

**ANALISA PENGARUH MASSA *FLYWHEEL* TERHADAP  
DAYA LUARAN**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**YOGI ARMANDA BREKO SITEPU**

**148130060**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2020**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 17/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)17/12/21

**ANALISA PENGARUH MASSA *FLYWHEEL* TERHADAP  
DAYA LUARAN**

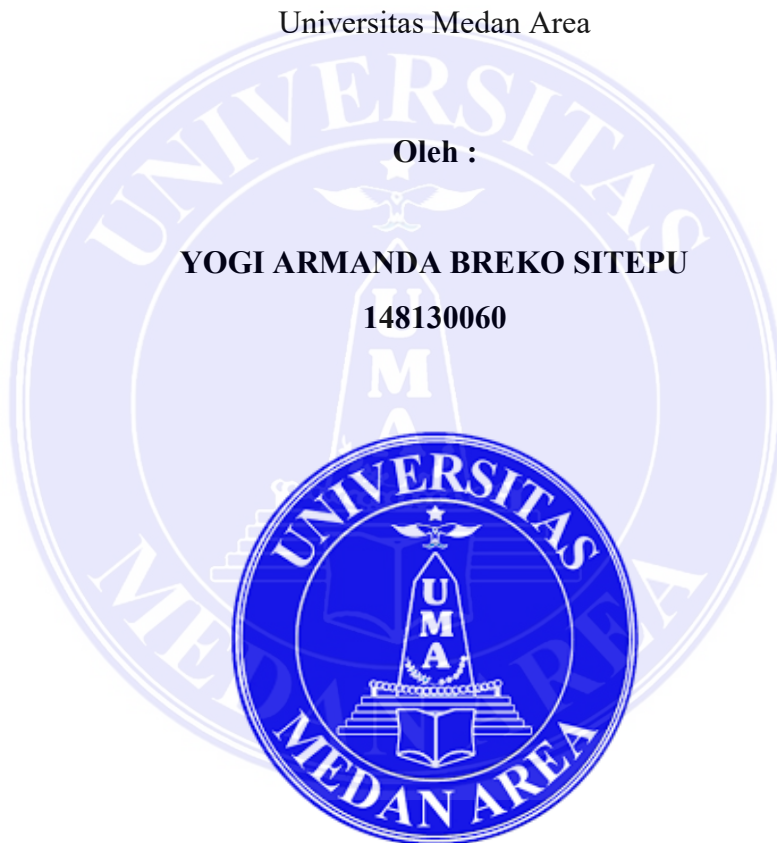
**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

Oleh :

**YOGI ARMANDA BREKO SITEPU**

**148130060**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2020**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 17/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)17/12/21

### HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Analisa Pengaruh Massa Flywheel Terhadap Daya Luaran  
Nama Mahasiswa : Yogi Armanda Breko Sitepu  
NIM : 14.813.0060  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin  
Jenjang : S1

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing I,

(Ir. H. Amrasyam Nst, MT)  
NIDN. 0025125606

Dosen Pembimbing II,

(Muhammad Idris, ST.,MT)  
NIDN. 0106058104

Dekan

(Dr. Grace Yusiwita Harahap, ST.,MT)  
NIDN. 0124127101

Ketua Program Studi Teknik Mesin

(Muhammad Idris, ST., MT)  
NIDN. 0007127307

Tanggal Lulus : 15 September 2020

### LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya buat ini ialah sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana dan merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini saya kutip dari hasil karya orang lain dan telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi – sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat skripsi ini.



Medan, 15 September 2020

(Yogi Armanda Breko Sitepu)  
NIM. 148130060

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : YOGI ARMANDA BREKO SITEPU

NPM : 148130060

Program Studi : TEKNIK MESIN

Fakultas : TEKNIK

Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : **Analisa Pengaruh Massa Flywheel Terhadap Daya Luaran**. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 15 September 2020

Yang menyatakan



Yogi Armanda Breko Sitepu

## RIWAYAT HIDUP PENULIS

Penulis bernama Yogi Armanda Breko Sitepu, dilahirkan di kota Medan, Kecamatan Medan Tuntungan, Provinsi Sumatera Utara, tanggal 21 Juli 1995 dari ayah bernama Merianto Sitepu dan Ibu bernama Johanna Br Sembiring. Penulis merupakan anak ke 1 dari 3 bersaudara.

