

TUGAS AKHIR

ANALISA PERGERAKAN *COLLABORATIVE MULTI- ARM ROBOT* PADA INDUSTRI PERTANIAN DENGAN MEMANFAATKAN IMAGE PROCESSING



**Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Menyelesaikan Pendidikan Sarjana Terapan Teknik Elektro Pada
Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya**

**Oleh:
CITRA ANGGRAINI
0616 4034 1520**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PERGERAKAN COLLABORATIVE MULTI-ARM
ROBOT PADA INDUSTRI PERTANIAN DENGAN
MEMANFAATKAN IMAGE PROCESSING**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Terapan Program Studi Teknik Elektro**

Oleh :

CITRA ANGGRAINI

0616 4034 1520

Palembang, Oktober 2020

Menyetujui,

Pembimbing I,



(Ir. Pola Risma, M.T.)
NIP 196303281990032001

Pembimbing II,



(Ir. M. Nawawi, M.T.)
NIP 196312221991031006

Mengetahui,

Ketua Jurusan
Teknik Elektro,



(Ir. Iskandar Lutfi, M.T.)
NIP 196501291991032002

Ketua Progam Studi
Sarjana Terapan Teknik Elektro,



(Masayu Anisah, S.T., M.T.)
NIP 197012281993032001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

“NO NEED TO PROVE YOURSELF FOR ANYTHING YOU’VE
ACHIEVED”

KARENA DALAM BENAR MU SELALU ADA YANG MENGHUJAT DAN
DALAM SALAH MU SELALU ADA YANG MENDUKUNG

“FOCUS ON THE SUCCES YOU WANT TO ACHIEVE AND LET THE TIME
SPEAKS ON YOUR BEHALF”

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan untuk:

- ◆ Kedua Orang Tuaku, papa yang selalu mendukung dan bangga akan segala prestasiku yang telah lebih dahulu meninggalkanku dan mama yang selalu ada disampingku dan memberikan dukungan serta do’a tiada henti.
- ◆ Seluruh saudaraku (kakak dan ayuk) serta keponakanku yang selalu menghibur dalam sedihku dan memberikan semangat.
- ◆ Dosen pembimbing I, dosen pembimbing II, dosen pembimbing akademik serta dosen pengajar yang telah memberikan bimbingannya serta ilmu yang telah diajarkan.
- ◆ Sahabat seperjuangan ELA dan ELB 2016, DKK dan sahabat “selamat anda sukses” yang telah membantu dalam bertukar pikiran dan informasi selama pengerjaan Laporan Tugas Akhir ini.
- ◆ Dan teruntuk diri sendiri yang telah berjuang serta almamater tercinta “Politeknik Negeri Sriwijaya”

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Citra Anggraini
NIM : 061640341520
Judul : Analisa Pergerakan *Collaborative Multi-Arm Robot* pada
Industri Pertanian dengan Memanfaatkan Image Processing

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing I dan pembimbing II dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan /*plagiat* dalam Laporan Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Politeknik Negeri Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Oktober 2020

METERAI
TEMPEL

262DBAHF678019321

6000
ENAM RIBU RUPIAH

Citra Anggraini

Citra Anggraini
NIM 061640341520

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN RE-PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Citra Anggraini

NIM : 061640341520

Judul : Analisa Pergerakan *Collaborative Multi-Arm Robot* pada
Industri Pertanian dengan Memanfaatkan Image Processing

Memberikan izin kepada Pembimbing Tugas Akhir dan Politeknik Negeri Sriwijaya untuk memublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun saya tidak memublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing Tugas Akhir sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*).

Demikian, Pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Oktober 2020



Citra Anggraini

NIM 061640341520

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis yang berupa Laporan Tugas Akhir dengan judul **“ANALISA PERGERAKAN COLLABORATIVE MULTI-ARM ROBOT PADA INDUSTRI PERTANIAN DENGAN MEMANFAATKAN IMAGE PROCESSING”**. Laporan Tugas Akhir dibuat untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Teknik Elektro pada jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.

