

IMPLEMENTASI ALGORITMA FUZZY LOGIC PADA ROBOT ARM DENGAN MEMANFAATKAN ACCELEROMETER SMARTPHONE ANDROID

Nanda Tommy Wirawan¹
Retno Devita²

ABSTRACT

Now the development of smart phone technology has evolved rapid, especially Smartphone Android. Where multiple sensors embedded in a mobile phone, primarily an accelerometer sensor support be used of smartphone phone. Accelerometer is used to measure the acceleration reviews Angle X, Y and Z smartphone. So that the sensor is used to review the Movement Robot Arm matching is done with corner acceleration motion X, Y and Z smartphone Method on the system is backed with Fuzzy Logic the which serves to Determine the movement of the robot arm that is sent to the microcontroller. Arm robot system is processed using Matlab 6.1 and using the Software Arduino, and then implanted into the microcontroller, so that the robot goes According movement.

Keywords : *Android, Accelerometer, Robot Arm, Fuzzy Logic.*

INTISARI

Perkembangan teknologi ponsel pintar sekarang sudah berkembang pesat, terutama smartphone Android. Dimana di dalam ponsel tersebut ditanamkan beberapa sensor, terutama sensor accelerometer yang mana mendukung kinerja ponsel smartphone tersebut. *Accelerometer* ini digunakan untuk mengukur percepatan sudut X, Y dan Z pada smartphone. Sehingga sensor ini dimanfaatkan untuk robot Arm dalam melakukan pergerakan yang sesuai dengan pergerakan percepatan sudut X, Y dan Z pada smartphone. Metode pada sistem ini didukung dengan *Fuzzy Logic* yang berfungsi untuk menentukan pergerakan robot Arm yang dikirimkan ke mikrokontroler. Sistem robot Arm ini diolah menggunakan Matlab 6.1 dan menggunakan Software Arduino, lalu ditanamkan ke dalam mikrokontroler, sehingga robot berjalan sesuai pergerakannya.

Kata Kunci : *Android, Accelerometer, Robot Arm, Fuzzy Logic.*

^{1,2} Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri pada saat ini semakin terus berkembang dan sudah menjadi satu bagian penting dari dunia secara keseluruhan. Perkembangan dunia industri ini sudah banyak memberikan kemudahan dan keuntungan tersendiri kepada perusahaan dalam pengerjaannya. Sebagai contoh adalah proses pemindahan dan pengelompokan barang yang dilakukan secara berulang-ulang. Pada dunia industri benda yang akan dipindahkan tidak hanya satu ukuran, melainkan banyak seperti dalam proses pemindahan dan pengelompokan kardus makanan dengan ukuran yang kecil, sedang dan besar. Jika proses pemindahan dan pengelompokan masih menggunakan tenaga manusia (*manual*) maka akan banyak menghabiskan waktu dan tenaga.

Untuk menghemat proses tersebut, maka muncul ide untuk membuat ROBOT Arm yang dapat bekerja dengan memanfaatkan accelerometer android sebagai pengontrol Robot Arm dengan metode Algoritma *Fuzzy Logic* yang meningkatkan keakurasian robot untuk menjalankan proses produksi pada perusahaan sesuai dengan target yang diinginkan.

Dengan ini akan sangat memudahkan pekerja dalam pemindahan barang dan akan menghemat tenaga dan waktu pengerjaannya.

PENDEKATAN DAN PEMECAHAN MASALAH Robot

Istilah robot pertama kali diperkenalkan dalam bahasa Inggris pada tahun 1921 oleh seorang dramawan Ceko Slowakia yang bernama Karel Capek dalam dramanya yang berjudul *R.U.R (Rossum's Universal Robots)*. Robot dalam arti mula-mula adalah "*forced*

labour" yang berarti pekerja paksa, namun dalam pengertian modern kata robot sudah mengalami perluasan makna. Menurut *The Robotics International Division of The Society of Manufacturing Engineers (RI/SME)*, robot dapat didefinisikan sebagai manipulator reprogrammable dan multifungsi yang dirancang untuk memindahkan material, bagian, peralatan, dan perangkat khusus melalui variabel gerakan yang diprogram untuk kinerja berbagai tugas (Deny Wiria Nugraha, 2010).

