

**PERANCANGAN PERGERAKAN KAKI ROBOT *HUMANOID*
MENGUNAKAN SERVO DYNAMIXEL BERBASIS OPEN CM 9.04**

TUGAS AKHIR

*Diajukan kepada Tim Penguji Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektronika
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang sebagai salah satu
Persyaratan guna memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan*



Oleh

ULFA WAHYU PUTRI

NIM: 15065052/2015

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2019**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

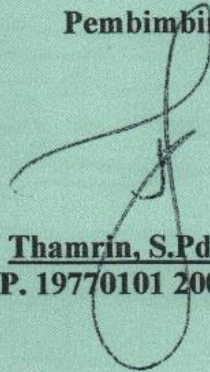
TUGAS AKHIR

Judul : Perancangan Pergerakan Kaki Robot *Humanoid*
Menggunakan Servo Dynamixel Berbasis Open CM 9.04
NAMA : Ulfa Wahyu Putri
NIM : 15065052
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektronika
Jurusan : Teknik Elektronika
Fakultas : Teknik

Padang, Agustus 2019

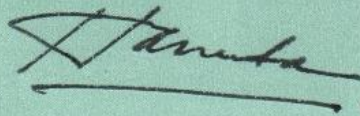
Disetujui Oleh

Pembimbing,



Thamrin, S.Pd., M.T.
NIP. 19770101 200812 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektronika
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang



Drs. Hanesman, M.M.
NIP. 19610111 198503 1 002

PENGESAHAN TIM PENGUJI

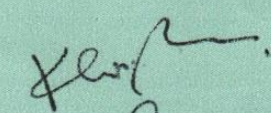
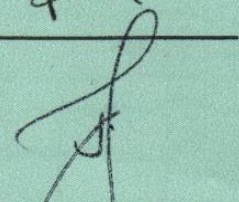
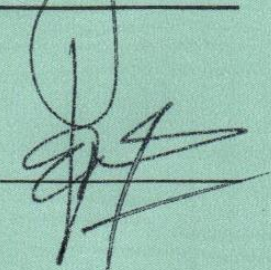
Nama : Ulfa Wahyu Putri
NIM : 15065052

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji
Tugas Akhir Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika
Jurusan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

**Perancangan Pergerakan Kaki Robot *Humanoid* Menggunakan Servo
Dynamixel Berbasis Open CM 9.04**

Padang, Agustus 2019

Tim Penguji :

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Khairi Budayawan, S.Pd., M.Kom.	1. 
2. Anggota	: Thamrin, S.Pd., M.T.	2. 
3. Anggota	: Dr. Edidas, M.T.	3. 

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ulfa Wahyu Putri
NIM/TM : 15065052/2015
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektronika
Jurusan : Teknik Elektronika
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir saya dengan judul **“Perancangan Pergerakan Kaki Robot *Humanoid* Menggunakan Servo Dynamixel Berbasis Open CM 9.04”** adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri. Tidak ada bagian didalamnya yang merupakan karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan yang lazim.

Padang, Agustus 2019

Yang menyatakan,



Ulfa Wahyu Putri
NIM. 15065052

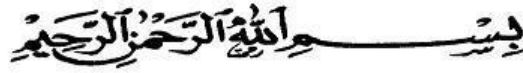
ABSTRAK

ULFA WAHYU PUTRI : “Perancangan Pergerakan Kaki Robot *Humanoid* Menggunakan Servo Dynamixel Berbasis Open CM 9.04”

Tujuan dari tugas akhir ini untuk menciptakan robot KRSTI yang akan menari dengan perintah dari suara musik dan robot dapat melakukan pergerakan kaki pada tarian jaipong yang mana ini merupakan tema dari KRI 2019 divisi KRSTI. Proses perancangan dan pembuatan sistem ada beberapa metode yaitu metode perancangan Invers Kinematik, perancangan dari segi perangkat keras (*Hardware*) maupun dari segi perangkat lunak (*Software*). Hasil perancangan dan pembuatan adalah mampu melakukan pergerakan kaki robot *humanoid* menggunakan perhitungan invers kinematic dengan 3 DOF (*Degree Of Freedom*) dimana gerakan – gerakan tersebut meliputi: gerakan *walkready*, jalan, serong kanan, dan serong kiri dengan baik. Ada dua perangkat lunak yang digunakan pada robot *humanoid* ini yaitu perangkat lunak robotik OpenCM 9.04 untuk memprogram pergerakan dari kaki robot *humanoid* dan perangkat lunak Arduino nano yang digunakan untuk memprogram sensor suara yang merupakan input dari robot *humanoid*. Pada saat musik dalam kondisi *on* maka sensor suara akan menerima data serial dan dikirim ke Arduino nano dan berikutnya Arduino nano akan mengkomunikasikan serial ke mikrokontroler OpenCM 9.04 dan robot akan melakukan pergerakan sesuai dengan program yang telah diinputkan pada OpenCM 9.04.