Pada tahun 2007 penulis menyelesaikan pendidikan di sekolah dasar Methodist Kutalimbaru di Desa Lau Bakeri. Pada tahun 2010 penulis menyelesaikan pendidikan dari Sekolah Menengah Pertama/SMP Negeri 2 Kutalimbaru. Pada tahun 2013 penulis menyelesaikan pendidikan dari Sekolah Menengah Atas/SMK YAPIM SEI GELUGUR Kecamatan Pancur Batu Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara.

Setelah lulus di pendidikan Sekolah Menengah Atas, penulis melanjutkan Pendidikan di Universitas Medan Area Pada tahun 2014 dan lulus pada tahun 2020.

Medan, 15 September 2020

Yogi Armanda Breko Sitepu

## ABSTRAK

### ANALISA PENGARUH MASSA FLYWHEEL TERHADAP DAYA LUARAN

*Flywheel* adalah sebuah piringan yang karena beratnya dapat menahan perubahan kecepatan yang drastis sehingga gerak putar poros menjadi lebih halus. Mencari pengaruh massa *flywheel* seberapa besar momen pada *flywheel* terhadap daya yang dihasilkan pada alat *free energy*.

Akibat tingginya tingkat pemakaian dan penggunaan listrik saat ini, berapa suflay hasil energi yang diberikan per-KWH, Rata-rata DMP listrik Sumut sekitar 2200 MW dengan beban puncak 1.950 MW, sehingga PLN Sumbagut punya cadangan daya sekitar 10 persen. Namun begitu, pemadaman listrik masih tetap saja kerap kali dilakukan walaupun hanya sebentar. Pemadaman ini dikeluhkan pelanggan karena terjadi pada saat-saat kritis seperti malam hari, atau ketika banyak warga melakukan aktivitas sehari-hari.[2]

Kata Kunci: Flywheel, Motor DC, Generator DC, Putaran dan Tegangan.

## ABSTRACT

### FLYWEEL MASS EFFECT ANALYSIS ON OUTSIDE POWER

The flywheel is a disc which, because of its weight, can withstand drastic changes in speed so that the rotating motion of the shaft becomes smoother. Looking for the effect of the flywheel mass on how much moment on the flywheel on the power produced by the free energy device.

Due to the high level of current consumption and use of electricity, how much energy yields per-KWH, the average DMP for electricity in North Sumatra is around 2200 MW with a peak load of 1,950 MW, so PLN Sumbagut has a power reserve of about 10 percent. However, power cuts are still often carried out even if only briefly. Customers complained about these blackouts because they occurred at critical times such as at night, or when many residents were doing their daily activities. [2]

Keywords: Flaywheel, DC Motor, DC Generator, Rotation and Voltage



## KATA PENGANTAR

Salam sejahtera penulis ucapkan kepada Tuhan yang maha kuasa, karena atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini dimaksud untuk melengkapi persyaratan menyelesaikan Pendidikan Program Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area Medan. Tugas akhir ini diberi judul “**Analisa Pengaruh Massa *Flywheel* Terhadap Daya Luaran**”.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dan dorongan, baik moral, serta saran. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Bapak Ir.H.Amirsyam Nst, MT., Bapak Muhammad Idris ST.MT. selaku dosen pembimbing I dan II yang telah memberikan waktu, bimbingan dan saran kepada penulis selama melakukan penelitian hingga selesainya penyusunan hasil laporan tugas akhir ini.

Tugas akhir merupakan mata kuliah yang harus dilakukan untuk menambah pemahaman dunia kerja dengan teori yang telah diterima oleh mahasiswa.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, dan dengan kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan Tugas akhir ini kedepannya. Dengan segala keterbatasan, penulis berharap semoga Tugas akhir ini berguna bagi saya dan umumnya bagi para pembaca dan peneliti selanjutnya.