Dari pengertian di atas, terdapat tiga kata kunci yang menunjukkan ciri sebuah robot yaitu: *reprogrammable* (dapat diprogram kembali), *multifunctional* (multifungsi), dan *move material, part, tools* (mendefinisikan tugas manipulator). Jadi definisi robot, khususnya robot industri adalah perangkat multifungsi yang dirancang untuk memanipulator dan mentransformasikan alat atau perangkat tertentu melintasi suatu lintasan yang telah diprogramkan guna menyelesaikan tugas-tugas tertentu. Untuk dapat disebut sebagai sistem robot modern, sebuah mesin sedikitnya terdiri dari tiga hal utama yaitu:

a. Manipulator

Manipulator yaitu merupakan unit mekanik yang melakukan fungsi gerakan. Pada robot, manipulator biasanya terdiri dari bagian lengan (*main frame*) dan bagian pergelangan (*wrist*). Fungsi dari manipulator ini adalah untuk memungkinkan robot untuk mencapai suatu posisi tertentu dengan presisi.

b. Aktuator

Berfungsi sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan manipulator. Aktuator pada robot dapat memakai sistem hidrolis, sistem pneumatik, motor DC,

motor AC, motor stepper dan berbagai jenis penggerak lainnya.

c. Prosesor

Merupakan otak dari robot, berfungsi untuk menyimpan dan memproses setiap urutan gerakan pada robot. Biasanya bagian prosesor ini memungkinkan robot untuk melakukan berbagai jenis tugas yang diprogramkan kepadanya.

Sistem Kontrol Loop Terbuka (Open Loop)

Suatu sistem kontrol yang mempunyai karakteristik di mana nilai keluaran tidak memberikan pengaruh pada aksi kontrol disebut Sistem Kontrol Loop Terbuka (*Open-Loop Control System*) (Aris Triwiyatno, 2011).

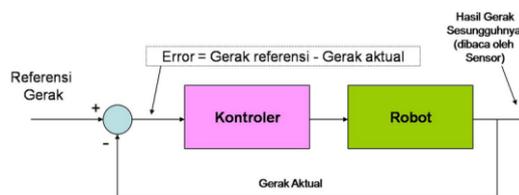
Diagram kontrol *loop* terbuka pada sistem robot dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Sistem Kontrol Robot Loop Terbuka

Sistem Kontrol Loop Tertutup (Close Loop)

Diagram kontrol *loop* tertutup dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Sistem Kontrol Robot Loop Tertutup

Pada gambar di atas, jika hasil gerak aktual telah sama dengan referensi maka *input* kontroler akan nol. Artinya kontroler tidak lagi memberikan sinyal aktuasi

kepada robot karena target akhir perintah gerak telah diperoleh. Makin kecil *error* terhitung, maka makin kecil pula sinyal pengemudian kontroler terhadap robot, sampai akhirnya mencapai kondisi tenang (*steady state*).

Referensi gerak dan gerak actual dapat berupa posisi kecepatan, akselerasi atau gabungan diantaranya. Kontrol bersifat konvergen jika dalam rentang waktu pengontrolan nilai *error* menuju nol, dan keadaan dikatakan stabil jika setelah konvergen kontroler mampu menjaga agar *error* selalu nol. Dua pengertian dasar; konvergen dan stabil, adalah sangat penting dalam kontrol *loop* tertutup. Stabil dan konvergen diukur dari sifat referensinya.

Posisi akhir dianggap konvergen jika makin lama gerakan makin perlahan dan akhirnya diam pada posisi seperti yang dikehendaki referensi, dan dikatakan stabil jika posisi akhir yang diam dapat dipertahankan dalam masa-masa berikutnya. Jika referensinya adalah kecepatan maka disebut stabil jika pada keadaan tenang kecepatan akhirnya adalah sama dengan referensi dan kontroler mampu menjaga kesamaan ini pada masa-masa berikutnya (Aris Triwiyatno, 2011).

Robot Arm

Sebuah robot industri terdiri dari sebuah manipulator robot, power supply, dan pengontrol. Manipulator robot dapat dibagi menjadi dua bagian, masing-masing dengan fungsi yang berbeda yaitu :

- a. Lengan dan Tubuh - lengan dan tubuh robot digunakan untuk memindahkan bagian-bagian posisi dan atau alat dalam amplop kerja. Mereka terbentuk dari tiga sendi dihubungkan dengan link besar.

- b. Wrist - pergelangan tangan ini digunakan untuk mengarahkan bagian-bagian atau peralatan di lokasi kerja. Ini terdiri dari dua atau tiga kompak sendi. Manipulator robot dibuat dari urutan kombinasi link dan sendi. Link yang menghubungkan para anggota kaku sendi, atau kapak.

