

## PERANCANGAN PERGERAKAN KAKI ROBOT *HUMANOID* MENGGUNAKAN SERVO DYNAMIXEL BERBASIS OPENCM 9.04

Ulfa Wahyu Putri<sup>1\*</sup>, Thamrin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang

\*Corresponding author e-mail : [ulfawahyuputri123@gmail.com](mailto:ulfawahyuputri123@gmail.com)

### ABSTRAK

Perkembangan teknologi robotika di Indonesia sudah maju dengan sangat pesat. Terbukti dari jumlah peserta yang mengikuti perlombaan Kontes Robot Indonesia (KRI) selalu bertambah tiap tahunnya. Diselenggarakan oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi, kontes ini bertujuan untuk mewadahi mahasiswa dalam bidang robotika sehingga dapat terus berkembang dan dirasakan manfaatnya. Salah satu perlombaan pada Kontes Robot Indonesia ini adalah KRSTI. Oleh karena ketertarikan penulis dengan KRSTI, penelitian ini bertujuan 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. Pada pergerakan kaki, robot *humanoid* ini telah menggunakan metode perhitungan invers kinematic dengan 3 DOF (Degree Of Freedom) dimana gerakan – gerakan tersebut meliputi: gerakan *walkready*, jalan, serong kanan, dan serong kiri. 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 *database* atau program yang telah diinputkan pada OpenCM 9.04.

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

### ABSTRACT

*The development of robotics technology in Indonesia has advanced very rapidly. It can be seen from the number of participants who took part in the Indonesian Robot Contest (KRI) that always increases every year. Organized by the Ministry of Research, Technology and Higher Education, this contest aims to accommodate students in the field of robotics so they can develop it and gain its benefits. One of the competitions at the Indonesian Robot Contest is KRSTI. Because of the writer's interest in KRSTI, this research aims to make KRSTI robots that will dance with orders from music and robots that can perform foot movements while dancing Jaipong in which it is the theme of the KRI 2019 in division of KRSTI. On the foot movement, this humanoid robot has used the kinematic inverse calculation method with 3 DOF (Degrees of Freedom) which the movements are: the walkready, walk, right aslant walk, and left aslant walk. There are two software used in this humanoid robot namely OpenCM 9.04 robotic software, which is used to program humanoid foot robot programming, and Arduino nano software, which is used to program sound sensors that are input from the humanoid robots. When music is on, the sound sensor will receive serial data and sent it to Arduino nano, then Arduino nano will communicate the serial to the OpenCM 9.04 microcontroller and the robot will do movements according to the database or program that has been entered into OpenCM 9.04.*

*Keywords: Humanoid Robot, KRSTI, OpenCM 9.04*

## I. PENDAHULUAN

Kontes Robot Indonesia (KRI) adalah kontes yang diadakan setiap satu tahun sekali dan berskala nasional yang diikuti oleh perguruan tinggi seluruh Indonesia. Robot *Humanoid* merupakan salah satu kategori yang dilombakan dalam KRI. Robot *humanoid* pada kontes ini terdapat pada 2 kategori atau divisi yaitu Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) dan Kontes Robot Soccer *Humanoid* Indonesia. Robot *humanoid* adalah robot yang memiliki bentuk seperti manusia (*human*) yang memiliki kemampuan seperti layaknya manusia, yaitu dapat berjalan dengankedua kaki (*bipedal*) dan memiliki tangan serta jari-jari tangan [4].

penelitian ini membahas pergerakan kaki robot *humanoid* pada robot seni tari Indonesia. Penggerak dari robot ini menggunakan servo *dynamixel*. Sistem pergerakan pada robot *humanoid* dirancang dengan 3 DOF (*Degree Of Freedom*) yang terdapat pada kaki. Penggunaan servo *dynamixel* pada robot ini menggunakan seri MX yang merupakan seri terbaru dari *dynamixel*.

Pertandingan robot seni tari dilakukan pada lapangan robot KRSTI dengan ukuran 3m x 2m dan dilengkapi dengan sensor suara yang berfungsi sebagai input yang akan mendeteksi suara musik agar robot dapat beroperasi secara otomatis. Musik yang digunakan yaitu musik tari jaipong sesuai dengan tema Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) yang telah diatur oleh kemenristekdikti yang terdapat pada buku panduan KRI 2019. Pada pergerakan kaki robot *humanoid* melakukan mekanisme pergerakan melewati beberapa zona. Yaitu zona A, dimana pada zona ini terdapat zona mulai. Zona B, dan terakhir zona C yang masing-masing tim terdapat zona tutup pada lapangan KRSTI yang berfungsi sebagai pemandu gerakan tari.

