

PERANCANGAN *MONITORING* DAYA DAN *SELF-BALANCING* PADA MEJA *TROLLEY* DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*

DESIGN OF POWER MONITORING AND SELF-BALANCING ON TROLLEY DESK USING FUZZY LOGIC METHOD

Muhammad Teuku Fachrizal¹, Agung Surya Wibowo, S.T., M.T.², Erwin Susanto, S.T., M.T., Ph.D.³
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹teukufachrizal@student.telkomuniversity.ac.id, ²agungsw@telkomuniversity.ac.id,
³erwinelektro@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada tugas akhir ini akan dilakukan perancangan *self-balancing trolley* yang mampu mendatarkan posisi meja troli pada saat melewati jalan *tanjakan, turunan* dan ubin. Sistem yang dibuat juga dilengkapi dengan *monitoring* daya bertujuan untuk memudahkan *user* melihat kapasitas *battery*. Menggunakan *sensor* sudut IMU yang mempunyai nilai *error* rata-rata 0,1071 dan *sensor arus ACS712* yang mempunyai tingkat rata-rata akurasi 98% dalam pembacaan nya. Menggunakan *motor* parvalux 12V sebagai aktuator dan aki kering 12V 9Ah sebagai *battery*.

Pengujian troli dilakukan dengan cara troli di dorong melewati jalan menanjak, menurun dengan sudut 10°,20°,30° dengan membawa beban diatas meja troli seberat 1-6 kg. Troli juga di uji pada jalan ubin dengan membawa beban seberat 2 kg. Tujuan nya adalah melihat apakah meja troli sudah bisa kembali kedalam keadaan datar. Dilakukan juga pengujian pengosongan dan pengisian *battery* untuk melihat berkurang dan bertambahnya nilai SOC. Hasil pada tugas akhir ini adalah meja troli sudah mampu kembali kedalam keadaan datar saat melewati jalan menanjak,menurun dan ubin dengan membawa beban. Respon tercepat tercatat dengan waktu 2,12 detik sudut 10° membawa beban 1kg melewati jalan tanjakan. Untuk *monitoring* daya, sudah berhasil menampilkan nilai berkurang dan bertambahnya SOC pada LCD saat troli digunakan dan proses *charging*.

Kata kunci: IMU, ACS712, *self-balancing*, SOC.

Abstract

In this final project, a self-balancing trolley will be designed that is able to level the trolley table position when passing through the incline, downhill and tiled roads. The system made is also equipped with power monitoring which aims to make it easier for users to see battery capacity. Using the IMU angle sensor which has an average error value of 0.1071 and the ACS712 current sensor which has an average accuracy rate of 98% in its readings. Using a parvalux 12V motor as an actuator and a 12V 9Ah dry battery as a battery.

Trolley testing is done by pushing the trolley through an uphill, downhill road at an angle of 10°, 20°, 30° by carrying the load on the trolley table weighing 1-6 kg. The trolley was also tested on a paved road carrying a load of 2 kg. The goal is to see if the trolley table can return to a flat state. Also conducted a discharge test and battery charging to see the decrease and increase in the SOC value. The result of this final project is that the trolley table is able to return to a flat state when passing uphill, downhill and tiled roads carrying loads. The fastest response was recorded with a time of 2.12 seconds with a 10° angle carrying a 1kg load over the incline. For power monitoring, it has succeeded in displaying the reduced and increased SOC value on the LCD when the trolley is used and the charging process.

Keywords: IMU, ACS712, *self-balancing*, SOC.

1. Pendahuluan

Troli adalah alat yang membantu dan memudahkan kita dalam membawa atau memindahkan barang dari suatu tempat ke tempat lainnya. Troli biasa kita temukan saat kita mengunjungi Bandara, Rumah makan, *Hotel, Supermarket*, Rumah Sakit, bahkan Industri sekalipun. Biasanya troli terbuat dari bahan *stainless steel*. Mempunyai empat roda untuk bergerak. Mempunyai gagang pegangan untuk tangan dapat menggenggam dan mendorong troli saat digunakan [1].

