

**IMPLEMENTASI MOTOR STEPPER BIPOLAR
PADA ARM MANIPULATOR 6 DOF DENGAN PENGENDALI
MASTER CONTROLLER**

PROYEK AKHIR

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Diploma III

Oleh:

Riska Wulandari

219341044



**PROGRAM STUDI MEKATRONIKA
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI MOTOR STEPPER BIPOLAR PADA ARM MANIPULATOR 6 DOF DENGAN PENGENDALI MASTER CONTROLLER

Oleh:

Riska Wulandari

219341044

Program Studi Mekatronika

Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika

Politeknik Manufaktur Bandung

Menyetujui
Tim Pembimbing

Tanggal sidang (27 Juli 2022)

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Setyawan Ajie Sukarno, S.S.T., M.T., M.Sc. Eng
NIP. 198004282008101001

Dr. Susetyo Bagas Bhaskoro, S.S.T., M.T.
NIP. 198706222015041002

ABSTRAK

Arm Manipulator merupakan salah satu jenis robot yang banyak digunakan pada dunia industri. *Arm Manipulator* adalah sebuah robot yang menggunakan motor penggerak dengan bentuk seperti tangan untuk mempermudah pekerjaan manusia di bidang industry. Penerapan *Arm Manipulator* yang telah banyak digunakan yaitu untuk pengelasan, pengecatan, pengeboran, dan pemindahan. Pada Proyek Akhir ini dibuat sebuah *Arm Manipulator* 6 DoF atau dengan kata lain adalah lengan robot yang memiliki 6 derajat kebebasan. *Arm manipulator* yang dibuat ini menggunakan penggerak motor stepper yang dikendalikan oleh joystick yang disebut dengan master controller. Pengendaliannya dilakukan secara remote/jarak jauh menggunakan komunikasi serial. Dalam hal ini, dilakukan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana implementasi stepper motor pada *arm manipulator* 6 DoF serta mengetahui keakurasian motor stepper berdasarkan pulsa yang diberikan. Hasil yang didapat dari pengujian tersebut yaitu error pada *joint* 1 sebesar 0,27%, *joint* 2 sebesar 0,4%, *joint* 3 sebesar 0,13%, *joint* 4 sebesar 0,09%, *joint* 5 sebesar 0,15%, dan *joint* 6 sebesar 0,03%. Dari pengujian terhadap keenam *joint* tersebut didapat sebuah rata-rata error keseluruhan yaitu sebesar 0,14%.

Kata kunci : *Arm Manipulator*, *Master Controller*, motor stepper

ABSTRACT

Arm Manipulator is one type of robot that is widely used in the industrial world. Arm Manipulator is a robot that uses a motor with a shape like a hand to facilitate human work in industry. Arm Manipulator applications that have been widely used are for welding, painting, drilling, and moving. In this final project, a 6 DoF Arm Manipulator or in other words is a robotic arm that has 6 degrees of freedom. This arm manipulator uses a stepper motor driven by a joystick called the master controller. Control is done remotely using serial communication. In this case, a test is carried out which aims to find out how to implement a stepper motor on a 6 DoF arm manipulator and determine the accuracy of the stepper motor based on the pulse given. The results obtained from the test are the error at joint 1 is 0.27%, joint 2 is 0.4%, joint 3 is 0.13%, joint 4 is 0.09%, joint 5 is 0.15%, and joint 6 by 0.03%. From the testing of the six joints, an overall average error of 0.14% was obtained.

Keywords : *Arm Manipulator, Mater Controller, Stepper Motor*

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagi-Nya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hamba-Nya dan Rasul-Nya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan proyek akhir ini dengan judul: “IMPLEMENTASI MOTOR STEPPER BIPOLAR PADA ARM MANIPULATOR 6 DOF DENGAN PENGENDALI MASTER CONTROLLER”.

