

PERANCANGAN PWM VOLTAGE CONTROLLER SEBAGAI PENGATUR KECEPATAN MOTOR DC SHUNT MOBIL LISTRIK

¹Alva Krisna Setya Wardana, ²F. Yudi Limpraptono, ³Radimas Putra Muhammad Davi Labib
Teknik Elektro S1, ITN Malang, Malang Indonesia
¹alvasod24@gmail.com, ²fyudil@lecturer.itn.ac.id, ³radimas@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Kendaraan bermesin terutama berbahan bakar fosil adalah penyumbang polusi di Bumi. Oleh sebab itu mulai dikembangkan kendaraan listrik untuk mengurangi polusi tersebut. Pada kendaraan listrik penggerak utamanya yaitu motor listrik atau motor dc. Motor dc dapat dikendalikan menggunakan metode PWM. PWM digunakan untuk mengontrol kecepatan motor dc dengan cara memvariasikan lebar pulsa yang dikirimkan ke driver motor. Pada percobaan gokart tanpa beban, dilakukan pengukuran PWM, dan didapat persentase pengukuran yang rendah yaitu PWM 33% dengan rpm 181 dan kecepatan 8,2 km/jam. Sedangkan ketika PWM 100% didapat RPM 563 dan kecepatan 26,2 km/jam. Pada percobaan dengan beban, dari keempat percobaan didapat rata rata kecepatan 15 km/jam dengan tegangan 20V dan arus 23A, arus yang tinggi dikarenakan motor mengalami overload atau kekurangan torsi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ketika nilai PWM meningkat, RPM motor DC juga mengalami peningkatan. Selain itu, semakin tinggi nilai PWM yang diberikan, duty cycle yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini menunjukkan adanya hubungan langsung antara nilai PWM, RPM motor DC, dan duty cycle, di mana nilai-nilai tersebut saling mempengaruhi secara proporsional.

Kata Kunci: Mobil Listrik, PWM, Voltage Controller.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kendaraan bermesin terutama berbahan bakar fosil adalah penyumbang polusi di Bumi ini menjadi terus meningkat, maka dari itu sebaiknya harus segera ditangani agar tidak menimbulkan lebih banyak polusi udara[1]. Dampak dari polusi ini yakni pemanasan global, Salah satu penyebab pemanasan global yakni emisi karbon dioksida yang dihasilkan dari bahan bakar fosil tersebut[2].

Solusi yang tepat untuk mengurangi polusi yakni dengan menggunakan kendaraan yang menggunakan energi listrik atau bisa disebut EV, karena EV tidak mengeluarkan polusi seperti kendaraan bahan bakar fosil. Penggunaan kendaraan listrik juga dapat mendukung untuk mewujudkan ketahanan energi Indonesia. Indonesia pada saat sangat ketergantungan terhadap

energi fosil, terutama BBM untuk memenuhi kebutuhan energi sehari-hari. Kebutuhan Indonesia terus meningkat, sedangkan ketersediaan energi fosil semakin menipis dari waktu ke waktu[3]. Mobil listrik sebagai hal atau inovasi baru untuk menuju lingkungan sehat dan bersih harus mampu membuat strategi maupun perkembangan agar bisa bersaing dengan mobil-mobil berbahan bakar fosil dimana mobil tersebut masih menjadi minat dan merajai penjualan mobil hampir diseluruh negara[4].

Kendaraan listrik komponen utama penggerakannya yakni Motor listrik atau menggunakan motor dc, Motor DC adalah alat untuk mengubah energi listrik searah atau arus dc menjadi energi kinetik berupa tenaga penggerak torsi. Motor DC memiliki respon yang cepat, ketika mendapat tegangan motor dc akan memutar rotor dengan cepat namun motor dc masih memiliki eror steady state. Oleh karena itu membutuhkan alat untuk mengontrol kecepatan motor DC diperlukan untuk memenuhi kebutuhan aplikasi. Motor DC dapat dikendalikan kecepatannya menggunakan metode PWM (Pulse Width Modulation). PWM adalah sebuah cara yang digunakan untuk mengatur kecepatan motor DC dengan cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam satu periode untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. PWM yang bisa digunakan untuk mengatur kecepatan motor dc salah satunya yakni microcontroller[5].

B. Rumusan Masalah

Menurut penjelasan latar belakang sebelumnya bahwa:

1. Bagaimana pengaruh PWM untuk mengatur kecepatan motor DC tanpa beban dengan nilai PWM terhadap tegangan dan RPM motor DC?.
2. Bagaimana pengaruh PWM pada driver motor untuk sistem pengendalian motor DC dengan berbagai beban pada nilai PWM 100%?.

C. Tujuan

Dari penjelasan rumusan masalah sebelumnya, maka dapat dibuat tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui bagaimana perubahan nilai PWM mempengaruhi tegangan dan rpm motor DC pada pengujian tanpa beban.
2. Untuk mengetahui bagaimana perubahan kecepatan motor DC dalam kondisi pengujian berbagai beban dengan nilai PWM 100%.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Sistem PWM Voltage Controller

PWM merupakan sistem atau metode yang cukup bagus untuk digunakan mengatur tegangan pada motor DC, Terutama untuk mengendalikan kecepatan dari motor DC. Sistem PWM ini mengatur lebar pulsa sinyal tegangan[6], Lebar pulsa tersebut bisa diatur menggunakan Duty cycle yang telah diatur atau dikeluarkan oleh mikro controller seperti arduino. Pengaturan duty cycle tersebut diatur nilainya dengan cara dilakukan pemrograman (sketch) pada arduino[5]. Duty cycle merupakan sinyal keluaran yang periodenya sinyal high dan periode sinyal low, presentase duty cycle akan berbanding lurus dengan tegangan rata rata yang dihasilkan. Sinyal PWM ini memiliki lebar pulsa yang bervariasi sesuai duty cycle[7]. Keluaran dari PWM voltage controller ini akan menghasilkan perubahan tegangan, dimana hal ini akan menentukan berapa RPM dari motor DC yang akan dikontrol kecepatannya.

PWM akan mempengaruhi RPM motor dc, nilai PWM yakni 0-255 ketika nilai PWM semakin besar maka RPM dari motor akan cepat atau besar mengikuti nilai PWM, begitu juga untuk sebaliknya ketika nilai PWM menurun atau kecil maka putaran pada motor akan menurun mengikuti nilai PWM[5].