Robot *Humanoid* ini menggunakan mikrokontroler OpenCM 9.04 yang merupakan mikrokontroler khusus untuk servo *dynamixel*. Salah satu kelebihan dari OpenCM 9.04 yaitu memiliki ukuran board yang tidak besar dan ringan. Sehingga beban yang ditanggung kaki tidak terlalu signifikan.

Kontes Robot Seni Tari Indonesia diselenggarakan untuk meningkatkan keilmuan dan kreatifitas mahasiswa dibidang robotika. Pada kontes robot Indonesia, mahasiswa dituntut untuk bisa mengembangkan kemampuan dalam bidang mekanika, elektronika, pemrograman, strategi, kemampuan meneliti dan menulis artikel, sekaligus diperlukan pengembangan kearah disiplin, sportifitas, kerja tim, saling menghargai, dan kemampuan *softskill* lainnya.



Gambar 1. Robot KRSTI UNP

Permasalahan yang menjadi dasar dalam paper perancangan sistem pergerakan kaki dan bagaimana pendeteksian suara musik pengiring jaipong sebagai *input* perintah dari kontrol gerakan robot *humanoid* yaitu mencari metode yang tepat untuk di implementasikan pada gerakan-gerakan dengan menggunakan metode Invers Kinematik. Gerakan-gerakan tari yang ada pada robot telah terdapat pada buku panduan KRSTI 2019. Pada saat menari pergerakan robot 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 saat zona C yaitu robot melakukan tarian gerakan ngala dan mincit, pada zona ini pergerakan kaki dalam posisi serong kiri, berjalan maju dan *walkready* pada saat dizona tutup dan melakukan gerakan tari sembah penutup.

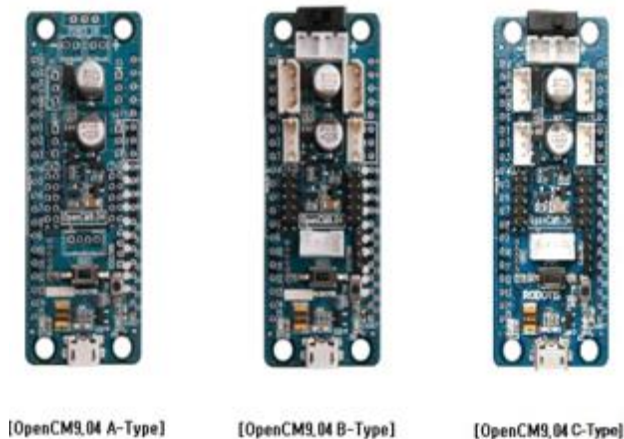
Tujuan dari perancangan pergerakan kaki robot *humanoid* ini dapat menghasilkan program yang dapat mendeteksi suara musik jaipong sebagai input dari kontrol gerakan robot *humanoid* dalam tarian jaipong, dan dalam hal ini juga telah dapat melakukan pergerakan kaki berjalan untuk melewati zona-zona pada lapangan KRSTI dengan menggunakan metode perhitungan yaitu Invers Kinematik.

Invers Kinematik pada robot *humanoid* yaitu berfungsi untuk mempermudah pengguna dalam menggerakkan *end-effector* dari robot lengan ke posisi tertentu, maka diperlukan metode gerak invers kinematik [1]. Metode ini menggunakan masukan posisi x dan y. Hasil keluaran dari invers kinematik merupakan sudut yang terbentuk pada *joint*.

Untuk mendapatkan nilai  $\theta_1$  dan  $\theta_2$ . Dapat menggunakan persamaan trigonometri pada pergerakan kaki robot.

Mikrokontroler yang digunakan pada robot KRSTI ini adalah mikrokontroler OpenCM 9.04. OpenCM 9.04 adalah modul mikrokontroler robot yang bersifat *open-source*, baik dalam perangkat keras maupun perangkat lunak [6]. Kontroler ini juga dilengkapi dengan kepala pin yang kompatibel dengan sensor dan servo *dynamixel* dari Robotis.