Medan, 15 September 2020

Penulis,

YOGI ARMANDA BREKO SITEPU  
NIM : 148130060

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN PUBLIKASI.....</b>	<b>iii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Batasan Masalah .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II .....</b>	<b>5</b>
<b>LANDASAN TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1. Flywheel.....	5
2.2. Klasifikasi Bearing.....	6
2.3. Energi .....	8
2.3.1. Energi potensial .....	8
2.3.2. Energi kinetik .....	10
2.3.3. Energi Mekanik .....	10
2.4. Hukum Newton .....	10
2.4.1. Hukum Newton I.....	11
2.4.2. Hukum Newton II.....	11
2.5. Induksi Elektromagnetik.....	12
2.5.1. Sistem Pengapian Dengan Magnet .....	13
2.6. Generator.....	16

2.6.1. Prinsip Kerja Generator .....	17
2.6.2. Usaha dan Daya .....	19
2.7. Baterai .....	20
2.7.1. Aki Basah.....	21
2.7.2. Aki Kering .....	21
2.7.3. Aki Kalsium .....	22
2.7.4. Aki Hybrid .....	23
2.7.5. Aki Gel.....	23
2.8. Kapasitor .....	23
2.9. Dioda.....	26
2.9.1. Prinsip Kerja dan Karakteristik Dioda .....	26
2.10. Kabel (Cable).....	28
2.11. Lampu .....	29
2.12. Motor Listrik.....	31
2.12.1.Prinsip Kerja Motor Listrik .....	32
<b>BAB III.....</b>	<b>34</b>
<b>PERANCANGAN ALAT .....</b>	<b>34</b>
3.1. Waktu dan tempat .....	34
3.2. Skema Perancangan .....	35
3.3. Alat dan Bahan.....	36
3.4. Tahapan Perancangan .....	36
3.5. Skema Rangkaian.....	37
3.6. Cara Kerja Sistem .....	38
<b>BAB IV .....</b>	<b>40</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>40</b>
4.1. Spesifikasi .....	40
4.1.1. Spesifikasi Motor Penggerak Mula.....	40
4.1.2. Spesifikasi Generator Pengecas dan Generator Lampu .....	40
4.1.3. Spesifikasi Analisa Flywheel.....	41
4.1.4. Spesifikasi Puli Transmisi.....	41
4.1.5. Spesifikasi Menentukan Beban.....	43
4.2. Hasil pengukuran dan analisa .....	45
4.2.1. Hasil pengukuran dan analisa menggunakan satu <i>flywheel</i> .....	46
4.2.2. Hasil pengukuran dan analisa menggunakan satu <i>flywheel</i> .....	48
<b>BAB V.....</b>	<b>52</b>

<b>PENUTUP</b> .....	<b>52</b>
5.1. Kesimpulan .....	52
5.2. Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN DOKUMENTASI (AUTOCAD)</b> .....	<b>55</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bearing( <i>Flywheel</i> ).....	5
Gambar 2.2. Arah beban pada bearing.....	7
Gambar 2.3. Analisa energi potensial suatu benda .....	9
Gambar 2.4. Hukum newton II .....	12
Gambar 2.5. Gaya gerak listrik .....	13
Gambar 2.6. ATU (automatic timing unit).....	16
Gambar 2.7. Generator arus DC dan AC .....	17
Gambar 2.8. Prinsip dasar gaya gerak listrik .....	18
Gambar 2.9. Prinsip dasar generator .....	18
Gambar 2. 10 Usaha atau kerja .....	19
Gambar 2.11. Baterai basah dan kering .....	22
Gambar 2.12. Rangkaian sederhana kapasitor .....	24
Gambar 2.13. Kapasitor .....	26
Gambar 2.14. Prinsip kerja dioda.....	27
Gambar 2.15. Karasteriktik dioda .....	27
Gambar 2.16. Karasteriktik dioda zener .....	28
Gambar 2.17. Kabel .....	29
Gambar 2.18. Lampu.....	31
Gambar 2.19. Motor listrik.....	31
Gambar 2.20. Arah konduktor yang dialiri arus listrik .....	32
Gambar 2.21. Kaidah tangan kiri Fleming.....	32
Gambar 2.22. Prinsip kerja motor listrik.....	33
Gambar 3.1. Alur Rangkaian .....	35
Gambar 3.2. Skema Rangkaian.....	37
Gambar 3.3. Hasil Rancang Bangun .....	38
Gambar 4.1. Puli Transmisi .....	41
Gambar 4.2. Posisi Bantalan Pada Poros Penggerak .....	43
Gambar 4.3. Grafik waktu motor terhadap putaran motor.....	47
Gambar 4.4. Grafik waktu terhadap arus .....	47
Gambar 4.5. Grafik waktu terhadap tegangan .....	48
Gambar 4.6. Grafik waktu terhadap putaran.....	49
Gambar 4.7. Grafik waktu terhadap tegangan .....	50
Gambar 4.8. Grafik waktu terhadap arus .....	50
Gambar 4.9. Grafik waktu terhadap daya lampu .....	51

