

Perancangan dan Implementasi Kontroler Motor DC untuk Aplikasi Prototipe Mobil Listrik

M. Akbar Alamsyah¹, Paniran¹, I Made Budi Suksmadana¹

¹Jurusan Teknik Elektro – Universitas Mataram, Jl. Majapahit 62, Mataram, 83115, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received March, 10 2025

Revised August, 30 2025

Accepted August 31 2025

Keywords :

Kontroler Motor DC;
ATmega328P;
MOSFET IXFB100N50P;
PWM;
Kendaraan Listrik;

ABSTRACT

In an effort to develop a more efficient electric vehicle, this research focuses on the design and implementation of a DC motor controller for an electric vehicle prototype to improve vehicle control. The designed controller system uses the ATmega328P IC as the main microcontroller and the IXFB100N50P MOSFET as the power switch to regulate motor speed using the Pulse Width Modulation (PWM) method, enabling more precise power control. Testing was conducted on a 48V 1000W DC motor to evaluate the controller's performance in response to throttle and load variations. The test results show that an increase in throttle from 0% to 100% is directly proportional to the increase in PWM duty cycle, leading to a rise in the MOSFET gate voltage from 0V to 10.61V and the motor voltage from 0V to 48V. Additionally, the developed controller system provides a fast and stable response to throttle input changes. Thus, the designed controller has proven capable of effectively controlling DC motor speed and can be applied to prototype electric vehicles, contributing to the advancement of more optimized electric vehicle technology.

Dalam upaya mengembangkan kendaraan listrik yang lebih efisien, penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi kontroler motor DC untuk prototipe mobil listrik guna meningkatkan pengendalian kendaraan listrik yang lebih baik. Sistem kontroler yang dirancang menggunakan IC ATmega328P sebagai mikrokontroler utama dan MOSFET IXFB100N50P sebagai saklar daya untuk mengatur kecepatan motor dengan metode *Pulse Width Modulation* (PWM), memungkinkan pengendalian daya yang lebih presisi. Pengujian dilakukan pada motor DC 48V 1000W untuk mengevaluasi kinerja kontroler terhadap perubahan *throttle* dan beban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan *throttle* dari 0% hingga 100% berbanding lurus dengan peningkatan *duty cycle* PWM, yang mengakibatkan kenaikan tegangan gate MOSFET dari 0V ke 10,61V serta tegangan motor dari 0V ke 48V. Selain itu, sistem kontroler yang dikembangkan memberikan respon cepat dan stabil terhadap perubahan *input throttle*. Dengan demikian, kontroler yang dirancang terbukti mampu mengendalikan kecepatan motor DC dengan baik dan dapat diterapkan pada kendaraan listrik prototipe, memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi mobil listrik yang lebih baik.

Corresponding Author:

M. Akbar Alamsyah, Jurusan Teknik Elektro – Universitas Mataram, Jl. Majapahit 62, Mataram, 83115, Indonesia
Email: abrva1202@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Mobil listrik semakin berkembang sebagai solusi ramah lingkungan, didukung oleh inovasi teknologi baterai dan motor listrik serta kebijakan insentif pemerintah. Salah satu komponen penting dalam kendaraan listrik adalah sistem penggerakannya, di mana motor DC sering digunakan karena kesederhanaannya dan kemudahan kontrol. Kontroler motor DC berperan dalam mengatur kecepatan, torsi, dan arah putaran motor dengan respons yang cepat dan stabil terhadap perubahan beban. Dalam perancangan kontroler, penggunaan mikrokontroler ATmega328P untuk pemrosesan sinyal serta MOSFET IXFB100N50P untuk pengaturan daya memungkinkan pengendalian motor yang lebih baik melalui teknik PWM.

Motor DC atau motor DC sikat dengan magnet permanen adalah jenis motor yang menggunakan magnet permanen pada statornya untuk menciptakan medan magnet. Stator terdiri dari magnet permanen yang terpasang pada cangkang motor, sedangkan bagian yang berputar (rotor) adalah satu-satunya komponen listrik dalam motor ini. Karena magnet permanen lebih tipis dibandingkan dengan kumparan medan, motor ini memiliki diameter yang lebih kecil [13].

ATmega328P digunakan karena andal dalam hal pemrosesan sinyal, dimana ATmega328P adalah mikrokontroler 8-bit yang dikembangkan oleh Atmel dan banyak digunakan dalam proyek sistem embedded serta mikrokontroler. Mikrokontroler ini termasuk dalam keluarga AVR dan dikenal karena kinerjanya yang tinggi serta konsumsi daya yang rendah. ATmega328P menggunakan arsitektur RISC (Reduced Instruction Set Computing) yang canggih dengan 131 instruksi efisien, banyak di antaranya dieksekusi dalam satu siklus jam, memungkinkan kecepatan hingga 20 juta instruksi per detik pada 20 MHz [2].