B. Rotasi Per Menit (RPM)

Rotasi Per Menit atau RPM adalah satuan yang digunakan untuk mengukur jumlah putaran suatu motor atau mesin dalam waktu 1 menit, Jika pada umumnya kendaraan, rpm dilihat pada panel speedometer atau tachometer dimana sudah menunjukkan angka 0 sampai 12 atau lebih. Ketika jarum menunjukkan angka 1 berarti mesin kendaraan tersebut berputar sebanyak 1000 kali atau 1000 RPM[8], jadi nanti bisa dilihat berapa jumlah putaran motor DC yang bisa dicapai dalam waktu 1 menit. Dengan RPM ini akan membantu penulis untuk melihat putaran motor DC ketika diberi sistem PWM. RPM ini diukur menggunakan sensor Infrared yang telah dipasangkan pada objek dan pengukuran RPM juga menggunakan tachometer digital. Setelah pengukuran RPM langkah selanjutnya yakni menentukan kecepatan dari gokart dengan data dari RPM serta ukuran dari roda gokart. Rumus menentukan kecepatan yaitu

$$V(m.s^{-1}) = r \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot N$$

Keterangan :

- r = jari jari dari roda (meter)
- π = phi (3,14)
- 60 = Perhitungan dari Menit ke Detik
- N = RPM pada roda

Setelah menentukan m/s dari RPM dilakukan perhitungan untuk menentukan kecepatan yaitu KM/jam, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V(km.h^{-1}) = \frac{3600}{1000} \cdot V(m.s^{-1})$$

Keterangan :

- 3600 = nilai dari detik ke jam
- 1000 = nilai dari meter ke kilometer
- Vm.s = M/s pada RPM

C. Motor DC MY1016

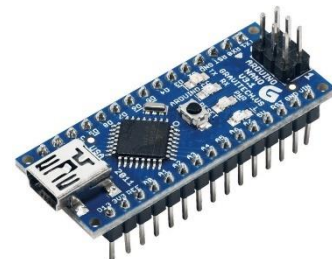
Motor DC ialah alat yang paling penting dalam kendaraan EV, dimana motor dc sebagai penggerak dari kendaraan listrik. Cara kerja dari motor DC adalah merubah energi listrik searah menjadi energi gerak atau energi mekanik berupa tenaga torsi untuk menggerakkan kendaraan listrik tersebut[5]. Motor DC jenis MY1016 yang menjadi motor utama dalam sistem ini dengan spesifikasi yang tertulis pada motor yakni 350 watt dengan tegangan 24v dan arus bisa mencapai sebesar 19,2 A. Motor ini digunakan karena bisa mencukupi kebutuhan sistem ini untuk mendukung penelitian tentang PWM sebagai controller tegangan pada motor.



Gambar 1 Motor DC MY1016

D. Micro Controller Arduino NANO

Berdasarkan fungsinya, mikrocontroller secara umum digunakan untuk menjalankan program yang bersifat permanen pada sebuah aplikasi yang spesifik (misal aplikasi yang berkaitan dengan pengontrolan dan monitoring)[9]. Micro Controller yang digunakan yakni jenis arduino nano, perangkat ini yang nantinya akan digunakan untuk mengatur kecepatan dari motor dengan cara memasukkan sistem atau coding PWM ke microcontroller tersebut. Bahasa pemrograman pada arduino ini menggunakan bahasa C, dimana bahasa C sudah dimudahkan untuk pemrogramannya dan fungsi-fungsinya yang sederhana sehingga pemula bisa mempelajarinya dengan cukup baik dan mudah[10]. PWM inilah yang berfungsi untuk mengatur tegangan yang dialirkan ke motor dc my1016 untuk mengatur lambat cepatnya putaran pada motor dc, yang nantinya berfungsi untuk menstabilkan laju kendaraan listrik agar mudah dikendarai nantinya.



Gambar 2 Arduino Nano

E. Driver Motor DC (BTS 7960)

Driver motor DC adalah alat yang difungsikan untuk merubah tegangan dari baterai ke motor perangkat yang digunakan sebagai penghubung antara sumber listrik dengan motor DC dan pada driver motor dc ini yang akan dicontrol oleh microcontroller yang sudah diisi dengan PWM voltage controller. Driver motor dc yang nantinya akan menyalurkan tegangan dari baterai ke motor DC untuk menggerakkan motor DC tersebut. Driver motor BTS7960 merupakan modul motor driver yang menggunakan IC BTS7960 H-Bridge sehingga dapat digunakan untuk mendrive atau mengontrol sebuah motor DC dengan dua arah, yaitu counterclockwise(CCW) dan clockwise(CW)[11]. Rangkaian H-bridge ialah rangkaian yang menggunakan 4 saklar yang berbentuk huruf “H”. Hal tersebut bisa berguna untuk maju mundur kendaraan listrik[12].



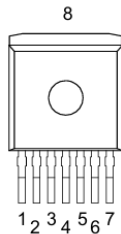
Gambar 3 Modul Driver BTS7960

BTS7960 didesain sudah bisa dihubungkan dengan micro controller dengan adanya IC yang telah terintegrasi fitur input logika, diagnosis arus, mengukur laju tegangan, dan juga memproteksi suhu berlebih, tegangan berlebih, arus berlebih, serta memproteksi hubung singkat.

BTS7960 memiliki spesifikasi sebagai berikut

1. Tegangan Operasi mencapai 27V
2. Mampu menyuplai sampai 43 A
3. Mendukung kontrol PWM (Pulse Width Modulation) dengan frekuensi mencapai 25 KHz
4. Terdapat proteksi overtemperature dan overvoltage

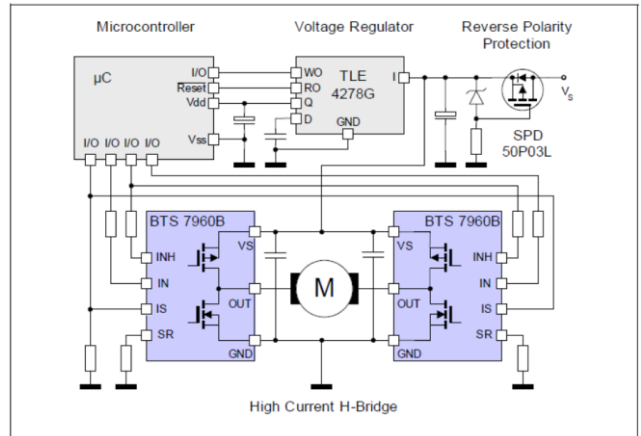
BTS 7960B
P-TO-263-7



Gambar 4 IC BTS7960

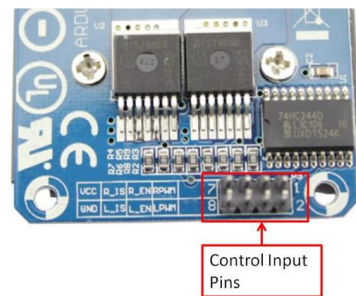
Tabel 1 Fungsi PIN pada IC BTS7960

PIN	Simbol	I/O	Fungsi
1	GND	-	Ground
2	IN	I	Input (menentukan saklar sisi tinggi dan sisi rendah yang aktif)
3	INH	I	Inhibit (ketika device diset rendah akan masuk ke mode sleep)
4,8	OUT	O	Output dari saluran IC
5	SR	I	Slew rate
6	IS	O	Current sense and diagnosis
7	VS	I	Supply 24V



Gambar 5 Schematic driver BTS7960

Penjelasan dari jalur driver BTS7960 adalah tegangan baterai 24V masuk ke PIN VS, untuk sinyal PWM masuk ke IC SN74HC244D yang kemudian masuk ke PIN IN, sedangkan PIN INH untuk mengfungsikan switching BTS7960, jadi ketika PIN INH diberi tegangan atau sinyal maka PIN IN berfungsi, kemudian BTS7960 dari sumber 24V disalurkan ke PIN out untuk menuju ke motor. Driver BTS7960 ini menggunakan IC BTS7960 2 biji dengan sistem H-bridge sehingga terdapat sinyal pin PWM L dan R untuk mengatur maju dan mundur motor. Pin IS adalah pin untuk memberi sinyal proteksi kepada IC BTS7960 ketika ada arus berlebih maupun terdapat shortcircuit, Pada pin GND dan SR untuk grounding dari IC dan motor[13].



