

## **PEMODELAN KONTROL *BALANCING ROBOT* MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY DENGAN KALMAN FILTER**

Muhammad Amin<sup>1\*</sup>, Tulus<sup>2</sup> & Marwan Ramli<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Pasca Sarjana Teknik Informatika, Universitas Sumatera Utara  
Jl. Universitas No. 9 Kampus USU Padang Bulan, Medan 20155, Sumatera Utara

\*E-mail : mhdamin10@gmail.com

---

### **ABSTRAK**

*Balancing robot* merupakan suatu *mobile robot* yang memiliki dua roda yang ada di sisi kanan dan sisi kirinya yang tidak seimbang apabila robot tersebut berjalan. Keunggulan dari *Balancing robot* adalah dapat menyeimbangkan diri sendiri. Pengendalian kestabilan *balancing robot* sangat penting dilakukan agar performansi *Balancing robot* dapat dicapai dengan optimal. Beberapa penelitian untuk kesetabilan *balancing robot* yang sudah dilakukan dengan beberapa metode yakni dengan metode control *Propositional, Integral, Derivatif* (PID) dan metode kontrol yang lain. Permasalahan umum yang terjadi pada *balancing robot* adalah tentang kestabilan *balancing robot* tersebut. Kestabilan pada *balancing robot* dapat terganggu karena hanya terdapat dua motor yang digunakan pada sisi kiri dan kanan yang disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya adanya beban, tekanan udara yang berbeda yang menyebabkan terjadinya kemiringan-kemiringan pada sumbu x dan y. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dibutuhkan kontrol kestabilan dalam menentukan kecepatan motor penggerak *balancing robot* tersebut. Penelitian ini bertujuan mendapatkan konfigurasi kontrol kestabilan yang optimal pada *balancing robot* setelah diterapkan metode *fuzzy logic* dan *kalman filter*. Hasil penelitian ini menyatakan metode *fuzzy logic* dan *kalman filter* belum dapat memberikan tingkat akurasi yang baik dalam menentukan kestabilan *balancing robot* yang dinilai dari input sensor, kemiringan sumbu x dan kemiringan sumbu y sehingga hasil yang dicapai dapat memberikan kontrol pertambahan kecepatan kedua motor tersebut.

**Kata kunci : *Balancing Robot* , Kestabilan, *Fuzzy Logic*, PID, *Kalman Filter***

---

### **PENDAHULUAN**

Transportasi dengan menggunakan robot roda dua pada sisi kanan dan kiri merupakan bentuk transportasi yang baru pada masyarakat. Kelebihan transportasi ini adalah menghindari dan mengatasi masalah kemacetan yang terjadi di beberapa negara besar di dunia. Beberapa para peneliti yang terus mengembangkan alat transportasi yang dapat menghindari dan mengatasi masalah kemacetan yang terjadi di beberapa negara salah satunya adalah mengembangkan sistem *Balancing robot* roda dua. Pada penelitian ini penulis akan menggabungkan bidang ilmu robotika dan ilmu informatika untuk menyelidiki sebuah robot cerdas yang dapat menyeimbangkan dirinya sendiri. Salah satu robot cerdas yang diteliti adalah *Balancing robot* (Robot Penyeimbang), *Balancing robot* merupakan suatu *mobile robot* yang memiliki dua roda yang ada di sisi kanan dan sisi kirinya yang tidak seimbang apabila robot tersebut berjalan (Baloh, et al., 2014).

Masalah umum yang sering terjadi pada *Balancing robot* adalah tentang kontrol kesetimbangan *Balancing robot* tersebut. Kesetimbangan pada *Balancing robot* dapat terganggu karena terdapat gangguan yang terjadi pada saat robot dijalankan dan pada saat robot mengalami gangguan seperti jalan yang tidak datar yang dapat mempengaruhi kesetimbangan robot tersebut.

Untuk kesetimbangan yang optimal maka kesetimbangan dari *Balancing robot* perlu dipertahankan. Sistem kendali kesetimbangan dari *Balancing robot* penting dilakukan agar *performance* dari *Balancing robot* dapat dicapai dengan optimal. Beberapa penelitian untuk kesetimbangan *Balancing robot* sudah dilakukan dengan beberapa metode yakni dengan metode kontrol *Propositional, Integral, Derivatif* (PID).