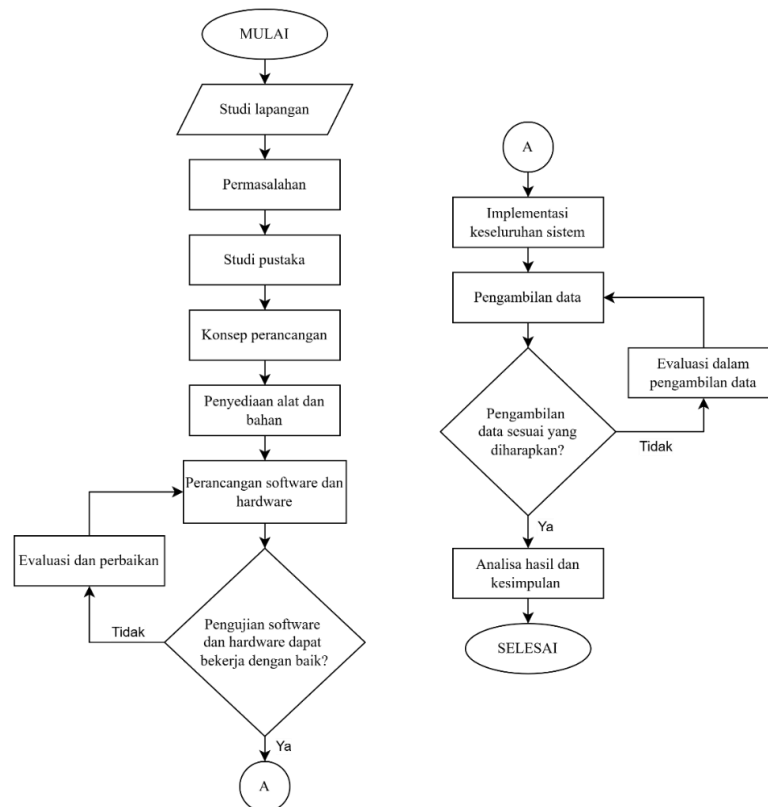
Modulasi Lebar Pulsa (*Pulse Width Modulation* atau PWM) merupakan metode untuk mengatur lebar pulsa sinyal dalam periode waktu tertentu guna menghasilkan tegangan rata-rata yang diinginkan. Teknik ini mengatur durasi sinyal "on" atau "off" selama setiap siklus, sehingga memungkinkan kontrol daya yang diberikan ke perangkat. Sinyal PWM biasanya memiliki amplitudo dan frekuensi tetap, tetapi lebar pulsanya dapat disesuaikan. Saat lebar pulsa berubah dari 0% hingga 100%, tegangan *output* juga berubah. Kemampuan PWM untuk mengubah lebar pulsa sambil menjaga frekuensi konstan membuatnya efisien dan serbaguna dalam mengontrol daya perangkat elektronik [9].

MOSFET IXFB100N50P adalah jenis N-channel MOSFET yang dirancang untuk aplikasi daya tinggi. MOSFET ini memiliki tegangan *drain-source* maksimum (V_{DSS}) sebesar 500 V dan mampu menangani arus drain maksimum (I_D) hingga 100 A pada suhu 25°C. Dengan resistansi *drain-source* saat ON yang rendah, MOSFET ini menawarkan efisiensi tinggi dengan kehilangan daya yang minimal. Kemampuan *switching* yang cepat menjadikannya ideal untuk aplikasi seperti konverter daya, regulator tegangan, penggerak motor, dan sirkuit daya lainnya yang membutuhkan pengendalian arus besar dan tegangan tinggi secara handal [7].

2. METODE

2.1. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode perancangan dan eksperimen bertahap, meliputi perancangan *hardware* seperti rangkaian *step-down*, kontroler, sensor arus, dan power MOSFET, serta pemrograman *software* untuk sistem. Tahapan penelitian mencakup identifikasi masalah, studi literatur, perancangan, pengujian, serta analisis dan pengambilan data. Flowchart penelitian dapat dilihat dalam Gambar 3.1 berikut.



Gambar 1. Flowchart penelitian

2.2. Alat dan Bahan

Adapun alat penelitian yang digunakan selama penelitian ini berlangsung dapat dilihat pada Tabel 1. dan bahan penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