OpenCM 9.04 memiliki tampilan dan nuansa yang mirip dengan IDE Arduino. Selain itu juga OpenCM 9.04 juga dilengkapi *libraries* untuk mengakses servo dan sensor dari Robotis *dynamixel*. Pada OpenCM 9.04 tersedia 3 tipe yaitu Tipe A, Tipe B, dan Tipe C. Perbedaan dari tipe tersebut terletak pada ketersediaan konektor.



Gambar 2. Board OpenCM 9.04 [5]

Bahasa pemrograman pada OpenCM 9.04 menggunakan bahasa pemrograman C/C++. Bahasa pemrograman C/C++ merupakan bahasa tingkat tinggi (high level programming). Bahasa jenis ini membuat program menjadi lebih mudah dipahami, lebih “manusiawi”, dan lebih dekat ke bahasa manusia (terutama bahasa Inggris) [2].

Penggerak pada robot *humanoid* menggunakan Motor servo. Motor servo adalah gabungan antara motor DC yang telah dilengkapi dalam rangkaian umpan balik [4]. Prinsip kerja dari motor servo sebagai aktuator atau penggerak gerakan tari dari pergerakan seluruh motor servo sebagai DOF penggerak robot *humanoid*, maka tiap motor servo ditentukan masing-masing perputaran. Dalam menentukan perputaran tiap servo berdasarkan sinyal PWM yang diberikan.

Motor servo yang digunakan pada robot ini adalah motor servo *dynamixel* jenis MX-28 dan MX-64. Servo-servo ini adalah salah satu jenis motor servo yang presisi dan memiliki susunan roda gigi *open-circuit* dari kontroler yang terdapat dalam satu paket. *Circuit* dari kontroler ini berfungsi sebagai otak dari tiap servo yaitu untuk umpan balik dalam memperbaiki putaran motor.

Setiap servo *dynamixel* memiliki pin. Pin ini berfungsi untuk konektor pada *dynamixel* yang terhubung pin ke pin servo yang lainnya, sehingga servo dapat dioperasikan dengan hanya satu konektor terpasang ke OpenCM 9.04.



Gambar 3. Servo *Dynamixel* MX-64 dan MX-28 [5]

Sensor yang digunakan pada robot *humanoid* ini sesuai dengan fungsinya sebagai robot tari maka dari itu robot ini menggunakan sensor suara sebagai input dari pergerakan robot secara otomatis.

Modul sensor atau disebut juga dengan *sound sensor* umumnya dapat digunakan untuk mendeteksi intensitas suara. Modul ini dapat digunakan untuk aplikasi keamanan, sakelar, dan pemantauan. Akurasi dapat dengan mudah disesuaikan untuk kenyamanan penggunaan.

Sensor suara menggunakan mikrofon sebagai penangkap dari sinyal suara, ketika sensor mendeteksi suara maka akan diproses tegangan sinyal output yang dikirim ke mikrokontroler kemudian melakukan pemrosesan yang diperlukan.



