

Rancang Bangun *Self Balancing Scooter* Menggunakan Mikrokontroler

Abd. Khaliq Sangga¹, Iffa Auuliyah Kadriati², Yoan Elviralita³, Muhammad Nur⁴

^{1, 2, 3, 4}Teknik Mekatronika, Politeknik Bosowa

^{1,2,3,4} JL.Kapasa raya, Tamalanrea, Kota Makassar, Sulawesi selatan

E-mail : abdkhaliqsangga14@gmail.com¹, auuliyah@gmail.com²

Abstract

Abstract— *Self Balancing Scooter is a mode of transportation that uses electric motor as a driving force. Many kind of electric motor vehicles has been used in Airport area as passenger luggage delivery service including self balancing scooter. As the main control system used ATmega328p, and the BLDC controller used to driving BLDC motor, also using PID algoritme as control method. The input voltage for driving BLDC motor range from 1.1V-4.2V and using PID value for scooter movement with $K_p=18$, $K_i=0.002$ and $K_d=25$.*

Keywords: scooter, microcontroller, electric motor, torque

Intisari— *Self-Balancing Scooter* adalah salah satu alat transportasi yang menggunakan motor listrik sebagai tenaga penggerak. Banyak jenis kendaraan bermotor listrik telah digunakan di area Bandara sebagai layanan pengiriman bagasi penumpang termasuk skuter self balancing. Sebagai sistem kontrol utama digunakan ATmega328p, dan kontroler BLDC digunakan untuk menggerakkan motor BLDC, serta menggunakan algoritma PID sebagai metode kontrol. Tegangan input untuk menggerakkan motor BLDC berkisar dari 1,1V-4,2V dan menggunakan nilai PID untuk pergerakan skuter dengan $K_p= 18$, $K_i=0,002$, dan $K_d=25$.

Kata Kunci— sekuter, mikrokontroler, motor listrik, torsi

I. PENDAHULUAN

Pengembangan kendaraan menggunakan motor listrik tengah gencar diserukan di Indonesia. Hal itu bahkan sudah tertuang dalam peraturan presiden mengenai program kendaraan bermotor listrik menggunakan baterai sebagai sumber energi untuk transportasi jalan [1].

Sektor bandara di Indonesia telah mendukung pengembangan kendaraan bermotor listrik dengan cara menggunakan beberapa jenis kendaraan listrik. *Self balancing scooter* merupakan salah satu jenis kendaraan bermotor listrik dalam mendukung pelayanan kepada penumpang serta operasional bandara. Akan tetapi pengembangan motor listrik di Indonesia masih kurang

Self Balancing Scooter adalah salah satu alat transportasi yang menggunakan motor listrik sebagai tenaga penggerak dan dapat membuat dirinya seimbang hanya dengan menggunakan dua roda. Dalam mempertahankan posisi tegak lurus dengan seimbang terhadap bidang datar atau permukaan bumi memerlukan sistem kontrol yang stabil karena kestabilan merupakan syarat utama dari pembuatan *Self Balancing Scooter*.

Implementasi Robot Keseimbangan Beroda Dua Berbasis Mikrokontroler. Pengontrolan robot

keseimbangan menggunakan Fuzzy Logic. Pada sistem ini menggunakan sensor *accelerometer* dan *gyroscope* agar data yang diadatkan dari pembacaan sensor stabil dan andal. Sehingga hasil percobaan ini didapatkan sangat efektif dalam mengurangi *noise* dan *drift* pada sensor [2].

Konfigurasi kontrol kestabilan yang optimal pada balancing robot setelah diterapkan metode fuzzy logic dan kalman filter. Penelitian ini mengatakan bahwa metode fuzzy logic dan kalman filter tingkat akurasi yang didapatkan belum baik dalam menentukan kestabilan robot [3].

Penerapan sistem control PID pada skuter listrik roda dua sejajar yang dimana variable input yang berasal dari sensor *Accelerometer*, *Gyroscope* dan potensio meter. Penggunaan dua aktuator motor DC. Penelitian ini mengatakan bahwa sistem kendali PID (*Proportional-Integral-Derivative*) yang dapat digunakan dengan nilai referensi yaitu $K_p = 4$, $K_i = 0,8$, dan $K_d = 0,6$ nilai keluaran referensi inilah yang menunjukkan nilai PID yang paling stabil sehingga kendaraan beroda dua ini sejajar berjalan seimbang dengan baik [4].