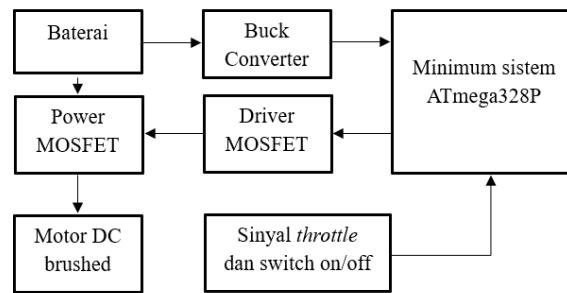
Tabel 1. Alat penelitian

NO	Alat Penelitian	Jumlah	Keterangan
1	PC atau Laptop	1	Digunakan untuk mengoperasikan berbagai <i>software</i> pendukung penelitian
2	<i>Multimeter</i>	1	Alat ini digunakan untuk mengukur tegangan dan resistansi
3	PZEM 015	1	Alat ini digunakan untuk mengukur konsumsi energi, tegangan dan arus yang dibutuhkan kontroler pada mobil listrik
4	<i>Software Excel</i>	1	Digunakan untuk merekapitulasi data pada mobil listrik
5	<i>Software Word</i>	1	Digunakan untuk mengerjakan laporan akhir.
6	<i>Software Arduino IDE</i>	1	Merupakan aplikasi yang digunakan untuk memprogram kontroler ATmega328P.
7	<i>Speedometer</i>	1	Alat ini digunakan untuk mengukur kecepatan dan jarak tempuh mobil listrik
8	<i>Handphone</i>	1	Digunakan untuk mendokumentasikan kegiatan selama penelitian berlangsung.

Tabel 2. Bahan penelitian

NO	Bahan Penelitian	Jumlah	Keterangan
1	Baterai 48VDC 20AH	1	Digunakan sebagai catu daya utama
2	Motor DC Magnet Permanen MY1020	1	Digunakan sebagai penggerak mobil listrik dengan spesifikasi sebagai berikut : - Spesifikasi 48VDC 1000W - Arus = 26,7A - Torsi = 3,2N/m - Transmisi <i>chain sprocket</i>
3	Mobil <i>prototype Shell Eco Marathon</i> Tim Mandalika Desantara	1	Berat kendaraan = 70,5Kg