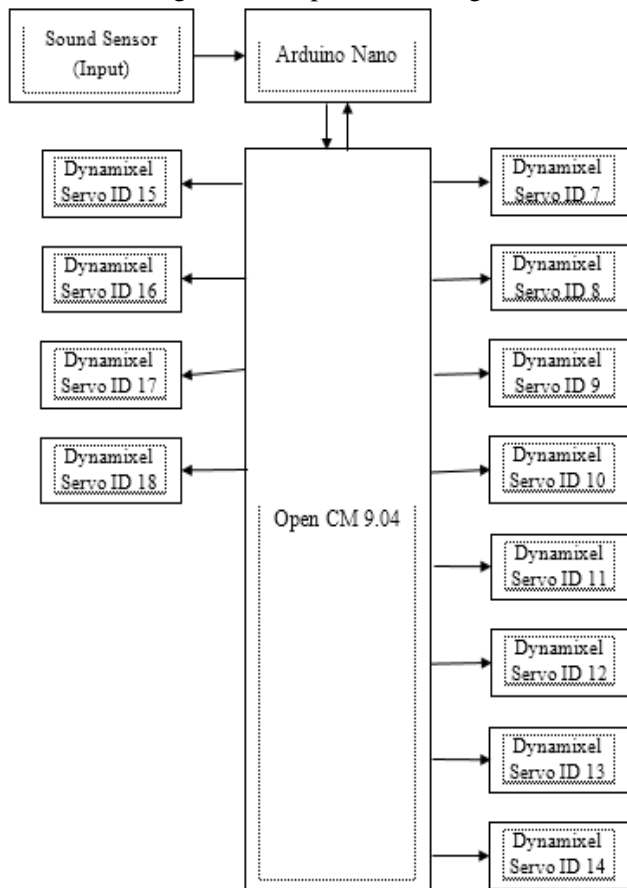
Gambar 3. *Sound Sensor Module*

## II. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

### 1. Blok Diagram Sistem

Perancangan dilakukan dengan membuat blok diagram dan membuat sistem kerja alat. Masing-masing blok diagram memiliki fungsi yang

berbeda pada sistem kerja robot yang dibuat. Seperti aturan di dalam proses penganalisaan bahwa harus ada gambaran secara jelas mengenai ruang lingkup pembahasan. Berikut ini perancangan Sistem secara keseluruhan Digambarkan pada blok diagram:



Gambar 4. Rancangan Blok Diagram Sistem Pergerakan Kaki Robot *Humanoid*

Dapat dilihat pada blok diagram menjelaskan mengenai proses kerja sistem secara keseluruhan diatur oleh mikrokontroler OpenCM 9.04 sebagai kontrol utama. *Sound sensor* pada rancangan ini sangat berperan penting, jika *sound sensor* mendeteksi suara musik maka *Arduino nano* akan menerima data serial dan kemudian mikrokontroler *arduino nano* komunikasi dengan mikrokontroler *OpenCM 9.04*. yang mana *OpenCM 9.04* merupakan kontrol dari pergerakan kaki pada robot *humanoid*

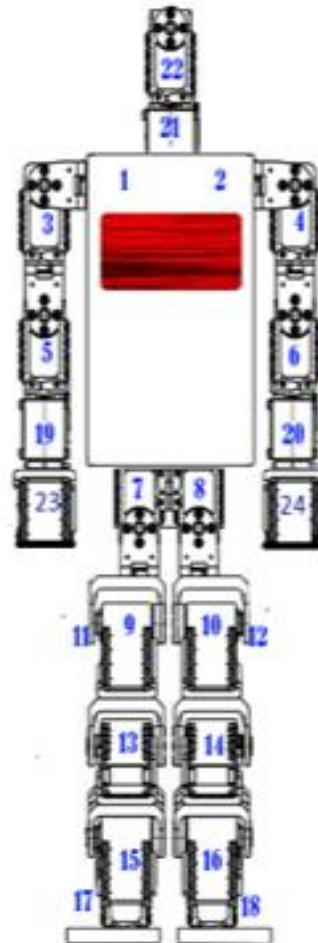
Jika pada *sound sensor* tidak dapat mendeteksi suara atau suara dalam kondisi mati (*OFF*) maka *Arduino Nano* akan membaca data serial bahwa tidak ada suara yang terdeteksi dan *Arduino Nano* pun akan komunikasi dengan *Open CM 9.04* maka *servo dynamixel* tidak dapat melakukan pergerakan kaki pada robot *humanoid*.

Dalam simulasinya robot akan berjalan maju melewati zona – zona yang telah disediakan.yaitu robot akan melewati dari zona mulai, zona A, zona B, zona C, dan zona tutup.

## 2. Perancangan Mekanik

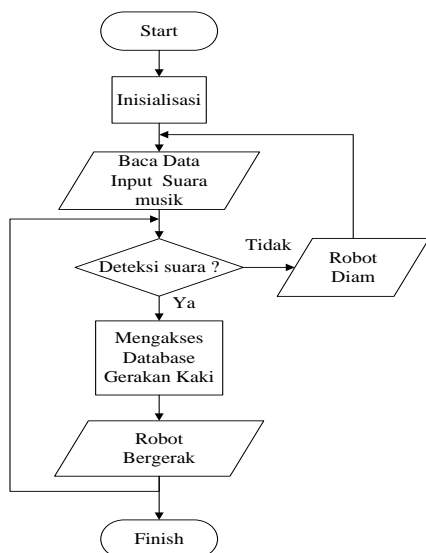
Sebelum merancang pergerakan kaki pada robot *humanoid* KRSTI terlebih dahulu merancang perangkat keras, agar *software* program yang di rancang nantinya dapat digunakan pada robot *humanoid* pada saat beroperasi.

