

Perancangan Lengan Robot 5 Derajat Kebebasan dengan Pendekatan Kinematika

Firmansyah¹, Yuwaldi Away¹, Rizal Munadi¹, Muhammad Ikhsan², dan Ikram Muddin²

¹Magister Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala

²Jurusan Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

e-mail: fmn.syah21@gmail.com

Abstrak—Penelitian ini membahas mengenai perancangan lengan robot 5 derajat kebebasan menjadi model skala kecil dari robot industri. Robot ini dirancang untuk dapat mensimulasikan atau menirukan pergerakan robot industri. Tujuan penelitian ini membangun lengan robot berdasarkan aspek kinematika dengan memperlihatkan secara langsung pergerakan *waist*, *sholuder*, *elbow*, *wrist pitch*, *wrist roll*, dan *gripper*. Perancangan termasuk membangun model kinematik robot dan fisik lengan robot yang dapat dikontrol menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dengan sistem pergerakan menggunakan servo motor DC. Lengan robot dikendalikan secara otomatis dari komputer dengan RS-232 atau USB interface selanjutnya melakukan pembelajaran mengenai kinematik lengan robot pada saat melakukan percobaan pergerakan. Robot ini sudah bekerja dengan baik dengan jarak maksimum yang bisa dijangkau oleh robot pada sumbu $x = 425$ mm, $y = 425$ mm dan $z = 480$ mm.

Kata kunci: *lengan robot, 5 derajat kebebasan, forward kinematik, Arduino*

Abstract— This study discusses the design of arm robot model with 5 degree of freedom that is designed to be a small-scale model of the articulated robot industry to simulate the movement of the robots industry. The objective of this research is to build a real arm robot based on kinematic aspects with the movement of waist, shoulder, elbow, wrist pitch, wrist roll and gripper, and to analyze the robot movement. The design includes building the real arm robot based on Arduino Uno board controller and the movement of the robot using servo motor DC. The robot can be controlled automatically from the computer with the RS-232 or USB port interface and it learns about the kinematic of the robot's arm when an experiment on the forward kinematic is accomplished. The robot was running well, with the maximum distance that can be reached by the robot on the coordinate axis $x = 425$ mm, $y = 425$ mm and $z = 480$ mm.

Keywords: *arm robot, 5 degree of freedom, forward kinematics, Arduino*

I. PENDAHULUAN

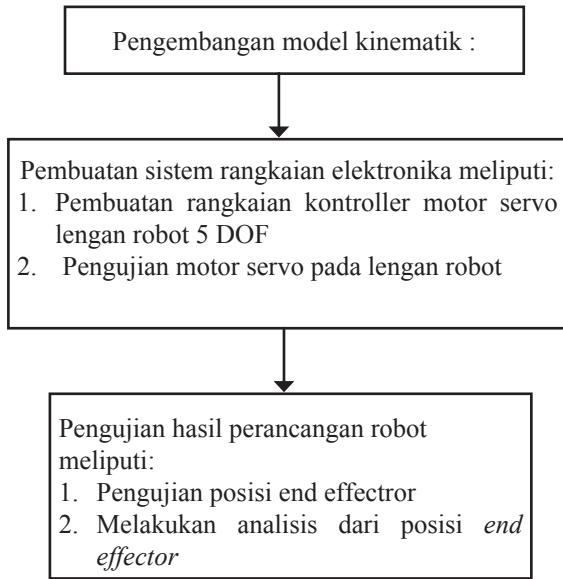
Robot merupakan suatu perangkat yang sangat penting di dunia saat ini disebabkan robot dapat mengemban tugas dan fungsi yang sangat fleksibel dalam membantu pekerjaan manusia. Salah satu robot yang penting dan banyak digunakan di dunia adalah *arm robot*/lengan robot karena tingkat penggunaannya yang sangat tinggi dan banyak diterapkan pada dunia industri, hal ini dibuktikan dengan kenaikan penjualan *industrial robot/ arm robot* sebesar 12% yaitu 178.132 unit pada tahun 2013 [1].

