



**ANALISIS *DRIVER* TERHADAP KECEPATAN MOTOR *BRUSHLESS*
DIRECT CURRENT SATU FASA KONTRUKSI AXIAL
FLUX CELAH UDARA TUNGGAL**

SKRIPSI

Oleh

Rizqi Afif

NIM 141910201036

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**ANALISIS *DRIVER* TERHADAP KECEPATAN MOTOR *BRUSHLESS*
DIRECT CURRENT SATU FASA KONTRUKSI AXIAL
FLUX CELAH UDARA TUNGGAL**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Rizqi Afif

NIM 141910201036

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Dengan ini saya persembahkan skripsi kepada :

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Kedua orang tua tercinta, Aba As' adi dan Umi Hamidatul Munifah serta Saudara – saudaraku Fahrur Rozi As'ad, Fadilah, Marofiqul Ikhwan, Nuris Syamsiyah As'ad, Rahmad Hidayat, dan Faridatul Jannah atas kasih sayang, pengorbanan, kesabaran, selalu mengingatkan dan selalu menyayangi tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
3. Istriku tercinta Novika Putri Dwi Cahyani yang selalu menjaga, perhatian, selalu merawat setiap waktu dan tidak mengenal kata lelah, dan keluarga baruku ayah Kamarudin dan Ibu Nurcahyani yang selalu terus mendoakan.
4. Guru – guru mulai TK PKK Pandan, SDN Pandan, SMP Negeri 2 Pamekasan, SMA Negeri 1 Pamekasan dan dosen – dosen Teknik Elektro Universitas Jember. Terima kasih untuk ilmu dan pengalaman yang telah diajarkan selama ini.
5. Terima kasih banyak teman – teman KONTRAKAN JEGGER yang selalu menemani, saling mengingatkan, dan menyemangati setiap hari.
6. Keluarga KETEK UJ yang selalu membantu, menyemangati dan selalu mendampingi selama kuliah 4 tahun serta dalam pengerjaan skripsi ini, dan terima kasih para asisten – asisten lab yang telah ikut membantu.
7. Almamater Teknik Elektro Universitas Jember.

MOTTO

“Barang siapa yang mengerjakan kebaikan seberat dzarrah pun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya. Dan barang siapa yang mengerjakan sebesar dzarrah pun, niscaya dia akan melihat (balasan)nya pula.”

(Q.S, Az-Zalzalah: 7 – 8;)

“Apa saja musibah yang menimpa kamu adalah disebabkan oleh perbuatan tanganmu sendiri”

(Q.S, Asy-Syuura: 30)

“Sesuatu yang dilakukan ada yang mengatur semua dan tidak akan meleset dari rencana-Nya”

(RIZQI AFIF)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rizqi Afif

NIM : 141910201036

menyatakan bahwa sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Analisis *Driver* Terhadap Kecepatan Motor BLDC (*Brushless Direct Current*) Satu Fasa Kontruksi *Axial Flux* Celah Udara Tunggal” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan dalam institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Juli 2018

Yang menyatakan,

Rizqi Afif

NIM 141910201036

SKRIPSI

**ANALISIS *DRIVER* TERHADAP KECEPATAN MOTOR *BRUSHLESS*
DIRECT CURRENT SATU FASA KONTRUKSI AXIAL
FLUX CELAH UDARA TUNGGAL**

Oleh
Rizqi Afif
NIM 141910201036

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Widyono Hadi, M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Widya Cahyadi, S.T, M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Analisis Driver Terhadap Kecepatan Motor BLDC (*Brushless Direct Current*) Satu Fasa Kontruksi Axial Flux Celah Udara Tunggal**” Karya Rizqi Afif NIM : 141910201036 telah diuji dan disahkan oleh Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Senin

Tanggal : 16 Juli 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua,

Anggota I,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 196104141989021001

Widya Cahyadi, S.T., M.T.
NIP 198511102014041001

Anggota II,

Anggota III,

Ali Rizal Chaidir, S.T., M.T.
NIP 760015754

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.
NIP 196403171998021001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Analisis Driver Terhadap Kecepatan Motor BLDC (*Brushless Direct Current*) Satu Fasa Kontruksi *Axial Flux* Celah Udara Tunggal; Rizqi Afif; 141910201036; 2018; 66 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, banyak penemuan baru dan pengembangan untuk mempermudah dalam melakukan sesuatu pekerjaan. Pengembangan dalam bidang teknologi sangat dibutuhkan untuk lebih meningkatkan efisiensi dan kualitas alat yang sudah dibuat. Salah satu pengembangan alat yang sering dibutuhkan dan digunakan dalam kehidupan sehari – hari yaitu motor penggerak.

Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh (Atmaja, 2018) yaitu mengenai tentang “rancang bangun motor searah tanpa sikat satu fasa (bldc) kontruksi *axial flux (pancake)* dengan celah udara tunggal” yang berfokus untuk meneliti perancangan motor bldc. Pada penelitian tersebut *driver* yang digunakan yaitu transistor TIP 42C dan menggunakan sensor *hall* untuk mengaktifkan rangkaiannya. Jadi pada penelitian tersebut *driver* akan aktif dan dalam mengalirkan arus ke kumparan apabila sensor *hall* bertemu dengan magnet. Dan penelitian tersebut tidak secara otomatis dapat mengatur aktifnya kumparan untuk menjadi medan magnet.

Dengan adanya penelitian ini yang menggunakan kontruksi *axial flux* dengan 6 *coil* sebagai stator dan 12 magnet *neodymium* sebagai rotor dan menggunakan IC NE 555 sebagai *driver* yang digunakan untuk mengendalikan motor bldc (*brushless direct current*) satu fasa kontruksi *axial flux* celah udara tunggal serta mengganti ketebalan rotor dan *bearing* yang digunakan dengan *bearing* keramik sehingga dapat mengembangkan dan memperbaiki penelitian sebelumnya untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi yang lebih tinggi serta mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

Penelitian ini memiliki tujuan yaitu : (1) Merancang *driver* IC NE 555 pada motor bldc (*brushless direct current*) satu fasa kontruksi *axial flux* celah udara tunggal. (2) Menguji kinerja dari *driver* IC NE 555 pada motor bldc (*brushless direct current*) satu fasa kontruksi *axial flux* celah udara tunggal. (3) Menganalisa pengaruh frekuensi terhadap kecepatan motor bldc (*brushless direct current*) satu fasa kontruksi *axial flux* celah udara tunggal. Pada perancangan motor bldc (*brushless direct current*) satu fasa peneliti menggunakan 6 *coil* sebagai stator dan 12 magnet *neodymium* sebagai rotor dengan diameter kawat email sebesar 0,4 mm. Pada bagian rotornya menggunakan *bearing* keramik dan tebal rotornya sebesar 0,2 mm untuk memperingan rotor untuk mendapatkan putaran yang lebih efisien.

Pengujian alat mencakup pengaruh variabel yang terkait dengan metode yang digunakan serta perbandingan antara pengukuran dan perhitungan. Variabel yang diuji adalah pengaruh besar frekuensi terhadap kecepatan motor bldc (*brushless direct current*) satu fasa kontruksi *axial flux* celah udara tunggal. Setelah melakukan pengujian, maka dapat diketahui bahwa kecepatan motor dapat dipengaruhi oleh besar frekuensi yang diatur oleh *driver* IC NE 555 yang digunakan.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Analisis Frekuensi Terhadap Kecepatan Motor BLDC (Brushless Direct Current) Satu Fasa Kontruksi Axial Flux Celah Udara Tunggal*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember. Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki, rahmat, hidayah dan karunia serta kasih sayang-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan seluruh umat dan menunjukkan jalan yang benar.
3. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah M.U.M selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing anggota yang telah rela meluangkan waktu, pikiran serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Ali Rizal Chaidir, S.T., M.T., selaku dosen penguji utama dan Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini.
6. Bapak H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan menanamkan rasa disiplin dan tanggung jawab dengan apa yang dilakukan selama penulis menjadi mahasiswa.
7. Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T., selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif.

8. Kedua orang tua tercinta, Aba As' adi dan Umi Hamidatul Munifah serta Saudara – saudaraku Fahrur Rozi As'ad, Fadilah, Marofiqul Ikhwan, Nuris Syamsiyah As'ad, Rahmad Hidayat, dan Faridatul Jannah atas kasih sayang, pengorbanan, kesabaran, selalu mengingatkan dan selalu menyayangi tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
9. Istriku tercinta Novika Putri Dwi Cahyani yang selalu menjaga, perhatian, selalu merawat setiap waktu dan tidak mengenal kata lelah, dan keluarga baruku ayah Kamarudin dan Ibu Nurcahyani yang selalu terus mendoakan.
10. Terima kasih banyak teman – teman KONTRAKAN JEGGER Amien Rais, Waldhy Rifqi D, Arief Wahyudi, Firmansya, Achmad Agus Pratama, Dan Muji Suharsono yang selalu menemani, saling mengingatkan, dan menyemangati setiap hari.
11. Keluarga KETEK UJ yang selalu membantu, menyemangati dan selalu mendampingi selama kuliah 4 tahun serta dalam pengerjaan skripsi ini, dan terima kasih para asisten – asisten lab yang telah ikut membantu.
12. Serta seluruh pihak yang telah membantu dalam mengerjakan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan namanya satu – persatu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang membangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.

Jember, 16 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Motor	7
2.1.1 Pengertian Motor	7
2.1.2 Motor <i>Brushless Direct Current</i> (BLDC)	9
2.1.3 Jenis Motor <i>Brushless Direct Current</i> (BLDC)	10
2.2 Kuat Medan Magnet	11
2.3 <i>Electro Motif Force</i> (EMF)	11
2.4 Kecepatan Motor	13

2.5 Flux Magnet	13
2.6 Solenoida	15
2.7 Magnet Permanen (<i>Neodymium</i>)	16
2.8 Transistor	17
2.8.1 Fungsi Dan Kegunaan Transistor	18
2.8.2 Jenis - Jenis Transistor	19
2.9 IC NE 555	22
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Rancangan Penelitian	26
3.1.1 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.1.2 Alat dan Bahan	27
3.2 Metode Analisis Data	28
3.3 Kerangka Pemecahan Masalah	28
3.3.1 Tahap Penelitian	28
3.3.2 Blok Diagram dan Perancangan Sistem	30
3.3.3 Perancangan Desain <i>Driver</i> IC NE 555 dan Motor BLDC (<i>Brushless Direct Current</i>) Satu Fasa Kontruksi <i>Axial Flux</i> Celah Udara Tunggal	31
3.3.4 Desain Motor BLDC (<i>Brushless Direct Current</i>) Satu Fasa Kontruksi <i>Axial Flux</i> Celah Udara Tunggal	32
3.3.5 Pengujian Pada <i>Driver</i> IC NE 555	33
3.3.6 Perhitungan	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Hasil Pengujian <i>Driver</i> Motor BLDC (<i>Brushless Direct Current</i>) Satu Fasa Kontruksi <i>Axial Flux</i> Celah Udara Tunggal.....	38
4.1.1 Pengujian <i>driver</i> motor pada frekuensi 5 Hz sampai 50 Hz	38
4.2 Perhitungan Kecepatan Motor BLDC (<i>Brushless Direct Current</i>) Satu Fasa Kontruksi <i>Axial Flux</i>	41

4.3 Perbandingan Antara Perhitungan dengan Pengukuran Pada Kecepatan Motor BLDC (<i>Brushless Direct Current</i>) Satu Fasa Kontruksi <i>Axial Flux</i> Celah Udara Tunggal	44
4.4 Perbandingan Frekuensi Antara Teori dengan Pengukuran Pada Resistot <i>Driver</i> Motor BLDC (<i>Brushless Direct Current</i>) Kontruksi <i>Axial Flux</i> Satu Fasa Celah Udara Tunggal	46
BAB 5. PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Rencana Kegiatan Penelitian	26
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Menggunakan Frekuensi 5 Hz sampai 50 Hz.....	39
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Kecepatan Motor bldc (<i>brushless direct current</i>) satu fasa konstruksi <i>Axial Flux</i> celah udara tunggal.....	42
Tabel 4.3 Hasil Perbandingan Kecepatan <i>Error</i> Persen Motor bldc satu fasa konstruksi <i>Axial Flux</i> celah udara tunggal	44
Tabel 4.4 Hasil Perbandingan Frekuensi Antara Teori dengan Pengukuran Pada Resistor <i>Driver</i> Motor BLDC (<i>Brushless Direct Current</i>) Kontruksi <i>Axial Flux</i> Satu Fasa Celah Udara Tunggal.....	46

