

**ANILISIS GERAK ROBOT MANIPULATOR 4
DERAJAT KEBEBASAN DENGAN METODE
QUATERNION**

SKRIPSI

**Diajukan kepada
Universitas Pendidikan Ganesha
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Pendidikan Fisika**



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN FISIKA DAN PENGAJARAN IPA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA**

2023

SKRIPSI

**DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI TUGAS DAN
MEMENUHI SYARAT-SYARAT UNTUK MENCAPAI
GELAR SARJANA PENDIDIKAN**

Menyetujui

Pembimbing I



Dr. Luh Putu Budi Yasmini, S.Pd., M.Sc.
NIP. 198402222009122008

Pembimbing II



Dr. Nurfa Risha, S.Si., M.Sc.
NIP. 198703012020122015

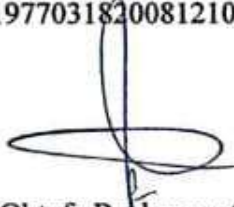
Skripsi oleh Wardah Nur Isna ini,
telah dipertahankan di depan dewan penguji
pada tanggal 04 Juli 2023

Dewan Penguji,



Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si., M.Kom.
NIP. 197703182008121004

(Ketua)



Dewi Oktifa Rachmawati, S.Si., M.Si.
NIP. 197012101995012001

(Anggota)



Dr. Luh Putu Budi Yasmini, S.Pd., M.Sc
NIP. 198402222009122008

(Anggota)



Dr. Nurfa Risha, S.Si., M.Sc.
NIP. 198703012020122015

(Anggota)

Diterima oleh Panitia Ujian Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Pendidikan Ganesha
guna memenuhi syarat-syarat untuk mencapai gelar sarjana pendidikan

Pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 18 Juli 2023

Mengetahui,

Ketua Ujian,



Dr. I Wayan Sukra Warpala, S.Pd., M.Sc.
NIP. 197610131994031001

Sekretaris Ujian,



Dr. Ida Bagus Putu Mardana, M.Si.
NIP. 196408271991021001



Mengesahkan
Wakil Rektor Bidang Akademik dan Kerjasama



Prof. Dr. Gede Rasben Dantes, S.T., M.T.I.
NIP. 197502212003121001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis yang berjudul "**Analisis Gerak Robot Manipulator 4 Derajat Kebebasan dengan Metode Quaternion**" beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan dan pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran atas etika keilmuan dalam karya saya ini atau ada klaim terhadap keaslian karya saya ini.

Singaraja, 17 Juli 2023
Yang membuat pernyataan,



09407AKX422958504
Wardah Nur Isna
NIM. 1913021029

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat-Nya lah, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Kajian Analitik Gerak Robot Manipulator 4 Derajat Kebebasan Dengan Metode Quaternion”, dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk melengkapi salah satu persyaratan untuk mencapai gelar sarjana pendidikan di Universitas Pendidikan Ganesha. Selama proses penulisan skripsi ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan baik secara moral, maupun spiritual kepada penulis. Penulis menyampaikan terima kasih, rasa hormat, dan penghargaan yang tulus kepada pihak-pihak berikut ini.

1. Prof. Dr.Drs. I Ketut Suidiana, M.Kes. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam atas fasilitas yang diberikan selama menempuh Pendidikan di Fakultas MIPA.
2. Dr. Ni Made Pujani, M.Si. selaku Ketua Jurusan Fisika dan Pengajaran Ipa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Ganesha atas bantuan informasi, motivasi dan fasilitas yang telah diberikan.
3. Dr. Ida Bagus Putu Mardana, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Ganesha atas bantuan informasi dan motivasi yang telah diberikan.
4. Prof. Dr. Ni Ketut Rapi, M.Pd. selaku Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama perkuliahan.
5. Dr. Luh Putu Budi Yasmini, S.Pd., M.Sc. selaku pembimbing I yang telah banyak memberikan saran, arahan, motivasi, dan petunjuk selama penyusunan skripsi ini.
6. Dr. Nurfa Risha, S.Si., M.Sc. selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan saran, arahan, motivasi, dan petunjuk selama penyusunan skripsi ini.

7. Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si., M.Kom selaku penguji I yang turut memberikan saran, arahan, dan petunjuk dalam penyusunan skripsi ini.
8. Dewi Oktifa Rachmawati, S.Si., M.Si selaku penguji II yang turut memberikan saran, arahan, dan petunjuk dalam penyusunan skripsi ini.
9. Orang tua penulis yaitu ayahanda Muttaqin, Ibunda Tutut Sri Widyawati, dan adik tersayang Nazila Aulia Firdaus serta keluarga tercinta yang telah memberikan doa, dukungan baik finansial, emosional, dan spiritual demi keberhasilan studi penulis di Program Studi Pendidikan Fisika.
10. Rantau Squad sekaligus sahabat selama berada di Kos Sukartini yaitu Purmia Sari, Rizky Ananda Hidayat Putri, Nur Afifa, Naila Atsna Muna, dan I N Widya Artha yang telah banyak membantu selama ini. Memberikan dukungan dan menerima keluhan dan cerita selama penulis mencapai keberhasilan.
11. Sahabat yang juga membantu kelancaran kuliah yaitu Chatarina Ni Nyoman Fergina sehingga memudahkan penulis dalam menjalani detik-detik semester 8.
12. Sahabat-sahabat seperjuangan di Program Studi Pendidikan Fisika Angkatan 55 yang telah membantu dalam mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.
13. Terimakasih untuk diri ini yang sudah bisa bertahan hingga sejauh ini dan melanjutkan kehidupan sepanjang ini.
14. Pihak lain yang pada kesempatan kali ini tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah berperan penting dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna sehingga saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini diberikan manfaat untuk kita semua, khususnya dalam meningkatkan kualitas pembelajaran fisika. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Singaraja, Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
DAFTAR SIMBOL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.5.1 Manfaat Teoritis.....	6
1.5.2 Manfaat Praktis.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Benda Tegar.....	7
2.1.1 Transformasi Benda Tegar.....	8
2.1.2 Gerak Rotasi Pada \mathbb{R}^3	14
2.1.3 Gerak Benda Tegar Pada \mathbb{R}^3	25
2.1.4 Screw.....	34
2.2 Kecepatan Benda Tegar.....	39
2.2.1 Kecepatan Rotasi.....	39
2.2.2 Kecepatan Benda Tegar.....	42
2.2.3 Kecepatan Gerak Screw.....	46
2.3 Quaternion.....	47
2.3.1 Metode Quaternion.....	48
2.4 Scilabs.....	50
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	52

3.1	Desain Penelitian	52
3.2	Sumber Data dan Variabel Penelitian	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		56
4.1	Analisa Manipulator 4 DoF.....	56
4.1.1	Deskripsi Manipulator 4 DoF	56
4.1.2	Persamaan Twist Tiap <i>Joint</i> Manipulator 4 DoF	58
4.2	Analisa Persamaan Kinematika Maju Manipulator 4 DoF	59
4.2.1	Persamaan Kinematika Maju dalam Wakilan Homogen	59
4.2.2	Persamaan Kinematika Maju dengan Metode Quaternion.....	62
4.3	Kasus yang Dikaji dengan Wakilan Homogen	65
4.4	Kasus yang Dikaji dengan Metode Quaternion	66
4.5	Analisa Persamaan Kinematika	70
4.5.1	Grafik Posisi <i>Endeffector</i> Translasi Komponen Sumbu x	70
4.5.2	Grafik Posisi <i>Endeffector</i> Translasi Komponen Sumbu y	72
4.5.3	Grafik Posisi <i>Endeffector</i> Translasi Komponen Sumbu z.....	75
BAB V PENUTUP		77
5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran	78
DAFTAR PUSTAKA.....		80

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 4. 1 <i>Endeffector</i> Manipulator 4 Dof Variasi Posisi Awal Robot	67
Tabel 4. 2 <i>Endeffector</i> Manipulator 4 Dof Variasi Sudut Rotasi.....	69