Penggunaan sensor *Gyroscope* dan *Accelerometer* dalam upaya menyeimbangkan badan dari skateboard dan memanfaatkan roda BLDC, *driver* motor IBT2, arduino nano sebagai mikrokontroler dan penggunaan PID

sebagai metode *controller*. Sehingga nilai PID yang didapatkan $K_p = 6,98$, $K_i = 4,61$, dan $K_d = 1,15$ sehingga membuat sistem dapat berjalan sesuai yang diperintahkan atau seimbang [5].

Dari beberapa road map di atas alat yang akan kami buat memiliki kelebihan tersendiri yaitu, pada road map pertama membahas tentang pengontrol robot keseimbangan, kemudian road map kedua membahas tentang kontrol balancing robot menggunakan fuzzy Logic menggunakan Kalman Filter, lalu road map ketiga membahas tentang penggunaan aktuator berupa motor DC, dan road map keempat membahas tentang alat transportasi satu roda. Sedangkan penulis membuat *Self Balancing Scooter* yang dapat dikendarai dengan menggunakan kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*) beserta penggunaan dua buah BLDC sebagai aktuator atau penggerak.

II. LANDASAN TEORI

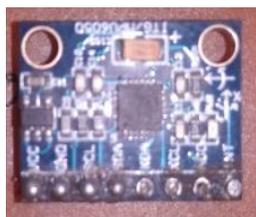
2.1 ATmega328p

ATmega328p adalah sebuah IC mikrokontroler CMOS dengan berdaya rendah 8-bit. ATmega328p dirancang agar dapat mengoptimalkan konsumsi daya dengan kecepatan pemrosesan. ATmega328p adalah salah satu chip IC mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pembuatan sistem (sistem minimum) dapat chip IC ini mudah ditemukan di pasaran komponen elektronika.

Pemilihan mikrokontroler ini dilakukan karena pembuatan sistem minimumnya sangat mudah jika di banding dengan mikrokontroler lainnya. ATmega328p ini bertugas untuk menerima sebuah data dari sensor MPU 6050, MCP4725 menggunakan pin I2C dan juga melakukan program kontrol PID.

2.2 Sensor MPU6050

MPU6050 merupakan sebuah chip IC inverse yang di dalamnya terdapat sebuah sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope* yang telah terintegrasi. *Accelerometer* dapat mengukur suatu percepatan, pendeteksi getaran, dan percepatan gravitasi. Sedangkan sensor *Gyroscope* dapat mengukur atau mempertahankan orientasi, dengan prinsip ketetapan momentum sudut [6].



Gambar 1. Sensor MPU 6050

2.3 MCP4725

MCP425 adalah Digital to Analog Converter 12 bit dengan menggunakan antar muka digital dengan

protokol I2C. Penambahan modul DAC ini sebagai mengonversi sinyal digital (umumnya adalah biner) sehingga menjadi sinyal analog (arus, tegangan bahkan muatan elektrik).



Gambar 2. MCP4725

2.4 Controller BLDC 350W

Fungsi *controller* ini sebagai *driver* motor pada *scooter* yang dimana sebagai pengatur arah putaran ataupun kecepatan putaran motor. Alasan penggunaan driver motor ini karena arus yang dikeluarkan dari mikrokontroler tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan motor DC [7]. Pada controller BLDC 350W ini terdapat daerah yang tidak dapat dijangkau yang di sebut *dead zone* atau daerah mati. Dikatakan *dead zone* atau daerah mati jika tegangan input yang diberikan kurang dari 1,2V sehingga input diabaikan atau dianggap input sama dengan 0 yang berarti motor tidak akan mengalami pergerakan.



