

IMPLEMENTASI KONTROL LOGIKA FUZZY PADA SISTEM KESETIMBANGAN ROBOT BERODA DUA

Shanty Puspitasari¹, Gugus Dwi Nusantara, ST., MT²,
M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D³,

¹Mahasiswa Teknik Elektro. ²Dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail: shantyps@gmail.com

Abstrak — teknologi robotika telah mampu meningkatkan kualitas maupun kuantitas berbagai industri. Teknologi robotika juga telah menjangkau sisi hiburan dan pendidikan bagi manusia. Salah satu cara menambah tingkat kecerdasan sebuah robot adalah dengan menambah sensor dan metode control. Robot beroda dua merupakan suatu robot *mobile* yang memiliki sebuah roda disisi kanan dan kirinya yang tidak akan seimbang apabila tanpa adanya kontroler. Penelitian skripsi ini adalah untuk mendesain dan membangun robot beroda dua yang mampu menyeimbangkan dirinya yang tegak lurus terhadap permukaan bumi di daerah bidang datar. Pada penelitian skripsi ini digunakan Arduino Mega 2560, sensor *gyroscope* serta menggunakan metode kontrol logika fuzzy sebagai pengendali. Kontrol logika fuzzy digunakan untuk menentukan dan merancang kontroler yang diharapkan untuk membuat robot beroda dua menjadi seimbang atau berada dalam keadaan tegak.

Kata Kunci: robot roda dua, logika fuzzy, sensor *gyroscope*, arduino mega 2560

I. PENDAHULUAN

Robot beroda dua adalah robot yang mempunyai dua buah penggerak yang dihubungkan ke roda yang terdapat disebelah kanan dan kiri robot. Cara kerja secara general untuk dapat menyeimbangkan robot ini adalah ketika robot akan terjatuh kesisi depan, maka untuk menstabilkan atau menyeimbangkannya harus mengirimkan sinyal kontrol yang sesuai ke motor DC sehingga motor DC berputar ke arah depan dan mampu mengikuti pergerakan robot dan dapat kembali ke posisi semula,

begitu juga sebaliknya jika robot akan terjatuh kearah belakang untuk menstabilkan atau menyeimbangkannya harus mengirimkan sinyal kontrol yang sesuai ke motor DC sehingga motor DC berputar ke arah belakang dan mampu mengikuti pergerakan robot sehingga dapat kembali ke posisi semula. Robot beroda dua ini pada dasarnya seperti pendulum terbalik yang sistemnya tidak stabil. sehingga diperlukan sebuah kontroler yang baik dan efisien sehingga mampu membuat robot tersebut stabil.

II. IDENTIFIKASI SISTEM

2.1 Sensor *adxl345 6dof*

Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa sensor gyro. *Gyroscope* adalah suatu alat berupa sensor gyro untuk menentukan orientasi gerak dengan bertumpu pada roda atau cakram yang berotasi dengan cepat pada sumbu. Gyroscope memiliki output yang peka terhadap kecepatan sudut dari arah sumbu x yang nantinya akan menjadi sudut phi (roll), dari sumbu y nantinya menjadi sudut theta (pitch), dan sumbu z nantinya menjadi sudut psi (yaw). Sensor IMU ditunjukkan dalam gambar 1.

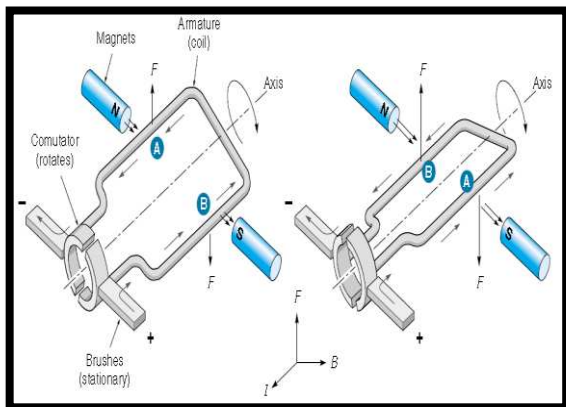


Gambar 1. Sensor IMU Digital Combo Board

2.2 Motor DC Brush

Prinsip kerja motor DC *brushed* sesuai dengan hukum kemagnetan Lorenz, yaitu membangkitkan fluksi magnet pada suatu konduktor berarus dalam medan magnet sehingga timbul ggl induksi. Motor