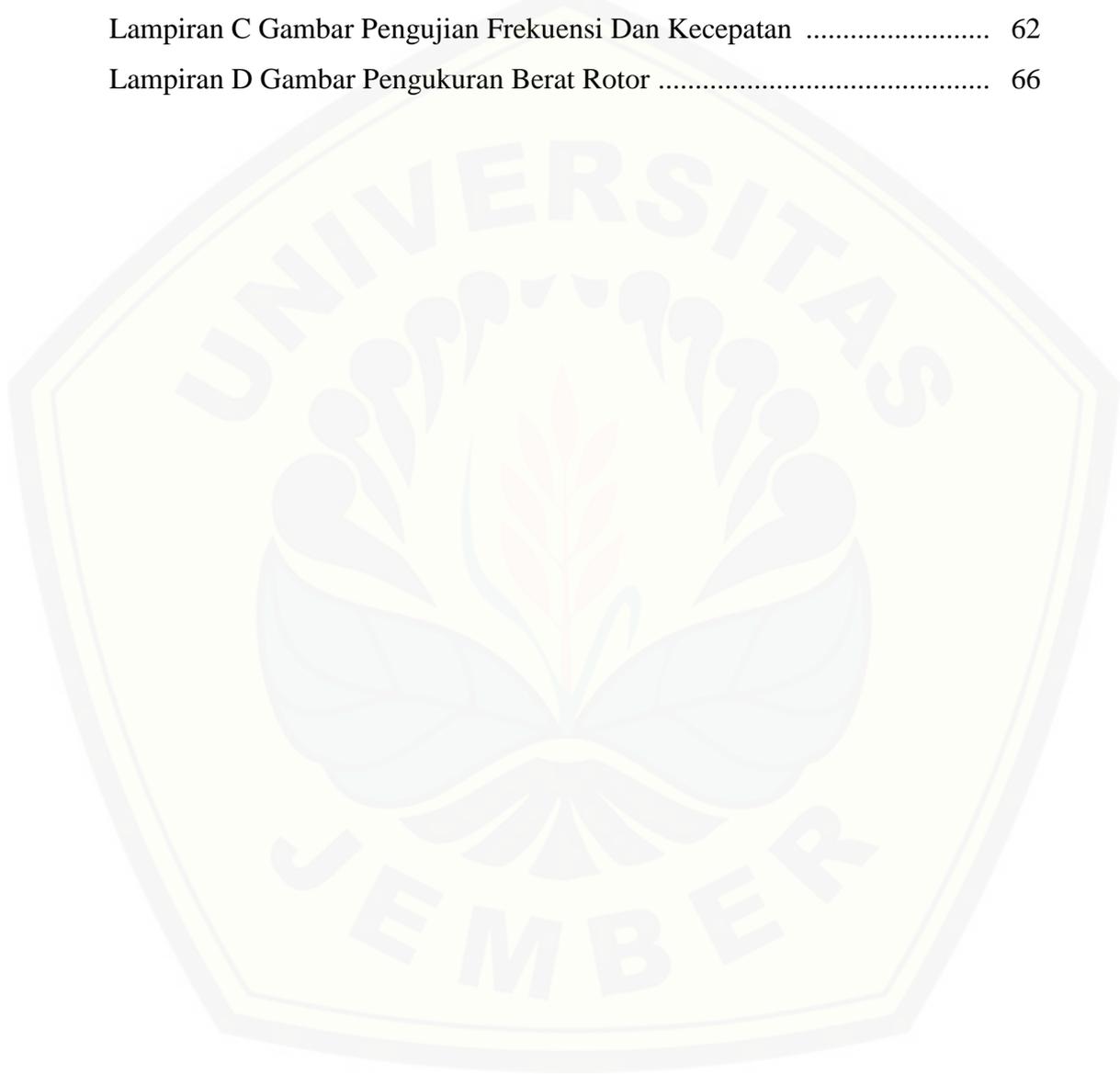
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Konstruksi DC <i>Brussed</i> Motor	8
Gambar 2.2 Kontruksi stator BLDC motor	9
Gambar 2.3 Konstruksi Motor <i>Brushless Direct Current</i>	10
Gambar 2.4 Kuat medan magnet	11
Gambar 2.5 EMF Pada Konduktor	12
Gambar 2.6 <i>Flux</i> magnet	14
Gambar 2.7 Medan Magnet Pada Solenoida	15
Gambar 2.8 Magnet Permanen (<i>Neodymium</i>)	17
Gambar 2.9 Transistor	18
Gambar 2.10 Transistor NPN	19
Gambar 2.11 Transistor PNP.	20
Gambar 2.12 Bentuk Dan Struktur UJT	20
Gambar 2.13 Field Effect Transistor (JFET)	21
Gambar 2.14 Transistor Mosfet	22
Gambar 2.15 Prinsip Dasar <i>Clock</i> Generator Menggunakan IC NE 555.....	23
Gambar 2.16 Grafik Fungsi Rumus Menentukan RA, RB dan C terhadap Frekuensi.....	24
Gambar 2.15 Konfigurasi PIN IC NE 555	25
Gambar 3.1 <i>Flowcart</i> Penelitian	29
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem	30
Gambar 3.3 Rangkaian <i>driver</i> IC NE 555	31
Gambar 3.4 Desain Rotor	32
Gambar 3.5 Desain Stator	33
Gambar 3.6 Desain Motor Keseluruhan	33
Gambar 4.1 Desain <i>driver</i> motor bldc (<i>brushless direct current</i>) satu fasa kontruksi <i>axial flux</i> celah udara tunggal.....	35
Gambar 4.2 Hasil perancangan <i>driver</i> motor bldc (<i>brushless direct current</i>) satu fasa kontruksi <i>axial flux</i> celah udara tunggal.....	36

Gambar 4.3 Rotor dan Stator motor bldc (<i>brushless direct current</i>) 1 fasa kontruksi <i>axial flux</i> celah udara tunggal	37
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengukuran Kecepatan Pada Frekuensi 5 Sampai 50 Hz Pada Motor Bldc (<i>Brushless Direct Current</i>) Satu Fasa Kontruksi <i>Axial Flux</i> Celah Udara Tunggal	41
Gambar 4.5 Grafik Hasil Perhitungan Kecepatan Pada Frekuensi 5 Hz Sampai 50 Hz Pada Motor Bldc (<i>Brushless Direct Current</i>) Satu Fasa Kontruksi <i>Axial Flux</i> Celah Udara Tunggal	43
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Perhitungan dan Pengukuran Kecepatan Pada Frekuensi 5 Sampai 50 Hz Pada Motor Bldc (<i>Brushless Direct Current</i>) Satu Fasa Kontruksi <i>Axial Flux</i> Celah Udara Tunggal	45
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Frekuensi Antara Teori dengan Pengukuran Pada Resistot <i>Driver</i> Motor BLDC (<i>Brushless Direct Current</i>) Kontruksi <i>Axial Flux</i> Satu Fasa Celah Udara Tunggal.....	47

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Perhitungan Kecepatan Pada Motor	48
Lampiran B Perhitungan Frekuensi Pada <i>Driver</i>	58
Lampiran C Gambar Pengujian Frekuensi Dan Kecepatan	62
Lampiran D Gambar Pengukuran Berat Rotor	66



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, banyak penemuan baru dan pengembangan untuk mempermudah dalam melakukan sesuatu pekerjaan. Pengembangan dalam bidang teknologi sangat dibutuhkan untuk lebih meningkatkan efisiensi dan kualitas alat yang sudah dibuat. Salah satu pengembangan alat yang sering dibutuhkan dan digunakan dalam kehidupan sehari – hari yaitu motor penggerak. Isu pemanasan global dan penghematan penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan isu pendongkrak berkembangnya teknologi motor listrik. Motor DC konvensional sudah dikenal efisien dan bebas polusi, namun masih memiliki kekurangan yang perlu diperbaiki. Maka diperlukan pengembangan maupun perancangan motor listrik baru untuk mendapatkan performa motor listrik yang lebih baik (Wengi, & Yuniarto, 2014)

Kendaraan listrik memiliki beberapa keuntungan dibanding mobil mesin pembakaran internal, termasuk pengurangan polusi udara yang signifikan, mengurangi emisi gas, dan mengurangi ketergantungan energi pada berkurangnya cadangan minyak. Kendaraan listrik akan menggunakan listrik yang tersimpan di dalam baterai untuk menggerakkan motor, dan daya bisa diisi ulang dengan pembangkit listrik yang menggunakan energi terbarukan. Dari berbagai motor listrik, motor yang paling cocok untuk kendaraan listrik adalah motor BLDC, karena motor ini memiliki keandalan tinggi, kepadatan tenaga tinggi, Persyaratan perawatan rendah, biaya rendah dan bobot yang lebih rendah efisiensi tinggi (Sujanarko, 2014)

Teknologi motor tanpa sikat memungkinkan untuk mencapai keandalan yang tinggi dengan efisiensi tinggi, dan dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan motor sikat. Meskipun karakteristik dari motor tanpa sikat bisa diaplikasikan pada beberapa jenis motor – motor AC, motor stepper, motor induksi AC, motor BLDC secara konvensional didefinisikan sebagai motor sinkron magnet permanen dengan bentuk gelombang EMF trapesium belakang. Mesin sinkron

magnet permanen dengan trapezoidal Back – EMF dan (120 derajat kelistrikan yang lebar) arus stator persegi panjang banyak digunakan karena mereka menawarkan keuntungan berikut pertama, dengan asumsi motor memiliki Impho trapesium murni dan bahwa proses pergantian fase stator akurat, mekanis torsi yang dikembangkan oleh motor konstan; Kedua, driver DC motor tanpa sikat menunjukkan kepadatan tenaga mekanik yang sangat tinggi (Welekar & Apte, 2014).

Brushless DC (BLDC) adalah motor magnet permanen akan tetapi proses komutator dan sikat digantikan oleh solid state switch. Pada *Controller Brushless DC Motor (BLDC)* tiga fasa berperan sangat penting atau sebagai penunjang utama beroperasinya motor DC Brushless karena motor ini membutuhkan suatu trigger pulsa ke bagian elektromagnetik (stator) dari motor DC brushless sebagai pengaturan besarnya arus yang mengalir sehingga motor dapat berputar dan diatur secara akurat. (Indradewa, 2013).

Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh (Atmaja, 2018) yaitu mengenai tentang “rancang bangun motor searah tanpa sikat satu fasa (bldc) kontruksi *axial flux (pancake)* dengan celah udara tunggal” yang berfokus untuk meneliti perancangan motor bldc. Pada penelitian tersebut *driver* yang digunakan yaitu transistor TIP 42C dan menggunakan sensor *hall* untuk mengaktifkan rangkaiannya. Jadi pada penelitian tersebut *driver* akan aktif dan dalam mengalirkan arus ke kumparan apabila sensor *hall* bertemu dengan magnet. Dan penelitian tersebut tidak secara otomatis dapat mengatur aktifnya kumparan untuk menjadi medan magnet. Pada penelitian sebelumnya ada banyak yang harus diperbaiki dengan bahan yang digunakan karena dapat mempengaruhi terhadap kinerja putaran dari motor. Salah satu faktor yang mempengaruhi yaitu terdapat pada rotornya sendiri, pada perancangan dan pembuatan rotor pada motor tersebut tidak memperhitungkan berat dari beban rotornya. Beban dari rotor yang digunakan setelah dihitung yaitu sebesar 74,88 gram, dengan berat bobot sebesar itu dapat memperlambat gerak putar dari rotornya sendiri dan apabila berat beban rotornya dibuat lebih ringan maka kinerja dari putaran rotornya akan semakin baik. Dan

faktor lain yang mempengaruhi kinerja putaran dari motor tersebut yaitu bahan *bearing* yang digunakan pada rotornya, *bearing* yang digunakan pada motor tersebut menggunakan bahan besi, bahan besi dapat dipengaruhi oleh medan magnet yang di timbulkan oleh kumparan atau *coil* yang digunakan pada stator. Dengan dipengaruhinya *bearing* oleh medan magnet maka dapat menyebabkan pengaruh terhadap kinerja putar dari motor sehingga dapat memperlambat putaran dari rotornya. Selain *bearing* besi yang digunakan dipengaruhi oleh medan magnet kumparan, berat dari *bearing* besi juga mempengaruhi putaran dari rotor karena dapat memperlambat putaran dari rotornya. Dengan adanya penelitian tersebut maka akan dikembangkan untuk mengaktifkan kumparan mendapatkan arus secara otomatis tanpa menggunakan sensor *hall*. Dan membuat perancangan sekaligus membuat ulang rotor dengan memperhitungkan berat dan kualitas bahan yang akan digunakan agar dapat mengurangi beban berat pada rotor. Selain itu juga mengganti *bearing* besi yang digunakan penelitian sebelumnya dengan *bearing* yang dapat tidak terpengaruh oleh medan magnet dan juga memperingan bobot beban dari *bearing* yang akan digunakan agar mendapatkan hasil putaran rotor yang maksimal.

Pada penelitian yang dilakukan ini yaitu untuk menganalisis *driver* IC NE 555 pada motor bldc (*brushless direct current*) satu fasa kontruksi *axial flux* celah udara tunggal. Penelitian ini menggunakan motor bldc (*brushless direct current*) satu fasa kontruksi *axial flux* dengan rotor ada di bagian atas dan stator di bagian bawah dan untuk mengetahui karakteristik *driver* yang menggunakan IC NE 555 sebagai pengatur frekuensi untuk mengalirkan arus ke kumparan. Pada perancangan motor bldc (*brushless direct current*) peneliti menggunakan 6 *coil* sebagai stator dan 12 magnet *neodymium* sebagai rotor dengan diameter kawat email sebesar 0,4 mm. Pada penelitian ini juga mengganti bahan dari rotor tersebut menggunakan bahan yang lebih ringan dengan mengatur ketebalan dari bahan rotornya sendiri, bahan dari rotornya dibuat lebih tipis dengan menyesuaikan ketebalan dari magnet yang digunakan, sehingga tebal dari bahan yang digunakan sebesar 0,2 mm. Pada pengaruh dari *bearing* besi tersebut karena dapat dipengaruhi oleh medan magnet dari kumparan maka peneliti menggunakan *bearing* keramik. Dengan solusi

menggunakan *bearing* keramik maka pengaruh dari medan magnet tidak dapat mempengaruhi *bearing*, sehingga putaran dari rotor akan lebih baik dan juga dengan masalah berat dari *bearing* besi besi dapat diatasi, karena bobot dari *bearing* karamik sendiri jauh lebih ringan sehingga dapat meningkatkan putaran dari rotor menjadi maksimal. Dengan adanya penelitian ini yang menggunakan kontruksi *axial flux* dengan 6 *coil* sebagai stator dan 12 magnet *neodymium* sebagai rotor dan menggunakan IC NE 555 sebagai *driver* yang digunakan untuk mengendalikan motor bldc (*brushless direct current*) satu fasa serta mengganti ketebalan rotor dan *bearing* yang digunakan dengan *bearing* keramik sehingga dapat mengembangkan dan memperbaiki penelitian sebelumnya untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi yang lebih tinggi serta mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas maka dapat dirumusan beberapa masalah diantaranya :

1. Bagaimana rancangan *driver* IC NE 555 pada motor *brushless direct current* kontruksi *axial flux* celah udara tunggal ?
2. Bagaimana kinerja *driver* IC NE 555 pada motor *brushless direct current* kontruksi *axial flux* celah udara tunggal?
3. Bagaimana pengaruh frekuensi terhadap kecepatan motor *brushless direct current* kontruksi *axial flux* celah udara tunggal?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang terdapat pada rumusan masalah terdapat batasan masalah diantaranya :

1. Menggunakan tegangan tetap sebesar 13 Vdc.
2. Magnet neodymium silinder 1 X 0,2 cm.
3. Magnet permanen 12 buah dan *coil* (kumparan) berjumlah 6 buah.
4. Pengujian pada alat mengatur frekuensi untuk mendapatkan kecepatan.
5. Pengujian motor dilakukan tanpa beban.