Pada proses pembuatan mekanik robot dimulai dari tahapan perencanaan menggunakan *software autocad*, proses ini mencakup penggambaran mekanik pada robot *humanoid* KRSTI “Al-A’raf ” seperti mekanik kedua kaki, kedua tangan, desain body, dan kepala pada robot. Pembuatan mekanik robot *humanoid* KRSTI “Al-A’raf” setelah di desain menggunakan *autocad*, langkah berikutnya yaitu proses pengerjaan mekanik seperti memotong, membor, pembengkokan plat dan lain sebagainya. Berikut gambar 5 dari mekanik robot *humanoid* KRSTI.



Gambar 5. Mekanik Robot *Humanoid* KRSTI

Pada perancangan program robot *humanoid* KRSTI dibutuhkan *flowchart* atau Diagram Alir yang akan digunakan sebagai acuan kerja dalam membuat program pada robot. Berikut gambar 6 perancangan diagram alir (*flowchart*) robot KRSTI.



Gambar 6. Flowchart program pergerakan kaki robot *humanoid* KRSTI

Pada *flowchart* program gambar 6 menampilkan proses program pergerakan kaki robot *humanoid*. Tahapan pertama yang dilakukan adalah inisialisasi *sound sensor* yakni akan dimulai proses mendeteksi suara musik. Setelah itu baca data input suara musik. Jika suara terdeteksi maka proses berikutnya mengakses database gerakan kaki dan robot pun bergerak sesuai dengan pergerakan kaki yang telah diprogram. dan jika sebaliknya bila suara dalam kondisi (off) atau *sound sensor* tidak mendeteksi suara musik maka robot dalam kondisi diam atau tidak melakukan pergerakan.

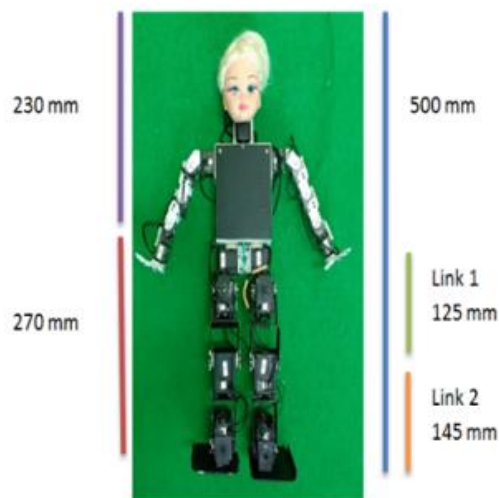
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Suatu peralatan atau program dapat bekerja dengan baik apabila disertai dengan pembuktian dari peralatan tersebut. Oleh karena itu, pada bagian ini akan dijelaskan mengenai cara pengujian dari program yang akan diimplementasikan pada sebuah perangkat keras seperti model mekanik dan rangkaian elektronik. Dari pengukuran dan pengujian alat ini dilakukan untuk mengetahui apakah peralatan bekerja sesuai dengan yang diharapkan dan membuktikan jika alat sudah bekerja dengan normal.

Pengujian pergerakan kaki robot *humanoid* bertujuan untuk mengetahui respon dari gerakan masing-masing kaki robot. Selain itu juga untuk mengetahui apakah koordinat yang dimasukkan sesuai dengan pergerakan kaki robot *humanoid*.

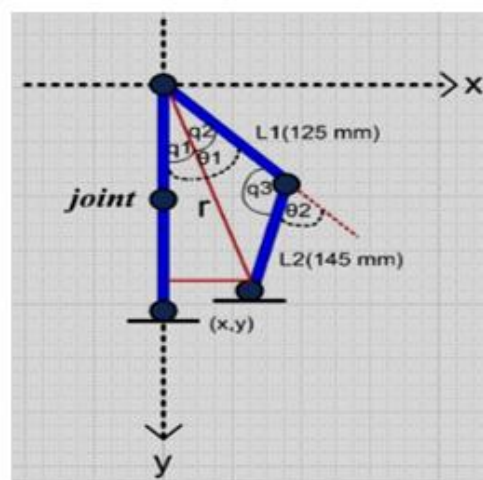
Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan servo *dynamixel* dengan mikrokontroler dan beberapa komponen lainnya. Pada perhitungan invers kinematik membutuhkan masukan sebanyak 2 variabel, yaitu posisi kaki pada sumbu x dan sumbu y. Sebelum mendapatkan hasil dari perhitungan invers kinematika berupa sudut  $\theta_1$  dan  $\theta_2$ . terlebih dahulu mengukur panjang *link 1* dan *link 2*. Hasil dari pengukuran dari robot didapat