Gambar 3. Controller BLDC 350W

2.5 Motor Brushless DC 350W

Brushless DC motor atau biasa disebut BLDC merupakan motor sinkron yang di dalamnya terdapat magnet permanen yang menggunakan sensor posisi dan sebuah rangkaian inverter untuk mengendalikan arus armature yang ada [8]. Untuk mendeteksi magnet kecil yang terpasang pada shaft motor biasanya memerlukan tiga sensor efek hall. Adapun keuntungan yang didapatkan dalam penggunaan motor *brushless* DC jenis ini yaitu memiliki keandalan dan efisiensi yang tinggi, rendahnya *noise* akustik, dan range kecepatan yang dimiliki tergolong tinggi.

Prinsip kerja pada motor BLDC menggunakan gaya tarik antara satu sama lain magnet yang berlainan kutub

atau gaya tolak antara satu sama lain magnet dengan kutub yang sama. Dikarenakan rotor motor BLDC tersusun dari magnet permanen sehingga membuat kutub nya. Sedangkan stator terbuat dari belitan membuat kutub magnet dapat berubah sesuai polaritas arus belitan stator yang diberikan.

Pada dasarnya motor BLDC ini menggunakan tegangan DC sebagai sumber energi utama yang nantinya akan diubah menjadi tegangan AC dengan menggunakan rangkaian inverter ada motor ini [9].



Gambar 4. Motor Brushless 350W

2.6 Kontrol PID

Kontrol PID (*Proportional Integral Derivative*) merupakan metode kontrol yang menggunakan sistem kerja umpan balik yang sering di gunakan pada sistem kontrol industri. Pada kontrol PID akan terus melakukan perhitungan secara kontinu antara nilai kesalahan sebagai pembanding (*feed back*) dengan set point yang ditentukan sebelumnya oleh operator. Pengontrol *Proportional* (P) dapat mengatur nilai kesalahan saat ini. Pengontrol *Integral* (I) dapat mengatur nilai kesalahan sebelumnya. Kontrol *Derivatif* (D) dapat mengatur kemungkinan nilai kesalahan mendatang.

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan beberapa metode, yaitu studi literatur dan experimental. Studi literatur adalah proses pencarian referensi teori yang relevan dengan mengumpulkan informasi dari berbagai media seperti buku, Jurnal, artikel bahkan forum diskusi. Experimental adalah prosedur penelitian yang dilakukan melalui pengujian.

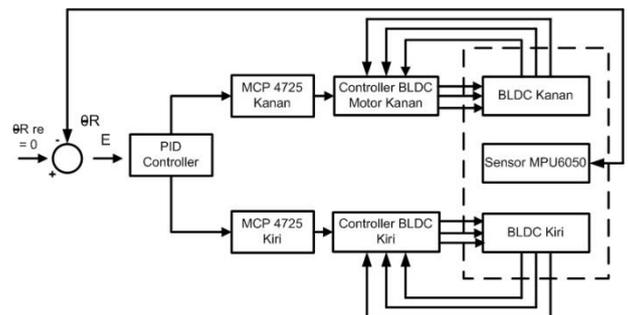
3.1 Diagram Alir Penelitian



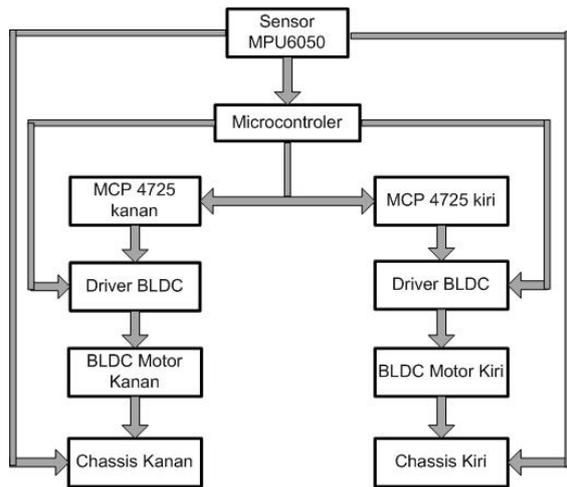
Gambar 5. Diagram Pembuatan Alat

Perancangan sistem mekanik dan elektronik menggunakan software *solid work*, Proses pemrograman menggunakan software Arduino IDE, Perancangan dan pembuatan elektrik menggunakan software eagle. Apabila perancangan sistem mekanik dan elektronik berhasil maka akan dilanjutkan dengan menyediakan alat dan bahan. Setelah menyediakan alat dan bahan, proses selanjutnya adalah pembuatan alat. Apabila alat berfungsi dengan baik maka akan dilakukan pengambilan data. Data yang diperoleh atau didapatkan akan dianalisis sehingga dapat disimpulkan.

