

Perancangan Kendali Robot pada Smartphone Menggunakan Sensor Accelerometer Berbasis Metode Fuzzy Logic

Mohamad Agung Prawira Negara dan Dodi Setio Laksono
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Jember
Jl. Kalimantan 37 Kampus Tegalboto Kecamatan Sumbersari, Jember 68121
e-mail: magungpn@unej.ac.id

Abstrak—Telekomunikasi dan robotika merupakan teknologi yang terus dikembangkan agar dapat membantu dan mempermudah pekerjaan manusia. Dalam bidang telekomunikasi khususnya *smartphone* sudah mencapai pada penanaman sistem operasi seperti android sampai penanaman sensor-sensor seperti accelerometer, *gyro*, *proximity*, dll. Kami ingin memanfaatkan sensor *accelerometer* pada *smartphone* sebagai kendali robot. Kami akan membandingkan penggunaan kontrol *Fuzzy Logic* Sugeno dan Mamdani untuk mengetahui metode terbaik. Komponen dasar robot yaitu modul bluetooth HC-05 sebagai media komunikasi dengan android, arduino sebagai kendali sistem dan aktuator berupa motor DC menggerakkan roda belakang untuk mengatur kecepatan robot dan motor servo menggerakkan roda depan untuk mengatur derajat belok robot. Dari pengujian gerak robot, 4 dari 8 percobaan atau sekitar 50% menyatakan lebih baik *Fuzzy Sugeno* daripada *Fuzzy Mamdani* dalam segi linieritasnya. Pada pengujian respon robot, metode *Fuzzy Sugeno* diperoleh rata-rata delay terbesar yaitu sebesar 0,41 detik dan pada metode *Fuzzy Mamdani* diperoleh rata-rata delay terbesar yaitu sebesar 10,80 detik.

Kata kunci: *Accelerometer, Android, Fuzzy Logic, Robot*

Abstract—Telecommunications and robotics technology is being developed in order to assist and facilitate the work of human. In the field of telecommunications particularly *smartphone* has reached the planting of operating systems like android until planting sensors such as accelerometer, gyro, proximity, etc. We would like to take advantage of the accelerometer sensor on a *smartphone* as robot control. We will compare the use of Sugeno Fuzzy Logic and Mamdani Fuzzy Logic to determine the best control method. The basic components of the robot is the bluetooth module HC-05 as a medium of communication with the android, arduino as the control system and actuators such as DC motors drive the rear wheels to adjust the speed of the robot and servo motor drive the front wheels to adjust the degree of turn robot. In robot's movement test, 4 of 8 trials or approximately 50% stated better Sugeno Fuzzy Logic than Mamdani Fuzzy Logic in terms of linierity. In robot's controller response test, for Sugeno Fuzzy Logic method the average delay is 0.41 seconds and for Mamdani Fuzzy Logic method the average delay is 10.80 seconds.

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

Copyright © 2017 Jurnal Rekayasa Elektroika. All right reserved

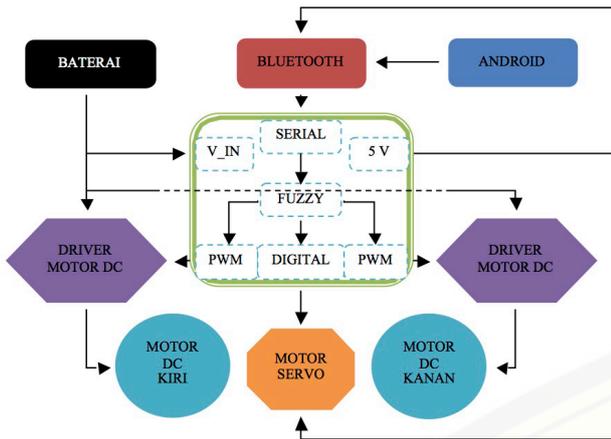
I. PENDAHULUAN

Saat ini perkembangan teknologi sangat maju, diantaranya perkembangan dalam bidang telekomunikasi dan robotika. Pada awalnya orang hanya menggunakan telepon biasa atau telepon rumah dan akhirnya berkembang menggunakan telepon genggam. Seiring perkembangannya, telepon genggam memiliki fitur yang luar biasa. Telepon genggam saat ini juga sudah memiliki sistem operasi. Seperti halnya sistem operasi pada komputer, sistem operasi (SO) telepon genggam adalah software utama yang melakukan manajemen dan kontrol terhadap hardware. Salah satunya adalah sensor-sensor yang berfungsi untuk membuat telepon genggam lebih canggih dan fleksibel termasuk sensor *accelerometer* yang berfungsi mendeteksi posisi perangkat dan mensinkronkan

orientasi layar sesuai posisi perangkat tersebut [1].

