



POLTERA

TUGAS AKHIR – LI 1956404

**RANCANG BANGUN MOTOR *BRUSHLESS*
DIRECT CURRENT SATU FASA PERMANEN
MAGNET 6 *SLOT* DAN 6 *POLE AXIAL FLUX***

Oleh:

Alfin Wahyu Pratama

NRP. 33112301021

Dosen Pembimbing:

Ibrahim Saiful Millah, S.T., M.Sc. Pembimbing I

Dr. Kukuh Widarsono, M.T. Pembimbing II

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI MADURA

SAMPANG

2026



TUGAS AKHIR – LI 1956404

**RANCANG BANGUN MOTOR *BRUSHLESS*
DIRECT CURRENT SATU FASA PERMANEN
MAGNET 6 *SLOT* DAN 6 *POLE AXIAL FLUX***

Oleh:

**Alfin Wahyu Pratama
NRP. 33112301021**

Dosen Pembimbing:

**Ibrahim Saiful Millah, S.T., M.Sc. Pembimbing I
Dr. Kukuh Widarsono, M.T. Pembimbing II**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI MADURA
SAMPANG
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mahasiswa Politeknik Negeri Madura, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi:

Nama : Alfin Wahyu Pratama
NRP : 33112301021
Program Studi : D3 Teknik Listrik Industri
Jurusan : Teknologi Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dengan judul “Rancang Bangun Motor *Brushless Current* Satu Fasa Permanen Magnet 6 *Slot* Dan 6 *Pole Axial Flux*”:

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan *literatur* hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam *referensi* pada Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar

sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.

- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang di atas, maka Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Sampang, 1 Juli 2026


Alfin Wahy
NRP. 33112301021



LEMBAR PENGESAHAN

Rancang Bangun Motor *Brushless Current* Satu Fasa Permanen Magnet 6 Slot Dan 6 Pole Axial Flux

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya teknik (A.Md.T)

Pada,
Jurusan Teknologi Elektro
Politeknik negeri Madura

Oleh:
ALFIN WAHYU PRATAMA
NRP. 33112301021

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal, 05
Agustus 2026 dan telah sesuai dengan ketentuan.

Disetujui Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ibrahim Saiful Millah, S.T., M.Sc. (Pembimbing I)
2. Dr. Kuku Widarsono, M.T. (Pembimbing II)
3. Muhammad Furqon, M.T. (Penguji I)
4. Firman Matinu Sigit, S.T., M.T. (Penguji II)
5. Dimas Panji Eka Jala Putra, S.Kom., M.Kom. (Penguji III)

Sampang

05 Agustus 2026

LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Motor *Brushless Direct Current* Satu Fasa Permanen Magnet 6 Slot Dan 6 Pole *Axial Flux*
Penulis : Alfin Wahyu Pratama
NRP : 33112301021
Program Studi : DIII Teknik Listrik Industri
Jurusan : Teknologi Elektro

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk disidangkan.
Ditandatangani di Gedung A, Politeknik Negeri Madura.

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II



Dr. Kukuh Widarsono, M.T.
NIP. 198502232014041001

Dosen Pembimbing I



Ibrahim Saiful Millah, S.T., M.Sc.
NIP. 199505082022031008

Koordinator Program Studi
Teknik Listrik Industri



Bayu Praharsena, S.ST., M.T.
NIP. 199405312019031009

Ketua Jurusan
Teknologi Elektro



Mohammad Nur, S.Si., M.T.
NIP. 198605082019031007



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

ABSTRAK



**RANCANG BANGUN MOTOR *BRUSHLESS DIRECT*
CURRENT SATU FASA PERMANEN MAGNET 6
SLOT DAN 6 *POLE AXIAL FLUX***

Nama : Alfin Wahyu Pratama
NRP : 33112301021
Dosen Pembimbing I : Ibrahim Saiful Millah, S.T.,M.Sc
Dosen Pembimbing II : Dr. kukuh Widarsono, M.T

ABSTRAK

Motor *Brushless Direct Current* (BLDC) merupakan salah satu jenis motor listrik yang memiliki efisiensi tinggi, perawatan yang mudah, serta tidak menggunakan sikat dan komutator. Salah satu pengembangan motor BLDC adalah tipe *Axial Flux Permanent Magnet* (AFPM) yang memiliki konstruksi berbentuk cakram dan berpotensi menghasilkan kerapatan daya serta torsi yang lebih tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang motor BLDC *Axial Flux* satu fasa dengan konfigurasi 6 slot dan 6 pole serta mengetahui pengaruh jarak sensor *Hall Effect* dan jumlah kutub rotor terhadap kecepatan putar motor. Metode penelitian dilakukan melalui studi literatur, perhitungan parameter motor, perancangan menggunakan perangkat lunak desain, perakitan, pengujian, pengambilan data, serta analisis hasil pengujian. Motor yang

dirancang menggunakan 6 stator, 6 kutub rotor, 7.200 lilitan dengan 1.200 lilitan pada setiap slot, diameter kawat 0,4 mm, dan magnet neodymium. Pengujian dilakukan dengan variasi jarak sensor 3 mm, 5 mm, dan 10 mm pada tegangan hingga 24 V, serta variasi jumlah kutub rotor 4, 6, dan 8 kutub. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jarak sensor 3 mm memberikan performa terbaik pada konfigurasi 6 kutub dengan tegangan 24 V, menghasilkan arus sebesar 0,842 A dan kecepatan 1.881,6 RPM. Pada jarak 5 mm diperoleh kecepatan 1.846,3 RPM, sedangkan jarak 10 mm menghasilkan 931,05 RPM. Variasi jumlah kutub juga berpengaruh terhadap kecepatan motor, dengan konfigurasi 6 kutub menghasilkan performa paling optimal, sedangkan 4 kutub hanya mencapai 64,32 RPM dan 8 kutub tidak mampu berputar. Berdasarkan hasil tersebut, konfigurasi 6 slot dan 6 pole dengan jarak sensor 3 mm merupakan konfigurasi yang paling optimal pada motor BLDC *Axial Flux* yang dirancang.

Kata Kunci: Motor BLDC, *Axial Flux*, Sensor *Hall Effect*, Driver Motor BLDC



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

ABSTRACT



***DESIGN AND CONTRUCTION OF A SINGLE-PHASE,
PERMANENT MAGNET, 6-SLOT 6-POLE AXIAL
FLUX BRUSHLESS DC MOTOR***

Name : Alfin Wahyu Pratama
NRP : 33112301021
Supervisor I : Ibrahim Saiful Millah, S.T.,M.Sc
Supervisor II : Dr. kukuh Widarsono, M.T

ABSTRACT

Brushless Direct Current (BLDC) motors are a type of electric motor that have high efficiency, are easy to maintain, and do not use brushes or commutators. One development of BLDC motors is the Axial Flux Permanent Magnet (AFPM) type, which has a disc-shaped construction and has the potential to produce higher power and torque density. This study aims to design a single-phase Axial Flux BLDC motor with a 6-slot 6-pole configuration and to find out the effect of Hall Effect sensor distance and the number of rotor poles on motor speed. The research method was carried out through literature study, motor parameter calculations, design using software, assembly, testing, data

collection, and analysis of test results. The motor designed uses 6 stators, 6 rotor poles, and 7,200 windings with 1,200 turns per slot, 0.4 mm wire diameter, and neodymium magnets. Testing was done with sensor distance variations of 3 mm, 5 mm, and 10 mm at voltages up to 24 V, as well as variations in rotor pole numbers of 4, 6, and 8 poles. The test results showed that a 3 mm sensor distance gave the best performance in the 6-pole configuration at 24 V, producing a current of 0.842 A and a speed of 1,881.6 RPM. At 5 mm, the speed reached 1,846.3 RPM, while at 10 mm it was 931.05 RPM. The number of poles also affected motor speed, with the 6-pole configuration being the most optimal, while 4 poles only reached 64.32 RPM and 8 poles could not rotate. Based on these results, the 6-slot, 6-pole configuration with a 3 mm sensor distance is the most optimal setup for the designed Axial Flux BLDC motor.

Keywords: BLDC motor, axial flux, Hall effect sensor, BLDC motor controller



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

KATA PENGANTAR



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur kepada Allah Yang Maha Esa yang telah memberi kekuatan, kemampuan, dan kesabaran kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tujuan penulisan tugas akhir adalah memenuhi salah satu persyaratan bagi mahasiswa untuk dapat menyelesaikan pendidikan Diploma-3 Program Studi Teknik Listrik Industri Jurusan Teknologi Elektro di Politeknik Negeri Madura.

Dalam tugas akhir ini, penulis menyusun laporan Tugas Akhir berjudul “Rancang Bangun Motor *Brushless Current* Satu Fasa Permanen Magnet 6 *Slot* Dan 6 *Pole Axial Flux*”.

Laporan Tugas Akhir ini tidak akan selesai dengan baik tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari orang-orang yang berada di sekitar penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Ibu Laily Ulfiyah, S.T., MT., Direktur Politeknik Negeri Madura .
2. Bapak M. Musta'in, S.T., MT., Wakil Direktur Bidang Akademik.