3.2 Diagram Blok Sistem



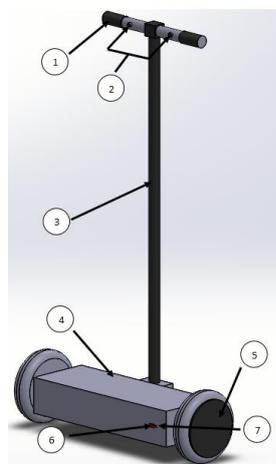
Gambar 6. Blok Diagram Sistem Kontrol



Gambar 7. Blok Diagram Sistem

Pada diagram blok sistem di atas menjelaskan rancangan alur dari *hardware* yang dibuat. (θ_{ref} 0° merupakan sudut referensi yang dijadikan sebagai input sistem. Nilai *error* (E) didapatkan dari sudut θ dari hasil dimiringkannya chassis. Sehingga nilai *error* ini menjadi sebuah input an untuk proses selanjutnya. Dengan metode kontrol PID, input dari nilai *error* akan diolah untuk menghasilkan keluaran output berupa PWM, PWM ini akan menjadi input pada driver motor atau *controller* BLDC agar menggerakkan BLDC motor. *Chassis* akan seimbang kembali yang disebabkan oleh motor. Apabila sudut θ tidak bernilai 0° atau terdapat *error* sudut maka akan terjadi *feedback* sehingga menghasilkan perubahan input untuk PID dan akan mengeluarkan PWM yang mengakibatkan menggerakkan motor BLDC sehingga nilai *error* menjadi 0.

3.3 Desain Alat



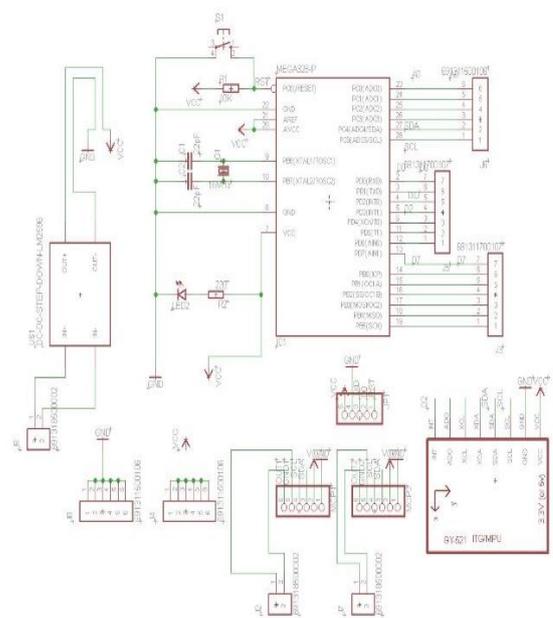
Gambar 8. Desain Alat

Keterangan:

1. Karet Pegangan, dipergunakan untuk meningkatkan aspek kenyamanan saat memegang setang.

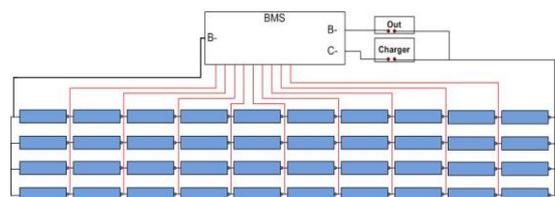
2. Tombol, sebagai pengontrol arah kiri dan kanan alat.
3. Setang, sebagai pegangan untuk pengendara.
4. Pijakan, sebagai tempat tumpuan kaki pengendara.
5. Roda BLDC, sebagai aktuator atau penggerak *Self Balancing Scooter* untuk maju mundur.
6. Saklar, untuk mematikan dan menghidupkan alat.
7. Konektor Daya, untuk pengisian daya pada alat.

Adapun hasil rancangan *main board* yang dimana terdiri dari mikrokontroler, sensor MPU6050, mcp4725, dan modul buck converter (penurun tegangan). Pada perancangan ini mikrokontroler Atmega 328p berfungsi mengolah data dari sensor MPU6050 sehingga data sudut yang diperoleh dari kemiringan chassis yang akan diolah lagi oleh mikrokontroler.