Teknologi berikutnya yang berkembang yaitu teknologi robot. Teknologi robot terus dikembangkan dengan harapan dapat membantu dan mempermudah pekerjaan manusia. Robot memiliki dua metode pengendalian yaitu secara manual dan otomatis. Namun agar robot dapat berjalan otomatis sesuai dengan peranannya, robot dapat dikendalikan secara manual oleh manusia dengan media tertentu agar dapat mengatasi kesalahan-kesalahan pada saat berjalan otomatis, salah satu contohnya pada pergerakan robot. Media-media yang digunakan dalam pengendalian robot disebut juga remote control biasanya menggunakan alat tertentu seperti joystick.

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Christoforus Surjoputro, mereka belum menggunakan sensor accelerometer pada android untuk dijadikan kontrol robot,



Gambar 1. Diagram blok sistem

melainkan hanya berupa tombol-tombol pada layar untuk menggerakkan robot dan tidak terdapat algoritma yang mereka gunakan [2]. Terdapat pula penelitian mengenai kendali robot tangan menggunakan aplikasi android dan berbasis bluetooth yang dilakukan oleh Afridanil dan Wildian [3].

Selain itu terdapat pula penelitian yang dilakukan oleh Setiawan Budi S, Slamet Winardi dan Moh. Noor Al-Azam mengenai control robot line follower yang dikontrol menggunakan sensor garis (otomatis) dan juga dikontrol menggunakan aplikasi android (manual) [4]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Candra Ceu Handani, terdapat pengembangan dengan penggunaan sensor *accelerometer* namun belum terdapat algoritma sistem kontrol [5].

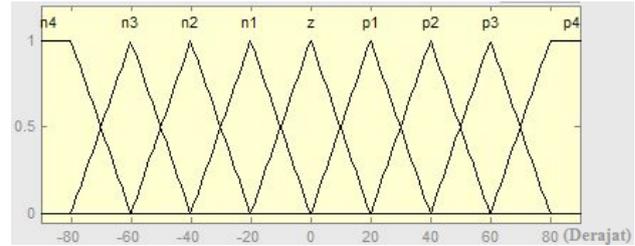
Penelitian yang menjadi acuan utama dari yang akan kami lakukan adalah penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Ariansyah Putra dan Bhakti Yodho S. mengenai pengendali laju kecepatan dan sudut *steering* pada *mobile* robot dengan menggunakan *accelerometer* pada *smartphone* android [6]. Namun penelitian yang dilakukan hanya sebatas menguji perubahan sudut *steering* pada motor.

Oleh karena itu, kami ingin mengembangkan dengan menambahkan algoritma *fuzzy logic* pada robot. Media penghubung antara kedua sistem ini menggunakan *bluetooth*. Arduino digunakan sebagai kontrol sistem robot untuk mempermudah pembuatan alat. Dalam penelitian ini akan dibandingkan hasil kontrol antara *Fuzzy Logic Sugeno* dan *Fuzzy Logic Mamdani* untuk mengetahui metode yang terbaik untuk digunakan dalam sistem ini.

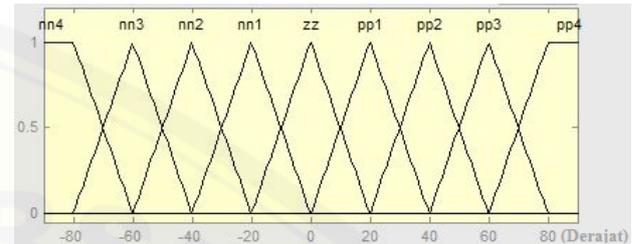
II. METODE

A. Diagram Blok Sistem

Perancangan dan pembuatan robot ini dibuat sesuai dengan blok diagram pada Gambar 1. Pada diagram blok dijelaskan sistem kendali robot mobil dengan sensor *accelerometer* android berbasis *fuzzy logic*. Ada dua data masukan dari aplikasi android yang akan dikirim ke arduino melalui *bluetooth* yaitu nilai *accelerometer* X dan



