



**RANCANG BANGUN PROTOTIPE ROBOT BEDAH
LAPAROSKOPI 3 *DOF* UNTUK OPTIMASI GERAKAN
PRESISI BERBASIS *CNC SHIELD V3***

LAPORAN TUGAS AKHIR

**MUHAMAD RAMDANI ANUGRAH MAULANA
41421110021**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2025**



**RANCANG BANGUN PROTOTIPE ROBOT BEDAH
LAPAROSKOPI 3 *DOF* UNTUK OPTIMASI GERAKAN
PRESISI BERBASIS *CNC SHIELD V3***

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata Satu (S1)

**NAMA : MUHAMAD RAMDANI ANUGRAH
MAULANA**
NIM : 41421110021
PEMBIMBING : ZENDI IKLIMA S.T,S.Kom, M.Sc

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

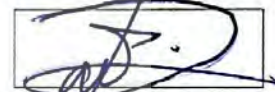
Nama : Muhamad Ramdani Anugrah Maulana
NIM : 41421110021
Program : Teknik Elektro
Studi :
Judul : Rancang Bangun Prototipe Robot Bedah Laparoskopis 3 *DOF*
Untuk Optimasi Gerakan Presisi Berbasis *CNC Shield V3*

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana

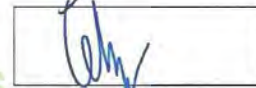
Disahkan oleh:

Pembimbing : Zendi Iklima S.T,S.Kom,M.Sc
NUPTK : 5946771672130282

Tanda Tangan



Ketua Penguji : Akhmad Wahyu Dani S.T,M.T
NUPTK : 7052763664130323



Anggota Penguji : Fina Supegina S.T,M.T
NUPTK : 9550758659230172



Jakarta, 19 Agustus 2025

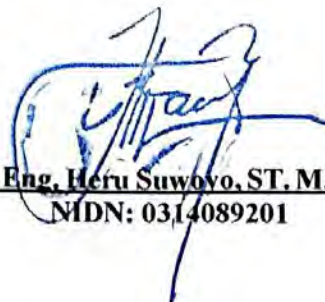
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Kaprodi S1 Teknik Elektro



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.
NIDN: 0307037202



Dr. Eng. Heru Suwoyo, ST, M.Sc
NIDN: 0314089201

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah/Laporan Tugas Akhir/Skripsi pada BAB I, BAB II, BAB III, BAB IV dan BAB V atas nama:

Nama : **Muhamad Ramdani Anugrah Maulana**
NIM : **41421110021**
Program Studi : **Teknik Elektro**
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : **Rancang Bangun Prototipe Robot Bedah Laparoskopi 3
DOF Untuk Optimasi Gerakan Presisi Berbasis CNC
Shield V3**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Selasa, 19 Agustus 2025** dengan hasil presentase sebesar **16 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 19 Agustus 2025

Administrator Turnitin,



Itmam Haidi Syarif

HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Ramdani Anugrah Maulana
N.I.M : 41421110021
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Prototipe Robot Bedah Laparoskopi
3 *DOF* Untuk Optimasi Gerakan Presisi Berbasis *CNC*
Shield V3

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan plagiat, serta semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Apabila ternyata ditemukan di dalam Laporan Tugas Akhir saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 5 Agustus 2025

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Muhamad Ramdani Anugrah Maulana

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan prototipe robot bedah laparoskopi dengan tiga derajat kebebasan (3 *DOF*) untuk meningkatkan presisi gerakan dalam prosedur bedah laparoskopi. Sistem ini mengadopsi prinsip kerja mesin *CNC* yang dikendalikan melalui *CNC Shield V3* dan mikroprosesor *Raspberry Pi*. Sebagai input, digunakan potensiometer untuk menghasilkan sinyal *PWM* yang merepresentasikan gerakan pengguna, yang kemudian diproses untuk menggerakkan aktuator *motor stepper Nema 17* pada robot.

Sistem ini terdiri dari *master* robot, yang dilengkapi dengan *potensiometer* pada setiap sendi untuk mengukur pergerakan pengguna, dan *slave* robot sebagai eksekutor. Sistem akan menghitung delta translasi yang dihasilkan oleh *master* robot dan akan dikonversi menjadi gerakan pada *slave* robot. Integrasi antara keduanya diimplementasikan menggunakan pendekatan algoritma *invers kinematics* untuk memastikan akurasi posisi *end-effector*. Hasil perhitungan matematis dari pendekatan ini divalidasi melalui visualisasi gerakan pada perangkat lunak *RoboAnalyzer*, yang menunjukkan bahwa sistem mampu mereplikasi gerakan yang memadai.

