

PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena dengan rahmat, taufik dan hidayah-Nya lah skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi berjudul “Pengaturan Pergerakan Robot Lengan *Smart Arm Robotic AX-12A* Melalui Pendekatan *Geometric-based Kinematic Menggunakan Arduino*” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- Rasulullah Muhammad SAW semoga sholawat dan salam tetap tercurah kepada beliau,
- Kedua orang tuaku, Almarhum Bapak Sutadji, Almarhumah Ibu Sudarsini atas segala nasehat, kasih sayang, perhatian dan kesabarannya di dalam membesarkan dan mendidik penulis.
- Paman dan Bibi, Bapak Suwarno dan Ibu Puji atas segala nasehat, kasih sayang, perhatian dan kesabarannya, serta telah banyak mendoakan kelancaran penulis hingga terselesaikannya skripsi ini,
- Bapak Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Purwanto Ir., MT selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Sistem Kontrol Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Goegoes D.N., ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I dan Kepala Laboratorium Robotika dan Mekatronika atas segala ilmu, bimbingan, nasehat, gagasan, ide, saran, motivasi dan bantuan yang telah diberikan dan izin yang diberikan dalam pengeraaan skripsi di Laboratorium Robotika dan Mekatronika.



- Ibu Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, MT selaku Dosen Pembimbing II dan Kepala Laboratorium Sistem Kontrol atas segala ilmu, bimbingan, nasehat, gagasan, ide, saran, motivasi dan bantuan yang telah diberikan dan izin yang diberikan dalam pengerjaan skripsi di Laboratorium Sistem Kontrol.
- Mbak Eka selaku Laboran Laboratorium Sistem Kontrol atas segala bantuan yang diberikan dalam pengerjaan skripsi di Laboratorium Sistem Kontrol,
- Staf rekording Jurusan Teknik Elektro,
- Rekan-rekan pengerjaan skripsi di “Lab. Sistem Kontrol”, Tri Wahyu Oktaviana P., Rizky Arissandi, Rudito Prayogo, Marina Dicarara, Dyah Ayu A.T, Hakiki Bagus Putro W., Khairul Ramadhan , Azri, Emon, Tegar, Dimas, Zainudin, Rozi, yang selalu memberi semangat, bantuan dan saran dalam pengerjaan skripsi,
- Teman-teman Lab Sistem Kontrol, Lab Robotika dan Mekatronika, Lab Komputasi dan Jaringan.
- Seluruh teman-teman, senior serta semua pihak yang tidak mungkin untuk dicantumkan namanya satu-persatu, terima kasih banyak atas bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Malang, 13 Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

– ii Pendekripsi Latar Belakang Robotik	Hal
PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iii
ABSTRAK	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Pembahasan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kinematika Robot Lengan.....	5
2.1.1 Rotasi	5
2.1.2 Translasi	7
2.1.3 <i>DENAVIT-HARTENBERG (D-H) Representation</i>	8
2.1.4 <i>Forward kinematic</i>	9
2.1.5 <i>Invers Kinematic</i>	10
2.2 Sistem Robot Lengan	11
2.3 <i>Smart Arm Robotix AX-12 A</i>	14
2.4 Motor Servo.....	15
2.5 <i>Arduino Mega</i>	19
2.5.1 Daya	20
2.5.2 Pemrograman	20
2.6 Qt	20