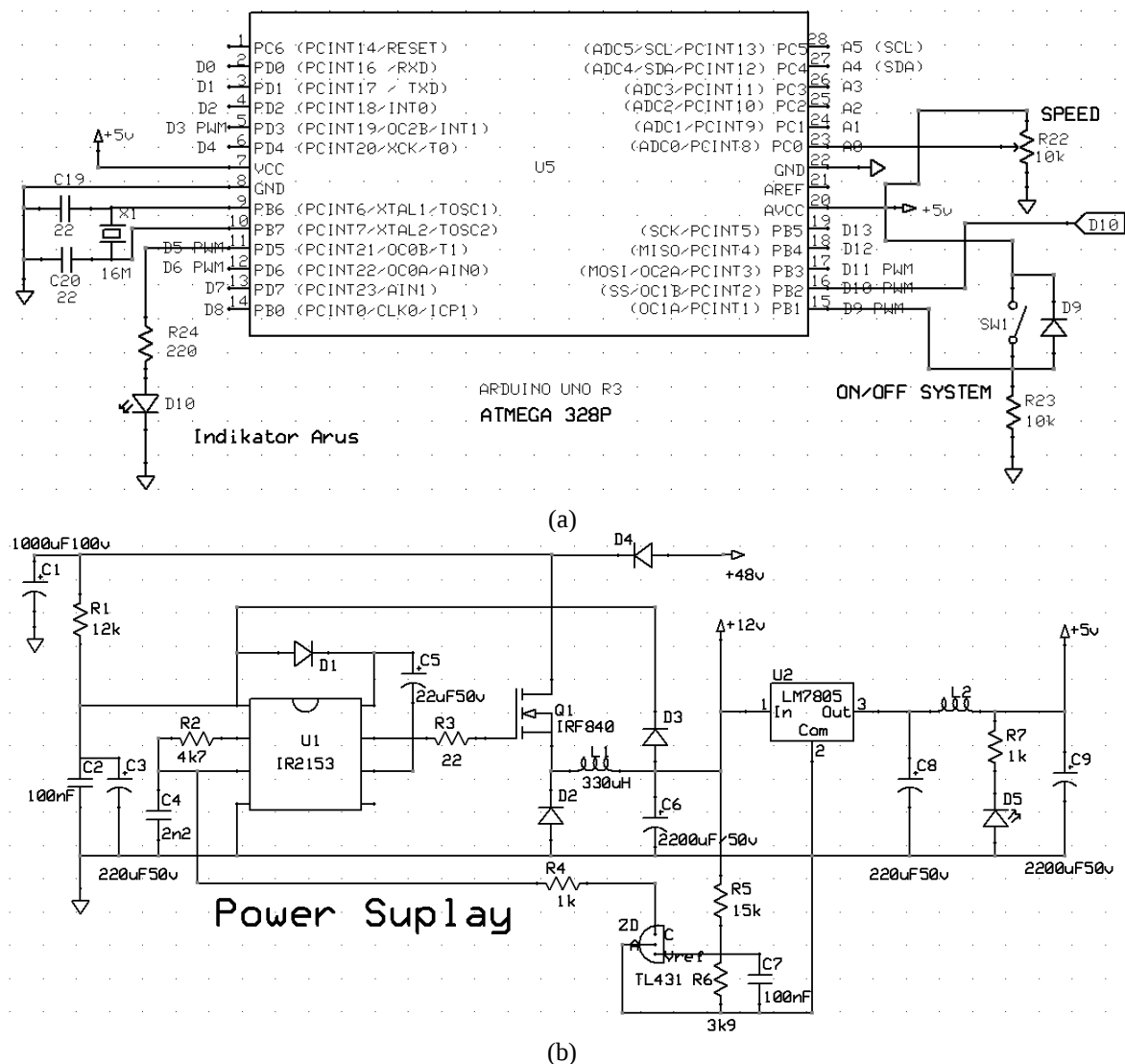
2.3. Blok Diagram Sistem

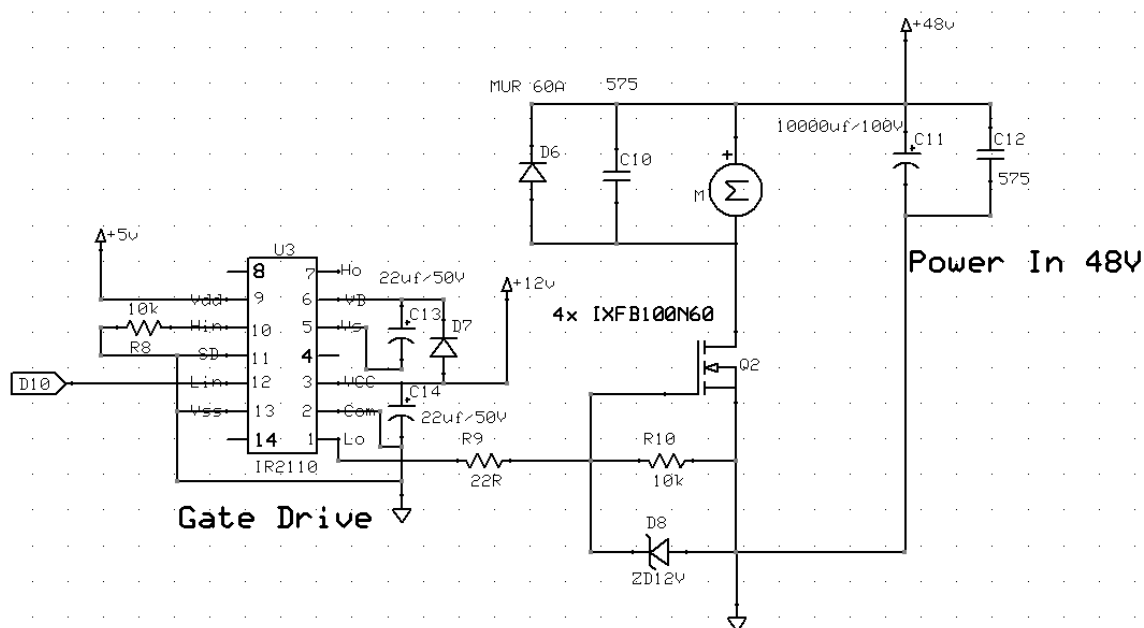


Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Penelitian ini menggunakan baterai 48V DC sebagai sumber energi, dengan power MOSFET yang mengatur aliran listrik ke motor DC sesuai kebutuhan beban. Sistem dikendalikan oleh mikrokontroler ATmega328P, yang menerima sinyal *throttle* dari pengemudi dan menghasilkan sinyal PWM untuk mengatur kecepatan motor melalui *driver* MOSFET. Karena ATmega328P tidak dapat langsung menerima tegangan 48V, digunakan Buck Converter untuk menurunkan tegangan menjadi 12V bagi *driver* MOSFET dan 5V untuk mikrokontroler. Rangkaian power MOSFET terdiri dari empat MOSFET paralel untuk menangani arus besar dan mengurangi panas berlebih, memastikan sistem bekerja stabil dan responsif dalam mengontrol kecepatan motor.

2.4. Skematik





(c)

Gambar 3. (a)Minimum sistem ATmega328P, (b)Power Supply, (c)Gate Drive

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Rancangan Kontroler Motor DC

Realisasi rancangan kontroler motor DC yang telah dibuat yang terdiri dari beberapa bagian perangkat keras dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. (a)Power Supply (Buck Converter), (b)Gate Drive, (a)Minimum sistem ATmega328P

3.2. Pengujian Tegangan Keluaran Dari Buck Converter

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Tegangan keluaran Buck Converter

No	Tegangan Keluaran Buck Converter		
1	Baterai	49,30	Volt
2	Buck Converter	11,80	Volt
3	IC LM7805	5,01	Volt

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa tegangan baterai pada saat pengujian berlangsung sebesar 49,3 Volt dan tegangan keluaran yang dihasilkan dari *buck Converter* sebesar 11,8 Volt. Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa tegangan masukan yang digunakan oleh IC LM7805 didapatkan dari tegangan keluaran *Buck Converter* yaitu label +12V dan akan di turunkan atau di regulasi oleh IC LM7805 tersebut sehingga tegangan keluaran yang dihasilkan dari IC LM7805 sebesar 5,01 Volt.

