

**SKRIPSI**  
**RANCANG BANGUN KONTROL MOTOR BLDC UNTUK**  
**PENGATURAN PUTARAN ROTOR NEO MAGNET**



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana  
Telah dipertahankan didepan dewan penguji  
11 Agustus 2022

Dipersiapkan dan Disusun oleh  
**FEBRIANSYAH**  
132018116

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**  
**2022**

**SKRIPSI**  
**RANCANG BANGUN KONTROL MOTOR BLDC UNTUK PENGATURAN**  
**PUTARAN ROTOR NEO MAGNET**

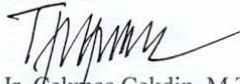


Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana  
Telah dipertahankan di depan dewan  
11 Agustus 2022

Dipersiapkan dan Disusun Oleh  
**FEBRIANSYAH**  
132018116

**Susunan Dewan Penguji**

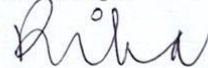
Pembimbing 1

  
Dr. Ir. Cekmas Cekdin, M.T.  
NIDN. 010046301


Penguji 1

  
Ir. Iliza, M.T.  
NIDN. 0209026201


Pembimbing 2

  
Rika Noverianty, S.T., M.T.  
NIDN. 0214117504

Penguji 2

  
Muhammad Hurairah, S.T., M.T.  
NIDN. 0228098702

Menyetujui,  
Dekan Fakultas Teknik

  
Dr. Ir. Kgs. Ahmad Roni, M.T., IPM  
NIDN. 0227077004

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Elektro

  
Taufik Barlian, S.T., M.Eng  
NIDN. 0218017202

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi, sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan didalam daftar pustaka.

Palembang, 11 Agustus 2022

Yang Membuat Pernyataan



Febriansyah

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji dan syukur saya panjatkan atas Kehadirat Allah SWT atas rahmat, kasih dan karunia-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi ini dengan baik. Skripsi ini berjudul "RANCANG BANGUN KONTROL MOTOR BLDC UNTUK PENGATURAN PUTARAN ROTOR NEO MAGNET " Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan program sarjana (S1) pada program sarjana jurusan Teknik elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Saya sebagai penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik atas dukungan, nasihat dan dorongan dari berbagai pihak dan rekan-rekan seangkatan. Oleh karna itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr . Ir . Cekmas Cekdin, ST. M.T selaku dosen pembimbing I Skripsi penulis yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, nasehat, dan pengarahan kepada penulis sehingga dapat selesainya skripsi ini.
2. Rika Noverianty, ST. M.T Selaku Dosen pembimbing II Skripsi penulis yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, nasihat, dan pengarahan kepada penulis sehingga dapat selesainya skripsi ini.

Tidak lupa saya ucapkan terimakasih juga penulis ucapakan kepada pihak yang berperan dalam membantu penyelesaian skripsi ini, yaitu :

1. Kedua orang tuaku yang tercinta dan adikku yang tiada henti-hentinya mencurahkan rasa cinta dan kasih sayang,dukungan moril,materi serta doa mereka untuk keberhasilan dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Abid Djazuli, SE, M.M selaku Rektor Universitas muhammadiyah Palembang.

3. Bapak Dr. Ir. Kgs. Ahmad Roni, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
4. Bapak Taupik Barlian, S, T, M, Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
5. Bapak dan ibu Dosen Universitas Muhammadiyah Palembang Terkhusus pada Program studi Teknik Elektro.
6. Bapak dan Ibu Staf dan Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas muhammadiyah Palembang.
7. Seluruh Keluarga Besar yang telah mendukung dan memotivasi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu.
8. Teman-teman kelasku serta teman-teman lainya di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro angkatan 2018 dan teman-teman saya yang Berada dilingkupan Universitas Muhammadiyah Palembang.

Semoga Allah SWT, membalas segala kebaikan yang telah diberikan dalam penyelsaian penulisan skripsi ini, Akhir kata kesempurnaan hanya milik Allah, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Namun penulis berharap dapat memberikan yang terbaik dan semoga skripsi ini dapat bermamfaat bagi banyak pihak.