DC brush ditunjukkan pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Ilustrasi Motor DC Brushed

Adapun besarnya gaya yang bekerja pada konduktor tersebut dapat dirumuskan dengan :

$$F = B \cdot I \cdot L \text{ (Newton) (1.7)}$$

Dimana :

B = kerapatan fluks magnet (weber)

L = panjang konduktor (meter)

I = arus listrik (ampere)

2.3 Spesifikasi Alat

Gambar spesifikasi robot beroda dua ditunjukkan pada gambar 3 di bawah ini

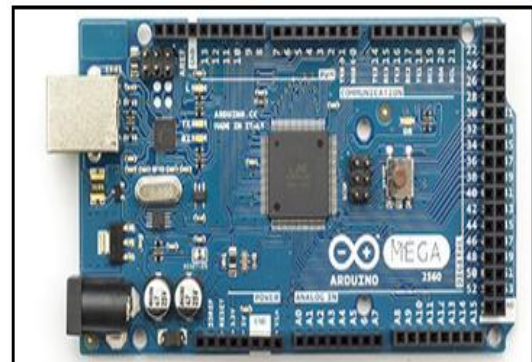


Gambar 3. Desain rancangan alat

2.4 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah merupakan board mikrokontroler berbasis ATmega 2560. Modul ini memiliki 54 digital input/output di mana 14 digunakan untuk PWM output dan 16 digunakan sebagai analog input, 4 untuk UART, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, power jack, ICSP Header, dan tombol reset. Modul ini memiliki segalanya yang dibutuhkan untuk memrogram mikrokontroler seperti kabel USB dan sumber daya melalui Adaptor

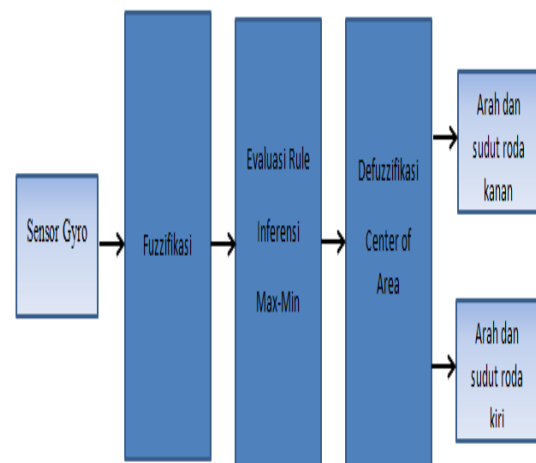
ataupun battery. Gambar Arduino Mega 2560 di tunjukan pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Board Arduino

2.5 Perancangan Logika Fuzzy

Garis besar perncangan logika *fuzzy* dapat ditunjukkan pada diagram blok Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Diagram Blok Logika Fuzzy

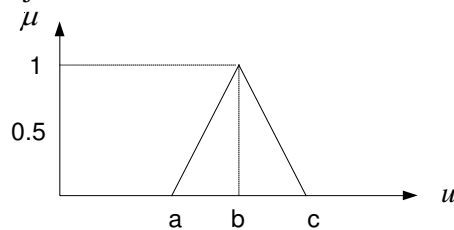
2.5.1 Fuzzifikasi

Proses ini memanfaatkan data dari sensor Gyro yang lalu digunakan untuk fungsi keanggotaan. Sehingga terdapat lima fungsi keanggotaan sebagai masukan logika fuzzy, dan tiap-tiap fungsi keanggotaan terdiri dari lima kurva negatif besar, negatif kecil, zero, positif kecil, positif besar.

Berikut ini jenis fungsi keanggotaan yang akan digunakan yaitu fungsi keanggotaan T (*triangular*). Definisi fungsi triangular dapat ditunjukkan pada Persamaan 1 sebagai berikut:

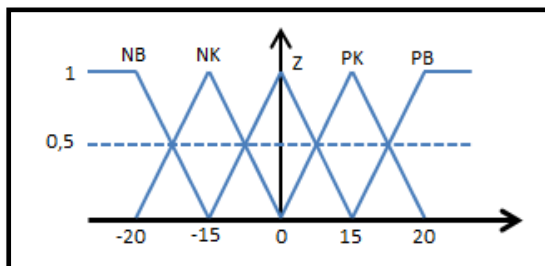
$$T(u; a, b, c) = \begin{cases} 0 & u < a \\ \frac{u-a}{b-a} & a \leq u \leq b \\ \frac{c-u}{c-b} & b \leq u \leq c \\ 0 & u > c \end{cases} \dots\dots (1)$$