Gambar 2. Variabel input *accelerometer* sumbu X



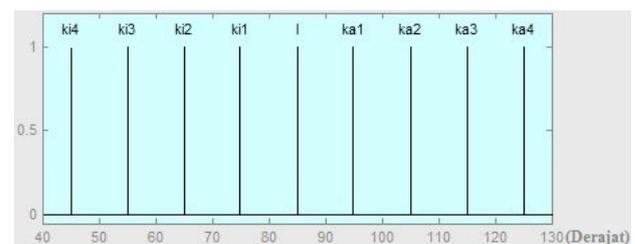
Gambar 3. Variabel input *accelerometer* sumbu Y

Y dan diterima oleh modul HC-05. Kemudian data dikirim melalui komunikasi serial ke arduino untuk diolah oleh program arduino dan *fuzzy logic* untuk dijadikan keluaran berupa derajat belok dari motor servo yang mengendalikan roda depan dan motor DC yang menggerakkan roda belakang. Catu daya yang digunakan adalah baterai lippo 3 cell dengan tegangan maksimal 15 Volt.

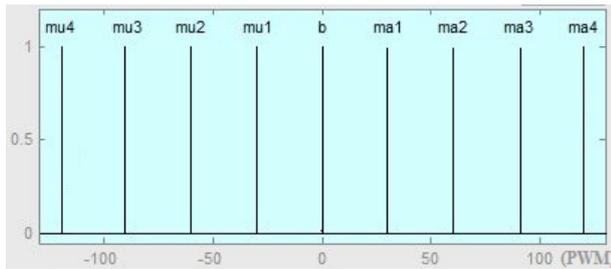
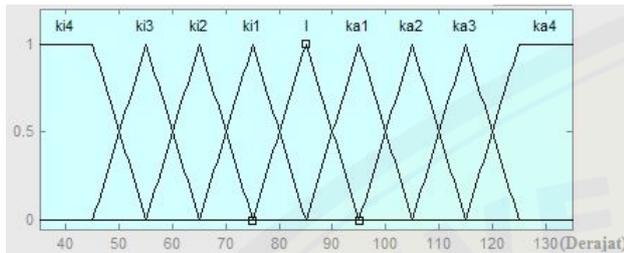
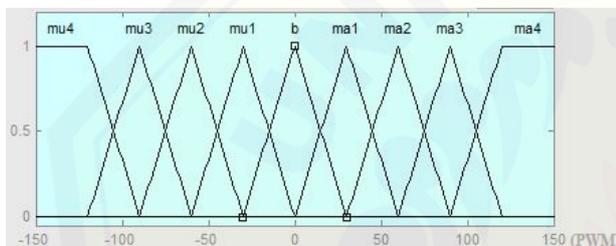
B. Rancangan Fuzzy logic

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, sistem kendali yang akan digunakan adalah *Fuzzy Logic Sugeno* dan Mamdani. Berikut adalah rancangan dari kedua *fuzzy logic* yang akan diterapkan pada robot. Untuk variabel input keduanya sama seperti terlihat pada Gambar 2 dan 3. Kami menggunakan dua input dari *accelerometer* yaitu x dan y. Variabel x dan y didefinisikan dengan sembilan himpunan *fuzzy* yaitu, n4 dan nn4 untuk negatif 4, n3 dan nn3 untuk negatif 3, n2 dan nn2 untuk negatif 2, n1 dan nn1 untuk negatif 1, z dan zz untuk nol, p1 dan pp1 untuk positif 1, p2 dan pp2 untuk positif 2, p3 dan pp3 untuk positif 3, serta p4 dan pp4 untuk positif 4.

Sedangkan variabel output kedua metode berbeda, Gambar 4 dan 5 menunjukkan variabel output *Fuzzy Logic Sugeno*. Gambar 6 dan 7 Menunjukkan variabel output *Fuzzy Logic Mamdani*. Terdapat sembilan himpunan untuk output PWM yaitu mu4 untuk mundur 4, mu3 untuk mundur 3, mu2 untuk mundur 2 mu1 untuk mundur 1, b



Gambar 4. Variabel output sudut *Fuzzy Sugeno*

Gambar 5. Variabel output PWM *Fuzzy Sugeno*Gambar 6. Variabel output sudut *Fuzzy Mamdani*Gambar 7. Variabel output PWM *Fuzzy Mamdani*

untuk berhenti, ma1 untuk maju 1, ma2 untuk maju 2, ma3 untuk maju 3 dan ma4 untuk maju 4. Sedangkan untuk output sudut terdapat sembilan himpunan yaitu ki4 untuk kiri 4, ki3 untuk kiri 3, ki2 untuk kiri 2, ki1 untuk kiri 1, l untuk lurus, ka1 untuk kanan 1, ka2 untuk kanan 2, ka3 untuk kanan 3 dan ka4 untuk kanan 4.