Namun, ditemukan permasalahan terkadang jalan yang dilewati berupa jalanan menanjak ataupun menurun yang menyebabkan beban yang dibawa oleh troli tidak stabil pada posisi nya. Bahkan, memungkinkan untuk tumpah atau terjatuh dari troli. Permasalahan tersebut bisa diatas dengan adanya *self-balancing trolley* yang dilengkapi dengan *monitoring* daya. Meja troli di desain agar selalu dalam posisi datar pada saat troli melewati jalan menanjak ataupun menurun. Meja troli tersebut menyesuaikan sudut dari jalanan dan akan memposisikan agar selalu dalam posisi datar. *Monitoring* daya dibuat agar dapat memantau kondisi baterai pada saat digunakan atau setelah penggunaan. Permasalahan tumpah atau jatuhnya beban bisa sangat diminimalisir. *User* pun dapat memantau kondisi baterai agar tidak terjadi kehabisan daya saat pengoperasian troli. Tentunya, troli dapat mengurangi *human error* dan lebih meningkatkan efisiensi waktu karena pengguna tidak perlu lagi khawatir akan beban saat melewati jalan menanjak ataupun menurun.

2. Dasar Teori

2.1. Troli

Troli adalah sebuah alat yang biasa kita jumpai dalam banyak tempat. Seperti tempat perbelanjaan konvensional, bandara, rumah sakit, dan lain-lain. Kegunaan troli biasanya untuk membawa berbagai macam jenis barang. Dapat juga membawa berbagai macam berat beban benda yang dibawa. Biasanya troli yang kita jumpai terbuat dari bahan besi ataupun *stainless steel*.

2.2 Arduino UNO

Arduino UNO disini berfungsi sebagai kontroler yang akan melakukan proses kalkulasi informasi yang dikirimkan oleh *sensor* sudut, arus dan tegangan. Arduino mempunyai PIN digital dan analog yang akan digunakan sebagai tempat menghubungkan antara Arduino dengan komponen elektronik lainnya seperti *sensor*, LCD, dan *motor driver*

Mikrokontroler dipilih agar lebih mudah digunakan dan disimpan. Mikro menunjukkan bahwa perangkatnya kecil, dan kontrol menunjukkan bahwa perangkat dapat digunakan untuk mengendalikan objek, proses, atau kejadian. Jadi mikrokontroler adalah sebuah perangkat berukuran kecil yang dapat mengendalikan suatu objek dalam waktu yang singkat. Dengan ukurannya yang kecil tentunya akan memudahkan kita dalam membawa dan menaruhnya pada perangkat lain. Mikrokontroler adalah versi mini dan untuk aplikasi khusus dari mikrokomputer atau komputer [7].

2.3. Kontrol Fuzzy Logic

Pada tugas akhir kali ini penulis hanya berfokus kepada satu metode. Yaitu metode Sugeno. Metode *fuzzy* Sugeno Orde-Nol. Secara umum bentuk model inferensi fuzzy Sugeno Orde-Nol adalah:

$$IF(x_1 \text{ is } A_{1i}) \cdot (x_2 \text{ is } A_{2i}) \dots (x_N \text{ is } A_{Ni}) THEN z = k \tag{1}$$

Dengan Ai adalah himpunan fuzzy ke-i sebagai anteseden, dan k adalah suatu konstanta (bersifat *crisp*) sebagai konsekuen [6].

Metode *fuzzy* Sugeno Orde-Satu. Secara umum bentuk model inferensi fuzzy Sugeno Orde-Satu adalah:

$$IF(x_1 \text{ is } A_{1i}) \cdot (x_2 \text{ is } A_{2i}) \dots (x_N \text{ is } A_{Ni}) THEN z = p_1 \cdot x_1 + \dots + p_N x_N + q \tag{2}$$

Dengan Ai adalah himpunan *fuzzy* ke-i sebagai anteseden, dan Pi adalah suatu konstanta (tegas) ke-I dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen. Apabila komposisi aturan menggunakan metode Sugeno, maka defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya [5].

Pada Tugas Akhir ini penulis menggunakan metode *fuzzy* Sugeno dengan *rules* 3x3 yang membuatnya mempunyai sembilan total *rules*. Menggunakan dua buah *input* berupa nilai *error* (e) dan *delta error* (de). Menggunakan tiga *output* yaitu Negatif (N), Zero (Z) dan Positif (P). Pada Tabel 1 menunjukkan *rules* yang digunakan.