3. Bapak Mohammad Nur, S.Si., M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknologi Elektro
4. Bapak Bayu Praharsena, S.ST., M.T. Selaku Koordinator Program Studi Teknik Listrik Industri
5. Bapak Ibrahim Saiful Millah, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Jurusan Teknologi Elektro dan juga selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingan, pengarahan, serta kesabaran dalam membimbing selama proses penelitian tugas akhir ini.
6. Dr. kukuh Widarsono, M.T. yang telah memberikan dukungan, arahan dengan penuh rasa sabar dalam membimbing.
7. Para dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Negeri Madura yang telah melayani mahasiswa selama penulis menempuh pendidikan di sini.
8. Teruntuk ebok dan bapak yang selalu memberikan dukungan mulai dari awal hingga akhir, yang kasih sayangnya tiada masa, banyak hal yang diberikan mulai dari finansial, fasilitas, dan segalanya.
9. Teman-temanku khususnya Ihwan, Rohid, Dea, alex, adit, Farhan, wofer, grup *simple paint garage*, *viking*

dan juga teman-teman Mabes, yang sudah membantu mulai dari awal hingga akhir.

10. Katingku kak syaqif, kak didit, kak ani, dll, yang telah memberikan arahan mulai penulisan dan juga membantu menyalurkan pikirannya.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk tugas akhir ini.

Sampang, 21 januari 2026

Alfin Wahyu Pratama
NRP. 33112301021



DAFTAR ISI



DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR.....	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Motor BLDC	9
2.2.2 Bagian-Bagian Motor BLDC.....	10
2.2.3 Perbedaan Axial Flux dengan Radial Flux pada motor BLDC	12

2.2.4	Kecepatan Motor	14
2.2.5	Jumlah Lilitan	15
2.2.6	Kuat Medan Magnet	16
2.2.7	Fluks Magnet	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		18
3.1	Tahapan Penelitian	18
3.1.1	Diagram Alir Penelitian	18
3.1.2	Spesifikasi Alat dan Bahan	24
3.1.3	Proses dan Prosedur Pengerjaan	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Perhitungan Perancangan Motor	31
4.2	Pengambilan Data	32
4.2.1	Pengujian Jarak Sensor Terhadap Kecepatan	33
4.2.2	Pengujian Jarak Sensor Terhadap Kecepatan	39
4.2.3	Pengujian Jumlah Kutub Terhadap Kecepatan	44
4.2.4	Pengujian Jumlah Kutub Magnet Terhadap Kecepatan	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		48
5.1	Kesimpulan	48
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA		51



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

DAFTAR TABEL



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Dengan Sebelumnya	8
Tabel 3. 1 Nilai Parameter.....	29
Tabel 4. 1 Jarak Sensor 3mm 6 Rotor	31
Tabel 4. 2 Jarak Sensor 5mm 6 Rotor	33
Tabel 4. 3 Jarak sensor 10mm 6 Rotor	35
Tabel 4. 4 Data Jarak Sensor 3mm 4 Rotor.....	37
Tabel 4. 5 Jarak Sensor 3mm 4 Rotor	39
Tabel 4. 6 Data Jarak Sensor 5mm 4 Rotor.....	40
Tabel 4. 7 Jarak Sensor 5mm 4 Rotor	41
Tabel 4. 8 Data Jarak sensor 10mm 4 Rotor	42
Tabel 4. 9 Jarak Sensor 10mm 4 Rotor	45



DAFTAR GAMBAR



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>kontruksi motor axial flux</i>	10
Gambar 2. 2 Rangkaian Elektronik	12
Gambar 3. 1 <i>Flowchart Tahapan Penelitian 1</i>	18
Gambar 3. 2 Blog Diagram 1	21
Gambar 3. 3 <i>Flowchart Sistem Kerja Alat 1</i>	22
Gambar 3. 4 <i>Hall Effect</i>	25
Gambar 3. 5 Kawat <i>Email</i>	25
Gambar 3. 6 Magnet <i>Neodymium</i>	26
Gambar 3. 7 <i>Power Supply</i>	26
Gambar 3. 8 Bearing 1	27
Gambar 3. 9 Baut dan Mur.....	27
Gambar 3. 10 Filament 3D.....	28
Gambar 4. 1 Jarak Sensor 3mm 6 Rotor	32
Gambar 4. 2 Jarak Sensor 5mm 6 Rotor	34
Gambar 4. 3 Jarak Sensor 10mm 6 Rotor	36
Gambar 4. 4 Jarak Sensor 3mm 4 Rotor	37
Gambar 4. 5 Jarak Sensor 5mm 4 Rotor	38
Gambar 4. 6 Jarak Sensor 10mm 4 Rotor	39



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

V : Volt

BLDC : *Brushless Direct Current*

AC : *Alternating Current*

DC : *Direct Current*

EMF : *Electro Motive Force*

AFPM : *Axial Flux Permanen Magnet*

Hz : Hertz

RPM : Revolution Per Minute

mm : Milimeter

cm : Centimeter

m : Meter

A : Ampere



DAFTAR LAMPIRAN



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perancangan alat	53
-----------------------------------	----



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

BAB 1

PENDAHULUAN



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor listrik menjadi kebutuhan penting dalam bidang penerapan teknologi, motor listrik ini banyak diterapkan dalam dunia industri maupun kebutuhan Masyarakat. Motor listrik terdapat dua jenis berdasarkan sumber tegangan: Motor AC (*Alternating Current*) dan Motor DC (*Direct Current*). Jenis motor listrik ini terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan, seperti motor listrik AC (*Alternating Current*) ini memiliki perawatan yang mudah, dan pada kecepatan putaran motor ini terdapat *slip*, sedangkan motor DC (*Direct Current*) ini memiliki kecepatan dapat diatur dengan mudah akan tetapi motor DC ini menggunakan sikat (*brush*) dan komutator yang mudah aus.[1]

Motor *brushless direct current* (BLDC) terdapat dua jenis berdasarkan konstuksinya, yaitu *radial* dan *axial*. Dari beberapa penelitian sebelumnya membuktikan bahwa motor BLDC *axial flux* memiliki torsi yang lebih tinggi daripada bentuk *radial flux*. Selain itu motor BLDC bentuk *radial flux*

memiliki rugi daya yang lebih tinggi daripada bentuk *axial flux*. Motor BLDC ini digunakan secara luas dalam beberapa bidang: otomotif, medis, dan *automasi* industri hal ini karena desain yang simple dan memiliki kemampuan tinggi untuk berputarnya pada kecepatan tinggi, motor BLDC ini memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu efisiensi yang lebih tinggi, operasi lebih senyap, putaran lebih halus, dan perawatan yang mudah. Akan tetapi biaya lebih tinggi dan sensitif terhadap gangguan elektronik. [1] Oleh karena itu berdasarkan penelitian ini dengan judul “Rancang Bangun Motor *brushless direct current* Satu Fasa Permanen Magnet 6 Slot Dan 6 Pole *Axial Flux*”. Dengan menggunakan jumlah 6 kutub menjadi jarak antar magnet yang baik dalam proses yang dilakukan pada sensor *hall effect*. Pengembangan penelitian ini yaitu memiliki 6 *slot* sebagai stator dan 6 magnet *neodymium* sebagai rotor dan sensor *hall effect* ini yang berfungsi untuk mendeteksi medan magnet, jarak, dan kecepatan pada motor BLDC.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk memudahkan penyusunan proposal Tugas Akhir maka penulis membuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh jarak sensor *hall effect* pada kecepatan motor BLDC *Axial Flux*?
2. Bagaimana pengaruh dari jumlah kutub Magnet pada kecepatan motor BLDC *Axial Flux*?
3. Bagaimana cara merancang motor BLDC *Axial Flux*?

1.3 Batasan Masalah

1. Jumlah lilitan per slot yang digunakan adalah 1200 lilitan.
2. Pengujian motor dilakukan tanpa beban.
3. Menggunakan tegangan kerja pengujian maksimal 24 volt dc
4. Kawat yang digunakan adalah kawat *Email* berbahan tembaga berlapis *Email* dengan diameter 0,4 mm.

1.4 Tujuan

1. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh jarak dari sensor *hall effect* terhadap kecepatan motor BLDC *axial flux*
2. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari jumlah kutub terhadap kecepatan motor BLDC *axial flux*
3. Untuk merancang motor BLDC satu fasa dengan konstruksi *axial flux* 6 slot 6 pole

1.5 Manfaat

Adapun beberapa manfaat yang didapatkan dari pembuatan alat untuk tugas akhir ini adalah:

1. Pemahaman tentang konstruksi motor BLDC *Axial Flux* serta mengetahui perhitungan dari beberapa kebutuhan dari motor.
2. Dari penelitian ini juga dapat dikembangkan dalam penerapan teknologi di bidang motor listrik



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Pada bagian ini peneliti memaparkan beberapa referensi yang menjadi dasar pemikiran dalam perancangan motor *brushless direct current* (BLDC) satu fasa ini. Adapun referensi yang digunakan sebagai acuan adalah sebagai berikut:

Pada penelitian yang dilakukan oleh Septian Dwi Admaja yang berjudul “ Rancang Bangun Motor Searah Tanpa Sikat Satu Fasa (BLDC) Kontruksi *Axial Flux* Dengan Celah Udara Tunggal, penelitian ini menggunakan 12 *coil* sebagai stator dan 12 magnet *neodymium* sebagai rotor kemudian dalam perancangan ini menggunakan 2 diameter kawat yang berbeda untuk mengetahui pengaruh dari diameter kawat terhadap kecepatan motor, diameter kawat yang digunakan yaitu 0,2 mm dan 0,4 mm, kemudian penelitian ini melakukan beberapa pengujian yaitu pengujian pengaruh diameter kawat terhadap kecepatan Dimana yang dihasilkan dari penelitian ini bahwa semakin besar diameter kawat yang digunakan maka semakin besar juga kecepatan yang dihasilkan seperti dengan menggunakan diameter kawat