Gambar 9. Schematic Main Board PCB

Power supply Scooter menggunakan baterai li-Ion 18650. Tiap baterai terdiri dari 3,7-4,2 volt dengan arus 3000mAh dan dimensi 18.20*65.05mm. Pemilihan baterai ini dikarenakan dapat menampung daya listrik lebih besar.



Gambar 10. Perancangan Baterai

Perancangan baterai dibuat secara seri dan paralel. Susunan seri pada baterai membentuk voltage

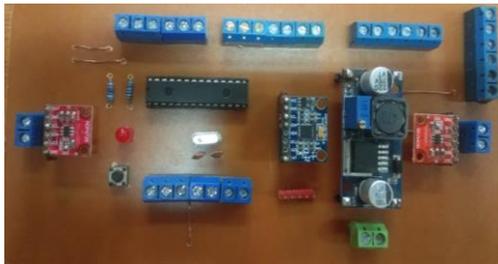
sedangkan susunan paralel membentuk besarnya kapasitas Ah, sehingga kapasitas baterai pada alat yang digunakan 36-42 volt dan 12 Ah. Pemberian modul BMS pada baterai bertujuan untuk mengatur proses masuk keluarnya tegangan secara merata.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Alat

4.1.1 Main Board

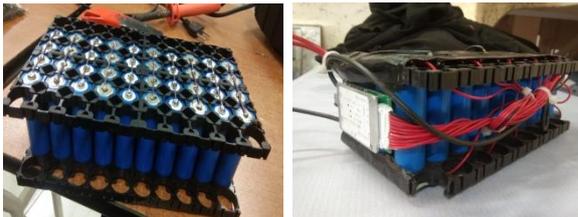
Berikut hasil dari perancangan *main board* dimana terdiri dari sensor mpu6050, MCP4725, *step down*, dan sistem minimum ATmega32p.



Gambar 11. Main Board

4.1.2 Hasil perancangan baterai

Berikut hasil dari perancangan baterai dimana menggunakan 40 buah baterai terdiri dari susunan paralel dan seri.



Gambar 12. Hasil Perancangan Baterai

4.1.3 Hasil perancangan alat

Adapun hasil dari perancangan alat yang telah dibuat di *solid work*.



Gambar 13. Hasil Alat

4.2 Pengujian Alat

4.2.1 Kalibrasi Sensor MPU6050

Untuk menentukan posisi awal sensor memerlukan proses kalibrasi sensor. Penempatan sensor dapat dilakukan seperti pada gambar di bawah. *Scooter* diletakkan secara mendatar pada posisi seimbang jika dikendarai dengan posisi board sensor berada dibawah pijakan. Elixir merupakan aplikasi hand hone yang dapat membantu roses kalibrasi posisi 0° scooter. Proses ini sebagai acuan keseimbangan pada alat.



Gambar 14. Kalibrasi Sensor Dengan Bantuan Aplikasi Elixir Pada Hand phone.

4.2.2 Pengujian *controller* BLDC

Controller BLDC sebagai *driver* atau penggerak motor BLDC memerlukan pengujian untuk mengetahui respons driver dapat bekerja. Hal pertama dilakukan pemberian sinyal PWM dari *Module* DAC yang dikontrol melalui mikrokontroler (Sistem Minimum). Modul DAC ini memiliki output analog 12 bit, sehingga nilai dapat dinyatakan mulai dari 0 sampai 4095.