3.3. Pengujian Tegangan *Throttle*

Tabel 4. Data Hasil Pengukuran Tegangan *Throttle*

No	<i>Throttle</i>	
	%	Tegangan keluaran (Volt)
1	0	0,07
2	100	5,04

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa pada saat *throttle* di atur pada posisi 0% maka resistansi terhadap tegangan masukan sangat besar sehingga dihasilkan tegangan keluaran sebesar 0,07 Volt dan pada saat *throttle* di atur pada posisi 100% maka resistansi terhadap tegangan masukan sangat besar sehingga dihasilkan tegangan keluaran sebesar 5,04 Volt.

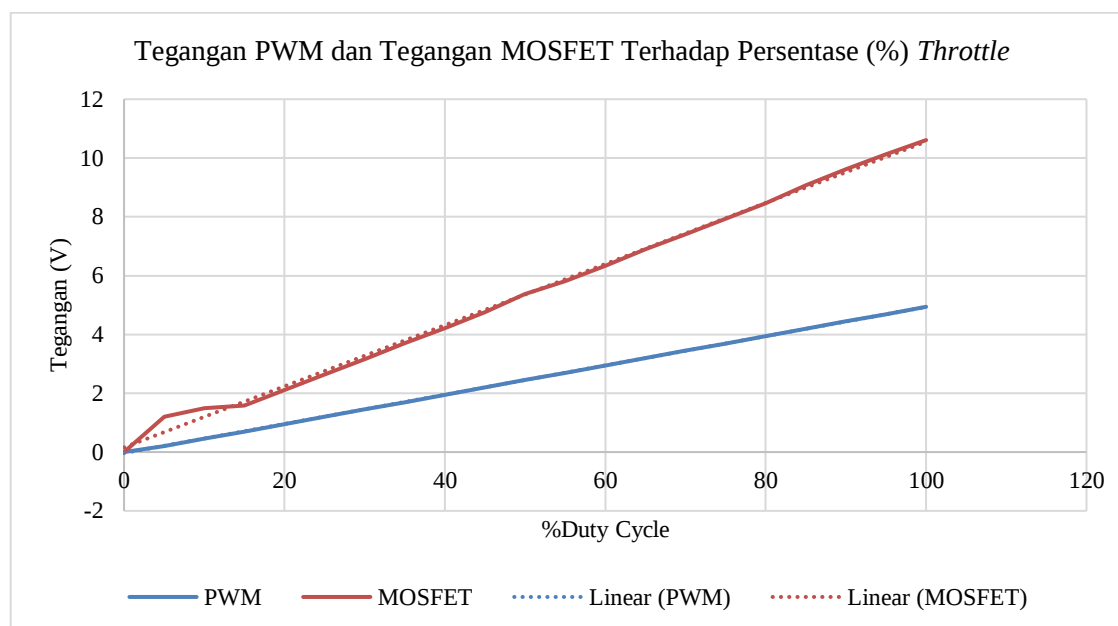
3.4. Pengujian Sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) Terhadap Masukan *Throttle*

Tabel 5. Keluaran sinyal pwm terhadap inputan *throttle*

No	Persentase <i>throttle</i> (%)	Tegangan keluaran <i>throttle</i> (V)	<i>Duty cycle</i> PWM (%)	Tegangan PWM (V)
1	0	0,08	0	0,00
2	5	0,36	5	0,21
3	10	0,62	10	0,46
4	15	0,85	15	0,70
5	20	1,12	20	0,95
6	25	1,34	25	1,20
7	30	1,61	30	1,45
8	35	1,88	35	1,70
9	40	2,08	40	1,95
10	45	2,35	45	2,20
11	50	2,57	50	2,45
12	55	2,86	55	2,69
13	60	3,09	60	2,95
14	65	3,33	65	3,20
15	70	3,57	70	3,45
16	75	3,84	75	3,69
17	80	4,11	80	3,94
18	85	4,34	85	4,19
19	90	4,55	90	4,44
20	95	4,79	95	4,69
21	100	5,04	100	4,94

Tabel 5 menunjukkan hubungan linier antara *input throttle*, tegangan keluaran *throttle*, dan *duty cycle* PWM. Pada *throttle* 0%, tegangan keluaran 0,08V dan *duty cycle* 0%, sementara pada *throttle* 100%, tegangan mencapai 5,04V dengan *duty cycle* 100%, menunjukkan sinyal PWM dalam kondisi penuh.