Kata kunci : Robot *humanoid*, KRSTI, OpenCM 9.04

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Perancangan Pergerakan Kaki Robot *Humanoid* Menggunakan Servo Dynamixel Berbasis Open CM 9.04”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa pelaksanaan Tugas Akhir ini banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak. Dr. Fahmi Rizal, M.Pd., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
2. Bapak Drs. Hanesman, M.M. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektronika sekaligus ketua prodi Pendidikan Teknik Elektronika Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Drs. Almasri, M.T. selaku sekretaris jurusan Teknik Elektronika, sekaligus dosen penguji.
4. Bapak Khairi Budayawan, S.Pd., M.Kom. dan Bapak Dr. Edidas, M.T. selaku penguji pada Tugas Akhir yang telah memberikan masukan serta saran dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

5. Bapak Thamrin, S.Pd., M.T. selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen serta seluruh staf Jurusan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang telah membantu penulis selama menuntut ilmu.
7. Kedua Orang Tua dan semua keluarga yang telah banyak berjasa baik moral maupun materil dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Elektronika UNP, khususnya Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika angkatan 2015, dan Rekan-rekan Mahasiswa Tim Robotika dan Otomasi UNP, pembina Unit Kegiatan Mahasiswa Robotika dan Otomasi Universitas Negeri Padang, dan alumni Robotika dan otomasi UNP yang telah banyak berkontribusi dalam perancangan robot serta memberikan akses pada workshop Pusat robotika dan otomasi UNP sehingga penulis dapat mengembangkan ilmu pengetahuan di bidang robotika selama menuntut ilmu di Universitas Negeri Padang dan semua pihak yang telah membantu penulis untuk mewujudkan Tugas Akhir ini dan menyelesaikan studi yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu .

Semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat untuk penulis sendiri, bermanfaat untuk semua pihak, serta dapat dikembangkan lebih lanjut oleh tim robotik UNP pada pusat robotika dan otomasi UNP, dan bernilai ibadah di sisi Allah SWT. Tugas Akhir ini tidak terlepas dari kesalahan dan kekeliruan, oleh sebab itu

penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca.

Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Padang, Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan.....	5
F. Manfaat.....	6
BAB II KERANGKA TEORI	
A. Robot.....	7
B. Robot Seni Tari Indonesia.....	9
C. Penerapan Invers Kinematik Pada Robot <i>Humanoid</i>	11
D. Open CM 9.04 sebagai mikrokontroler.....	14
E. Motor Servo.....	16
F. <i>Sound Sensor</i>	20
G. Arduino Nano.....	21
H. Sistem Operasi Robotis__OpenCM.....	22
I. Diagram Alir.....	23
BAB III METODE PERANCANGAN	
A. Blok Diagram Alat.....	25
B. Prinsip Kerja Alat.....	28
C. Perancangan <i>Hardware</i>	28
D. Perancangan <i>Software</i>	29

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Prosedur Pengujian.....	31
B. Peralatan Pengujian.....	32
C. Pengujian dan Hasil Pengukuran.....	32