Palembang, 11 Agustus 2022

Penulis

Febriansyah

## **MOTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO :**

- ❖ Ingatlah sesungguhnya kepunyaan Allah apa yang ada dilangit dan dibumi (Q.S Yunus : 55)
- ❖ Jangan pernah menyerah untuk suatu yang sudah kamu mulai karena kegagalan adalah salah satu proses dari perjuangan mencapai kesuksesan.
- ❖ Kegagahan itu adalah milik kita dan kita yang ciptakan sendiri.

### **SKRIPSI INI KUPERSEMBAHKAN KEPADA :**

- ❖ Alhamdulillah, puji syukur kepada ALLAH SWT atas segala nikmat, karunianya dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, yang selalu memberi kesehatan, perlindungan, rezeki, kemudahan, dan pertolongan dan kelancaran.
- ❖ Kedua orang tuaku dan serta adiku dan kakaku, merekalah yang tiada henti-hentinya mencurahkan rasa cinta dan kasih sayang, dukungan moril, materi, doa, dan kebahagiaan seumur hidup saya.
- ❖ Seluruh anggota keluarga besarku yang selalu memberikan dukungan dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
- ❖ Kepada pembimbing Skripsi I saya Bapak Dr.Cekmas, Cekdin S.T., M.T. dan pembimbing Skripsi II saya Ibu Rika Noverianti S.T., M.Eng yang telah sangat sabar dan ikhlas dalam membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
- ❖ Kepada teman-teman seperjuangan Jihan, Mahdi, Fariz, Habib, Faizon, Arip, Supri, Aka, Ragil dan yang lainnya yang saling support satu sama lain serta senantiasa bertingkah bodoh dan menghibur saya.

- ❖ Kepada teman-teman kampung halamanku yang dengan ikhlas berbagi kesedihan dan kebahagiaan serta senantiasa bertingkah konyol dan sering kali membuat saya terhibur.

## ABSTRAK

Motor Brushless DC (Motor BLDC) sudah banyak diaplikasikan diberbagai bidang industri, salah satunya di bidang transportasi. Pengoperasian motor BLDC memerlukan sistem kontrol kecepatan sebagai proses komutasinya dikarenakan motor ini tidak menggunakan sikat (brush). Penulis membuat kendali kecepatan motor brushless ini menggunakan driver mosfet dengan tipe IR2101. Mosfet driver ini yang digunakan untuk mentrigger pensaklaran mosfet pada rangkaian inverter 3 fasa agar daya dari baterai dapat mengalir ke motor BLDC. Mosfet yang digunakan dalam inverter 3 fasa dengan tipe STP75NF75 dengan Vds 75 Volt dan Ids 80 Ampere dan jenis motor yang digunakan BLDC 350 Watt 12 Volt. Motor BLDC ini memiliki hall effect sensor sebagai pendeteksi posisi rotor. Untuk proses komutasi digunakan PWM sebagai nilai pulsa yang direpresentasikan untuk mengatur kecepatan motor dan frekuensi yang digunakan manual. Kecepatan yang dihasilkan dari 500 – 1200 rpm dengan konsumsi daya 20 Watt – 21 Watt.

Kata kunci: *Sepeda Listrik, Alat Kendali Kecepatan, PWM (Pulse Width Modulation), BLDC.*



## **ABSTRAK**

Brushless DC motors (BLDC motors) have been widely applied in various industrial fields, one of which is in the field of transportation. The operation of the BLDC motor requires a speed control system as the commutation process because this motor does not use a brush. The author makes this brushless motor speed control using a mosfet driver with type IR2101. This mosfet driver is used to trigger the mosfet switching on a 3-phase inverter circuit so that power from the battery can flow to the BLDC motor. The mosfet used in the 3 phase inverter is STP75NF75 type with 75 Volt Vds and 80 Ampere Ids and the type of motor used is 350 Watt 12 Volt BLDC. This BLDC motor has a hall effect sensor to detect the rotor position. For the commutation process, PWM is used as the pulse value which is represented to regulate the motor speed and the frequency is used manually. The resulting speed is from 500 – 1200 rpm with a power consumption of 20 Watt – 21 Watt.