3.5. Pengujian *Driver* Mosfet Terhadap Sinyal PWM



Gambar 5. Data hasil pengujian *driver* MOSFET terhadap sinyal PWM

Gambar 5 terlihat bahwa tegangan PWM (garis biru) meningkat secara linear seiring bertambahnya *duty cycle*, namun dengan nilai yang lebih rendah dibandingkan tegangan MOSFET (garis merah). Tegangan MOSFET memiliki tren kenaikan yang lebih curam, menunjukkan bahwa MOSFET bekerja sebagai saklar yang meningkatkan tegangan sesuai dengan *duty cycle* yang diberikan. Garis linear (garis putus-putus) menunjukkan kecenderungan ideal dari masing-masing variabel, yang hampir berimpit dengan data eksperimen. Ini menandakan bahwa *driver* MOSFET merespons sinyal PWM dengan baik, menghasilkan tegangan yang lebih tinggi dan linear terhadap *duty cycle*, yang sesuai dengan karakteristik *switching* MOSFET dalam penguatan sinyal.

3.6. Pengujian Keseluruhan Sistem Kontroler Menggunakan Motor DC Tanpa Beban

Tabel 6. Data hasil pengujian keseluruhan sistem kontroler menggunakan motor DC tanpa beban.

No	Persentase Throttle (%)	Tegangan throttle (V)	Duty cycle PWM(%)	Tegangan PWM(V)	Tegangan gate MOSFET(V)	Tegangan motor DC (V)	Arus motor DC (A)	Putaran motor DC (Rpm)
1	0	0,08	0	0,00	0,00	0,00	0,04	0
2	5	0,36	5	0,21	1,20	10,99	0,39	782
3	10	0,62	10	0,46	1,50	20,20	0,56	1424
4	15	0,85	15	0,70	1,58	27,80	0,71	1980
5	20	1,12	20	0,95	2,10	32,96	0,80	2352
6	25	1,34	25	1,20	2,63	35,94	0,85	2566
7	30	1,61	30	1,45	3,16	38,36	0,90	2740
8	35	1,88	35	1,70	3,70	40,55	0,93	2900
9	40	2,08	40	1,95	4,22	41,80	0,96	2998
10	45	2,35	45	2,20	4,75	42,29	0,99	3073
11	50	2,57	50	2,45	5,38	43,51	1,00	3119
12	55	2,86	55	2,69	5,81	43,87	1,01	3152
13	60	3,09	60	2,95	6,34	44,45	1,01	3197
14	65	3,33	65	3,20	6,89	45,14	1,05	3254
15	70	3,57	70	3,45	7,41	45,50	1,09	3276

No	Persentase Throttle (%)	Tegangan throttle (V)	Duty cycle PWM(%)	Tegangan PWM(V)	Tegangan gate MOSFET(V)	Tegangan motor DC (V)	Arus motor DC (A)	Putaran motor DC (Rpm)
16	75	3,84	75	3,69	7,93	45,57	1,15	3284
17	80	4,11	80	3,94	8,45	45,47	0,95	3281
18	85	4,34	85	4,19	9,08	45,46	1,00	3284
19	90	4,55	90	4,44	9,62	46,85	1,02	3375
20	95	4,79	95	4,69	10,12	47,80	1,02	3466
21	100	5,04	100	4,94	10,61	48,09	1,00	3488

Tabel 6 menunjukkan bahwa semua parameter sistem kontrol motor DC saling mempengaruhi. Saat *throttle* meningkat dari 0% hingga 100%, tegangan *throttle*, *duty cycle* PWM, tegangan gate MOSFET, tegangan motor, dan RPM motor meningkat hampir linier. Tegangan motor naik dari 0V hingga 48,09V, sementara RPM mencapai 3483 pada *throttle* 100%. Arus motor awalnya meningkat hingga 1,05A pada *throttle* 70%, lalu menurun akibat back EMF dan karakteristik motor. Secara keseluruhan, sistem bekerja dengan baik, meskipun terdapat efek *non*-linier pada arus dan RPM.

3.7. Pengujian Sistem Kontrol Berbeban

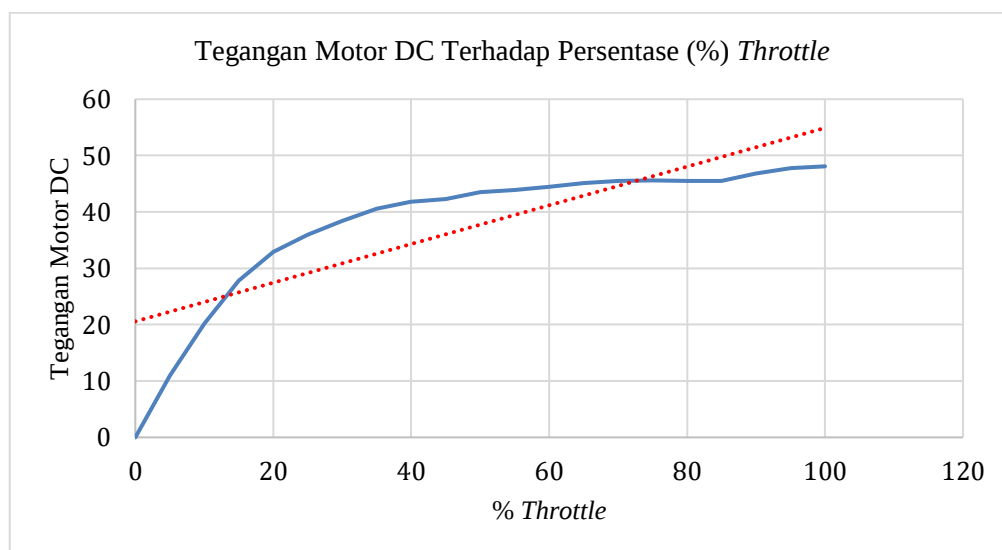
Pengujian sistem kontrol berbeban dari kontroler motor DC menggunakan mobil prototipe ini dilakukan untuk mengetahui performa perangkat sebagai pengontrol putaran motor DC apabila di implementasikan langsung pada kendaraan mobil prototipe.