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2. 1 Perpindahan Sebuah Benda Rigid.....	12
Gambar 2. 2 Perputaran Suatu Benda Tegar Terhadap Suatu Titik.....	15
Gambar 2. 3 Lintasan Titik Yang Dirotasikan Rotasi Terhadap Sumbu ω	20
Gambar 2. 4 Kerangka Koordinat untuk Menentukan Gerakan Benda Tegar.....	26
Gambar 2. 5 Gerakan Benda Tegar Yang Berotasi Terhadap Sumbu Tetap.....	30
Gambar 2. 6 <i>Revolute Joint</i> dan (b) <i>Prismatic Joint</i>	31
Gambar 2. 7 Gerak <i>screw</i> (sekrup).....	34
Gambar 2. 8 Detail <i>General Screw</i>	35
Gambar 2. 9 Gerak Rotasi Robot Manipulator 1 DoF.....	41
Gambar 2. 10 Gerakan Benda Tegar Yang Dihasilkan Oleh Rotasi Terhadap Sumbu Tetap.....	45
Gambar 4. 1 Manipulator 4 DoF Berdasarkan Konfigurasi Kerangka.....	56
Gambar 4. 2 Grafik Endeffector Translasi Sumbu X.....	71
Gambar 4. 3 Grafik Endeffector Translasi Sumbu Y.....	73
Gambar 4. 4 Grafik Endeffector Translasi Sumbu Z.....	75



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Hitungan <i>Endeffector</i> Rotasi dengan Metode Quaternion.....	82
Lampiran B. Hitungan <i>Endeffector</i> Translasi dengan Pendekatan Screw	84
Lampiran C. Hitungan <i>Endeffector</i> Rotasi dengan Wakilan Homogen.....	86
Lampiran D. Sifat-Sifat Quaternion.....	89
Lampiran E. Operator Quaternion Untuk Rotasi	91
Lampiran F Langkah-langkah Pembuatan Grafik Pada Scilabs.....	96
Lampiran G Uraian hasil Perhitungan Console Scilabs.....	98
Lampiran H Riwayat Hidup.....	101



DAFTAR SIMBOL

Berikut ini merupakan tata nama notasi dalam skripsi, yaitu sebagai

berikut :

DoF = Degree of Freedom (Derajat Kebebasan)

\mathbb{R}^3 = Matriks rotasi 3 dimensi

(g_*) = Fungsi dalam bentuk vektor

p dan q = Titik sembarang

$r_i^T r_j$ = Basis ortonormal

SO = *Special Orthogonal* (Grup lie)

so = Ruang vektor semua *skew matrices* 3 x 3 (Aljabar lie)

SE = *Special Euclidean*

ω = sumbu rotasi

$\hat{\omega}$ = *skew symmetric matrix*

θ = Sudut rotasi

$e^{\hat{\omega}\theta}$ = Matriks rotasi

$v_\theta = 1 - \cos \theta$

$c_\theta = \cos \theta$

$s_\theta = \sin \theta$

Q = Quaternion

Q^* = Konjugate quaternion

$\hat{\xi}$ = Twist

$\dot{p}(t)$ = kecepatan end effector

l = Sumbu gerakan screw

h = Pitch

ω_{ab}^s = Kecepatan sudut spasial

ω_{ab}^b = Kecepatan sudut benda

\hat{V}_{ab}^s = Kecepatan spasial benda

g = Transformasi benda tegar atau matriks konfigurasi benda tegar

Ad_g = Transformasi adjoint benda tegar

X = Posisi awal robot manipulator

x, y, z = *Endeffector* robot manipulator

v_x, v_y, v_z = posisi awal robot

$v'_{x\ rot}, v'_{y\ rot}, v'_{z\ rot}$ = *Endeffector* rotasi robot

$v'_{x\ trans}, v'_{y\ trans}, v'_{z\ trans}$ = *Endeffector* translasi robot