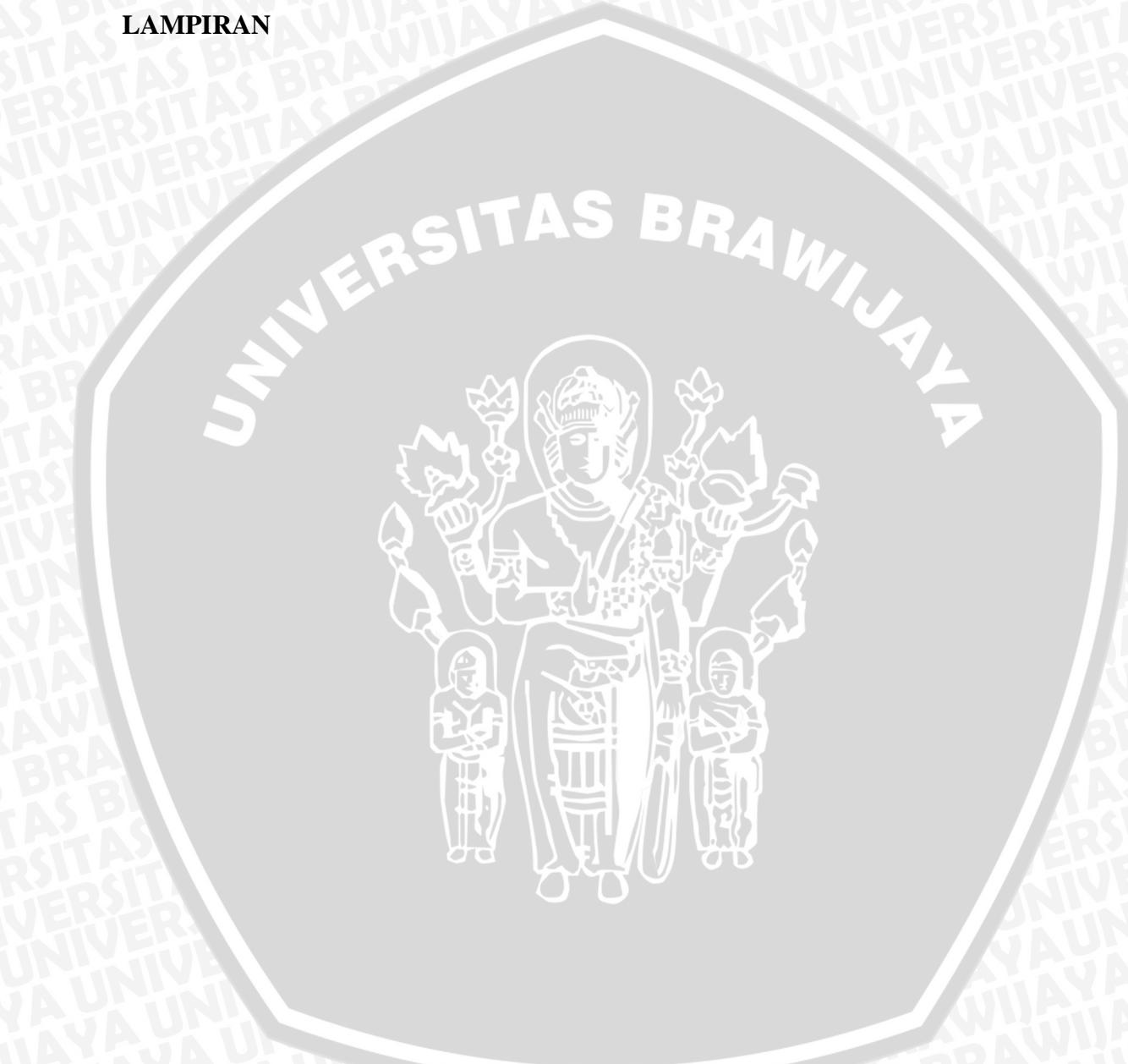


BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Perancangan Sistem	23
3.2 Realisasi Pembuatan Sistem	23
3.3 Pengujian dan Analisa Data	24
3.4 Pengambilan Kesimpulan dan Saran	25
BAB IV PERANCANGAN SISTEM DAN PEMBUATAN PROGRAM	26
4.1 Perancangan Sistem	26
4.1.1 Diagram Balok dan Prinsip Kerja Robot Lengan	26
4.1.2 Deskripsi <i>Frame</i> Robot Lengan	29
4.2 Perancangan Kinematika Robot Lengan	31
4.2.1 <i>Forward Kinematic</i>	32
4.2.2 <i>Invers Kinematic</i>	35
4.2.2.1 Membentuk Segitiga Untuk Tiap-tiap <i>Link</i>	35
4.2.2.1 Solusi Sudut Motor Servo	37
4.3 Perancangan Pergerakan Robot Lengan	38
4.3.1 <i>Workspace</i> Robot Lengan	38
4.3.2 Skema Gerak Robot Lengan	41
4.3.3 Perancangan Perangkat Lunak	42
4.4 Konversi	44
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM.....	52
5.1 Pengujian Motor Servo	52
5.2 Pengujian <i>Forward Kinematic</i>	61
5.3 Pengujian <i>Invers Kinematic</i>	63
5.4 Pengujian <i>Stall Torque</i> Motor Servo	67
5.4 Pengujian Torsi Pembebanan Pada Motor Servo	69

BAB VI PENUTUP	79
6.1 Kesimpulan.....	79
6.2 Saran	80

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

2.1 Parameter Link pada Lengan Robot.....	14
4.1 Perbandingan Hasil Konversi Manual dan <i>Datasheet</i>	45
4.2 Tabulasi Perhitungan Koefisien Korelasi	46
4.3 Tabulasi Perhitungan Fungsi Regresi Nilai <i>Datasheet</i>	48
4.4 Tabulasi Perhitungan Fungsi Regresi Nilai Konversi Manual.....	49
4.5 Tabulasi Perhitungan Standar Error of Prediction (E_{yx}) Hasil Konversi Manual	50
4.6 Tabulasi Perhitungan Standar Error of Prediction (E_{yx}) Hasil <i>Datasheet</i>	50
5.1 Hasil Pengujian Motor Servo pada <i>ID 1</i>	53
5.2 Hasil Pengujian Motor Servo pada <i>ID 2</i>	54
5.3 Hasil Pengujian Motor Servo pada <i>ID 3</i>	55
5.4 Hasil Pengujian Motor Servo pada <i>ID 4</i>	56
5.5 Hasil Pengujian Motor Servo pada <i>ID 5</i>	57
5.6 Hasil Pengujian Motor Servo pada <i>ID 6</i>	58
5.7 Hasil Pengujian Motor Servo pada <i>ID 7</i>	59
5.8 Pengujian <i>Forward Kinematic</i>	62
5.9 Pengujian <i>Invers Kinematic</i>	64
5.10 Pengujian <i>Stall Torque</i> pada Motor Servo	68
5.11 Pengujian Torsi Pembebanan 500 gr pada Motor Servo.....	71
5.12 Pengujian Torsi Pembebanan 700 gr pada Motor Servo.....	73
5.13 Pengujian Torsi Pembebanan 900 gr pada Motor Servo.....	75