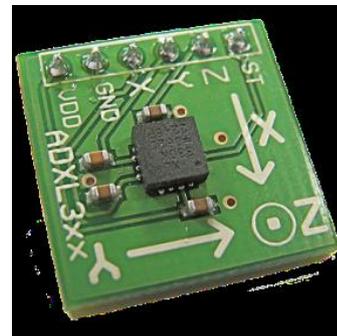
Sumbu adalah komponen bergerak dari robot yang menyebabkan gerakan relatif antara link yang berdekatan. Sendi mekanis digunakan untuk membangun manipulator terdiri dari lima jenis utama. Dua dari sendi yang linear, di mana gerakan relatif antara link yang berdekatan adalah non-rotasi, dan tiga jenis rotary, di mana gerakan relatif melibatkan rotasi antara link. Bagian lengan-dan-tubuh manipulator didasarkan pada salah satu dari empat konfigurasi. Masing-masing anatomi memberikan amplop kerja yang berbeda dan cocok untuk aplikasi yang berbeda yaitu :

1. Gantry - robot ini memiliki sendi linier dan dipasang overhead. Mereka juga disebut robot Cartesian dan bujursangkar.
2. Cylindrical – Dinamakan untuk bentuk tempat kerjanya, robot anatomi silinder yang dibuat dari sendi linear yang terhubung ke basis bersama rotary.
3. Polar- Dasar bersama robot kutub memungkinkan untuk memutar dan sendi adalah kombinasi jenis putar dan linier. Ruang kerja yang diciptakan oleh konfigurasi ini bulat.
4. Joined-Arm - Ini adalah konfigurasi yang paling populer robot industri. Lengan menghubungkan dengan bersama memutar, dan link di dalamnya dihubungkan dengan sendi putar. Hal ini juga disebut robot diartikulasikan.

Accelerometer

Accelerometer modern tidak lain adalah MEMS (*micro electro mechanical system*) berskala kecil. *Accelerometer* adalah suatu alat untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran, atau untuk mengukur percepatan gravitasi (inklinasi). Pengukurannya bisa secara analog maupun digital. *Accelerometer* dapat digunakan untuk mengukur percepatan baik statis maupun dinamis. *Accelerometer* akan mengalami percepatan dalam kisaran dari -1g sampai +1g (9.8m/s²), dan hingga kemiringan 180°.

Accelerometer merupakan komponen elektronik yang mengukur kemiringan dan gerak. *Accelerometer* juga mampu untuk membaca gerakan rotasi dan gerakan seperti berayun atau bergetar. Pada *smartphone* *Accelerometer* merupakan sensor yang bisa membaca pergerakan sehingga dapat mengubah tampilan layar dari posisi *landscape* ke *portrait* atau sebaliknya dengan cukup memiringkan badan ponsel secara otomatis (Dedy Hermanto, 2015). Dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Sensor Accelerometer

Fuzzy Logic

Logika *Fuzzy* sebagai salah satu komponen dari perangkat lunak, telah banyak diaplikasikan diberbagai bidang kehidupan. Salah satu aplikasi terpentingnya adalah membantu manusia dalam

melakukan pengambil keputusan. Aplikasi logika *Fuzzy* untuk pendukung keputusan sangat diperlukan tatkala semakin banyak kondisi yang menuntut adanya keputusan yang hanya bisa dijawab dengan "ya" atau "tidak". Hal ini muncul sebagai akibat dari adanya ketidakpastian yang menyertai data yang diterima atau informasi sebagai hasil pengolahan data. Pada dasarnya berhubungan dengan bagaimana manusia menangani ketidaktepatan (*imprecise*) dan informasi yang tidak pasti (*uncertain*). Ia menirukan bagaimana manusia menggunakan perkiraan pertimbangan (*approximate reasoning*) dalam hal berhubungan dengan ketidaktepatan (*impresion*), ketidakpastian (*uncertainty*), ketidakakurasian (*inaccuracy*), ketidakpersisan (*inexactness*), kerancuan (*ambiguity*), ketidakjelasan (*vagueness*), kekualitatifan (*qualitativeness*), subjektifitas (*subjectivity*) dan persepsi (*perception*) yang dialami setiap hari dalam pengambilan keputusan (T. Sutojo *et al*, 2011).

