



**ANALISIS KUAT MEDAN MAGNET, RPM DAN ARUS  
BEDINI SSG PADA PERUBAHAN JUMLAH LILITAN DAN  
VARIASI BEBAN**

**SKRIPSI**

Oleh

**Ginanjari Ni'matullah  
NIM 131910201009**

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



**ANALISIS KUAT MEDAN MAGNET, RPM DAN ARUS  
BEDINI SSG PADA PERUBAHAN JUMLAH LILITAN DAN  
VARIASI BEBAN**

**SKRIPSI**

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

oleh

**Ginanjari Ni'matullah  
NIM 131910201009**

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

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT Yang Maha atas segalanya;
2. Nabi besar Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat manusia;
3. Kedua orang tua, Ibu Marliyah dan Bapak Djaenuri yang tercinta dan tersayang;
4. Anggota keluarga, Mas Adri, Mas Ipul dan Dek Nita yang tercinta dan tersayang;
5. Keluarga perantuan H2-12A dan Ikatan Mahasiswa Purbalingga Perwira (IMAGARA);
6. Keluarga besar Laboratorium Teknologi Informatika Fakultas Teknik Universitas Jember;
7. Keluarga KKN 78 “*Glory Wall*”;
8. Keluarga INTEL UJ 13 “Ikatan Teknik Elektro Universitas Jember 2013”;
9. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

## MOTTO

“Ketika kau masih berjuang dalam urusanmu tetapi urusanmu tak kunjung usai, yakinlah bahwa kau masih dibutuhkan oleh lingkunganmu untuk menyelesaikan urusan orang lain, karna Ibumu selalu berdoa kepada Allah agar anaknya menjadi manusia yang dapat diandalkan serta berguna bagi Nusa dan Bangsa.”\*)

“Mereka yang berhasil adalah mereka yang telah berjuang dengan sungguh-sungguh. Setarakan usahamu dengan mereka yang berhasil, ketika hasil yang kau raih dengan mereka berbeda, disitulah kau mengerti arti keberuntungan.”\*\*)

*“Jika kamu berbuat baik (berarti) kamu berbuat baik bagi dirimu sendiri dan jika kamu berbuat jahat, maka (kejahatan) itu bagi dirimu sendiri.”\*\*\*)*

---

\*) (Ni'matullah G., 2017)

\*\*\*) (Ni'matullah G., 2017)

\*\*\*)(QS. Al Isra [17] : 7)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ginanjar Ni'matullah

NIM : 131910201009

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Kuat Medan Magnet, RPM dan Arus Bedini SSG Pada Perubahan Jumlah Lilitan dan Variasi Beban” 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 dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 24 Januari 2018

Yang menyatakan,

Ginanjar Ni'matullah

NIM 131910201009

**SKRIPSI**

**ANALISIS KUAT MEDAN MAGNET, RPM DAN ARUS  
BEDINI SSG PADA PERUBAHAN JUMLAH LILITAN DAN  
VARIASI BEBAN**

Ginanjari Ni'matullah  
NIM 131910201009

**Pembimbing**

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.  
Dosen Pembimbing Anggota : Samsul Bachri M, S.T., M.MT.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Analisis Kuat Medan Magnet, RPM dan Arus Bedini SSG Pada Perubahan Jumlah Lilitan dan Variasi Beban” karya Ginanjar Ni’matullah telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.  
NIP 196312011994021002

Samsul Bachri M, S.T., M.MT  
NIP 196403171998021001

Anggota II,

Anggota III,

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP 196104141989021001

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.  
NIP 197008261997021001

Mengesahkan  
Dekan,

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

## RINGKASAN

**Analisis Kuat Medan Magnet, RPM Dan Arus Bedini SSG Pada Perubahan Jumlah Lilitan Dan Variasi Beban;** Ginanjar Ni'matullah, 131910201009; 2018; 109 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Krisis dan kelangkaan energi listrik dari sisi biaya yang mahal menjadi masalah tersendiri bagi masyarakat dengan perekonomian menengah ke bawah. Untuk itu perlu pemanfaatan energi terbarukan sebagai energi alternatif untuk menggantikan energi yang dianggap semakin krisis. Masih banyak potensi energi terbarukan di alamini, diantaranya adalah air, angin, matahari, panas bumi, ombak, magnet dsb. Salah satu energi alternatif yang mudah di buat yaitu energi dengan memanfaatkan gaya magnet sebagai model pembangkit listrik yang energi potensialnya mudah ditemukan di alam. Gaya magnet adalah energi yang tercipta tanpa efek pencemaran lingkungan, namun pemanfaatannya untuk pembangkit listrik masih kurang maksimal. Energi yang dihasilkan oleh magnet permanen dapat berkurang 1% dalam 10 tahun atau dengan kata lain energinya dapat bertahan hingga 1000 tahun hingga daya magnetnya hilang.

Energi terbarukan ini bermula dari teori Nikola Tesla. Energi ini masih dilakukan penelitian lebih lanjut oleh ilmuwan dan peneliti. Salah satu jenis energi terbarukan ini adalah Bedini SSG. Bedini Simplified School Girl (SSG) adalah penampakan paling dasar dari rangkaian yang dipatenkan serta dikembangkan oleh John Bedini dan diteliti oleh Dr Peter A. Lindemann, berdasarkan pada teknologi Nikola Tesla, dengan tindak lanjut kerja oleh Edwin Gray, Thomas H. moray, dan lain-lain. Rangkaian bedini dijalankan oleh satu baterai sebagai baterai primer untuk menghasilkan kerja mekanik seperti memutar rotor dan listrik yang dikonsumsi untuk memutar rotor serta menggunakan kumparan dan transistor untuk mencapai charging yang bisa membuat baterai kosong diisi penuh sebelum baterai sumber habis.

Penelitian ini akan mencoba untuk mengembangkan dan memodifikasi dengan mengubah jumlah lilitan pada kumparan bedini dan bermaksud agar kuat



medan magnet yang dihasilkan pada rotor menjadi lebih besar. Setelah nilai kuat medan magnet meningkat, nantinya bedini ini akan dibebani dengan sebuah lampu. Penelitian ini juga mengukur pengaruh jumlah lilitan pada keluaran bedini berupa baterai.

Hasilnya ketika semakin besar banyaknya jumlah lilitan yang di berikan akan menyebabkan nilai arus keluaran yang semakin kecil. Hal ini terjadi karena berubahnya arus keluaran selalu diikuti oleh berubahnya arus *input*. Sedangkan pada nilai kuat medan magnet semakin besar jika nilai jumlah lilitan yang diberikan semakin besar pula, hal ini terjadi karena pada rumus kuat medan magnet yaitu berbanding lurus dengan nilai jumlah lilitan. Pada saat dibebani, semakin besar beban yang diberikan maka akan semakin kecil arus baterai keluaran yang diserap oleh baterai sekunder. Begitu pula dengan kuat medan magnet akan semakin kecil pula nilainya.

## SUMMARY

*Analysis of Magnetic Field Strength, RPM and Current Bedini SSG with The Change of The Number of Coils and The Variation of Load*; Ginanjar Ni'matullah, 131910201009; 2018; 109 pages; Departement of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University.

The crisis and the scarcity of electrical energy from the expensive side of the problem becomes a problem for the people with the middle to lower economy. For that need to use renewable energy as an alternative energy to replace energy that is considered increasingly crisis. There is still a lot of renewable energy potential in this nature, such as water, wind, sun, geothermal, waves, magnets and so on. One alternative energy that is easy to make energy by utilizing the magnetic force as a model of power plants whose potential energy is easily found in nature. Magnetic force is energy created without environmental pollution effect, but its utilization for power plant is still less than maximum. The energy produced by a permanent magnet can be reduced by 1% in 10 years or in other words its energy can last up to 1000 years until its magnetic power is lost.

This renewable energy stems from the theory of Nikola Tesla. This energy is still done further research by scientists and researchers. One of these renewable energy types is the SSG Bedini. Bedini Simplified School Girl (SSG) is the most basic sighting of the patented and developed by John Bedini and researched by Dr. Peter A. Lindemann, based on Nikola Tesla technology, with follow-up work by Edwin Gray, Thomas H. moray, and others -other. This series of bedrets is run by one battery as a primary battery to produce mechanical work such as rotating the rotor and electricity consumed to rotate the rotor and using coils and transistors to achieve charging which can keep the empty battery fully charged before the source battery runs out.

This study will try to develop and modify by changing the number of loops in the bed liner and intends to make the magnetic field strength of the rotor become larger. After the magnetic field strength increases, this bedini will be

burdened with a lamp. This study also measured the effect of the number of turns on the output of the battery bedini.

The result when the greater the number of windings that are given will cause the output value of secondary batteries is getting smaller. This happens because the change in the output current of the secondary battery is always followed by changing the input current. While the value of magnetic field strength is greater if the value of the number of windings is given the greater also, this happens because the magnetic field strength formula is directly proportional to the value of the number of windings. When loaded, the greater the load given the smaller the output battery will be absorbed by the secondary battery. Similarly, the strength of the magnetic field will be even smaller in value.

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kuat Medan Magnet, RPM dan Arus Bedini SSG Pada Perubahan Jumlah Lilitan dan Variasi Beban”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M. selaku Dosen Pembimbing Utama, Samsul Bachri M, S.T., M.MT. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dosen Penguji I, Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat membangun demi penyempurnaan skripsi ini;
3. Catur Suko Sarwono, S.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Ibu Marliyah dan Bapak Djaenuri selaku orang tua tercinta yang telah memberikan dukungan moril dan materiil serta kasih sayang yang tak terhingga sepanjang masa;
5. Mas Adri, Mas Ipul dan Dek Nita selaku anggota keluarga yang selalu menjadi motivasi untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini;
6. Keluarga H2-12A Kaliurang Green Garden yaitu Bayu, Adit, Rizki, Wandu, Okman yang telah memberi warna dan arti persahabatan dalam perantauan.
7. Keluarga Lab TI terkhusus Pak Danang yang telah memberikan seluruh ilmu serta pengalaman hidup, kerja dan organisasi.
8. Keluarga KKN 78 yang telah memberikan motivasi, arti kekeluargaan serta pelajaran hidup yang membimbing kepada pendewasaan.
9. Keluarga besar INTEL UJ 13 “Ikatan Teknik Elektro Universitas Jember 2013” atas kekeluargaan yang kalian berikan.

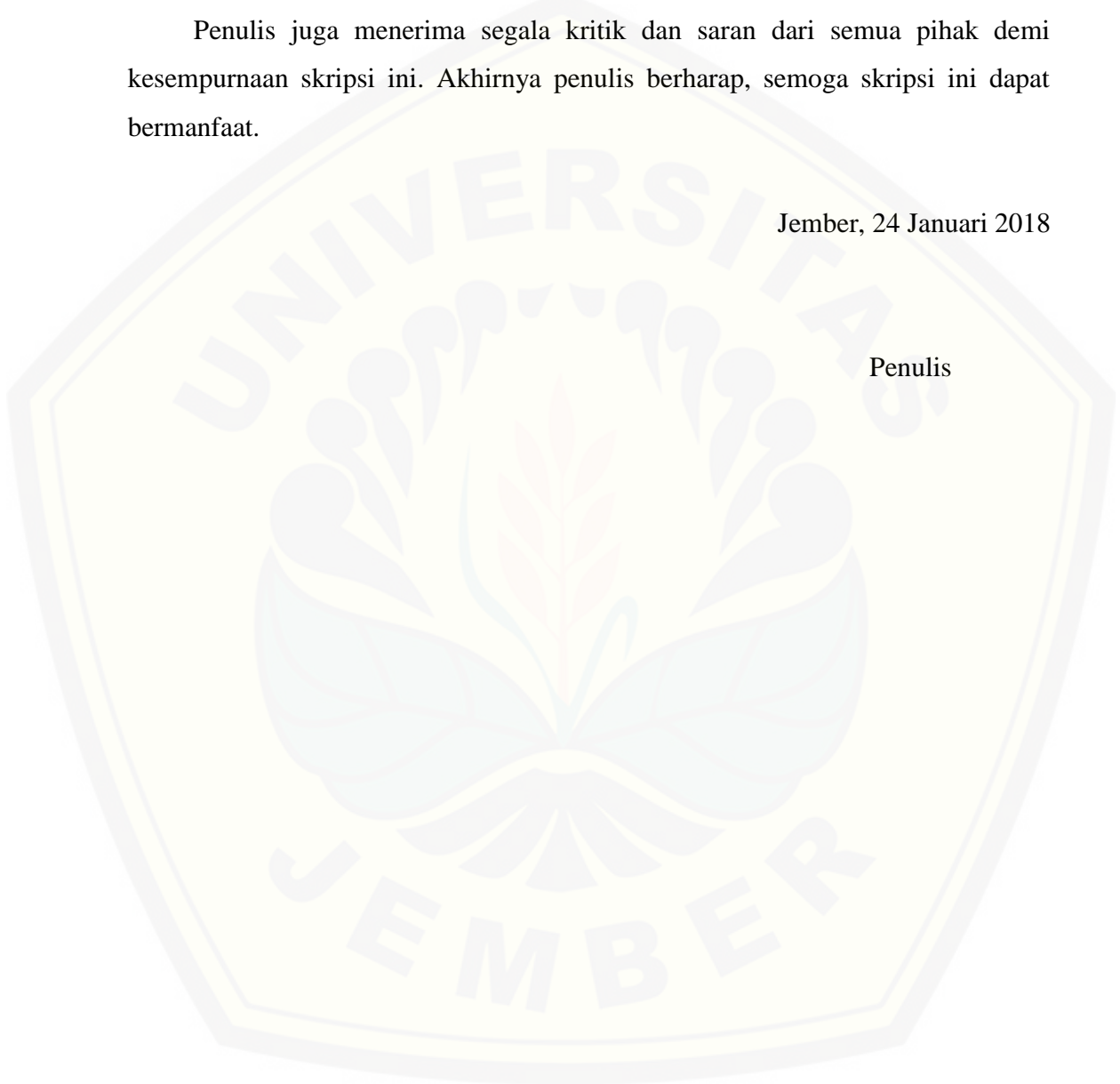
10. Rekan kerja skripsi yaitu Heristo, Septian, Wawan, Intho, Itun, Ipul dan teman-teman Aslab Patrang yang telah membantu memberikan ide, waktu serta tenaganya dalam pengerjaan skripsi ini.