Gambar 6 Pin input pada driver bts7960

Tabel 2 Keterangan pin input driver BTS7960

PIN	FUNGSI	KETERANGAN
1	RPWM	Sinyal PWM untuk maju, aktif ketika logika 1
2	LPWM	Sinyal PWM untuk mundur, aktif ketika logika 1
3	R_EN	Untuk mengaktifkan pin RPWM

PIN	FUNGSI	KETERANGAN
4	L_EN	Untuk mengaktifkan pin LPWM
5	R_IS	Pin proteksi arus untuk RPWM
6	L_IS	Pin proteksi arus untuk LPWM
7	VCC	Tegangan power supply untuk IC SN74HC244D
8	GND	Grounding dari IC SN74HC244D

F. Throttle Speed Sensor

Komponen ini merupakan alat elektronik berupa variable resistor, Resistor ini bisa disebut juga dengan tahanan tegangan, merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk memberikan hambatan tegangan listrik[14]. Throttle ini nantinya digunakan sebagai inputan dari micro controller yang berfungsi untuk memberikan sinyal PWM yang akan dikirimkan ke micro controller sebagai pengatur kecepatan motor dc. PWM ini diukur dengan cara berapa derajat dari pedal dan juga nantinya mengukur berapa nilai Adc dari posisi pedal sebagai acuan PWM nantinya.

Setelah menemukan tegangan output dari pedal, selanjutnya akan menentukan nilai ADC pada arduino nano. Dengan menggunakan perhitungan manual. Berikut adalah rumus untuk menentukan ADC.

$$\text{Tegangan Adc} = \frac{\text{Tegangan output}}{5} \times 1023$$

Keterangan :

1. Tegangan Adc adalah nilai yang digunakan untuk menentukan nilai PWM, nilai Adc ini merupakan nilai yang ada pada arduino.
2. Tegangan output adalah tegangan yang telah diukur menggunakan avometer (voltage) pada pedal kecepatan.
3. 5(volt) pada rumus adalah tegangan tertinggi referensi arduino nano
4. 1023 pada rumus adalah nilai maksimum Adc pada arduino nano.



Gambar 7 Pedal Kecepatan

Ketika Nilai Adc dan nilai PWM diketahui, dilakukan perhitungan untuk merubah dari nilai PWM menjadi persentase, Dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$$\text{PWM\%} = \frac{\text{PWM}}{255} \times 100\%$$

Keterangan:

- PWM = Nilai PWM yang didapat dari pengukuran Pedal Kecepatan
- 255 = Nilai maksimal dari PWM

G. Monitor atau LCD

Layar LCD 20x4 merupakan LCD yang tidak rumit dan merupakan modul yang kuat. Modul LCD Ini digunakan untuk banyak perangkat, sistem maupun sirkuit. LCD 20x4 lebih

disukai daripada yang lain seperti LED multi-segmen[15]. LCD 20x4 menampilkan 20 karakter per baris dan 4 karakter per kolom. Modul ini bekerja pada operasi 5V tegangan dan memiliki papan tunggal 16-pin yang terintegrasi sirkuit. Namun, untuk mengurangi koneksi dari LCD ke MCU, I2C (Inter-integrated Circuit) dihubungkan ke LCD untuk mengurangi 16 pin menjadi 4 pin yang disederhanakan, yang akan dihubungkan sebagai mengikuti ke NodeMCU:

- Gnd – Tanah
- Vcc – Supply 5V,
- SDA (Kirim Data) – Digital GPIO D2
- SCL (Kirim Jam) – Digital GPIO D1

Monitor digunakan untuk menampilkan kecepatan dari motor dc, monitor ini menampilkan tulisan visual berupa angka RPM kecepatan dari motor DC ketika berputar dan monitor ini digunakan untuk mengetahui kestabilan putaran motor dc ketika sudah diatur menggunakan PWM.



Gambar 8 LCD 20x4

H. Baterai

Baterai adalah komponen yang sangat menguntungkan untuk saat ini, karena baterai salah satunya sumber listrik yang bisa dibawa kemana-mana atau bisa disebut portable. Sehingga cocok digunakan pada penelitian pada gokart ini[16]. Baterai ini digunakan sebagai alat penyimpanan listrik yang akan mensupply listrik untuk menggerakkan motor DC nantinya, Baterai ini keluaran listriknya sudah berupa arus DC atau searah yang sudah sesuai dengan kebutuhan dari motor DC dan driver. Pada penelitian ini baterai yang digunakan yakni dengan tegangan 12V dimana untuk kebutuhan motor 24V maka baterai yang digunakan sebanyak 2 biji yang dipasang secara seri agar tegangan yang dibutuhkan bisa tercapai.



Gambar 9 Baterai 12V 12Ah

I. Modul Stepdown DC to DC

Modul step down DC to DC adalah modul konverter penurun tegangan yang mengkonversikan tegangan DC ke DC [17]. Modul ini digunakan untuk menurunkan tegangan dari tegangan baterai 24V menjadi 5V dimana tegangan 5V digunakan untuk supply arduino nano, sensor IR, Supply pedal kecepatan, dan supply LCD.



Gambar 10 Modul Stepdown DC to DC

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Pengambilan Data

Penelitian ini dilakukan di dua tempat yaitu Laboratorium Konversi Energi Elektrik Teknik Elektro untuk perakitan alat yang dibuat dan di daerah belakang Gedung elektro kampus II ITN Malang untuk pengambilan data nya. Untuk waktunya selama semester 8 pada bulan Februari sampai bulan Juni.