Fungsi keanggotaan bentuk Triangular ditunjukkan dalam Gambar 5

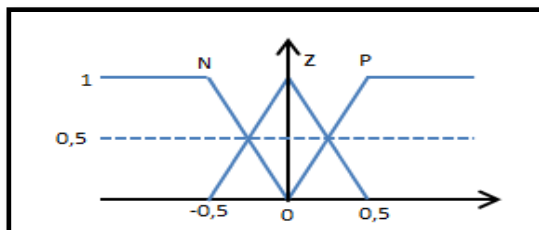


Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Bentuk Triangular
Sumber : Jun Yan, 1994 : 19

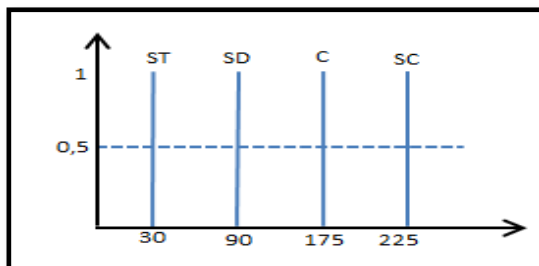
Fungsi keanggotaan masukan logika *fuzzy* pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada gambar 6 sampai 8.



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Masukan *Gyro*



Gambar 7. Fungsi keanggotaan Masukan *Derror*



Gambar 8. Keluaran PWM

2.5.2 Rule-base (kaidah Atur) Logika Fuzzy

Penentuan kaidah atur logika fuzzy didasarkan pada pengalaman dan disusun dalam bentuk penalaran Jika-Maka (*If-Then*). Metode inferensi yang dipergunakan ialah metode *max-min*. Tabel 1 menunjukkan kaidah atur (*Rule-base*) logika *fuzzy*

2.5.3 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses mengubah keluaran *fuzzy* menjadi keluaran *crisp*. Hasil defuzzifikasi inilah yang digunakan untuk memberi sinyal perintah gerakan yang harus dilakukan robot kepada mikrokontroler *master*. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah *Max-Membership Principle*. Metode ini dikenal juga sebagai metode tinggi, skema ini terbatas pada *output* fungsi memuncak. Metode ini didefinisikan seperti pada persamaan 2 sebagai berikut

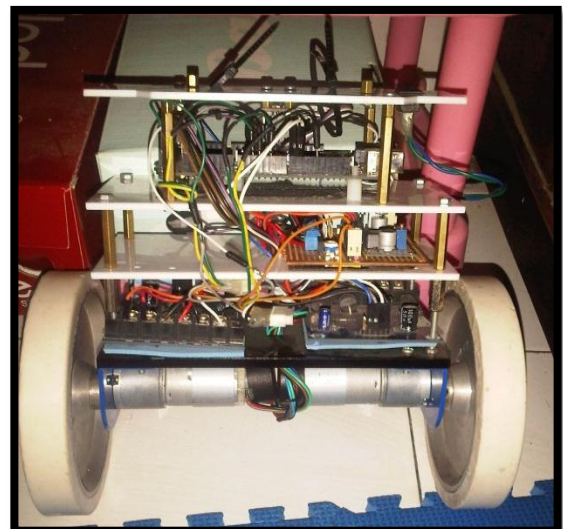
$\mu_c(z^*) \geq \mu_c(z)$ untuk semua nilai $z \in Z$(2)
dengan z^* ialah nilai terdefuzzifikasi

III. PERANCANGAN ALAT

Perancangan ini meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras meliputi perancangan mekanik, perancangan sensor IMU, perancangan rangkaian Arduino Mega 2560.

3.1 Mekanik

Bentuk jadi robot beroda dua dapat ditunjukkan dalam Gambar 8 berikut.