Pada penelitian yang berjudul *Application of Kalman Filtering and PID Control for Direct Inverted Pendulum*, (Jose, et al., 2009). Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk merancang sistem kontrol yang digunakan untuk menyeimbangkan robot roda dua, permasalahan yang ada pada penelitian ini adalah bagaimana robot dapat seimbang dengan ketinggian antara bodi bawah robot dengan permukaan tanah setinggi 2cm (Jose, et al., 2009). Chaoquan melakukan penelitian pada tahun 2011 yang berjudul *Smooth Control the Coaxial Self-Balance Robot Under Impact Disturbances* yang hasilnya menunjukkan kehalusan keseimbangan robot yang optimal pada saat mengalami gangguan. (Chaoquan, et al., 2011).

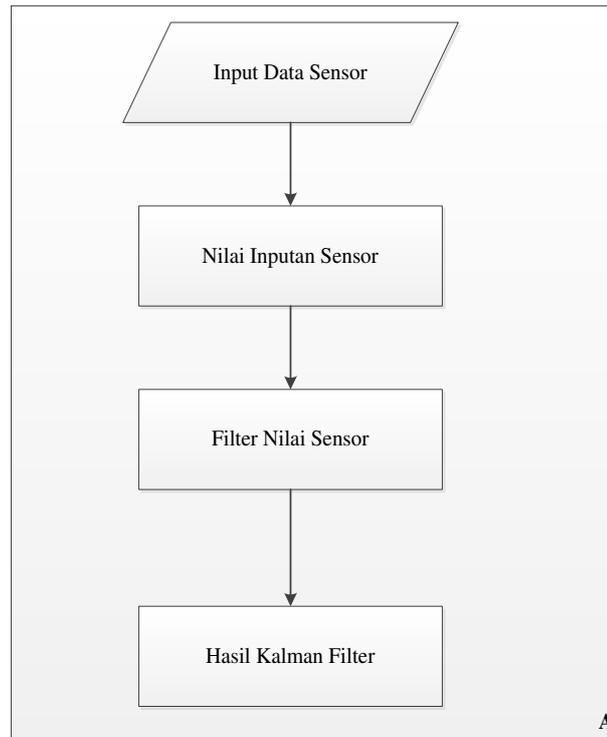
Hasil dari beberapa penelitian yang telah dilakukan pada pengontrolan kesetimbangan *Balancing robot* menunjukkan bahwa masih ada kemungkinan pengembangan kontroler kesetimbangan *Balancing robot* dengan pemanfaatan kontrol dengan logika fuzzy. Penggunaan logika fuzzy dengan kalman filter diharapkan mampu menutup kelemahan algoritma yang hanya menerapkan kontrol PID. Berdasarkan uraian di atas dapat dirumuskan permasalahan yaitu diperlukan kontrol yang menerapkan logika fuzzy dengan kalman filter untuk kontrol robot penyeimbang.

Penelitian ini akan mempertimbangkan beberapa batasan masalah yaitu Algoritma yang akan digunakan untuk menghilangkan *noise* pada sensor adalah *kalman filter*. Data inputan yang digunakan untuk pengujian berupa input nilai sensor yang digunakan pada *Balancing robot* yaitu *accelerometer*. Gangguan yang akan dilewati pada penelitian ini dengan tinggi maksimal satu centimeter (1 cm).

Manfaat hasil penelitian bagi masyarakat yang akan diusulkan dalam penelitian ini adalah membuat *prototipe* awal *Balancing robot* yang dapat digunakan sebagai alat transportasi yang dapat berjalan di bidang datar dan bergelombang dengan mengkombinasikan dua metode yang akan diterapkan serta meningkatkan ilmu pengetahuan.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dengan cara membangun perangkat lunak sebagai pengambilan data robot dan perangkat keras *system Balancing robot* dengan menggunakan metode logika fuzzy dan kalman filter, kemudian dilakukan uji coba untuk mendapatkan kesetimbangan yang baik pada saat melewati gangguan setinggi 1cm. Flowchart yang dibangun untuk membuat alur sistem yang digunakan untuk proses pengambilan data sensor yang dijadikan nilai inputan untuk kontrol *actuator* atau motor DC. Setelah nilai data inputan sensor didapat, kemudian akan dilakukan filter terhadap nilai asli sensor menggunakan kalman *filter*. Flowchart untuk proses *filter* nilai inputan sensor dapat dilihat pada gambar 1. Algoritma pemodelan kontrol *Balancing robot* menggunakan logika fuzzy dengan kalman *filter*.