Keywords: Electric Bike, Speed Control Device, PWM (Pulse Width Modulation), BLDC.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN_PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN_KATA PENGANTAR.....	iii
HALAMAN_MOTO DAN PERSEMBAHAN .....	vi
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 . Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 . Tujuan Penelitian .....	2
1.3 . Mamfaat Proyek Akhir .....	3
1.4 . Batasan Masalah.....	3
1.5 . Sistematis Penulisan .....	3
BAB 2 .....	5
TINJUAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Motor DC .....	5
2.1.1. Prinsip kerja motor dc.....	6
2.1.2. Kontruksi motor DC .....	8
2.2. Motor DC Brushless .....	9

2.2.1.	Prinsip kerja motor brushless DC .....	9
2.2.2.	Kontruksi Motor BLDC .....	11
2.3.	Kelebihan motor BLDC dibandingkan motor brushed DC .....	14
2.4.	Mengontrol Kecepatan Motor Brushless DC .....	16
2.4.1.	Kontroler, Driver dan Inverter.....	16
2.4.2.	Inverter 3 Fasa.....	16
2.4.3.	Pulse With Mudulation.....	18
2.3.	Speed Meter Proximity Sensor.....	20
2.4.	Volt Meter Digital.....	21
2.5.	Magnet Neodymium .....	22
2.6.	Baterai .....	23
<b>BAB 3</b>	.....	<b>25</b>
<b>METODE PENELITIAN</b>	.....	<b>25</b>
3.1.	Waktu Dan Tempat.....	25
3.2.	Jadwal Kegiatan .....	25
3.3.	Diagram fishbone .....	25
3.4.	Alat dan Bahan .....	26
3.5.	Diagram Blok.....	27
3.6.	Diagram Rangkaian Sistem Kontrol Bldc.....	28
3.7.	Perancangan Rangkaian <i>Power Supply</i> .....	28
3.8.	Perancangan Rangkaian <i>IC Controller</i> .....	30
3.9.	Perancangan Rangkaian Driver Inverter 3 Fasa .....	31
3.10.	Perancangan Rangkaian Inverter 3 Fasa.....	32
3.11.	Realisai prangkat keras .....	33
3.12.	Langkah Pengujian dan pengukuran .....	34

<b>BAB 4 .....</b>	<b>35</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1. Mamfaat Kontrol Brushless DC .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2. Data Motor BLDC .....</b>	<b>35</b>
<b>4.3. Pengujian Rangkaian IC Kontroller JY01 .....</b>	<b>36</b>
<b>4.4. Pengujian Rangkaian Daya (Driver Motor) .....</b>	<b>37</b>
<b>4.5. Pengujian Kecepatan Motor Bldc Dengan Memutar Potensiometer</b>	<b>39</b>
<b>4.6. Pengujian Kecepatan Motor Saat Alat Beroperasi .....</b>	<b>40</b>
<b>4.7. Analisa Pembahasan .....</b>	<b>42</b>
<b>BAB 5 .....</b>	<b>43</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1 . Kesimpulan .....</b>	<b>43</b>
<b>5.2 . Saran.....</b>	<b>43</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>44</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>47</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Motor DC.....	5
Gambar 2. 2 Gaya medan magnet pada konduktor yang dialiri arus listrik..	6
Gambar 2. 3 Aturan tangan kiri penentuan Arah gerak Kawat Berarus .....	7
Gambar 2. 4 Kontruksi motor DC.....	8
Gambar 2. 5 Motor BLDC .....	9
Gambar 2. 6 Heart Rate Sensor .....	10
Gambar 2. 7 Rotor BLDC motor .....	12
Gambar 2. 8 Stator.....	13
Gambar 2. 9 Sensor Hall .....	13
Gambar 2. 10 Rangkaian Driver Motor Brushless DC .....	17
Gambar 2. 11 Rangkaian inverter 3 Fasa .....	18
Gambar 2. 12 Gelombang PWM .....	19
Gambar 2. 13 Sinyal PWM .....	19
Gambar 2. 14 Prinsip kerja sensor proximity .....	20
Gambar 2. 15 <i>Digital Speed Meter Display</i> RPM.....	21
Gambar 2. 16 Volt meter digital .....	22
Gambar 2. 18 Magnet Neodymium .....	22
Gambar 2. 19 lithium baterai.....	24
Gambar 3. 1 Diagram fishbone.....	26
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem.....	27
Gambar 3. 3 Rangkian sistem kontrol motor BLDC.....	28
Gambar 3. 4 Rangkian Power supply 12v DC.....	29
Gambar 3. 5 Rangkaian power supply 5v DC.....	29
Gambar 3. 6 Pinout IC Controller JY01.....	30
Gambar 3. 7 Rangkian mikrokontroler JY01 dan IC LM339.....	31
Gambar 3. 8 Bentuk Gelombang Mikrokontroler Putaran Maju Dan Mundur .....	31
Gambar 3. 9 Rangkaian Driver inverter.....	32

