

## KENDALI KESEIMBANGAN PADA ROBOT HUMANOID

### BALANCE CONTROL ON HUMANOID ROBOT

Razi Jamil Fariz

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas  
Telkom  
[razijamilf@gmail.com](mailto:razijamilf@gmail.com)

---

#### Abstrak

Robot *humanoid* adalah robot berbentuk manusia yang sepenuhnya didesain sebagaimana manusia, cara berjalan, bergerak, dan lain-lain didesain persis manusia. Robot *humanoid* ini banyak fungsinya, karena bentuk robot yang menyerupai manusia bisa beradaptasi dengan lingkungan dengan mudah, ada juga robot *humanoid* yang dipertandingkan pada Kontes Robot Sepak Bola Indonesia ( KRSBI ) dimana robot tersebut dibuat untuk bisa bermain bola layaknya manusia, dari berjalan, berlari, hingga menendang bola. Masalah pada pembuatan robot *humanoid* adalah pada keseimbangannya, karena bentuknya yang menyerupai manusia, berjalan dengan dua kaki, menendang bola, atau bahkan berlari, yang demikian membuat robot ini harus betul-betul dijaga keseimbangannya.

Metode yang digunakan untuk menjaga keseimbangan robot ini adalah *Fuzzy Logic*, dengan *feedback* berupa sensor keseimbangan yaitu sensor *accelerometer*, dan *servo* sebagai penggerak. Sensor *accelerometer* berfungsi untuk mengetahui posisi atau keadaan robot saat berdiri atau berjalan, atau apapun melalui komunikasi I<sup>2</sup>C ( *Inter-Integrated Circuit* ) dengan Raspberry Pi 2 yang memiliki keluaran berupa koordinat x, y, dan z. Sensor ini akan memberikan *feedback* pada sistem untuk diproses dengan *Fuzzy Logic* yang memiliki keluaran berupa nilai untuk mengubah posisi putaran *servo* agar *servo* bergerak untuk menjaga keseimbangan robot.

Setelah pengujian dan analisis dilakukan, *fuzzy logic system* sudah berjalan sesuai apa yang diharapkan, namun masih belum bisa menyeimbangkan robot pada saat berjalan, terlihat pada pengujian yang kedua, robot hanya mampu melangkah sedikit. Tujuan akhir pada riset ini adalah robot dapat menjaga keseimbangannya pada saat berjalan dengan menggunakan *fuzzy logic* masih belum tercapai.

**Kata Kunci :** *Robot Humanoid, Sensor Accelerometer, Feedback, Raspberry Pi 2, Servo, Aktuator.*

---

#### Abstract

Humanoid robot is human-shaped robot that designed like human being, walking gait, moving, etc is designed like human. This robot has many functions, because of its design, it is easy to adapt with environment. There are humanoid robots participate in robot contest like KRSBI ( Kontes Robot Sepak Bola Indonesia ) which built to walk, run, and kick a ball to play football like human. The Humanoid robot's problem is about the balance, because of its function like human to walk using two feet, kicking a ball, and even running, the balance of the robot has to kept as good as possible.

Method that used to keep balance on this robot is Fuzzy Logic, with feedback from accelerometer and servos as actuator. Accelerometer is sensor that used to measure acceleration, so the robot will sense the tilt of its body while stand upright or walk. Through the I2C communication, Raspberry Pi 2 can read it's data which has the output of x and y. This sensor will give feedback to system for processing of Fuzzy Logic which has the output range between 0-1023 to rotate the servos between 0-360 degree to balance the robot.

Conclusion of this research is fuzzy system is already running as expected, but couldn't keep the robot balance properly. Can be seen on second examination, the robot only walk in few steps. The research about robot can keep its balance when the robot is walking with fuzzy logic system has not reached its goal yet .

**Keywords :** *Robot Humanoid, Sensor Accelerometer, Feedback, Raspberry Pi 2, Servo, Aktuator*

---

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Di zaman yang serba modern ini, teknologi yang sangat berkembang mulai memunculkan teknologi-teknologi canggih yang memiliki fungsi-fungsi unik seperti Segway, mobil listrik, arm robot, robot pelayan, dan begitu banyak lagi teknologi yang sudah berkembang di dunia ini. Robot adalah sesuatu yang sudah tidak jarang lagi dijumpai, sudah begitu banyak jenis robot yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, robot untuk membantu kegiatan rumah tangga, robot untuk industri, bahkan robot untuk dilombakan seperti robot-robot humanoid yang difungsikan sebagai pemain bola, robot seni yang bisa menari, robot beroda maupun berkaki sebagai pemadam api.