Karena pesatnya perkembangan lengan robot, penulis tertarik untuk meneliti dan membahas mengenai lengan robot dan membuat model skala kecil atau skala laboratorium dari lengan robot yang bisa bekerja dan menirukan pergerakan lengan robot industri aslinya. Kinematika merupakan salah satu hal yang sangat penting di bahas dalam perancangan lengan robot karena berkaitan dengan penentuan posisi dan orientasi dari *end effector* atau ujung dari lengan robot dalam melakukan tugas tertentu, sehingga lengan robot tepat pada posisi dan orientasi dari sebuah objek. Dalam membahas lengan robot masih ada

beberapa hal yang ingin dikembangkan dan dimodifikasi sesuai hasil pengamatan yang telah dilakukan sebelumnya pada simulasi kinematika robot Mitsubishi RV-M1 [2]. Tetapi karya ilmiah ini hanya membahas simulasi robot 3 derajat kebebasan. Kemudian penelitian yang dilakukan Firmansyah dkk [3] membahas simulasi dan perancangan robot tetapi kontruksi robot pada *joint* ke-2 berupa konstuksi Scara robot. Penelitian selanjutnya membahas robot dengan kontruksi berupa artikulasi robot industri tetapi hanya bersifat simulasi *software* [4]. Oleh karena hal tersebut maka pada penelitian ini dilakukan perancangan lengan robot 5 derajat kebebasan menjadi model skala kecil dengan kontruksi berupa artikulasi robot industri. Karena ukuran dari robot kecil, maka robot ini mudah di bawa dan gunakan oleh para pengajar dalam mengajarkan konsep kinematika dari lengan robot.

II. METODE

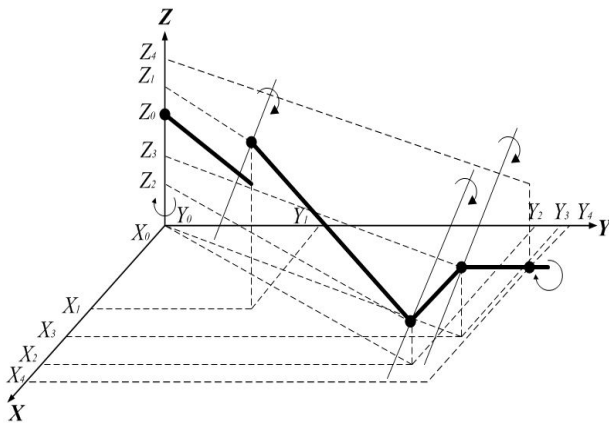
Pada Gambar 1 ditunjukkan alur pada penelitian ini. Alur ini akan digunakan dalam penyelesaian penelitian sehingga lebih terstruktur dan mudah dikerjakan.



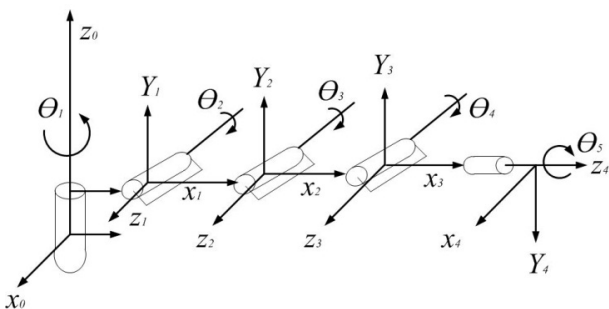
Gambar 1. Alur penelitian

A. Pengembangan Model Kinematik

Pembuatan model kinematika dilakukan untuk menjawab konstruksi dan spesifikasi dari lengan robot. Pada dasarnya penelitian ini mengacu kepada model *forward* kinematik yang bertujuan mencari solusi untuk



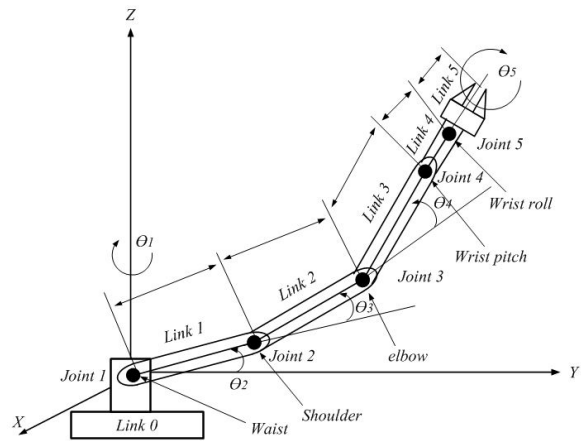
Gambar 2. koordinat antar link



Gambar 3. koordinat frame model tabung

Tabel 1. Batasan dan penamaan setiap joint

Joint i batasan operasi pergerakan robot	Struktur	Max	Min	Joint Range
1	Waist	900	-900	1800
2	Shoulder	900	-900	1800
3	Elbow	900	-900	1800
4	Pitch	900	-900	1800
5	Roll	900	-900	1800



Gambar 4. Kontruksi lengan robot

mendapatkan posisi dari *end effector* atau bagian ujung dari lengan robot terhadap *base* robot dalam sumbu X, Y dan Z [5][6].