<b>Gambar 3. 10 Skematik rangkaian inverter tiga fasa .....</b>	<b>32</b>
<b>Gambar 3. 11 Gelombang output SPWM MA, MB dan MC dari inverter... 33</b>	<b>33</b>
<b>Gambar 3. 12 Modul IC JY01 dan LM339 Beserta Rangkaian Regulator 12v Dan 5v.....</b>	<b>33</b>
<b>Gambar 4. 1 Motor BLDC .....</b>	<b>35</b>
<b>Gambar 4. 2 Grafik Pengujian PWM Dan Duty Cycle .....</b>	<b>37</b>
<b>Gambar 4. 3 Grafik pengujian rangkaian kontrol (Driver Mosfet).....</b>	<b>38</b>
<b>Gambar 4. 4 Pengukuran resistansi potensiometer dan tegangan reverensi</b>	<b>39</b>
<b>Gambar 4. 5 Grafik tegangan referensi terhadap kecepatan .....</b>	<b>40</b>
<b>Gambar 4. 6 Grafik Kecepatan Rotor Terhadap Suhu.....</b>	<b>41</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b>	<b>Perbandingan Motor Bldc Dengan Motor Dc Brushed .....</b>	<b>15</b>
<b>Tabel 2. 2</b>	<b>Mode Pengsaklaran BLDC 3 phasa.....</b>	<b>17</b>
<b>Tabel 2. 3</b>	<b>Sfesifikasi digital speed meter display RPM.....</b>	<b>21</b>
<b>Tabel 2. 4</b>	<b>Sfesifikasi Volt Meter Digital .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabel 3. 1</b>	<b>Alat.....</b>	<b>26</b>
<b>Tabel 3. 2</b>	<b>Bahan.....</b>	<b>27</b>
<b>Tabel 3. 3</b>	<b>Daftar Komponen Power Suply 12v Dan 5v DC .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabel 3. 4</b>	<b>Daftar Komponen Rangkaian Driver Mosfet .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabel 3. 5</b>	<b>Komponen rangkian inverter .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabel 4. 1</b>	<b>Sfesifikasi motor BLDC.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabel 4. 2</b>	<b>Pengujian PWM atau Duty Cycle .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabel 4. 3</b>	<b>Pengujian Rangkaian Kontrol (Driver MOSFET).....</b>	<b>38</b>
<b>Tabel 4. 4</b>	<b>Pengukuran RPM Dan Tegangan Referensi .....</b>	<b>39</b>
<b>Tabel 4. 5</b>	<b>Kecepatan terhadap suhu Coil dengan waktu 1 menit .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabel 4. 6</b>	<b>Kecepatan terhadap suhu Coil dengan waktu 5 menit .....</b>	<b>41</b>