Tabel 1. *Rules* 3x3.

e/de	N	Z	P
N	N	N	N
Z	N	Z	P
P	P	P	P

2.4. Coulomb Counting

Metode *Coulomb Counting* (CC) adalah sebuah metode yang mana menghitung arus yang keluar pada saat sedang discharge dan dihitung seiring waktu berjalan [9]. SOC mempunyai fungsi penting dalam mengetahui kondisi penuh atau kosong nya baterai. Tetapi perhitungan SOC memiliki permasalahannya masing-masing untuk setiap metode. Tetapi perhitungan SOC memiliki permasalahannya masing-masing untuk setiap metode. SOC adalah rasio dari kapasitas yang dimiliki nya sekarang (Q(t)) dengan kapasitas maksimumnya (Qn). Seperti pada rumus 3.

$$SOC(t) = \frac{Q(t)}{Q_n} \tag{3}$$

Metode ini bermaksud untuk menghitung SOC(t), yang dihitung dari arus yang keluar I(t), dan jumlah SOC sebelumnya SOC (t-1) seperti pada rumus 4.

$$SOC(t) = SOC(t - 1) + \frac{I(t)}{Q_n} \Delta t \tag{4}$$

Kelemahan yang dimaksudkan diatas adalah, ada nya faktor lain yang dapat mempengaruhi SOC itu sendiri. Seperti suhu, tingkat pemakaian baterai, arus yang dikeluarkan dan siklus baterai selama pemakaian.

2.5. Inertial Measurement Unit (IMU)

IMU adalah singkatan dari *Inertial Measurement Unit* yang merupakan unit tunggal dalam modul elektronik yang dapat mengumpulkan data kecepatan sudut dan percepatan linier. *Sensor* ini adalah sebuah kombinasi dari *accelerometer* dan *gyroscope*. *Accelerometer* sendiri merupakan *sensor* yang biasa digunakan untuk mengukur percepatan suatu objek sesuai dengan tiga sumbu x, y, z. Sedangkan *gyroscope* sendiri merupakan *sensor* yang dapat digunakan untuk mendeteksi rotasi atau perputaran suatu objek berdasarkan gerakan[3]. *Sensor* ini berfungsi sebagai pembaca kemiringan sudut pada meja troli. Kemiringan sudut meja troli akan dibaca oleh *sensor* IMU dan dikirimkan kepada mikrokontroler untuk segera di proses serta kalkulasi yang bertujuan untuk mendatarkan posisi meja troli.

2.6. Sensor ACS712

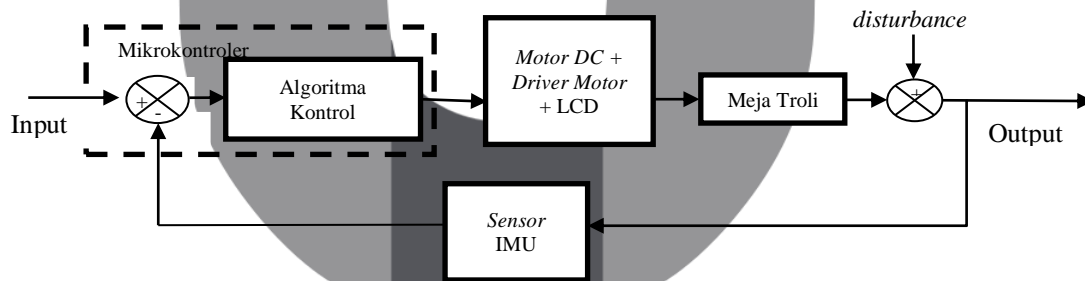
Sensor yang akan digunakan pada tugas akhir ini untuk *monitoring* daya adalah ACS712. *Sensor* arus ACS712 berfungsi untuk mengidentifikasi arus secara tidak langsung atau sering disebut *Indirect Sensing method*. ACS712 menggunakan *Hall sensor* yang berada di dalam IC *sensor* tersebut. *Sensor* ini tepatnya berada pada permukaan dari IC tersebut di jalur konduksi tembaga [8].