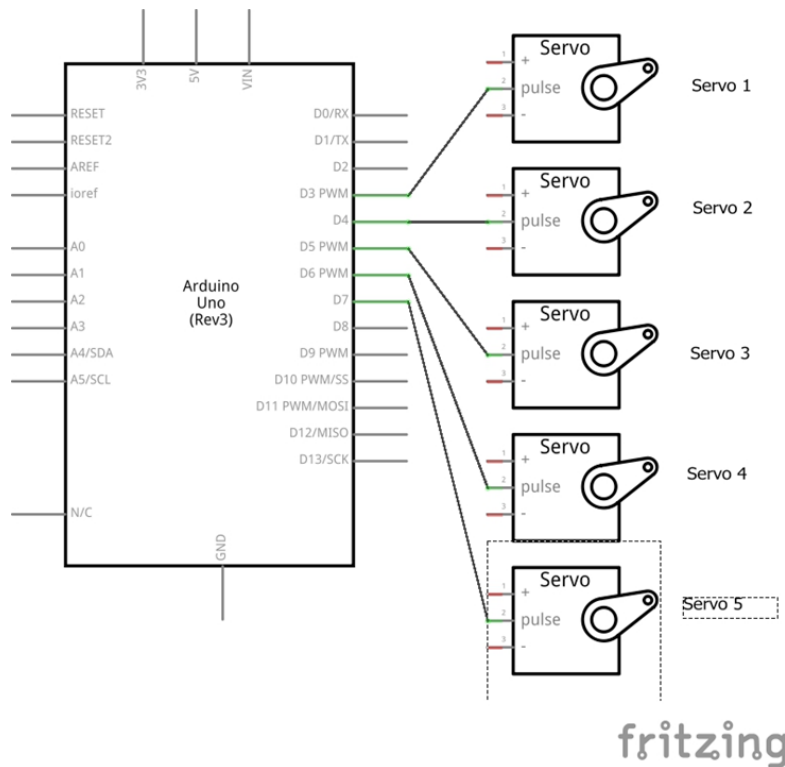
Lengan robot ini terdiri atas sejumlah bagian tubuh robot seperti *Link* dan sejumlah *Joint*. Setiap *joint* mewakili satu derajat kebebasan. Karena penelitian ini menyangkut 5 derajat kebebasan maka robot ini memiliki 5 *joint*. Semua pergerakan robot ini bersifat pergerakan rotasi sehingga perlu untuk mendeskripsikan hubungan rotasional antar *link*.

Untuk mendeskripsikannya maka terlebih dahulu merancang sebuah gambar koordinat antar *link* dan koordinat *frame* model tabung dalam sistem koordinat kartesian X, Y dan Z dari lengan robot ini. Gambar 2 menunjukkan dari koordinat antar link dan Gambar 3 menunjukkan sistem koordinat *frame* model tabung dari lengan robot.

Gambar 2 dan Gambar 3 diatas terlihat ada 5 *joint* yang bergerak secara rotasi. Setiap *joint* pada sebuah robot industri memiliki batasan operasi yang berbeda satu sama lain dan mempunyai nama yang berbeda dari setiap *joint*. Untuk nama dan batasan dari pergerakan setiap *joint* dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 4.

B. Pembuatan Sistem Rangkaian Elektronika

Pada bagian ini akan dilakukan pembuatan rangkaian elektronika lengan robot dengan 5 derajat kebebasan. Rangkaian ini merupakan rangkaian *output* dari sistem dimana pembuatan rangkaian elektronika lengan robot dilakukan dengan cara menghubungkan masing-masing



Gambar 5. Skematik rangkaian motor servo dengan mikrokontroler Arduino Uno

motor servo kepada mikrokontroler Arduino Uno. Gambar 5 menunjukkan skematik rangkaian motor servo dengan mikrokontroler Arduino Uno.