B. Alat dan bahan

Untuk alat dan bahan yang diperlukan dalam perakitan alat pada penelitian ini terdiri dari beberapa komponen yaitu:

Tabel 3 Alat dan jumlah yang digunakan

Nama Perangkat	Jenis	Jumlah
Motor DC MY1016	Brushed	1
Driver Motor DC	BTS7960	1
Baterai	12V 12A	2
Arduino	Nano	1
Potensio/Pedal Gas	Variable resistor	1
Monitor	LCD 20x4	1
Sensor putaran RPM	Infrared	1
Modul Stepdown	DC to DC1	1

C. Perancangan Penelitian

Perancangan sistem PWM (Pulse Wide Modulation) untuk motor DC melibatkan dua komponen utama: perancangan perangkat lunak dan perancangan perangkat keras. Perancangan perangkat lunak mencakup pengembangan algoritma dan sistem kontrol untuk mengatur kecepatan dan torsi motor, sedangkan desain perangkat keras melibatkan pemilihan dan integrasi komponen seperti motor, driver, dan mikrokontroler.

Sistem PWM digunakan untuk mengontrol kecepatan

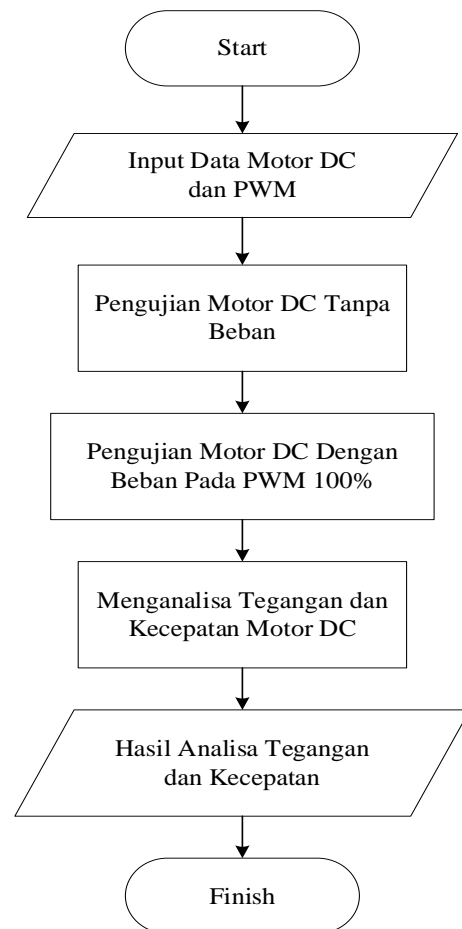
motor dengan memvariasikan lebar pulsa yang dikirimkan ke driver motor. Lebar pulsa ditentukan oleh nilai setpoint, yaitu kecepatan motor yang diinginkan. Sinyal PWM dihasilkan oleh mikrokontroler berdasarkan nilai setpoint dan kecepatan arus motor yang diukur melalui sensor.

D. Spesifikasi Sistem

Spesifikasi sistem yang dibuat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Dapat menstabilkan putaran motor dc ketika diberi tegangan agar tidak terjadi lonjakan putaran berlebih. Dengan adanya stabilan nantinya kendaraan listrik tersebut bisa berjalan dengan lebih mulus.
- Sistem PWM ini berfungsi untuk mengatur kecepatan dari motor DC sesuai keinginan dari pengemudi.

E. Flowchart Sistem



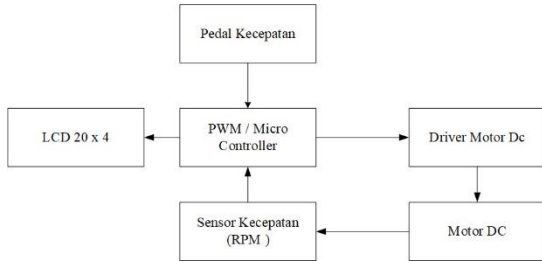
Gambar 11 Flowchart Sistem

Untuk penjelasan algoritma flowchart sistem pada gambar 3.1 adalah sebagai berikut:

- Mulai penelitian,
- Menentukan input data motor dc untuk membangkitkan nilai PWM,
- Melakukan pengujian motor dc tanpa beban PWM terhadap tegangan dan RPM motor dc.

4. Melakukan pengujian motor dc dengan beban pada kondisi nilai PWM 100%.
5. Menganalisa tegangan dan Kecepatan Motor dc,
6. Hasil analisa nilai tegangan dan kecepatan dari output motor dc
7. Selesai.

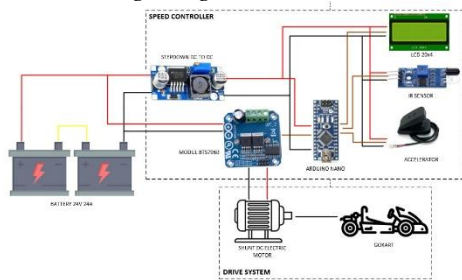
F. Blok Diagram Alat



Gambar 12 Blok diagram alat

Pada penelitian menggunakan sistem PWM ini menggunakan beberapa komponen yakni yang pertama pedal kecepatan, pada pedal gas ini yang akan memberikan sinyal kepada micro controller yang telah diberi program PWM sebelumnya, pedal kecepatan yang digunakan ini bersistem variable dengan tegangan yang diberikan 0-5V, jadi ketika pedal kecepatan ditekan micro controller akan mengolah sinyal tersebut yang nantinya akan mengontrol driver motor DC. Micro controller diprogram untuk diisi sistem PWM dan akan diberi setpoint sebagai kecepatan yang diinginkan. Setpoint ini digunakan sebagai referensi untuk mengatur kecepatan motor dc. Setelah micro controller memprogram sinyal pedal kecepatan akan dilanjutkan untuk memberikan sinyal kepada driver yang berfungsi sebagai pengatur tegangan dari baterai ke motor DC, driver mengontrol tegangan motor dc dari baterai karena tegangan yang digunakan berupa tegangan 24V, setelah driver memberikan tegangan ke motor dc, motor dc akan berputar sesuai perintah dan program setpoint yang telah diatur pada micro controller, dan motor dc diamati berapa rpm putarannya dengan menggunakan sensor dan ditampilkan pada monitor.

G. Blok Wiring Diagram Sistem



Gambar 13 Blok wiring diagram sistem

Penjelasan dari wiring diagram diatas adalah sistem PWM voltage controller yang menggunakan komponen utama yakni modul driver BTS7960, kemudian untuk mengatur PWMnya menggunakan arduino nano dengan inputan berupa throttle speed. Untuk mengetahui perubahan kecepatan, diperlukan LCD 20x4 yang sudah disetting untuk mengetahui nilai PWM dan RPM pada as roda. Beberapa komponen membutuhkan daya 5V sedangkan supply baterai sebesar 24V oleh sebab itu untuk

mensupply komponen yang membutuhkan tegangan 5V diperlukan modul stepdown DC to DC dari 24V turun menjadi 5V.

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Pengukuran tegangan output pada throttle speed

Untuk kebutuhan penelitian sebelum pengukuran RPM, dilakukan pengukuran pedal kecepatan, menggunakan sudut dari pedal dan berapa nilai PWMnya dan juga tegangan dari keluaran pedal.