Dengan menggunakan *Fuzzy Logic*, dalam merancang sebuah *system* akan lebih cepat dan efisien.

Kemudian, *Fuzzy Logic* juga kental berkaitan dengan sistem *control*, di bidang elektronika sehingga pernyataan matematikanya banyak dikembangkan dalam konteks pemrograman komputer (Endra Pitowarno, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Arsitektur Robot

Robot ini memiliki arsitektur dengan bagian-bagiannya sebagai berikut :

1. Komponen *Input*

Komponen *input* yang dipakai pada robot ini adalah Smartphone Android dan Bluetooth HC-05. Pada

Smartphone Android yang difungsikan adalah *Accelerometer* dimana berfungsi sebagai penggerak robot dan Bluetooth HC-05 berfungsi sebagai interface antara Smartphone Android dan Robot.

2. Komponen Proses

Komponen proses yang dipakai yaitu:

- Mikrokontroller Arduino

Berfungsi sebagai pemroses atau otak pada robot. Mikrokontroller Arduino melakukan segala proses yang terjadi mulai dari pengolahan data yang masuk dan memberikan keluaran berupa tegangan yang nantinya keluarannya itu akan dikirim ke tiap servo. Pada mikrokontroller inilah akan dimasukkan logika *fuzzy* yang berfungsi untuk mengatur pergerakan robot Arm.

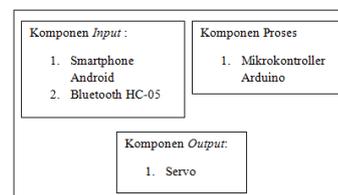
3. Komponen *Output*

Komponen *output* yang dipakai pada robot ini yaitu :

- Servo

Berfungsi sebagai aktuator gerak daripada robot. Servo yang digunakan adalah empat buah.

Dapat dilihat pada gambar 4.

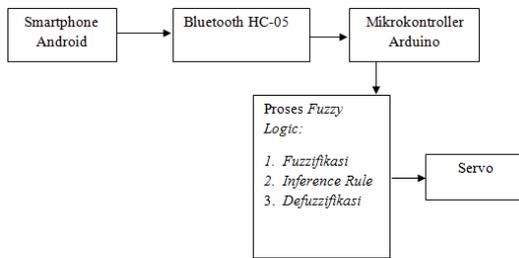


Gambar 4. Arsitektur Robot

Arsitektur Sistem

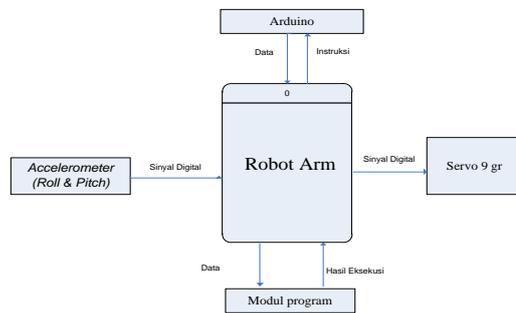
Pada sistem robot ini, robot bekerja diawali dengan mengambil nilai yang dihasilkan oleh *Accelerometer*. Nilai-nilai yang didapatkan akan menjadi masukan bagi mikrokontroller Arduino untuk diolah menggunakan logika *Fuzzy*, dan nilai-nilai yang dihasilkan dari

proses *Fuzzy* tersebut dikirimkan ke Servo, sehingga Servo bergerak pada derajat tertentu dan dapat dilihat pada gambar 5.



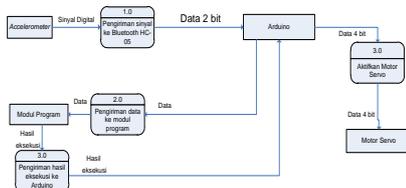
Gambar 5. Arsitektur Sistem

Context Diagram



Gambar 6. Context Diagram

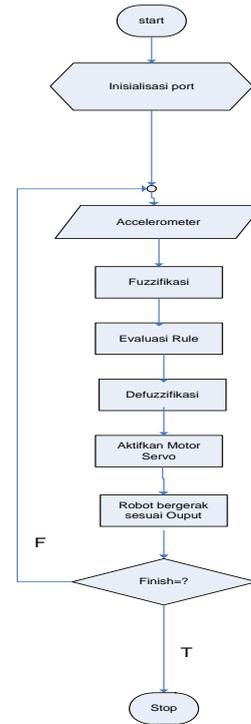
Data Flow Diagram



Gambar 7. Data Flow Diagram

Rancangan Modul Program

Modul program dirancang memiliki struktur dengan kualitas yang baik dan mudah dimengerti, maka sebelum pembuatan *listing* program perlu diawali dengan penentuan logika program. Logika program pada robot ini yaitu : Logika program tersebut pada penelitian ini digambarkan dalam bentuk *flowchart* dan dapat dilihat pada gambar 8.