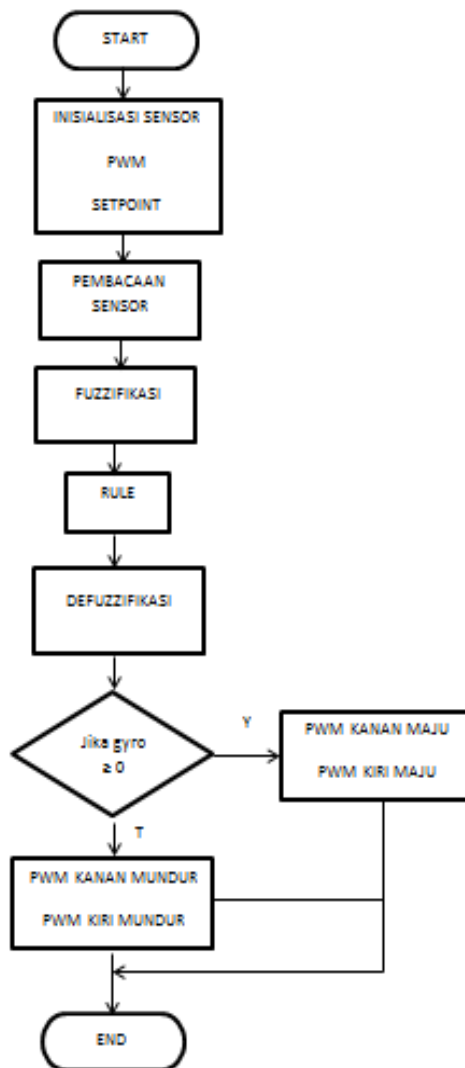


Gambar 8. Robot beroda dua

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini pemrograman keseluruhan sistem menggunakan *software software Arduino 1.0.1*. Berikut diagram alir

logika *fuzzy* yang dipergunakan dalam sistem ini



Gambar 11 . Diagram Logika Fuzzy

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pengujian alat meliputi pengujian sensor IMU, pengujian logika *fuzzy*, pengujian driver motor dan pengujian keseluruhan sistem

4.1 Pengujian Sensor IMU ADXL 345

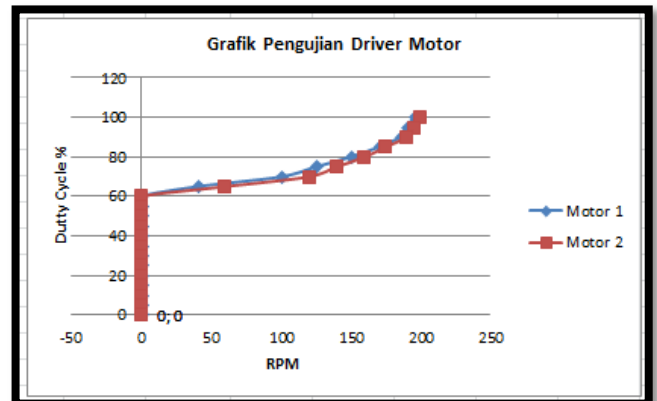
. Pengujian di atas dilakukan dengan tujuan memperoleh karakteristik dari tiap alat yang kemudian dapat dilakukan penyesuaian pada system. Hasil pengujian sensor gyro ditunjukkan pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Hasil Pembacaan Sensor Gyro

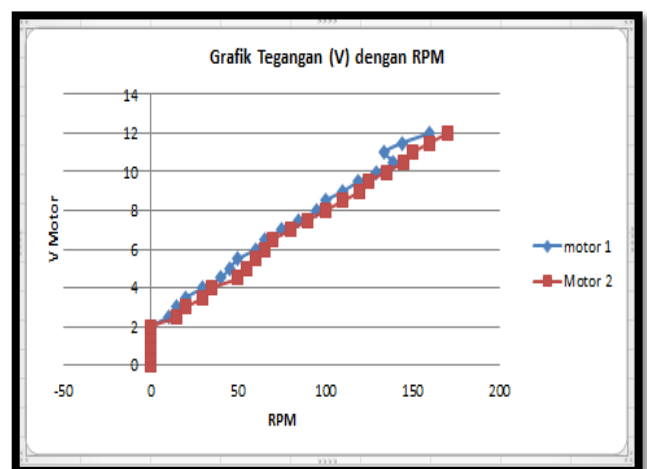
Kemiringan		Nilai Pembacaan	
Ke Depan	Ke Belakang	Ke Depan (-)	Ke Belakang
10	10	10,1	10,2
20	20	19,9	20
30	30	30	30,1
40	40	41	40,2

4.2 Pengujian Driver Motor

Pengujian driver motor DC ini bertujuan untuk mengetahui output driver motor yang dibandingkan dengan masukannya yang kemudian dapat diketahui juga hubungan keluaran Pulse Width Modulation (PWM) dengan tegangan yang dibutuhkan untuk motor DC. Berikut hasil dari pengujian Driver EMS H-Bridge 5A. Hasil Pengujian data dapat di lihat pada gambar grafik 12 di bawah ini.