Karakteristik yang didapatkan pada driver ini yaitu dapat bekerja bila diberikan input tegangan minimal 1,1 Volt dan maksimal sebesar 4,2 Volt. Maka dari itu tegangan input kurang dari 1,1 volt motor tidak akan bekerja atau terjadi *dead zone* yang dimana input sama dengan 0 atau diabaikan.

```
void loop() {
  dac60.setVoltage(1100, false);
}
```

Gambar 15. Nilai Minimal pada DAC

```
void loop() {
  dac60.setVoltage(4000, false);
}
```

Gambar 16. Nilai Maksimal pada DAC

Pengujian torsi yang dihasilkan dari motor DC, dengan spesifikasi motor DC yang digunakan pada *scooter* dengan fitur sebagai berikut;

Tegangan	= 36V
Daya	= 350W
Speed	= 1043.7 RPM
1 watt	= 0,00134102 HP

Jadi,

$$350W = 0.47 HP$$

Torsi pada satu motor;

$$T = \frac{5250 \times HP}{n} \quad (1)$$

Dimana:

T = Torsi atau tenaga putar yang dihasilkan (Nm),

HP = Daya dalam satuan HP (Horse Power)

N = Jumlah putaran per-menit (RPM).

5250 = nilai ketetapan atau konstanta pada daya motor dengan satuan HP [10].

Sehinga torsi yang didapatkan menggunakan rumus, yaitu

- $T = \frac{5250 \times 0.47}{116.7} = 21.14 Nm$
- $T = \frac{5250 \times 0.47}{431.2} = 5.72 Nm$
- $T = \frac{5250 \times 0.47}{934.5} = 2.64 Nm$
- $T = \frac{5250 \times 0.47}{1015.5} = 2.42 Nm$
- $T = \frac{5250 \times 0.47}{1043.7} = 2.36 Nm$

Tabel 1. Hubungan tegangan, rpm, dan torsi

No	Tegangan pemacu (Volt)	Kecepatan putaran (Rpm)	Torsi (Nm)
1	1.1	116.7	21.14
2	1.5	431.2	5.72
3	2.2	934,5	2.64
4	3.2	1015.5	2.42
5	4.0	1043.7	2.36

Pada saat tegangan yang diberikan 1.1 volt maka kecepatan patarn motor listrik yang didapatkan dari hasil ukur tachometer 116.7 rpm sehinga nilai torsi yang didapatkan 21.14 Nm.

Pada saat tegangan yang diberikan 4.0 volt maka kecepatan putaran motor listrik yang didapatkan dari hasil ukur tachometer 1043.7 rpm sehinga nilai torsi yang didapatkan 2.36 Nm.

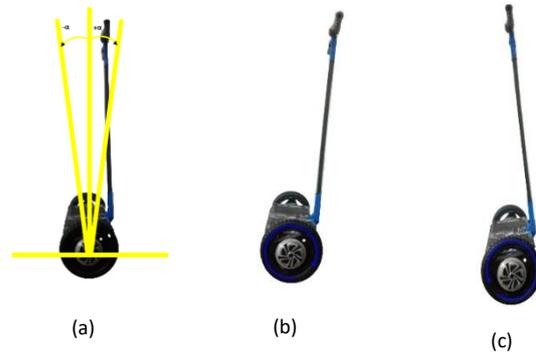
Sehinga dapat kita simpulan bahwa besar kecilnya torsi yang diperoleh dapat memengaruhi kecepatan putaran motor, semakin besar kecepatan putaran (Rpm) maka akan semakin kecil torsi atau tenaga putar.

4.2.3 Pengolahan Data Sudut

Pada pengujian ini dilakukan menggunakan program PID pada mikrokontroler-IDE. Di awali dengan pemberian PID secara manual atau acak dengan memberikan nilai awal Kp = 1, Ki = 0, dan Kd = 0 beserta nilai PWM sebesar 1200 dan menaikkan nilai Kp sehingga respons sistem

mencapai set point yang telah di tentukan. Tetapi kami membatasi nilai error sebesar 3100 dengan aksi alat akan stop dan menunggu untuk di restart kembali.