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan.....	54
B. Saran	55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Robot <i>Humanoid</i>	8
2. Pertandingan Robot <i>Humanoid</i> KRSTI	11
3. Relasi Kinematika <i>Forward</i> dan <i>Invers</i>	12
4. Board Open CM 9.04	14
5. Datasheet Board Open CM 9.04	15
6. Dynamixel Servo MX-64 dan MX-28	17
7. <i>Goal Position</i> MX-64.....	18
8. <i>Goal Position</i> MX-28	19
9. <i>Sound Sensor module</i>	20
10. <i>Datasheet</i> Arduino Nano	22
11. Tampilan <i>Software</i> Robotis_Open CM 9.04	23
12. Blok Diagram Sistem Pergerakan kaki robot <i>Humanoid</i>	26
13. Mekanik Robot <i>Humanoid</i>	29
14. Diagram Alir Pergerakan Kaki Robot <i>Humanoid</i> KRSTI	30
15. Dimensi Robot <i>Humanoid</i>	35
16. Posisi Kaki Pada Koordinat X dan Y	36
17. Posisi Pergerakan Kaki <i>Walkready</i>	41
18. Posisi Kaki Step Pertama Pergerakan Kaki Berjalan	42
19. Posisi Kaki Step Kedua Pergerakan Kaki Berjalan	43
20. Posisi Kaki Step Ketiga Pergerakan Kaki Berjalan	44
21. Posisi Kaki Step Keempat Pergerakan Kaki Berjalan	45
22. Posisi Kaki Step Kelima Pergerakan Kaki Berjalan	46
23. Posisi Kaki Step Keempat Pergerakan Kaki Serong Kanan	47
24. Posisi Kaki Step Kelima Pergerakan Kaki Serong Kanan	48
25. Posisi Kaki Step Kelima Pergerakan Kaki Serong Kiri	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Macam-macam tipe data Bahasa Pemrograman C/C++	16
2. <i>Datasheet</i> Dynamixel MX-64	18
3. <i>Datasheet</i> Dynamixel MX-28	19
4. Simbol-simbol <i>Flowchart</i>	24
5. Pengujian Pin Logika Mikrokontroler Open CM 9.04	32
6. Pengujian Pin Logika Mikrokontroler Arduino Nano	33
7. Pengujian Pin Output Rangkaian <i>Sound Sensor</i>	34
8. Koordinat Sumbu X dan Y pada Robot <i>Humanoid</i>	36
9. Hasil Perhitungan Invers Kinematika Robot <i>Humanoid</i>	40
10. Pengujian <i>error</i> Invers kinematik pada rentang jangkauan 0° - 90°	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. <i>Datasheet</i> Open CM 9.04	58
2. <i>Datasheet</i> Motor Servo <i>Dynamixel</i> MX-28	66
3. <i>Datasheet</i> Motor Servo <i>Dynamixel</i> MX-64	74
4. <i>Datasheet</i> <i>Sound Sensor Module</i>	80
5. <i>Datasheet</i> Arduino Nano	82
6. Program Pergerakan Kaki Robot <i>Humanoid</i>	85
7. Robot <i>Humanoid</i> KRSTI UNP	90

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi Robotika di Indonesia sudah maju dengan sangat pesat. Terbukti banyaknya kontes-kontes Robot yang diselenggarakan dan dari jumlah peserta yang mengikuti perlombaan tiap tahun nya selalu bertambah. Seperti agenda tahunan yang diadakan oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia. Salah satu agenda nya yaitu Kontes Robot Indonesia (KRI).

KRI adalah kontes yang diadakan setiap satu tahun sekali dan berskala nasional yang diikuti oleh perguruan tinggi seluruh Indonesia. Prof.Dr. Intan Ahmad (2017) mengatakan : ”Sejak awal dimulainya Kontes Robot Indonesia (KRI), Direktorat Jendral Pembelajaran dan Kemahasiswaan telah memberikan dukungan penuh dan berkelanjutan terhadap pelaksanaan KRI, karena dalam pertandingan ini setiap peserta harus mengeksplorasi kemampuannya dalam perancangan, implementasi, dan strategi serta harus mengembangkan ide-idenya untuk dapat membuat dan merancang robot dengan berbagai bentuk dan struktur serta kecerdasan”.

Robot *humanoid* merupakan salah satu kategori yang dilombakan dalam KRI. Robot ini menggunakan servo *dynamixel* sebagai penggeraknya. Menurut Ibnu (2006 : 114) Robot *humanoid* merupakan robot yang memiliki bentuk seperti manusia (*human*), Oleh karena itu ia

memiliki kemampuan seperti layaknya manusia, yaitu dapat berjalan dengan kedua kaki (*bi-pedal*), memiliki tangan dengan jari-jari tangan.

Robot *humanoid* memiliki 2 buah kaki yang masing-masing kaki terdiri dari 6 buah servo *dynamixel* yang bergerak menyerupai manusia, pergerakan kaki robot ini bergerak secara *walkready*, serong kanan, serong kiri, dan maju yang mana kaki robot bergerak dengan melangkahkan satu kaki dengan keadaan badan yang sedikit miring, Pergerakan kaki seperti ini bertujuan agar robot dapat menjaga keseimbangan pada saat melangkah.

Sistem pergerakan kaki robot *humanoid* dirancang dengan 3 DOF (*Degree Of Freedom*) yang terdapat pada tiap kaki. Derajat kebebasan tersebut merupakan sendi untuk setiap kaki. Robot *humanoid* akan menggerakkan *end-effector* berupa telapak kaki dengan menggunakan metode *invers kinematic*. *End-effector* merupakan titik akhir dari pergerakan.