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 . Latar Belakang Masalah

Perkembangan dunia industri yang pesat menuntut penggunaan mesin-mesin proses produksi dan penunjangnya yang menggunakan motor DC yang berfungsi dengan pemikiran bahwa dua medan magnet (N/S) dapat berinteraksi untuk menghasilkan gerakan (torsi). Ini sama dengan sifat kemagnetan dimana dua magnet dengan kutub yang berlawanan (N/S) akan saling tarik menarik dan magnet dengan kutub yang sama akan saling tolak menolak jika diletakkan berdekatan. Tujuannya adalah untuk mendapatkan gaya atau *torsi*. pada dasarnya diperlukan kecepatan putar yang tepat, sehingga kecepatan putaran Rotor harus bisa dikendalikan dengan baik ,untuk menghindari penggunaan arus yang berlebih dan Boros dan torsi yang bisa diatur Sesuai kebutuhan yang diinginkan(Sunarhati, 2018)

Motor DC merupakan motor yang populer pada saat konsepsinya karena memiliki karakteristik torsi yang kuat dan dapat menarik beban yang besar seperti mobil listrik. Namun, sikat dan komutator, yang ada pada motor DC, memiliki satu kelemahan. Motor ini sudah mulai ditinggalkan karena lemahnya motor DC. Selain itu, banyak bisnis dan sektor menggunakan motor BLDC dan DC. Kecepatan yang dihasilkan secara signifikan lebih baik daripada motor DC, dan karakteristik torsi dan respons dinamis lebih kuat karena fakta bahwa motor BLDC ini memiliki karakteristik yang sama dengan motor DC tetapi tidak menggunakan sikat untuk berfungsi untuk mengurangi biaya pemeliharaan yang diperlukan. 2019 Wibowo & Riyadi).

Motor Brushless merupakan motor listrik jenis synchronous AC 3 fasa yang membutuhkan tegangan arus searah (DC) sebagai sumbernya . walaupun motor ini termasuk motor sinkron AC (*alternating current*) tiga fasa, tetapi motor ini tetap

disebut dengan motor brushless DC oleh karena pengaplikasiannya menggunakan tegangan arus searah (DC) sebagai daya yang utama yang digunakan untuk inverter 3 fasa merubah tegangan DC ke AC 3 fasa. tujuannya adalah untuk membangkitakan medan magnet pada satator untuk menarik magnet pada rotor (Sari et al., 2020)

Sebagai pengaturan kecepatan motor magnet Neo, pendekatan PWM (Pulse Width Modulation) dapat digunakan dengan mengubah lebar pulsa dari sinyal kontrol (mikrokontroler) yang dikirim ke rangkaian kontrol motor DC brushless (driver). Dengan mengubah durasi atau panjang gelombang dari waktu tunda positif atau waktu tunda negatif dari pulsa, proses modulasi ini dilakukan. Output rangkaian driver motor adalah sinyal PWM yang terdiri dari pulsa berbentuk persegi berulang. Untuk pensaklaran motor DC Brushless yang dikontrol secara digital oleh mikrokontroler dan dioperasikan menggunakan sinyal PWM (pulse width modulation) dengan duty cycle variabel (1-100%) yang dihasilkan oleh mikrokontroler sebagai pengatur kecepatan motor DC Brushless (Akbar & Riyadi, 2019).

Dari penjelasan diatas muncul sebuah ide untuk melakukan penelitian **“RANCANG BANGUN KONTROL MOTOR BLDC UNTUK PENGATURAN PUTARAN NEO MAGNET ”** Semoga dengan dilakukannya Rancang bangun alat ini kami dapat memudahkan pembaca memahami cara pengaturan kecepatan rotor motor BLDC.

## **1.2 . Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini diharapkan mampu:

1. Mengetahui perbedaan motor DC dan motor brushless DC.
2. Merancang kontrol kecepatan motor BLDC menggunakan mikrokontroler IC JY01 untuk pengaturan kecepatan rotor neo magnet.
3. Mengetahui kecepatan putar rotor neo magnet sehingga mendapatkan kecepatan yang bervariasi serta mendapatkan suhu yang diinginkan pada gulungan pipa tembaga dari keseluruhan alat pemanas air menggunakan magnet neodymium.