Tabel 7. Data hasil pengujian sistem kontrol berbeban

No	Nama	Nilai	Satuan	Keterangan
1	Berat pengendara	60	kg	Spesifikasi kendaraan dan pengendara
2	Berat kendaraan	70,50	kg	
3	Berat total	130,50	kg	
4	Rasio gear	8,75	i	
5	Tegangan baterai	49,60	Volt	Sebelum pengujian
6	Suhu motor	30,80	°C	
7	Suhu <i>heatsink</i>	31,20	°C	
8	Jarak test	2,41	km	Sesudah pengujian
9	Kecepatan maksimal	25,20	km/jam	
10	Kecepatan rata rata	17,60	km/jam	
11	Waktu tempuh	8,11	Menit	
12	Tegangan baterai	48,90	Volt	
13	Konsumsi energi	34,00	Wh	
14	Suhu motor	37,40	°C	
15	Suhu <i>heatsink</i> MOSFET	33,20	°C	

Pada tabel 7 diatas menunjukkan data spesifikasi kendaraan listrik beserta hasil pengujiannya, mencakup berat, tegangan baterai, suhu motor, kecepatan, serta energi yang digunakan. Pada saat sebelum pengujian, tegangan baterai sebesar 49,60V, sementara suhu motor berada di 30,80°C. Setelah pengujian sejauh 2,41 km dengan waktu tempuh 8,11 menit, terjadi penurunan tegangan baterai menjadi 48,90V, yang menunjukkan konsumsi daya selama perjalanan dengan $\Delta\text{Volt} = 0,70$ volt. Selain itu, suhu motor meningkat sebesar 6,60°C, mencapai 37,40°C, yang menunjukkan adanya kenaikan suhu akibat beban kerja motor selama perjalanan ($\Delta\text{Suhu motor} = 6,60^\circ\text{C}$). sedangkan suhu *heatsink* MOSFET tercatat 33,20°C, menandakan adanya pelepasan panas dari komponen MOSFET yang dialirkan ke *heatsink* dengan selisih suhu ($\Delta\text{Suhu heatsink} = 2,00^\circ\text{C}$).

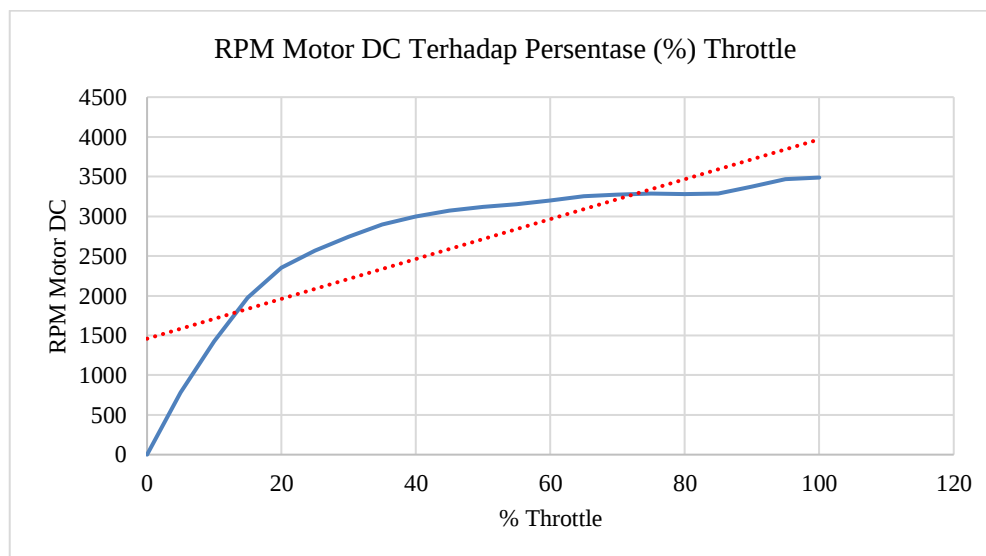
3.8. Perbandingan Antara Tegangan Motor DC Terhadap Persentase (%) *Throttle*



Gambar 6. Grafik pengaruh perubahan RPM motor DC terhadap persentase *throttle*

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara persentase *throttle* dengan tegangan pada motor DC. Terlihat bahwa pada *throttle* rendah (0-30%), tegangan motor meningkat tajam, menunjukkan bahwa motor menerima daya lebih besar pada awal percepatan. Namun, setelah melewati sekitar 40% *throttle*, peningkatan tegangan mulai melambat dan mendekati nilai maksimum sekitar 45-50V, berbeda dengan garis linear (garis putus-putus) yang menunjukkan tren ideal. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh faktor seperti resistansi internal motor, batas saturasi tegangan dari *driver* MOSFET, atau efek beban yang mempengaruhi efisiensi konversi daya.