Kelancaran dalam proses penulisan Laporan Tugas Akhir ini tak luput berkat bimbingan, arahan, dan petunjuk serta kerjasama yang penulis dapatkan baik pada tahap persiapan, penyusunan, hingga terselesaikannya Proposal Tugas Akhir ini. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

Ibu Ir. Pola Risma, M.T. selaku Pembimbing I.

Bapak Ir. M. Nawawi, M.T. selaku Pembimbing II.

Tak lupa pada kesempatan ini juga, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak yang telah mendukung selama proses penyusunan Proposal Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Bapak Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Bapak Ir. Iskandar Luthfi, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Bapak H. Herman Yani, S.T., M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Ibu Masayu Anisah, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Ibu Dr.Eng Tresna Dewi, S.T., M.Eng. yang telah membimbing dan membantu dalam pembuatan paper sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Akademik kelas ELA 2016

6. Seluruh dosen, staf dan instruktur pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika Politeknik Negeri Sriwijaya.
7. Orang Tua tercinta, serta keluarga yang selalu memberikan do'a, semangat, motivasi, dan dukungan baik moril maupun materil.
8. Teman-teman seperjuangan ELA dan ELB 2016 yang telah saling mendukung.
9. Teman-teman Program Studi Sarjana Terapan Teknik Elektro'16.
10. Seluruh sahabat dan teman yang tidak dapat di sebutkan satu persatu.

Susunan Laporan Tugas Akhir ini sudah dibuat dengan sebaik-baiknya, namun tentu masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu jika ada kritik atau saran apapun yang sifatnya membangun bagi penulis, dengan senang hati akan penulis terima.

Palembang, Oktober 2020

Penulis

ABSTRAK

ANALISA PERGERAKAN *COLLABORATIVE MULTI-ARM ROBOT* PADA INDUSTRI PERTANIAN DENGAN MEMANFAATKAN IMAGE PROCESSING

Karya tulis ilmiah berupa tugas akhir, 06 September, 2020

Citra Anggraini; dibimbing oleh Ibu Ir. Pola Risma, M.T. dan Bapak Ir. M. Nawawi, M.T.

xvi + 60 halaman, 11 tabel, 44 gambar, 3 lampiran

Pada dunia industri khususnya industri pertanian (*agriculture*), proses produksi secara *massive* memerlukan bantuan teknologi seperti *arm robot*. Untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi, penggunaan *arm robot* dengan jumlah yang lebih banyak sangat dibutuhkan. Beberapa *arm robot* dapat dioperasikan bersama dan saling terkait disebut *collaborative multi-arm robot*. *Multi-arm robot* ini akan bekerja secara serial dimana *arm robot* kedua akan bekerja ketika *arm robot* pertama telah selesai melakukan *pick and place* buah tomat pada suatu rangkaian timbangan yang kemudian akan dilanjutkan *arm robot* kedua untuk *pick and place* buah tomat pada proses produksi berikutnya. Masing-masing *arm robot* merupakan 3 DOF *manipulator*. *Arm robot* pertama dilengkapi dengan kamera web untuk mendeteksi objek buah tomat merah yang kemudian akan di proses oleh *raspberry pi* dengan metode *thresholding* (citra biner). Data citra ini kemudian akan dikirimkan ke *ardunio mega 2560* melalui komunikasi serial. *Arm robot* kedua dilengkapi dengan sensor *load cell* sebagai penentu *box* akhir dari tomat merah tersebut berdasarkan berat.