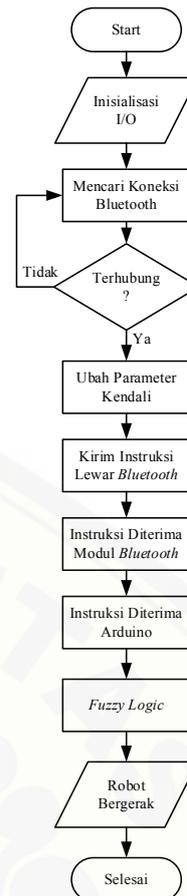
C. Flowchart Sistem

Flowchart pada Gambar 8 menggambarkan alur dari berjalannya sistem alat mulai dari proses yang ada di smartphone sampai ke pergerakan robot. Pertama merupakan inialisasi semua input/output alat. Kemudian aplikasi smartphone akan mencari koneksi bluetooth untuk menghubungkan ke bluetooth robot. Jika sudah terhubung user bisa melakukan perubahan pada parameter, terdapat dua parameter yaitu nilai accelerometer dan slider yang akan dikirim bersamaan ke bluetooth HC-05 robot. Bluetooth HC-05 akan mentransfer data ke arduino untuk dijadikan input program. Pada arduino terdapat program *fuzzy logic* yang akan mengolah input menjadi output sesuai keinginan dan langsung dikirim ke aktuator.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Robot yang Dihasilkan

Gambar 9 merupakan gambar robot yang telah dibuat



Gambar 8. Flowchart sistem

untuk penelitian ini. Pada gambar tersebut ditampilkan komponen-komponen pendukung yang digunakan untuk robot. Pada gambar (a) tampak atas terlihat roda depan, arduino uno, driver motor, motor DC dan roda belakang yang digunakan. Pada gambar (b) tampak samping terlihat motor servo dan baterai yang digunakan. Dan pada gambar (c) tampak belakang terlihat penempatan modul *bluetooth* HC-05 yang digunakan.

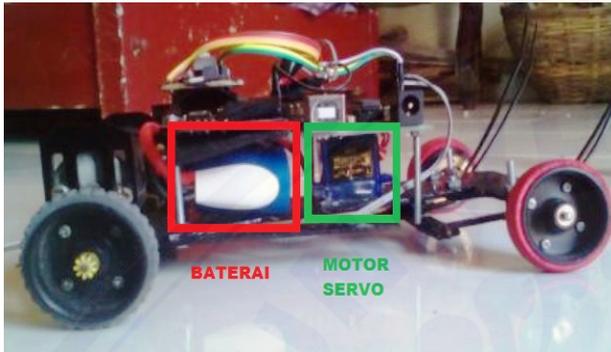
B. Pengujian Gerak Robot

Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan kedua metode kontrol yang digunakan. Terdapat 8 macam pengujian yang dilakukan, yaitu saat maju, mundur, belok kanan, belok kiri, maju sambil belok kanan, maju sambil belok kiri, mundur sambil belok kanan dan mundur sambil belok kiri. Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari derajat kemiringan accelerometer terhadap kecepatan dan derajat belok servo. Gambar 10 sampai 21 merupakan hasil dari pengujian gerak robot.

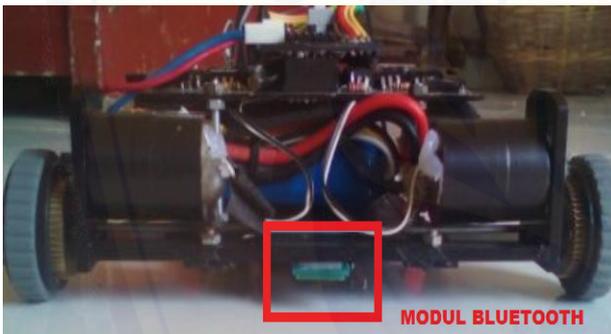
Pada Gambar 10 menunjukkan proses pergerakan maju robot menggunakan kedua metode *Fuzzy Sugeno* maupun *Fuzzy Mamdani* yang menghasilkan grafik yang hampir sama. Perbedaan yang dihasilkan sangat kecil yaitu untuk pengujian dengan *Fuzzy Logic Sugeno* diperoleh nilai regresi sebesar 1, sedangkan pengujian dengan *Fuzzy Logic Mamdani* diperoleh regresi sebesar 0,999. Hal yang sama dapat juga terlihat pada Gambar 11 (hasil pengujian