Hal



DAFTAR GAMBAR

2.1 Rotasi pada Tiap-tiap Sumbu Koordinat Kartesian	5
2.2 Gambaran Umum Penempatan Frame Pada <i>Forward Kinematic</i>	10
2.3 Mekanik dari <i>Smart Arm Robotic AX-12A</i>	12
2.4 Pendeklarasian Frame Pada Robot Lengan	13
2.5 Motor Servo <i>Dynamixel AX-12A</i>	15
2.6 Pin Out Kabel Motor Servo <i>Dynamixel AX-12A</i>	16
2.7 Tampak Depan <i>Arduino Mega</i>	19
2.8 Logo <i>Qt Framework</i>	21
2.9 <i>Qt Creator Windows Mode</i>	22
4.1 Diagram Balok Perangkat Keras	26
4.2 Diagram Balok Sistem Pengaturan	27
4.3 <i>Smart Arm Robotic AX-12A</i>	27
4.4 Modul <i>Arduino Mega</i>	28
4.5 Konfigurasi IC 74LS241N dengan <i>Board Arduino Mega</i>	29
4.6 Pendeklarasian Frame Pada Robot Lengan <i>Smart Arm Robotic AX-12A</i>	30
4.7 Segitiga Link Penghubung Bagian Atas	36
4.8 <i>Invers Kinematic</i> dengan Metode Segitiga	36
4.9 <i>Workspace</i> Robot Lengan	38
4.10 Jangkauan min-max Robot Lengan	39
4.11 Rancangan Medan Robot Lengan	41
4.12 <i>Flowchart</i> Program <i>Forward Kinematic</i>	42
4.13 <i>Flowchart</i> Program <i>Invers Kinematic</i>	43
5.1 Blok Pengujian Motor Servo	53
5.2 Grafik Sudut Terhadap Resolusi Motor Servo <i>ID 1</i>	54
5.3 Grafik Sudut Terhadap Resolusi Motor Servo <i>ID 2</i>	55
5.4 Grafik Sudut Terhadap Resolusi Motor Servo <i>ID 3</i>	56

5.5 Grafik Sudut Terhadap Resolusi Motor Servo <i>ID 4</i>	57
5.6 Grafik Sudut Terhadap Resolusi Motor Servo <i>ID 5</i>	58
5.7 Grafik Sudut Terhadap Resolusi Motor Servo <i>ID 6</i>	59
5.8 Grafik Sudut Terhadap Resolusi Motor Servo <i>ID 7</i>	60
5.9 Blok Pengujian <i>Forward Kinematic</i>	62
5.10 Blok Pengujian <i>Invers Kinematic</i>	64
5.11 Blok Pengujian <i>Stall Torque</i> Motor Servo.....	68
5.12 Blok Pengujian Torsi Pembebanan Pada Motor Servo	70
5.13 Pembacaan <i>Serial Monitor</i> Untuk Informasi <i>Feedback</i>	77



ABSTRAK

Robot merupakan salah satu alat bantu yang dalam kondisi tertentu sangat diperlukan dalam industri. Diantara robot yang sering digunakan dalam dunia industri adalah robot lengan. Robot lengan diharapkan dapat diprogram ulang secara fleksibel oleh pengguna, maka kita membutuhkan antarmuka antara robot lengan dengan pengguna melalui komputer. Penggunaan metode *invers* dan *forward* pada robot lengan akan sangat memudahkan perhitungan posisi dan orientasi *end-effector*. Pada metode *invers kinematic* menggunakan analisa *geometri* untuk mendapatkan solusi posisi dari *end-effector*. Peralatan yang digunakan robot lengan *Smart Arm Robotic AX-12A*, board *Arduino Mega*, kabel komunikasi serial *USB Type A to B*. Pada pengujian *invers kinematic* rata-rata error posisi pada sumbu x yaitu sebesar ± 0.10476 cm dan pada sumbu y yaitu ± 0.23333 cm. Pada pengujian *forward kinematic* rata-rata error posisi pada sumbu x yaitu sebesar ± 0.00282 cm dan pada sumbu y yaitu ± 0.13526 cm.

Kata kunci: Robot lengan, Smart Arm Robotic AX-12A, Arduino, *invers kinematic*, *forward kinematic*