11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 24 Januari 2018

Penulis

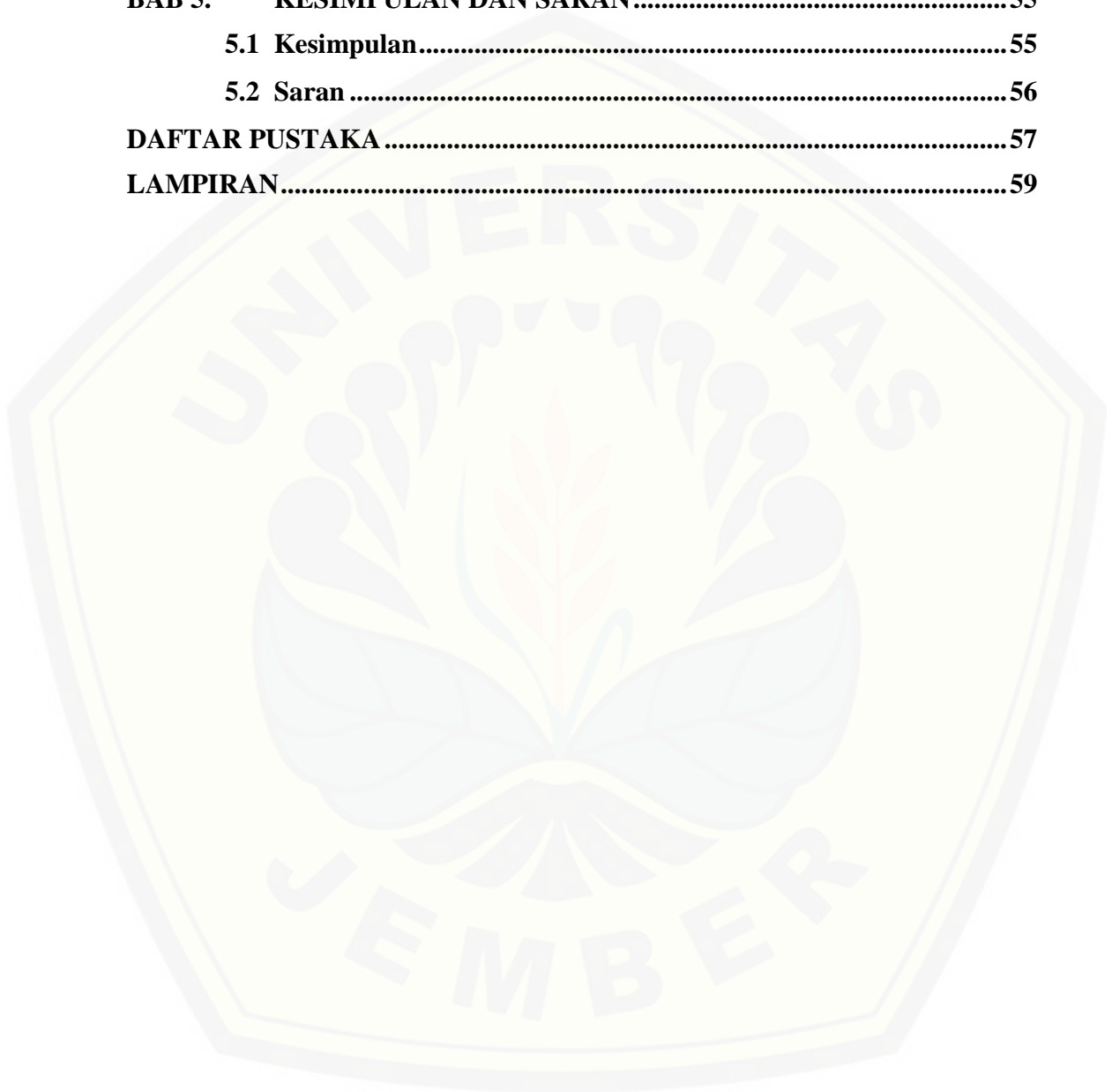


DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN SKRIPSI.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN .....	viii
SUMMARY .....	x
PRAKATA .....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Bedini SSG.....	5
2.2 Cara Kerja Bedini SSG .....	7
2.3 Magnet .....	9
2.4 Persamaan Fluks .....	11
2.5 Kuat Medan Magnet.....	11
2.6 EMF.....	12
2.7 Kecepatan Motor .....	13
2.8 Solenoida.....	13

2.9	Baterai.....	14
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>19</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.2	Tahapan Penelitian.....	19
3.3	Perencanaan Jadwal Penelitian.....	21
3.4	Alat dan Bahan.....	21
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	22
3.6	Blok Diagram dan Perancangan Sistem.....	23
3.6.1	Skema Rangkaian.....	24
3.6.2	Desain Alat.....	25
3.7	Rencana Pengujian.....	26
3.7.1	Pengujian Sistem.....	26
3.7.2	Pengujian dengan Perhitungan.....	27
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>29</b>
4.1	Pengujian Bekerja Tidaknya Bedini SSG.....	29
4.2	Pengujian Resistansi Pada Variasi Jumlah Lilitan.....	30
4.3	Pengujian karakteristik Bedini SSG Tanpa Beban.....	31
4.3.1	Analisis Hubungan Jumlah Lilitan terhadap Kuat Medan Magnet Ketika Tanpa Beban.....	34
4.3.2	Analisis Hubungan Jumlah Lilitan terhadap RPM Ketika Tanpa Beban.....	35
4.3.3	Analisis Hubungan Jumlah Lilitan terhadap Arus Ketika Tanpa Beban.....	36
4.3.4	Perbandingan Data Hasil Pengukuran dengan Data Hasil Perhitungan Ketika Tanpa Beban.....	37
4.4	Pengujian karakteristik Bedini SSG berbeban.....	41
4.4.1	Analisis Hubungan Variasi Beban terhadap Kuat Medan Magnet.....	44
4.4.2	Analisis Hubungan Variasi Beban terhadap RPM.....	45
4.4.3	Analisis Hubungan Variasi Beban terhadap Arus Keluaran....	46

4.4.4 Perbandingan Data Hasil Pengukuran dengan Data Hasil Perhitungan Ketika Berbeban.....	47
<b>4.5 Perhitungan Power Balance.....</b>	<b>52</b>
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>55</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>55</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>56</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>59</b>





DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 3.1 Perencanaan Jadwal Penelitian .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabel 3.2 Data Percobaan Pengujian Jumlah Lilitan P2 = 950 .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabel 3.3 Data Percobaan Pengujian Jumlah Lilitan P2 = 600 .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabel 3.4 Data Percobaan Pengujian Jumlah Lilitan P2 = 1200 .....</b>	<b>27</b>
<b>Tabel 4.1 Pengujian Resistansi Motor BLDC .....</b>	<b>31</b>
<b>Tabel 4.2 Pengujian Tanpa Beban.....</b>	<b>33</b>
<b>Tabel 4.4 Error persen kuat medan magnet ketika tanpa beban.....</b>	<b>38</b>
<b>Tabel 4.3 Error persen kecepatan putar motor ketika tanpa beban .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabel 4.5 Pengujian berbeban pada variasi jumlah lilitan 600 .....</b>	<b>42</b>
<b>Tabel 4.6 Pengujian berbeban pada variasi jumlah lilitan 950 .....</b>	<b>42</b>
<b>Tabel 4.7 Pengujian berbeban pada variasi jumlah lilitan 1200 .....</b>	<b>43</b>
<b>Tabel 4.9 Error persen kuat medan magnet ketika berbeban.....</b>	<b>48</b>
<b>Tabel 4.8 Error persen kecepatan putar motor ketika berbeban .....</b>	<b>51</b>
<b>Tabel 4.10 Rata-rata Data Hasil Pengujian.....</b>	<b>52</b>

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Desain original bedini.....	5
Gambar 2.2 Skema Rangkaian Bedini SSG .....	6
Gambar 2.3 Saat kutub n mendekati kumparan utama .....	7
Gambar 2.4 Perubahan fluks magnetik berhenti saat sejajar inti besi .....	7
Gambar 2.5 Transistor dalam kondisi ON .....	8
Gambar 2.6 Rotor melakukan putaran kembali.....	9
Gambar 2.7 Komponen Besaran Pada Lilitan .....	11
Gambar 2.8 Medan magnet pada solenoida .....	13
Gambar 2.9 Sel Accu .....	17
Gambar 3.1 Skema Rangkaian Alat.....	24
Gambar 3.2 Desain Alat .....	25
Gambar 4.1 (a) Rotor diam dan (b) Rotor Bergerak.....	29
Gambar 4.2 Neon Bulb menyala.....	30
Gambar 4.3 Bedini SSG.....	32
Gambar 4.4 Variasi jumlah lilitan (a) 1200, (b) 950, (c) 600.....	32
Gambar 4.5 Grafik hubungan variasi jumlah lilitan terhadap kuat medan magnet ketika tanpa beban.....	34
Gambar 4.6 Grafik hubungan variasi jumlah lilitan terhadap rpm ketika tanpa beban .....	35
Gambar 4.7 Grafik hubungan variasi jumlah lilitan terhadap arus keluaran ketika tanpa beban.....	36
Gambar 4.8 Rangkaian variasi beban.....	41
Gambar 4.11 Grafik hubungan variasi beban terhadap kuat medan magnet ketika berbeban.....	44
Gambar 4.10 Grafik hubungan variasi beban terhadap rpm .....	45
Gambar 4.9 Grafik hubungan variasi beban terhadap arus keluaran .....	46

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring berjalannya waktu diikuti dengan perkembangan zaman yang pesat, dimana energi yang dihasilkan oleh bumi saat ini bisa dikatakan sedang dalam tingkatan krisis. Di Indonesia, energi minyak bumi semakin menurun dalam produksinya. Kondisi ini membuat produksi lebih kecil dari kebutuhan, sehingga memaksa harus mengimpornya sejak 2008. Kemudian diikuti dengan energi gas. Banyak pihak memperkirakan Indonesia menjadi importir gas mulai 2020. Pemenuhan energi listrik di Indonesia pun menjadi topik hangat untuk dibicarakan. Peringatan kritis tentang krisis listrik di Indonesia sudah dikumandangkan dengan perhitungan-perhitungan yang cermat (Sumber: Wicaksono, P. E., 2016). Pertumbuhan konsumsi listrik yang terus meningkat, apalagi Indonesia dengan 250 juta penduduk masih menjadi negara dengan konsumsi perkapita listrik terendah di dunia, baru sekitar 800 kWh. Artinya desakan kebutuhan listrik atau investasi nanti akan menjadi beban yang lebih besar. onsumsi listrik perkapita Indonesia masih rendah dibanding negara-negara tetangga seperti Singapura dan Malaysia. Konsumsi listrik perkapita Indonesia, sesuai data di Kementrian ESDM kini baru mencapai 900 kWh, masih sangat rendah. Bandingkan dengan Singapura 8.690 kWh, Malaysia 4.311 Kwh, Jerman 7.270 kWh. Artinya dimasa datang tuntutan kebutuhan listrik akan sangat serius membebani Indonesia (Sumber: <http://www.bagitu.com/2016/11/23/krisis-energy-bisa-memicu-bencana-ekonomi-indonesia>, diakses terakhir tanggal 17 April 2017).

Krisis dan kelangkaan energi listrik dari sisi biaya yang mahal menjadi masalah tersendiri bagi masyarakat dengan perekonomian menengah ke bawah. Untuk itu perlu pemanfaatan energi terbarukan sebagai energi alternatif untuk menggantikan energi yang dianggap semakin krisis. Masih banyak potensi energi terbarukan di alamini, diantaranya adalah air, angin, matahari, panas bumi, ombak, magnet dsb. Salah satu energi alternatif yang mudah di buat yaitu energi dengan memanfaatkan gaya magnet sebagai model pembangkit listrik yang energi

potensialnya mudah ditemukan di alam. Gaya magnet adalah energi yang tercipta tanpa efek pencemaran lingkungan, namun pemanfaatannya untuk pembangkit listrik masih kurang maksimal. Energi yang dihasilkan oleh magnet permanen dapat berkurang 1% dalam 10 tahun atau dengan kata lain energinya dapat bertahan hingga 1000 tahun hingga daya magnetnya hilang (Wibowo P. S. U., 2015).