6. Menggunakan jumlah lilitan sebanyak 600 dan berdiameter sebesar 0,4 mm.
7. Frekuensi yang ditampilkan berbentuk kotak.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang *driver* IC NE 555 pada motor *brushless direct current* konstruksi *axial flux* celah udara tunggal.
2. Menguji kinerja dari *driver* IC NE 555 pada motor *brushless direct current* konstruksi *axial flux* celah udara tunggal.
3. Menganalisa pengaruh frekuensi terhadap kecepatan motor *brushless direct current* konstruksi *axial flux* celah udara tunggal.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diharapkan setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendukung pengembangan ilmu pengetahuan tentang penggunaan *driver* motor searah tanpa sikat satu fasa .
2. Motor searah tanpa sikat satu fasa menggunakan IC NE 555 dapat menjadi suatu terobosan baru sebagai penelitian selanjutnya.

1.6 Sistematika Penelitian

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. BAB 1. PENDAHULUAN Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penelitian.
2. BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA Berisi penjelasan tentang teori yang berhubungan dengan penelitian.
3. BAB 3. METODELOGI PENELITIAN Berisi tentang penjelasan metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

4. BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN Berisi tentang hasil penelitian dan analisa hasil penelitian.
5. BAB 5. PENUTUP Berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor

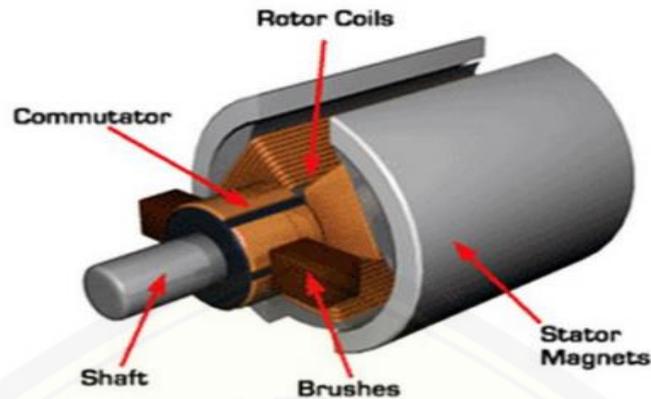
2.1.1 Pengertian Motor

Motor adalah alat penggerak benda dengan suatu sumber energy utama bisa berupa angin, air, bensin atau solar dan listrik. Misalnya motor bensin atau motor bakar yaitu motor sumber energy utamanya adalah bensin. Motor listrik adalah motor yang bekerjanya oleh tenaga listrik. Bergeraknya sebuah motor (yaitu berputar horizontal) disebabkan karena adanya gaya dan torsi yang diberikan oleh energi utama tersebut. Motor listrik berputar karena adanya gaya dan torsi elektromagnetik di celah udara di dalam mesin tersebut (Likliwatil, 2014).

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik phasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen. Motor DC dibagi menjadi dua jenis yaitu :

1) Brushed DC Motor

Pada motor DC biasanya digunakan sikat yang berfungsi untuk mengubah arus pada kumparan, sehingga arah putaran motor akan selalu tetap. Tetapi penggunaan sikat tersebut dapat membatasi kecepatan pada motor. Selain itu gesekan antara komutator dan sikat membuat sikat cepat aus dan membuat motor memerlukan perawatan yang lebih. Cepat ausnya sikat yang digunakan pada motor DC diakibatkan oleh timbulnya arching pada sikat akibat komutasi motor saat motor berputar.

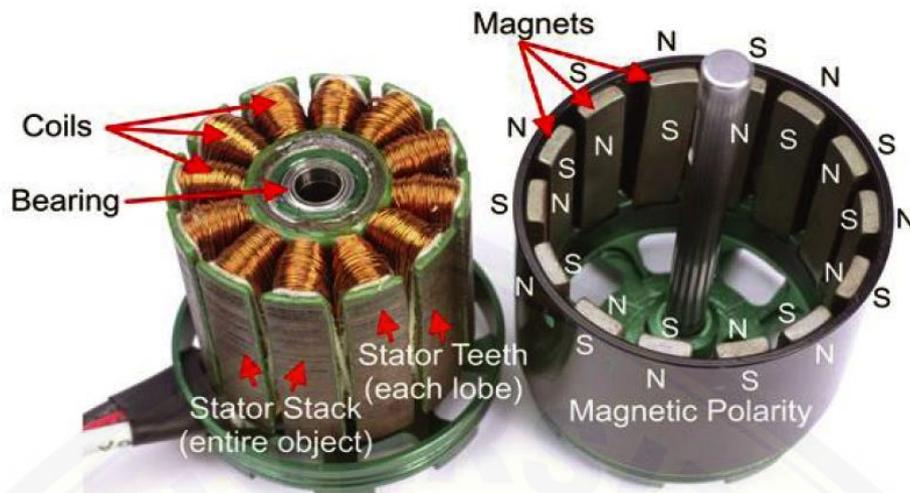


Gambar 2.1 Kontruksi DC Brussted Motor

Sumber : <https://www.electricbike.com/motor-tech-learn-the-terms-part-1/>

2) Brussless DC Motor

Penggantian sikat dan komutator yang ada pada motor DC dengan menggunakan rangkaian elektronika daya membuat jenis motor DC dengan desain yang baru. Brussless DC motor, atau yang biasa disebut dengan BLDC motor, menggunakan rangkaian elektronika sebagai pengganti sikat dan komutator yang biasa digunakan pada motor DC. Dengan tidak adanya sikat pada motor tersebut kecepatan yang dihasilkan oleh motor dapat ditingkatkan. Selain iitu perawatan yang dibutuhkan oleh motor juga tidak serumit bila menggunakan sikat. Pada motor BLDC stator terdiri dari beberapa inti besi yang dililit dengan tembaga sedang rotornya merupakan magnet permanen. Walaupun sama-sama tidak menggunakan sikat efisiensi motor BLDC lebih tinggi bila dibandingkan dengan motor AC induksi, hal ini dikarenakan rotornya yang terbuat dari magnet permanen sehingga menghasilkan torsi awal yang lebih besar. Walaupun memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan motor jenis lain metode pengendalian BLDC jauh lebih rumit untuk kecepatan dan torsi yang konstan, karena tidak adanya brush yang menunjang proses komutasi, selain itu harga untuk motor BLDC juga jauh lebih mahal dibandingkan dengan motor jenis lain (Kurniawan, 2016).



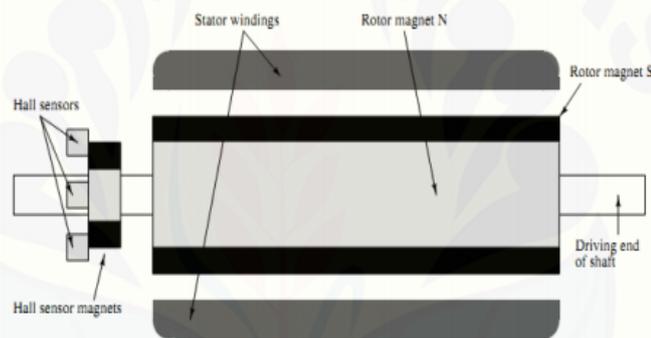
Gambar 2.2 Kontruksi stator BLDC motor

Sumber : <https://lawrencemathew.wordpress.com/my-posts/bldc-motor-controlling-using-arduino/>

2.1.2 Motor *Brushless Direct Current* (BLDC)

Motor *Brushless DC* (BLDC) adalah motor sinkron dengan magnet permanen pada rotor dan kumparan jangkar pada stator. Keuntungan paling jelas dari konfigurasi tanpa sikat adalah penghilangan sikat, yang menghilangkan pemeliharaan sikat dan bunga api. Penggunaan kumparan jangkar pada stator membantu konduksi panas pada kumparan. Karena tidak ada kumparan pada rotor, kerugian listrik dalam rotor menjadi minimal. Motor *BLDC* lebih disukai dibandingkan dengan motor induksi untuk daerah daya sebagian-sebagian. Motor *BLDC* memiliki efisiensi yang dan faktor daya yang lebih baik dan oleh karena itu, daya keluaran lebih besar untuk kerangka yang sama, karena penguatan medan dipengaruhi oleh magnet permanen dan tidak harus disuplai oleh arus jangkar. Keuntungan yang didapat dari motor *BLDC* disertai dengan peningkatan kompleksitas di kontroler elektronik dan perlunya penginderaan posisi poros. Eksitasi magnet permanen (PM) lebih layak untuk motor kecil, biasanya di bawah 20 kW. Untuk motor yang lebih besar, biaya dan berat magnet menjadi terlalu tinggi, dan itu akan membuat lebih masuk akal untuk memilih eksitasi dengan electromagnet (Istiananda,dkk, 2016).

Brushless DC (BLDC) motor adalah sebuah mesin listrik berputar, dimana stator merupakan belitan stator tiga fasa seperti motor induksi, dan rotor terdapat magnet permanen dipermukaannya seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Dalam hal ini, motor *BLDC* setara dengan motor *DC* dengan komutator terbalik, di mana magnet berputar sedangkan konduktor tetap diam. Dalam komutator motor *DC*, polaritas ini diubah oleh komutator dan sikat. Namun, dalam brushless motor *DC*, pembalikan polaritas dilakukan oleh transistor switching untuk mensinkronkan dengan posisi rotor. Oleh karena itu, *BLDC* motor sering menggabungkan baik posisi sensor internal atau eksternal untuk merasakan posisi rotor yang sebenarnya, atau posisi dapat dideteksi tanpa sensor (Leonard N. Elevich, 2005).



Gambar 2.3 Konstruksi Motor *Brushless Direct Current*
Sumber : Dian-sheng Sun *et al.* dalam pribadi, 2014

2.1.3 Jenis Motor *Brushless Direct Current* (BLDC)

Motor *DC brushless* dibedakan menjadi beberapa jenis seperti in-ner rotor, out-ner rotor dan *axial gap*. Pada jenis inner rotor posisi rotor berada didalam yang dikelilingi oleh stator. Sedangkan pada jenis out-ner rotor posisi rotor berada diluar. Pada jenis motor lainnya yaitu *axial gap* didesain dengan magnet dalam posisi mendatar untuk mengurangi efek cogging (Pribadi, 2014).

2.2 Kuat Medan Magnet

Menurut Atmaja (2018) menyebutkan bahwa motor BLDC agar dapat bekerja harus ada kuat medan magnet yang bekerja atau timbul dalam motor. Kuat medan magnet tersebut dipengaruhi oleh banyak serta panjang lilitan, arus yang mengalir dan yang terakhir yaitu permeabilitas bahan. kuat medan dapat di hitung dengan menggunakan rumus yaitu :

$$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{L} \text{ (wb/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana

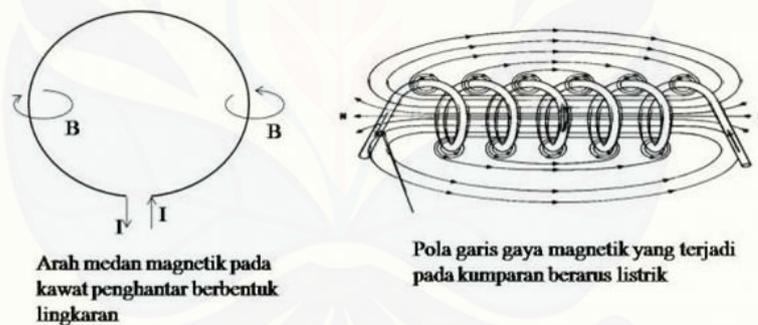
B = kuat medan magnet

N = jumlah lilitan

I = arus

L = panjang penampang

μ = permeabilitas bahan ($4\pi \times 10^{-7}$ dalam satuan standard)



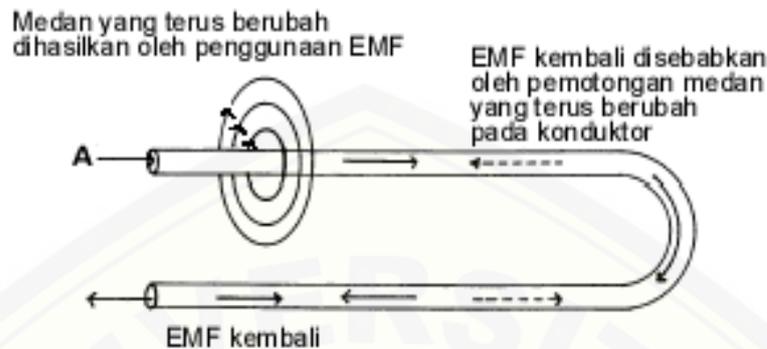
Gambar 2.4 Kuat medan magnet

Sumber : <http://fisika-indonesia.blogspot.co.id/2010/12/medan-magnet.html>

2.3 *Electro Motif Force* (EMF)

EMF (Electro Motive Force) disebut juga gaya gerak listrik yang berbeda. EMF induksi ditimbulkan karena adanya gaya yang dihasilkan oleh konduktor yang melawan gaya yang diberikan kepada konduktor tersebut. Teorinya adalah jika sebuah konduktor listrik memotong garis medan magnet maka akan timbul gaya gerak listrik pada konduktor tersebut. Pada Gambar 2.5 menunjukkan gaya

elektromotif yang bekerja pada konduktor. Jika tidak elektromotif, tidak akan terjadi pergerakan pada konduktor (Indradewa, 2013).