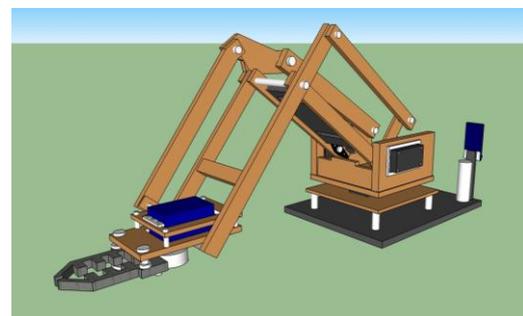


Gambar 8. Flowchart

Pembuatan Mekanik Robot

Pada tahap ini, diperlukan bahan akrilik untuk membuat mekanik robot. Robot yang dibuat berukuran 30 cm x 9 cm x 18 cm.

Gambar rancangan bentuk mekanik robot ini dapat dilihat pada gambar 9.



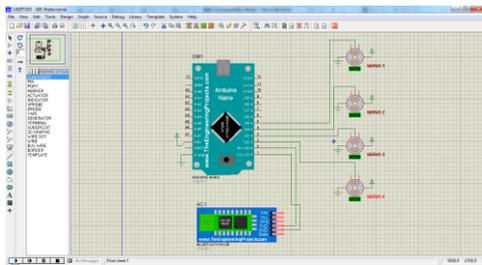
Gambar 9. Rancangan Mekanik Awal Robot

Pembuatan Modul Rangkaian

Pada pembuatan modul rangkaian ini, ada beberapa tahap yang harus dilakukan, yaitu:

1. Tahap Merancang Simulasi Rangkaian Elektronik

Pada tahap ini, *software* yang dibutuhkan adalah Proteus 7 Professional. Setelah rancangan simulasi rangkaian elektronik robot, selanjutnya pengaplikasian ke sistem. Bentuk hasil rancangan simulasi rangkaian elektronik robot yang dihasilkan oleh *software* Proteus 7 Professional dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Hasil Rancangan Simulasi Rangkaian Elektronik Robot

2. Tahap Penyolderan

Pada tahap ini, yang harus dikerjakan adalah menyolder komponen-komponen elektronik ke papan PCB.

3. Tahap Penggabungan

Pada tahap ini, yang dilakukan adalah penggabungan masing-masing modul rangkaian.

Penyelesaian Robot

Tahap ini adalah tahap penyelesaian pembuatan bentuk fisik robot yang sudah terpasang lengkap dengan rangkaian-rangkaian elektronik robot. Bentuk fisik robot dapat dilihat pada gambar 11.



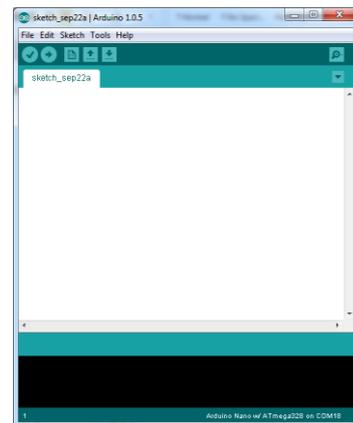
Gambar 11. Bentuk Fisik Robot

Implementasi Fuzzy Logic ke Robot Arm

Untuk mengimplementasikan metode *Fuzzy Logic* pada robot ini, logika yang digunakan adalah *IF-Then*. *Software* yang digunakan adalah *Arduino*. *Software* ini berfungsi sebagai *software* untuk pemrograman robot. Bahasa pemrograman yang digunakan pada *software* ini adalah bahasa C++. Langkah-langkah pemrogramannya yaitu:

a. Buka aplikasi *Arduino*

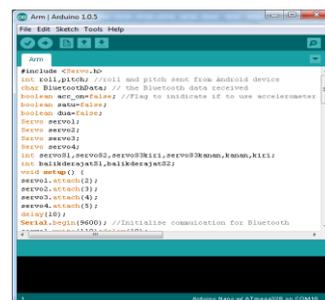
Bentuk tampilan *Arduino* dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Tampilan Arduino

b. Program

Tahap ini berfungsi untuk menulis program utama untuk pergerakan robot yang berdasarkan *Fuzzy Logic*. dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Tampilan Listing Program