0,4 mm mampu mencapai kecepatan 2831 rpm. Pengujian selanjutnya untuk mengetahui pengaruh jumlah kutub terhadap kecepatan motor dalam penelitian nya peneliti menggunakan variasi jumlah kutub yaitu 4 kutub, 6 kutub, 12 kutub, dari hasil pengujian nya motor dengan jumlah 6 kutub memiliki kecepatan yang paling tinggi yaitu 3168 rpm dengan ini motor dengan jumlah 6 kutub menjadi motor dengan kecepatan yang paling bagus karena memiliki *switching* yang paling tepat dan efektif karena mampu menghasilkan kecepatan yang paling tinggi.[2]

Pada penelitian yang dilakukan oleh Fitria Rizky Amalia yang berjudul “ Rancang Bangun Kutub Magnet Dengan *Axial Flux* untuk Perbaikan Kinerja Motor *Brushless direct current*, pada penelitian ini memiliki *stator* ganda yaitu bagian atas dan bawah Dimana masing-masing memiliki 3 kumparan, kemudian penelitian ini menggunakan kawat *Email* yang digunakan stator yang ber diameter 0,3 mm, dan pada bagian rotor terdapat 6 magnet *neodymium*, penelitian ini menggunakan variasi lilitan kawat sebanyak 100, 200 dan 300 lilitan. kemudian pada penelitian ini melakukan beberapa pengujian yang pertama dengan variasi 100 lilitan dengan tegangan *input* sebesar 6volt sampai 15volt

menghasilkan kecepatan sebesar 3514 Rpm, untuk variasi 200 lilitan dengan tegangan *input* sebesar 6volt sampai 15volt menghasilkan kecepatan sebesar 3465 Rpm, dan untuk variasi 300 lilitan dengan tegangan *input* 6volt sampai 15volt menghasilkan kecepatan sebesar 3281 Rpm. Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa variasi lilitan sangat mempengaruhi kecepatan motor. Diketahui bahwa semakin banyak lilitan yang digunakan maka semakin kecil pula kecepatan motor yang dihasilkan.[3]

Pada penelitian yang dilakukan oleh Jumaani yang berjudul “ Rancang Bangun motor Brushless Direct current Satu Fasa dengan konfigurasi Axial Flux Permanent Magnet 6 Slot 8 Pole” pada penelitian ini memiliki 6 slot dan 8 pole dengan jumlah 1000 lilitan dan kemudian penelitian ini menggunakan kawat *Email* yang digunakan *stator* yang ber diameter 0,4 mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jarak sensor, ketebalan rotor, dan jumlah magnet berpengaruh terhadap kecepatan putar motor BLDC. Pada pengujian dengan tegangan 15 V, jarak sensor 3 mm menghasilkan kecepatan tertinggi sebesar 430,30 rpm dibandingkan jarak 5 mm dan 10 mm. Selain itu, rotor dengan ketebalan 2 mm menghasilkan kecepatan tertinggi sebesar 1100 rpm, sedangkan penambahan ketebalan rotor menyebabkan kecepatan menurun. Pengujian

jumlah magnet juga menunjukkan bahwa penggunaan double magnet menghasilkan kecepatan lebih tinggi, yaitu 1000 rpm, dibandingkan single magnet yang hanya mencapai 420,02 rpm. [4]

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Dengan Sebelumnya

Nama Penerbit/ Perbedaan	Fitria Risky Amalia	Septian Dwi Admaja	Bagas Abib Sasitko	Adinda Rania Safa Putri	Jumaani	Luaran Pembaruan
Variasi Tegangan	6,7,8,9,10,11,12,13,14, Dan 15V	6,8,10,12,14,16,18,20,22, Dan,24V	10 dan 24V	16 – 24 V	10 – 24 V	4 - 24 V
Fitur Sensor	<i>Hall Effect</i>	<i>Hall Effect</i>	<i>Hall Effect</i>	<i>Reed Switch</i>	<i>Hall Effect</i>	<i>Reed Switch</i>
Stator	6	12	6	6	6	6
Desain Kontruksi	<i>Axial Flux</i>	<i>Axial Flux</i>	Motor AFPM BLDC	<i>Axial Flux</i>	<i>Axial Flux</i>	<i>Axial Flux</i>
Rotor	6	12	8	6	8	4 dan 6
Jumlah Fasa	Satu Fasa	Satu Fasa	Tiga Fasa	Satu Fasa	Satu Fasa	Satu Fasa
Jumlah Lilitan Per Slot	100,200,Dan,300	600	100	900	1000	1200

2.2 Landasan Teori

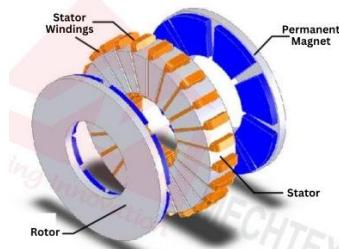
Pada bagian ini berisi tentang dasar teori yang digunakan sebagai landasan dasar dan acuan untuk mendukung kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir.

2.2.1 Motor BLDC

Motor *brushless direct current* (BLDC) merupakan salah satu jenis Motor DC yang memiliki efisiensi terbesar. Motor *Direct Current Brush* (BDC) ini memiliki banyak keuntungan: efisiensi yang tinggi, perawatan yang mudah, dan biaya *manufaktur* yang mudah. Namun motor BDLC memiliki kelemahan seperti bising pada sikat (*brush*), menghasilkan percikan api, dan masa pakai yang terbatas karena memakai sikat.

Pada motor BLDC, rotor yang terbuat dari magnet permanen, mampu diputar melalui gaya magnet dari rangkaian lilitan pada stator. Jika motor BLDC menggunakan sikat dan komutator sebagai *current switching* (saklar arus), maka motor BLDC menggunakan sensor dan rangkaian elektronik untuk *current switching*. Mengembangkan motor BLDC juga ikut serta dalam pengembangan evolusi dari semikonduktor dan teknologi perangkat *peripheral*. Fitur dari

motor BLDC yaitu ukuran yang rapat, tidak menimbulkan percikan api dan *noise* komutator. [1]



Gambar 2. 1 konstruksi motor axial flux

Sumber dari (aydin, 2008)

2.2.2 Bagian-Bagian Motor BLDC

1. Rotor

Pada motor *brushless direct current* (BLDC) rotor merupakan bagian yang bergerak yang terbuat dari magnet permanen dan memiliki jumlah kutub yang bervariasi dari dua atau lebih pasang kutub utara dan selatan. Terdapat dua konstruksi dasar motor BLDC yaitu *Outrunner* dan *Inrunner*. Pada konstruksi *Outrunner* posisi *rotor* terletak di luar sehingga bagian dari motor yang berputar adalah bagian luar dari motor. Sedangkan konstruksi *Inrunner* posisi rotor terletak pada bagian dalam motor.[4]

2. Stator

Stator merupakan bagian dari motor BLDC yang

diam, pada bagian ini tersusun dari kumparan yang 13 menghasilkan gaya magnet, pada motor BLDC terdapat dua tipe kumparan stator yaitu, *Trapezoidal* dan *Sinusoidal*. Pada motor BLDC stator digunakan untuk menghasilkan elektromagnetik, sehingga tarik menarik antara rotor dan kumparan stator yang menyebabkan rotor bisa berputar.[4]

2. Magnet permanen

Magnet *neodymium* merupakan magnet permanen dengan kekuatan magnetik terkuat. Berdasarkan kemampuan menyimpan sifat magnetiknya. Magnet sementara yang merupakan suatu medan magnet yang memiliki sifat kemagnetan yang bisa bertahan hanya sementara saja seperti magnet yang terbuat dari listrik.[5]

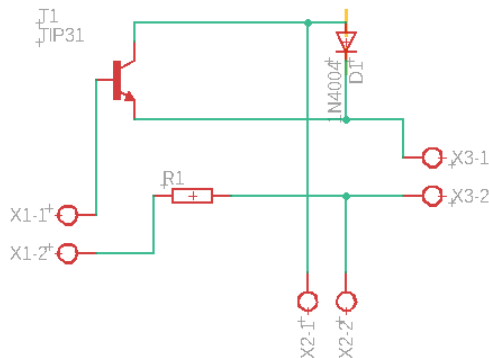
3. Stator windings

EMF (*Electro Motive Force*) atau gaya gerak listrik yang berbeda. EMF balik atau gaya gerak listrik balik itu sendiri yaitu tegangan balik yang dihasilkan oleh belitan motor BLDC ketika motor berputar yang memiliki polaritas tegangan berlawanan arahnya dengan Tegangan sumber yang dibangkitkan.[6]

4. Rangkaian elektronik atau *driver* motor

Driver atau Rangkaian elektronik adalah rangkaian

yang digunakan untuk mengontrol aliran arus pada kumparan stator motor BLDC. Karena motor *Brushless* ini berbeda dengan motor *Brushed*, perbedaan di antara keduanya ini terletak pada sistem komutasinya. Dimana pada motor *Brushed* system komutasinya menggunakan sikat untuk mengatur aliran arus pada kumparan stator. Sedangkan pada motor *Brushless* tidak memiliki sikat sehingga dalam sistem komutasinya membutuhkan *driver* untuk mengatur aliran arus tersebut.