(a)



(b)



(c)

Gambar 9. Robot yang dihasilkan (a) Tampak atas (b) Tampak samping (c) Tampak depan

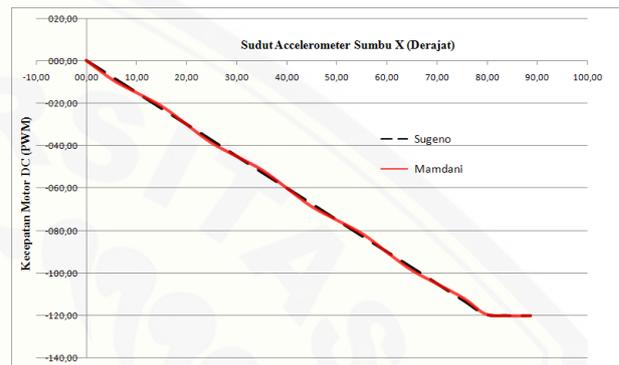
gerak mundur robot), Gambar 12, (hasil pengujian gerak belok kanan robot) dan Gambar 13 (hasil pengujian gerak belok kiri robot). Grafik yang nampak pada ketiga gambar tersebut menunjukkan bahwa hasil penggunaan kedua metode hampir sama. Namun terdapat selisih regresi yang kecil yaitu 1 untuk *Fuzzy Sugeno* dan kurang dari 1 untuk *Fuzzy Mamdani*.

Selanjutnya untuk pengujian pada gerakan kombinasi maju dan belok kanan, maju dan belok kiri, mundur dan belok kanan, serta mundur dan belok kiri. Nilai yang dihasilkan pada pengujian untuk sumbu x dan sumbu y menunjukkan bahwa pengujian menggunakan *Fuzzy Mamdani* lebih baik daripada pengujian menggunakan *Fuzzy Sugeno*.

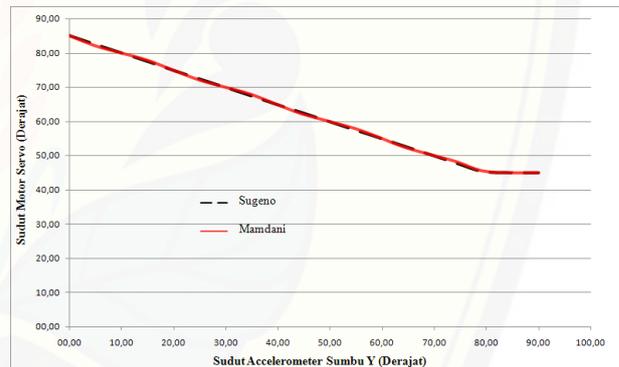
Pada pengujian sumbu x yang ditunjukkan Gambar 14 (gerak maju dan belok kanan), Gambar 16 (gerak maju dan belok kiri), Gambar 18 (gerak mundur dan belok kanan), serta Gambar 20 (gerak mundur dan belok kiri), pengujian



Gambar 10. Hasil pengujian gerak maju robot



Gambar 11. Hasil pengujian gerak mundur robot



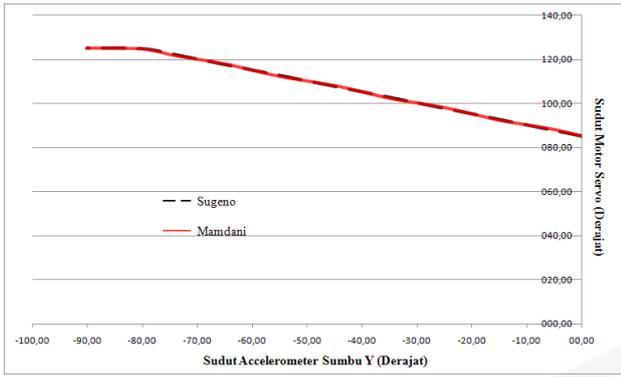
Gambar 12. Hasil pengujian gerak belok kanan robot

dengan *Fuzzy Logic Sugeno* diperoleh nilai regresi sebesar 0,982, sedangkan pengujian dengan *Fuzzy Logic Mamdani* diperoleh regresi sebesar 0,988.