Gambar 2.5 EMF Pada Konduktor
Sumber : (Indradewa, 2013)

Arah arus dalam alat seperti itu adalah dan potensial yang lebih rendah ke potensial yang lebih tinggi, persis merupakan kebalikan dan apa yang terjadi dalam konduktor biasa. Pengaruh yang membuat arus mengalir dan potensial yang lebih rendah ke potensial yang lebih tinggi dinamakan tegangan gerak elektrik (emf = electromotive force; atau ggl(gaya gerak listrik)). Ini adalah sebuah istilah yang kurang tepat karena tge bukanlah sebuah gaya tetapi sebuah kuantitas energi per satuan muatan (Hugh, 2003).

Gaya gerak listrik sering disebut sebagai *EMF (Electro Motif Force)*. GGL induksi adalah gaya gerak listrik yang ditimbulkan oleh angker dinamo yang melawan tegangan yang diberikan kepadanya. teori dasarnya adalah jika sebuah konduktor listrik memotong garis medan magnet maka akan timbul GGL pada konduktor (Prayitno, 2018).

EMF terjadi pada motor listrik, generator serta rangkaian listrik dengan arah berlawanan terhadap gaya yang menimbulkannya. timbulnya EMF dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut, jumlah lilitan konduktor, kecepatan konduktor memotong garis fluks magnet, sudut perpotongan fluks magnet dengan konduktor, kekuatan garis fluks magnet. sehingga besarnya EMF

balik dapat dihitung dengan persamaan :

$$V = I R + EMF \dots\dots\dots (2.2)$$

$$EMF = V - I R \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

EMF = GGL (volt).

I = arus (A).

R = tahanan pada stator (ohm).

V = tegangan terminal (volt).

Perubahan besarnya EMF balik ini sangat mempengaruhi torsi pada motor BLDC, jika kecepatan motor yang dihasilkan lebih besar dari tegangan potensial pada belitan stator sehingga arus yang mengalir pada stator akan turun dan torsi pun akan ikut turun. (Hadi, 2016)

2.4 Kecepatan Motor

Rotor adalah bagian motor yang berputar karena adanya gaya elektromagnetik dari stator. Jumlah kutub magnet berbanding lurus dengan torsi motor, namun berbanding terbalik dengan RPM. Untuk mendapatkan hasil dari kecepatan motor yang sedang berputar dengan nilai frekuensi yang sudah diketahui pada osiloskop dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$N_s = \frac{120 f}{P} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana

N_s = Kecepatan sinkron motor (RPM)

f = Frekuensi (HZ)

P = Jumlah kutub motor

(pramono, pratama, & warindi, 2016)

6.5 Flux Magnet

Menurut Mardiansyah, 2012 flux magnet merupakan sejumlah garis-garismedan yang tegak lurus menembus bidang yang ditempatkan dalam sebuah

medan magnet disebut fluks magnetik. Jika luas penampang A ditempatkan tegak lurus terhadap garis-garis medan magnet, maka besar fluks magnetiknya ialah :

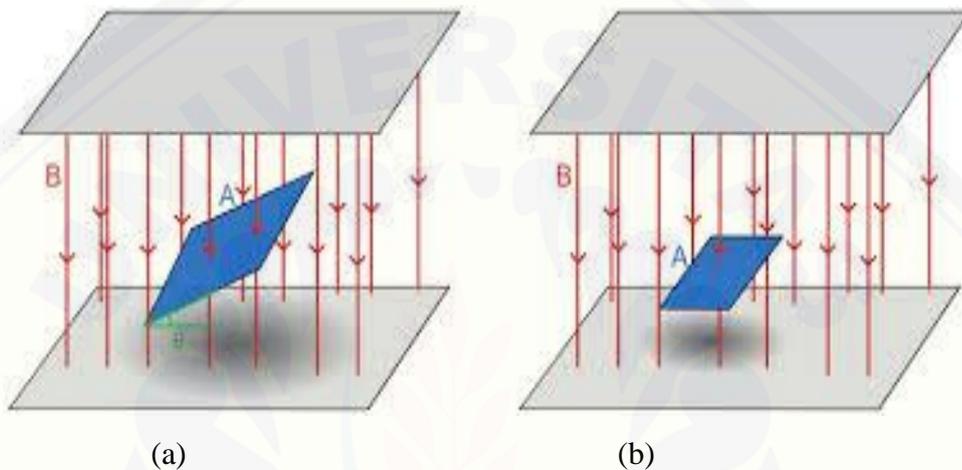
$$\Phi = B A \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

Φ = fluks magnet (Weber)

B = medan magnet (Wb/m^2)

A = luas bidang yang dilalui medan magnet (m^2)



Gambar 2.6 Sejumlah garis-garis medan magnetik yang menembus bidang permukaan (a) membentuk sudut α (b) tegak lurus

Sumber : <https://www.khanacademy.org/science/physics/magnetic-forces-and-magnetic-fields/magnetic-flux-faradays-law/a/what-is-magnetic-flux>

Jika permukaan tidak tegak lurus terhadap garis-garis medan magnet, maka fluks magnetik pada luar permukaan A adalah perkalian medan magnetik B dan luas permukaan A dan diproyeksikan ke arah medan, maka fluks magnetnya menjadi :

$$\Phi = B A \cos \alpha \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

Φ = fluks magnet (Weber)

B = medan magnet (Wb/m^2)

A = luas bidang yang dilalui medan magnet (m^2)

α = sudut antara garis normal dengan permukaan dan garis-garis medan magnet

($^{\circ}$)

Untuk mencari luas penampang pada pada motor dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$A = \pi r^2 \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

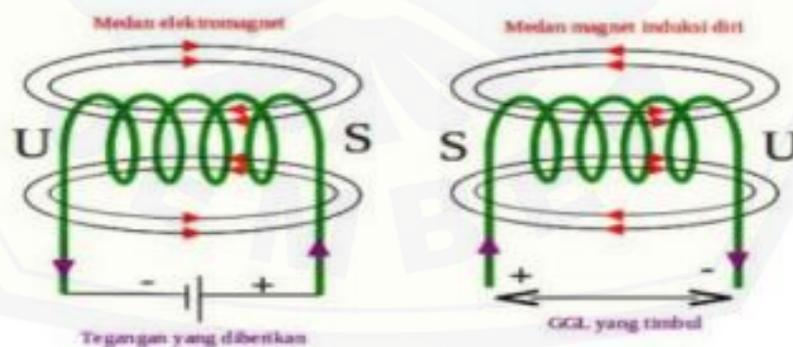
A = luas bidang (m²)

r = jari-jari penampang

2.6 Solenoida

Solenoid adalah salah satu jenis kumparan terbuat dari kabel panjang yang dililitkan secara rapat dan dapat diasumsikan bahwa panjangnya jauh lebih besar daripada diameternya. Dalam kasus solenoid ideal, panjang kumparan adalah tak hingga dan dibangun dengan kabel yang saling berhimpit dalam lilitannya, dan medan magnet di dalamnya adalah seragam dan paralel terhadap sumbu solenoid (Halliday, 2001).

Untuk sederhananya, gambar 2.7 yang memperlihatkan solenoida hanya dengan beberapa lilitan. Semua lilitan dilalui arus yang sama, dan medan magnet total B di tiap-tiap titik adalah jumlah vektor dari medan-medan magnet yang disebabkan oleh masing-masing lilitan. Gambar itu memperlihatkan garis – garis medan magnet dalam bidang xy.



Gambar 2.7 Medan Magnet Pada Solenoida
 Sumber : (Kurniawan, 2016)

Dari gambar 2.7 apabila diberikan tegangan pada ujung-ujung kawat maka solenoida akan menghasilkan medan magnet dan medan magnet tersebut

dipengaruhi oleh kuat arus listrik dan banyaknya lilitan. Kumparan seolah-olah mempunyai dua kutub, yaitu ujung yang satu merupakan kutub utara dan ujung kumparan yang lain merupakan kutub selatan.

2.7 Magnet Permanen (Neodymium)

Magnet atau magnet adalah suatu obyek atau benda yang mempunyai suatu medan magnet, magnet sendiri tersusun dari 2 kutub yaitu kutub utara dan selatan. Magnet permanen memiliki medan magnet (B). Besar nilai B dari sebuah magnet akan menentukan besarnya gaya tarik atau gaya tolak terhadap benda lainnya. Pada posisi yang sama antar magnet dengan suatu titik akan dirasakan gaya tarik atau tolak yang berbeda apabila nilai B dari magnet berubah (Atmaja, 2018).

Menurut Prayitno (2018) menyatakan bahwa magnet permanen merupakan magnet yang tetap mempertahankan kekuatannya untuk jangka waktu yang lama. Magnet permanen digunakan dalam berbagai alat pengukur, antara lain voltmeter, galvanometer, alat perekam kardiograf, kompas magnet, magnetometer. Magnet permanen juga digunakan dalam peralatan seperti pengeras suara (loudspeaker), pita kaset, dan disket. seperti baja dan logam campuran besi, nikel, dan kobalt. Logam-logam keras ini sukar dijadikan magnet. Tetapi setelah menjadi magnet, logam-logam keras ini mampu menyimpan sifat magnetiknya dalam jangka waktu yang lama. Contoh, Magnet neodymium adalah jenis magnet langka-bumi, magnet permanen terbuat dari paduan neodymium, besi, dan boron. Bahan ini merupakan jenis yang magnet permanen yang paling kuat. Magnet neodymium memiliki beberapa kelebihan dibandingkan magnet jenis lainnya antara lain :

- Kekuatan medan magnet.
- Resistensi terhadap kehilangan daya magnetik.
- Kepadatan energi magnetik.
- Ketahanan terhadap suhu tinggi.



Gambar 2.8 Magnet Permanen (*Neodymium*)

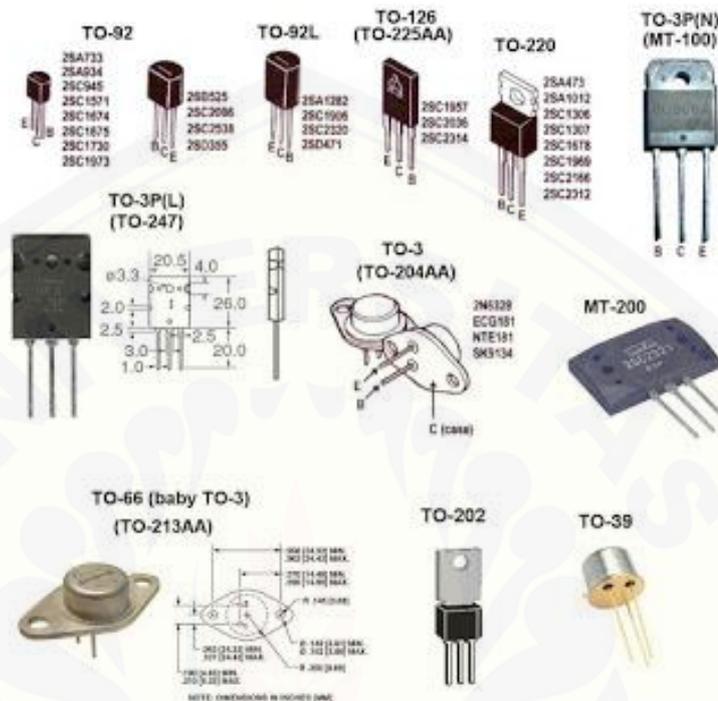
Sumber : <https://www.modulor.de/en/round-magnets-neodymium-silver.html>

2.8 Transistor

Komponen elektronika semikonduktor yang memiliki 3 kaki elektroda, yaitu Basis (Dasar), Kolektor (Pengumpul) dan Emitor (Pemancar). Transistor sebenarnya berasal dari kata “transfer” yang berarti pemindahan dan “resistor” yang berarti penghambat. Dari kedua kata tersebut dapat disimpulkan, transistor adalah pemindahan atau peralihan bahan setengah penghantar menjadi suhu tertentu. Transistor pertama kali ditemukan pada tahun 1948 oleh William Shockley, John Barden dan W.H, Brattain. Tetapi, komponen ini mulai digunakan pada tahun 1958. Jenis Transistor terbagi menjadi 2, yaitu transistor tipe P-N-P dan transistor N-P-N (Prayitno,2018).