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Waktu dan tempat .....	34
Tabel 3.2. Alat dan Bahan.....	36
Tabe 4.1. Hasil pengukuran masing-masing tegangan dan arus satu <i>flywheel</i> ....	46
Tabe 4.2. Hasil pengukuran masing-masing tegangan dan arus dua <i>Flywheel</i> ....	49



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pengembangan energi terbarukan dapat dijadikan unggulan untuk mendampingi atau mensubstitusi penggunaan bahan bakar minyak. Pengkajian energi ini mutlak dilakukan agar tidak terjadi krisis energi. Melalui kajian mesin konversi energi maka energi terbarukan di Indonesia dapat dimanfaatkan secara optimal untuk kebutuhan energi di dalam menunjang keberlangsungan pembangunan dan kebutuhan manusia di bidang energi. Salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang saat ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah energi *Flywheel*. Energi ini merupakan energi yang bersih dan dalam proses produksinya tidak mencemari lingkungan.[1].

Akibat tingginya tingkat pemakaian dan penggunaan listrik saat ini, berapa suflay hasil energi yang diberikan per KWH, Rata-rata DMP listrik Sumut sekitar 2200 MW dengan beban puncak 1.950 MW, sehingga PLN Sumbagut punya cadangan daya sekitar 10 persen. Namun begitu, pemadaman listrik masih tetap saja kerap kali dilakukan walaupun hanya sebentar. Pemadaman ini dikeluhkan pelanggan karena terjadi pada saat-saat kritis seperti malam hari, atau ketika banyak warga melakukan aktivitas sehari-hari.[2]

Kincir angin merupakan sebuah alat yang digunakan dalam Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Kincir angin berfungsi merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Putaran poros tersebut

kemudian digunakan untuk beberapa hal sesuai dengan kebutuhan seperti memutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik.

Desain dari kincir/turbin angin sangat banyak macam jenisnya, berdasarkan bentuk rotor, kincir angin dibagi menjadi dua tipe, yaitu Turbin Angin Sumbu Mendatar (*Horizontal Axis Wind Turbine*) dan Turbin Angin Sumbu Vertikal, (*Vertical Axis Wind Turbine*) [3]

Turbin angin sumbu vertikal merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin. Turbin angin sumbu vertikal mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya, yaitu memiliki torsi tinggi sehingga dapat berputar pada kecepatan angin rendah, generator dapat ditempatkan di bagian bawah turbin sehingga mempermudah perawatan dan kerja turbin tidak dipengaruhi arah angin. Kekurangannya yaitu kecepatan angin di bagian bawah sangat rendah sehingga apabila tidak memakai tower akan menghasilkan putaran yang rendah, dan efisiensi lebih rendah dibandingkan dengan turbin angin sumbu mendatar. Ada tiga model rotor pada turbin angin jenis ini, yaitu: Savonius, Darrieus, dan H rotor. Turbin Savonius memanfaatkan gaya *drag* sedangkan Darrieus dan H rotor memanfaatkan gaya.

Turbin Savonius ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius pada tahun 1922, konstruksi turbin sangat sederhana, tersusun dari sudu-sudu setengah silinder. [4]

Penerapan teknologi tinggi sebagai langkah optimalisasi hasil dari system pembangkit listrik dengan energi terbarukan merupakan bentuk bayaran kompensasi terhadap kecilnya debit energi yang dihasilkan. Oleh sebab karena itu



penulis tertarik untuk membuat penelitian atau study kasus mengenai konsep *free energy* dimana penulis memfokuskan pada bagian “**Analisa Pengaruh Massa Flywheel Terhadap Daya Luaran**”

## 1.2. Rumusan Masalah

Dalam melakukan percobaan penelitian mengenai system pembangkit listrik memanfaatkan generator ini diterapkan beberapa rumusan masalah yang akan membantu dalam melakukan analisis penelitian sehingga mengetahui sebab akibat sebuah kejadian yang diamati.