Gambar 2. 2 Rangkaian Elektronik

2.2.3 Perbedaan Axial Flux dengan Radial Flux pada motor BLDC

Pada Motor *brushless direct current* (BLDC) terdapat dua tipe permanen magnet yaitu, tipe *axial flux* dan *radial flux*. Pada dasarnya desain motor BLDC *axial flux*

memiliki kesamaan dengan *radial flux* yang ditandai dengan kesamaan rotor *silindris*. Dimana penggunaan dua jenis motor tersebut cukup bersaing untuk penerapan pada kendaraan listrik. *Axial flux* memiliki beberapa keunggulan apabila dibandingkan dengan *radial flux*.

(*Axial Flux*) Permanen Magnet memiliki bentuk cakram (*disc*), dengan kerapatan daya lebih tinggi, serta torsi lebih besar, dan juga sangat cocok untuk kecepatan dan frekuensi rendah. (*Radial Flux*) berbentuk *silindris* sehingga cenderung lebih berat untuk daya yang sama, serta menghasilkan torsi lebih kecil dibanding *axial flux*, dan juga lebih umum untuk kecepatan tinggi dan aplikasi industri *konvensional*.

2.2.4 Kecepatan Motor

Kecepatan motor pada penelitian ini menggunakan satuan rotasi per menit (rpm). Bagian ini yang berfungsi untuk menggerakkan atau membuat motor berputar. Perputaran tersebut terjadi akibat adanya gaya elektromagnetik yang dihasilkan oleh *stator*. [6]

$$Ns = \frac{120f}{p} (\text{rpm})$$

Keterangan:

N_s = Kecepatan motor (rpm)

P = Jumlah lilitan

f = Frekuensi (Hz)

Berdasarkan nilai kecepatan putar tersebut dapat dihitung nilai kecepatan sinkron sudut dengan satuan r/s. yaitu:

$$n_s = \frac{2\pi}{60} n_r \text{ (r/s)}$$

2.2.5 Jumlah Lilitan

Untuk mencari jumlah lilitan dibutuhkan persamaan sebagai berikut.

$$n = \frac{B \cdot 2r}{\mu_0 \cdot I}$$

Keterangan:

N = Jumlah lilitan

B = Medan magnet (T)

μ_0 = Permeabilitas magnet (H/m)

r = Radius dari inti besi (mm)

I = arus yang dialiri ke kumparan stator (A)

Setelah menemukan jumlah lilitan per *slot* maka dilanjutkan dengan mencari jumlah lilitan per *slot* dengan

menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$N_{per\ slot} = \frac{N_{total}}{s}$$

Keterangan :

N per slot = Jumlah lilitan perslot

N total = Jumlah lilitan

S = Jumlah atau stator yang digunakan

2.2.6 Kuat Medan Magnet

Motor akan bekerja apabila kumparan pada stator diberi sumber tegangan, sehingga menimbulkan kuat medan magnet. Kuat medan magnet terjadi diakibatkan adanya arus yang mengalir pada belitan stator. Untuk mendapatkan nilai kuat medan magnet (B) dapat dihitung sebagai berikut:

$$\Phi = B \times A$$

$$B = \frac{\mu_o \cdot I_a \cdot N}{2l}$$

$$A = \pi \times r^2$$

Keterangan:

B = Kuat medan magnet (tesla)

Φ = *Fluks* magnet (Wb)

A = Luas penampang

π = Ketetapan (3.14)

I_a = Arus (A)

N = Banyaknya lilitan

μ_o = Permeabilitas 1 (Udara bebas)

2.2.7 Fluks Magnet

Fluks Magnet merupakan suatu ukuran atau jumlah medan magnet yang melewati luas penampang, misalnya Kumparan kawat.

$$\Phi = B \times A$$

Keterangan:

Φ = *Fluks* magnetik (wb)

B = Rapat *Fluks* magnet (T)

A = Luas magnet (m²)



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN



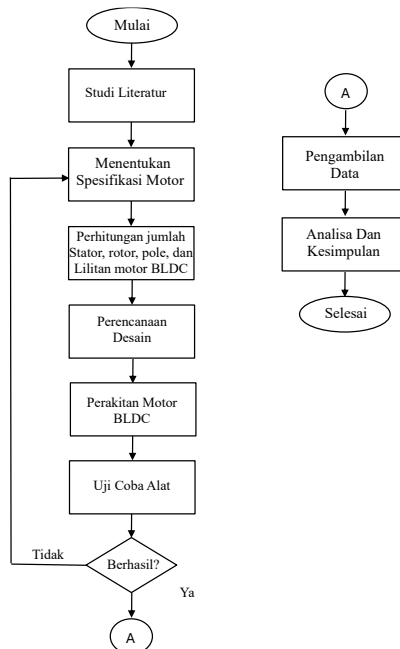
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa metode penelitian pengembangan, untuk tercapainya tahapan-tahapan ini tujuan saling berkesinambungan antara satu sama lain, dan harus dilakukan secara berurutan, pada tahapan penelitian yang dipakai ditunjukkan pada gambar 3.1

3.1.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 *Flowchart* Tahapan Penelitian 1

1. *Studi Literatur*

Dalam Tahap awal ini dari penelitian ini untuk mencari sumber informasi dari hasil penelitian sebelumnya, buku maupun *internet* untuk mengetahui karakteristik dari motor BLDC serta komponen yang digunakan, dan juga prinsip kerja dari motor BLDC. Diharapkan dengan *studi literatur* yang didapat bisa memberikan arahan untuk mengurangi kesalahan dalam melakukan penelitian.

2. Menentukan Spesifikasi Motor

Pada Tahap selanjutnya ini untuk menentukan spesifikasi motor, melakukan penentuan spesifikasi motor seperti menentukan Jumlah kawat dan magnet yang akan digunakan, jumlah stator dan rotor pada motor, jumlah lilitan, *fitur* sensor yang akan digunakan, serta desain konstruksi.

3. Perhitungan Jumlah Stator, Rotor, *Pole*, Dan jumlah Lilitan

Untuk menentukan spesifikasi motor tahap selanjutnya yaitu melakukan perhitungan jumlah Stator, Rotor, *Pole*, Dan jumlah Lilitan yang akan digunakan, pada tahap ini dilakukan sebagai pertimbangan kecepatan motor, diameter kawat dan jumlah lilitan.

4. Perancangan Desain

Setelah menentukan jumlah Stator, Rotor, *Pole*, Dan jumlah Lilitan pada tahap selanjutnya yaitu perencanaan Desain, Tahap ini menggunakan perangkat lunak desain seperti Fusion 360, dalam pemilihan meliputi material dan ukuran dari komponen yang akan digunakan pada motor BLDC.

5. Perakitan Motor BLDC

Pada proses ini melakukan perakitan motor BLDC dengan hasil desain yang di rancang, pada penelitian ini memperhatikan bahan dan komponen yang akan digunakan.

6. Uji Alat

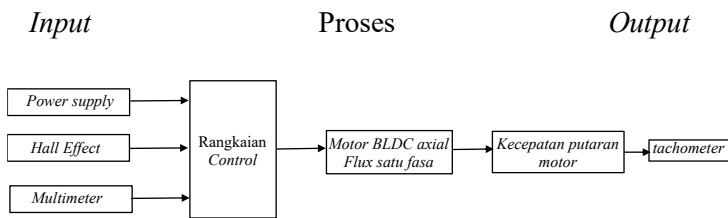
Pada pengujian pada motor BLDC ini dilakukan untuk menguji kecepatan putar motor, torsi motor, daya mekanis motor, dan efisiensi motor.

7. Pengambilan Data

Setelah melakukann pengujian alat maka motor berfungsi sesuai dengan perencanaan kemudian dilanjutkan proses pengambilan data, mulai dari pemasangan kawat *Email*, menentukann jumlah lilitan, dan jumlah *pole* dan *slot* pada motor BLDC.

8. Analisa dan Kesimpulan

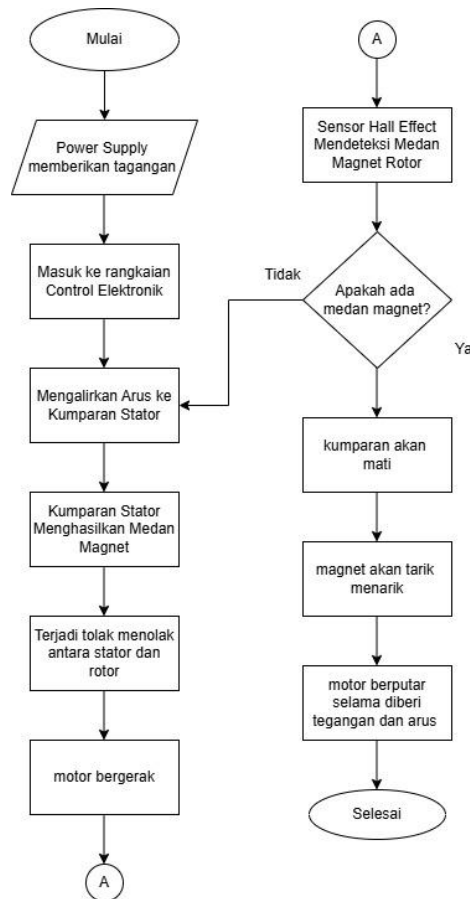
Pada tahap akhir ini, hasil pengambilan data kemudian dapat ditarik beberapa Analisa yang menyangkut kinerja dari alat yang dibuat dan sehingga dapat memberikan Kesimpulan.