Program untuk robot mengambil rumus dari *Fuzzy Logic* yang dihasilkan oleh *software* Matlab 6.1. Contoh *listing programnya* yaitu:

```

if (Serial.available()){

    BluetoothData=Serial.read();

    //////////////////////////////////////
    //////////////////////////////////////
        balikderajatS1=180-pitch;
        servoS1=balikderajatS1;

        servoS2=pitch;
        balikderajatS2=180-
servoS2;

        kiri=roll*-1;
        servoS3kiri=80-kiri;
        kanan=roll+80;
        servoS3kanan=kanan;

    //////////////////////////////////////
    //////////////////////////////////////

    //**** Accelerometer - sends
    'Aroll,pitch*' every 150 ms

        if(BluetoothData=='A'){

roll=Serial.parseInt();
        while
        (BluetoothData!=''){
            if
            (Serial.available()){

BluetoothData=Serial.read();

if(BluetoothData=='A')pitch=Serial
.parseInt(); }}
            if (acc_on){
                if ((roll>0    &&
roll<180) &&
                    (pitch>0    &&
pitch<180))

servo2.write(servoS1);}
                if (satu){
servo4.write(180)
                    if (dua){
                        if((roll<0))
servo3.write(servoS3kanan);
                            if ((roll>=0))
servo3.write(servoS3kiri);
                                }}}

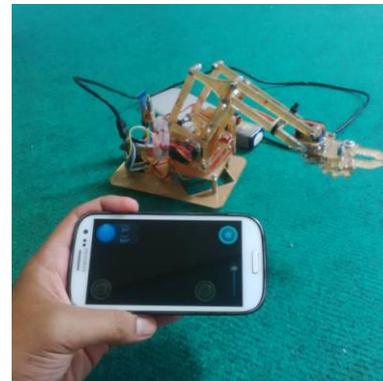
```

c. Download Program

Langkah selanjutnya yaitu *download* program dari komputer ke mikrokontroller. Alat yang digunakan untuk memindahkan program dari komputer ke mikrokontroller yaitu *Downloader*.

Hasil Pengujian Robot

Pada tahap pengujian robot ini, robot akan diuji dengan menggunakan *smartphone android* untuk melakukan pergerakan. dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Pengujian Robot

Pada pengujian robot ini, ada beberapa aspek yang akan diuji, yaitu:

Aspek Derajat Pergerakan

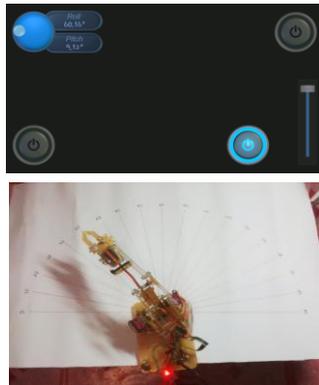
Kondisi-kondisi yang diuji pada robot beserta hasil pengujian untuk aspek derajat pergerakan ini dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 1. Kondisi Pengujian Robot Pada Aspek Jarak

No	Kondisi	Hasil Pengujian
1	Jika derajat kemiringan <i>smartphone</i> lebih dari 180 derajat, apakah robot bergerak sesuai derajat kemiringan <i>smartphone</i> ?	Robot tidak bisa bergerak melebihi derajat kemiringan 150 derajat, jika melebihi maka robot hanya bergerak 150 derajat saja.
2	Jika derajat kemiringan <i>smartphone</i> lebih dari 0 derajat dan kurang dari 180 derajat, apakah robot bisa	Bisa, karena logika <i>fuzzy</i> yang telah di masukkan kedalam program untuk derajat kemiringan nya adalah 0

	menyesuaikan derajat kemiringan smartphone?	sampai 180 derajat.
3	Jika derajat kemiringan smarphone berputar dari 0 hingga 360 derajat dan kembali lagi ke kemiringan kurang dari 180 derajat, bagaimana pergerakan robot?	Robot akan mengambil data kemiringan 0 hingga 180 derajat yang terbaru dari smartphone dan mengabaikan derajat kemiringan lebih dari 180 derajat.