Robot humanoid adalah robot yang badannya dibentuk menyerupai manusia, pada umumnya robot humanoid memiliki tubuh dengan kepala, dua tangan, dan dua kaki. Masalah yang harus diatasi pada robot humanoid ini adalah masalah pada keseimbangannya, seperti manusia, robot juga terpengaruh oleh gaya gravitasi yang mempengaruhi keseimbangannya[1].

Dalam penelitian ini, Robot humanoid yang dibuat akan menggunakan sensor accelerometer yang ditempatkan pada bagian tengah badan robot ini. Sensor ini berfungsi sebagai sensor kemiringan untuk memberikan feedback. Feedback tersebut berupa koordinat yaitu nilai x dan y, nilai ini akan diproses untuk mendapatkan keseimbangan pada robot. Diharapkan dengan adanya sensor ini, robot dapat berjalan dengan baik.

### 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, permasalahan yang dapat diangkat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengendalikan servo pada robot agar mendapatkan keseimbangan yang baik dengan menggunakan metode Fuzzy Logic ?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengaplikasikan keseimbangan yang baik, yaitu nilai sensor selalu berada pada rentang tertentu yaitu kondisi XPasKi,XPasKa,YPasDe,YPasBe, kondisi seimbang robot yang ditentukan pada perancangan sistem Fuzzy Logic..

### 1.4 Batasan Masalah

Adapun masalah yang diangkat oleh penulis memiliki batasan sebagai berikut:

1. Robot menggunakan Raspberry Pi 2 sebagai pengendali untuk membaca sensor, melakukan proses Fuzzy Logic, dan mengendalikan servo.
2. Robot menggunakan sensor accelerometer dari DT-Sense 3D Accelerometer Magneto.
3. Robot menggunakan 18 Servo AX-12 keluaran Dynamixel sebagai aktuator
4. Robot diuji hanya dengan menyeimbangkan pada saat berjalan di lantai.
5. Robot sudah tersedia, fokus penelitian adalah implementasi algoritma

### 1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini adalah.

#### 1. Studi Literatur

Digunakan untuk mengetahui teori-teori dasar dan sebagai sarana pendukung dalam menganalisis permasalahan dalam penelitian ini. Adapun sumbernya antaralain buku referensi, jurnal ilmiah, internet dan diskusi.

#### 2. Analisis Masalah

Digunakan untuk menganalisis semua permasalahan berdasarkan sumber-sumber dan pengamatan terhadap permasalahan yang telah dikemukakan dalam batasan masalah.

#### 3. Perancangan

Melakukan perancangan pada beberapa bagian dari keseluruhan sistem yang akan dibuat.

#### 4. Simulasi Alat

Melakukan simulasi alat untuk melihat performansi dari alat yang telah di desain dan dirancang sebelumnya.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir terdiri dari lima bab, yaitu:

1. Bab Pendahuluan  
Bab pertama ini akan membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan.
2. Bab Landasan Teori  
Pada bab ini akan membahas mengenai berbagai teori dasar yang berhubungan dengan tugas akhir ini.
3. Bab Perancangan dan Implementasi  
Pada bab ini akan menjelaskan mengenai perancangan umum keseluruhan sistem alat.
4. Bab Pengujian dan Analisis  
Pada bab ini akan menjelaskan pengujian alat yang dibuat dan hasil analisis apa yang didapat dari pengujian tersebut.
5. Bab Kesimpulan dan Saran  
Pada bab terakhir ini berisi tentang kesimpulan dan saran mengenai permasalahan yang telah didapat dari hasil pembuatan dan pengujian alat yang dibuat.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Robot Humanoid

Robot *humanoid* adalah robot yang badannya dibentuk menyerupai manusia, pada umumnya robot *humanoid* memiliki tubuh dengan kepala, dua tangan, dan dua kaki, walaupun kadang robot *humanoid* hanya berbentuk bagian anggota tubuh saja seperti hanya bagian tubuh yang atas. Masalah pada robot *humanoid* ini adalah pada keseimbangannya, seperti manusia, robot juga dipengaruhi oleh gaya gravitasi yang mempengaruhi keseimbangannya<sup>[1]</sup>.