Gambar 3. 2 Blog Diagram 1

Prinsip kerja dari penelitian ini menunjukkan pada blog diagram diatas menggunakan *power supply* sebagai sumber tegangan. Fungsi dari *power supply* yaitu yang memberikan tegangan DC yang digunakan untuk megoperasikan semua sistem. Kemudian pada penelittian ini menggunakan sensor *hall effect* untuk membaca perubahan putaran pada motor *brushless direct current* (BLDC), kemudian dilanjutkan dengan rangkaian kontrol sebagai sistem pengalihan arus untuk mengontrol aliran arus pada lilitan stator secara berurutan untuk menciptakan medan magnet sehingga rotor dapat berputar secara terus-menerus. Pada motor BLDC menggunakan 6 *pole* dan 6 *slot*, pada motor BLDC ini

berfungsi sebagai pemutar utama dalam sistem. Dengan ini menghasilkan putaran berdasarkan kontrol yang diterapkan melalui rangkaian kontrol, motor BLDC *output* dari sistem ini juga menggunakan *tachometer* untuk mengukur kecepatan putaran rotor pada motor BLDC.



Gambar 3. 3 Flowchart Sistem Kerja Alat 1

Pada Gambar 3.3 ditunjukkan *Flowchart* sistem kerja alat, untuk menjalankan sebuah sistem motor *brushless direct current* (BLDC) yang membutuhkan tegangan untuk memutar *rotor* dari motor BLDC tersebut. Pada penelitian ini menggunakan sumber tegangan dari *power supply*, dengan ini sistem akan dilanjutkan mengatur tegangan yang sudah ditentukan, setelah melakukan tegangan yang sudah ditentukan dengan *power supply* maka medan magnet antara stator dan rotor akan terjadi tolak menolak pada bagian motor. Ketika kumparan stator yang dialiri tegangan listrik maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang menyebabkan terjadinya tolak menolak. Ketika sudah terjadi tolak menolak maka motor akan berputar dan juga sensor *Hall Effect* akan mendeteksi adanya medan magnet yang berputar. Ketika sensor *Hall Effect* mendeteksi bahwa adanya medan magnet maka dapat diumpankan bahwa sensor ini memiliki nilai 1 dan kumparan stator yang menghasilkan medan magnet yang bernilai 0. Disinilah yang terjadi proses tolak menolak dan mengirimkan sinyal ke pengontrol elektronik, kemudian arus listrik yang mengalir ke stator dapat menghasilkan medan magnet yang sama. Proses ini akan mendeteksi medan magnet yang mengirim data ke posisi

rotor ke rangkaian kontrol elektronik yang di aliri ke kumparan *stator* yang menghasilkan medan magnet dengan kutub yang berlawanan. Proses ini akan terus terjadi sehingga motor BLDC ini dapat berputar secara terus menerus selama dialiri arus. tegangan ini yang dapat mengeluarkan besaran medan magnet, setelah semua proses berhasil dengan mengubah tegangan yang telah ditentukan dan dilanjutkan proses pengambilan data yang sesuai dengan ketentuan.

3.1.2 Spesifikasi Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam peneliti ini yaitu sebagai berikut:

1. *Hall Effect* (Sensor Magnet)

Sensor ini merupakan salah satu sensor yang digunakan pada motor *brushless direct current* (BLDC) yang berfungsi untuk memberikan *feedback* pada rangkaian kontrol. Sensor ini dioperasikan dengan menggunakan medan magnet yang dihasilkan oleh salah satu magnet permanen atau arus pembawa *coil*. Mereka mendorong utara (N) dan selatan (S) kutub pada buluh. Kekuatan menarik magnet mengarah ke penutupan kontak.



Gambar 3. 4 *Hall Effect*

Sumber: <https://sl.bing.net/iK04sI51AI0>

2. Kawat *Email*

Kawat *Email* digunakan pada motor BLDC yang terletak dibagian *stator* yang berfungsi untuk menghasilkan medan elektromagnetik. Kawat ini dilapisi dengan lapisan isolator tipis berbahan *Email* atau *enamel*, pada penelitian ini akan menggunakan 6 *stator*. Dengan adanya lapisan *Email* bisa digunakan untuk membungkus kumparan pada motor BLDC.



Gambar 3. 5 Kawat *Email*

Sumber: <https://sl.bing.net/gP37oacjm5Q>

3. Magnet *Neodymium*

Magnet ini merupakan bagian yang digunakan pada motor BLDC yang berfungsi sebagai rotor, magnet *neodymium* adalah jenis magnet permanen terkuat yang tersedia secara komersial. Dimana pada penelitian ini akan menggunakan beberapa variasi 4, 6, dan 8 magnet permanen.



Gambar 3. 6 Magnet Neodymium

Sumber: <https://sl.bing.net/iPjliTfbR2y>

4. *Power Supply*

Power supply adalah perangkat yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik ke komponen-komponen pada motor BLDC, *Power supply* ini sangat penting dalam mengubah *input* tegangan AC (arus bolak-balik) menjadi tegangan DC (searah).



Gambar 3. 7 *Power Supply*

Sumber: <https://sl.bing.net/kNYfvbUld00>

5. Bearing

Bearing ini Adalah sebuah komponen pada motor BLDC yang berfungsi sebagai penopang poros (*shaft*) pada motor agar dapat berputar dengan halus dan stabil,



Gambar 3. 8 Bearing 1

Sumber: <https://sl.bing.net/ejgIrzDpyLY>

6. Baut dan Mur

Penelitian ini menggunakan komponen baut dan mur yang biasanya dilengkapi kepala di salah satu sisi yang digunakan sebagai pengikat utama yang disisipkan melalui lubang pada dua atau lebih komponen untuk menyatukannya.



Gambar 3. 9 Baut dan Mur

Sumber: <https://sl.bing.net/hSu2sGmsopQ>

7. Filament

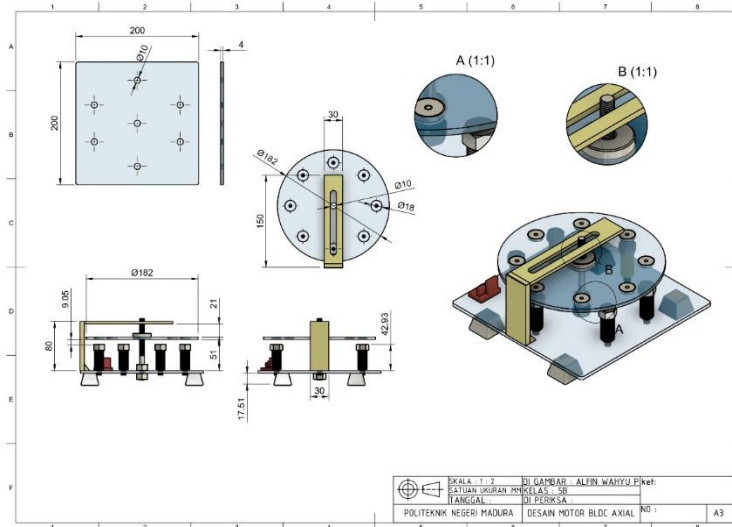
Pada penelitian ini menggunakan filamant 3D yaitu sebuah silinder Panjang yang berdiameter tertentu yang membuat yang terbuat dari berbagi macam *polymer*. Bahan baku untuk mesin 3D printer yang membentuk berbagai benda. Pada penelitian ini filament sebagai pembentukan *cover* dari motor BLDC.



Gambar 3. 10 Filament 3D

Sumber: <https://sl.bing.net/hkBx7NDwljM>

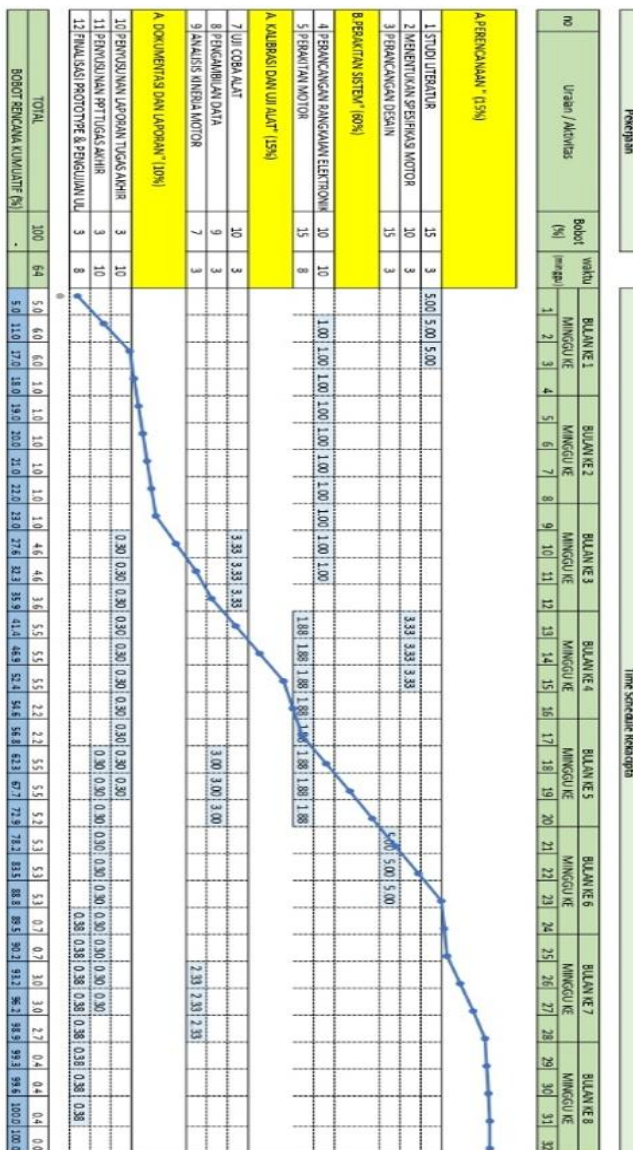
8. Desain Alat



9. Tabel Nilai Parameter

Tabel 3. 1 Nilai Parameter

No	Parameter	Nilai
1.	Jumlah Stator	6
2.	Jumlah Rotor	6
3.	Jumlah Lilitan	7200 lilitan
4.	Jumlah Lilitan <i>per slot</i>	1200 lilitan
5.	Jumlah magnet <i>Rotor</i>	8
6.	Jarak sudut antar magnet	60°
7.	Diameter magnet <i>neodymium</i>	25 mm
8.	Diameter kawat	0,4 mm





POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab IV ini akan dibahas tentang pengujian dan data perhitungan perencanaan perancangan motor BLDC *Axial Flux* Satu Fasa 6 Slot dan 6 Pole.

4.1 Perhitungan Perancangan Motor

Dalam perancangan motor ini diperlukan beberapa perhitungan untuk mengetahui apakah perencanaan dengan alat sudah sesuai.

1. Perhitungan jarak antar sudut magnet stator

$$\theta_{slot} = \frac{360^\circ}{\text{Jumlah slot stator}}, \theta_{slot} = \frac{360^\circ}{6} = 60^\circ$$

Dalam Perhitungan jarak antar sudut ini diperlukan untuk mencari jarak antar sudut pada permanent magnet stator dan rotor. Dalam perhitungan berpatokan pada lingkaran dengan derajat, dimana 360° di bagi jumlah stator yaitu sebesar 6, sehingga menghasilkan jarak antar sudut sebesar 60° .

2. Perhitungan Jumlah Lilitan

$$N_{per\ slot} = \frac{N_{total}}{s}, N_{per\ slot} = \frac{7.200}{6} = 1.200$$

Dalam pembuatan motor juga memerlukan lilitan, sehingga dibutuhkan jumlah lilitan total yaitu sebesar 7.200

dan jumlah stator yang digunakan sebesar 6 stator, maka ditemukan hasil jumlah per *slot* sebesar 1.200 lilitan.

3. Perhitungan kecepatan motor

$$N_s = \frac{120 \times f}{p}, N_s = \frac{120 \times 50}{6} = \frac{6.000}{6} = 1.000$$

Dalam mencari kecepatan putar rotor, diperlukan rumus seperti di atas, dimana 120 adalah ketentuan rumus dan f adalah frekuensi yang digunakan sebesar 50 Hz dan p adalah jumlah kutub yang gunakan sebesar 6, sehingga menghasilkan kecepatan putar sebesar 1.000 rpm.

4. Luas penampang

$$\begin{aligned} A &= 2\pi r(r + t) = 2 \times 3,14 \times 0,7 (0,7 + 11) \\ &= 2 \times 3,14 \times 8,19 \\ &= 51,4332 \text{ cm} \\ &= 0,00514332 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas penampang dihitung menggunakan rumus $A = 2\pi r(r + t)$ dengan memasukkan nilai $r = 0,7$, $t = 11$, dan $\pi = 3,14$. Hasil perhitungan diperoleh luas penampang sebesar 51,4332 cm^2 atau 0,00514332 m^2 setelah dikonversi ke satuan SI.

4.2 Pengambilan Data

Pada penelitian ini data melakukan pengujian dan pengambilan data, pengambilan data dilakukan di Lab Elektrik Drive, Politeknik Negeri Madura. Pengujian yang

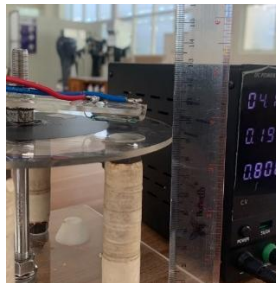
akan di lakukan antara lain:

1. Pengujian Jarak Sensor Terhadap Kecepatan
2. Pegujian Jumlah Kutub Terhadap Kecepatan

4.2.1 Pengujian Jarak Sensor Terhadap Kecepatan

1. Pengujian Jarak Sensor 3mm 6 Rotor

Pada gambar 4.1 merupakan bukti pengukuran untuk pengambilan data pada jarak sensor terhadap kecepatan. Dan pada tabel 4.1 merupakan hasil pengambilan data pada jarak sensor 3mm 6 Rotor.



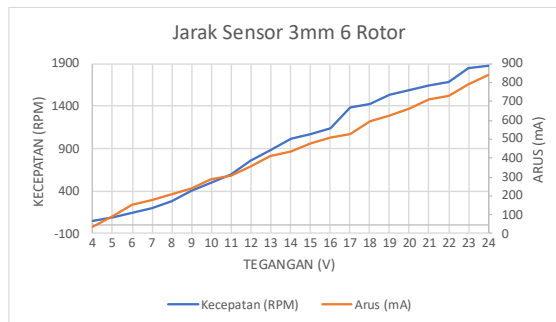
Gambar 4. 1 Jarak Sensor 3mm 6 Rotor

Tabel 4. 1 Jarak Sensor 3mm 6 Rotor

NO	Tegangan (V)	Arus (A)	Kecepatan (RPM)
1.	4V	0.37	44.25
2.	5V	0.90	89.67
3.	6V	0.150	14730
4.	7V	0.180	196.53
5.	8V	0.209	275.04

6.	9V	0.241	400.72
7.	10V	0.285	503.61
8.	11V	0.305	595.75
9.	12V	0.357	755.02
10.	13V	0.411	877.75
11.	14V	0.432	1016.4
12.	15V	0.475	1072.1
13.	16V	0.506	1137.6
14.	17V	0.530	1387.9
15.	18V	0.593	1426.8
16.	19V	0.622	1534.2
17.	20V	0.663	1585.7
18.	21V	0.713	1647.9
19.	22V	0.731	1683.2
20.	23V	0.792	1851.3
21.	24V	0.842	1881.6

Dari hasil tabel data di atas juga terdapat data grafik sebagai gambar dibawah ini.

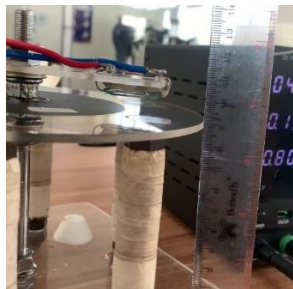


Gambar 4. 2 grafik data jarak sensor 3mm 6 Rotor

2. Pengujian Jarak Sensor 5mm 6 Rotor

Pada gambar 4.3 merupakan bukti pengukuran untuk pengambilan data pada jarak sensor terhadap kecepatan.

Dan pada tabel 4.2 merupakan hasil pengambilan data pada jarak sensor 5mm 6 Rotor.



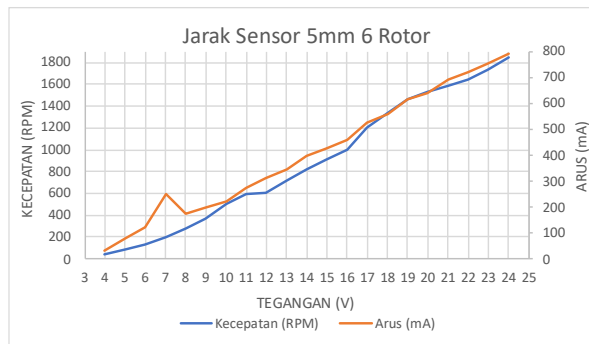
Gambar 4. 3 Jarak sensor 5mm 6 Rotor

Tabel 4. 2 Jarak Sensor 5mm 6 Rotor

NO	Tegangan (V)	Arus (A)	Kecepatan (RPM)
1.	4V	0.31	39.18
2.	5V	0.79	80.94
3.	6V	0.122	131.88
4.	7V	0.150	193.04
5.	8V	0.174	272.89
6.	9V	0.196	365.53
7.	10V	0.221	500.08
8.	11V	0.273	592.94
9.	12V	0.314	608.40
10.	13V	0.347	716.82
11.	14V	0.397	820.36
12.	15V	0.428	914.39
13.	16V	0.459	997.48

14.	17V	0.525	1200.3
15.	18V	0.559	1344.5
16.	19V	0.618	1468.5
17.	20V	0.641	1533.2
18.	21V	0.693	1591.6
19.	22V	0.721	1643.1
20.	23V	0.754	1735.4
21.	24V	0.793	1846.3

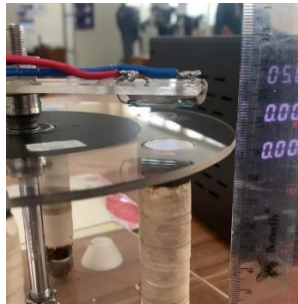
Dari hasil tabel data di atas juga terdapat data grafik sebagai gambar dibawah ini.