Pengukuran ini menggunakan alat dan bahan, sebagai berikut :

1. Pedal kecepatan
2. Arduino Nano
3. Power supply tegangan 5V
4. LCD
5. Avometer digital
6. Busur derajat



Gambar 14 Pengukuran Derajat pedal



Gambar 15 Pengukuran Derajat Pedal

Tabel 4 Pengukuran pedal kecepatan

Posisi Pedal (derajat)	Tegangan (Volt)	Nilai PWM	Persen (%)
25 derajat	0,86 V	0	0
20 derajat	1,62 V	86	33
15 derajat	2,15 V	135	52

Posisi Pedal (derajat)	Tegangan (Volt)	Nilai PWM	Persen (%)
10 derajat	2,53 V	195	76
5 derajat	3,12 V	239	93
0 derajat	3,92 V	255	100

Dari tabel diatas didapatkan nilai tegangan ketika posisi pedal berada pada 25 derajat, yakni posisi dimana pedal tidak ditekan atau posisi nol, pada posisi ini tegangan yang keluar dari pedal sebesar 0,86 V dan posisi pedal ditekan penuh atau 0 derajat, tegangan yang keluar dari pedal sebesar 3,92 V. Setelah pengukuran tegangan output dari throttle kemudian melihat berapa nilai PWM yang keluar, bisa dilihat pada monitor LCD, didapat yakni dari 25 derajat – 0 derajat didapat nilai dari terkecil yaitu 0, 86, 135, 195, 239, 255. Setelah mendapat nilai PWM dilakukan perhitungan untuk diubah menjadi persentase menggunakan rumus pada Bab 2.6.

1. Nilai PWM 0

$$PWM \% = \frac{0}{255} 100\% = 0 \%$$

2. Nilai PWM 86

$$PWM \% = \frac{86}{255} 100\% = 33 \%$$

3. Nilai PWM 135

$$PWM \% = \frac{135}{255} 100\% = 52 \%$$

4. Nilai PWM 195

$$PWM \% = \frac{195}{255} 100\% = 76 \%$$

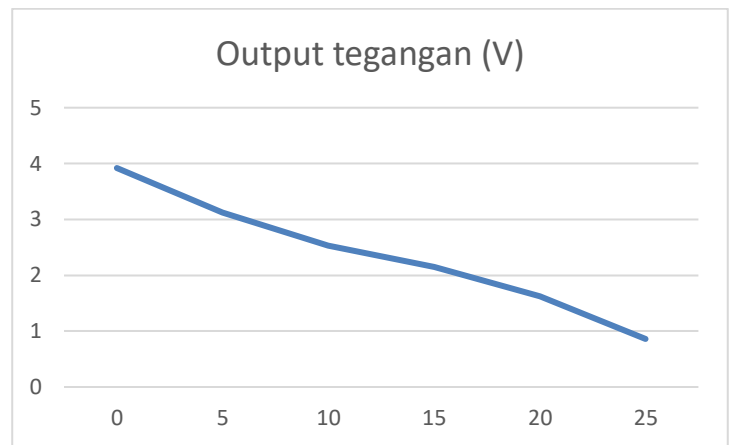
5. Nilai PWM 239

$$PWM \% = \frac{239}{255} 100\% = 93 \%$$

6. Nilai PWM 255

$$PWM \% = \frac{255}{255} 100\% = 100 \%$$

Grafik yang ditampilkan dari hasil pengukuran tegangan output dari throttle speed yakni sebagai berikut :



Gambar 16 Grafik tegangan dari pedal

Dari grafik didapat output tegangan dari pedal kecepatan berdasarkan sudut pedal yakni linier, dari posisi pedal ditekan penuh sampai dengan posisi nol yaitu tegangannya menurun dari 3,92V secara bertahap sampai sekitar 0,86V.

Setelah menemukan tegangan output dari pedal, selanjutnya akan menentukan nilai ADC pada arduino nano. Dengan menggunakan perhitungan manual dalam rumus.

1. Nilai Adc pada 25 Derajat

$$Tegangan\ Adc\ 25^\circ = \frac{0,86}{5} \times 1023 = 173,91$$

2. Nilai Adc pada 20 Derajat

$$Tegangan\ Adc\ 20^\circ = \frac{1,62}{5} \times 1023 = 331,45$$

3. Nilai Adc pada 15 Derajat

$$Tegangan\ Adc\ 15^\circ = \frac{2,15}{5} \times 1023 = 439,89$$

4. Nilai Adc pada 10 Derajat

$$Tegangan\ Adc\ 10^\circ = \frac{2,53}{5} \times 1023 = 517,64$$

5. Nilai Adc pada 5 Derajat

$$Tegangan\ Adc\ 5^\circ = \frac{3,12}{5} \times 1023 = 638,35$$

6. Nilai Adc pada 0 Derajat

$$Tegangan\ Adc\ 0^\circ = \frac{3,92}{5} \times 1023 = 802,03$$

Setelah perhitungan manual dilakukan mengukur langsung dengan menggunakan arduino nano dan ditampilkan pada serial monitor. Berikut tabel dari pengukuran Adc secara langsung.

Tabel 5 Pengukuran Adc

Voltage	PWM %	ADC
0,86	0	186
1,62	33	396
2,15	52	477
2,53	76	579
3,12	93	652
3,92	100	838

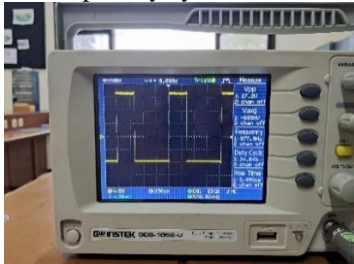
Dari pengukuran langsung dengan manual terdapat perbandingan yang tidak begitu jauh, perbedaan angka sekitar 20-30 dari angka hasil perhitungan manual, hal ini disebabkan karena sensor pada pedal mengalami sedikit perubahan tegangan atau mengalami naik turun tegangan sekitar 0,10 V.

4.4 Analisa PWM dengan menggunakan Osiloskop

Analisa ini diperlukan untuk melihat bagaimana gelombang dari PWM dan juga berapa persen untuk duty cycle nya. Analisa ini menggunakan data derajat pedal atau nilai PWM.

1. Ketika PWM 33%

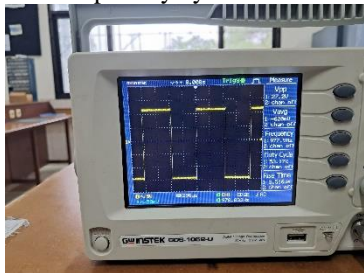
Pada pedal 33% nilai pwmnya yaitu 86.