Energi terbarukan ini bermula dari teori Nikola Tesla. Energi ini masih dilakukan penelitian lebih lanjut oleh ilmuwan dan peneliti. Salah satu jenis energi terbarukan ini adalah Bedini SSG. Bedini Simplified School Girl (SSG) adalah penampakan paling dasar dari rangkaian yang dipatenkan serta dikembangkan oleh John Bedini dan diteliti oleh Dr Peter A. Lindemann, berdasarkan pada teknologi Nikola Tesla, dengan tindak lanjut kerja oleh Edwin Gray, Thomas H. moray, dan lain-lain. Rangkaian bedini dijalankan oleh satu baterai sebagai baterai primer untuk menghasilkan kerja mekanik seperti memutar rotor dan listrik yang dikonsumsi untuk memutar rotor serta menggunakan kumparan dan transistor untuk mencapai charging yang bisa membuat baterai kosong diisi penuh sebelum baterai sumber habis (Lindemann P. dan Murakami A., 2012).

Berlandaskan pada jurnal yang dikutip dari IEEE dengan judul "Performance Comparison of 4-Pole Neodymium" karya Fakhurrazey dkk tahun 2014 yang membuat penelitian dengan mengubah desain asli menjadi desain tiruan bedini dengan 4 kutub magnet neodymium pada rotornya. Dengan adanya penelitian tersebut, penelitian ini akan mencoba untuk mengembangkan dan memodifikasi dengan mengubah jumlah lilitan pada kumparan bedini dan bermaksud agar kuat medan magnet yang dihasilkan pada rotor menjadi lebih besar. Setelah nilai kuat medan magnet meningkat, nantinya bedini ini akan dibebani dengan sebuah lampu. Penelitian ini juga mengukur pengaruh jumlah lilitan pada keluaran bedini berupa baterai.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan, timbul beberapa rumusan masalah berikut:

1. Bagaimana pengaruh banyaknya jumlah lilitan pada Motor Bedini SSG terhadap kuat medan magnet, rpm dan besar arus keluaran ketika tidak dibebani?
2. Bagaimana pengaruh variasi beban pada Motor Bedini SSG terhadap kuat medan magnet, rpm dan besar arus keluaran?

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Magnet permanen yang digunakan adalah 4 buah neodymium bulat ukuran 18mm x 2mm.
2. Arus bocor pada transistor diabaikan.
3. Rugi-rugi alat tidak diperhitungkan.
4. Tidak menghitung lamanya proses charging baterai.
5. Tidak mengukur dan menghitung batas nominal kerja motor.

## 1.4 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui pengaruh banyaknya jumlah lilitan pada Motor Bedini SSG terhadap kuat medan magnet, rpm dan besar arus keluaran ketika tanpa beban.
2. Mengetahui pengaruh variasi beban pada Motor Bedini SSG terhadap kuat medan magnet, rpm dan besar arus keluaran.

## 1.5 Manfaat Penelitian

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

1. Mendukung pengembangan ilmu pengetahuan tentang motor Bedini SSG.

2. Mengembangkan energi alternatif yang dapat mengurangi tingkat polusi di dunia.
3. Sebagai referensi selanjutnya mengenai pengaruh perubahan jumlah lilitan terhadap performa motor Bedini SSG.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi adalah sebagai berikut:

#### **BAB 1. PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika pembahasan.

#### **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tentang penjelasan teori yang menguraikan pendapat atau hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

#### **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

Menjelaskan tentang metode kajian yang di gunakan untuk menyelesaikan skripsi.

#### **BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Menjelaskan tentang laporan hasil penelitian yang membahas tentang analisa data dan hasil.

#### **BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi tentang kesimpulan yang ditarik dari rumusan masalah yang terjadi serta saran agar di penelitian selanjutnya dapat di berjalan lebih baik.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Bedini SSG

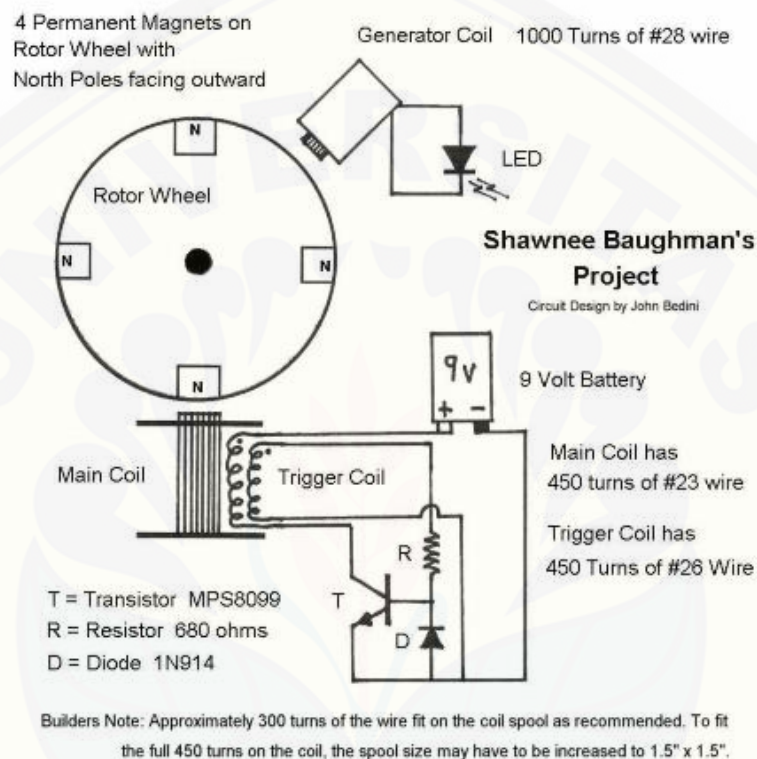
Salah satu manfaat paling besar dari aplikasi gaya Lorentz dalam kehidupan manusia adalah bedini SSG. Bedini SSG adalah salah satu jenis generator magnetik motor yang diciptakan dan ditunjukkan oleh John Bedini Ketika Bedini SG dialiri arus listrik maka akan ada arus yang mengalir menuju cincin komutator. Lalu, dengan melalui sikat karbon arus mengalir ke kumparan, di dalam motor Bedini SSG terdapat magnet yang menimbulkan medan magnet dengan adanya medan magnet dan aliran arus listrik menimbulkan gerakan berputar akibat adanya gaya Lorentz (Tipler, 1998).

Pada gambar 2.1 menunjukkan satu unit Bedini SSG yang terdiri dari rotor roda dengan 24 magnet permanen terpasang dengan arah kutub Utara membelakangi rotor. Kumparan dengan 8 helai kawat terpisah yang dililit menjadi satu dan sirkuit yang terdiri dari 7 transistor, 7 resistor, 14 dioda, 7 Neon Bulb. Bingkai dudukan untuk roda dan semua komponen terbuat dari kayu karena kayu tidak terpengaruh oleh medan magnet dari rotor roda maupun kumparan (Wibowo, P. S. U., 2015). Dimensi untuk rotor roda tidak diharuskan memiliki ukuran tertentu, yang terpenting adalah bahwa rotor bulat sempurna, seimbang, dan berputar baik dengan gesekan rendah pada bantalannya,



Gambar 2.1 Desain original bedini  
(Fakhrurrazey, 2014)

Dengan sistem dan cara kerja yang sama pada gambar 2.2 menunjukkan skema rangkaian Bedini SSG dengan kapasitas yang lebih kecil. Menggunakan baterai dan transistor dengan karakteristik yang memiliki kapasitas lebih kecil dibandingkan dengan Bedini SSG pada gambar 2.1.



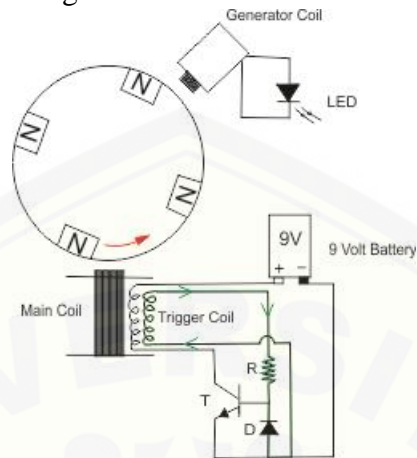
Gambar 2.2 Skema Rangkaian Bedini SSG  
(Lindemann P. dan Murakami A., 2012)

Sebagian besar orang menganggap bahwa Bedini SSG merupakan sebuah motor listrik. Hal tersebut didasarkan karena sistem beroperasi dengan listrik dan roda berputar selama sistem ini bekerja. Motor biasanya dirancang dengan daya tertentu untuk beroperasi pada beberapa perangkat misalkan pompa atau kompresor. Bedini SSG memiliki kemiripan dengan motor listrik namun berbeda karena bedini SSG berputar menghasilkan daya mekanik yang terbatas. Tujuan sebenarnya dari perangkat ini memiliki efek yang sangat spesifik terhadap daya baterai dan untuk menjaga agar rotor dapat berputar dengan sendirinya.



## 2.2 Cara Kerja Bedini SSG

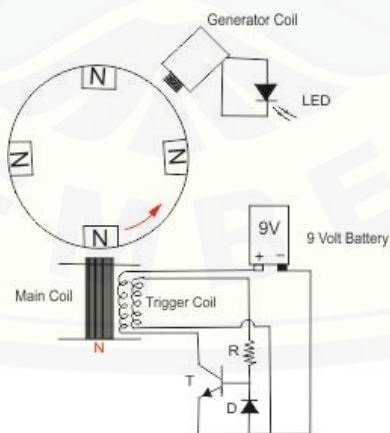
1) Motor diputar dengan tangan



Gambar 2.3 Saat kutub n mendekati kumparan utama  
(Peter Lindemann, 2012)

Pada gambar 2.3 yaitu ketika salah satu kutub magnet mulai bergerak mendekati kumparan inti besi. Kumparan trigger terinduksi namun arah arus yang dihasilkan tidak sesuai untuk mengaktifkan transistor dalam kondisi ON (garis hijau), sehingga transistor tetap pada posisi off selama magnet bergerak mendekati kumparan inti besi.

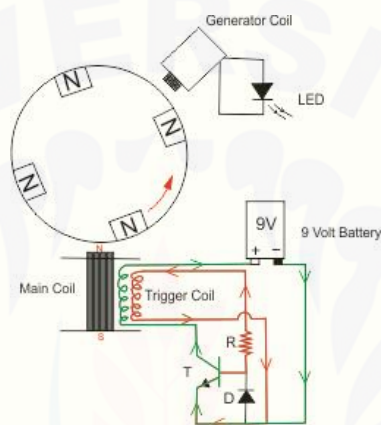
2) Saat kutub n berada tepat diatas kumparan



Gambar 2.4 Perubahan fluks magnetik berhenti saat sejajar inti besi  
(Peter Lindemann, 2012)

Ketika magnet berada tepat di atas kumparan inti besi, inti besi mencapai maksimum induktansi dan perubahan fluks magnetik berhenti. Oleh karena tidak ada arus yang mengalir. Pada titik ini magnet menginduksi inti besi yang seolah olah inti besi sebagai magnet batang dengan kutub selatan menghadap pada magnet rotor dan kutub utara membelakangi rotor yang dapat dilihat pada gambar 2.4.

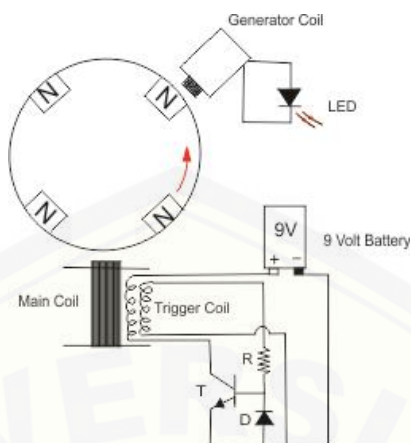
3) Saat menjauhi inti kumparan



Gambar 2.5 Transistor dalam kondisi ON  
(Peter Lindemann, 2012)

Gambar 2.5 menjelaskan saat magnet mulai bergerak menjauh. Medan magnet inti besi mulai *drop* dan mengakibatkan perubahan fluks magnetik yang menghasilkan tegangan induksi pada kumparan inti dengan arah arus yang berlawanan dari arah sebelumnya (garis merah). Arus ini mengaktifkan transistor pada kondisi on menyebabkan arus mengalir menuju kumparan dan baterai. Kondisi ini menjadikan kumparan inti besi bersifat elektromagnet dengan kutub utara menghadap rotor, sehingga terjadi gaya tolak terhadap magnet dan rotor terdorong untuk berputar.