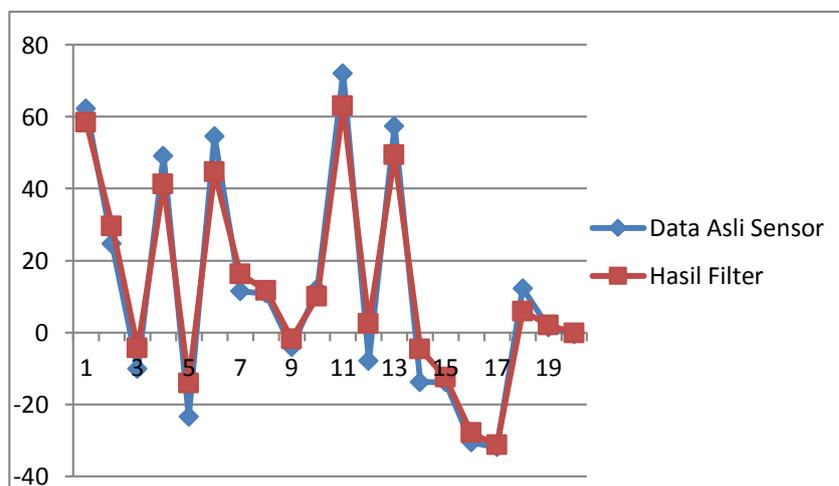


**Gambar 1.** Flowchart Filter Nilai Sensor dengan Kalman Filter

Pada gambar 1 dijelaskan cara kerja algoritma kalman filter yang dimulai dengan mendapatkan data asli sensor yang akan difilter dengan kalman filter, kemudian hasil filter akan dijadikan nilai inputan untuk pengontrolan motor DC atau actuator menggunakan logika fuzzy. Sistem akan bekerja sesuai dengan nilai input didapat dari nilai sensor yang telah difilter dengan kalman filter untuk dapat mengontrol keseimbangan lewat kontrol actuator atau motor DC.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sebelum masuk ke dalam proses control actuator atau motor DC, penulis harus mendapatkan nilai inputan dari sensor yang digunakan untuk kesetimbangan robot beroda dua. Nilai sensor yang didapat akan difilter menggunakan metode kalman filter untuk memperkecil noise yang terjadi pada sensor. Grafik respon nilai asli dan nilai yang telah difilter dapat dilihat pada gambar 2.



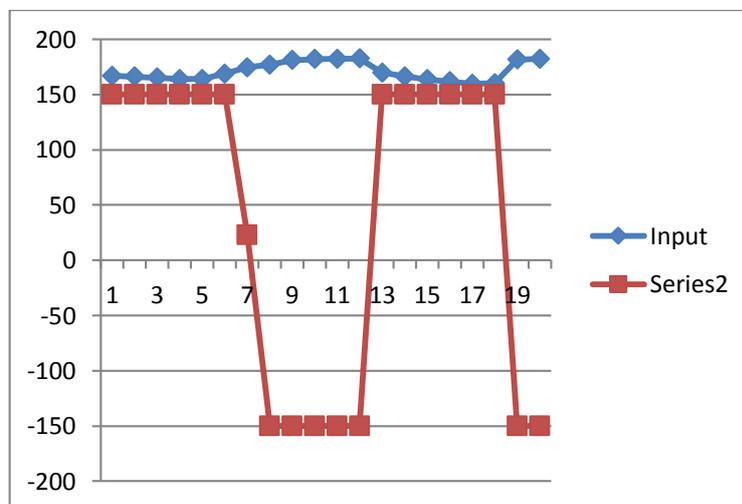
**Gambar 2.** Grafik Data Sensor dan Hasil Filter Sensor

Menunjukkan hasil dari kalman filter dapat meminimalkan atau memperkecil inputan nilai mentah atau nilai asli dari data sensor. Dengan menerapkan metode kalman filter untuk menghambat perubahan nilai atau *noise* yang terjadi pada sensor, penulis berharap hasil dari filter nilai mentah atau nilai asli dari sensor dapat dijadikan nilai inputan yang baik untuk mengontrol aktuator atau motor DC dengan menggunakan logika fuzzy. Inputan nilai yang telah difilter akan dijadikan acuan nilai inputan untuk kontrol aktuator atau motor DC. Setiap nilai asli yang dikirim sensor akan difilter oleh kalman filter dengan cara menghambat nilai naik dan turun. Untuk memperjelas hasil dari kalman filter, setiap nilai dapat dilihat pada tabel 1. Hasil dari tabel tersebut menunjukkan data sensor yang diterima akan diproses oleh kalman filter sehingga nilai yang dikirim dapat diminimalkan atau diperkecil sebelum masuk kedalam proses kontrol aktuator atau motor DC.