Gambar 17 Osiloskop PWM 33%

2. Ketika 52%

Pada pedal 52% nilai pwmnya yaitu 135



Gambar 18 Osiloskop PWM 52%

3. Ketika 76%

Pada pedal 76% nilai pwmnya yaitu 195



Gambar 19 Osiloskop PWM 76%

4. Ketika 93%

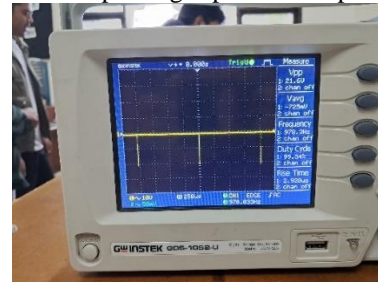
Pada pedal 93% nilai pwmnya yaitu 239



Gambar 20 Osiloskop PWM 93%

5. ketika 100%

pada pedal 100% atau posisi gas penuh nilai pwmnya yaitu 255



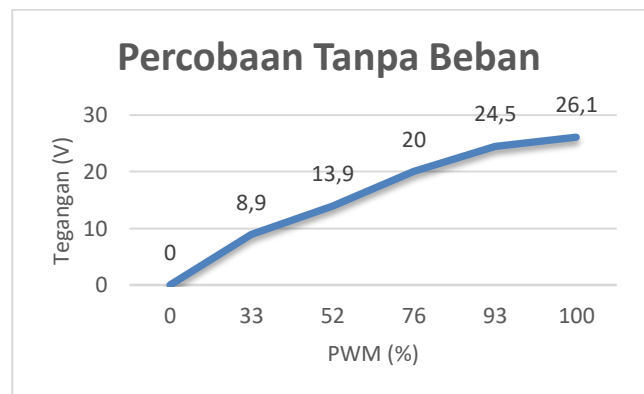
Gambar 21 Osiloskop PWM 100%

4.5 Pengukuran Gokart Tanpa Beban

Pengukuran output tegangan dan arus dari driver yang menuju Motor DC.

Tabel 6 Pengukuran gokart tanpa beban

Nilai PWM (%)	Tegangan (V)	Arus (A)
0	0	0
33	8,9	3,2
52	13,9	3,3
76	20	3,5
93	24,5	3,6
100	26,1	3,6



Gambar 22 Grafik Tegangan Percobaan Tanpa Beban

Dari grafik didapat data tegangan meningkat ketika nilai PWM dibangkitkan, dari nilai PWM 33% dengan tegangan 8,9 V sampai nilai maksimal dari PWM 100% didapat tegangan maksimal 26,1 V.

4.6 Pengukuran Kecepatan Motor tanpa Beban

Dilakukan pengukuran RPM pada gir as roda gokart ketika tanpa beban atau ketika mobil diangkat. Ketika nilai RPM sudah diketahui maka dilakukan pengukuran Km/jam diambil dari rumus pada Bab 2.2.

$$V(m.s^{-1}) = r \times \frac{2\pi}{60} \times N(Rpm)$$

$$V(km.h^{-1}) = \frac{3600}{1000} \times (Vm.s)$$

Keterangan :

1. V(m.s) = Meter per second
2. V(km.h) = kilometer per hour
3. 60 = merubah dari menit menjadi detik pada rpm
4. 3600 = nilai dari detik dirubah ke jam
5. 1000 = nilai dari meter dirubah ke kilometer

Perhitungan Manual dari RPM dirubah ke Kilometer per jam

Keterangan :

1. Diameter roda = 25 cm
2. Jari-jari roda = 12,5 cm = 0,125 m
3. N = RPM dari putaran roda

1. Kecepatan Pada Nilai PWM 33%

$$V(m.s^{-1}) = 0,125 \times \frac{2 \times 3,14}{60} \times 181$$

$$= 2,3 \text{ m/s}$$

$$V(km.h^{-1}) = \frac{3600}{1000} \times 2,3 \text{ m/s}$$

$$= 8,28 \text{ km/h}$$

2. Kecepatan Pada Nilai PWM 52%

$$V(m.s^{-1}) = 0,125 \times \frac{2 \times 3,14}{60} \times 281$$

$$= 3,6 \text{ m/s}$$

$$V(km.h^{-1}) = \frac{3600}{1000} \times 3,6 \text{ m/s}$$

$$= 12,9 \text{ km/h}$$

3. Kecepatan Pada Nilai PWM 76%

$$V(m.s^{-1}) = 0,125 \times \frac{2 \times 3,14}{60} \times 424$$

$$= 5,5 \text{ m/s}$$

$$V(km.h^{-1}) = \frac{3600}{1000} \times 5,5 \text{ m/s}$$

$$= 19,8 \text{ km/h}$$

4. Kecepatan Pada Nilai PWM 93%

$$V(m.s^{-1}) = 0,125 \times \frac{2 \times 3,14}{60} \times 519$$

$$= 7,6 \text{ m/s}$$

$$V(km.h^{-1}) = \frac{3600}{1000} \times 7,6 \text{ m/s}$$

$$= 24,12 \text{ km/h}$$

5. Kecepatan Pada Nilai PWM 100%

$$V(m.s^{-1}) = 0,125 \times \frac{2 \times 3,14}{60} \times 563$$

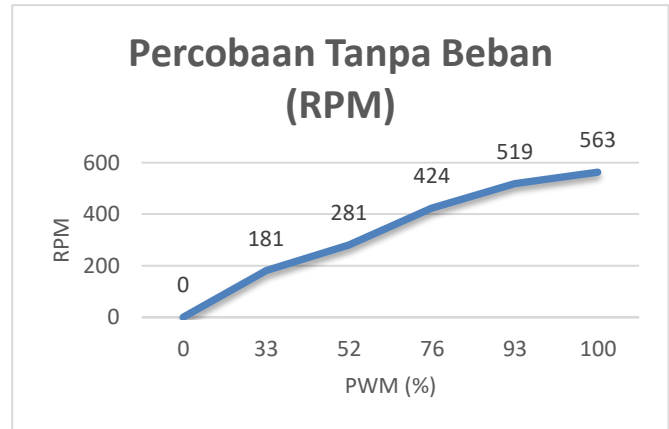
$$= 7,3 \text{ m/s}$$

$$V(km.h^{-1}) = \frac{3600}{1000} \times 7,3 \text{ m/s}$$

$$= 26,2 \text{ km/h}$$

Tabel 7 Hasil Perhitungan Km/jam

Nilai PWM %	RPM	Km/jam
0	0	0
33	181	8,2
52	281	12,9
76	424	19,8
93	519	24,12
100	563	26,2



Gambar 23 Grafik RPM Percobaan Tanpa Beban

Dari data tabel dan grafik diatas didapat RPM dan kecepatan maksimal dari perhitungan manual yaitu 563 RPM dengan kecepatan roda 26,2 kilometer per jam.

4.8 Pengukuran Kecepatan Motor dengan Beban

Pengukuran kecepatan dengan beban dilakukan menggunakan 3 orang dengan bobot berbeda dan tempat yang berbeda. Percobaan ini dilakukan dengan cara gokart dijalankan dari kondisi nol atau diam, kemudian pedal ditekan penuh sampai nilai PWM pada 100% untuk mengetahui kecepatan maksimal.