Setiap motor servo di kontrol menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dengan memberikan sinyal *pulse width modulation* (pwm) berkisar 600 us – 2300 us. Servo 1 merupakan bagian *joint 1 / waist* dihubungkan pada *port DO 3*, servo 2 merupakan bagian *joint 2 / shoulder* dihubungkan pada *port DO 5*, servo 3 merupakan bagian *joint 3 / elbow* dihubungkan pada *port DO 6*, servo 4 merupakan bagian *joint 4 / wrist pitch* dihubungkan pada *port DO 9* dan servo 5 merupakan bagian *joint 5 / wrist roll* dihubungkan pada *port DO 10*. DO merupakan singkatan dari *digital output* yang terdapat pada mikrokontroler.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memuat hasil pengujian motor servo dan lengan robot. Kemudian pembahasan percobaan pergerakan *forward* kinematik lengan robot 5 derajat kebebasan. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian dari 5 buah motor servo. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan motor servo berjalan dengan baik dan memastikan pula besaran minimum dan maksimum sinyal PWM yang harus diberikan kepada motor servo agar memudahkan dalam melakukan pemrograman untuk menentukan posisi 0° dan 180° dari motor servo.

Selanjutnya dibahas tentang analisis posisi dari hasil percobaan *forward* Kinematik yang telah digunakan. Tabel 3 menunjukkan hasil percobaan *forward* Kinematik simulasi robot.

Pemberian besaran setiap sudut pada *joint 1* sampai

joint 5 pada percobaan *forward* kinematik dilakukan secara acak dengan mengambil nilai *range* minimum dan maksimum setiap *joint* seperti yang terlihat pada Tabel 3. Dari *range* minimum dan maksimum tersebut diketahui jangkauan terjauh dari lengan robot yang dapat dijangkau. Untuk jangkauan sumbu *x* maksimum = 425 mm, sudut setiap *joint* berada pada $\theta_1 = 0^\circ, \theta_2 = 0^\circ, \theta_3 = 0^\circ, \theta_4 = 0^\circ, \theta_5 = 0^\circ$. Sedangkan untuk jangkauan sumbu *y* maksimum = 425 mm, sudut setiap *joint* berada pada $\theta_1 = 90^\circ, \theta_2 = 0^\circ, \theta_3 = 0^\circ, \theta_4 = 0^\circ, \theta_5 = 0^\circ$.

Untuk jangkauan sumbu *z* maksimum = 480 mm, sudut setiap *joint* berada pada $\theta_1 = 90^\circ, \theta_2 = 90^\circ, \theta_3 = 0^\circ, \theta_4 = 0^\circ, \theta_5 = 0^\circ$. Terdapat banyak kemungkinan sudut untuk mencapai jarak jangkauan maksimum *x,y* dan *z* dari lengan robot.. Tabel 3 hanya menghimpun beberapa sampel pergerakan. Gambar 5 menunjukkan gambar fisik hasil pembuatan lengan robot 5 derajat kebebasan.

Tabel 2. Kalibrasi motor servo

Servo ke-	Minimum PWM (us)	Maksimum PWM (us)	Arah pergerakan lengan robot posisi 0°	Arah pergerakan lengan robot posisi 180°
Servo 5	510	2430	Kanan	Kiri
Servo 4	650	2300	Atas	Bawah
Servo 3	750	2330	Bawah	Atas
Servo 2	700	2370	Bawah	Atas
Servo 1	560	2370	Kiri	Kanan