yaitu *link 1* memiliki panjang 125 mm dan panjang *link 2* sebesar 145 mm.



Gambar 7. Dimensi Robot *Humanoid*

Untuk mendapatkan nilai  $\theta_1$  dan  $\theta_2$  dapat dicari dengan rumus-rumus trigonometri. Terlebih dahulu harus mengetahui nilai koordinat sumbu x dan sumbu y melalui *end-effector* yang digunakan sebagai inputan pada perhitungan invers kinematik. Berikut gambar dan tabel koordinat (x,y) pada kaki robot *humanoid*.



Gambar 8. Posisi Kaki pada koordinat X dan Y

Tabel 1. Koordinat sumbu x dan y pergerakan kaki robot *humanoid*

Posisi kaki	X (mm)	Y(mm)
Walkready	0	270
	0	210
	20	210
Jalan	0	270
	0	210
	5	269
Serong kanan	0	210
	20	210
	0	270
	0	215
	8	262

	0	210
	20	210
Serong Kiri	0	270
	0	210
	10	258

Panjang  $r$  didapat dengan menggunakan rumus phytagoras. Panjang  $r$  pada gambar 8 merupakan garis bantu untuk mendapatkan sudut  $q_1$  dan  $q_2$ . Berikut perhitungan invers kinematika dari nilai koordinat  $(x,y)$  yaitu  $(20,210)$ .

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (1)$$

Menggunakan rumus aturan cosinus, maka didapat sudut  $q_1$  yaitu

$$q_1 = \arccos \frac{y}{r} \quad (2)$$

Untuk mengetahui sudut  $q_2$  dicari dengan aturan cosinus juga adalah

$$q_2 = \arccos \frac{l_1^2 + r^2 - l_2^2}{2l_1 r} \quad (3)$$

Setelah didapat hasil dari sudut pada  $q_1$  dan  $q_2$ , maka nilai sudut pada  $\theta_1$  yaitu

$$\theta_1 = q_1 + q_2 \quad (4)$$

Berikutnya yaitu untuk mencari  $\theta_2$  terlebih dahulu  $q_3$  harus diketahui. Sudut pada  $q_3$  bisa dicari dengan rumus aturan cosinus adalah

$$q_3 = \arccos \frac{l_1^2 + l_2^2 - r^2}{2l_1 l_2} \quad (5)$$

Setelah hasil dari  $q_3$  diketahui, maka sudut  $\theta_2$  yaitu

$$\theta_2 = 180^\circ - q_3 \quad (6)$$

Nilai-nilai sudut yang telah diketahui yaitu  $\theta_1$  dan  $\theta_2$  dari hasil perhitungan merupakan hasil dari perhitungan invers kinematik dari salah satu inputan koordinat  $x$  dan  $y$  pada pergerakan kaki robot *humanoid*.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Invers Kinematik

Posisi kaki	$\theta_1$	$\theta_2$
Walkready	$0^\circ$	$0^\circ$
	$42,51^\circ$	$88,83^\circ$
	$46,59^\circ$	$77,5^\circ$
Jalan	$0^\circ$	$0^\circ$
	$42,51^\circ$	$88,83^\circ$
	$6,39^\circ$	$170,3^\circ$
	$42,51^\circ$	$88,83^\circ$
Serong	$42,51^\circ$	$88,83^\circ$

kanan	$46,59^\circ$	$77,5^\circ$
	$0^\circ$	$0^\circ$
	$40,57^\circ$	$105,32^\circ$
	$16,79^\circ$	$27,84^\circ$
	$42,51^\circ$	$88,83^\circ$
Serong Kiri	$46,59^\circ$	$77,5^\circ$
	$0^\circ$	$0^\circ$
	$42,51^\circ$	$88,83^\circ$
	$20,64^\circ$	$145,89^\circ$