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa prototipe robot mampu mengeksekusi perintah gerakan pengguna dengan tingkat presisi $x = 48.8\%$, $y = 41\%$, $z = 99.7\%$, nilai *RMSE* $x = 16.58\%$, $y = 10.56\%$, $z = 24.4\%$, dan nilai latensinya adalah 2.67 mili detik. Dengan hasil tersebut menunjukkan tingkat presisi prototipe robot dibawah 50% dan memiliki nilai *RMSE* di atas 10%. Maka, prototipe robot ini memiliki tingkat akurasi dan presisi yang kurang baik, namun *slave* robot dapat dikendalikan oleh *master* robot yang merepresentasikan gerakan pengguna.

Kata kunci: robot bedah, laparoskopi, *CNC Shield V3*, *Raspberry Pi*, *inverse kinematics*, presisi

ABSTRACT

This study aims to design and realize a prototype of a laparoscopic surgical robot with three degrees of freedom (3 DOF) to improve precision movements in laparoscopy surgical procedures. This system adopts the working principle of a CNC machine controlled via CNC Shield V3 and a Raspberry Pi microprocessor. As input, a potentiometer is used to generate a PWM signal that represents user movements, which is then processed to drive the Nema 17 stepper motor actuator on the robot.

This system consists of a master robot, which is equipped with a potentiometer on each joint to measure user movements, and a slave robot as the executor. The system will calculate the translation delta generated by the master robot and convert it into movement on the slave robot. The integration between the two is implemented using an inverse kinematics algorithm approach to ensure the accuracy of the end-effector position. The mathematical calculation results of this approach are validated through movement visualization in the RoboAnalyzer software, which shows that the system is capable of replicating adequate movements.

The conclusion of this research shows that the robot prototype is able to execute user movement commands with a precision level of $x = 48.8\%$, $y = 41\%$, $z = 99.7\%$, RMSE values of $x = 16.58\%$, $y = 10.56\%$, $z = 24.4\%$, and the latency value is 2.67 milliseconds. With these results, the robot prototype's precision level is below 50% and has an RMSE value above 10%. Therefore, this robot prototype has a poor level of accuracy and precision, but the slave robot can be controlled by the master robot which represents the user's movements.

Keywords: surgical robot, laparoscopy, CNC Shield V3, Raspberry Pi, inverse kinematics, precision

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puja dan puji syukur kehadirat SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul " Rancang Bangun Prototipe Robot Bedah Laparoskopi 3 *DOF* Untuk Optimasi Gerakan Presisi Berbasis *CNC Shield V3*". Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Fakultas Teknik Prodi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya kepada:

1. Zendi Iklima S.T,S.Kom,M.Sc, selaku dosen pembimbing skripsi atas segala bimbingan, arahan serta saran yang diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Kedua orang tua penulis, Ihin Solihin dan Supiyanti Roswati, yang selalu memberikan kasih sayang, do'a, nasehat, serta atas kesabarannya yang luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis, yang merupakan anugrah terbesar dalam hidup. Penulis berharap dapat menjadi anak yang dapat dibanggakan.
3. Saudara-saudara penulis, Rifki Iqbal Salam, S.Kom dan Nanda Nabilah Alya, yang selalu memberikan do'a dan semangat.
4. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng, selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
5. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
6. Dr. Eng. Heru Suwoyo, ST. M.Sc, selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
7. Segenap dosen Universitas Mercu Buana yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama penulis berkuliah dan seluruh staf yang memberikan pelayanan terbaik dalam melayani administrasi selama penelitian ini.

8. Fatimah Nur Efendi, S.Pd, selaku teman perjalanan hidup yang selalu memberikan semangat dan motivasi untuk maju.
9. Serial One Piece, yang senantiasa memberikan inspirasi, motivasi dan semangat kepada penulis.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 5 Agustus 2025



Muhamad Ramdani Anugrah Maulana
Mahasiswa Teknik Elektro



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL/ <i>COVER</i>	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN <i>SIMILARITY</i>	iv
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI.....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terkait.....	5
2.2 Presisi.....	8
2.3 <i>Degree of Freedom</i> Pada Robot.....	9
2.4 <i>Inverse Kinematics</i>	9
2.5 (<i>Denavit-Hartenberg</i>) <i>Table</i>	9
2.6 <i>CNC Shield V3</i>	9
2.7 Sinyal <i>PWM (Pulse Width Modulation)</i>	10
2.8 Mikroprosesor <i>Raspberry PI</i>	10
2.9 <i>Motor Stepper Nema 17</i>	11
BAB III PERANCANGAN ALAT DAN SISTEM.....	12
3.1 Diagram Alir Alat.....	12