Proyek akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Diploma III pada Program Studi Mekatronika di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya proyek akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Mohammad Nurdin, S.T., M.A.B.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ismail Rokhim, ST., MT.
3. Ketua Program Studi D-III Mekatronika, Ibu Siti Aminah, S.T., M.T
4. Kedua Pembimbing proyek akhir Bapak Dr. Setyawan Ajie Sukarno, S.S.T., M.T., M.Sc. dan Bapak Susetyo Bagas Bhaskoro, S.S.T., M.T.
5. Para Penguji sidang proyek akhir Bapak Wahyudi Purnomo, S.T.,M.T., Bapak Nur Jamiludin Ramadhan, S.Tr. M.T., Bapak Gungun Maulana, S.Pd., M.T. dan Bapak Abdur Rohman Harits Martawireja, S.Si., M.T.
6. Panitia proyek akhir Ibu Hilda Khoirunnisa. S.Tr.T., M.Sc.Eng, dan Bapak Afaf Fadhil Rifa'i, S.T., M.T.
7. Teristimewa kepada Orang Tua serta keluarga besar penulis yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir ini.

8. Rekan kelompok 9 Raihan Ramadhan, Fachri Maulana Fulchan serta rekan kelas AEB 2019 dan rekan – rekan mahasiswa AE 2019 yang saling mendukung dan menyemangati dalam proses penyelesaian proyek akhir ini

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan proyek akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 20 Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Tujuan	1
1.2 Teknologi	1
1.2.1 Pemilihan Komponen dan Bahan	2
1.3 Batasan Pembahasan	4
BAB II	5
LAPORAN TEKNIK	5
2.1 Landasan Teori	5
2.1.1 Latar Belakang Proyek	5
2.1.2 Lengan Robot (Arm Manipulator).....	6
2.1.3 Kinematik	7
2.1.4 Motor Stepper	9
2.1.5 Driver Motor Stepper	14
2.1.6 Komunikasi Serial UART Arduino	20
2.2 Metodologi Penelitian.....	21
2.3 Gambaran Umum Sistem.....	22
2.4 Perangkat Mekanik	23
2.4.1 Konstruksi Arm Manipulator 6 DOF dan Master Controller	23
2.4.2 Ukuran dan Area Kerja Arm Manipulator 6 DOF.....	28
2.4.3 Diagram Alir Sistem.....	29
2.4.4 Diagram Alir Sistem Secara Umum	29
2.5 Gambaran Sub Sistem.....	31
2.5.1 Konversi Data Sudut ke Data Step	33
2.5.2 Pergerakan Motor Stepper	38
2.5.3 Rangkaian Elektrik Motor Stepper dan Driver.....	40
2.6 Pengujian	41
2.6.1 Pengujian pergerakan stepper.....	41