### 1.3 . Mamfaat Proyek Akhir

Mamfaat Proyek Akhir yaitu:

1. Mahasiswa dapat mengetahui pengetahuan tentang, data dan pengalaman dalam perencanaan dan merancang kontrol kecepatan motor BLDC yang dapat memodifikasi dan dikembangkan dari peralatan yang sudah dibuat.
2. Sebagai bahan atau rujukan bagi mahasiswa yang akan mendalami tentang pemanas induksi atau kontrol putaran rotor neo magnet.

### 1.4 . Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Kontrol yang digunakan pada alat ini adalah PWM (*pulse with modulation*) controller.
2. Motor yang digunakan pada alat ini adalah motor brushless DC.
3. Dengan daya *power suplay* aki 12 Volt 12A.

### 1.5 . Sistematis Penulisan

Berikut ini susunan secara sistematis dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

#### BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi gambaran secara umum mengenai latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan skripsi ini.

#### BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini Menjelaskan mengenai teori-teori pendukung dalam pembuatan Skripsi, antara lain tentang pengertian Motor DC Teori pendukung, dan alat-alat yang digunakan untuk pengaturan putaran rotor neo magnet.

#### BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini Berisi penjelasan mengenai metode yang digunakan untuk pengerjaan skripsi yang berisi tentang skema penelitian, Fisbone, Diagram Blok, waktu dan tempat, alat dan bahan yang disusun sebagai rencana penelitian.

#### BAB 4 DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang pengujian alat dan data yang diperoleh saat penelitian.

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari bab-bab sebelumnya dan saran untuk alat yang dibuat terdapat beberapa kekurangan yang seharusnya dapat diperbaiki untuk lebih dikembangkan lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Majid, & Danus, M. (2020). Pemanfaatan Mikrokontroler Atmega 16 Sebagai Pengatur Kecepatan Motor Brushless Dc. *Jurnal Ampere*, 4(1), 264. <https://doi.org/10.31851/ampere.v4i1.2861>
- Akbar, D., & Riyadi, S. (2019). *Pengaturan Kecepatan Pada Motor Brushless Dc (Bl dc) Menggunakan Pwm (Pulse Width Modulation)*. 255–262. <https://doi.org/10.5614/sniko.2018.30>
- Amelia, A., Rustana, C. E., & Nasbey, H. (2015). Pengembangan set praktikum Faraday pada materi induksi elektromagnetik. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 4(1), 93–96. <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/prosidingsnf/article/view/4988>
- Ananda;, S. A., & Soewangsa;, E. T. (2003). Studi Karakteristik Motor DC Penguat Luar Terhadap Posisi Sikat. *Jurnal Teknik Elektro*, 3(1), 51–56. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/elk/article/view/15869>
- Chandra Wibowo, Y., & Riyadi, S. (2019). *Analisa Pembebanan Pada Motor Brushless Dc (Bl dc)*. 277–282. <https://doi.org/10.5614/sniko.2018.33>
- Dewi, R. (2018). Efek Duty Cycle Pwm pada Pengendalian Kecepatan Motor BLDC 3 Phasa. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 1(1), 14. <https://doi.org/10.33087/jepca.v1i1.4>
- G. A. Pangeman, A. Kurniawan, dan S. S. (2017). Kajian Eksperimen Discharge Test pada Baterai 12 V yang dihubungkan dengan Motor DC Feedback Tipe No. 63-110 di Laboratorium Listrik dan Otomasi Kapal. *Teknik Perkapalan ITS*, 63, 1–104.
- Ikhrahmadani, R. (2018). *Pengaruh Variasi Ketebalan Batang Magnet Dan Air Gap Terhadap Torsi Pada Radial Magnetic Spur Gear Tipe Eksternal*. <https://repository.its.ac.id/55744/%0Ahttps://repository.its.ac.id/55744/1/021>