## 4) Transistor Cut off



Gambar 2.6 Rotor melakukan putaran kembali  
(Peter Lindemann, 2012)

Pada gambar 2.6 disaat transistor dalam kondisi *cut off*, magnet mendekati kumparan generator. Lampu led menyala sekejap. Ketika rotor berputar lebih cepat maka lampu led seakan akan menyala terus menerus.

### 2.3 Magnet

Magnet berasal dari Magnesia, nama suatu kota di kawasan Asia. Di kota inilah orang-orang Yunani sekitar tahun 600 SM menemukan sifat magnetik dari mineral magnetik. Secara umum, pengertian magnet adalah kemampuan suatu benda untuk menarik benda-benda lain yang berada disekitarnya.

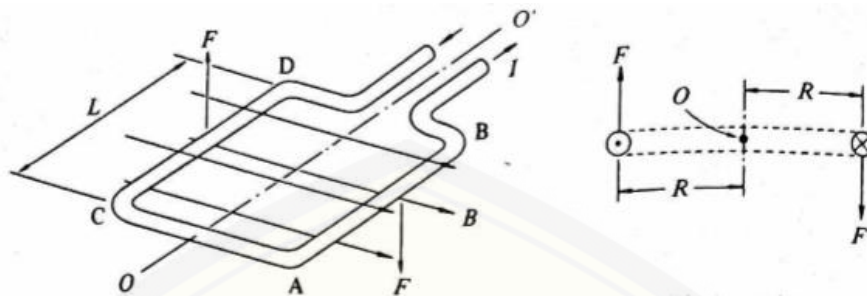
Magnet dapat dibuat dari bahan besi, baja, dan campuran logam serta telah banyak dimanfaatkan untuk industri otomotif dan lainnya. Sebuah magnet terdiri atas magnet-magnet kecil yang memiliki arah yang sama (tersusun teratur), magnet-magnet kecil ini disebut magnet elementer. Pada logam yang bukan magnet, magnet elementernya mempunyai arah sembarangan (tidak teratur) sehingga efeknya saling meniadakan, yang mengakibatkan tidak adanya kutub – kutub magnet pada ujung logam. Setiap magnet memiliki dua kutub, yaitu: utara (N) dan selatan (S). Kutub magnet adalah daerah yang berada pada ujung-ujung magnet dengan kekuatan magnet yang paling besar berada pada kutub – kutubnya.

Magnet dapat menarik benda lain, beberapa benda bahkan tertarik lebih kuat dari yang lain, yaitu bahan logam. Namun tidak semua logam mempunyai daya tarik yang sama terhadap magnet. Besi dan baja adalah dua contoh materi yang mempunyai daya tarik yang tinggi oleh magnet. Sedangkan oksigen cair adalah contoh materi yang mempunyai daya tarik yang rendah oleh magnet. Satuan intensitas magnet menurut sistem metrik Satuan Internasional (SI) adalah Tesla dan SI unit untuk total fluks magnetik adalah weber ( $1 \text{ weber/m}^2 = 1 \text{ tesla}$ ) yang mempengaruhi luasan satu meter persegi.

Penggunaan magnet *neodymium* pada Bedini SG memiliki efisiensi yang lebih baik dan harga yang lebih murah dibandingkan dengan Bedini SG yang asli (Fakhrurrazey dkk, 2014). Karakteristik magnet permanen yang paling tinggi saat ini adalah *Neodymium Iron Boron* (NdFeB), Idayanti dan Dedi (2006) menjelaskan bahwa NdFeB adalah material magnetik jenis permanen logam tanah jarang (*rare earth*) karena terbentuk oleh 2 atom dari suatu unsur logam tanah jarang *Neodymium* (Nd), 14 atom besi (Fe) dan 1 atom Boron (B), sehingga rumus molekul yang terbentuk adalah  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  dan sifat magnet yang dimiliki sangat baik dengan BHmax berkisar antara 30 Mega Gauss Oersted (MGOe) sampai dengan 52 MGOe.

Unsur utama pembentuk magnet NdFeB adalah Besi (Fe) dengan komposisi 60,36 % dan Neodymium (Nd) sebesar 32,53 % dan Boron sebesar 7-14 %. Unsur lain adalah Silikon (Si) sebesar 3,42% dan Cobalt (Co) sebesar 3,69%. Unsur Si dan Co pada magnet NdFeB adalah sebagai aditif yang dapat berfungsi untuk meningkatkan sifat magnet seperti; induksi remanen, koersifitas dan produk energi maksimum. Selain itu aditif ini juga dapat meningkatkan ketahanan korosi dan dapat meningkatkan temperatur curie (Idayanti dan Kristiantoro, 2006).

**2.4 Persamaan Fluks**



Gambar 2.7 Komponen Besaran Pada Lilitan  
(T. Kenjo and S. Nagamori, 1985)

Keterangan :

- B = Kuat medan magnet (T)
- I = Arus listrik (A)
- L = Panjang inti besi (m)
- F = Gaya (N)
- R = ½ Panjang kawat (m)

Gambar 2.7 adalah ilustrasi dari beberapa besaran yang ada dalam komponen lilitan. Berikut ini adalah persamaan dari besaran fluks.

$$\Phi = \pi R L B \dots\dots\dots(2.1)$$

**2.5 Kuat Medan Magnet**

Induktor juga sering disebut dengan solenoida atau kumparan adalah sebuah koil yang terdiri dari banyak lilitan dalam bentuk struktur silindris dengan jari-jari R dan panjang  $\ell$ (Shen dan Kong, 1987). Fungsi utama dari induktor dalam rangkaian sederhana RL ini adalah sebagai penyimpan energi, dimana energi yang disimpan ini adalah dalam bentuk medan magnetik internal dengan garis-garis gaya magnet merupakan gabungan dari garis-garis gaya magnet dari kawat melingkar. Besarnya medan magnet B yang dihasilkan induktor dengan jumlah lilitan persatuan panjang n adalah :

$$B = \frac{\mu N I}{2 L} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

- B = Kuat medan magnet

N = Jumlah lilitan

I = Arus

L = Panjang inti besi

Induktor yang diberi tambahan inti apabila dialiri arus listrik dapat menghasilkan medan magnet yang lebih besar dibanding induktor yang hanya memiliki inti udara. (Salomo, Erwin, & Ningsih, S.)

## 2.6 EMF

EMF balik atau gaya gerak listrik balik itu sendiri adalah tegangan balikyng dihasilkan oleh belitan motor BLDC ketika motor BLDC tersebut berputar yang memiliki polaritas tegangan berlawanan arahnya dengan tegangan sumber yang dibangkitkan. Besarnya EMF balik dipengaruhi oleh kecepatan sudut putaran motor ( $\omega$ ), medan magnet yang dihasilkan rotor (B), dan banyaknya lilitan pada belitan stator (N) sehingga besarnya EMF balik dapat dihitung dengan persamaan :

$$V = i R + EMF \dots\dots\dots( 2.3 )$$

$$EMF \text{ balik} = B.N.l.r. \omega \dots\dots\dots( 2.4 )$$

Dimana :

B = Kerapatan medan magnet yang dihasilkan rotor (Tesla)

N = Banyaknya lilitan pada belitan stator per fasa

l = Panjangnya batang rotor (m)

r = Jari-jari dalam motor (m)

$\omega$  = Kecepatan sudut putaran motor (rad) (dimana  $\omega = 2\pi f$ )

Ketika motor BLDC sudah dibuat pada jumlah lilitan stator dan besarnya medan magnet yang dihasilkan nilainya sudah dibuat konstan sehingga yang mempengaruhi besarnya EMF balik adalah besarnya kecepatan sudut yang dihasilkan motor, semakin besar kecepatan sudut yang dihasilkan maka semakin besar pula EMF balik yang dihasilkan oleh motor. Perubahan besarnya EMF balik ini mempengaruhi torsi motor brushless DC, apabila kecepatan motor yang dihasilkan melebihi kecepatan rata-rata, maka akan mengakibatkan EMF

balik yang dihasilkan oleh motor lebih besar daripada tegangan potensial pada belitan stator sehingga arus yang mengalir pada stator akan turun.

### 2.7 Kecepatan Motor

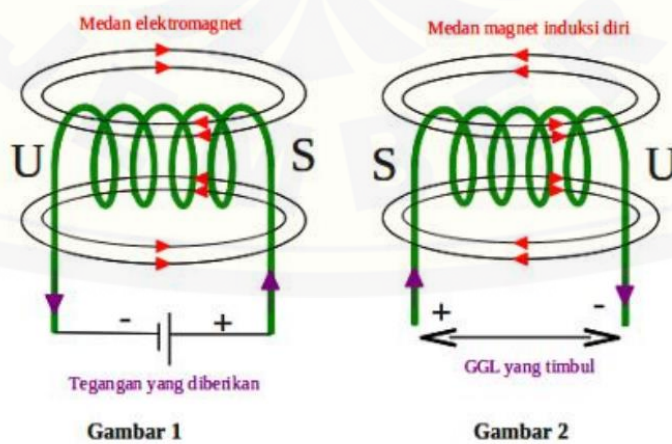
Rotor merupakan bagian penting juga pada motor yang berfungsi untuk menggerakkan atau membuat motor berputar. Perputaran tersebut terjadi akibat adanya gaya elektromagnetik yang dihasilkan oleh stator. Untuk mengetahui putaran pada motor, bisa menggunakan persamaan berikut ini.

$$Nr = \frac{120 Ea}{2\pi p N \Phi} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana  $E_a$  merupakan tegangan balik dari sebuah motor, sedangkan untuk  $p$  sendiri merupakan jumlah kutub (*pole*) pada rotor. Untuk  $N$  adalah banyaknya jumlah lilitan, dan  $\phi$  adalah fluks pada sebuah kumparan.

### 2.8 Solenoida

Solenoida merupakan sebuah kumparan kawat yang terdiri dari beberapa lilitan (loop). Saat arus listrik mengalir solenoida tersebut akan memiliki sifat medan magnet. Posisi dari kutub – kutub medan magnet pada solenoida dipengaruhi oleh arah arus di tiap lilitan tersebut. Karena garis – garis medan magnet akan meninggalkan kutub utara magnet, maka kutub utara solenoida pada Gambar 2.6 berada di ujung kanan.



Gambar 2.8 Medan magnet pada solenoida

Setiap kumparan menghasilkan medan magnet dan medan total di dalam solenoida akan merupakan jumlah medan – medan yang disebabkan oleh setiap lilitan arus. Jika kumparan – kumparan solenoida berjarak sangat dekat, medan di dalam pada dasarnya akan parallel dengan sumbu kecuali di bagian ujung – ujungnya.

Jika solenoida dialiri arus listrik maka akan menghasilkan medan magnet sepanjang kumparan. Garis-garis gaya magnet pada solenoida merupakan gabungan dari garis-garis gaya magnet dari kawat melingkar. Gabungan itu akan menghasilkan medan magnet yang sama dengan medan magnet sebuah magnet batang yang panjang. Kumparan seolah-olah mempunyai dua kutub, yaitu ujung yang satu merupakan kutub utara dan ujung kumparan yang lain merupakan kutub selatan. Medan magnet yang dihasilkan solenoida berarus listrik bergantung pada kuat arus listrik dan banyaknya kumparan.

Pada sebuah solenoida, besar medan magnet yang dihasilkan oleh jumlah lilitan  $N$ , besar arus  $I$  (Ampere), permeabilitas bahan inti kumparan  $\mu$  (Tm/A) dan panjang kumparan  $L$  (m) dapat dituliskan:

$$B = \frac{\mu_0 i N}{2L} \dots\dots\dots( 2.6 )$$

Pada solenoida berinti udara atau sering disebut dengan solenoida tak berinti, besar nilai permeabilitas bahan inti kumparannya = 1 atau besarnya  $\mu = \mu_0$ . Sedangkan pada solenoida berinti, besarnya  $\mu$  berbeda-beda tergantung dengan jenis bahan inti

kumparan yang digunakan. Besarnya permeabilitas inti kumparan dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

**2.9 Baterai**

Baterai adalah alat yang dapat menyimpan energi kimia dan menjadikannya energi listrik bila diperlukan. Baterai telah dikenal luas dalam penggunaannya sebagai sumber energi benda-benda elektronik seperti mainan



anak, lampu senter, dan lain-lain. Keunggulan baterai sebagai sumber energi listrik adalah kemudahannya untuk dibawa-bawa.

Listrik yang dihasilkan oleh sebuah baterai muncul akibat adanya perbedaan potensial energi listrik kedua buah elektrodanya. Perbedaan potensial ini dikenal dengan potensial sel atau gaya gerak listrik (ggl). Untuk melengkapi reaksi dalam sebuah baterai dibutuhkan media transfer muatan dan sirkuit luar sebagai jalur alir listrik. Baterai yang digunakan saat ini mempunyai perbedaan yang besar dengan baterai generasi awal. Dari segi konstruksi, baterai generasi awal mempunyai ukuran yang besar dan mempunyai komponen-komponen yang rawan akan kerusakan. Baterai sekarang mempunyai ukuran yang kecil dan sebagian besar komponennya padat, sehingga lebih aman. Dari segi kapasitas energi, baterai sekarang mempunyai rasio energi terhadap massa yang jauh lebih besar dibandingkan baterai generasi awal.