2.7. Motor DC

Untuk menggerakkan dan menyeimbangkan meja troli pastinya dibutuhkan sebuah aktuator. Aktuator yang digunakan oleh penulis adalah *motor* DC 12V. *Motor* DC berfungsi sebagai *actuator* dari sistem yang mana arah dan kecepatan dari *motor* DC diatur oleh *driver motor*. *Motor* DC yang digunakan berjumlah 1 buah, kecepatan dari *motor* DC bergantung pada nilai PWM yang diberikan oleh Arduino.

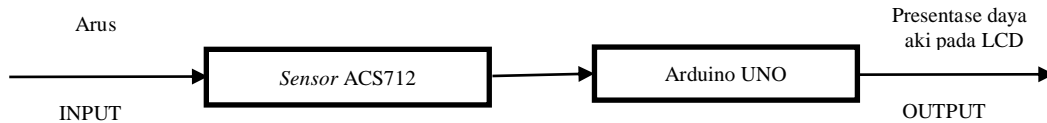
3. Perancangan Sistem

Tugas akhir ini dirancang bertujuan untuk bisa mempertahankan posisi kedataran meja troli saat melewati jalanan yang tidak datar. Jika posisi dari meja troli tidak datar, maka sistem akan secara otomatis bekerja untuk mendatarkannya kembali



Gambar 1. Diagram Blok Sistem *Self-balancing*.

Gambar 1 di atas menunjukkan diagram blok *self-balancing trolley*. Masukan dalam sistem ini adalah *setpoint* yang berarti keadaan meja troli dalam keadaan datar atau mempunyai nilai sudut 0. Ketika dijalankan, *sensor* IMU akan membaca sudut meja troli yang kemudian akan dikirimkan ke Arduino UNO sebagai kontroler. Kontroler melakukan kalkulasi dan memberikan perintah kepada *motor driver* dan *motor* DC untuk bekerja dan menyesuaikan. Nilai error dan sudut kemiringan akan terlihat di LCD 20x4. Terdapat *disturbance* berupa jalanan menanjak atau menurun. Sistem akan terus melakukan *looping* hingga keadaan meja troli datar.



Gambar 2. Diagram Blok *Monitoring* Daya.

Gambar 2 menunjukkan diagram blok *monitoring* daya. Mempunyai masukan berupa arus yang berasal dari aki kering 12V 9Ah. Kemudian arus tersebut terdeteksi oleh *sensor* ACS712. Informasi yang didapatkan oleh *sensor*, akan dikirimkan ke Arduino UNO selaku kontroler untuk di lakukan proses kalkulasi perhitungan daya. Mempunyai *output* berupa presentase daya aki yang akan di tampilkan pada LCD.

3.1. Perancangan Perangkat Keras

Self-balancing trolley ini dirancang menggunakan troli yang biasa digunakan untuk mengangkat barang. Troli tersebut di modifikasi bentuknya sedemikian rupa sehingga mampu untuk mendukung sistem yang diinginkan.