Robot humanoid memiliki fitur-fitur sebagai berikut; 1. Robot humanoid bisa bekerja di lingkungan manusia, karena lingkungan yang sudah di desain untuk manusia sehingga akan memakan banyak biaya yang lebih jika harus lingkungan yang menyesuaikan robot, 2. Robot humanoid bisa menggunakan peralatan manusia, sama seperti lingkungan, peralatan-peralatan di desain untuk manusia juga, 3. Robot humanoid memiliki bentuk seperti manusia<sup>[2]</sup>.



Gambar 2.1 Robot Humanoid

### 2.2 Raspberry Pi 2

Raspberry Pi atau biasa disebut raspi, adalah komputer dengan ukuran kartu kredit yang bisa didapat dengan harga terjangkau. Raspi adalah sebuah alat yang dapat digunakan oleh semua umur untuk belajar komputer, belajar pemrograman dalam berbagai bahasa, bisa juga difungsikan layaknya komputer *desktop*, dari *browsing*, memainkan video kualitas tinggi, sampai bermain *games*<sup>[7]</sup>.



Gambar 2.2 Raspberry Pi 2<sup>[8]</sup>

### 2.3 DT-Sense 3D Accelerometer Magnetometer

Pada sensor ini sebenarnya terdapat dua jenis sensor, yaitu sensor *accelerometer* dan *magnetometer*, namun pada penelitian ini yang digunakan hanya sensor *accelerometer*.

Sensor *accelerometer* adalah alat yang digunakan untuk menghitung percepatan, yaitu rata-rata perubahan kecepatan pada suatu objek, aplikasinya adalah untuk mendeteksi getaran atau orientasi pada sistem. Banyak cara untuk membuat sensor ini, beberapa menggunakan *piezo-electric effect* yang memiliki struktur kristal yang sangat kecil yang dipengaruhi oleh percepatan yang menimbulkan tegangan dan beberapa dengan cara mendeteksi perubahan pada *kapasitansi*<sup>[3]</sup>.

Aplikasi sensor *accelerometer* pada penelitian ini adalah untuk mencari kemiringan robot sebagai input untuk diproses menggunakan metode Fuzzy Logic untuk menyeimbangkan robot.



Gambar 2. 3 DT-Sense Accelerometer Magnetometer<sup>[10]</sup>.

## 2.4 Servo AX-12

AX-12 adalah aktuator keluaran Dynamixel berbasis motor servo yang cukup “pintar” karena memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- *Weight* : 53.5g (AX-12/AX-12+), 54.6g (AX-12A)
- *Dimension* : 32mm \* 50mm \* 40mm
- *Resolution* : 0.29°
- *Gear Reduction Ratio* : 254 : 1
- *Stall Torque* : 1.5N.m (at 12.0V, 1.5A)
- *No load speed* : 59rpm (at 12V)
- *Running Degree* : 0° ~ 300°, Endless Turn
- *Running Temperature* : -5°C ~ +70°C
- *Voltage* : 9 ~ 12V (Recommended Voltage 11.1V)
- *Command Signal* : Digital Packet
- *Protocol Type* : Half duplex Asynchronous Serial Communication (8bit, 1stop, No Parity)
- *Link (Physical)* : TTL Level Multi Drop (daisy chain type Connector)
- *ID* : 254 ID (0~253)
- *Communication Speed* : 7343bps ~ 1 Mbps
- *Feedback* : Position, Temperature, Load, Input Voltage, etc.
- *Material* : Engineering Plastic<sup>[6]</sup>

Servo ini digunakan sebagai sendi robot, sehingga robot bisa melakukan pergerakan dengan menggerakkan servo tersebut ke derajat tertentu.



Gambar 2. 4 AX-12 A dan AX-12+<sup>[9]</sup>

## 2.5 Fuzzy Logic

*Fuzzy logic* merupakan logika bernilai banyak, dengan asumsi jawaban yang didapat tidak hanya ‘iya’ atau ‘tidak’ melainkan terdapat jawaban tidak pasti seperti ‘sedang’, ‘cukup’ atau bahkan ‘sangat’. Hal ini didasari oleh hasil yang diperoleh tidak hanya bernilai 1 atau 0 namun bermacam-macam<sup>[4]</sup>.

Metode ini digunakan untuk menghasilkan nilai posisi servo dari input sensor.