**Tabel 1.** Hasil dari Filter Data Sensor

Data Sensor	Hasil Filter Sensor
62.32	58.42
24.72	29.57
-10.13	-4.34
49.12	41.32
-23.49	-14.03
54.64	44.62
11.47	16.3
10.9	11.69
-4.08	-1.78
12.04	10.02

Setelah nilai sensor yang telah difilter didapat, penulis akan membahas mengenai kontrol aktuator atau motor DC. Hal pertama yang harus diperhatikan adalah menentukan presisi dan akurasi pada bodi robot sebelum mendapatkan nilai kontrol untuk aktuator atau motor DC. Kemudian penulis akan mencari nilai untuk kontrol aktuator atau motor DC dengan menggunakan Fuzzy. Nilai inputan yang akan dijadikan sebagai nilai utama atau nilai input diambil hasil Filter data sensor yang telah ditentukan penulis. Grafik respon aktuator atau motor DC dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik Respon Kontrol Motor DC dengan Logika Fuzzy

Pada gambar 3. menunjukkan hasil dari respon aktuator atau motor DC yang tidak cukup baik merespon kecepatan motor DC atau aktuator. Percobaan yang dilakukan pada kondisi yang sama, yaitu pada posisi vertikal. Nilai input dan nilai output logika fuzzy dapat dilihat pada tabel 2. Perbedaan respon aktuator atau motor DC menggunakan logika fuzzy dan PID dapat dilihat pada pembacaan data ke – 7. Hasil dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2.** Input Sensor dan Output Fuzzy

Nilai Input	Nilai OutPut Fuzzy
166.81	150
166.3	150
165.31	150
164.08	150
164.12	150
168.9	150
174.7	22.67
177.14	-150
181.1	-150

Hasil dari logika fuzzy sudah didapatkan dari hasil input sensor. Hasil respon motor untuk data pertama yang terdapat pada tabel didapat karena nilai input sensor lebih kecil dari input\_a maka berdasarkan fungsi yang terdapat pada fuzzy hasil output untuk respon motor harus 150 Hasil dari perhitungan diatas sudah sesuai dengan program yang telah dikondisikan output dari Logika fuzzy untuk mengontrol motor DC atau aktuator.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian pada bab sebelumnya yang telah diterapkan pada objek yang diteliti, ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil penulis yaitu Hasil pengujian dari metode logika fuzzy menggunakan fungsi L dan fungsi  $\gamma$  untuk sistem kontrol kesetimbangan pada robot roda dua belum cukup baik untuk mengontrol kesetimbangan robot. Hasil pengujian dari metode kalman filter dapat memperkecil nilai asli atau nilai mentah dari sensor. Hasil pengujian dari kombinasi metode logika fuzzy dan Kalman Filter belum dapat melewati gangguan setinggi 1 cm. Diperlukan *rule based* yang lebih baik untuk sistem kontrol keseimbangan roda dua yang mampu menjaga keseimbangan pada saat melewati gangguan.

## SARAN

Dari kesimpulan sebelumnya, penulis akan dapat memberikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya untuk pengembangan teknologi *Balancing robot* berikutnya, Menguji robot dengan fungsi keanggotaan yang lain dalam logika fuzzy seperti *s function*, *gaussian function* dan fungsi keanggotaan yang lainnya. Presisi dan akurasi robot harus ditambah lagi untuk kesempurnaan hasil yang diperoleh untuk kesetimbangan robot.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baloh, M., & Parent, M. (2003). Modeling and Model Verification of an Intelligent Self-Balancing. *Computational Intelligence, Robotics and Autonomous Systems*. Singapore.
- Bräunl, T. (2003). Embedded Robotics Mobile Robot Design and Applications with Embedded. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*.

- Chaoquan, L., Xueshan, G., & Kejie, L. (2011). Smooth Control the Coaxial Self-Balance Robot Under Impact Disturbances. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Vol. 8, No.2.
- Humpherys, J., Redd, P., & West, J. (2012). A Fresh Look at the Kalman Filter. *Society For Industrial and Applied Mathematics*.
- Katte, N., Konduru, N. R., Pobbathi, B., & Sidaraddi, P. (2011). Fuzzy Logic Applied to an Oven Temperature Control System. *Sensors & Transducers Journal*, Vol. 133, Issue 10, October 2011, pp. 65-73.
- Ka-Veng, Y., Ka-In, H., & Kai-Meng, M. (2007). Selection of Noise Parameters for Kalman Filter. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration* Vol.6, No.