Pada umumnya, transistor memiliki 3 terminal. Tegangan atau arus yang dipasangkan di satu terminalnya mengatur arus yang lebih besar yang melalui 2 terminal lainnya. Transistor adalah komponen yang sangat penting dalam dunia elektronik modern. Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam amplifier (penguat). Rangkaian analog melingkupi penguat suara, sumber listrik stabil, dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa transistor juga dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai logic gate, memori, dan komponen komponen

lainnya. Cara Kerja Semikonduktor Pada dasarnya, transistor dan tabung vakum memiliki fungsi yang serupa; keduanya mengatur jumlah aliran arus listrik (Muda, 2013).



Gambar 2.9 Transistor

Sumber : <http://xlugay.blogspot.co.id/2015/10/mengenal-macam-macam-transistor-dan.html>

2.8.1 Fungsi Dan Kegunaan Transistor

Fungsi Transistor yang biasa dan banyak diketahui ialah berfungsi untuk memutuskan dan menyambungkan arus (Saklar), Disamping fungsi tadi, terdapat banyak fungsi transistor lainnya yaitu sebagai berikut :

1. Sebagai penguat suara pada rangkaian amplifier.
2. Sebagai saklar (pemutus atau penyambung).
3. Sebagai alat untuk pengatur stabilitasi teganga.
4. Sebagai rangkaian pembangkit frekuensi, baik frekuensi tinggi maupun frekuensi rendah.

2.8.2 Jenis - Jenis Transistor

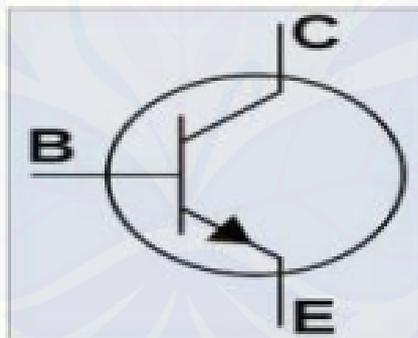
Transistor yang dijual dipasaran ada beberapa kategori, yaitu seperti berdasarkan polaritasnya, Tipenya, Bahannya, Kemasannya, dan sebagainya.

A. Berdasarkan Polaritasnya.

Transistor berdasarkan polaritasnya dapat dibagi menjadi dua yaitu tipe NPN dan PNP :

1) Transistor NPN (Negatif-Positif-Negatif)

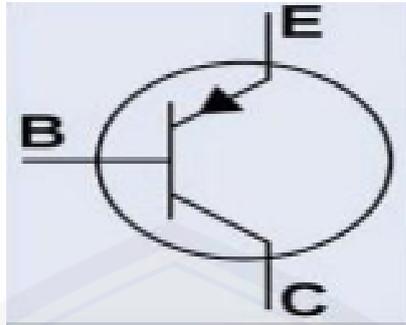
Pada transistor jenis NPN terdapat arah arus aliran yang berbeda dengan transistor jenis PNP, dimana NPN mengalir arus dari kolektor ke emitor. Dan pada NPN, untuk mengalirkan arus tersebut dibutuhkan sambungan ke sumber positif (+) pada kaki basis. Prinsip kerja dari transistor NPN adalah: arus akan mengalir dari kolektor ke emitor jika basisnya dihubungkan ke ground (negatif). Arus yang mengalir dari basis harus lebih kecil dari pada arus yang mengalir dari kolektor ke emitor, oleh sebab itu maka ada baiknya jika pada pin basis dipasang sebuah resistor.



Gambar 2. 10 Transistor NPN.
Sumber : (Kurniawan, 2016)

2) Transistor PNP (Positif-Negatif-Positif)

Transistor PNP adalah arus akan mengalir dari emitter menuju ke kolektor jika pada pin basis dihubungkan ke sumber tegangan (diberi logika 1). Arus yang mengalir ke basis harus lebih kecil daripada arus yang mengalir dari emitor ke kolektor, oleh sebab itu maka ada baiknya jika pada pin basis dipasang sebuah resistor.



Gambar 2.11 Transistor PNP.
Sumber : (Kurniawan, 2016)

B. Berdasarkan Tipenya

1) Uni Junction Transistor (UJT)

Uni Junction Transistor atau biasa disingkat UJT adalah transistor yang mempunyai satu kaki emitor dan dua basis. Kegunaan transistor ini adalah terutama untuk switch elektronis. Ada Dua jenis UJT ialah UJT Kanal N dan UJT Kanal P.

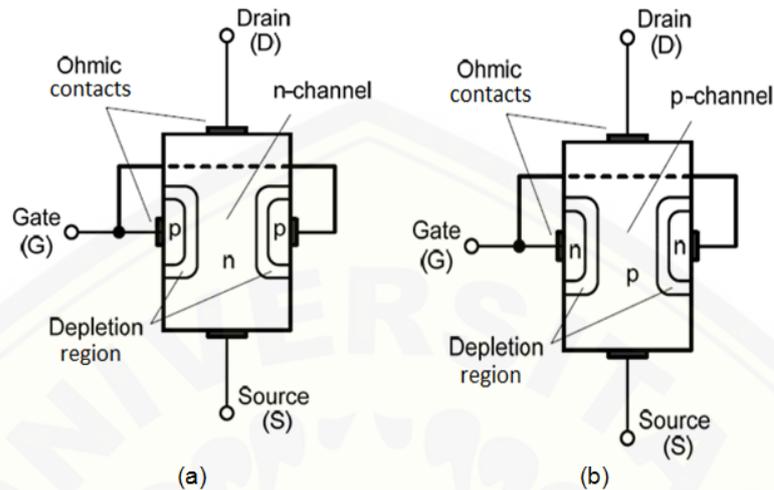


Gambar 2.12 Bentuk Dan Struktur UJT
Sumber : *teknikelektronika.com*

2) Field Effect Transistor (FET)

Beberapa Kelebihan FET dibandingkan dengan transistor biasa ialah antara lain penguatannya atau yang besar, serta desah yang rendah. Karena harga FET yang lebih tinggi dari transistor, maka hanya digunakan pada bagian-bagian yang memang memerlukan. Bentuk fisik FET ada berbagai macam yang mirip

dengan transistor. Jenis FET ada dua yaitu Kanal N dan Kanal P dan Jenis dari transistor FET itu sendiri adalah JFET dan MOFET.

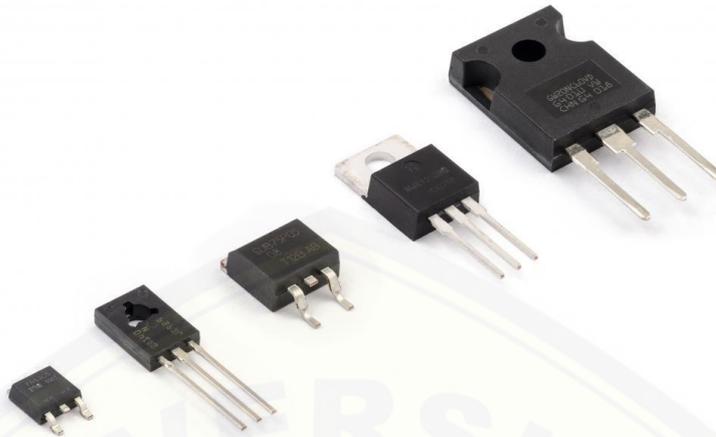


Gambar 2.13 Field Effect Transistor (JFET) (a) Tipe PNP (b) Tipe NPN

Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/transistor-efek-medan-fet-field-effect-transistor/>

3) MOSFET (Metal Oxide Semiconductor FET)

MOSFET (Metal Oxide Semiconductor FET) adalah suatu jenis FET yang mempunyai satu Drain, satu Source dan satu atau dua Gate. MOSFET mempunyai input impedance yang sangat tinggi. Mengingat harga yang cukup tinggi, maka MOSFET hanya digunakan pada bagian bagian yang benar-benar memerlukannya. Seperti halnya pada FET, terdapat dua macam MOSFET ialah Kanal P dan Kanal N. MOSFET (Metal oxide FET) memiliki drain, source dan gate. Namun perbedaannya gate terisolasi oleh suatu bahan oksida. Gate sendiri terbuat dari bahan metal seperti aluminium. Oleh karena itulah transistor ini dinamakan metal-oxide. Karena gate yang terisolasi, sering jenis transistor ini disebut juga IGFET yaitu insulated-gate FET.



Gambar 2.14 Transistor Mosfet

Sumber : <http://www.wisegeek.com/what-is-a-mosfet-transistor.htm>

2.9 IC NE 555

IC (*Integrated Circuit*) adalah komponen elektronika semi konduktor yang merupakan gabungan dari ratusan atau ribuan komponen – komponen lain. Bentuk IC berupa kepingan silikon padat, biasanya berwarna hitam yang mempunyai banyak kaki – kaki (pin) sehingga bentuknya mirip sisir. IC merupakan gabungan dari beberapa komponen seperti resistor, kapasitor, dioda dan transistor yang telah terintegrasi menjadi sebuah rangkaian berbentuk chip kecil. IC digunakan untuk beberapa keperluan pembuatan peralatan elektronik agar mudah dirangkai menjadi peralatan yang berukuran relatif kecil (Hakiem, 2015).

Clock Generator sering disebut sebagai pembangkit pulsa (*clock*). Pembangkit pulsa dalam pembuatan rangkaiannya sering digunakan rangkaian terpadu linear (IC : *Integrated Circuit*). IC linear yang sering digunakan secara umum biasanya NE 555 yang merupakan IC pewaktu (*Timer*). Sebagai *timer* secara analogi dapat juga digunakan sebagai *Clock* Generator atau pembangkit pulsa yang pada umumnya dapat membangkitkan frekuensi atau waktu sesuai dengan yang diperlukan. Untuk membangkitkan pulsa atau frekuensi sesuai yang diperlukan tersebut, maka dalam setiap periodenya dapat dihitung dengan menggunakan prinsip dasar rangkaian (gambar 2.15) dan persamaan (2.9) sampai dengan persamaan (2.12) (Susa'at, 2015).

$$T_H = 0,693 (R_A + R_B). C \dots\dots\dots (2.8)$$

$$T_L = 0,693 (R_B). C \dots\dots\dots (2.9)$$

$$T = T_H + T_L \dots\dots\dots (2.10)$$

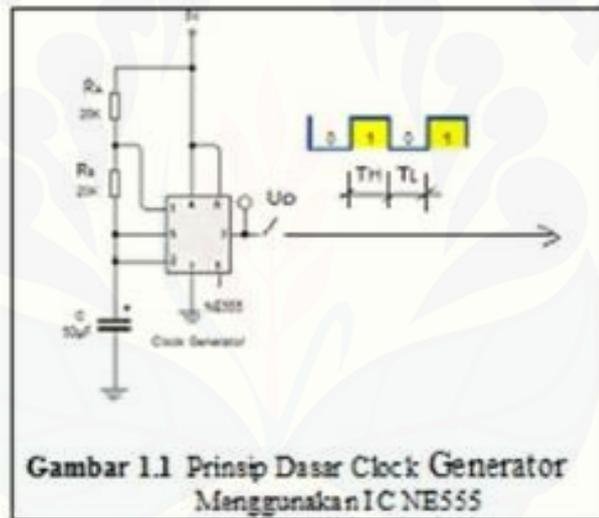
$$T = 0,693 (R_A + R_B). C + 0,693(R_B). C$$

$$T = 0,693 (R_A + 2R_B). C$$

$$F = \frac{1}{T} \dots\dots\dots (2.11)$$

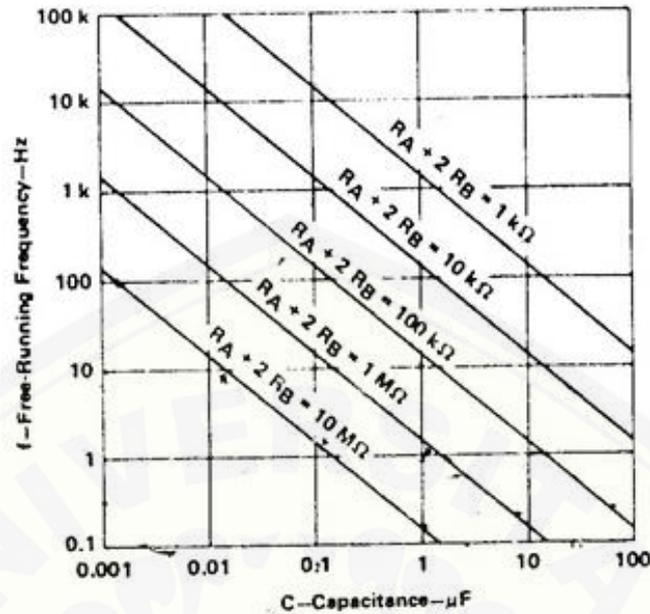
$$F = \frac{1}{0,693 (R_A+2R_B).C} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$F = \frac{1,44}{(R_A+2R_B).C}$$



Gambar 2.15 Prinsip Dasar *Clock Generator* Menggunakan IC NE 555
Sumber : (Susa'at, 2015).