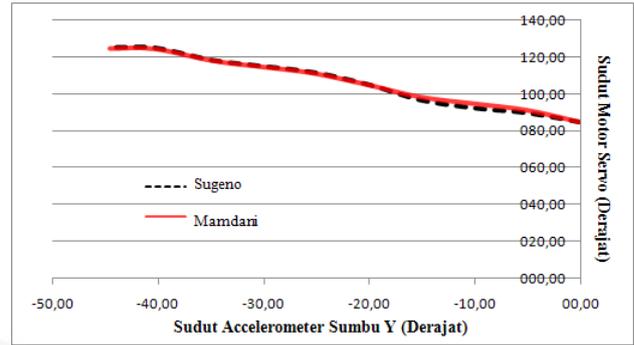
Sedangkan pada pengujian sumbu y yang ditunjukkan Gambar 15 (gerak maju dan belok kanan), Gambar 17 (gerak maju dan belok kiri), Gambar 19 (gerak mundur dan belok kanan), serta Gambar 21 (gerak mundur dan belok kiri), pengujian dengan *Fuzzy Logic Sugeno* diperoleh nilai regresi sebesar 0,985, sedangkan pengujian dengan *Fuzzy Logic Mamdani* diperoleh regresi sebesar 0,990.

C. Pengujian Respon Pengendali

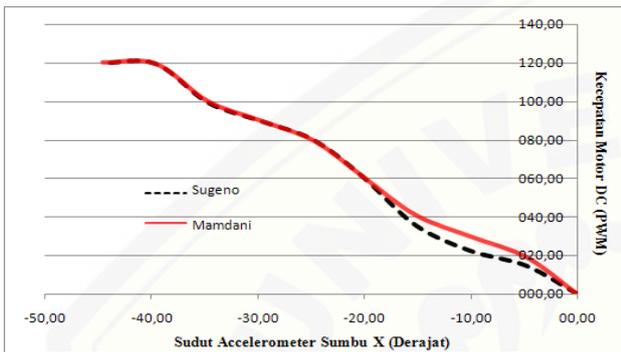
Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui *delay* gerak robot terhadap jarak kendali. Jarak kendali adalah jarak antara android pengendali dengan robot yang dikendalikan. Pengujian dilakukan secara manual



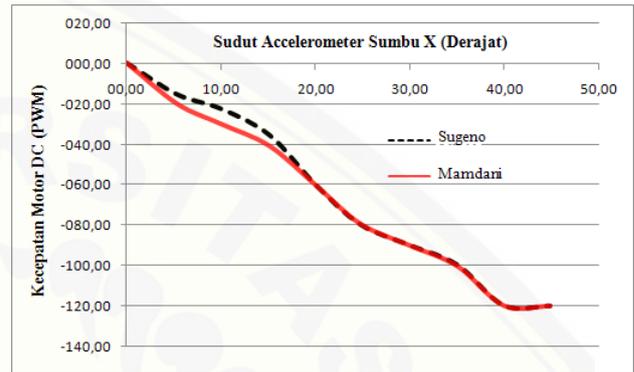
Gambar 13. Hasil pengujian gerak belok kiri robot



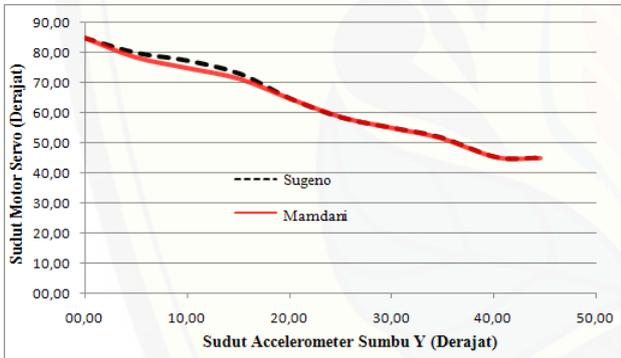
Gambar 17. Hasil pengujian gerak maju dan belok kiri pada sumbu Y



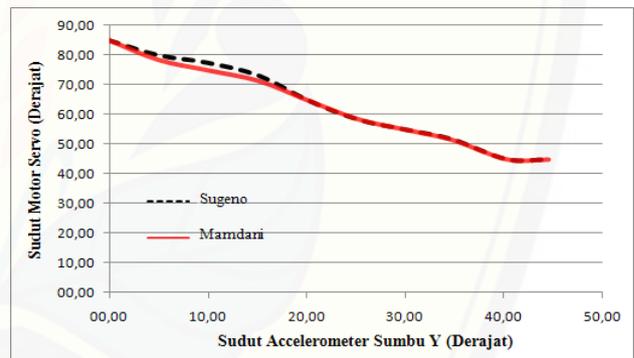
Gambar 14. Hasil pengujian gerak maju dan belok kanan pada sumbu X