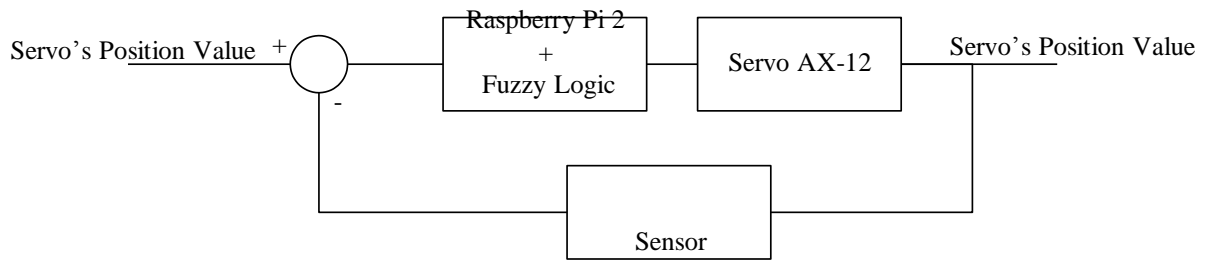
## 3. Pembahasan

### 3.1 Gambaran Umum Rancangan Sistem

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan dan implementasi dari sistem kerja robot yang berusaha seimbang pada saat berjalan.

Pada terdapat dua tombol, tombol pertama yaitu untuk mengaktifkan Raspberry Pi 2 dan tombol kedua untuk mengaktifkan servo. Saat kedua tombol “ON”, robot akan ke posisi siap jalan dan kemudian langsung berjalan sambil menyeimbangkan tubuhnya.

Raspberry Pi 2 berfungsi untuk menerima data dari sensor melalui komunikasi I<sup>2</sup>C dan mengirim data ke servo melalui komunikasi serial untuk melakukan gerakan jalan dan keseimbangan.

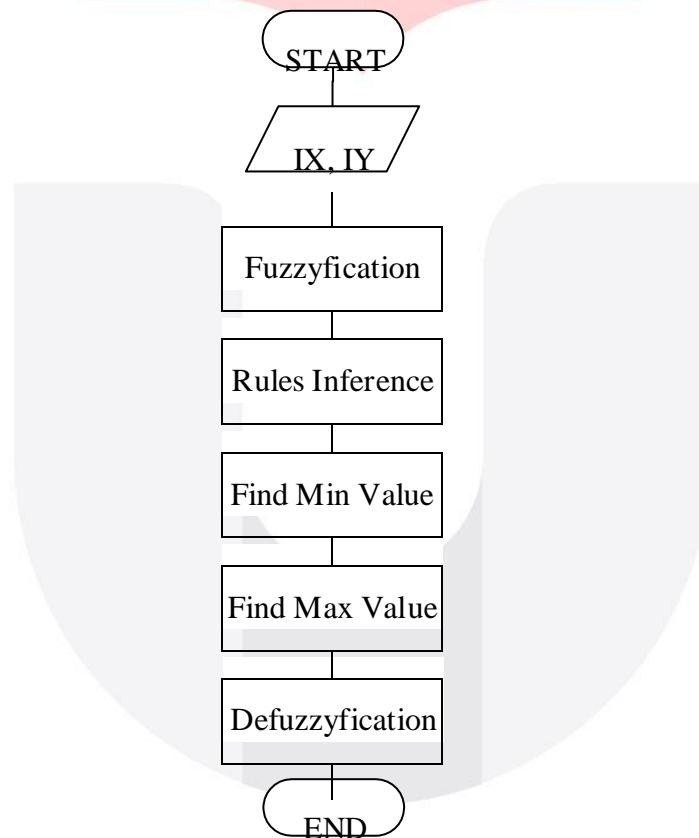


Gambar 5. Diagram Blok Sistem

### 3.2.1 Perancangan *Fuzzy Logic*

Metode yang digunakan pada robot ini adalah metode fuzzy logic, pada sistem ini sensor accelerometer berfungsi sebagai masukan berupa nilai x dan y yang kemudian akan diolah menggunakan metode fuzzy logic untuk menghasilkan keenam nilai servo tangan, berupa nilai antara 0-1023.

Pada perancangan logika fuzzy ini, yang pertama kali dilakukan adalah membuat diagram alir terlebih dahulu setelah itu program dibuat sesuai dengan diagram alir tersebut. Diagram alir dapat dilihat pada gambar berikut.