Penggunaan servo *dynamixel* di robot *humanoid* pada tugas akhir ini menggunakan seri MX yang merupakan seri terbaru dari *dynamixel*. Seri MX merupakan servo *dynamixel* yang berbeda dibanding seri AX dan RX dari sisi teknologi. Antara lain sudut putar 360 derajat (1 putaran penuh), resolusi lebih baik (4095 kemungkinan posisi = 12 bit), kecepatan komunikasi mencapai 3 mbps, dan kendali PID untuk posisi.

Robot *humanoid* ini akan diuji di lapangan robot Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) dengan ukuran 3m x 2m dan dilengkapi

dengan sensor suara yang berfungsi sebagai input atau mendeteksi suara agar robot dapat beroperasi secara otomatis, musik yang digunakan adalah musik tari jaipong sesuai dengan tema Kontes Robot Indonesia pada divisi Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) yang telah diatur oleh kemenristekdikti pada buku panduan KRI 2019 sebagai penyelenggara. Dan pergerakan kaki *humanoid* melakukan mekanisme pergerakan melewati beberapa zona. Yaitu Zona A, dimana pada zona ini terdapat zona mulai, Zona B, dan yang terakhir Zona C yang masing – masing tim terdapat zona tutup pada lapangan robot KRSTI yang berfungsi sebagai pemandu gerakan tari.

Pada tiap-tiap zona memiliki pergerakan kaki robot *humanoid* yang telah ditentukan pada buku panduan KRSTI 2019. Pergerakan tari robot *humanoid* pada Zona A yaitu gerakan tari pembuka dan gerak pancungan pada zona ini pergerakan kaki robot pada saat ini dalam posisi *walkready* dan berjalan maju menuju zona A. Pada Zona B yaitu gerakan tari pancungan dan ngala pada zona ini posisi kaki serong kanan dan jalan menuju zona C. Dan pada Zona C yaitu robot harus dapat melakukan gerakan ngala dan mincit pada zona ini pergerakan kaki dalam posisi serong kiri, berjalan maju, dan *walkready* pada saat di zona tutup dan melakukan gerakan tari sembah penutup.

Pada robot *humanoid* ini berbasis mikrokontroler Open CM 9.04 . Open CM 9.04 merupakan mikrokontroler khusus untuk servo dynamixel. Program *open-source* yang didesain untuk memprogram Open CM 9.04.

Salah satu kelebihan dari Open CM 9.04 yaitu karena ukuran board yang tidak besar dan ringan. Sehingga tidak menambah beban yang harus ditanggung kaki robot secara signifikan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dan masih luasnya pengembangan tentang sistem pergerakan kaki robot *humanoid* mencoba mencari parameter yang tepat untuk diimplementasikan pada sistem robot seni tari Indonesia. Maka penulis merancang suatu robot *humanoid* yang nantinya diterapkan pada robot KRSTI yang dituangkan dalam sebuah Tugas Akhir dengan judul **“Perancangan Pergerakan Kaki Robot *Humanoid* Menggunakan Servo Dynamixel Berbasis Open CM 9.04”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah yaitu sebagai berikut :

1. Pemakaian sensor suara pada robot *humanoid* hanya bisa mengidentifikasi perintah suara musik hidup atau mati dan tidak dapat menghindari gangguan input suara dari sumber lain yang ada dalam arena perlombaan KRSTI 2019.
2. Pergerakan kaki robot *humanoid* pada tarian jaipong menggunakan metode invers kinematik pada robot KRSTI.

C. Batasan Masalah

Agar perancangan yang dibahas pada Tugas Akhir ini tidak terlalu luas dan menyimpang, maka dibuat batasan-batasan sebagai berikut :

1. Musik pengiring Jaipong sebagai input perintah dari kontrol pergerakan kaki robot *humanoid* dalam tarian Jaipong akan dideteksi oleh *sound sensor*.
2. Penggerak pada robot *humanoid* menggunakan servo dynamixel MX-64 dan MX-28 dengan Pergerakan kaki robot menggunakan Invers Kinematik hanya terfokus untuk membuat pergerakan kaki robot sesuai dengan aturan KRSTI.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka rumusan masalah dalam perancangan Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana pendeteksian suara musik pengiring Jaipong sebagai input perintah dari kontrol gerakan robot *humanoid* dalam tarian Jaipong ?
2. Bagaimana cara pergerakan kaki robot *humanoid* menggunakan penerapan Invers Kinematic ?
3. Bagaimana merancang program sistem Pergerakan Kaki Robot *Humanoid* yang diterapkan pada robot Seni Tari menggunakan *Hardware Open CM 9.04* ?