Berdasarkan kemampuannya untuk dikosongkan (discharged) dan diisi ulang (recharged), baterai dibagi menjadi dua, yaitu Baterai Primer dan Baterai Sekunder. Kemampuan atau ketidakmampuan sebuah baterai untuk diisi ulang terletak pada reaksi kimiawi dalam baterai tersebut. Definisi mengisi ulang adalah membalikkan reaksi kimia yang terjadi dalam sebuah baterai dengan menerapkan arus listrik pada potensial tertentu. Pada baterai sekunder pembalikan reaksi tersebut dapat terjadi, sedangkan pada baterai primer, pembalikan reaksi tersebut tidak dapat terjadi.

#### 1. Baterai primer

Baterai primer adalah baterai yang tidak dapat diisi ulang. Setelah kapasitas baterai habis (fully discharged), baterai tidak dapat dipakai kembali. Beberapa contoh baterai jenis ini adalah baterai Seng-Karbon (Baterai Kering), baterai Alkalin dan baterai Merkuri.

#### 2. Baterai sekunder

Baterai sekunder adalah baterai yang dapat diisi ulang. Kemampuan diisi ulang baterai sekunder bervariasi antara 100-500 kali (satu siklus adalah satu kali pengisian dan pengosongan). Beberapa contoh baterai sekunder adalah

baterai Timbal-Asam (Aki), baterai Ni-Cd, baterai Ni-MH, baterai Litium-Ion.

*Accumulator* atau sering disebut *Accu*, adalah salah satu komponen utama dalam kendaraan bermotor, baik mobil atau motor, semua memerlukan *Accu* untuk dapat menghidupkan mesin mobil (mencatu arus pada dinamo stater kendaraan). *Accu* mampu mengubah tenaga kimia menjadi tenaga listrik. Di pasaran saat ini sangat beragam jumlah dan jenis *Accu* yang dapat ditemui. *Accu* untuk mobil biasanya mempunyai tegangan sebesar 12 Volt, sedangkan untuk motor ada tiga jenis tegangan 12 Volt, 9 volt dan ada juga yang bertegangan 6 Volt. Selain itu juga dapat ditemukan pula *Accu* yang khusus untuk menyalakan *Tape* atau radio dengan tegangan juga yang dapat diatur dengan rentang 3, 6, 9, dan 12 Volt. Tentu saja *Accu* jenis ini dapat dimuati kembali (*Recharge*) apabila muatannya telah berkurang atau habis. Dikenal dua jenis elemen yang merupakan sumber arus searah (DC) dari proses kimiawi, yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer terdiri dari elemen basah dan elemen kering. Reaksi kimia pada elemen primer yang menyebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif (*Katoda*) ke elektroda positif (*Anoda*) tidak dapat dibalik arahnya. Maka jika muatannya habis, maka elemen primer tidak dapat dimuati kembali dan memerlukan penggantian bahan pereaksinya (elemen kering). Sehingga dilihat dari sisi ekonomis elemen primer dapat dikatakan cukup boros. Contoh elemen primer adalah batu baterai (*Dry Cells*).

*Allesandro Volta*, seorang ilmuwan fisika mengetahui, gaya gerak listrik (ggl) dapat dibangkitkan dua logam yang berbeda dan dipisahkan larutan elektrolit. Volta mendapatkan pasangan logam tembaga (Cu) dan seng (Zn) dapat membangkitkan ggl yang lebih besar dibandingkan pasangan logam lainnya (kelak disebut elemen Volta). Hal ini menjadi prinsip dasar bagi pembuatan dan penggunaan elemen sekunder. Elemen sekunder harus diberi muatan terlebih dahulu sebelum digunakan, yaitu dengan cara mengalirkan arus listrik melaluinya (secara umum dikenal dengan istilah disetrum).

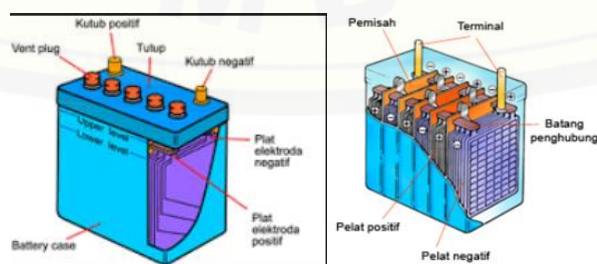
Akan tetapi, tidak seperti elemen primer, elemen sekunder dapat dimuati kembali berulang kali. Elemen sekunder ini lebih dikenal dengan *Accu*. Dalam sebuah *Accu* berlangsung proses elektrokimia yang sereversibel (bolak-balik) dengan efisiensi

yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel yaitu di dalam *Accu* saat dipakai berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (*Discharging*). Sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (*Charging*).

Jenis *Accu* yang umum digunakan adalah *Accumulator* timbal. Secara fisik *Accu* ini terdiri dari dua kumpulan pelat yang dimasukkan pada larutan asam sulfat encer ( $H_2SO_4$ ). Larutan elektrolit itu ditempatkan pada wadah atau bejana *Accu* yang terbuat dari bahan ebonit atau gelas. Kedua belah pelat terbuat dari timbal (Pb), dan ketika pertama kali dimuati maka akan terbentuk lapisan timbal dioksida ( $PbO_2$ ) pada pelat positif. Letak pelat positif dan negatif sangat berdekatan tetapi dibuat untuk tidak saling menyentuh dengan adanya lapisan pemisah yang berfungsi sebagai isolator (bahan penyekat).

*Accu* yang ada di pasaran ada 2 jenis yaitu *Accu* basah dan *Accu* kering. *Accu* basah media penyimpan arus listrik ini merupakan jenis paling umum digunakan. *Accu* jenis ini masih perlu diberi air *Accu* yang dikenal dengan sebutan *Accu Zuur*. Sedangkan *Accu* kering merupakan jenis *Accu* yang tidak memakai cairan, mirip seperti baterai telepon selular. *Accu* ini tahan terhadap getaran dan suhu rendah.

Dalam *Accu* terdapat elemen dan sel untuk menyimpan arus yang mengandung asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Tiap sel berisikan pelat positif dan pelat negatif. Pada pelat positif terkandung oksid timbal coklat ( $PbO_2$ ), sedangkan pelat negatif mengandung timbal (Pb). Pelat-pelat ditempatkan pada batang penghubung. Pemisah atau *Separator* menjadi isolasi diantara pelat itu, dibuat agar baterai acid mudah beredar disekeliling pelat. Bila ketiga unsur kimia ini berinteraksi, munculah arus listrik.



Gambar 2.9 Sel Accu

(Sumber: [id.m.wikipedia.org/akumulator](http://id.m.wikipedia.org/akumulator), diakses terakhir tanggal 17 April 2017)

*Accu* memiliki 2 kutub/terminal, kutub positif dan kutub negatif. Biasanya kutub positif (+) lebih besar dari kutub negatif (-), untuk menghindarkan kelalaian bila *Accu* hendak dihubungkan dengan kabel-kabelnya. Pada *Accu* terdapat batas minimum dan maksimum tinggi permukaan air *Accu* untuk masing-masing sel. Bila permukaan air *Accu* di bawah level minimum akan merusak fungsi sel *Accu*. Jika air *Accu* melebihi level maksimum, mengakibatkan air *Accu* menjadi panas dan meluap keluar melalui tutup sel.



### **BAB 3. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Adapun tempat dan waktu penelitian, pengujian dan analisis dilakukan secara umum dilakukan di :

Tempat : Laboratorium Listrik Dasar Fakultas Teknik Universitas Jember,  
Laboratorium Fisika Modern Fakultas MIPA Universitas Jember  
Alamat : Jl. Kalimantan 37 Jember 68121, Jember, Jawa Timur, Indonesia  
Waktu : Maret 2017 – November 2017

#### **3.2 Tahapan Penelitian**

Dalam penelitian yang akan dilakukan terdapat serangkaian tahap yang harus dilewati demi mencapai tujuan penelitian yang diharapkan. Diantara tahap – tahap dalam penelitian ini secara garis besarnya meliputi:

##### **1. Tahap Persiapan**

Dalam tahap ini hal yang perlu diperhatikan adalah memperkirakan komponen apa saja yang nantinya akan digunakan untuk melakukan pengujian pengaruh jumlah lilitan terhadap motor Bedini SSG.

##### **2. Tahap Studi Literatur**

Tahap awal dari penelitian ini mencari literatur dari hasil penelitian sebelumnya, buku maupun internet untuk mengetahui karakteristik, prinsip kerja serta teori yang menunjang penelitian. Diharapkan dengan literatur yang didapat bisa memberikan petunjuk dan dapat dijadikan landasan teori dalam penelitian.

##### **3. Tahapan Perancangan**

Tahap ini adalah tahap untuk merancang bagaimana motor Bedini tersebut dapat dililit ulang. Menghitung jumlah lilitan, kecepatan berdasarkan dari paramter perancangan yang telah ditentukan dari motor Bedini SSG pada penelitian sebelumnya.

##### **4. Tahap Uji Karakteristik**

Tahap pengambilan data sebelum motor Bedini dililit, yaitu karakteristik motor seperti arus keluaran, kecepatan motor, kuat medan magnet dll.

#### 5. Tahap Pembuatan Alat

Pembuatan alat disesuaikan dengan yang telah direncanakan pada langkah awal penelitian, mulai dari bentuk alat untuk memasang lilitan, diameter lilitan yang akan digunakan, jumlah lilitan yang digunakan.

#### 6. Tahap pengambilan data

Setelah tahap – tahap bagian sebelumnya dilakukan dan tidak terdapat gangguan dalam penggantian lilitan maka tahap yang selanjutnya adalah tahap pengambilan data daya yang dihasilkan motor Bedini SSG yang dirubah jumlah lilitannya.

#### 7. Analisa data

Analisa data dilakukan setelah mendapatkan hasil data dari data yang didapat yaitu membandingkan performa motor sebelum dirubah jumlah lilitan dan setelah dilakukannya perubahan jumlah lilitan. Dilakukan juga pengambilan data pada variasi pembebanan.

#### 8. Pengambilan kesimpulan

Penarikan kesimpulan diambil dari hasil analisis yang telah melalui beberapa kali uji sehingga mendapatkan hasil berdasarkan tujuan penelitian yaitu kecepatan putar rotor, kuat medan magnet dan arus keluaran yang didapat.

### 3.3 Perencanaan Jadwal Penelitian

Tabel 3.1 Perencanaan Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan															
		Maret				September				Oktober				November			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan	■	■														
2	Studi Literatur		■	■	■												
3	Perancangan Alat				■	■	■	■	■								
4	Uji karakteristik motor					■	■	■	■								
5	Pembuatan Alat							■	■	■	■	■	■				
6	Pengambilan Data									■	■	■	■				
7	Analisa Data													■	■	■	■
8	Pengambilan Kesimpulan													■	■	■	■
9	Penulisan Laporan														■	■	■

### 3.4 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang perlu dipersiapkan untuk melakukan penelitian adalah sebagai berikut :

Alat :

1. Tachometer
2. Avometer
3. Teslameter
4. Ammeter
5. Alat Gulung manual

Bahan :

1. Motor Bedini SSG
2. Beban lampu DC
3. Accu
4. Kawat email

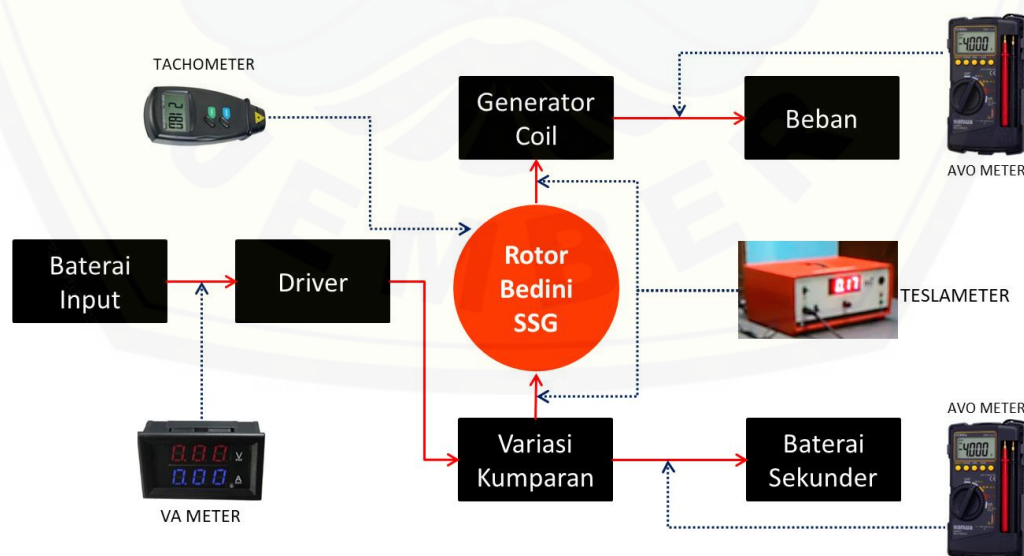
### 3.5 Diagram Alir Penelitian





Pada *Flowchart* diatas menjelaskan alur atau mekanisme dari penelitian, yaitu dimulai dari studi literatur dari penelitian sebelumnya dengan topik yang sama melalui beberapa jurnal sehingga mendapatkan rumusan masalah. Setelah dilakukan perencanaan selanjutnya adalah melakukan uji karakteristik motor Bedini SSG mulai dari kuat medan magnet, kecepatan putar motor, dan arus keluaran yang digunakan untuk membandingkan pengaruh jumlah lilitan terhadap perfoma motor. Selanjutnya adalah melakukan perancangan motor Bedini SSG agar dapat di lilit ulang, menghitung jumlah lilitan, kecepatan putar rotor dan kuat medan magnet. Kemudian melakukan perubahan lilitan pada motor Bedini SSG dengan jumlah lilitan yang ditentukan. Selanjutnya apabila motor Bedini SSG dapat bekerja dilakukan pengambilan data berupa kecepatan putar rotor, kuat medan magnet dan arus keluaran yang nantinya digunakan untuk membandingkan antara sebelum dirubah dan setelah dilakukannya perubahan pada jumlah lilitan. Dan juga dilakukan analisa ketika terjadi variasi pada pembebanan. Setelah dilakukannya analisa, kemudian langkah terakhir yaitu pengambilan kesimpulan. Data yang dihasilkan dari penelitaian nantinya akan menjadi acuan apabila terdapat suatu penelitian yang menyangkut topik pada penelitian ini.