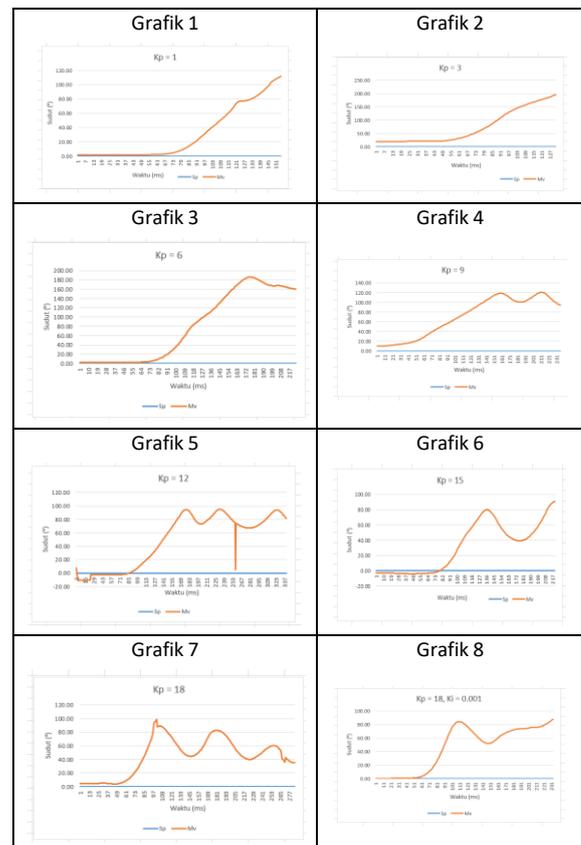
Tujuan dilakukannya pengujian ini yaitu membuat chassis dapat melakukan sebuah pergerakan dengan menentukan nilai Kp.

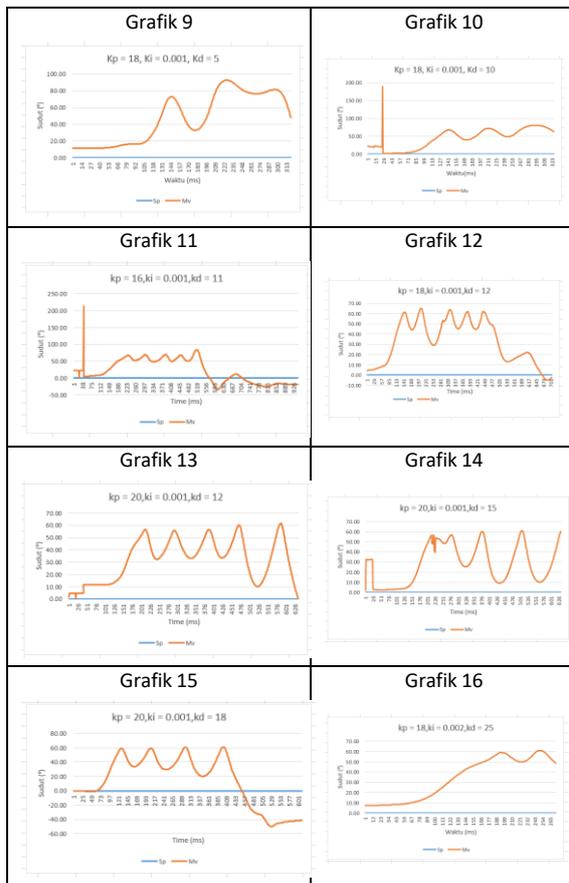


Gambar 17. a) Posisi 0 scooter, b) Posisi maju, c) Posisi mundur.

Gambar diatas merupakan posisi scooter 0, maju, dan mundur. Tanda +α (sudut +) berarti roda bergerak searah jarum jam dan membuat chassis maju ke depan dan -α sebaliknya. Roda akan bergerak searah jarum jam pada sudut +8.5° dan sebaliknya pada sudut -8.5°.

Tabel 2. Grafik respons sudut





Dari hasil pengolahan data grafik respons sudut yang didapatkan bahwa respons pada motor scooter belum bergerak, bergerak maju secara cepat, *overshoot* dan berisulasi.

Hasil pengujian yang mendekati sempurna dengan nilai $K_p = 18$, $K_i = 0.002$, $K_d = 25$ didapatkan bahwa respons pada motor scooter mulai bergerak cepat ke depan dan *overshoot* semakin menurun. Dibandingkan dengan percobaan yang lain, percobaan ini batas atas mengalami penurunan sebesar 15° , sehingga *scooter* dapat melakukan pergerakan secara halus. Namun *scooter* belum dapat melakukan keseimbangan pada posisi 0° terhadap *chassis*. Hal ini disebabkan tegangan kerja *driver* motor dimulai dari $1.1V - 4V$ (*dead zone*), sehingga untuk pergerakan maju mundurnya *scooter* membutuhkan waktu yang lama.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil perancangan, implementasi dan pengujian alat:

1. Motor BLDC akan berputar jika tegangan yang diberikan pada controller BLDC minimal 1,1 volt dan maksimal 4,2 volt yang dapat diatur dengan kendali PWM.