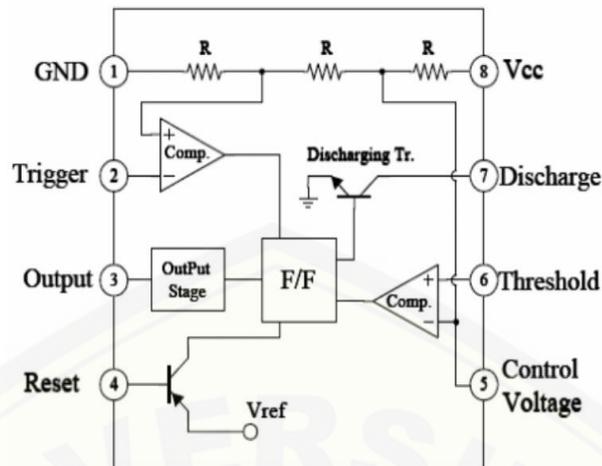
Dari perhitungan berdasarkan persamaan pada rangkaian prinsip dasar IC NE 555 sebagai *Clock Generator* atau pembangkit pulsa dengan frekuensi atau waktu setiap periodenya tersebut di atas, maka komponen – komponen sebagai parameter penentu waktu dalam menentukan lebar pulsa digunakan 2 buah resistor dan 1 buah kapasitor, yaitu R_A , R_B , dan C untuk dioperasikan sebagai *multivibrator* jenis *mostabil* atau *astabil* (Susa'at, 2015).



Gambar 2.16 Grafik Fungsi Rumus Menentukan RA, RB dan C terhadap Frekuensi
Sumber : (Susa'at, 2015).

Grafik di atas dimaksudkan untuk membantu mempermudah perancangan frekuensi yang akan dibangkitkan oleh *clock generator* tersebut.

IC NE555 yang mempunyai 8 pin (kaki) ini merupakan salah satu komponen elektronika yang cukup terkenal, sederhana, dan serba guna dengan ukurannya yang kurang dari $1/2\text{ cm}^3$ (sentimeter kubik). Pada dasarnya aplikasi utama IC NE555 ini digunakan sebagai Timer (Pewaktu) dan Pulse Generator (Pembangkit Pulsa). Selain itu, dapat juga digunakan sebagai Time Delay Generator, Pulsa Width Modulator dan Sequential Timing (Saptadi dkk, 2010).



Gambar 2.17 Konfigurasi PIN IC NE 555

Sumber : Saptadi dkk, 2010

Keterangan :

Pin 1 sebagai ground

Pin 2 sebagai trigger untuk men-set flip – flop bila tegangan trigger-nya $< 1/3 V_{cc}$.

Pin 3 sebagai output dari IC 555.

Pin 4 sebagai reset.

Pin 5 sebagai control voltage untuk pengatur tegangan ambang (threshold).

Pin 6 sebagai threshold berfungsi untuk mereset flip flop bila tegangan input pin melebihi $2/3 v_{cc}$.

Pin 7 sebagai discharge yang merupakan jalur pembuangan arus.

Pin 8 sebagai VCC antara 5 V - 15 V .

BAB 3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

3.1.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pada bagian ini menjelaskan tentang tempat untuk perancangan, pembuatan, percobaan, dan pengujian alat. Dan menentukan waktu pelaksanaan penelitian.

a. Tempat

Adapun tempat perancangan, pembuatan, pengujian, penelitian dan analisis tentang *driver* IC NE 555 pada Motor Searah Tanpa Sikat Kontruksi *Axial Flux* dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Slamet Riyadi No. 62 Patrang, Jember 68111

b. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Maret 2018 hingga Juni 2018

Tabel 3.1 Rencana Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan															
		MARET				APRIL				MEI				JUNI			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan	■	■														
2	Studi Literasi		■	■	■	■	■	■	■								
3	Perancangan, Pembuatan, Pengujian <i>Driver</i> IC NE 555 dan konsultasi		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
4	Pengambilan Data <i>Driver</i> IC NEE 555 dan konsultasi									■	■	■	■				
5	Pengolahan dan Analisa data													■	■	■	■

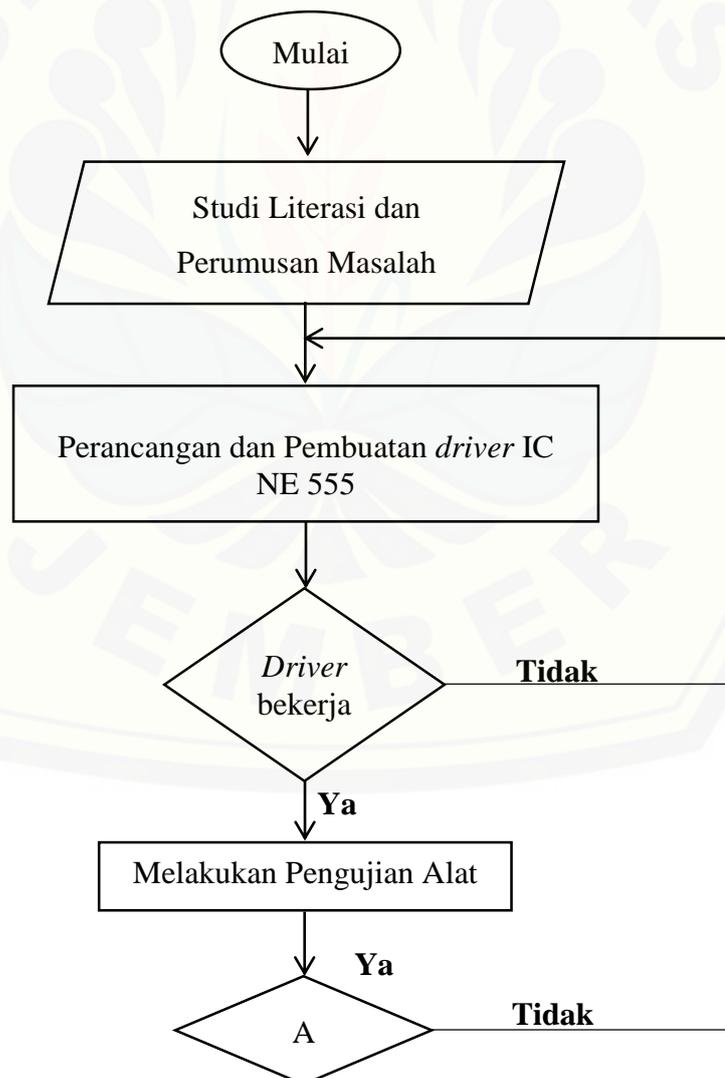
3.2 Metode Analisis Data

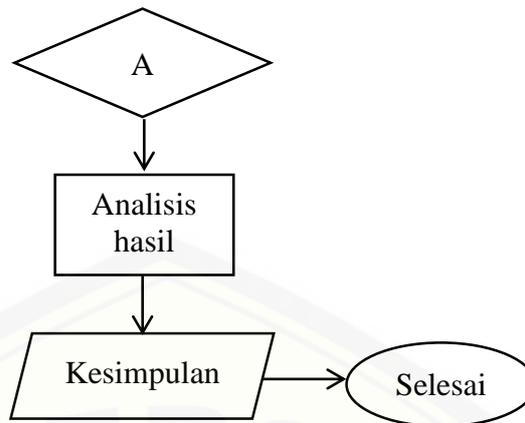
Metode pendekatan analisis dan sintesis yang dilakukan dalam penulisan skripsi ini adalah metode analisis eksperimen. Metode ini merupakan analisis untuk mengolah data yang diperoleh pada saat pengujian terhadap *driver* IC NE 555 pada motor bldc (*brushless direct current*) satu fasa konstruksi *axial flux* celah udara tunggal yang berkaitan dengan pengaruh frekuensi terhadap kecepatan, sehingga dapat mengetahui karakteristik perubahan kecepatan pada obyek yang dikaji.

3.3 Kerangka Pemecahan Masalah

3.3.1 Tahap Penelitian

Pada penelitian ini, metode penelitian yang digunakan yaitu



Gambar 3.1 *Flowcart* Penelitian

Tahapan pada penelitian yang dilakukan pada perancangan, pembuatan, dan pengujian *driver* IC NE 555 pada motor searah tanpa sikat satu fasa adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur

Tahap ini merupakan tahapan untuk mencari sumber informasi terkait penelitian yang akan dilakukan, dengan informasi yang didapat maka akan menjadi acuan untuk mencapai hasil penelitian

2. Perancangan dan pembuatan *driver* motor

Pada tahap ini dilakukan perancangan dan pembuatan *driver* motor yang menggunakan IC NE 555 untuk penggerak motor tersebut.

3. Percobaan *driver* IC NE 555

Pada tahapan ini adalah melakukan percobaan pada *driver* yang telah selesai dirancang dan dibuat.

4. Pengujian *driver* IC NE 555 pada motor tanpa sikat satu fasa konstruksi *axial flux* celah udara tunggal

Pada tahap ini adalah pengujian alat yang telah dibuat dengan menggunakan AVO meter untuk mengukur tegangan dan arus masukan ke *driver*, *fluks* meter untuk mengukur kerapatan magnet, *tachometer* untuk mengukur kecepatan dan menghitung torsi motor, dan osiloskop untuk melihat frekuensi dan *duty cycle* masukan pada *driver* IC NE 555.

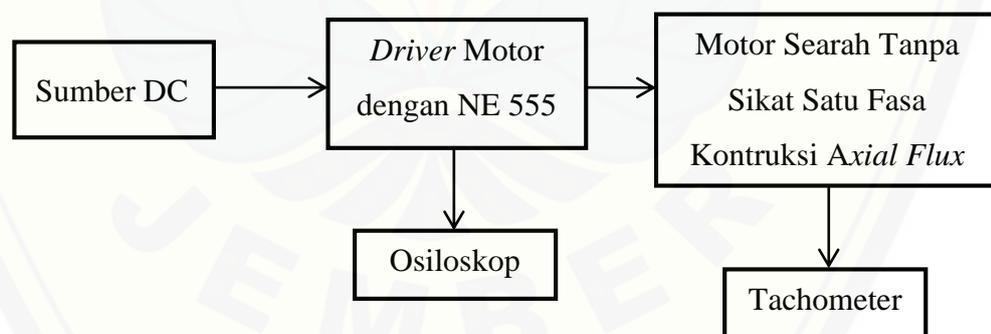
5. Analisa data dan pembuatan laporan

Pada tahap ini dilakukan setelah melakukan pengujian dan mendapatkan data, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan analisis terhadap data yang telah didapatkan. Analisis tersebut berfungsi untuk mengetahui karakteristik *dirver* IC NE 555 dan perbandingan antara pengukuran dan perhitungan mengenai kinerja dari motor tersebut.

6. Penarikan kesimpulan dan saran

Setelah menganalisa data dan pembuatan laporan dilakukan kemudian dapat ditarik beberapa kesimpulan yang menyangkut kriteria dengan ketentuan apabila daya yang dihasilkan dibandingkan dengan rumus kecepatan motor menurut (pramono, pratama, & warindi, 2016), maka kinerja alat dinilai semakin baik, selain itu apabila frekuensi semakin besar maka kecepatan motor semakin besar dan saran yang dimaksudkan untuk memperbaiki kekurangan yang ada, kemungkinan pengembangan, serta penyempurnaan alat pada penelitian selanjutnya.

3.3.2 Blok Diagram dan Perancangan Sistem



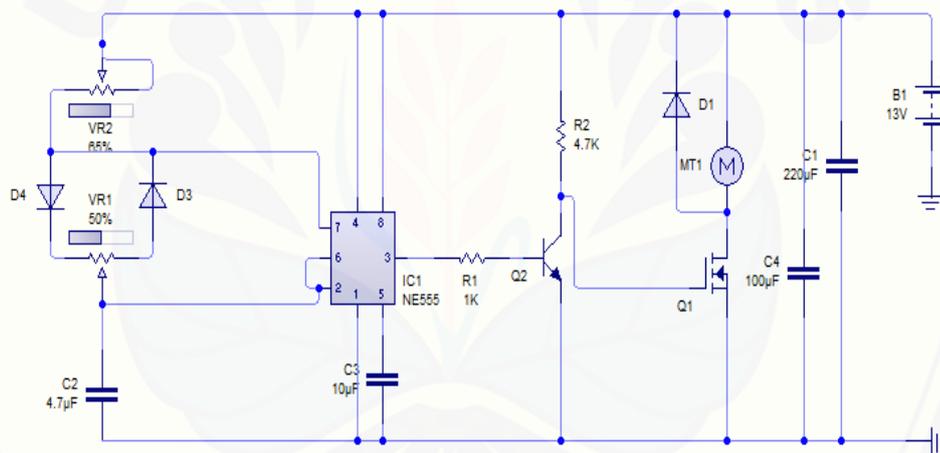
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

Pada motor bldc (*brushless direct curret*) satu fasa kontruksi *axial flux* celah udara tunggal ini menggunakan sumber tegangan tetap sebesar 13 volt dengan menggunakan *power supply* (DC) dan terdapat rangkaian *driver* motor yang menggunakan IC NE 555 untuk mengatur nilai frekuensi sehingga dapat menggerakkan motor. Pada saat menjalankan motor terlebih dahulu mengatur nilai

frekuensi, untuk melihat nilai frekuensi maka digunakan osiloskop untuk mengetahui nilai keluaran frekuensi dari *driver* IC NE 555 tersebut. Pada pengujian alat ini bertujuan untuk mendapatkan data dari hasil percobaan diantaranya yaitu tegangan, kecepatan motor, dan frekuensi yang digunakan dengan menggunakan alat yang sudah disediakan.