E. Tujuan

Tujuan dari perancangan pergerakan kaki robot *humanoid* menggunakan servo dynamixel berbasis Open CM 9.04:

1. Menghasilkan pergerakan kaki robot *humanoid* yang dapat berjalan untuk melewati zona-zona pada lapangan KRSTI.

2. Menghasilkan program yang dapat mendeteksi suara musik Jaipong sebagai input dari kontrol gerakan robot *humanoid* dalam tarian Jaipong.
3. Merancang program pergerakan kaki robot *humanoid* dengan *software ROBOTIS_Open CM* untuk memprogram Open CM 9.04

F. Manfaat

Pembuatan tugas akhir ini sangat diharapkan akan dapat memiliki manfaat diantaranya yaitu:

1. Pengembangan dan penggunaan sistem kontrol yang lebih maju pada rancangan robot *humanoid*.
2. Dapat menerapkan metode invers kinematik pada pergerakan kaki robot *humanoid*.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Setelah melakukan tahap perencanaan, pembuatan dan proses pengujian serta analisa terhadap *Software* dan *Hardware* dari perancangan sistem pergerakan kaki robot *Humanoid* maka dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. Telah dihasilkan program pergerakan kaki robot *humanoid* menggunakan sensor suara sebagai input dari robot *humanoid*.
2. Terciptanya robot *humanoid* yang dapat melakukan pergerakan kaki walkready, jalan, serong kanan, dan serong kiri menggunakan metode Invers Kinematic.
3. Telah dihasilkan program pergerakan kaki robot *humanoid* menggunakan servo dynamixel berbasis OpenCM 9.04 diprogram menggunakan Robotis_OpenCM.

B. Saran

Saran penulis setelah membuat tugas akhir dengan judul Perancangan pergerakan kaki robot *humanoid* menggunakan servo dynamixel berbasis OpenCM 9.04 sebagai berikut :

1. Melihat manfaat dari alat ini, diharapkan semoga pembaca mampu mengembangkan alat ini dengan inovasi – inovasi yang lain, seperti mengganti servo dynamixel dengan torsi yang besar agar pergerakan servo dynamixel lebih halus.
2. Penulis berharap pembaca dapat ikut serta mengembangkan serta menemukan algoritma yang tepat dan pengembangan invers kinematik tidak hanya untuk pergerakan kaki saja tapi tangan, kepala yang dapat diterapkan pada robot *humanoid*.
3. Penulis berharap pembaca dapat mengembangkan invers kinematik dengan menambahkan sensor gyro dan *accelerometer*. Pada sensor gyro ini berfungsi sebagai pengukur kecepatan sudut dari robot dan *accelerometer* untuk mengukur kemiringan dari robot. Dari nilai-nilai tersebut dapat diketahui kondisi keseimbangan pada robot.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.2018. Arduino. <https://arduino.cc> , diakses 28 Februari 2019
- Robotis. 2019. “ROBOTIS e-Manual”. <http://emanual.robotis.com/>. diakses 11 Mei 2019
- Antonius, Rahmat C. 2010. *Algoritma dan Pemrograman dengan Bahasa C (Konsep Teori dan Implementasi)* . Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Budiharto,Widodo.2014. *Robotika Modern (Teori & Implementasi)*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Isyanto,J. 2014. *Pengantar Elektronika dan Instrumentasi (Pendekatan Project Arduino dan Android)* . Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kurniawan, A. R., Triwiyatno, A., & Sumardi, S. 2017. *Perancangan Robot Bipedal Dengan Sistem Berjalan Berbasis Inverse Kinematic Dengan Sensor Mpu 6050 Sebagai Indikator Kemiringan. Transient*, 6(1), 97-102.
- Mada,Sanjaya. 2013. *Membuat Robot Bersama Profesor Bolabot Simulasi Menggunakan Code Vision AVR dan Proteus*. Yogyakarta: Gava Media.
- Malik, Ibnu. 2006. *Pengantar Membuat Robot*. Yogyakarta: Gava Media.
- Pitowarno, Endra. 2006. *ROBOTIKA (Disain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan)*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Setiawan, Rony. 2002. *Penyelesaian Masalah Pemograman dengan Algoritma dan Flowchart* . Yogyakarta: Graha Ilmu.