BAB III	46
KESIMPULAN DAN SARAN	46
3.1 Kesimpulan.....	46
3.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Master Controller	6
Gambar 2. 2 Lengan robot 6 DoF	7
Gambar 2. 3 Motor Stepper	9
Gambar 2. 4 Pergerakan full step one phase.....	10
Gambar 2. 5 Pergerakan full step two phase.....	11
Gambar 2. 6 Pergerakan half step	11
Gambar 2. 7 Rangkaian motor stepper unipolar	12
Gambar 2. 8 Lilitan pada Bipolar Stepper Motor	13
Gambar 2. 9 Rangkaian Bipolar Stepper Motor	13
Gambar 2. 10 Driver stepper motor TB6600	15
Gambar 2. 11 Driver motor stepper A4988	17
Gambar 2. 12 Pin A4988	18
Gambar 2. 13 Ilustrasi serial komunikasi Rx Tx	20
Gambar 2. 14 Flowchart Metodologi Penelitian.....	21
Gambar 2. 15 Arm Manipulator 6 Dof dan Master Controller	22
Gambar 2. 16 Gambaran Umum Sistem Arm Manipulator dan Mater Controller	23
Gambar 2. 17 Stick Diagram Arm Manipulator 6 DOF	24
Gambar 2. 18 Joint Pada Arm Manipulator	25
Gambar 2. 19 Dimensi Master Controller.....	26
Gambar 2. 20 Design Panel Master Controller dan Joystick Master Controller.....	27
Gambar 2. 21 Area Kerja Arm Manipulator	28
Gambar 2. 22 Diagram Alir system umum	29
Gambar 2. 23 Diagram Alir Sistem secara umum A	30
Gambar 2. 24 Ilustrasi Pulley yang digunakan	35
Gambar 2. 25 Rangkaian stepper motor dan driver motor.....	40
Gambar 2. 26 Salah satu pengujian yaitu pada joint 1 menggunakan busur digital	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan TB6600 dan TB6560	2
Tabel 2. 2 Perbedaan Inverse Kinematic dan Forward Kinematic	9
Tabel 2. 3 Urutan eksitasi motor stepper full step one phase	10
Tabel 2. 4 Urutan eksitasi motor stepper full step two phase	11
Tabel 2. 5 Spesifikasi TB6600.....	15
Tabel 2. 6 Setting MicroStep	17
Tabel 2. 7 Setting current TB6600.....	17
Tabel 2. 8 Spesifikasi A4988.....	18
Tabel 2. 9 Setting Micro Step	19
Tabel 2. 10 Jangkauan sudut pergerakan arm manipulator	33
Tabel 2. 11 Jumlah gigi pada pulley yang digunakan.....	35
Tabel 2. 12 Pengujian Sudut Pada Joint 1	42
Tabel 2. 13 Pengujian Sudut Pada Joint 2	42
Tabel 2. 14 Pengujian Sudut Pada Joint 3	43
Tabel 2. 15 Pengujian Sudut Pada Joint 4	43
Tabel 2. 16 Pengujian Sudut Pada Joint 5	43
Tabel 2. 17 Pengujian Sudut Pada Joint 6	44
Tabel 2. 18 Hasil Pengujian Rata-Rata Persen Error	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Tujuan

Tujuan dari penulisan karya tulis proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui bagaimana mengkonversi data *degree* menjadi data *step*
2. Mengetahui *setting microstep* dan *setting current motor driver*
3. Mencari pergerakan stepper motor agar lebih halus
4. Menguji keakurasian motor stepper terhadap masukan pulsa

1.2 Teknologi

Teknologi yang digunakan para proyek akhir ini adalah:

1. Interfacing : LCD Display 20x4
2. Proses : Microcontroller - Arduino Mega 2560

Perangkat keras:

1. Motor Stepper : a. Nema 8 (8HS11-0204S)
b. Nema 11 (28HD1411-02)
c. Nema 17 (17HS4401)
d. Nema 23 (5718HB2401)
2. Driver Motor Stepper : a. A4988 Driver Stepper Module
b. TB6600 Driver Stepper Module
3. Input Digital : a. Push Button
b. Saklar Toggle
4. Output Digital : LED
5. Sensor : Potensiometer 100K Ohm

Perangkat Lunak:

1. Arduino IDE
2. Solidworks 2020
3. Eagle PCB Design

1.2.1 Pemilihan Komponen dan Bahan

Berdasarkan teknologi yang digunakan, terdapat pertimbangan dan batasan dalam pemilihan teknologi tersebut. Adapun pemilihan komponen pada proyek ini adalah :

1. Motor Stepper Bipolar sebagai penggerak

Untuk memilih suatu penggerak yang sesuai pada tiap *joint Arm Manipulator* perlu beberapa pertimbangan. Namun alasan utama pemilihan motor stepper yaitu motor stepper memiliki variasi sudut *step*. Dengan adanya variasi sudut *step* tersebut akan lebih memudahkan untuk melakukan pengontrolan serta pengontrolannya dapat langsung menggunakan sinyal digital tanpa perlu menggunakan rangkaian *closed-loop feedback* untuk memonitor posisinya. Dengan alasan inilah maka motor stepper banyak digunakan sebagai aktuator yang menerapkan rangkaian digital sebagai pengontrol (*driver*), ataupun untuk *interfacing* ke piranti yang berbasis mikrokontroler. Alasan penggunaan motor stepper bipolar yaitu memiliki keunggulan dibandingkan dengan motor stepper unipolar dalam hal torsi yang lebih besar untuk ukuran yang sama.

