

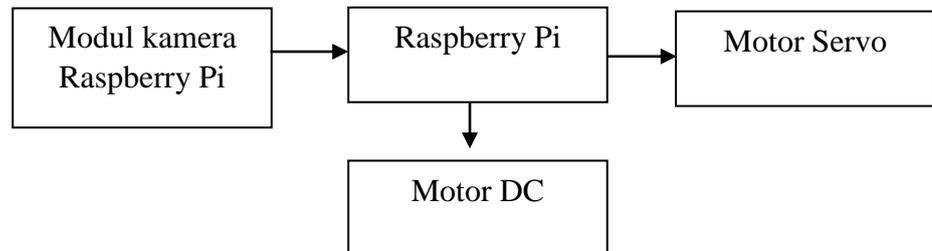
Flow Chart dari sistem alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3. Flow chart Sistem

4. Blok Diagram Sistem

Blok diagram dari sistem yang akan dibuat adalah sebagai berikut:



Gambar 3.4. Blok Diagram sistem

Pada gambar 3.4 menunjukkan blok diagram dari sistem yang akan di jalankan. Input akan dilakukan pada modul kamera Raspberry Pi. Jika modul kamera Raspberry Pi tersebut menangkap objek buah tomat yang matang maka kemudian informasi data diteruskan ke Raspberry Pi yang akan mengolah data yang diterima dari modul kamera tersebut kemudian Raspberry Pi tersebut akan mengirim sinyal yang akan mengatur kapan motor DC akan berjalan dan kapan motor DC akan berhenti. Setelah proses itu selesai dan motor DC berhenti maka Raspberry Pi akan mengatur motor servo tersebut bergerak dengan koordinat yang sesuai dari input modul kamera tersebut.

3.5.2. Pembuatan alat

Pada tahap ini akan dilakukan proses pembuatan alat secara keseluruhan yang mana dimulai dari desain sampai pengujian tiap komponen. Pengecekan komponen bertujuan agar dapat mengetahui apakah komponen-komponen dapat bekerja sesuai prinsip kerjanya atau tidak. Kemudian melakukan perakitan kerangka robot sesuai dengan desain yang telah dibuat. Selanjutnya perakitan tiap komponen dan diuji coba dengan program yang dibuat di laptop, lalu dapat diamati apakah sistem yang dibuat sesuai dengan harapan atau tidak.

3.5.3. Pengujian alat dan sistem

Dalam pengujian alat ini terdapat beberapa tahap, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Pengujian tiap komponen

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui apakah komponen dapat bekerja dengan baik atau tidak. Pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian motor DC dilakukan dengan cara memberikan tegangan pada motor DC jika setelah di berikan tegangan maka motor DC akan berputar.
- b. Adapun untuk pengujian Raspberry Pi dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu:
 - a. dengan cara melihat lampu indikatornya menyala ataupun tidak
 - b. dengan melihat tersambung dengan PC atau laptop atau tidak.

- c. Pengujian motor servo dilakukan dengan cara memberikan tegangan pada motor servo, jika setelah di berikan tegangan maka motor servo akan berputar.
- d. Pengujian modul kamera Raspberry Pi dilakukan dengan menghubungkan modul kamera pada bagian *port* kamera pada Raspberry Pi. Jika kamera aktif maka modul kamera tersebut berfungsi dengan normal.

2. Pengujian komponen dengan program

Tahap ini adalah tahap lanjutan yang dilakukan apabila dalam pengujian komponen telah dilakukan dan komponen berfungsi dengan baik. Kemudian tiap komponen akan dirangkai dengan Raspberry Pi. Setelah semua terangkai dan tersambung dari tiap komponen ke Raspberry Pi maka input program dapat dilakukan. Kemudian jika program telah di unggah dari PC ke Raspberry maka dapat diketahui apakah modul kamera, motor DC dan motor servo dapat berkerja sesuai harapan atau tidak.