Kata Kunci : *Arduino Mega 2560, Raspberry PI, Collaborative Multi-Arm Robot, Image Processing, Inverse Kinematics.*

ABSTRACT

ANALISA PERGERAKAN *COLLABORATIVE MULTI-ARM ROBOT* PADA INDUSTRI PERTANIAN DENGAN MEMANFAATKAN IMAGE PROCESSING

Scientific papers in the form of final assignments, September, 6th 2020

Citra Anggraini; guided by Ibu Ir. Pola Risma, M.T. dan Bapak Ir. M. Nawawi, M.T.

xvi + 60 pages, 11 tables, 44 images, 3 attachments

In industrial sector, especially in agricultural, massive production process needs the technology such as *arm robot* to ease the work. To increase the efficiency and effectiveness of the production, the use of arm robot in large quantities is needed. Arm robots could collaborate therefore it called collaborative multi-arm robot. This multi arm robot concept is working in serial where the second arm robot will work only after the first arm robot has done its work picking and placing the red tomato to the scale. Each arm robots is a 3 DOF manipulator. The first arm robot consist of a web camera for detecting the object which is red tomato that processed by the raspberry pi with thresholding (binary image) methode. The image data then will be sent to arduino mega 2560 through serial communication. Second arm robot equipped with load cell sensor to determine which box the red tomato will be placed at last based on the weight of the red tomato.

Keywords: *Arduino Mega 2560, Raspbery PI, Collaborative Multi-Arm Robot, Image Processing, Inverse Kinematics.*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN RE-PUBLIKASI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Tujuan dan Manfaat	Error! Bookmark not defined.
1.2.1 Tujuan	Error! Bookmark not defined.
1.2.2 Manfaat	Error! Bookmark not defined.
1.3 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.4 Batasan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.5 Metode Penulisan	Error! Bookmark not defined.
1.5.1 Metode Studi Kepustakaan	Error! Bookmark not defined.
1.5.2 Metode Wawancara.....	Error! Bookmark not defined.
1.5.3 Metode Observasi lapangan	Error! Bookmark not defined.
1.6 Sistematika Penulisan	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 <i>Collaborative Multi-Arm Robot</i>	Error! Bookmark not defined.