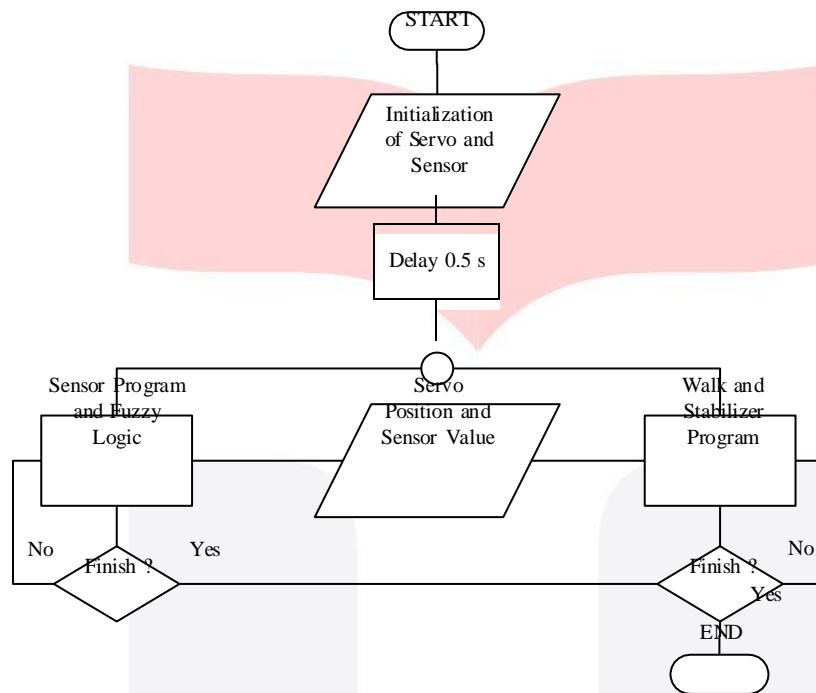
Gambar 6. Diagram Alir Perancangan *Fuzzy Logic*

### 3.3 Perancangan Program Hardware

Program yang ditanam pada Raspberry Pi 2 adalah sebagai penerima data dari sensor, pengolah data, dan pengirim data ke servo.

Saat Raspberry Pi 2 aktif, program langsung menjalankan dua program sekaligus, yaitu program jalan robot dan program baca sensor. Program jalan robot yaitu program untuk mengirim data berupa array ke semua servo kecuali servo tangan secara bersamaan untuk menghasilkan suatu gerakan berjalan robot, kemudian program membaca sensor adalah program untuk menerima output dari sensor yang akan digunakan sebagai input proses Fuzzy Logic yang outputnya digunakan sebagai nilai untuk menggerakkan keenam servo tangan.

Pada penelitian ini, robot menyeimbangkan tubuhnya dengan menggerakkan kedua tangannya yang mendapatkan input dari sensor yang kemudian diproses oleh *Fuzzy Logic*. Jadi, kedua kaki bergerak sesuai dengan array jalan yang sudah ada, sedangkan tangan bergerak sesuai output dari *Fuzzy Logic* untuk keseimbangan, diagram alir untuk perancangan program *hardware* ada di halaman selanjutnya.



Gambar 7. Diagram Alir Secara Keseluruhan

## 4. Pengujian dan Analisis

### Cara Pengujian :

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengaktifkan Raspberry Pi 2 pada robot menggunakan baterai 12V, kemudian mengakses Raspberry Pi 2 menggunakan laptop melalui kabel LAN dengan aplikasi *Putty*, serta *notepad++* dan *filezilla* untuk edit program. Program *Fuzzy Logic* dijalankan dan hasilnya ditampilkan dilayar laptop berupa angka beserta nilai sensor, kemudian nilai sensor dan *output* dari *Fuzzy Logic* tersebut disimpan dan dibandingkan dengan perhitungan manual menggunakan aplikasi kalkulator pada laptop peneliti, *membership function* sensor, *rules*, dan *membership function output* yang digunakan adalah sebagai berikut.