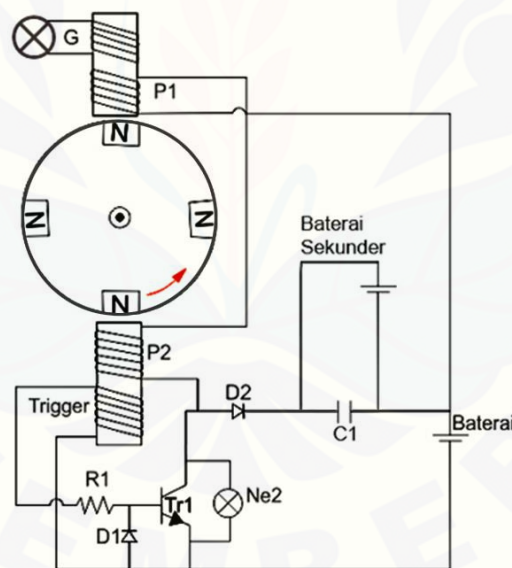
### 3.6 Blok Diagram dan Perancangan Sistem



Prinsip kerja dari penelitian ini dapat digambarkan pada blok diagram diatas. Sumber DC yang digunakan berasal dari baterai aki 48 V. Sumber DC tersebut digunakan sebagai suplay tegangan pada motor Bedini SSG. Pengujian pada motor ini untuk memperoleh karakteristik variasi jumlah lilitan beserta variasi beban yang diberikan, dengan pengukuran kecepatan putar rotor dan kuat medan magnet yang dilakukan menggunakan alat ukur Teslameter serta tachometer. Sedangkan untuk mengukur arus keluaran digunakan Avometer. Data yang akan diambil menggunakan beberapa parameter yang selanjutnya akan dianalisa dari hasil tersebut.

### 3.6.1 Skema Rangkaian

Berikut ini adalah gambar dari skema rangkaian alat Bedini SSG yang akan dimodifikasi dengan mengubah jumlah lilitan dan variasi pembebanan.



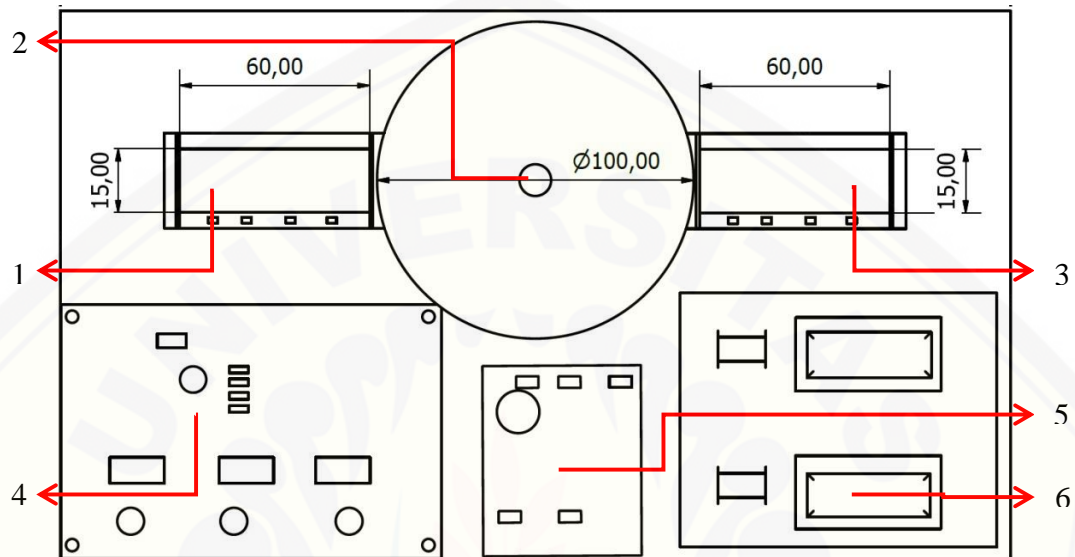
Gambar 3.1 Skema Rangkaian Alat

Keterangan gambar 3.1

R1	= 100 $\Omega$	Tr1	= 2N3055
D1 & D2	= 1N4007	C1	= 16 V
Lampu	= 2,5 V / 0,5 A	Trigger	= 750 lilitan
P1	= 105 lilitan	P2	= variasi
G	= 2000 lilitan	Baterai	= 12V

### 3.6.2 Desain Alat

Berikut ini adalah gambar dari desain alat Bedini SSG yang akan dimodifikasi dengan mengubah jumlah lilitan dan variasi pembebanan.



Gambar 3.2 Desain Alat

Keterangan gambar 3.1

- |  |                                 |
|--|---------------------------------|
| 1. Kumaran $P_1$ dan Generator         | ( $L = 0,06$ m; $D = 0,015$ m)  |
| 2. Rotor Bedini SSG                    | ( $D = 0,1$ m)                  |
| 3. Kumaran $P_2$ (Variasi) dan Trigger | ( $L = 0,06$ m; $D = 0,015$ m)  |
| 4. Rangkaian Beban                     | (Rectifier + Led 1W, 3W dan 5W) |
| 5. Rangkaian Bedini SSG                |                                 |
| 6. Ammeter                             |                                 |

### 3.7 Rencana Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan jumlah lilitan dan variasi beban yang berbeda-beda pada Motor Bedini SSG, pengujiannya menggunakan beban berupa lampu dengan generator coil yang ditempatkan di sekitar rotor. Disisi output Bedini juga terdapat baterai sekunder dilengkapi dengan avometer yang difungsikan untuk mengukur arus keluaran.

#### 3.7.1 Pengujian Sistem

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan banyak jumlah lilitan yang berbeda-beda pada Motor Bedini SSG, hal ini bertujuan untuk mendapatkan perbedaan hasil performa yang nantinya akan muncul. Karena lilitan akan mempengaruhi dari performa motor.

Tabel 3.2 Data Percobaan Pengujian Jumlah Lilitan P2 = 950

Beban Lampu	Pengujian					
	Input		Output		Kecepatan	Kuat Medan Magnet
	Tegangan	Arus	Tegangan	Arus		
Tanpa Beban	X	X	X	X	X	X
1 Watt	X	X	X	X	X	X
3 Watt	X	X	X	X	X	X
5 Watt	X	X	X	X	X	X

Tabel 3.3 Data Percobaan Pengujian Jumlah Lilitan P2 = 600

Beban Lampu	Pengujian					
	Input		Output		Kecepatan	Kuat Medan Magnet
	Tegangan	Arus	Tegangan	Arus		
Tanpa Beban	X	X	X	X	X	X
1 Watt	X	X	X	X	X	X
3 Watt	X	X	X	X	X	X
5 Watt	X	X	X	X	X	X

Tabel 3.4 Data Percobaan Pengujian Jumlah Lilitan P2 = 1200

Beban Lampu	Pengujian					
	Input		Output		Kecepatan	Kuat Medan Magnet
	Tegangan	Arus	Tegangan	Arus		
Tanpa Beban	X	X	X	X	X	X
1 Watt	X	X	X	X	X	X
3 Watt	X	X	X	X	X	X
5 Watt	X	X	X	X	X	X

3.7.2 Pengujian dengan Perhitungan

Untuk mendapatkan perbandingan data pengukuran dan perhitungan kuat medan magnet pada motor Bedini SSG diperlukan rumus B atau kuat medan magnet (T), yaitu sebagai berikut :

$$B = \frac{\mu N I}{2 L} \dots\dots\dots( 3.1 )$$

Keterangan :

- B = Kuat medan magnet
- N = Jumlah lilitan
- I = Arus
- L = Panjang inti besi

Untuk mendapatkan perbandingan data pengukuran dan perhitungan kecepatan putar motor Bedini SSG diperlukan rumus Nr atau kecepatan putar motor (RPM), yaitu sebagai berikut :

$$Nr = \frac{120 Ea}{2\pi p N \Phi} \dots\dots\dots ( 3.2 )$$

Keterangan :

- Nr = Kecepatan putar motor
- Ea = Tegangan balik motor
- p = Jumlah kutub

$N$  = Jumlah lilitan

$\Phi$  = Fluks

Untuk menghitung nilai kecepatan, dibutuhkan nilai dari  $E_a$  tegangan balik dari sebuah motor, dengan menggunakan persamaan berikut :

$$E_a = V_{in} - (I \cdot R) \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

$E_a$  = Kuat medan magnet

$V_{in}$  =  $\frac{1}{2}$  panjang kawat

$I$  = Arus

$R$  = Resistansi

Selain menentukan besar tegangan balik motor, pada perhitungan kecepatan dibutuhkan pula perhitungan dari fluks, dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\Phi = B A \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan :

$B$  = Kuat medan magnet

$A$  = Luas penampang inti besi

Sedangkan untuk mendapatkan perbandingan data pengukuran dan perhitungan secara keseluruhan menggunakan rumus berikut :

$$Error \text{ Persen} = \left[ \frac{\text{data perhitungan} - \text{data pengukuran}}{\text{data perhitungan}} \right] \times 100\% \dots\dots(3.4)$$

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Semakin besar banyaknya jumlah lilitan maka akan semakin besar juga nilai kuat medan magnetnya. Pernyataan ini dibuktikan pada data ketika jumlah lilitan yang diberikan 600, kuat medan magnet nya mencapai 0,00115 T kemudian ketika jumlah lilitan yang diberikan 950, kuat medan magnet nya mencapai 0,0119 T. Kemudian pada rpm bahwa semakin besar jumlah lilitan maka akan semakin kecil kecepatan putar motor. Pernyataan ini dibuktikan pada data ketika jumlah lilitan yang diberikan 600, kecepatan putar motor mencapai 1308 RPM kemudian ketika jumlah lilitan yang diberikan 950, kecepatan putar motor mencapai 933,2 RPM. Sedangkan pada arus keluaran menyatakan semakin besar banyaknya jumlah lilitan yang di berikan akan menyebabkan nilai arus keluaran yang semakin kecil. Pernyataan ini dibuktikan pada data ketika jumlah lilitan yang diberikan 600, besar arus mencapai 0,0145 A kemudian ketika jumlah lilitan yang diberikan 950, besar arus mencapai 0,0138 A.
2. Semakin besar beban yang diberikan maka akan semakin kecil nilai kuat medan magnetnya. Pernyataan ini dibuktikan pada data ketika beban yang diberikan 1 Watt pada jumlah lilitan 600, kuat medan magnet nya mencapai 0,00094 T kemudian ketika beban yang diberikan 3 Watt pada jumlah lilitan 600, kuat medan magnet nya mencapai 0,00093 T. Kemudian pada rpm bahwa semakin besar beban yang diberikan maka akan semakin kecil kecepatan putar motor. Pernyataan ini dibuktikan pada data ketika beban yang diberikan 1 Watt pada jumlah lilitan 600, kecepatan putar motor mencapai 1083 RPM kemudian ketika beban yang diberikan 3 Watt pada jumlah lilitan 600, kecepatan putar motor mencapai 1070 RPM. Sedangkan pada kuat medan magnet jika semakin besar beban yang diberikan maka semakin besar pula daya *input* yang dibutuhkan, ketika tegangan yang diberikan konstan

maka arus yang muncul akan semakin kecil begitu pula arus yang diserap oleh baterai sekunder akan semakin kecil. Pernyataan ini dibuktikan pada data ketika beban yang diberikan 1 Watt pada jumlah lilitan 600 arus keluaran mencapai 0,0135 A, kemudian ketika beban yang diberikan 3 Watt pada jumlah lilitan 600 arus keluaran mencapai 0,0134 A.