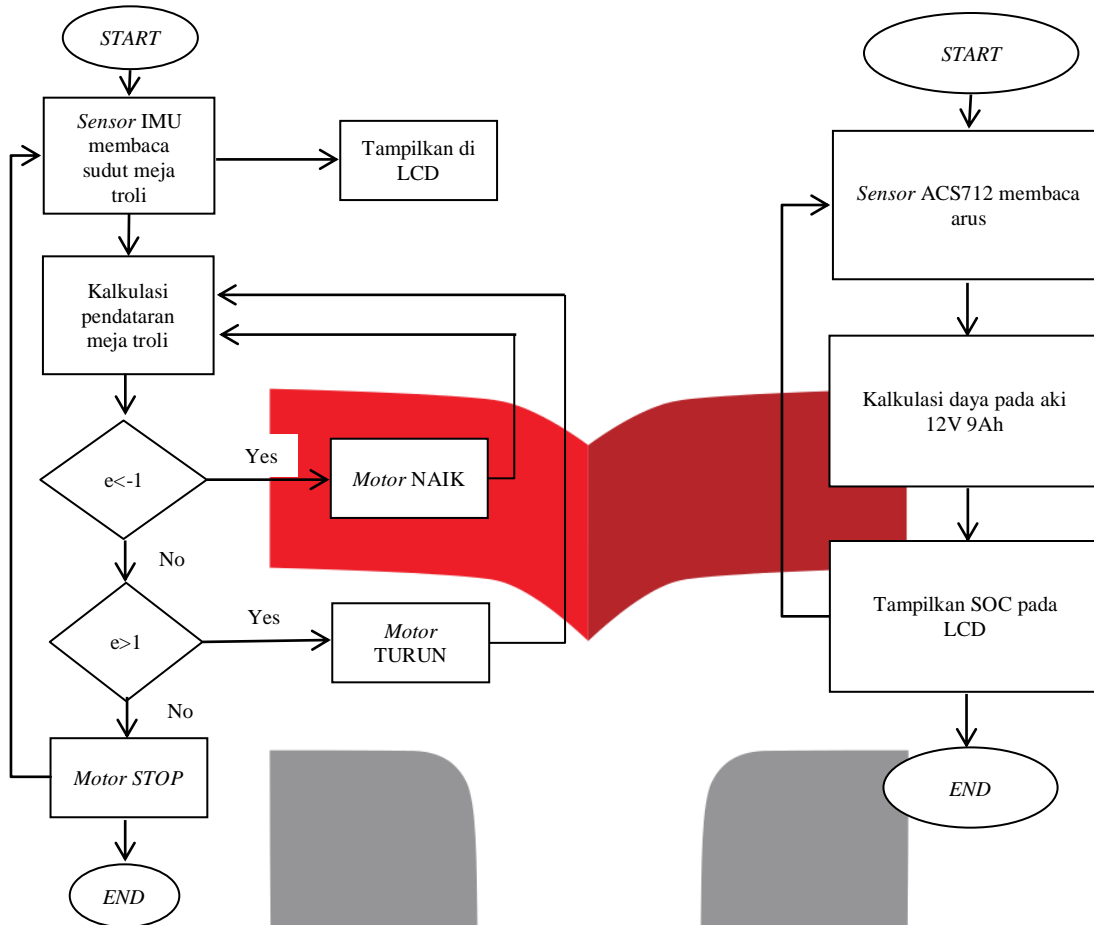
Gambar 3. Bentuk Troli *Self-balancing*.

Berikut komponen yang digunakan untuk merancang *self-balancing trolley* dan *monitoring* daya:

- Mikrokontroler Arduino Uno
- *Motor Driver* L298N
- *Motor* DC 12V
- *Sensor* IMU (MPU6050)
- *Sensor* ACS712
- LCD 20X4
- Meja Troli
- Aki kering 12V 9Ah
- Saklar 4 kaki

Dari gambar 3 dapat dilihat untuk mikrokontroler dan *driver motor* diletakan di belakang gear. Untuk *Sensor* IMU MPU6050 diletakan di bagian tengah bawah samping dari meja troli sehingga mampu untuk membaca sudut kemiringan dari meja troli dengan baik. Untuk *motor* DC diletakan di bagian bawah meja troli terhubung rantai dan gear.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 4. Flow Chart System Self-balancing dan monitoring daya.

Pada flow chart self-balancing menjelaskan tahapan kerja dari sistem self-balancing trolley. Tahap pertama adalah sensor sudut IMU akan bekerja membaca sudut pada meja troli. Ketika informasi sudut sudah didapatkan, informasi tersebut ditampilkan pada LCD dan langsung dikirimkan kepada kontroler yaitu Arduino UNO untuk dilakukannya kalkulasi untuk pendataran meja troli. Proses kalkulasi ini menggunakan metode fuzzy logic control untuk menghitung sudut yang telah didapatkan oleh sensor IMU. Menghasilkan sebuah PWM berdasarkan nilai error sebagai keluaran yang nantinya akan diteruskan kepada aktuator sistem. Jika nilai error lebih kecil dari pada -1 maka perintah yang dikirimkan kepada aktuator adalah motor bergerak naik. Jika ternyata error lebih besar dari pada 1, maka perintah yang dikirimkan kepada aktuator adalah motor bergerak turun.

Proses kalkulasi ini akan berlangsung looping hingga ditemukan kondisi nilai error berada diantara -1 dan 1. Ketika nilai error belum memenuhi kondisi tersebut, maka sistem akan melakukan looping yang membuat aktuator terus bekerja untuk mendatarkan meja troli. Pada aktuator sendiri, menggunakan motor driver dan motor DC sebagai penggerak yang akan menyesuaikan untuk membuat datar meja troli.