3. Pengujian alat secara keseluruhan

Tahap terakhir pengujian alat adalah dengan cara merangkai semua komponen kedalam badan alat dan dilakukan pengujian secara keseluruhan. Pada tahap ini yang menjadi titik berat pengujian meliputi:

- a. Pengujian modul kamera mendeteksi buah tomat yang matang

- b. Pengujian motor DC berhenti ketika buah matang berada di tengah *frame* pada modul kamera
- c. Pengujian menentukan titik koordinat yang dilakukan oleh motor servo.

3.5.4. Pembuatan laporan

Tahap akhir dari penelitian ini adalah pembuatan laporan, yang mana terdiri dari pendahuluan, tinjauan pustaka serta metodologi penelitian yang merupakan bab I, II, dan III yang telah disusun terlebih dahulu sekaligus menjadi proposal tugas akhir dan juga bab IV yang berisikan pembahasan dimana hasilnya berdasarkan data-data yang didapatkan dari pengujian alat secara keseluruhan kemudian dianalisa dan selanjutnya ditarik kesimpulan serta saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Tegangan 6 Volt dapat menghasilkan kecepatan yang sesuai dengan kemampuan Picamera mendeteksi buah tomat matang sehingga motor DC dapat berhenti dan motor servo akan aktif ketika Picamera mendeteksi buah tomat yang matang
2. Picamera dapat mendeteksi buah tomat yang matang dengan intensitas cahaya sebesar 162 Lux.
3. Ketinggian yang dapat dijangkau robot ini adalah 18 cm sampai dengan 26 cm
4. Jarak yang dapat dijangkau robot ini adalah 12 cm sampai dengan 20 cm
5. Resolusi 160x128 lebih baik digunakan dari pada resolusi 640x480 dikarenakan resolusi 160x128 lebih ringan prosesnya pada Raspberry Pi sehingga tidak menimbulkan keterlambatan Picamera mendeteksi buah tomat yang matang.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian berikutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambahkan kemampuan Picamera untuk mengetahui jarak buah tomat yang matang terhadap Picamera sehingga dapat memudahkan proses pengpakaian buah tomat yang matang tersebut.
2. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambahkan kemampuan Picamera untuk mengetahui diameter buah tomat yang matang agar dapat disesuaikan dengan pergerakan motor servo pada *gripper*.
3. Penelitian hanya menggunakan metode *HSV (Hue, Saturation, Value)* yang memiliki kelemahan dapat mendeteksi semua benda yang warnanya sama. Oleh karena itu penulis menyarankan untuk penelitian berikutnya agar menggunakan metode lainnya seperti pengenalan bentuk objek dan dapat menggunakan metode *Fuzzy Logic* dalam hal penentuan kematangan berdasarkan nilai *HSV (Hue, Saturation, Value)*.

DAFTAR PUSTAKA

Cikarage, G.P. 2016 “*Purwarupa Robot Humanoid Pemetik Buah Stroberi Dengan Kamera*”, Skripsi Universitas Gadjah Mada.

Khadir, A. 2017 “*Dasar Raspberry Pi*”, Jakarta, Erlangga.

Didi, Martinus. 2012. “*Rancang Bangun Robot Lengan 4 DOF dengan GUI (Graphical User Interface) Berbasis Arduino Uno*”, Universitas Tanjungpura

Wiria Nugraha, Deny. 2011 “*Pengendalian Robot Yang Memiliki Lima Derajat Kebebasan*”, Jurnal Ilmiah Foristek, 1(1), Palu

K, Ishwini, 2016 “*Survey Paper on Fruit Picking Robots*”, International Journal of Computer Science and Mobile Computing, 5(1), 96 – 101, Bangalore, India

Van Henten, E.J. 2010 “*Field Test of An Auotonomous Cucumber Picking Robot*”, Institute of Agricultural and Enviromental Engineering, Netherland.

Zulkarnain. 2017 “*Sejarah Robot dan Perkembangannya*”, Jakarta, Ilmuti,org.