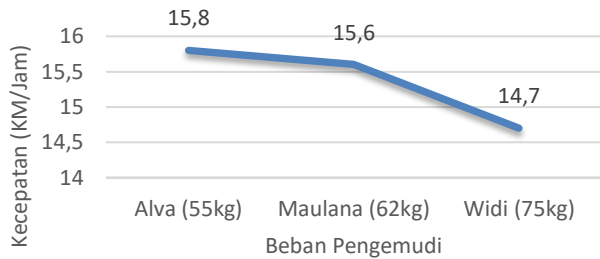
Pada percobaan pertama dilakukan dengan jarak kurang lebih 50m. Setelah itu diamati berapa kecepatan, arus, dan tegangan maksimal yang masuk ke motor dc. Pada percobaan pertama dan kedua menggunakan voltmeter digital dan tang amper meter.

Berikut tabel percobaan pertama, Jalan beraspal sedikit menurun

Tabel 8 Percobaan pertama dengan beban

Beban Pengemudi	Tegangan maks (V)	Arus maks(A)	Kecepatan maks (Km/j)
Alva (55kg)	20,5	25,3	15,8
Maulana (62kg)	21,5	24,5	15,6
Widi (75kg)	24,6	23,8	14,7

Percobaan Pertama dengan Beban



Gambar 24 Grafik Kecepatan dari percobaan pertama berbeban

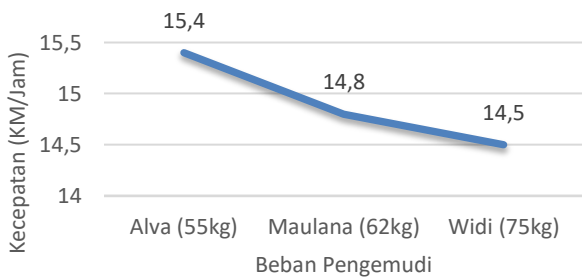
Dari tabel dan grafik didapat ketika beban lebih berat kecepatan akan menurun, akan tetapi untuk tegangan semakin berat bebannya semakin naik tegangannya, untuk arus kebalikan dari tegangan yakni menurun seiring meningkatnya beban.

Berikut tabel dari percobaan kedua, dilakukan pada lantai keramik yang datar.

Tabel 9 Percobaan kedua dengan beban

Beban Pengemudi	Tegangan maks (V)	Arus maks(A)	Kecepatan maks (Km/j)
Alva (55kg)	21,1	24,6	15,4
Maulana (62kg)	21,3	25,4	14,8
Widi (75kg)	20,5	25,4	14,5

Percobaan Kedua dengan Beban



Gambar 25 Grafik kecepatan dari percobaan kedua berbeban

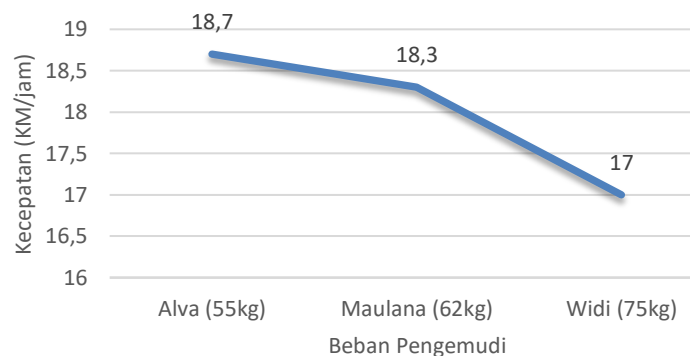
Dari tabel dan grafik percobaan kedua tegangan kurang stabil sehingga nilai tegangannya naik turun tidak mengikuti berat beban, untuk arus sedikit stabil sekitar 25,4 A, Sedangkan untuk kecepatan menyesuaikan beban ketika beban lebih berat kecepatan juga menurun. Pada percobaan kedua ini dilakukan setelah percobaan pertama sehingga kondisi baterai tidak dalam kondisi maksimal, hal ini yang menjadikan tegangan dan arus tidak begitu bagus hasil keluarannya.

Berikut tabel dari percobaan ketiga, dilakukan di jalan beraspal dan jarak sekitar 80 meter dan sedikit menurun. Pada percobaan ini pengukurannya menggunakan avometer untuk tegangan dan tang ampere meter untuk arus.

Tabel 10 Percobaan ketiga dengan beban

Beban Pengemudi	Tegangan maks(V)	Arus maks(A)	Kecepatan maks (Km/j)
Alva (55kg)	18,8	23	18,7
Maulana (62kg)	19,9	17	18,3
Widi (75kg)	20	24,8	17

Percobaan Ketiga dengan Beban



Gambar 26 Grafik kecepatan dari percobaan ketiga berbeban

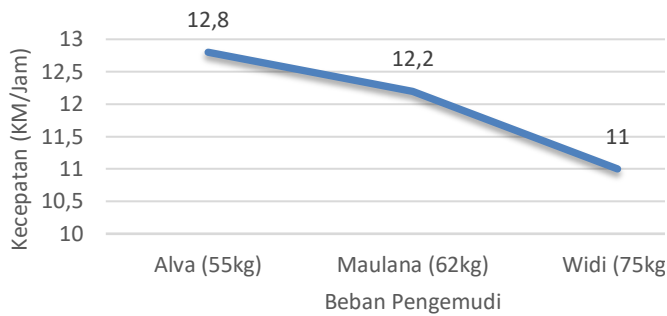
Dari tabel dan grafik diatas didapat tegangan yang cukup stabil antara 18-20V, akan tetapi untuk arus tidak begitu stabil mengikuti beban dari pengemudi, sedangkan kecepatan maksimal sesuai dengan beban dari beban ringan ke beban berat kecepatannya menurun.

Berikut tabel dari percobaan keempat, dilakukan pada jalan lantai keramik dan datar dengan jarak kurang lebih 30 m, alat ukur yang digunakan pada percobaan ini avometer dan tang ampere meter.

Tabel 11 Percobaan keempat dengan beban

Beban Pengemudi	Tegangan maks (V)	Arus maks (A)	Kecepatan maks (Km/j)
Alva (55kg)	17,8	22,4	12,8
Maulana (62kg)	17,,7	21,7	12,2
Widi (75kg)	17,1	23,5	11

Percobaan Keempat dengan Beban



Gambar 27 Grafik kecepatan dari percobaan keempat berbeban

Dari percobaan keempat didapat tegangan dari beban rendah ke beban yang lebih berat mengalami penurunan tegangan, Untuk arus maksimal setiap pengemudi berbeda beda, akan tetapi arus tertinggi terdapat pada beban pengemudi yang paling berat yaitu 75kg. Untuk kecepatan mengalami penurunan mengikuti beban pengemudi, dan rata-rata kecepatan di 12 km/jam di jarak 30 m.