Gambar 12. Grafik PWM dengan Putaran Motor



Gambar 13. Grafik tegangan dengan Putaran Motor

4.3 Pengujian Logika Fuzzy

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performa sistem logika *fuzzy* yang diimplementasikan pada robot beroda untuk mengetahui keluaran yang dihasilkan dari program logika *fuzzy* yang telah dibuat. Gambar dibawah menunjukkan tampilan proses logika *fuzzy*. Hasil pembacaan logika fuzzy pada matlab dapat di lihat pada gambar 14 di bawah ini.

$\begin{matrix} D & G \\ \backslash & \end{matrix}$	Z	PK	NK	PB	NB
Z	ST	SD	SD	C	C
N	SD	SD	C	C	SC
P	SD	C	SD	SC	SC

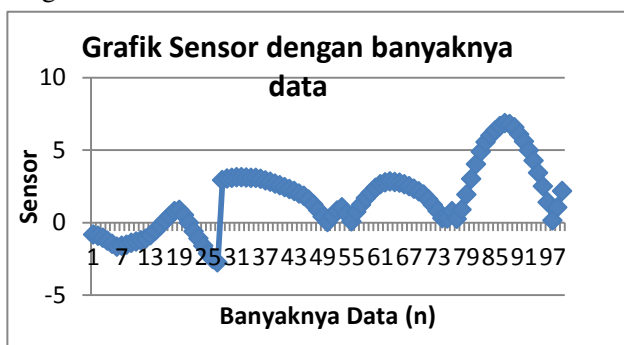
Gambar 13 tabel Kaidah Fuzzy

4.4 Pengujian Keseluruhan Sitem

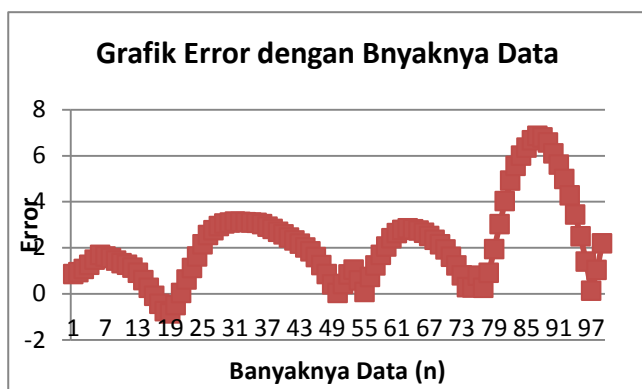
Pengujian sistem secara menyeluruh dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Menyusun semua rangkaian yang dibutuhkan
2. Menulis program pada mikrokontroler Arduino Mega 2560
3. Memberikan catu daya pada sistem.
4. Menguji pembacaan sensor *Gyro*.
5. Pengujian Pada Motor

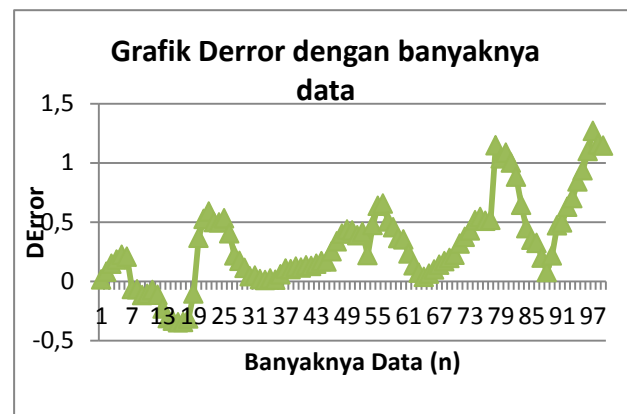
Hasil pengujian sistem secara keseluruhan pada dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini.