3.3.3 Perancangan Desain *Driver* IC NE 555 dan Motor BLDC (*Brushless Direct Current*) Satu Fasa Kontruksi *Axial Flux* Celah Udara Tunggal

Pada perancangan *driver* motor, komponen yang digunakan diantaranya adalah resistor, IC NE 555, dioda, kapasitor, potensio, BD 139, dan IRF 540 yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.3 Rangkaian *driver* IC NE 555

Pada desain *driver*, menggunakan IC NE 555 yang berfungsi sebagai *timer* (pewaktu) dan *pulse* generator (pembangkit pulsa), selain itu dapat juga digunakan sebagai *time delay* generator, *pulsa width modulator* dan *sequential timing*. IC NE 555 akan mengatur nilai masukan frekuensi dengan menggunakan potensio, dan setelah diatur nilai dari frekuensi maka akan langsung dihubungkan ke motor bldc (*brushless direct current*) satu fasa kontruksi *axial flux* celah udara tunggal.

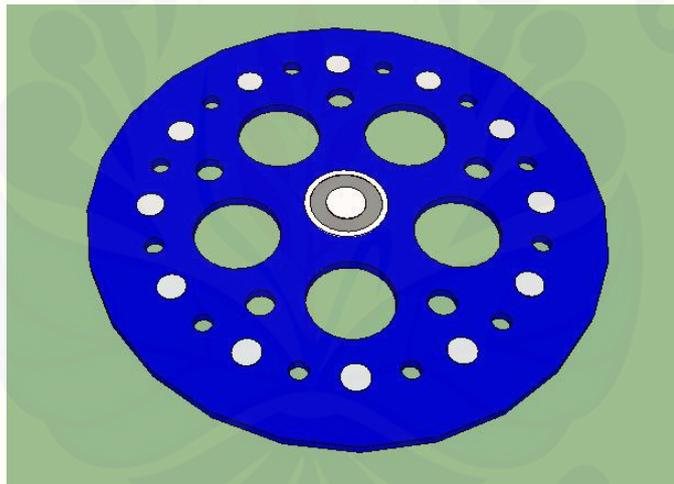
Dengan desain dan komponen yang digunakan pada *driver* tersebut, diharapkan kinerja motor bldc (*brushless direct current*) satu fasa kontruksi *axial*

flux celah udara tunggal yang diuji dapat maksimal. Dan dapat mengetahui kinerja dan karakteristik *driver* motor dan mengetahui pengaruh dari frekuensi terhadap kinerja kecepatan motor.

3.3.4 Desain Motor BLDC (*Brushless Direct Current*) Satu Fasa Kontruksi *Axial Flux* Celah Udara Tunggal

1. Desain Rotor

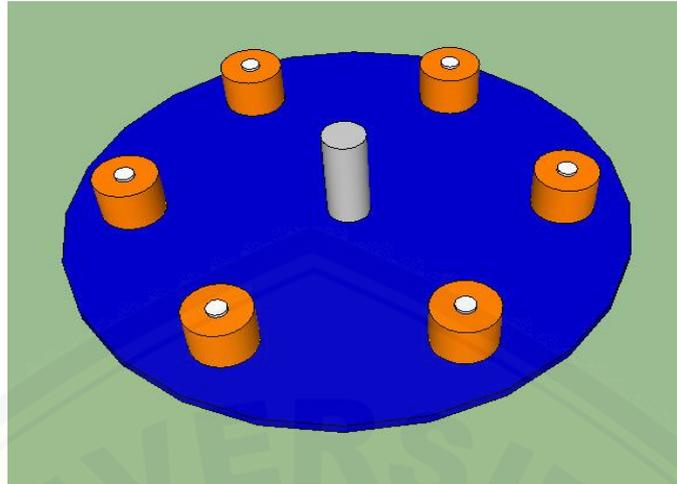
Pada motor bldc (*brushless direct current*) yang akan dibuat, rotor berbentuk lingkaran dengan diameter 14,5 cm, menggunakan 12 buah magnet *neodymium* dengan ukuran 1 cm x 2 mm. Pemasangan kutub magnet pada rotor dengan posisi searah atau sekutub disetiap magnetnya.



Gambar 3.4 Desain Rotor

2. Desain Stator

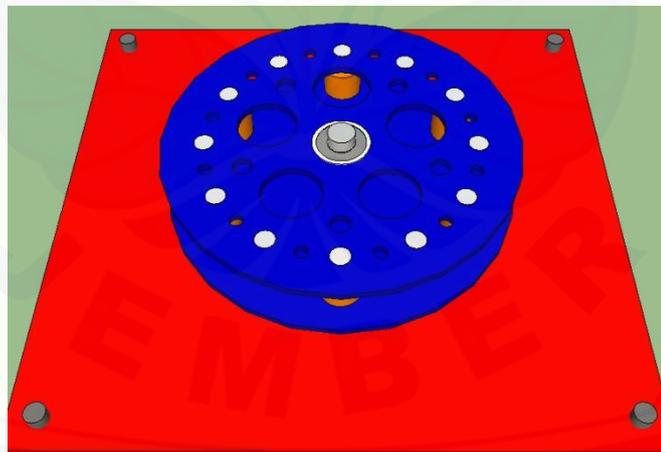
Stator didesain menggunakan 6 kumparan (*coil*) dengan posisi stator yang ada di bagian bawah dari rotor. Antara stator satu dengan yang lain saling membentuk sudut 30 derajat.



Gambar 3.5 Desain Stator

3. Desain Motor Keseluruhan

Pada desain motor bldc (*brushless direct current*) satu fasa konstruksi *axial flux* celah udara tunggal menggabungkan antara stator dengan rotor, dan dimana setiap kumparan terhubung seri dengan kumparan yang lain. Sedangkan pemasangan magnet yang terpasang dengan posisi searah atau sekutub pada setiap magnetnya.



Gambar 3.6 Desain Motor Keseluruhan

3.3.5 Pengujian Pada *Driver* IC NE 555

Pada saat melakukan pengujian ada beberapa tahapan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengukuran Tahanan Pada Stator

Pengukuran tahanan pada stator dilakukan ketika motor tidak bekerja atau dalam keadaan mati. Cara melakukan pengukuran tahanan dengan avo meter yaitu kutub positif dan negatif motor dihubungkan ke avo meter, sehingga nilai tahanan stator dapat diketahui. Tahanan yang diukur pada penelitian kali ini dilakukan pada kawat email 0,4 mm dengan 6 kutub.

2. Pemberian Tegangan Tetap

Pemberian tegangan terhadap *driver* yang selanjutnya di sebagai masukan terhadap motor bldc (*brushless direct current*) satu fasa konruksi *axial flux* celah udara tunggal pada saat melakukan pengujian. Tegangan masukan terhadap *driver* tetap sebesar 13 volt dengan menggunakan power *supply* (DC), *driver* motor mengkonversi tegangan sumber menjadi sinyal yang dapat membuat motor bekerja.

3. Pengaturan Variasi Frekuensi Pada *Driver*

Pengaturan variasi frekuensi pada *dirver* untuk mengatur sinyal masukan yang akan disalurkan ke motor bldc (*brushless direct current*) satu fasa konruksi *axial flux* celah udara tunggal pada saat melakukan pengujian. Pada bagian ini untuk mengatur konversi dari tegangan menjadi sinyal masukan terhadap motor dengan mengatur besar frekuensi agar motor dapat bekerja.

3.3.6 Perhitungan

1. Kecepatan Motor

Untuk mendapatkan hasil dari kecepatan motor yang sedang berputar dengan nilai frekuensi yang sudah diketahui pada osiloskop dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$N_s = \frac{120 f}{P} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana

N_s = Kecepatan sinkron motor (RPM)

F = Frekuensi (HZ)

P = Jumlah kutub motor

BAB 5 PENUTUP

Dari hasil pengujian pada *driver* IC NE 555 terhadap kecepatan motor BLDC (*Brushless Direct Current*) konstruksi *axial flux* celah udara tunggal maka dapat disimpulkan dan saran yang dapat digunakan untuk pengujian selanjutnya diantaranya yaitu sebagai berikut.

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian pada *driver* IC NE 555 terhadap kecepatan motor bldc (*brushless direct current*) konstruksi *axial flux* celah udara tunggal dapat disimpulkan bahwa :

1. Rancangan *driver* IC NE 555 dapat menghasilkan frekuensi sebesar 5 Hz sampai 50 Hz dan dimana frekuensi tersebut dapat menggerakkan motor BLDC (*Brushless Direct Current*) konstruksi *axial flux* celah udara tunggal dengan kecepatan 99,3 rpm sampai 1022 rpm.
2. Semakin besar frekuensi yang diatur maka akan semakin besar kecepatan putar dari motor BLDC (*Brushless Direct Current*) konstruksi *axial flux* celah udara tunggal karena arus listrik yang masuk ke *coil* (kumparan) magnet semakin cepat sehingga membuat putaran dorongan terhadap magnet permanen yang ada di rotor.

5.2 Saran

Dari hasil pengujian pada *driver* IC NE 555 terhadap kecepatan motor BLDC (*Brushless Direct Current*) konstruksi *axial flux* celah udara tunggal ini terdapat saran untuk dilanjutkan penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut.

1. Pada motor ini jarak antar kumparan serta jarak antara magnet perlu diperhatikan.
2. Diharapkan pada *driver* ini untuk memperbaiki dalam hal *starting* awalnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Fachrudin Istiananda, Ir. Rusdhianto Effendie A.K. M.T., dan Andri Ashfahani S.T., M.T., M.Sc. 2016. Perancangan dan Implementasi Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Arus Searah Tanpa Sikat Menggunakan Metode PID-Robust. *JURNAL TEKNIK ITS* Vol. 5, No. 2, (2016) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).
- Atmaja, S. D. (2018). Rancang Bangun Motor Searah Tanpa Sikat Satu Fasa (Blcd) Kontruksi *Axial Flux (Pancake)* Dengan Celah Udara Tunggal. Fakultas Teknik: Universitas Jember.
- Birdiansyah, R., Sudjarwanto, N., & Zebua, O. 2015. Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Perintah Suara Berbasis Mikrokontroler Arduino. *JURNAL REKAYASA dan TEKNOLOGI ELEKTRO* Vol. 9, No.2, (2015)
- Hadi, W. (2016). Rancang Bangun Motor BLDC Dengan Rotor Berbentuk Piringan. PROSIDING (SISTEM) .
- Hakim, Ilmiawan. 2015. Tokoteknologi. Malang. PT. Tokoteknologi Mikroelektronik Nusantara.
- Halliday, David; Resnick, Robert; Walker, Jearl. *Fundamentals of Physics* (6th ed.). John Wiley & Sons, Inc. ISBN 9971-51-330-7.
- Inradewa, E. (2013). Brushless Motor DC. *Jurnal Elektromagnetika*.
- Kurniawan, A. R. (2016). Rancang Bangun Motor Searah Tanpa Sikat Satu Fasa (*Design of Motor Single-Phase Brushless Direct Current*). BERKALA SAINSTEK .
- Likiliwatul, yakob. 2014. Mesin – Mesin Listrik. Deepublish. Yogyakarta.
- Mardiansyah, Riki. 2012. Potensi Medan Elektromagnetik sebagai sumber pembangkit tenaga listrik. Depok. Universitas Indonesia.

Muda Imam. 2013. *Elektronika Dasar*. Malang: Gunung Samudera.

Prayitno, Dian Agus. (2018). *Analisa Driver Motor Bldc Kontruksi Axial Flux*. Fakultas Teknik: Universitas Jember.

Pribadi, wahyu. 2014. *Kontrol Torsi Motor DC Brushless Penggerak Hybrid Electric Vehicle Menggunakan Predictive Direct Torque Control*. Surabaya: Institute Teknologi Sepuluh Nopember.

Rencana, H., Sakti, P., & Yuniarto, M. N. 2014. *Perancangan dan Uji Performa Axial Flux Permanent Magnet Coreless Brushless Direct Curent (DC) Motor*, 1(1), 1–7.

Saptadi, A. H., Arifin, J., & Nugraha, W. D. 2010. *CHARGER HANDPHONE PORTABLE MENGGUNAKAN SISTEM PENGGERAK GENERATOR AC DENGAN PENYEARAH*. Jurnal Infotel Vol. 2 No. 2.

Sujanarko, B. 2014. *BLDC Motor Control for Electric Vehicle Based On Digital Circuit and Proportional-*, 11674–11681.

Susa'at, S. 2015. *APLIKASI IC NE 555 SEBAGAI CLOCK GENERATOR PADA RANGKAIAN TERPADU (IC) DIGITAL JENIL TTL*. Malang. Widyaaiswara Madya P4TK BOE/VEDC.

Welekar, A. M., & Apte, A. A. 2014. *Development of Brushless DC Motor Drive*. *Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE)*, 2014, 12–18.

Yedamale, P. 2003. *Brushless DC (BLDC) Motor Fundamentals*. Microchip Technology Inc. 1–20.