Pada percobaan motor DC dengan Beban dari ke-empat percobaan motor dc mengalami overload dan kekurangan torsi sehingga pada saat start awal gokart mengalami penurunan performa dan pada saat jalan dikondisi maksimum kecepatan gokart mengalami drop dari pengukuran gokart tanpa beban. Pada pengukuran gokart tanpa beban kecepatan maksimal pada PWM 100% di 26,2 km/jam sedangkan pada pengukuran kecepatan gokart dengan beban rata-rata pada kecepatan 15 km/jam.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan, didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem PWM (Pulse Width Modulation) sebagai metode pengendalian kecepatan motor DC pada gokart listrik. Sistem ini memungkinkan kontrol yang lebih efisien terhadap kecepatan kendaraan dengan mengatur sinyal keluaran berdasarkan beban yang diterima.
2. Dari beberapa pengujian yang dilakukan, sistem menunjukkan tegangan yang stabil dalam rentang tertentu, Pada percobaan tanpa beban didapat tegangan 0; 8,9; 13,9; 20; 24,5; 26,1. Namun arus yang dihasilkan masih bervariasi sesuai dengan perubahan beban. Kondisi ini berdampak pada performa keseluruhan kendaraan.
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan motor DC berbanding terbalik dengan berat pengemudi. Semakin berat beban, semakin menurun kecepatan yang dapat dicapai, sehingga memengaruhi kinerja kendaraan dengan contoh dalam percobaan 4.8, Ketika beban pengemudi 55 kg mendapat kecepatan 15,8 km/jam dan Ketika beban pengemudi 75 kg mendapat kecepatan 14,7 km/jam.

Pada pengujian motor DC, motor mengalami overload dan kekurangan torsi sehingga pada saat start awal gokart mengalami penurunan performa dan kecepatan gokart mengalami drop dari pengukuran gokart tanpa beban.

B. Saran

Pada penelitian ini mendapati kekurangan pada sistem input PWM atau pedal kecepatan dimana sistem yang digunakan mengalami perubahan nilai Adc yang membuat data setpoint PWM menjadi berubah ubah, disarankan untuk diganti menggunakan input atau pedal yang lebih stabil dan torsi pada gokart ini kurang mencukupi untuk awal jalan, jadi disarankan untuk merubah rasio gear dari motor dc ke as roda.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Sudjoko, "Strategi Pemanfaatan Kendaraan Listrik Berkelanjutan Sebagai Solusi Untuk Mengurangi Emisi Karbon," vol. 2, no. 2, 2021.
- [2] L. Parinduri and T. Parinduri, "Kontribusi Konversi Mobil Konvensional Ke Mobil Listrik Dalam Penanggulangan Pemanasan Global," vol. 3, no. 2.
- [3] I. Utami, D. Yoegiantoro, and N. A. Sasongko, "IMPLEMENTASI KEBIJAKAN KENDARAAN LISTRIK INDONESIA UNTUK Mendukung KETAHANAN ENERGI NASIONAL".
- [4] A. Khairi, R. P. Dika, and J. N. Sharma, "Analisis Strategi Bersaing Perusahaan Mobil Listrik pada Industri Otomotif di Indonesia," vol. 7, 2023.
- [5] R. I. S. and H. Hartono, "Rancang Bangun Pulse Width Modulation (PWM) Sebagai Pengatur Kecepatan Motor DC Berbasis Mikrokontroler Arduino," *J. Penelit.*, vol. 3, no. 1, pp. 50–58, Mar. 2018, doi: 10.46491/jp.v3e1.31.50-58.
- [6] E. Siregar, B. Perangin-angin, and M. Sitepu, "APLIKASI PEMBANGKIT PWM UNTUK MENGENDALIKAN KIPAS PADA DESKTOP KOMPUTER BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 8535".
- [7] D. Akbar and S. Riyadi, "PENGATURAN KECEPATAN PADA MOTOR BRUSHLESS DC (BLDC) MENGGUNAKAN PWM (PULSE WIDTH MODULATION)," in *Seminar Nasional Kontrol, Instrumentasi dan Otomasi (SNIKO) 2018*, Pusat Teknologi Instrumentasi dan Otomasi ITB, 2019, pp. 255–262. doi: 10.5614/sniko.2018.30.
- [8] Ensiklopedia Dunia, "Revolusi per menit." Accessed: Aug. 06, 2024. [Online]. Available: https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Revolusi_per_minit
- [9] R. S. Sadjad and M. Tola, "SISTEM KENDALI KECEPATAN MOTOR DC BERBASIS PWM (Pulse Width Modulation)".
- [10] F. W. Azhari, "Sistem Pengendalian Motor DC Menggunakan Buck Converter Berbasis Mikrokontroler ATmega 328".
- [11] Y. R. Sujono, E. S. Budi, and I. Nugrahanto, "Modul Pengaturan Motor Pompa DC Metode PID pada Sistem Kontrol Ketinggian Air berbasis Arduino," vol. 10, 2023.
- [12] K. S. Salamah and D. L. Putra, "Rancang Bangun Kontrol Smart Parking Otomatis Berbasis Arduino," *J. Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 1, p. 34, Dec. 2019, doi: 10.22441/jte.v10i1.005.

- [13] "BTS7960 High Current 43A H-Bridge Motor Driver." Accessed: Jun. 25, 2024. [Online]. Available: <https://handsontec.com/>
- [14] T. Suhendra, A. Uperiati, D. A. Purnamasari, and A. H. Yuniarto, "Kendali Kecepatan Motor DC dengan Metode Pulse Width Modulation menggunakan N-channel Mosfet," vol. 07, no. 02, 2018.
- [15] R. Parab, M. Jain, S. Chaturvedi, S. Chandnani, and A. Chouhan, "IoT Based System to Measure Vehicle and Driver Parameters," *Int. Res. J. Adv. Sci. Hub*, vol. 3, no. Special Issue ICIES-2021 4S, pp. 6–11, Apr. 2021, doi: 10.47392/irjash.2021.102.
- [16] M. Nasution, "Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik," vol. 6.
- [17] R. Hamdani, I. H. Puspita, and B. D. R. Wildan, "PEMBUATAN SISTEM PENGAMANAN KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (RFID)," vol. 8, 2019.

VII. BIODATA PENULIS



Alva Krisna Setya Wardana,, lahir di Malang, 13 Desember 2001. alvasod24@gmail.com. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 lawang tahun 2020. Setelah itu pada tahun 2020 penulis melanjutkan Pendidikan Studi diperguruan tinggi swasta Institut Teknologi Nasional Malang program studi Teknik Elektro S-1 dengan konsentrasi Teknik Energi listrik. Akhir kata dari penulis mengucapkan terimakasih dan rasa syukur yang sebanyak-banyaknya atas selesainya penelitian ini dengan judul "PERANCANGAN PWM VOLTAGE CONTROLLER SEBAGAI PENGATUR KECEPATAN MOTOR DC SHUNT MOBIL LISTRIK"