11645000063-Undergraduate\_Theses.pdf

- Ilman, A. F., Widarsono, K., Jauhari, M., & Humaira, F. M. (2018). Rancang Bangun Peralatan Pengaturan Kecepatan Motor Bldc Menggunakan Pulse Width Modulation (PWM). *Techno Bahari*, 3.  
<http://jurnal.poltera.ac.id/index.php/technobahari/article/view/55>
- Irasari, P., & Idayanti, N. (2009). Aplikasi Magnet Permanen BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> dan NdFeB Pada Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Skala Kecil. *Indonesian Journal of Materials Science*, 11(1), 38–41.
- Irawan, D., & Perdana SS, P. (2020). Kontrol Motor Brushless DC (BLDC) Berbasis Algoritma AI - PID. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputasi (ELKOM)*, 2(1), 41–48. <https://doi.org/10.32528/elkom.v2i1.3146>
- Kurniawan, Y., & Zulkifli, Z. (2019). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Menggunakan Solenoida Dengan Pemanfaatan Fluks Magnet. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 9–13.  
<https://doi.org/10.30596/rele.v2i1.3111>
- Masudi, N. (2014). *Desain Controller Motor Bldc Untuk Meningkatkan Performa ( Daya Output ) Sepeda Motor Listrik*. 1–65.
- Nasution, M. (2021). Muslih Nasution Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik. *Cetak) Journal of Electrical Technology*, 6(1), 35–40.
- Nugroho, N., & Agustina, S. (2015). Analisa Motor Dc ( Direct Current ) Sebagai Penggerak Mobil Listrik. *Mikrotiga*, 2(1), 28–34.
- Padmaraja, Y. (2003). *Dasar Motor Brushless DC (BLDC) AN885*. 1–20.
- Pratama, F., & Endryansyah. (2018). Rancang Bangun Pengendalian Kecepatan Brushless Dc Motor Tipe a2212/10T 1400 Kv Menggunakan Kontroler Pid Berbasis Labview. *Jurnal Teknik Elektro*, 7(03), 157–166.

- R. Harahap, & Nofriadi, S. (2019). Analisa Perbandingan Efisiensi Dan Torsi Dengan Menggunakan Metode Penyadapan Sejajar Terhadap Metode Pergeseran Sikat Pada Motor Arus Searah Kompon Pendek Dengan Kutub Bantu. *Journal of Electrical Technology*, 4(3), 105–110.
- Ridhwan, M. T. (2012). Rancang Bangun Penggerak Daya Motor Brushless DC 350W/48V. *Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung*, 6.
- Rohani, S. (2021). Analisis Motor Brushless Direct Current Aksial Fluks 3 Fasa Menggunakan Magnet Permanen Neodymium Sebagai Prime Mover Generator. *Digital Repository Universitas Jember*, September 2019, 2019–2022.
- Santoso, A. K. (2017). Analisis pemberian tegangan dan sinyal pwm pada motor dc sebagai pendorong bola pada robot sepakbola beroda.
- Sari, M. K., Hadi, W., & Cahyadi, W. (2020). Analisis Motor Brushless Direct Current Aksial Fluks 3 Fasa Menggunakan Magnet Permanen Neodymium Sebagai Prime Mover Generator. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 19(2), 195. <https://doi.org/10.24843/mite.2020.v19i02.p11>
- Sibarani, P. E., Sunarya, U., & Putri, H. (2017). Design and realization of DC voltmeter and amperemeter asing microcontroller. *EProceeding of Applied Science*, 3(3), 2152–2158.
- Suhendra, T., Uperiati, A., Purnamasari, D. A., & Yuniyanto, A. H. (2018). Kendali Kecepatan Motor DC dengan Metode Pulse Width Modulation menggunakan N-channel Mosfet. *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian Dan Industri Terapan*, 7(2), 78–85. <https://doi.org/10.31629/sustainable.v7i2.701>
- Sunarhati, M. (2018). Analisa Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Dc Penguat Dengan Menggunakan Thyristor. 24–34.
- Susilawati, E., Yulkifli, & Kamus, Z. (2017). Pembuatan Alat Ukur Kecepatan Putar Gear Menggunakan Sensor Proximity Induktif Dan Mikrokontroler Arduino Uno. *FMIPA Universitas Negeri Padang*, 10, 9–13.