2. Sensor MPU6050 merupakan gabungan dari *accelerometer* dan *gyroscope*. Dimana *accelerometer* digunakan untuk menghitung percepatan sudut, sedangkan *gyroscope* digunakan untuk mengukur perubahan kecepatan rotasi.
3. Adanya *Dead Zone* pada *driver* mengakibatkan respons pada alat menjadi lama.
4. Dapat melakukan pergerakan sesuai dengan perintah dengan nilai parameter PID yang digunakan $K_p = 18$, $K_i = 0.002$, $K_d = 25$.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini, Masih mendapat kekurangan di beberapa aspek dan perlu pengembangan lebih lanjut, yaitu;

1. Dari segi mekanik, harusnya pijakan pengendara dengan poros roda sejajar.
2. Dari segi elektronik, penambahan kapasitas baterai menjadi 48volt karena mengingat kapasitas *driver* motor 36volt, Sehingga waktu penggunaan alat semakin lama.
3. Penggantian *driver* motor dengan *driver* motor yang tidak memiliki *dead zone*, yaitu JYQDV73E2.
4. Dari segi program, terkhusus untuk nilai PID agar lebih dilakukan penelitian lebih lanjut.

5.3 Ucapan Terima Kasih

Ucapan Terima kasih kepada Allah SWT atas segala hikmah dan karunianya, serta kepada pembimbing dan segenap dosen Teknik Mekatronika yang telah membantu serta membimbing dalam mengerjakan Tugas Akhir ini, beserta teman-teman Teknik Mekatronika yang telah membantu dan memberi saran dalam mengerjakan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Agustini, "Mengenal Kendaraan Listrik Yang Beroperasi Di Bandara Soekarno Hatta," *Ekonomi*, Minggu September 2019.
- [2] G. Bobby, "Implementasi Robot Keseimbangan Beroda Dua Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Elkomika*, Vol. 3, No. 1, Pp. 142-160, 2015.
- [3] M. Amin, "Pemodelan Kontrol Balancing Robot Menggunakan Logika Fuzzy Dengan Kalman Filter," *Jurnal Teknovasi*, Vol. 3, No. 1, Pp. 39-44, 2016.

- [4] D. Firdaus, "Implementasi Sistem Control Pid Pada Kendaraan Skuter Listrik Dua Roda Sejajar," *Jasiek*, Vol. 1, No. 1, Pp. 66-72, 2019.
- [5] M. K. Fikri, "Perancangan Dan Implementasi Real Segway Pada Skateboard Roda Satu Menggunakan Gyroscope Dan Accelerometer," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, Vol. 1, No. 1, Pp. 48-56, 2017.
- [6] B. Firman, "Implementasi Sensor Imu Mpu6050 Berbasis Serial I2c Pada Self-Balancing Robot," *Researchgate*, Vol. 9, No. 1, Pp. 18-24, 2016.
- [7] C. D. Mahendra, "Penerapan Sistem Penyeimbang Otomatis Pada Mini Segway Roda Dua," *Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknologi Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, Vol. 1, No. 1, Pp. 1-91, 2017.
- [8] F. Y. Pratama, "Rancang Bangun Pengendalian Kecepatan Brushless Dc Motor Tipe A2212/10t 1400 Kv Menggunakan Kontroler Pid Berbasis Labview," *Jurusan Teknik Elektro*, Vol. 7, No. 3, Pp. 57-166, 2018.
- [9] Y. A. Riyadi, "Pengaturan Kecepatan Pada Motor Brushless Dc (Bldc) Menggunakan Pwm (Pulse Width Modulation)," *Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol Dan Otomasi (Sniko)*, Vol. 1, No. 1, Pp. 1-6, 2018.
- [10] T. Hasannudin, "Studi Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Phasa 4 Kw Menggunakan Perangkat Kecepatan Variabel Di Pt. Pembangkit Jawa Bali Pltmg Arun," *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, Vol. 3, No. 1, Pp. 207-212, 2019.