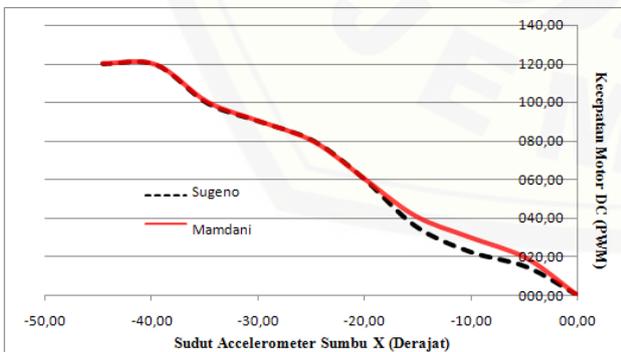
Gambar 18. Hasil pengujian gerak mundur dan belok kanan pada sumbu X



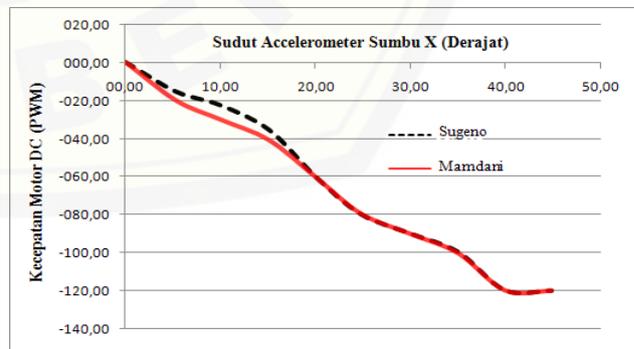
Gambar 15. Hasil pengujian gerak maju dan belok kanan pada sumbu Y



Gambar 19. Hasil pengujian gerak mundur dan belok kanan pada sumbu Y



Gambar 16. Hasil pengujian gerak maju dan belok kiri pada sumbu X

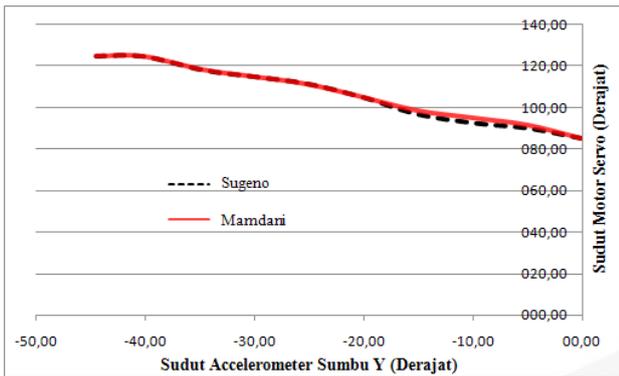


Gambar 20. Hasil pengujian gerak mundur dan belok kiri pada sumbu X

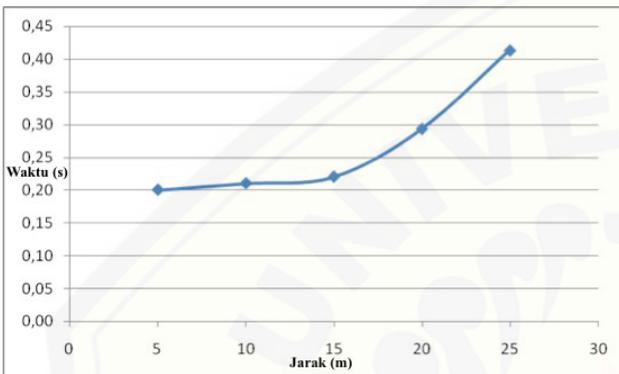
menggunakan *stopwatch*, dihitung mulai dari kendali pada *smartphone* digerakkan sampai robot bergerak ke titik yang diharapkan. Pengujian manual dengan *stopwatch* ini memungkinkan terjadi *error* persen yang disebabkan kesalahan manusia saat menekan *stopwatch*. Gambar 22

dan 23 merupakan hasil pengujian respon *controller*.