Berdasarkan data yang ditampilkan pada tabel 2, robot mampu melakukan pergerakan kaki dari pergitungan invers kinematik. Pada posisi *walkready*, pergerakan kaki robot *humanoid* memiliki nilai kooordinat sumbu  $x = 0$  mm dan  $y = 270$  mm. Dimana nilai  $y$  merupakan tinggi dari kaki robot dan sudut yang terdapat pada robot *humanoid* memiliki nilai  $\theta_1$  dan  $\theta_1$  yaitu  $0^\circ$  dan  $0^\circ$ . Pada posisi ini robot dalam keadaan seimbang dengan badan dan kepala robot. Berikut gambar 9 dibawah ini posisi kaki robot *humanoid*.



Gambar 9. Posisi pergerakan kaki *walkready*

Posisi pergerakan kaki jalan, pada step pertama pergerakan ini kaki robot *humanoid* memiliki nilai koordinat  $x = 0$  dan  $y = 210$  mm, pada posisi ini nilai sudut  $\theta_1 = 42,51^\circ$  dan  $\theta_2 = 88,83^\circ$  dimana robot mengangkat kaki kiri terlebih dahulu dan kaki kanan sebagai tumpuan atau menahan berat dari kepala dan badan.. Berikut gambar 10 dari posisi kaki jalan pada step pertama.



Gambar 10. Posisi kaki step pertama pada saat berjalan

Pada posisi gambar 11 didapat nilai sudut  $\theta_1 = 46,59^\circ$  dan  $\theta_2 = 77,5^\circ$ . Pergerakan kaki yang dilakukan pada robot ketika berada pada step ini yaitu robot melangkahkan kaki kiri dengan nilai koordinat x 20 mm dan nilai pada koordinat y bernilai 210 mm. Dimana pada posisi kaki robot *humanoid* ini robot melangkahkan kaki kiri dan posisi kaki kanan pada robot menjadi titik tumpuan atau berat badan dan kepala. Dan pergerakan tangan pada robot juga berfungsi untuk membantu dalam hal meyeimbangkan robot ketika robot *humanoid* melangkah kan kaki. Berikut gambar 11 posisi kaki berjalan step kedua



Gambar 11. Posisi kaki berjalan step kedua

Berikutnya yaitu step ketiga langakah kaki pada saat robot berjalan yaitu memiliki nilai sudut  $\theta_1 = 0^\circ$  dan  $\theta_2 = 0^\circ$ . Pada saat pergerakan ini posisi kaki pada robot berdiri yaitu sama seperti pergerakan kaki yang terdapat pada gerakan *walkready*. Tujuannya agar robot dapat kembali seimbang seperti awal

agar dapat melangkah kan kaki berikutnya yaitu kaki kanan untuk step berikutnya. Nilai koordinat x pada step tiga ini yaitu 0 mm dan nilai koordinat y adalah 270 mm. Berikut gambar 12 posisi kaki step ketiga pada pergerakan kaki berjalan.



Gambar 12. Posisi kaki step ke tiga pada pergerakan kaki berjalan

Selanjutnya, posisi berjalan pada step ke empat yaitu nilai koordinat x = 0 mm dan y = 210 mm yang mana bernilai sama dengan step pertama tetapi kaki yang dilangkahkan berbeda. Pada step ini posisi kaki yang dilangkahkan atau yang melakukan pergerakan yaitu terdapat pada kaki kanan robot *humanoid*. Dan nilai sudut pada step ini juga sama dengan step pertama yaitu  $\theta_1$  dan  $\theta_2$  bernilai  $42,51^\circ$  dan  $88,83^\circ$ . Berikut gambar 13 yang terdapat pada pergerakan kaki berjalan step ke empat.



Gambar 13. Posisi kaki step ke empat pada pergerakan kaki berjalan

Yang terakhir yaitu pada step kelima pergerakan kaki posisi berjalan pada robot ini

memiliki nilai sudut  $6,39^\circ$  pada  $\theta_1$  dan  $\theta_2$  bernilai  $170,3^\circ$ . Pada posisi ini kaki robot melangkah ke kaki kanan kembali dengan nilai koordinat x yaitu 5 mm dan nilai koordinat y adalah 269 mm. Dimana kaki kanan robot sama dengan kaki kiri sejajarnya. Berikut gambar 14 posisi kaki robot pada step ke empat pada pergerakan kaki berjalan.