Ketika ditemukan nilai error berada antara -1 dan 1, maka perintah yang diberikan kepada aktuator adalah untuk berhenti bekerja dikarenakan posisi meja troli sudah dalam kondisi datar. Pada saat kondisi meja troli sudah datar, sistem akan tetap bekerja melakukan looping. Sehingga, ketika terdeteksi adanya perubahan sudut sistem akan bekerja untuk mendatarkan meja troli. Sistem akan berhenti beroperasi jika user memutuskan telah selesai menggunakan troli.

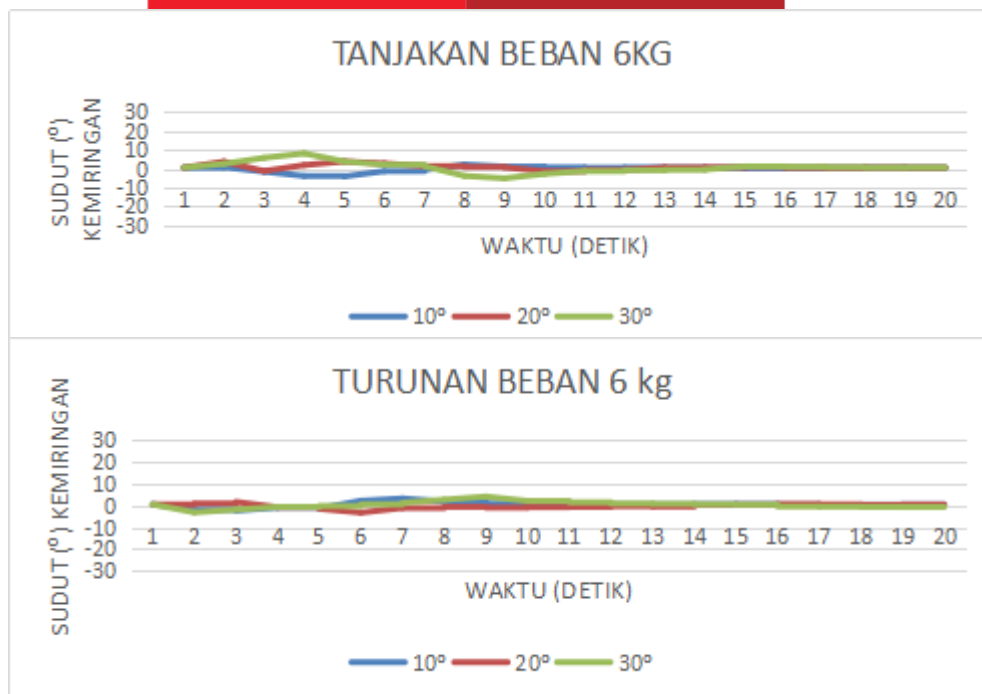
Pada *flow chart monitoring* daya menjelaskan tahapan kerja dari *monitoring* daya. Tahapan peratama adalah *sensor ACS712* akan bekerja membaca nilai arus pada aki kering 12V 9Ah. Ketika informasi arus sudah didapatkan, informasi tersebut langsung dikirimkan kepada kontroler yaitu Arduino UNO untuk dilakukannya kalkulasi untuk mendapatkan presentase daya pada aki. Setelah proses kalkulasi selesai, maka informasi tersebut akan dikirimkan menuju LCD untuk ditampilkan datanya. Data yang ditampilkan adalah nilai presentase SOC pada baterai. Sistem akan terus melakukan *looping* hingga *user* selesai menggunakan alat.

4. Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian sistem dilakukan dengan tiga kondisi jalan :

- Jalan Tanjakan
- Jalan Turunan
- Jalan Ubin Datar

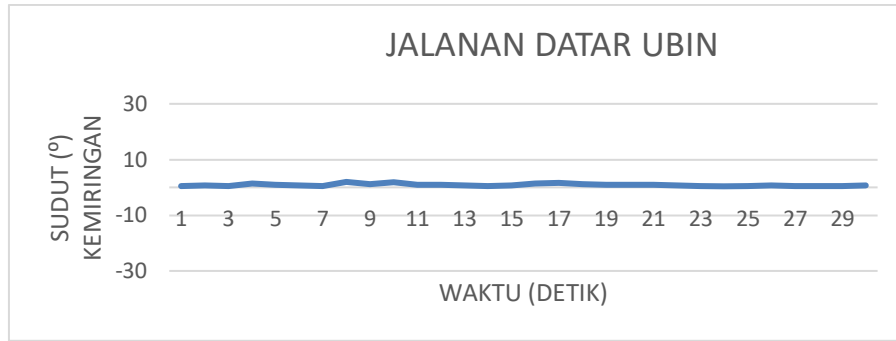
Untuk pengujian pada kondisi jalan tanjakan dan turunan, dilakukan dengan cara troli dimiringkan mulai dari sudut 10°, 20° dan 30°. Troli juga akan membawa beban dengan berat 1-6 kg. Kemudian meja troli akan dilihat responnya pada saat kondisi meja mendekati keadaan *settle* mendekati 0°.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Tanjakan & Turunan Beban 6 kg.

Dari gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa sistem sudah mampu mendaratkan meja troli menuju ke sudut mendekati 0° dalam waktu 11-12 detik dengan membawa beban 6 kg melewati jalan menanjak ataupun menurun. Beban yang digunakan berupa botol air mineral dalam kemasan 1,5 liter. Percobaan ini melewati jalan bersudut 10°, 20° dan 30°. Dari gambar diatas juga bisa dilihat bahwa masih terdapatnya osilasi pada saat meja troli menuju keadaan *settle* (0°).

Untuk pengujian saat melewati jalan ubin datar, Pengujian ini dilakukan dengan cara troli didorong melalui jalan ubin datar dengan membawa beban 2 kg. Data yang diambil adalah nilai sudut yang terbaca oleh sensor dalam kurun waktu 20 detik.



Gambar 6. Grafik Hasil Uji Jalan Ubin Datar Beban 2 kg.

Dilihat dari Gambar 6 hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa pengujian trolley dalam melewati jalan ubin datar dengan membawa beban seberat 2 kg, sistem masih mampu untuk mendaratkan posisi meja trolley mendekati keadaan *settle*. Namun, meja trolley masih mengalami sedikit *osilasi* dalam proses menuju keadaan *settle* dikarenakan kondisi jalan ubin yang tidak rata.

Tabel 2. Pengujian Pengisian Daya Aki.

No	SOC	Sensor Arus (A/s)	Total Ah	No	SOC	Sensor Arus (A/s)	Total Ah
1	38%	1,63	5,58	11	77%	1,18	2,07
2	39%	1,41	5,49	12	81%	1,78	1,71
3	43%	1,26	5,13	13	82%	1,18	1,62
4	47%	1,78	4,77	14	85%	1,11	1,35
5	54%	1,55	4,14	15	88%	1,7	1,08
6	59%	2,07	3,69	16	90%	1,63	0,9
7	61%	1,26	3,51	17	92%	1,48	0,72
8	65%	1,33	3,15	18	95%	1,18	0,45
9	69%	1,48	2,79	19	97%	1,78	0,27
10	74%	1,26	2,34	20	99%	1,7	0,09

Pada pengujian pengisian aki pada tabel 2, Dari hasil pengujian sudah sesuai. Nilai arus, presentase sudah dapat terbaca di serial monitor, semakin besar nilai presentase semakin mengecil Ah nya dikarenakan kondisi aki sudah mulai menuju penuh.

Tabel 3. Pengujian Pengosongan Daya Aki.

No	SOC	Sensor Arus (A/s)	Total Ah	No	SOC	Sensor Arus (A/s)	Total Ah
1	98%	1,85	0,18	11	64%	1,85	3,24
2	96%	2	0,36	12	61%	1,26	3,51
3	94%	1,48	0,54	13	58%	1,41	3,78
4	90%	2,52	0,9	14	55%	1,78	4,05
5	88%	1,7	1,08	15	49%	1,26	4,59
6	85%	1,11	1,35	16	47%	1,78	4,77
7	81%	1,78	1,71	17	44%	1,41	5,04
8	76%	2,07	2,16	18	39%	1,48	5,49
9	73%	1,7	2,43	19	36%	1,55	5,59
10	69%	1,26	2,79	20	32%	1,97	5,88