3.2 Perancangan Perangkat Keras	14
3.2.1 Rangkaian Listrik.....	14
3.2.2 Kalibrasi Komponen	15
3.2.3 <i>Design Master dan Slave Robot</i>	17
3.2.4 Analisa kinematika robot.....	18
3.3 Perancangan Perangkat Lunak	23
3.3.1 Program <i>Arduino</i> Untuk <i>Input PWM</i>	23
3.3.2 <i>Setup Raspbian Desktop</i>	23
3.3.3 Integrasi <i>Arduino</i> dan <i>Raspberry PI</i>	24
3.3.4 <i>OpenCV</i> Kamera	24
3.3.5 Program Utama Robot.....	24
3.4 Integrasi Perangkat Keras dan Lunak.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Skenario Pengujian.....	27
4.2 Hasil Pengujian	27
4.3 Analisis Hasil	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	45
Lampiran 1. Hasil Pengecekan Turnitin.....	45
Lampiran 2. Kode <i>Arduino Master</i>	46
Lampiran 3. Kode <i>Arduino Slave</i>	48
Lampiran 4. Kode <i>Main Robot</i>	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Enam Derajat Kebebasan.....	9
Gambar 2.2 <i>CNC Shield V3</i>	10
Gambar 2.3 <i>Raspberry PI</i>	11
Gambar 2.4 <i>Motor Stepper Nema 17</i>	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Alat.....	12
Gambar 3.2 <i>Wiring Diagram</i> Prototipe Robot.....	14
Gambar 3.3 Kalibrasi <i>Potensiometer</i>	15
Gambar 3.4 Kalibrasi <i>Motor Stepper</i>	16
Gambar 3.5 <i>Design Slave Robot</i>	17
Gambar 3.6 <i>Design Master Robot</i>	18
Gambar 3.7 Visualisasi Posisi Robot.....	19
Gambar 3.8 Pandangan Atas Robot.....	22
Gambar 3.9 Pandangan Samping Robot.....	22
Gambar 3.10 <i>Raspberry PI Imager</i>	24
Gambar 3.11 Hasil Rancang Bangun.....	25
Gambar 3.12 <i>GUI Robot</i>	26
Gambar 4.1 Tabel DH <i>Master Robot</i> Pada <i>RoboAnalyzer</i>	28
Gambar 4.2 Transformasi <i>Link 1 Master Robot</i> Pada <i>RoboAnalyzer</i>	28
Gambar 4.3 Transformasi <i>Link 2 Master Robot</i> Pada <i>RoboAnalyzer</i>	29
Gambar 4.4 Transformasi <i>Link 3 Master Robot</i> Pada <i>RoboAnalyzer</i>	30
Gambar 4.5 Hasil Kali Transformasi <i>Link Master Robot</i>	31
Gambar 4.6 Hasil Simulasi <i>FK Master Robot</i>	31
Gambar 4.7 Tabel DH <i>Slave Robot</i> Pada <i>RoboAnalyzer</i>	31
Gambar 4.8 Transformasi <i>Link 1 Slave Robot</i> Pada <i>RoboAnalyzer</i>	32
Gambar 4.9 Transformasi <i>Link 2 Slave Robot</i> Pada <i>RoboAnalyzer</i>	33
Gambar 4.10 Transformasi <i>Link 3 Slave Robot</i> Pada <i>RoboAnalyzer</i>	33
Gambar 4.11 Hasil Kali Transformasi <i>Link Master Robot</i>	34
Gambar 4.12 Hasil Simulasi <i>FK Slave Robot</i>	36
Gambar 4.13 Solusi <i>IK</i> Pada <i>RoboAnalyzer</i>	36

Gambar 4.14 Hasil Akhir Solusi <i>IK</i> Pada <i>RoboAnalyzer</i>	38
Gambar 4.15 Grafik Hasil Uji Presisi.....	39



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terkait.....	5
Tabel 3.1 Hasil Kalibrasi <i>Potensiometer</i>	16
Tabel 3.2 Hasil Kalibrasi <i>Motor Stepper</i>	17
Tabel 3.3 Tabel <i>DH Master Robot</i>	20
Tabel 3.4 Tabel <i>DH Slave Robot</i>	21
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Presisi.....	37
Tabel 4.2 Hasil Uji <i>RMSE</i>	37
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Uji <i>FK</i> Perhitungan Dengan Simulasi.....	38
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Uji <i>IK</i> Perhitungan Dengan Simulasi.....	38