2.2	Konsep Dasar <i>Arm Robot Manipulator</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3	Input <i>Collaborative Multi-Arm Robot</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.1	<i>Webcam</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.2	<i>Load Cell</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.3	Sensor Ultrasonik HC-SR04	Error! Bookmark not defined.
2.4	Mikrontroller	Error! Bookmark not defined.
2.4.1	Arduino Mega 2560	Error! Bookmark not defined.
2.4.2	<i>Raspberry Pi</i>	Error! Bookmark not defined.
2.5	Aktuator	Error! Bookmark not defined.
2.5.1	Motor Servo	Error! Bookmark not defined.
2.6	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.7	<i>Digital Image Processing</i>	Error! Bookmark not defined.
2.7.1	Pemodelan Warna HSV	Error! Bookmark not defined.
2.7.2	Metode Thresholding	Error! Bookmark not defined.
2.8	<i>Inverse Kinematics</i>	Error! Bookmark not defined.
2.9	Open CV	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODELOGI PENELITIAN		Error! Bookmark not defined.
3.1	Kerangka Tugas Akhir	Error! Bookmark not defined.
3.1.1	Persiapan Umum	Error! Bookmark not defined.
3.1.2	Perancangan Sistem	Error! Bookmark not defined.
3.1.3	Pengujian Alat.....	Error! Bookmark not defined.
3.1.4	Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.
3.1.5	Perancangan Ulang	Error! Bookmark not defined.
3.1.6	Evaluasi.....	Error! Bookmark not defined.
3.2	Perancangan Mekanik	Error! Bookmark not defined.
3.2.1	<i>Design</i> Mekanik Arm Robot.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.2	<i>Design Collaborative Multi-Arm Robot</i>	Error! Bookmark not defined.
3.3	Block Diagram	Error! Bookmark not defined.
3.4	Perancangan Perangkat Elektronik	Error! Bookmark not defined.
3.5	<i>Flowchart</i>	Error! Bookmark not defined.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Overview Pengujian	Error! Bookmark not defined.
4.1.1 Tujuan Pembahasan dan Pengukuran Alat.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.2 Alat-alat Pendukung Pengukuran.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.3 Langkah-langkah Pengoperasian Alat.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.4 Langkah-langkah Pengambilan Data	Error! Bookmark not defined.
4.1.5 Implementasi <i>Software</i>	Error! Bookmark not defined.
4.1.2 <i>Image Processing</i> pada <i>Software</i> Phyton.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.6 Implementasi Hardware	Error! Bookmark not defined.
4.2 Hasil dan Data	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Pengambilan Citra dengan Sensor Citra	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 <i>Inverse Kinematics Arm Robot Manipulator</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2.3 Waktu Tempuh Robot dalam Menyortir Tomat Merah	Error! Bookmark not defined.
4.2.4 Data Pengukuran Tegangan	Error! Bookmark not defined.
4.2.5 Pengujian <i>Hit Rate Collaborative Multi-Arm Robot</i> .	Error! Bookmark not defined.
BAB V KESIMPULAN	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2. 1** Collaborative Multi-Arm Robot**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 2** Pembagian Workspace Multi-Arm Robot **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 3** Struktur Arm Robot Manipulator**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 4** Macam-Macam End-Effector**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 5** Webcam**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 6** Load Cell**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 7** Sensor Strain Gauge**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 8** Mekanisme Kerja Load Cell.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 9** Prinsip Kerja Rangkaian Jembatan Wheatstone .**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 10** Rangkaian Full-Bridge Strain Gauge..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 11** ADC Modul HX711**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 12** Sensor Ultrasonik.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 13** Jarak Deteksi Sensor Ultrasonik berdasarkan Sudut Pantulan
.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 14** Analogi Gelombang Ultrasonik pada Sensor**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 15** Timing Diagram Sensor Ultrasonik HC-SR04 ...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 16** Arduino Mega 2560.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 17** Raspberry Pi.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 18** Motor Servo**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 19** Struktur Motor Servo**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 20** LCD 16 x2**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 21** Pengolahan Citra Digital.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 22** Model Warna HSV**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 23** Logo OpenCV.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 1 Design Mekanik Arm Robot.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 2 Spesifikasi Ukuran Link Pada Robot..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 3 Sistem Collaborative Multi-Arm Robot Tampak Atas..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 4 Sistem Collaborative Multi-Arm Robot Tampak Depan..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 5 Sistem Collaborative Multi-Arm Robot Tampak Samping **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 6 Block Diagram Arm Robot 1.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 7 Block Diagram Arm Robot 2.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 8 Skematik Rangkaian Arm Robot 1 ..**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 9 Skematik Rangkaian Arm Robot 2 ..**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3. 10 Flowchart Collaborative Multi-Arm Robot. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 1 Tampilan Awal VNC Viewer**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 2 Desktop OS Raspbian Raspberry Pi. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 3 Tampilan Data Citra yang Ditangkap **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 4 Original Image**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 5 Gray Scale Image.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 6 Threshold Image**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 7 Tampilan Hasil Image Processing pada Raspberry pi **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 8 Realisasi Collaborative Multi-Arm Robot..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 9 Top View Arm Robot.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 10 Side View Arm Robot**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4. 11 Side View Θ_2**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

- Tabel 2. 1** Spesifikasi Load Cell**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2. 2** Spesifikasi Sensor Ultrasonik HC-SR04..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 1** Hasil Pengolahan Citra Berdasarkan Nilai HSV **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 2** Hasil Percobaan Pengolahan Citra Berdasarkan Intensitas Cahaya
.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 3** Hasil Percobaan Sdutu Pergerakan Robot..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 4** Presentase Error Sudut Joint.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 5** Data waktu Percobaan Arm Robot 1**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 6** Data waktu Percobaan Arm Robot 2 ke Box 1 .. **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 7** Data waktu Percobaan Arm Robot 2 ke Box 2 .. **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 8** Data Pengukuran Tegangan Load Cell dan Modul HX711 **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 9** Data Hit Rate Collaborative Multi-Arm Robot.. **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A** *Datasheet*
Lampiran B *Overview Alat*
Lampiran C Surat Rekomendasi / Presensi Bimbingan