Tabel 3. Percobaan forward kinematik lengan robot 5 derajat kebebasan

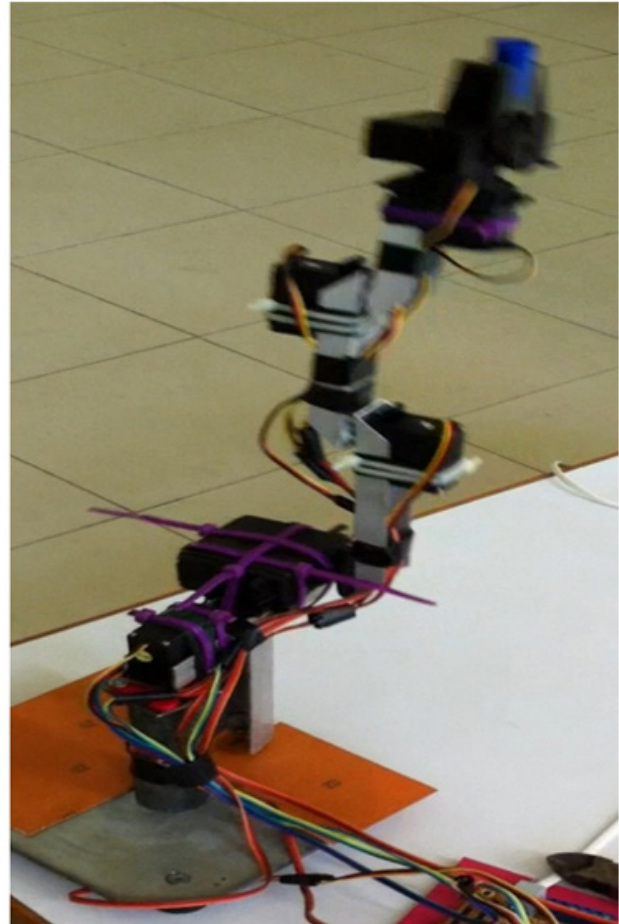
No	Sudut Joint (Dalam Derajat)					Posisi Robot (Dalam mm)		
	01	02	03	04	05	Px	Py	Pz
1	0	0	0	0	0	425	0	149
2	45	0	0	0	0	300	300	150
3	45	45	0	0	0	233	233	384
4	45	45	45	0	0	123	123	444
5	45	45	45	45	0	58	58	410
6	45	45	45	45	45	58	58	410
7	0	30	0	0	0	381	0	317
8	0	30	45	0	0	247	0	418
9	0	0	75	30	0	194	0	364
10	0	0	75	30	25	194	0	364
11	0	90	-45	0	0	255	0	412
12	0	90	-45	-30	0	289	0	353
13	0	90	-45	-30	-20	289	0	353
14	90	0	0	0	0	0	425	149
15	90	90	0	0	0	0	100	480

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan. Maksimum jarak yang bisa dijangkau oleh robot pada sumbu $x = 425$ mm, $y = 425$ mm dan $z = 480$ mm. Selanjutnya Robot sudah berjalan dengan baik. Saran untuk penelitian berikutnya agar dilakukan penelitian dengan melihat aspek *inverse* kinematik dan melakukan percobaan pergerakan secara nyata pada fisik lengan robot 5 derajat kebebasan dengan metode *inverse* kinematic.

REFERENSI

- [1] IFR Statistical Department, "Executive summary World Robotics 2014 Industrial Robots," world robotic, pp11,24, September. 2014
- [2] Gunawan, Wihardi, Chandra, K., *Simulasi Kinematika robot Mitsubishi RV-M1*. Skripsi S1.Universitas Bina Nusantara, Jakarta. 2003.
- [3] Firmansyah, Andi, Artur, Perancangan Model Industrial Robot Secara Kinematik, Skripsi, Universitas Bina Nusantara, 2009.
- [4] Firmansyah, "perancangan simulasi model industrial robot manipulator 6 derajat kebebasan secara kinematik," in *Prosiding Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro (Snete)*, Banda Aceh, Indonesia. 2011.
- [5] Fu, K.S., R.C. Gonzales., C.S.G. Lee., *Robotics : Control, Sensing, Vision, And Intelligence*. McGraw-Hill Book Co, Singapore. 1987.
- [6] Bischo, Andreas., Jochheim., Michael Gerke., *Modeling and simulation of kinematic systems*, Germany, 1999.
- [7] Endra Pitowarno., *Robotika*, Andi Ofset, Yogyakarta, 2006.
- [8] Arthur J. Critchlow., *Introduction Robotics*, Macmillan Publishing, USA, 1985.
- [9] Craig, John J., *Introduction to Robotics : Mechanics And Control*, 2nd ed. Addison-Wesley Publishing Company, California. 1989.
- [10] Arduino Uno. (view Dec. 2014). Specification Arduino uno. [Online]. Available: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>.
- [11] Andy, Riza, Theodorus., *Simulasi kinematika lengan robot industri dengan 6 derajat kebebasan*, skripsi, Universitas Bina Nusantara, Jakarta. 2004.



Gambar 5. Lengan robot

Penerbit:

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111

website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>

email: rekayasa.elektrika@unsyiah.net

Telp/Fax: (0651) 7554336