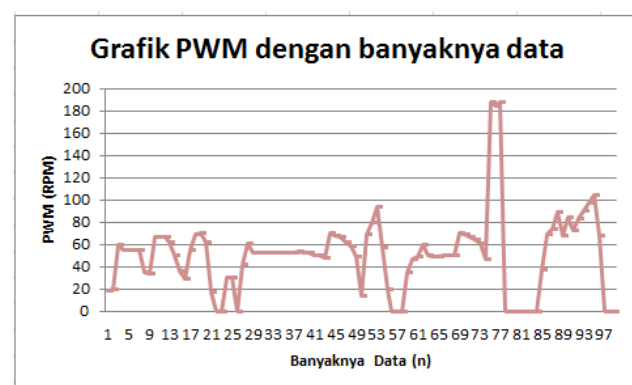
Gambar 14. Grafik Sensor dengan Banyaknya Data



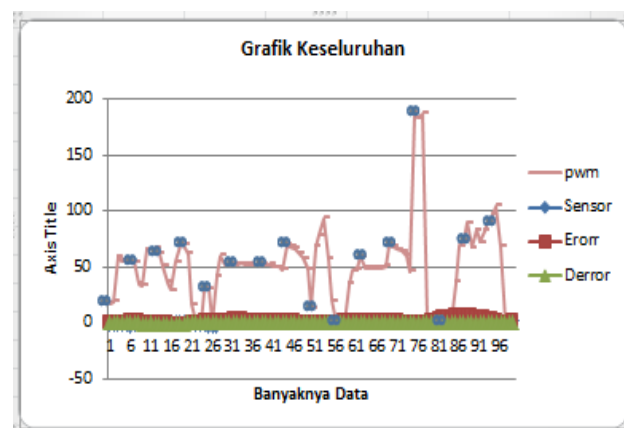
Gambar 15. Grafik Error dengan Banyaknya Data



Gambar 16. Grafik Derror dengan Banyaknya Data



Gambar 17. Grafik PWM dengan Banyaknya Data



Gambar 18. Grafik Keseluruhan

V. Kesimpulan dan Saran

Dari perancangan, pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan pada penelitian kesetimbangan robot beroda dua diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sensor *Gyroscope* digunakan untuk menentukan orientasi gerak dengan bertumpu pada roda atau cakram yang berotasi dengan cepat
2. Perlu perlakuan khusus terhadap penempatan modul sensor yaitu berada tepat pada sumbu as roda dan berada pada titik tengah robot beroda dua. Karena apabila penempatannya tidak sesuai maka pengambilan data akan mempunyai error yang lebih besar
3. Sistem robot beroda dua dapat stabil yaitu mampu mempertahankan posisi berdiri dan tanpa terjatuh dalam range sekitar -20^0 sampai 20^0 dari posisi tegak yaitu 0^0
4. Dari beberapa hasil pengujian logika fuzzy untuk pembacaan alat terdapat 4 kondisi yang didapatkan
5. Pada robot beroda dua ini untuk mempertahankan keseimbangan di butuhkan waktu sekitar 5 detik untuk posisi seimbang. Dikarenakan peletakan mekanik seperti batrai dan perkabelan dari alat yang digunakan dapat mempengaruhi hasil dari kerja robot

5.1 Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat kelemahan. Untuk memperbaiki kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut disarankan:

1. Penyempurnaan konstruksi mekanik terutama pada sistem mekanik dari *gearbox* motor DC agar lebih simetris antara satu dengan yang lainnya.
2. Menambahkan data pengujian yang digunakan untuk mendapatkan rata-rata waktu pengontrolan pada pengujian keseluruhan.
3. Dilakukan metode pengontrolan selain menggunakan kontrol logika fuzzy
4. Dilakukan metode pengambilan data menggunakan *wireless*. Karena apabila menggunakan kabel maka respon data dari robot beroda dua terjadi lebih besar error yang disebabkan oleh beratnya kabel. Hal ini membebani pada salah satu sisi

sehingga pada saat pengambilan data digunakan perangkat tambahan yaitu pembeban yang ditempatkan pada sisi berlawananya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pitowarno, Endra. 2006. *Robotika: Desain, Kontrol dan Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- [2] Yan,J.,Ryan,M., dan Power,J. 1993. *Using Fuzzy Logic*. NewYork: Prentice Hall.
- [3] Ogata, Katsuhiko. 1997. *Modern Control Engineering (Third Edition)*. USA: Prentice-Hali.
- [4] Laksana, Andra. 2012. *Balancing Robot Beroda Dua Menggunakan Metode Kendali Proporsional Integral*. Semarang: Skripsi Jurusan Teknik Elektro FT-UNDIP.
- [5] Zoel Fachri, Akhmad Hendriawan, Ardik Wijayanto. *Perencanaan Balancing Robot Dengan Dua Roda*. Politeknik Elektronika Surabaya; 2011
- [6] Kuswadi, Son. 2007. *Kendali Cerdas*. Yogyakarta: ANDI