3.9. Perbandingan Antara RPM Motor DC Terhadap Persentase (%) *Throttle*



Gambar 7. Grafik pengaruh perubahan RPM motor DC terhadap persentase *throttle*

Gambar 7 menunjukkan bahwa pada nilai *throttle* rendah (0-20%), RPM motor meningkat tajam. Tetapi setelah melewati sekitar 30% *throttle*, kenaikan RPM motor DC mulai melambat. Hal lain juga menunjukkan apabila semakin besar persentase *throttle* maka RPM motor DC juga akan semakin besar dengan gradien

sebesar 25,09, yang berarti bahwa setiap kenaikan 1% pada *throttle* akan menghasilkan kenaikan 25,09 RPM pada motor DC. Dengan kata lain, RPM motor DC tidak sepenuhnya linier terhadap persentase *throttle*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, pembuatan, pengujian, dan analisis yang dilakukan, kontroler motor DC berhasil dirancang menggunakan IC ATmega328P untuk menghasilkan sinyal PWM dan MOSFET IXFB100N50P sebagai saklar daya, dengan *buck converter* menurunkan tegangan 48V serta pengaturan *duty cycle* memastikan kontrol kecepatan yang baik. Pengujian prototipe mobil listrik menunjukkan kinerja sistem yang baik, di mana peningkatan *throttle* 0–100% meningkatkan *duty cycle* PWM secara linier, menaikkan tegangan *gate* MOSFET dari 0V ke 10,61V, tegangan motor dari 0V ke 48,09V, dan putaran motor dari 0 hingga 3.488 RPM. Dengan beban 130,5 kg, kendaraan mencapai kecepatan maksimal 25,2 km/jam, rata-rata 17,6 km/jam dalam 2,41 km, dengan konsumsi energi 34 Wh, membuktikan performa sistem kontroler yang efektif dan responsif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akbar, A., Hafis, M., dan Rizki, M. I. (2024). Pengendalian kecepatan motor dc menggunakan pwm [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat]. Repositori Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- [2] Atmel. (2014). ATMEL 8-BIT MICROCONTROLLER WITH 4/8/16/32KBYTES IN-SYSTEM PROGRAMMABLE FLASH. Atmel Corporation. <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328>
- [3] Baihaqi, M.A. (2021). Elektronika daya. Panca Marga Press.
- [4] Cucus, A. (2015). Model smart room dengan menggunakan mikrokontroler arduino untuk efisiensi sumber daya. Jurnal manajemen sistem informasi dan telematika (telekomunikasi, multimedia & informatika). 10(1), 3-4.
- [5] Hoang, K. (2023, Januari 5). Device control AVR_PWM. Arduino. https://docs.arduino.cc/libraries/avr_pwm/
- [6] International Rectifier. (n.d). IR2110 high and low side *driver* datasheet. International Rectifier. <https://www.irf.com/product-info/datasheets/data/ir2110.pdf>
- [7] IXYS Corporation. (2015). Power MOSFET. International Rectifier. <https://www.littelfuse.com/assetdocs/littelfuse-discrete-mosfets/ixfb100n50p-datasheet?assetguid=db4c2c4f-d171-400e-b544-df57030e137e>
- [8] Jati, B.P., dan Haspari, P.J. (2022). Esc fullbridge 3 fasa motor bldc berdaya besar menggunakan kontroler arduino. Jurnal Teknik Elektro. 5(2), 37-39.
- [9] Kurniawan, A. (2018). Desain kontroler motor dc brush 1 fasa untuk mobil nogogeni. [Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya]. Repositori Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [10] Mardianto, E. (2022). Panduan belajar mikrokontroler arduino.
- [11] Murtianta, B. (2018). Pengaruh *duty cycle* dan frekuensi terhadap kecepatan putar motor dc. Techne Jurnal Ilmiah Elektroteknika, 17(1), 13-26.
- [12] Ulinuha, A., dan Ramadhany, A., C. (2024). The comparison of electric motor performance in powering electric motorcycle . Department of electrical engineering, faculty of engineering, universitas muhammadiyah surakarta, surakarta Indonesia, 500(03011), 2-8.
- [13] Wibowo, A. (2021). Cara merawat & memperbaiki motor listrik. Yayasan prima agus teknik.