Pengujian pergerakan robot berdasarkan derajat kemiringan smartphone dan hasil dari pergerakan robot bisa dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Pengujian Robot Berdasarkan Derajat Kemiringan Aspek Komunikasi Robot dengan Smartphone

Kondisi-kondisi yang diuji pada robot beserta hasil pengujian untuk aspek komunikasi robot dengan smartphone ini dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kondisi Pengujian Robot Pada Aspek Perbedaan Ruang

No	Kondisi	Hasil Pengujian
1	Jika smartphone	Robot tidak bisa menerima data

	dan robot berada didalam ruangan yang berbeda, apakah robot bisa menerima data dari smarphone?	dari smarphone jika berada dalam ruangan yang berbeda karena terhalang oleh dinding dan menghambat signal input dari smarphone.
2	Jika Smartphone yang digunakan berbeda-beda, apakah bisa robot membaca data dari input dari smartphone?	Bisa, asalkan smartphone yang digunakan memiliki sensor <i>accelerometer</i> .

Pada kondisi komunikasi robot dengan smartphone ada beberapa jenis smartphone yang bisa dan tidak bisa mengontrol robot Arm. Salah satu Smartphone nya bisa dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Smartphone Android dan Smartphone Blackberry

Pada smartphone jenis Android ini bisa mengakses atau mengontrol robot, karena pada smarphone android itu sendiri memiliki sensor *accelerometer* yang bisa kita manfaatkan untuk pengontrol robot dan untuk aplikasinya sendiri kita bisa dengan bebas membuat dan menginstallasi aplikasinya ke dalam smartphone. Dan ada juga beberapa smarphone Android versi lama yang tidak memiliki sensor *accelerometer*, sehingga kita tidak bisa

menggunakan sebagai pengontrol robot.

Sedangkan pada smartphone jenis blackberry ini tidak bisa mengakses atau mengontrol robot. Karena rata-rata pada smartphone blackberry, tidak memiliki sensor *accelerometer* untuk kita manfaatkan pada robot. Dan untuk aplikasinya kita tidak bisa secara bebas membuat atau menginstallasi pada smartphone blackberry. Dan ada juga beberapa jenis smartphone blackberry yang memiliki sensor *accelerometer* tetapi kita tidak bisa memanfaatkan atau mengakses sensor tersebut karena dari pihak blackberry tidak menyediakan aplikasi yang di install atau dibuat secara bebas.

Beberapa Jenis Smartphone Android yang bisa digunakan dan tidak bisa digunakan berdasarkan spesifikasinya bisa dilihat pada tabel 3.

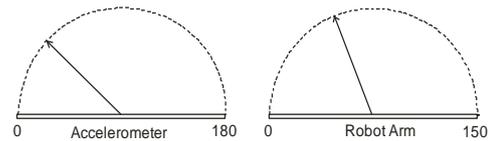
Tabel 3. Spesifikasi Smartphone Yang Bisa Digunakan dan Yang Tidak Bisa Digunakan Pada Robot Arm

No	Jenis Handphone	Sensor Accelerometer	Bluetooth	Keterangan
1	Samsung Galaxy Mini	Tidak Ada	Ada	Tidak Bisa Digunakan
2	Samsung Galaxy Tablet	Ada	Ada	Bisa Digunakan
3	Xiaomi 4i	Ada	Ada	Bisa Digunakan
4	Mito	Tidak Ada	Ada	Tidak Bisa Digunakan
5	Samsung Galaxy SIII	Ada	Ada	Bisa Digunakan

Berdasarkan tabel diatas bisa diambil kesimpulan bahwa untuk mengontrol robot Arm tersebut harus memiliki spesifikasi smartphone yang memiliki bluetooth dan sensor *accelerometer*. Agar robot bisa di akses dan dikontrol.

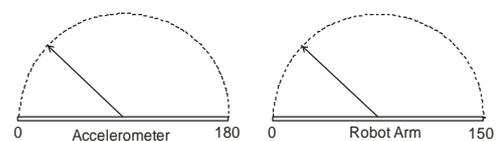
Analisa Pergerakan Robot

Dapat dilihat pergerakan robot sebelum menggunakan algoritma *Fuzzy* pada gambar 16.