2. TB6600 dan A4988 sebagai driver motor stepper

a. TB6600

Sebelum memilih *driver* motor yang pas untuk digunakan, dilakukan perbandingan antara *driver* TB6600 dengan TB6500. Perbandingan tersebut digunakan sebagai acuan pemilihan driver motor, dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2. 1 Perbandingan TB6600 dan TB6560

	TB6600	TB6560
<i>Operating voltage</i>	10 – 35 VDC, 24 VDC <i>recommended</i>	9 – 42 VDC, 36 VDC <i>recommended</i>
<i>Output current (peak)</i>	5.0 A	3.5 A
<i>Microstep resolution</i>	<i>Full</i> , ½, ¼, 1/8, 1/16, dan 1/32	<i>Full</i> , ½, 1/8, dan 1/16

Berdasarkan tabel 2.1, didapat sebuah kesimpulan yaitu perbedaan yang cukup jelas adalah kapasitas peak current TB

6600 yang lebih besar, sehingga kuat untuk mengangkat motor stepper Nema 23 keatas. Kelebihan lain TB6600 dibandingkan TB6560 yaitu *wiring* yang lebih

mudah sehingga tidak memerlukan banyak kabel. Pada *controller* TB6600 hanya perlu menghubungkan CW, CLK, +5V, sedangkan TB6560 *controller* CW-, CLK-, dan EN- perlu dihubungkan ke *ground*.

Keistimewaan *driver* TB6600 yaitu dapat membuat pergerakan stepper motor menjadi lebih halus dengan membagi 360 putaran dengan jumlah pulsa yang lebih banyak (lebih dari 200 pulsa).

b. A4988

Pada rencana awal, dilakukan riset mendalam antara driver A4988 dan L298N. Dari hasil riset tersebut didapatkan sebuah kesepakatan untuk memakai A4988. Alasan utama penggunaan A4988 dibandingkan L298N yaitu dapat mengendalikan banyak motor stepper. Kelebihan lainnya yaitu A4988 dapat mengontrol kecepatan dan arah putaran motor stepper bipolar seperti Nema 17 hanya dengan menggunakan 2 pin.

3. Bahan

Seluruh rangka *arm manipulator* dan *master controller* dibuat dengan menggunakan *3D printer Ender 3 V2*. Adapun bahan yang digunakan adalah jenis bahan *Polylactic acid*. *Polylactic acid* (PLA) adalah bahan yang berpotensi menggantikan polimer tersebut. PLA merupakan salah satu biopolimer yang diproduksi dari fermentasi gula pada bahan yang dapat diperbaharui seperti tebu dan jagung. Oleh karena itu PLA sangat aman digunakan dan ramah lingkungan. Keunggulan PLA jika dibandingkan dengan biopolimer lainnya adalah memiliki kemampuan proses *thermal* yang lebih baik jika dibandingkan dengan bahan lain seperti *polyhydroxyl alkanoate* (PHA), *polyethylene glycol* (PEG), dan *polycaprolactone* (PCL), memiliki kekuatan tarik tinggi, dan dapat diproses menggunakan peralatan.

1.3 Batasan Pembahasan

Fokus pembahasan yang diuraikan pada karya tulis ini dibatasi. Pembatasan bahasan pada karya tulis ini adalah sebagai berikut :

1. Kinerja robot bergantung pada *hardware* yang digunakan.
2. Lengan robot menggunakan desain robot yang bersifat *open source* pada laman *SkyentificGit/SmallRobotArm - GitHub*
3. *Master controller* dan *arm manipulator* (lengan robot) terhubung dengan komunikasi serial.
4. Tidak terdapat fitur *Teaching* untuk lengan robot.
5. *Design* lengan robot yang digunakan bersifat *open-source*.
6. *Arm manipulator* digerakkan menggunakan mode *Joystick Master Controller*.
7. Robot digerakkan secara *Forward Kinematics* (masukan derajat menjadi keluaran posisi).