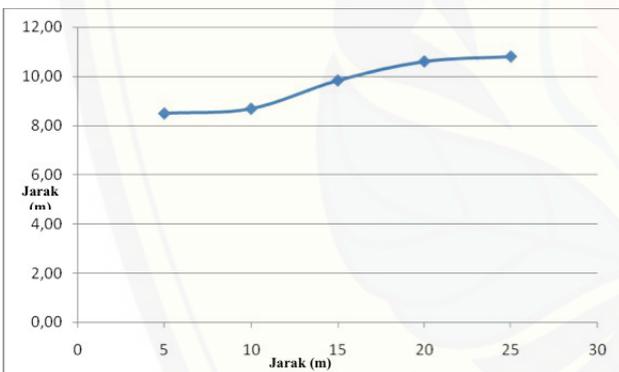
Pada jarak 5 meter diperoleh rata-rata *delay* 0,20 detik untuk *Fuzzy Sugeno* dan 8,49 detik untuk *Fuzzy mamdani*. Sedangkan saat jarak 25 meter diperoleh rata-rata *delay*



Gambar 21. Hasil pengujian gerak mundur dan belok kiri pada sumbu X



Gambar 22. Grafik pengujian delay gerak robot Fuzzy Sugeno



Gambar 23. Grafik pengujian delay gerak robot Fuzzy Mamdani

0,41 detik untuk *Fuzzy Sugeno* dan 10,80 detik untuk *Fuzzy Mamdani*.

Jika dibandingkan antara kedua metode, yaitu *Fuzzy Sugeno* dan *Fuzzy Mamdani*, terlihat bahwa perbedaannya sangat besar. *Delay* terbesar *Fuzzy Sugeno* tidak lebih dari 0,43 detik dengan rata-rata *delay* terbesar 0,41 detik,

sedangkan *delay* mencapai 11,15 detik dengan rata-rata *delay* terbesar 10,80 detik. Sangat memungkinkan menggunakan metode *Fuzzy Sugeno* pada sistem ini dan sangat tidak memungkinkan menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* untuk sistem ini karena membutuhkan respon gerak yang cepat untuk bisa mengendalikan robot dengan baik. Dari pengujian gerak robot dan respon *Fuzzy* ini menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Sugeno* menjadi yang terbaik dan layak untuk dijadikan metode kendali pada sistem ini.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan bahwa hasil pengujian gerak robot (kontrol), 4 percobaan atau 50% menyatakan lebih baik *Fuzzy Sugeno* dan 4 percobaan atau 50% menyatakan lebih baik *Fuzzy Mamdani* dalam segi linieritasnya. Selain itu, Semakin jauh jarak kendali membuat semakin lama respon gerak robot. Berdasarkan hasil pengujian respon *controller* dapat diambil kesimpulan bahwa pengendali *Fuzzy Logic Sugeno* lebih baik daripada pengendali *Fuzzy Logic Mamdani*.

Untuk meningkatkan kualitas sistem kontrol sehingga lebih linier ke depannya diharapkan dilakukan penambahan jumlah himpunan output dan juga penggunaan metode kontrol yang lain.

REFERENSI

- [1] Ida Bagus Dony Prawita. 2010. Jenis-Jenis Sistem Operasi. (Online). <http://www.docstoc.com/docs/62675496/jenis-jenis-sistemoperasi>.
- [2] Christoforus Surjoputro, "Pemanfaatan Accelerometer Pada Telepon Genggam Berbasis Android Sebagai Kendali Mobile Robot," *Journal of Control and Network Systems*, Vol. 1, No. 1, 2012.
- [3] Afridani, Wildian, "Rancang Bangun Sistem Kendali Robot Tangan Menggunakan Bluetooth Berbasis Mikropengendali ATmega8535," *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 4, No. 4, pp. 375-382, Oktober 2015.
- [4] Setyawan Budi. S, Slamet Winardi, Moh. Noor Al-Azam, "Robot Line Follower Menggunakan Kendali Jarak Jauh Berbasis Android," *Repository Universitas Narotama*, 2016.
- [5] Candra Ceu Handani, "Aplikasi Pengendali Robot Menggunakan Sensor Accelerometer Pada Smartphone Android," *Repository Universitas Telkom*, 2013.
- [6] Muhammad Ariansyah Putra, Bhakti Yudho. S, "Pengendali Laju Kecepatan dan Sudut Steering Pada Mobile Robot dengan Menggunakan Accelerometer pada Smartphone Android," *Jurnal Mikrotiga*, Vol. 1, No. 2, pp. 19-24, Mei 2014.