## 5.2 Saran

Dari hasil perancangan dan pengujian proyek akhir dapat diambil beberapa saran, diantaranya:

1. Sebaiknya jumlah lilitan yang digunakan bernilai sama di masing masing kumparannya agar dapat menjadi acuan dalam perhitungan rumus.
2. Magnet permanen yang digunakan haruslah yang terbaik dan terkuat agar rugi rugi yang dihasilkan kecil.
3. Untuk mendapatkan nilai yang sesuai, seperti putaran dan arus yang maksimal, desain alat harus memiliki presisi yang tepat sesuai dengan kapasitas yang diinginkan.



**DAFTAR PUSTAKA**

- A.Tipler, Paul. 1998. Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid 1. *Penerbit Erlangga : Jakarta.*
- Fakhrurrazey dkk. 2014. Performance Comparison of 4-Pole Neodymium Magnet Bedini SSG Free Energy Generator. *Artikel Ilmiah. Langkawi : The Jewel of Kedah IEEE Press.*
- Hadi, W. 2016. Rancang Bangun Motor BLDC dengan Rotor Berbentuk Piringan. Seminar Nasional Teknik Mesin. 26 November 2016. *Universitas Jember.*
- Idayanti dan Dedi. 2006. Karakterisasi Komposisi Kimia Magnet NdFeB dengan Energi Dispersive Spectroscopy (EDS). *Jurnal Elektronik.Vol. 6(2): 46-51.*
- Kurniawan, A. R. (2016). Rancang Bangun Single-Phase Motor Brushless Direct Current . *Skripsi. Jember : Universitas Jember.*
- Lindemann P. and Murakami A. 2012. The Complete Beginner's Handbook. *Washington : A&P Electronic Media.*
- Nugroho, Puji Setyo and Wibowo, Dwi Basuki.,Ir., MS (2012) Perancangan Dan Pembuatan Alat Peraga Magnetic Levitation System. *Undergraduate thesis, mechanical engineering department, faculty engineering of Diponegoro university.*
- Salomo, Erwin, & Ardiyani, G. 2016. Perubahan Kuat Medan Magnet Sebagai Fungsi Jumlah Lilitan Pada Kumparan Helmholtz. *Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia (KFI) Jurusan Fisika FMIPA Univ. Riau Pekanbaru. Edisi April 2016. ISSN.1412 – 2960*
- Salomo, Erwin, & Ningsih, S. Pengaruh Inti Koil Terhadap Tegangan Induktor Dan Resistor. *Jurusan Fisika - Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, 467-475.*
- Shen, L.C. dan Kong, J.A.1987. Applied Electromagnetism. *PWS Publisher.*
- T. Kenjo and S. Nagamori. 1995. Permanent-Magnet And Brushless Dc Motors. Oxford Science Publication. *Monograph in Electrical and Electronic Engineering 18.*

Wibowo, P. S. U. 2015. Rancang Bangun Bedini SSG Dengan Pengatur Putaran Berbasis Digital. *Skripsi. Jember : Universitas Jember.*

Wicaksono, P. E., 2016. *Liputan 6.* [Online]

Available at: <http://bisnis.liputan6.com/read/2664571/mantan-bos-pertamina-krisis-energi-sudah-di-ambang-mata>

[Diakses 23 January 2017].



LAMPIRAN

TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS JEMBER

1. Perhitungan Kuat Medan Magnet

Diketahui :  $N_{Gen} = 2000$  lilitan  
 $N_{P1} = 105$  lilitan  
 $N_{Tr} = 750$  lilitan  
 $L = 0,06$  m

➤ Ketika  $N_{P2} = 600$  lilitan

a. Nilai rata-rata kuat medan magnet pada jumlah lilitan 600 tanpa beban :

$$\begin{aligned} B_{P1} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\ &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,16 \times 105}{2 \times 0,06} \\ &= 0,000198 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{P2} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\ &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,16 \times 600}{2 \times 0,06} \\ &= 0,00113 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{Tr} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\ &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,355 \times 750}{2 \times 0,06} \\ &= 0,00278 \text{ T} \end{aligned}$$

Nilai rata-rata dari ketiga perhitungan tersebut adalah 0,001287 T.

b. Nilai rata-rata kuat medan pada jumlah lilitan 600 ketika dibebani 1 Watt:

$$B_{Gen} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,011 \times 2000}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,000236547 \text{ T}$$

$$B_{P1} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,17 \times 105}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,00018683 \text{ T}$$

$$B_{P2} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,17 \times 600}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,0010676 \text{ T}$$

$$B_{Tr} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,32 \times 750}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,002512 \text{ T}$$

Nilai rata-rata dari keempat perhitungan tersebut adalah 0,001001 T.

- c. Nilai rata-rata kuat medan pada jumlah lilitan 600 ketika dibebani 3 Watt:

$$B_{Gen} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,011 \times 2000}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,00023236 \text{ T}$$

$$B_{P1} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,17 \times 105}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,00018683 \text{ T}$$

$$\begin{aligned}
 B_{P2} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\
 &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,17 \times 600}{2 \times 0,06} \\
 &= 0,0010676 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_{Tr} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\
 &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,315 \times 750}{2 \times 0,06} \\
 &= 0,00247275 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Nilai rata-rata dari keempat perhitungan tersebut adalah 0,00098988 T.

d. Nilai rata-rata kuat medan pada jumlah lilitan 600 ketika dibebani 5 Watt:

$$\begin{aligned}
 B_{Gen} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\
 &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,010 \times 2000}{2 \times 0,06} \\
 &= 0,000198867 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_{P1} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\
 &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,17 \times 105}{2 \times 0,06} \\
 &= 0,00018683 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_{P2} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\
 &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,17 \times 600}{2 \times 0,06} \\
 &= 0,0010676 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_{Tr} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\
 &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,312 \times 750}{2 \times 0,06}
 \end{aligned}$$

$$= 0,0024492 \text{ T}$$

Nilai rata-rata dari keempat perhitungan tersebut adalah 0,000975624 T.

➤ **Ketika  $N_{P2} = 950$  lilitan**

a. Nilai rata-rata kuat medan magnet pada jumlah lilitan 950 tanpa beban :

$$\begin{aligned} B_{P1} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\ &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,17 \times 105}{2 \times 0,06} \\ &= 0,000187 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{P2} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\ &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,17 \times 950}{2 \times 0,06} \\ &= 0,00169 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{Tr} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\ &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,374 \times 750}{2 \times 0,06} \\ &= 0,00293 \text{ T} \end{aligned}$$

Nilai rata-rata dari ketiga perhitungan tersebut adalah 0,001249 T.

b. Nilai rata-rata kuat medan pada jumlah lilitan 950 ketika dibebani 1 Watt:

$$\begin{aligned} B_{Gen} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\ &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,011 \times 2000}{2 \times 0,06} \\ &= 0,00023 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{P1} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\ &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,15 \times 105}{2 \times 0,06} \end{aligned}$$

$$= 0,000165 \text{ T}$$

$$B_{P2} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,15 \times 950}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,001492 \text{ T}$$

$$B_{Tr} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,32 \times 750}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,0026062 \text{ T}$$

Nilai rata-rata dari keempat perhitungan tersebut adalah 0,00112 T.

- c. Nilai rata-rata kuat medan pada jumlah lilitan 950 ketika dibebani 3 Watt:

$$B_{Gen} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,011 \times 2000}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,00023 \text{ T}$$

$$B_{P1} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,15 \times 105}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,000165 \text{ T}$$

$$B_{P2} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,15 \times 950}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,001492 \text{ T}$$

$$B_{Tr} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,328 \times 750}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,0025748 \text{ T}$$

Nilai rata-rata dari keempat perhitungan tersebut adalah 0,00112 T.

d. Nilai rata-rata kuat medan pada jumlah lilitan 950 ketika dibebani 5 Watt:

$$B_{\text{Gen}} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,011 \times 2000}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,000232 \text{ T}$$

$$B_{\text{P1}} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,15 \times 105}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,000165 \text{ T}$$

$$B_{\text{P2}} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,15 \times 950}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,001492 \text{ T}$$

$$B_{\text{Tr}} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,325 \times 750}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,00255125 \text{ T}$$

Nilai rata-rata dari keempat perhitungan tersebut adalah 0,00111 T.

➤ **Ketika  $N_{\text{P2}} = 1200$  lilitan**

a. Nilai rata-rata kuat medan magnet pada jumlah lilitan 1200 tanpa beban :

$$B_{\text{P1}} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$



$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,16 \times 105}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,000176 \text{ T}$$

$$B_{P2} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,16 \times 1200}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,00201 \text{ T}$$

$$B_{Tr} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,355 \times 750}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,00278 \text{ T}$$

Nilai rata-rata dari ketiga perhitungan tersebut adalah 0,001287 T.

b. Nilai rata-rata kuat medan pada jumlah lilitan 1200 ketika dibebani 1 Watt:

$$B_{Gen} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,007 \times 2000}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,000138 \text{ T}$$

$$B_{P1} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,14 \times 105}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,000154 \text{ T}$$

$$B_{P2} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,14 \times 1200}{2 \times 0,06}$$

$$= 0,001758 \text{ T}$$

$$B_{Tr} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,30 \times 750}{2 \times 0,06} \\ &= 0,0025905 \text{ T} \end{aligned}$$

Nilai rata-rata dari ketiga perhitungan tersebut adalah 0,00116 T.

c. Nilai rata-rata kuat medan pada jumlah lilitan 950 ketika dibebani 3 Watt:

$$\begin{aligned} B_{\text{Gen}} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\ &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,006 \times 2000}{2 \times 0,06} \\ &= 0,000134 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{\text{P1}} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\ &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,14 \times 105}{2 \times 0,06} \\ &= 0,000154 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{\text{P2}} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\ &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,14 \times 1200}{2 \times 0,06} \\ &= 0,001758 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{\text{Tr}} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\ &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,326 \times 750}{2 \times 0,06} \\ &= 0,0025591 \text{ T} \end{aligned}$$

Nilai rata-rata dari keempat perhitungan tersebut adalah 0,00115 T.

d. Nilai rata-rata kuat medan pada jumlah lilitan 950 ketika dibebani 5 Watt:

$$B_{\text{Gen}} = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,006 \times 2000}{2 \times 0,06} \\
 &= 0,000132 \text{ T} \\
 B_{P1} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\
 &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,14 \times 105}{2 \times 0,06} \\
 &= 0,000154 \text{ T} \\
 B_{P2} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\
 &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,14 \times 1200}{2 \times 0,06} \\
 &= 0,001758 \text{ T} \\
 B_{Tr} &= \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2L} \\
 &= \frac{4 \pi \times 10^{-7} \times 0,321 \times 750}{2 \times 0,06} \\
 &= 0,00251985 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Nilai rata-rata dari keempat perhitungan tersebut adalah 0,00114 T.

## 2. Perhitungan Ea

Diketahui :

$V_{in}$	=	12 V	
$R_{600}$	=	11,5 $\Omega$	(600 lilitan)
$R_{950}$	=	21,2 $\Omega$	(950 lilitan)
$R_{1200}$	=	22,6 $\Omega$	(1200 lilitan)

### ➤ Ketika $N_{P2} = 600$ lilitan

a. Nilai Ea pada jumlah lilitan 600 tanpa beban :

$$\begin{aligned}
 E_a &= V_{in} - (I \cdot R_{600}) \\
 &= 12 - (0,18 \times 11,5) \\
 &= 9,93 \text{ V}
 \end{aligned}$$

b. Nilai Ea pada jumlah lilitan 600 ketika dibebani 1 Watt:

$$\begin{aligned} E_a &= V_{in} - (I \cdot R_{600}) \\ &= 12 - (0,17 \times 11,5) \\ &= 10,045 \text{ V} \end{aligned}$$

- c. Nilai  $E_a$  pada jumlah lilitan 600 ketika dibebani 3 Watt:

$$\begin{aligned} E_a &= V_{in} - (I \cdot R_{600}) \\ &= 12 - (0,17 \times 11,5) \\ &= 10,045 \text{ V} \end{aligned}$$

- d. Nilai  $E_a$  pada jumlah lilitan 600 ketika dibebani 5 Watt:

$$\begin{aligned} E_a &= V_{in} - (I \cdot R_{600}) \\ &= 12 - (0,17 \times 11,5) \\ &= 10,045 \text{ V} \end{aligned}$$

➤ **Ketika  $N_{P2} = 950$  lilitan**

- a. Nilai  $E_a$  pada jumlah lilitan 950 tanpa beban :

$$\begin{aligned} E_a &= V_{in} - (I \cdot R_{950}) \\ &= 12 - (0,17 \times 21,2) \\ &= 8,396 \text{ V} \end{aligned}$$

- b. Nilai  $E_a$  pada jumlah lilitan 950 ketika dibebani 1 Watt:

$$\begin{aligned} E_a &= V_{in} - (I \cdot R_{950}) \\ &= 12 - (0,15 \times 21,2) \\ &= 8,82 \text{ V} \end{aligned}$$

- c. Nilai  $E_a$  pada jumlah lilitan 950 ketika dibebani 3 Watt:

$$\begin{aligned} E_a &= V_{in} - (I \cdot R_{950}) \\ &= 12 - (0,15 \times 21,2) \\ &= 8,82 \text{ V} \end{aligned}$$