Gambar 16. Pergerakan Robot sebelum menggunakan Fuzzy

Kemiringan Smartphone dengan Robot belum beraturan, memiliki nilai *error* tinggi, sering berbeda gerakan. dan setelah Robot menggunakan algoritma *Fuzzy*, Robot dapat bergerak beraturan mengikuti pergerakan smartphone, dengan meminimalkan nilai *error* dan mengurangi kesalahan pergerakan, dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17. Pergerakan Robot sesudah menggunakan Fuzzy

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan-kesimpulan, yaitu:

- Penerapan algoritma *Fuzzy Logic* pada robot Arm berjalan dengan baik dan sesuai dengan pergerakan *accelerometer* pada smartphone Android.
- Ketelitian dalam pembuatan robot terutama pada perangkat

robot, penerapan algoritma *Fuzzy Logic* dengan input kemiringan yang presisi pada robot agar dapat diolah, supaya tidak memiliki error yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hong, Tang Sai, Nakhaeina, Danial dan Karasfi, Babak (2012),” Application of Fuzzy Logic in Mobile Robot Navigation”, Hlm. 21-35.
- [2] Meshram, Ritesh(2013), “Motion Control of Wheeled Mobile Robots Using Fuzzy Logic”, International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, Volume-2, Issue-3, July 2013.
- [3] Rashid, Razif, Elamvazuthi, I, Begam, Arrofiq (2010),” Fuzzy-based Navigation and Control of a Non-Holonomic Mobile Robot. ”, Journal Of Computing, ISSN 2151-9617, Volume 2, Issue 3, Hlm. 130-137.
- [4] Simon dan Mohan Peri, Vamsi (2013),” Fuzzy Logic Control For An Autonomous Robot”.
- [5] Fatmi , Anis, Yahmadi, Khriji, and Masmoudi (2008),” A Fuzzy Logic Based Navigation of a Mobile Robot”, World Academy of Science, Engineering and Technology 22 2008.
- [6] Wiria Nugraha, Deny (2010), Perancangan Sistem Kontrol Robot Lengan Yang Dihubungkan Dengan Komputer.
- [7] Suyanto (2014),”Artificial Intelligence – Searching, Reasoning, Planing dan Learning”, Revisi Kedua.
- [8] Triwiyatno, Aris (2011), “Buku Ajar Sistem Kontrol Analog.”, Hlm. 1-11. <URL:http://aristriwiyatno.blog.undip.ac.id/files/2011/10/Bab-1 Konsep-Umum-Sistem-Kontrol.pdf>. diakses pada 22 Mei 2016.
- [9] Naba, Agus, Dr. Eng (2009) “ Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan MATLAB”. Yogyakarta: Andi.
- [10] R.Annamaria, Várkonyi-Kóczy (2010),” A Complexity Reduced Hybrid Autonomous Navigation Method for In-Door Robots
- [11] Pitowarno, Endra (2006), “Robotika: Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan”. Yogyakarta: Andi.
- [12] Kusumadewi, Sri, dan Purnomo, Hari (2010), “ Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung keputusan Edisi 2”. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [13] Suksmadana, Budi (2011), “Rancang Bangun Robot Mobil Menggunakan Logika Fuzzy Untuk Bernavigasi Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega8535”
- [14] Awal, Hasri (2016), “ Algoritma Fuzzy Logic Dan Wallfollower Pada Sistem Navigasi Robot Hexapod Berbasis Mikrokontroler AVR”
- [15] Caysar, Dina (2014), Pengaturan Pergerakan Robot Lengan *Smart Arm Robotic Ax-12A* Melalui Pendekatan *Geometry Based Kinematic* Menggunakan *Arduino*.

- [16] Hermanto, Dedy (2015),
“Pengontrolan Gerak *Mobile Robot* Menggunakan Sensor *Accelerometer* Pada Perangkat Bergerak *Android*.”,
CSRID Journal, Vol.7 No.1 Februari 2015, Hal. 1-11
- [17] Rezoug and Hamerlain (2009),
“ Fuzzy Logic Control for Manipulator Robot actuated by Pneumatic Artificial Muscles.”,
Journal of electrical systems, Special Issue N° 01. Hlm. 1-6.
- [18] Sutojo, T, Mulyanto, Edi, Suhartono, Vincent, Dr. (2011),”Kecerdasan Buatan”.
- [19] Kusumadewi, Sri, Hartati, Sri (2010), “Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan SYaraf”, Edisi 2.
- [20] Kusumadewi, Sri (2003), “Artificial Intelligence (Teknik dan aplikasinya)”.Yogyakarta: Graha Ilmu.