Gambar 14. Posisi kaki step ke lima pada pergerakan kaki berjalan

Pergerakan kaki serong kanan pada step pertama sampai step ke tiga memiliki nilai yang sama dengan pergerakan kaki berjalan dimana nilai x dan y dan sudut pun sama. Tetapi pada step ke empat nilai sudut pada pergerakan kaki robot humanoid berbeda dikarenakan pada saat robot melakukan step ini pergerakan kaki mulai serong ke kanan yaitu sudut  $\theta_1$  dan  $\theta_2$  bernilai  $40,57^\circ$  dan  $105,32^\circ$ . Pada pergerakan step ini nilai koordinat x = 0 mm dan nilai koordinat y = 215 mm. Berikut gambar 15 posisi dari pergerakan kaki pada step empat serong kanan.



Gambar 15. Posisi kaki step ke empat pada pergerakan kaki serong kanan

Berikutnya pada step kelima atau terakhir posisi kaki pada robot melakukan pergerakan pada nilai koordinat x bernilai 8 mm dan nilai koordinat y = 262 mm. Pada pergerakan ini kaki kanan robot mengangkat dan mengarah kekanan dan kaki kiri tetap dalam posisi awal sehingga kaki robot menjadi serong ke kanan. Nilai sudut yang terdapat pada  $\theta_1$  dan  $\theta_2$  bernilai  $16,79^\circ$  dan  $27,84^\circ$ . Gambar 16 dibawah ini merupakan bentuk posisi kaki pada serong kanan.



Gambar 16. Posisi pada pergerakan kaki step kelima serong kanan

Pada pergerakan kaki robot serong kiri nilai sudut pada step 1 sampai step 4 memiliki nilai yang sama dengan pergerakan kaki jalan dikarenakan pada posisi ini robot melangkah dan meyerongkan kaki kiri ke arah kiri dimana nilai x = 10 mm dan y = 258 mm. Sehingga nilai sudut yang terdapat pada step lima ini bernilai  $20,64^\circ$  pada  $\theta_1$  dan nilai pada  $\theta_2$  bernilai  $145,89^\circ$ . Pada gambar 17 merupakan posisi kaki serong kiri



Gambar 17. Posisi pada pergerakan kaki serong kiri



#### IV. KESIMPULAN

1. Terciptanya robot *humanoid* yang dapat melakukan pergerakan kaki *walkready*, jalan, serong kanan, dan serong kiri menggunakan metode Invers Kinematik.
2. Berdasarkan hasil pengujian robot telah dihasilkan program pergerakan kaki robot *humanoid* menggunakan sensor suara sebagai input dari robot *humanoid*.
3. Telah dihasilkan program pergerakan kaki robot *humanoid* menggunakan servo *dynamixel* berbasis OpenCM 9.04 diprogram menggunakan Robotis\_OpenCM.

#### V. SARAN

1. Penulis menyadari bahwa hasil penelitian ini masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan, oleh karena itu penulis berharap pembaca mampu 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.
2. Untuk pengembangan berikutnya sebaiknya pembaca menggunakan servo *dynamixel* dengan torsi yang besar agar pergerakan servo *dynamixel* lebih halus.
3. Penulis berharap pembaca dapat mengembangkan serta menemukan algoritma yang tepat dan pengembangan invers kinematik tidak hanya untuk pergerakan kaki saja tetapi tangan, kepala yang dapat diterapkan pada robot *humanoid*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

1. Kepada Bapak Pembina unit Kegiatan Robotika dan Otomasi Universitas Negeri Padang.
2. Keluarga Besar Unit Kegiatan Robotika dan Otomasi Universitas Negeri Padang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] Antonius, Rahmat C. 2010. *Algoritma dan Pemrograman dengan Bahasa C (Konsep Teori dan Implementasi)*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- [3] Budiharto, Widodo. 2014. *Robotika Modern (Teori & Implementasi)*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- [4] Malik, Ibnu. (2006). *Pengantar Membuat Robot*. Yogyakarta. Gava Media.

- [5] Robotis. 2019. "ROBOTIS e-Manual". <http://emanual.robotis.com/>. Diakses 11 Mei 2019