Pada pengujian pengosongan aki pada Tabel 3, untuk menghitung SOC nya diperlukan pengukuran arus per detik (A/s). Kemudian dapat dihitung AH (AmpereHour). Dari hasil pengujian sudah sesuai. Nilai arus, presentase sudah dapat terbaca di serial monitor, semakin kecil nilai presentase semakin meningkat Ah nya.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang sudah dibuat dan diamati, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem kerja troli sudah mampu untuk mendatarkan posisi dari meja troli saat melewati jalanan menanjak atau menurun dengan sudut kemiringan -30° hingga 30° walaupun masih terdapat *error steady state* pada sistem.
2. Sistem kerja troli pada saat melewati jalanan datar masih mengalami sedikit *osilasi* dikarenakan *sensor* IMU MPU6050 memiliki selisih pembacaan terhadap sudut dan pembacaan yang terlalu sensitif.
3. Pengujian *Sensor* ACS712 terdapat sedikit ketidak stabilan dikarenakan resolusi pembacaan dari *sensor* tersebut. Namun, masih memiliki tingkat akurasi yang tinggi hingga 98%.
4. Pengujian sistem yang dilakukan pada saat kondisi meja troli stabil mendekati keadaan *settle* (0°) dari kemiringan meja 10° membutuhkan waktu selama 1,89 detik tanpa beban.
5. Pengujian sistem yang dilakukan pada saat troli melewati jalanan menanjak atau menurun, meja troli akan bergerak menyesuaikan mendekati keadaan *settle* (0°). Pengujian dengan sudut kemiringan meja 20° dengan membawa beban seberat 3 kg membutuhkan waktu selama 4-5 detik untuk sistem dapat mendatarkan meja troli.
6. Pengujian pengosongan aki berjalan dengan sesuai. Aki terhubung dengan *sensor* arus dan beban dijalankan secara konstan. Arus yang keluar dapat terbaca pada serial monitor dan nilai presentase turun selama pengujian.
7. Pengujian pengisian aki berjalan dengan sesuai. Aki terhubung dengan *sensor* arus dan *charger* aki dijalankan secara konstan. Arus yang arus dapat terbaca pada serial monitor dan nilai presentase naik selama pengujian.
8. Pembacaan sudut, PWM dan SOC pada sistem, dapat termonitor oleh lcd dan *serial monitor* pada komputer.

Daftar Pustaka

- [1] Nashsharino Rudino. (2018) PERANCANGAN *SELF-BALANCING TROLLEY* DENGAN METODE PID. Makalah Seminar Tugas Akhir.
- [2] OGATA, K. (1995). *TEKNIK KONTROL AUTOMATIK (SISTEM PENGATURAN) Jilid 1*. Erlangga.
- [3] Setyono, A., Wahyudi, & Iwan Setiawan. (2010). PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK PENDETEKSI POSISI BENDA DALAM 6. Makalah Semindr Tugas Akhir.
- [4] KIEHNE, H. A. (2003). *Battery Technology Handbook*. Breckerfeld, Germany.
- [5] Kusumadewi, Sri dan Hari Purnomo. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Edisi 1. Yogyakarta; Graha Ilmu. (hal: 1,3,7-11,25-26,30,39-45).
- [6] Laras Purwati Ayuningtias, Mohamad irfan, & Jumadi. (2017). Analisa Perbandingan *Logic Fuzzy* Metode Tsukamoto, Sugeno dan Mamdani. (STUDI KASUS : PREDIKSI JUMLAH PENDAFTAR MAHASISWA BARU FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN GUNUNG DJATI BANDUNG).
- [7] Axelson, J. (1994). *The Microcontroller Idea Book*. Madison: Lakeview Research
- [8] M Sulthan Qintara Adiwijaya Kusuma. (2020) SISTEM PEMANTAUAN DAN KONTROL PARAMETER BATERAI AKI PADA ROBOT EDUTAINMENT BERBASIS ARDUINO & ANDROID. Makalah Seminar Tugas Akhir.
- [9] R. Popovic, Hall Effect Devices, Florida: CRC Press, 2003.