Gambar 4. 4 grafik data jarak sensor 5mm 6 Rotor

3. Pengujian Jarak Sensor 10mm 6 Rotor

Pada gambar 4.5 merupakan bukti pengukuran untuk pengambilan data pada jarak sensor terhadap kecepatan. Dan pada tabel 4.3 merupakan hasil pengambilan data pada jarak sensor 1cm 6 rotor.

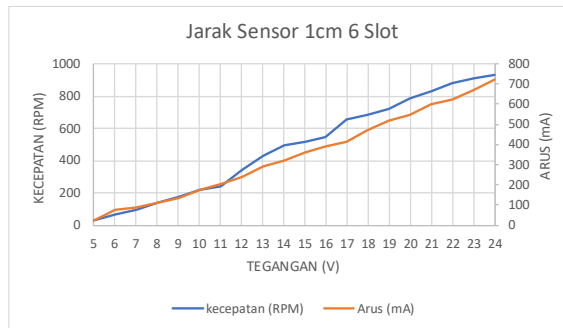


Gambar 4. 5 Jarak Sensor 10mm 6 Rotor

Tabel 4. 3 Jarak sensor 10mm 6 Rotor

NO	Tegangan (V)	Arus (A)	Kecepatan (RPM)
1.	5V	0.25	28.67
2.	6V	0.79	66.87
3.	7V	0.91	96.92
4.	8V	0.110	138.35
5.	9V	0.136	172.40
6.	10V	0.176	215.84
7.	11V	0.207	238.61
8.	12V	0.240	340.30
9.	13V	0.289	430.69
10.	14V	0.321	494.19
11.	15V	0.360	520.64
12.	16V	0.391	548.03
13.	17V	0.412	653.99
14.	18V	0.472	685.43
15.	19V	0.516	722.81
16.	20V	0.547	788.57
17.	21V	0.599	831.74
18.	22V	0.621	876.98
19.	23V	0.672	907.47
20.	24V	0.724	931.05

Dari hasil tabel data di atas juga terdapat data grafik sebagai gambar dibawah ini.



Gambar 4. 6 grafik data jarak sensor 10mm 6 Rotor

Tabel 4. 4 Perbedaan Jarak Sensor

Jarak Sensor	Tegangan Input Motor (V)	Arus Input Motor (A)	Kecepatan Motor (RPM)
3mm	24V	0.842	1881.6
5mm	24V	0.793	1846.3
10mm	24V	0.724	931.05

Berdasarkan data yang dihasilkan pada pengujian dengan variasi jarak sensor dengan menggunakan 6 rotor pada tegangan 24 V, jarak sensor memengaruhi arus dan kecepatan motor BLDC satu fasa. Pada jarak 3mm diperoleh arus 0.842 A dengan kecepatan 1881.6 RPM, pada jarak 5 mm arus 0.793 A dengan kecepatan 1846.3 RPM, sedangkan pada jarak 10mm arus 0.724 A dengan kecepatan 931.05 RPM. Ketika jarak sensor terlalu jauh, sinyal yang diterima menjadi lebih lemah sehingga proses komutasi tidak

erlangsung secara optimal. Akibatnya, torsi elektromagnetik yang dihasilkan motor berkurang dan kecepatan putar menjadi lebih rendah. Secara keseluruhan, jarak sensor 3mm memberikan performa yang paling optimal karena mampu menghasilkan kecepatan yang tetap tinggi dengan konsumsi arus yang lebih efisien, sehingga memberikan keseimbangan terbaik antara performa dan efisiensi energi.

4.2.2 Pengujian Jarak Sensor Terhadap Kecepatan

1. Pengujian Jarak Sensor 3mm 4 Rotor

Pada gambar 4.7 merupakan bukti pengukuran untuk pengambilan data pada jarak sensor terhadap kecepatan. Dan pada tabel 4.5 merupakan hasil pengambilan data pada jarak sensor 3mm.

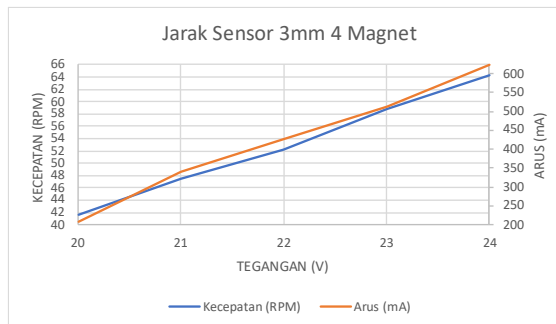


Gambar 4. 7 Jarak Sensor 3mm 4 Rotor

Tabel 4. 5 Data Jarak Sensor 3mm 4 Rotor

NO	Tegangan (V)	Arus (A)	Kecepatan (RPM)
1.	20V	0.207	41.68
2.	21V	0.340	47.47
3.	22V	0.426	52.29
4.	23V	0.512	58.84
5.	24V	0.624	64.32

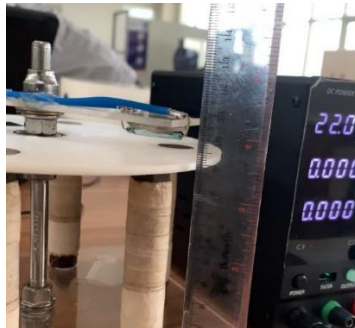
Dari hasil tabel data di atas juga terdapat data grafik sebagai gambar dibawah ini.



Gambar 4. 8 grafik data jarak sensor 3mm 4 Rotor

2. Pengujian Jarak Sensor 5mm 4 Rotor

Pada gambar 4.9 merupakan bukti pengukuran untuk pengambilan data pada jarak sensor terhadap kecepatan. Dan pada tabel 4.6 merupakan hasil pengambilan data pada jarak sensor 5mm.

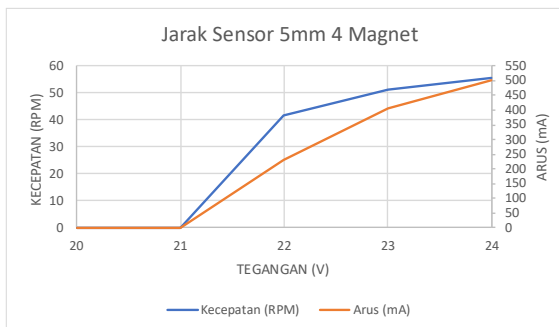


Gambar 4. 9 Jarak Sensor 5mm 4 Rotor

Tabel 4. 4 Data Jarak Sensor 5mm 4 Rotor

NO	Tegangan	Arus	Kecepatan
1.	20V	0	0
2.	21V	0	0
3.	22V	0.231	41.76
4.	23V	0.406	51.18
5.	24V	0.502	55.58

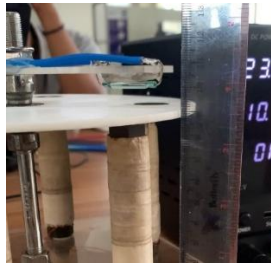
Dari hasil tabel data di atas juga terdapat data grafik sebagai gambar dibawah ini.



Gambar 4. 10 grafik data jarak sensor 5mm 4 Rotor

3. Pengujian Jarak Sensor 10mm 4 Rotor

Pada gambar 4.11 merupakan bukti pengukuran untuk pengambilan data pada jarak sensor terhadap kecepatan. Dan pada tabel 4.7 merupakan hasil pengambilan data pada jarak sensor 1cm.

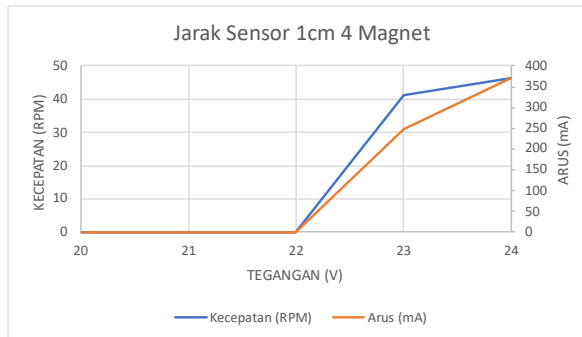


Gambar 4. 11 Jarak Sensor 10mm 4 Rotor

Tabel 4. 7 Data Jarak sensor 10mm 4 Rotor

NO	Tegangan	Arus	Kecepatan
1.	20V	0	0
2.	21V	0	0
3.	22V	0	0
4.	23V	0.248	41.20
5.	24V	0.371	46.16

Dari hasil tabel data di atas juga terdapat data grafik sebagai gambar dibawah ini.



Gambar 4. 12 grafik data jarak sensor 10mm 4 Rotor

Tabel 4. 8 Perbedaan Jarak Sensor

Jarak Sensor	Tegangan Input Motor (V)	Arus Input Motor (A)	Kecepatan Motor (RPM)
3mm	24V	0.624	64.32
5mm	24V	0.502	55.58
10mm	24V	0.371	46.16

Berdasarkan data yang dihasilkan pada pengujian dengan variasi jarak sensor dengan menggunakan 4 rotor pada tegangan 24 V, jarak sensor memengaruhi arus dan kecepatan motor BLDC satu fasa. Pada jarak 3mm diperoleh arus 0.624 A dengan kecepatan 64.32 RPM, pada jarak 5mm arus 0.502 A dengan kecepatan 55.58 RPM, sedangkan pada jarak 1cm arus 0.371 A dengan kecepatan 46.16 RPM. Secara keseluruhan, jarak sensor 3mm memberikan performa yang paling optimal karena mampu menghasilkan kecepatan yang tetap tinggi dengan konsumsi arus yang lebih efisien, sehingga memberikan keseimbangan terbaik antara performa

dan efisiensi energi.