- d. Nilai  $E_a$  pada jumlah lilitan 950 ketika dibebani 5 Watt:

$$\begin{aligned} E_a &= V_{in} - (I \cdot R_{950}) \\ &= 12 - (0,15 \times 21,2) \\ &= 8,82 \text{ V} \end{aligned}$$

➤ **Ketika  $N_{P2} = 1200$  lilitan**

- a. Nilai  $E_a$  pada jumlah lilitan 1200 tanpa beban :

$$\begin{aligned} E_a &= V_{in} - (I \cdot R_{1200}) \\ &= 12 - (0,16 \times 22,6) \\ &= 8,384 \text{ V} \end{aligned}$$

- b. Nilai  $E_a$  pada jumlah lilitan 1200 ketika dibebani 1 Watt:

$$\begin{aligned} E_a &= V_{in} - (I \cdot R_{1200}) \\ &= 12 - (0,14 \times 22,6) \\ &= 8,836 \text{ V} \end{aligned}$$

- c. Nilai  $E_a$  pada jumlah lilitan 1200 ketika dibebani 3 Watt:

$$\begin{aligned} E_a &= V_{in} - (I \cdot R_{1200}) \\ &= 12 - (0,14 \times 22,6) \\ &= 8,836 \text{ V} \end{aligned}$$

- d. Nilai  $E_a$  pada jumlah lilitan 1200 ketika dibebani 5 Watt:

$$\begin{aligned} E_a &= V_{in} - (I \cdot R_{1200}) \\ &= 12 - (0,14 \times 22,6) \\ &= 8,836 \text{ V} \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan Fluks

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } r &= 0,75 \times 10^{-2} \text{ m} \\ A &= \pi r^2 \\ &= 3,14 \times (0,75 \times 10^{-2})^2 \\ &= 0,01768 \text{ m} \end{aligned}$$

#### ➤ Ketika $N_{P2} = 600$ lilitan

- a. Nilai fluks pada jumlah lilitan 600 tanpa beban :

$$\begin{aligned} \Phi &= B \cdot A \\ &= 0,00119 \times 0,01768 \\ &= 2,1 \times 10^{-5} \text{ Wb} \end{aligned}$$

- b. aNilai fluks pada jumlah lilitan 600 ketika dibebani 1 Watt:

$$\begin{aligned} \Phi &= B \cdot A \\ &= 0,001 \times 0,01768 \end{aligned}$$

$$= 1,77 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

- c. Nilai fluks pada jumlah lilitan 600 ketika dibebani 3 Watt:

$$\begin{aligned}\Phi &= B \cdot A \\ &= 0,00099 \times 0,01768 \\ &= 1,75 \times 10^{-5} \text{ Wb}\end{aligned}$$

- d. Nilai fluks pada jumlah lilitan 600 ketika dibebani 5 Watt:

$$\begin{aligned}\Phi &= B \cdot A \\ &= 0,00098 \times 0,01768 \\ &= 1,72 \times 10^{-5} \text{ Wb}\end{aligned}$$

➤ **Ketika  $N_{P2} = 950$  lilitan**

- a. Nilai fluks pada jumlah lilitan 950 tanpa beban :

$$\begin{aligned}\Phi &= B \cdot A \\ &= 0,00125 \times 0,01768 \\ &= 2,21 \times 10^{-5} \text{ Wb}\end{aligned}$$

- b. Nilai fluks pada jumlah lilitan 950 ketika dibebani 1 Watt:

$$\begin{aligned}\Phi &= B \cdot A \\ &= 0,00112 \times 0,01768 \\ &= 1,99 \times 10^{-5} \text{ Wb}\end{aligned}$$

- c. Nilai fluks pada jumlah lilitan 950 ketika dibebani 3 Watt:

$$\begin{aligned}\Phi &= B \cdot A \\ &= 0,00112 \times 0,01768 \\ &= 1,97 \times 10^{-5} \text{ Wb}\end{aligned}$$

- d. Nilai fluks pada jumlah lilitan 950 ketika dibebani 5 Watt:

$$\begin{aligned}\Phi &= B \cdot A \\ &= 0,00111 \times 0,01768 \\ &= 1,96 \times 10^{-5} \text{ Wb}\end{aligned}$$

➤ **Ketika  $N_{P2} = 1200$  lilitan**

- a. Nilai fluks pada jumlah lilitan 1200 tanpa beban :

$$\begin{aligned}\Phi &= B \cdot A \\ &= 0,00129 \times 0,01768 \\ &= 2,28 \times 10^{-5} \text{ Wb}\end{aligned}$$

- b. Nilai fluks pada jumlah lilitan 1200 ketika dibebani 1 Watt:

$$\begin{aligned}\Phi &= B \cdot A \\ &= 0,00116 \times 0,01768 \\ &= 2,05 \times 10^{-5} \text{ Wb}\end{aligned}$$

- c. Nilai fluks pada jumlah lilitan 1200 ketika dibebani 3 Watt:

$$\begin{aligned}\Phi &= B \cdot A \\ &= 0,00115 \times 0,01768 \\ &= 2,04 \times 10^{-5} \text{ Wb}\end{aligned}$$

- d. Nilai fluks pada jumlah lilitan 1200 ketika dibebani 5 Watt:

$$\begin{aligned}\Phi &= B \cdot A \\ &= 0,00114 \times 0,01768 \\ &= 2,02 \times 10^{-5} \text{ Wb}\end{aligned}$$

#### 4. Perhitungan Kecepatan Putar Motor

Diketahui :

$$\begin{aligned}N_{\text{Gen}} &= 2000 \text{ lilitan} \\ N_{\text{P1}} &= 105 \text{ lilitan} \\ N_{\text{Tr}} &= 750 \text{ lilitan} \\ p &= 1\end{aligned}$$

➤ **Ketika  $N_{\text{P2}} = 600$  lilitan**

- a. Nilai kecepatan motor pada jumlah lilitan 600 tanpa beban :

$$\begin{aligned}N_r &= \left( \frac{120}{2 \pi p N} \right) \left( \frac{E_a}{\Phi} \right) \\ &= \left( \frac{120}{2 \times 3,14 \times 4 \times 600} \right) \left( \frac{9,93}{2,1 \times 10^{-5}} \right) \\ &= 3754 \text{ RPM}\end{aligned}$$

- b. Nilai kecepatan motor pada jumlah lilitan 600 ketika dibebani 1 Watt:

$$\begin{aligned} N_r &= \left( \frac{120}{2 \pi p N} \right) \left( \frac{E_a}{\phi} \right) \\ &= \left( \frac{120}{2 \times 3,14 \times 4 \times 600} \right) \left( \frac{10.045}{1,77 \times 10^{-5}} \right) \\ &= 4516 \text{ RPM} \end{aligned}$$

- c. Nilai kecepatan motor pada jumlah lilitan 600 ketika dibebani 3 Watt:

$$\begin{aligned} N_r &= \left( \frac{120}{2 \pi p N} \right) \left( \frac{E_a}{\phi} \right) \\ &= \left( \frac{120}{2 \times 3,14 \times 4 \times 600} \right) \left( \frac{10.045}{1,75 \times 10^{-5}} \right) \\ &= 4566 \text{ RPM} \end{aligned}$$

- d. Nilai kecepatan motor pada jumlah lilitan 600 ketika dibebani 5 Watt:

$$\begin{aligned} N_r &= \left( \frac{120}{2 \pi p N} \right) \left( \frac{E_a}{\phi} \right) \\ &= \left( \frac{120}{2 \times 3,14 \times 4 \times 600} \right) \left( \frac{10.045}{1,72 \times 10^{-5}} \right) \\ &= 4633 \text{ RPM} \end{aligned}$$

➤ **Ketika  $N_{p2} = 950$  lilitan**

- a. Nilai kecepatan motor pada jumlah lilitan 950 tanpa beban :

$$\begin{aligned} N_r &= \left( \frac{120}{2 \pi p N} \right) \left( \frac{E_a}{\phi} \right) \\ &= \left( \frac{120}{2 \times 3,14 \times 4 \times 950} \right) \left( \frac{8,396}{2,22 \times 10^{-5}} \right) \\ &= 1909 \text{ RPM} \end{aligned}$$

- b. Nilai kecepatan motor pada jumlah lilitan 950 ketika dibebani 1 Watt:

$$\begin{aligned} N_r &= \left( \frac{120}{2 \pi p N} \right) \left( \frac{E_a}{\phi} \right) \\ &= \left( \frac{120}{2 \times 3,14 \times 4 \times 950} \right) \left( \frac{8,82}{1,99 \times 10^{-5}} \right) \\ &= 2232 \text{ RPM} \end{aligned}$$



- c. Nilai kecepatan motor pada jumlah lilitan 950 ketika dibebani 3 Watt:

$$\begin{aligned} N_r &= \left( \frac{120}{2 \pi p N} \right) \left( \frac{E_a}{\phi} \right) \\ &= \left( \frac{120}{2 \times 3,14 \times 4 \times 950} \right) \left( \frac{8,82}{1,97 \times 10^{-5}} \right) \\ &= 2247 \text{ RPM} \end{aligned}$$

- d. Nilai kecepatan motor pada jumlah lilitan 950 ketika dibebani 5 Watt:

$$\begin{aligned} N_r &= \left( \frac{120}{2 \pi p N} \right) \left( \frac{E_a}{\phi} \right) \\ &= \left( \frac{120}{2 \times 3,14 \times 4 \times 950} \right) \left( \frac{8,82}{1,96 \times 10^{-5}} \right) \\ &= 2258 \text{ RPM} \end{aligned}$$

➤ **Ketika  $N_{p2} = 1200$  lilitan**

- a. Nilai kecepatan motor pada jumlah lilitan 1200 tanpa beban :

$$\begin{aligned} N_r &= \left( \frac{120}{2 \pi p N} \right) \left( \frac{E_a}{\phi} \right) \\ &= \left( \frac{120}{2 \times 3,14 \times 4 \times 1200} \right) \left( \frac{8,384}{2,28 \times 10^{-5}} \right) \\ &= 1466 \text{ RPM} \end{aligned}$$

- b. Nilai kecepatan motor pada jumlah lilitan 1200 ketika dibebani 1 Watt:

$$\begin{aligned} N_r &= \left( \frac{120}{2 \pi p N} \right) \left( \frac{E_a}{\phi} \right) \\ &= \left( \frac{120}{2 \times 3,14 \times 4 \times 1200} \right) \left( \frac{8,386}{2,05 \times 10^{-5}} \right) \\ &= 1713 \text{ RPM} \end{aligned}$$

- c. Nilai kecepatan motor pada jumlah lilitan 1200 ketika dibebani 3 Watt:

$$\begin{aligned} N_r &= \left( \frac{120}{2 \pi p N} \right) \left( \frac{E_a}{\phi} \right) \\ &= \left( \frac{120}{2 \times 3,14 \times 4 \times 1200} \right) \left( \frac{8,386}{2,04 \times 10^{-5}} \right) \\ &= 1727 \text{ RPM} \end{aligned}$$

- d. Nilai kecepatan motor pada jumlah lilitan 1200 ketika dibebani 5 Watt:

$$\begin{aligned} N_r &= \left( \frac{120}{2 \pi p N} \right) \left( \frac{E_a}{\phi} \right) \\ &= \left( \frac{120}{2 \times 3,14 \times 4 \times 1200} \right) \left( \frac{8,386}{2,02 \times 10^{-5}} \right) \\ &= 1742 \text{ RPM} \end{aligned}$$

## 5. Perhitungan Daya

➤ **Ketika  $N_{p2} = 600$  lilitan**

$$\begin{aligned} P_{\text{input}} &= V_{\text{input}} \times I_{\text{input}} \\ &= 12 \times 0.1725 \\ &= 2,07 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{output}} &= V_{\text{output}} \times I_{\text{output}} \\ &= 12.4 \times 0.0137 \\ &= 0.1693 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{generator}} &= V_{\text{generator}} \times I_{\text{generator}} \\ &= 5,115 \times 0.008 \\ &= 0.040792 \text{ Watt} \end{aligned}$$

➤ **Ketika  $N_{p2} = 950$  lilitan**

$$\begin{aligned} P_{\text{input}} &= V_{\text{input}} \times I_{\text{input}} \\ &= 12 \times 0.16 \\ &= 1.86 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{output}} &= V_{\text{output}} \times I_{\text{output}} \\ &= 12.4 \times 0.0124 \\ &= 0.1531 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$P_{\text{generator}} = V_{\text{generator}} \times I_{\text{generator}}$$

$$= 4.8625 \times 0.008$$

$$= 0.040237 \text{ Watt}$$

➤ **Ketika  $N_{P2} = 1200$  lilitan**

$$P_{\text{input}} = V_{\text{input}} \times I_{\text{input}}$$

$$= 12 \times 0.145$$

$$= 1.74 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{output}} = V_{\text{output}} \times I_{\text{output}}$$

$$= 12.4 \times 0.0118$$

$$= 0.14601 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{generator}} = V_{\text{generator}} \times I_{\text{generator}}$$

$$= 3,88 \times 0.005$$

$$= 0.01872 \text{ Watt}$$