Young, Hugh D. 2003. *Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga



LAMPIRAN

LAMPIRAN A.**PERHITUNGAN KECEPATAN PADA MOTOR****1. Perhitungan Kecepatan Pada Motor**

a. Pengujian pada frekuensi 5 Hz

➤ Perhitungan Kecepatan (Ns)

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{120 \times 5}{6} \\ &= \frac{600}{6} \\ &= 100 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan *error* persen kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Error percent} &= \left| \frac{\text{Data Perhitungan} - \text{Data Pengukuran}}{\text{Data Perhitungan}} \right| \times 100 \\ &= \left| \frac{100 - 99,3}{100} \right| \times 100 \\ &= 0,7 \% \end{aligned}$$

b. Pengujian pada frekuensi 10 Hz

➤ Perhitungan Kecepatan (Ns)

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{120 \times 10}{6} \\ &= \frac{1200}{6} \\ &= 200 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan *error* persen kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Error percent} &= \left| \frac{\text{Data Perhitungan} - \text{Data Pengukuran}}{\text{Data Perhitungan}} \right| \times 100 \\ &= \left| \frac{200 - 212,5}{200} \right| \times 100 \\ &= 6,25 \% \end{aligned}$$

c. Pengujian pada frekuensi 15 Hz

➤ Perhitungan Kecepatan (Ns)

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{120 \times 15}{6} \\ &= \frac{1800}{6} \\ &= 300 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan *error* persen kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Error percent} &= \left| \frac{\text{Data Perhitungan} - \text{Data Pengukuran}}{\text{Data Perhitungan}} \right| \times 100 \\ &= \left| \frac{300 - 301,3}{300} \right| \times 100 \\ &= 0,43 \% \end{aligned}$$

d. Pengujian pada frekuensi 20 Hz

➤ Perhitungan Kecepatan (Ns)

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{120 \times 20}{6} \\ &= \frac{2400}{6} \\ &= 400 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan *error* persen kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Error percent} &= \left| \frac{\text{Data Perhitungan} - \text{Data Pengukuran}}{\text{Data Perhitungan}} \right| \times 100 \\ &= \left| \frac{400 - 407,9}{400} \right| \times 100 \\ &= 1,98 \% \end{aligned}$$

e. Pengujian pada frekuensi 25 Hz

➤ Perhitungan Kecepatan (Ns)

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{120 \times 25}{6} \\ &= \frac{3000}{6} \\ &= 500 \end{aligned}$$

- Perhitungan *error* persen kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Error percent} &= \left| \frac{\text{Data Perhitungan} - \text{Data Pengukuran}}{\text{Data Perhitungan}} \right| \times 100 \\ &= \left| \frac{500 - 499,8}{500} \right| \times 100 \\ &= 0,04 \% \end{aligned}$$

- f. Pengujian pada frekuensi 30 Hz

- Perhitungan Kecepatan (Ns)

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{120 \times 30}{6} \\ &= \frac{3600}{6} \\ &= 600 \end{aligned}$$

- Perhitungan *error* persen kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Error percent} &= \left| \frac{\text{Data Perhitungan} - \text{Data Pengukuran}}{\text{Data Perhitungan}} \right| \times 100 \\ &= \left| \frac{600 - 604,0}{600} \right| \times 100 \\ &= 0,67 \% \end{aligned}$$

- g. Pengujian pada frekuensi 35 Hz

- Perhitungan Kecepatan (Ns)

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{120 \times 35}{6} \\ &= \frac{4200}{6} \\ &= 700 \end{aligned}$$

- Perhitungan *error* persen kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Error percent} &= \left| \frac{\text{Data Perhitungan} - \text{Data Pengukuran}}{\text{Data Perhitungan}} \right| \times 100 \\ &= \left| \frac{700 - 705,3}{700} \right| \times 100 \\ &= 0,76 \% \end{aligned}$$

h. Pengujian pada frekuensi 40 Hz

➤ Perhitungan Kecepatan (Ns)

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{120 \times 40}{6} \\ &= \frac{4800}{6} \\ &= 800 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan *error* persen kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Error percent} &= \left| \frac{\text{Data Perhitungan} - \text{Data Pengukuran}}{\text{Data Perhitungan}} \right| \times 100 \\ &= \left| \frac{800 - 816,2}{800} \right| \times 100 \\ &= 2,03 \% \end{aligned}$$

i. Pengujian pada frekuensi 45 Hz

➤ Perhitungan Kecepatan (Ns)

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{120 \times 45}{6} \\ &= \frac{5400}{6} \\ &= 900 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan *error* persen kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Error percent} &= \left| \frac{\text{Data Perhitungan} - \text{Data Pengukuran}}{\text{Data Perhitungan}} \right| \times 100 \\ &= \left| \frac{900 - 891,3}{900} \right| \times 100 \\ &= 0,97 \% \end{aligned}$$

j. Pengujian pada frekuensi 50 Hz

➤ Perhitungan Kecepatan (Ns)

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{120 \times 50}{6} \\ &= \frac{6000}{6} \\ &= 1000 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan *error* persen kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Error percent} &= \left| \frac{\text{Data Perhitungan} - \text{Data Pengukuran}}{\text{Data Perhitungan}} \right| \times 100 \\ &= \left| \frac{1000 - 1022}{1000} \right| \times 100 \\ &= 2,2 \% \end{aligned}$$



LAMPIRAN B.**PERHITUNGAN FREKUENSI PADA DRIVER****1. Perhitungan Frekuensi Pada Driver**a. Perhitungan frekuensi pada *driver*

➤ Perhitungan Frekuensi (Hz)

$$F = \frac{1,44}{(Ra + Rb) \times C}$$

$$F = \frac{1,44}{(117085,44 + 10000) \times 2,2 \times 10^{-9}}$$

$$F = \frac{0,6545 \times 10^9}{127085,44}$$

$$F = 5150,078$$

$$F = 5,15 \text{ Hz}$$

b. Perhitungan frekuensi pada *driver*

➤ Perhitungan Frekuensi (Hz)

$$F = \frac{1,44}{(Ra + Rb) \times C}$$

$$F = \frac{1,44}{(55058,65 + 10000) \times 2,2 \times 10^{-9}}$$

$$F = \frac{0,6545 \times 10^9}{65058,65}$$

$$F = 10060,15$$

$$F = 10,06 \text{ Hz}$$

c. Perhitungan frekuensi pada *driver*

➤ Perhitungan Frekuensi (Hz)

$$F = \frac{1,44}{(Ra + Rb) \times C}$$

$$F = \frac{1,44}{(33372,43 + 10000) \times 2,2 \times 10^{-9}}$$

$$F = \frac{0,6545 \times 10^9}{43372,43}$$

$$F = 15090,23$$

$$F = 15,09 \text{ Hz}$$

d. Perhitungan frekuensi pada *driver*

➤ Perhitungan Frekuensi (Hz)

$$F = \frac{1,44}{(Ra + Rb) \times C}$$

$$F = \frac{1,44}{(22545,5 + 10000) \times 2,2 \times 10^{-9}}$$

$$F = \frac{0,6545 \times 10^9}{32545,5}$$

$$F = 201100,30$$

$$F = 20,11 \text{ Hz}$$

e. Perhitungan frekuensi pada *driver*

➤ Perhitungan Frekuensi (Hz)

$$F = \frac{1,44}{(Ra + Rb) \times C}$$

$$F = \frac{1,44}{(16116,92 + 10000) \times 2,2 \times 10^{-9}}$$

$$F = \frac{0,6545 \times 10^9}{26116,92}$$

$$F = 25060,38$$

$$F = 25,06 \text{ Hz}$$

f. Perhitungan frekuensi pada *driver*

➤ Perhitungan Frekuensi (Hz)

$$F = \frac{1,44}{(Ra + Rb) \times C}$$

$$F = \frac{1,44}{(16664,68 + 5000) \times 2,2 \times 10^{-9}}$$

$$F = \frac{0,6545 \times 10^9}{21664,68}$$

$$F = 30210,46$$

$$F = 30,21 \text{ Hz}$$

g. Perhitungan frekuensi pada *driver*

➤ Perhitungan Frekuensi (Hz)

$$F = \frac{1,44}{(Ra + Rb) \times C}$$

$$F = \frac{1,44}{(13625,21 + 5000) \times 2,2 \times 10^{-9}}$$

$$F = \frac{0,6545 \times 10^9}{18625,21}$$

$$F = 35140,54$$

$$F = 35,14 \text{ Hz}$$

h. Perhitungan frekuensi pada *driver*

➤ Perhitungan Frekuensi (Hz)

$$F = \frac{1,44}{(Ra + Rb) \times C}$$

$$F = \frac{1,44}{(11313,31 + 5000) \times 2,2 \times 10^{-9}}$$

$$F = \frac{0,6545 \times 10^9}{16313,31}$$

$$F = 40120,61$$

$$F = 40,12 \text{ Hz}$$

i. Perhitungan frekuensi pada *driver*

➤ Perhitungan Frekuensi (Hz)

$$F = \frac{1,44}{(Ra + Rb) \times C}$$

$$F = \frac{1,44}{(9499,11 + 5000) \times 2,2 \times 10^{-9}}$$

$$F = \frac{0,6545 \times 10^9}{14499,11}$$

$$F = 45140,7$$

$$F = 45,14 \text{ Hz}$$

j. Perhitungan frekuensi pada *driver*

➤ Perhitungan Frekuensi (Hz)

$$F = \frac{1,44}{(Ra + Rb) \times C}$$

$$F = \frac{1,44}{(8071,5 + 5000) \times 2,2 \times 10^{-9}}$$

$$F = \frac{0,6545 \times 10^9}{13071,5}$$

$$F = 50070,76$$

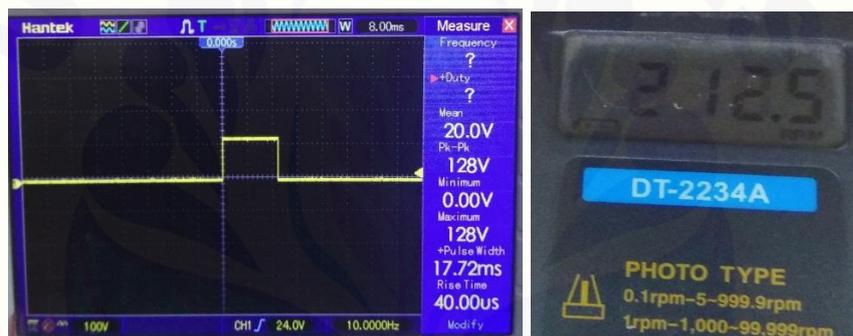
$$F = 50,07 \text{ Hz}$$

LAMPIRAN C

GAMBAR PENGUJIAN FREKUENSI DAN KECEPATAN



Gambar 1. Pengujian Motor Tegangan 13 V Dengan Frekuensi 5 Hz Menggunakan Osiloskop dan Tachometer



Gambar 2. Pengujian Motor Tegangan 13 V Dengan Frekuensi 10 Hz Menggunakan Osiloskop dan Tachometer



Gambar 3. Pengujian Motor Tegangan 13 V Dengan Frekuensi 15 Hz Menggunakan Osiloskop dan Tachometer



Gambar 4. Pengujian Motor Tegangan 13 V Dengan Frekuensi 20 Hz Menggunakan Osiloskop dan Tachometer



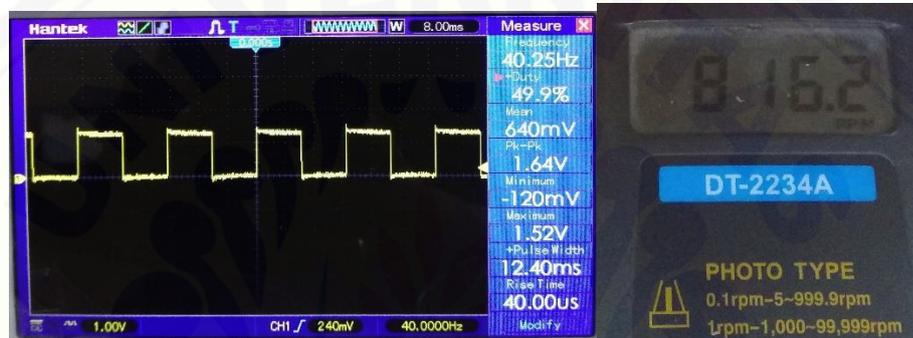
Gambar 5. Pengujian Motor Tegangan 13 V Dengan Frekuensi 25 Hz Menggunakan Osiloskop dan Tachometer



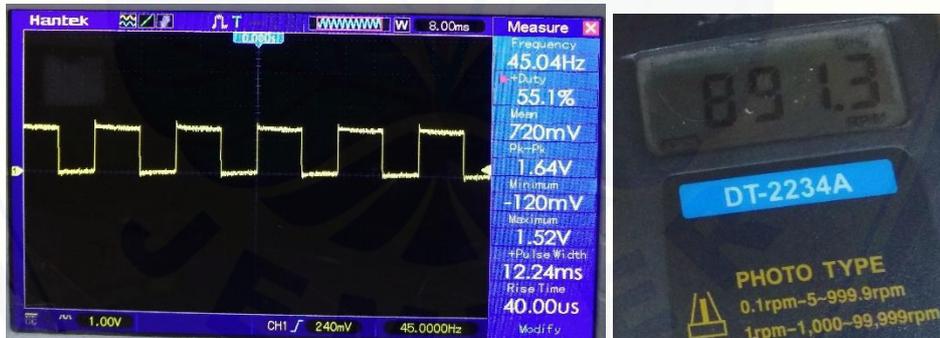
Gambar 6. Pengujian Motor Tegangan 13 V Dengan Frekuensi 30 Hz Menggunakan Osiloskop dan Tachometer



Gambar 7. Pengujian Motor Tegangan 13 V Dengan Frekuensi 35 Hz Menggunakan Osiloskop dan Tachometer



Gambar 8. Pengujian Motor Tegangan 13 V Dengan Frekuensi 40 Hz Menggunakan Osiloskop dan Tachometer



Gambar 9. Pengujian Motor Tegangan 13 V Dengan Frekuensi 45 Hz Menggunakan Osiloskop dan Tachometer



Gambar 10. Pengujian Motor Tegangan 13 V Dengan Frekuensi 50 Hz Menggunakan Osiloskop dan Tachometer

LAMPIRAN D**GAMBAR PENGUKURAN BERAT ROTOR**

Gambar 11. Pengukuran Berat Rotor (Atmaja, 2018).



Gambar 12. Pengukuran Berat Rotor Peneliti.