Percobaan Ke-	AccX	AccY	Defuzzyfikasi					
			Servo ID 1			Servo ID 2		
			Output Sistem	Perhitungan	Error (%)	Output Sistem	Perhitungan	Error (%)
1	184.46	274.95	303.2	303.18	0.00759	719.8	719.83	0.0032
2	183.83	270.77	359.64	359.61	0.01001	663.36	663.4	0.00543
3	183.73	271.49	349.83	349.89	0.01686	673.17	673.12	0.00877
4	183.93	274.91	303.77	303.72	0.01745	719.23	719.29	0.00737
5	182.46	271.48	350.09	350.02	0.01886	672.91	672.98	0.00981

Percobaan Ke-	AccX	AccY	Defuzzyfikasi					
			Servo ID 3			Servo ID 4		
			Output Sistem	Perhitungan	Error (%)	Output Sistem	Perhitungan	Error (%)
1	184.46	274.95	279	279	0	744	744	0
2	183.83	270.77	279	279	0	744	744	0
3	183.73	271.49	279	279	0	744	744	0
4	183.93	274.91	279	279	0	744	744	0
5	182.46	271.48	279	279	0	744	744	0

Percobaan Ke-	AccX	AccY	Defuzzyfikasi					
			Servo ID 5			Servo ID 6		
			Output Sistem	Perhitungan	Error (%)	Output Sistem	Perhitungan	Error (%)
1	184.46	274.95	346.06	348.03	0.56375	691.07	691.09	0.00203
2	183.83	270.77	391.64	391.61	0.00741	656.37	656.39	0.00335
3	183.73	271.49	383.71	383.76	0.01225	662.4	662.37	0.00544
4	183.93	274.91	346.52	346.48	0.01241	690.72	690.75	0.00478
5	182.46	271.48	383.92	383.87	0.01381	662.24	662.28	0.00619

Tabel 1. Hasil Pengujian Servo ID 1-6

Hasil Pengujian :

Pada pengujian ini dibandingkan *output* control *Fuzzy* yang berupa nilai posisi servo dengan nilai masukan berupa nilai X dan nilai Y yang berbeda. Hasil perbandingan yang didapatkan dari 5 sampel percobaan dapat dilihat pada tabel diatas.

Setelah *output* dari *Fuzzy* dibandingkan dengan cara hitung manual, maka di dapatkan error kurang dari satu persen. Jadi hasil pengujian pada kontrol *Fuzzy* dapat dikatakan akurat, karena error kurang dari satu persen.

## 5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada tugas akhir ini dapat diambil kesimpulan bahwa sistem yang dirancang telah berjalan dengan baik, yaitu robot dapat berjalan sambil menyeimbangkan tubuhnya dengan menggerakkan kedua tangan sesuai apa yang diharapkan dari sistem Fuzzy Logic yang dirancang pada tugas akhir ini, nilai error pada pengujian sangat kecil sehingga tidak begitu mempengaruhi performansi robot.

### Daftar Pustaka:

- [1] P. D. Elmer, J. C. B. Jazper, G. G. Ron-Ron, J. D. and R. B. V. Adranne, "Humanoid Robot: Design and Fuzzy Logic Control Technique for Its Intelligent Behaviors," in *Fuzzy Logic – Controls, Concepts, Theories and Applications*, Manilla, InTech, 2012, pp. 3-20.
- [2] H. H. K. H. K. Y. Shuuji Kajita, *Introduction to Humanoid Robotics*, Ohmsha, 2005.
- [3] TONI\_K. [Online]. Available: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/accelerometer-basics>. [Accessed 17 Desember 2015].
- [4] Suyanto, *Artificial Intelligence*, Bandung: Informatika Bandung, 2007.
- [5] D. W. Widayanto, *DESAIN DAN IMPLEMENTASI ROBOT MOBIL PENGIKUT BENDA BERGERAK DENGAN KONTROL LOGIKA FUZZY BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA128*, Bandung, 2012.
- [6] "Robotis," [Online]. Available: [http://support.robotis.com/en/product/dynamixel/ax\\_series/dxl\\_ax\\_actuator.htm](http://support.robotis.com/en/product/dynamixel/ax_series/dxl_ax_actuator.htm). [Accessed 3 June 2016].
- [7] "Raspberrypi," [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/>. [Accessed 3 June 2016].
- [8] "adafruit," [Online]. Available: <https://www.adafruit.com/pdfs/raspberrypi2modelb.pdf>. [Accessed 3 June 2016].
- [9] ihrchive. [Online]. Available: <https://ihrchive.files.wordpress.com/2011/05/5c781-ax12-diff-02.jpg>. [Accessed 3 June 2016].
- [10] "Innovative Electronics," [Online]. Available: [http://www.innovativeelectronics.com/images/img\\_prod/prod\\_162/dt\\_sense\\_3d\\_accele\\_magneto1.jpg](http://www.innovativeelectronics.com/images/img_prod/prod_162/dt_sense_3d_accele_magneto1.jpg). [Accessed 3 June 2016].