4.2.3 Pengujian Jumlah Kutub Terhadap Kecepatan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi jumlah kutub *rotor* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik putaran motor BLDC. Pada penelitian ini digunakan tiga variasi jumlah kutub, yaitu 4 kutub, 6 kutub, dan 8 kutub. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa rotor dengan 4 kutub menghasilkan putaran yang relatif lambat, rotor 6 kutub menghasilkan putaran yang paling optimal sesuai target perancangan, sedangkan rotor 8 kutub tidak mampu berputar. Pada konfigurasi 4 kutub, motor masih mampu menghasilkan torsi sehingga rotor dapat berputar. Namun, kecepatan yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan konfigurasi 6 kutub. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi slot dan kutub yang digunakan belum menghasilkan distribusi fluks magnet yang optimal.

Pada konfigurasi 6 kutub, motor menghasilkan putaran yang paling baik. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi tersebut memiliki kesesuaian terbaik dengan stator 6 *slot* yang digunakan pada penelitian. Distribusi medan magnet menjadi lebih merata sehingga proses

komutasi berlangsung stabil dan menghasilkan torsi yang cukup untuk mempertahankan putaran motor.

Pada konfigurasi 8 kutub, motor tidak dapat berputar. Secara teori, penambahan jumlah kutub memang dapat meningkatkan frekuensi perubahan *fluks* magnet dan berpotensi meningkatkan torsi pada desain tertentu. Akan tetapi, peningkatan jumlah kutub harus diimbangi dengan desain *slot* stator, lilitan, posisi sensor *Hall effect*, dan sistem komutasi yang sesuai. Apabila tidak sesuai, proses komutasi menjadi tidak sinkron sehingga medan magnet stator gagal menghasilkan torsi yang cukup untuk memutar rotor. Hal tersebut mengakibatkan rotor hanya bergetar atau bahkan tidak berputar sama sekali. Hasil penelitian mengenai pengaruh kombinasi *slot* dan kutub juga menunjukkan bahwa kombinasi yang tidak sesuai dapat menurunkan kualitas *back-EMF*, meningkatkan *cogging torque*, dan menurunkan performa motor secara keseluruhan.

Penelitian Jafarishiadeh dan Amini (2017) pada motor *Axial Flux* PM BLDC menjelaskan bahwa pemilihan kombinasi slot dan kutub sangat memengaruhi nilai *back-EMF*, *fluks* magnet, torsi elektromagnetik, serta efisiensi motor. Tidak semua penambahan jumlah kutub menghasilkan

performa yang lebih baik karena setiap konfigurasi harus disesuaikan dengan desain *stator* dan sistem penggeraknya[7].

Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi jumlah kutub berpengaruh langsung terhadap kecepatan putar motor BLDC. Konfigurasi 6 kutub merupakan konfigurasi paling optimal pada motor yang dirancang karena menghasilkan distribusi medan magnet dan proses komutasi yang paling sesuai. Sementara itu, 4 kutub menghasilkan putaran yang lebih lambat, sedangkan 8 kutub tidak dapat berputar akibat ketidaksesuaian antara jumlah kutub dengan konfigurasi *stator* dan sistem komutasi.

4.2.4 Pengujian Jumlah Kutub Magnet Terhadap Kecepatan

Tabel 4. 9 Pengujian jumlah kutub

Tegangan (V)	Jumlah Magnet	Arus (A)	Kecepatan (RPM)
24V	4 Rotor	0.624	64.32
24V	6 Rotor	0.842	1881.6

Berdasarkan tabel diatas pegujian untuk mengetahui pengaruh jumlah magnet terhadap kecepatan pada pengujiannya diberikan tegangan yang sama yaitu 24V,

dengan jumlah 4 *rotor* , jarak *sensor* 3mm, jarak sensor 3mm, pada pengujian motor 4 rotor menghasilkan kecepatan sebesar 64.32 Rpm, sedangkan pada jumlah 6 rotor, jarak sensor 3mm, menghasilkan kecepatan sebesar 64.32 Rpm.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan proses perancangan pembuatan alat serta melakukan pengujian dan Analisa dari data pengujian, maka dapat di ambil kesimpulan dan saran dari proses pengambilan data uji yang telah dilakukan oleh penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

5.1 Kesimpulan

Dari keseluruhan proses yang sudah dilakukan pada penyusunan Tugas Akhir ini, dimulai dari studi Literatur, perancangan alat dan pengujiannya maka, dapat disimpulkan bahwa :

1. Motor BLDC *Axial Flux* satu fasa 6 slot berhasil dirancang sesuai dengan perencanaan. Hasil perhitungan menunjukkan sudut antar slot stator sebesar 60° , jumlah lilitan sebesar 1.200 lilitan pada setiap slot dari total 7.200 lilitan, serta kecepatan sinkron sebesar 1.000 RPM berdasarkan perhitungan.
2. Berdasarkan Variasi jarak sensor Hall berpengaruh terhadap performa motor, terutama

terhadap kecepatan putar dan arus. Pada konfigurasi rotor 6 kutub dengan tegangan 24 V diperoleh hasil terbaik pada jarak sensor 3 mm dengan arus sebesar 0,842 A dan kecepatan putar mencapai 1881,6 RPM. Pada jarak sensor 5 mm kecepatan menurun menjadi 1846,3 RPM dengan arus 0,793 A, sedangkan pada jarak sensor 1 cm kecepatan turun menjadi 931,05 RPM dengan arus 0,724 A. Hal ini menunjukkan bahwa semakin dekat posisi sensor Hall terhadap magnet rotor, proses komutasi menjadi lebih akurat sehingga performa motor meningkat.

3. Variasi jumlah kutub rotor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kecepatan putar motor. Rotor dengan 6 kutub menghasilkan performa terbaik karena memiliki kesesuaian dengan konfigurasi stator 6 *slot* sehingga distribusi medan magnet dan proses komutasi berlangsung lebih optimal. Rotor 4 kutub masih dapat berputar, tetapi hanya menghasilkan kecepatan maksimum sebesar 64,32 RPM pada tegangan 24 V. Sementara itu, rotor 8 kutub tidak dapat berputar

karena konfigurasi kutub tidak sesuai dengan desain stator dan sistem komutasi yang digunakan.

5.2 Saran

1. Pengujian variasi jumlah lilitan perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap terhadap kecepatan atau kinerja motor, khususnya terhadap nilai resistansi, induktansi, efisiensi dan torsi motor.
2. Melakukan pengujian lebih lanjut seperti pengujian torsi dan beban pada motor BLDC, untuk mengetahui bagaimana torsi memberikan gambaran dalam motor beroperasi dibawah kondisi yang berbeda, termasuk saat motor harus mengatasi beban berat saat bekerja dalam waktu yang lama.
3. Melakukan optimasi desain stator, rotor, dan jumlah lilitan agar efisiensi motor serta torsi yang dihasilkan menjadi lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Abib Sastiko, “Rancang Bangun Motor Three-Phase Brushless Direct Current Tipe Axial Flux Konstruksi Rotor Ganda Magnet Permanen,” *Skripsi*, pp. 13–16, 2020, [Online]. Available: [https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/101932%0Ahttps://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/101932/Bagas Abib Sastiko - 161910201013 b.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/101932%0Ahttps://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/101932/Bagas%20Abib%20Sastiko%20-%20161910201013b.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [2] S. D. Atmaja, “Rancang Bangun Motor Searah Tanpa Sikat Satu Fasa (BlDC) Kontruksi Axial Flux (Pancake) Dengan Celah Udara Tunggal,” *Digit. Repos. Univ. Jember*, 2021.
- [3] Fitria Rizki Amalia, *Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember*. 2018.
- [4] Jumaani, *MOTOR BRUSHLESS DIRECT CURRENT SATU FASA DENGAN KONFIGURASI AXIAL FLUX PERMANENT MAGNET 6 SLOT 8 MOTOR FASA DENGAN KONFIGURASI AXIAL FLUX PERMANENT MAGNET 6 SLOT 8*. 2025.
- [5] Muhammad, *Analisis Driver H-Bridge Menggunakan Relay Pada Motor BLDC Konstruksi Axial Flux (Celah Ganda)*. 2018.

- [6] Sistem, *Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember*. 2017.
- [7] S. Jafarishiadeh and M. Amini, “Design and Comparison of Axial-Flux PM BLDC Motors for Direct Drive Electric Vehicles: Conventional or Similar Slot and Pole Combination,” vol. 6, no. 1, pp. 15–20, 2017.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perancangan alat



BIODATA PENULIS



Alfin Wahyu Pratama lahir di pamekasan 07 April 2005. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara dan dari orang tua yang bernama Edi Suyanto dan Wiji Astutik. Riwayat pendidikan penulis adalah lulusan SDN Kangenan 1 pada tahun 2013, SMPN 8 Pamekasan pada tahun 2019, dan lulusan SMKN 2 Pamekasan pada tahun 2022. Penulis memutuskan untuk melanjutkan Pendidikan Perguruan tinggi di Politeknik Negeri Madura tepatnya di jurusan Teknologi Elektro prodi Teknik Listrik Industri pada tahun 2023. Dalam menempuh pendidikan ini penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN MOTOR BURSHLEESH CURRENT SATU FASA PERMANEN MAGNET 6 SLOT DAN 6 POLE AXIAL FLUX”**