Adapun rumusan masalah yang diterapkan adalah:

1. Bagaimana mendapatkan nilai arus dan tegangan keluaran yang optimal yang sesuai dengan kapasitas generator pencatu ulang (charger) maupun generator utama (primer)?
2. Bagaimana mengetahui sifat magnet permanen dengan mengamati garis flux magnet serta kekuatannya yang ditimbulkan dari material magnet yang digunakan. Sehingga menemukan konsep penempatan magnet yang menghasilkan gaya tarik dan tolak paling kuat dan pada akhirnya menghasilkan torsi paling tinggi?
3. Bagaimana hasil penelitian ini dapat sebagai pembelajaran penting mengenai konsep free energy pada generator?
4. Upaya apa dilakukan untuk menemukan konsep penempatan magnet yang menghasilkan gaya tarik dan tolak paling kuat dan pada akhirnya menghasilkan torsi paling tinggi?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh massa beban *flywheel* terhadap daya luaran pada pembangkit listrik tenaga *flywheel*.

### 1.4. Batasan Masalah

1. Penelitian ini adalah sebagai pembuktian apakah konsep *free energy* berlaku pada sistem generator secara terus menerus.
2. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh generator terhadap konsep *free energy* dengan metode penggerak awal adalah motor dan selanjutnya akan berjalan secara terus menerus atau umpan balik.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian **Pengaruh Massa Flywheel Terhadap Daya Luaran** adalah:

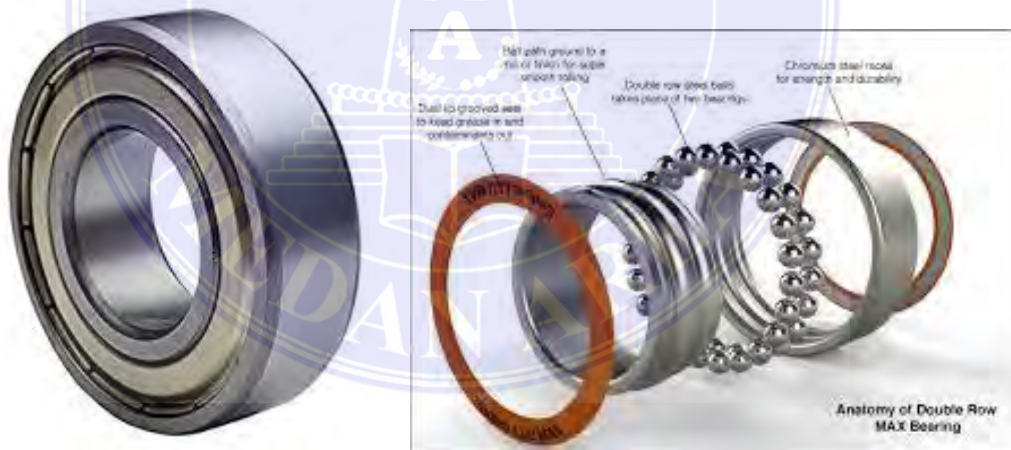
1. Menganalisa pengaruh penambahan berat roda gila (*flywheel*) pada *free energy*
2. Mencari seberapa besar pengaruh dari penambahan berat pada roda gila (*flywheel*) terhadap konsumsi *free energy*

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Flywheel

Flywheel adalah sebuah piringan yang karna beratnya dapat menahan perubahan kecepatan yang drastis sehingga gerak putar poros menjadi lebih halus. Flywheel merupakan perangkat mekanik yang berputar dan digunakan untuk menyimpan energi rotasi dan memiliki momen inersia, sehingga dengan demikian mampu menahan perubahan kecepatan rotasi. Jumlah yang energi yang tersimpan didalam *flywheel* sebanding dengan kuadrat kecepatan rotasi sehingga energi yang ditransfer ke *flywheel* dengan menggunakan torsi akan meningkatkan. Energi yang tersimpan pada flywheel diteruskan ke beban mekanik dalam hal ini beban mekanik berupa puli dan dinamo sepeda dengan torsi [5]



Gambar 2.1. Flywheel

Momen inersia untuk flywheel yang terbentuk silinder pejal dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$I = mR^2 \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan:

$l$  = Momen inersia ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ )

$m$  = Massa cakram ( $\text{kg}$ )

$r$  = Jari-jari cakram ( $\text{m}$ )

Sedangkan energi kinetik rotasi adalah energi yang tersimpan dalam suatu benda saat melakukan gerakan rotasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\tau = I \alpha \dots\dots\dots 2.2$$

$$E_k = I \omega^2 \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan:

$\tau$  = Torsi ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ )

$l$  = Momen inersia ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ )

$\alpha$  = Percepatan sudut ( $\text{rad}/\text{s}^2$ )

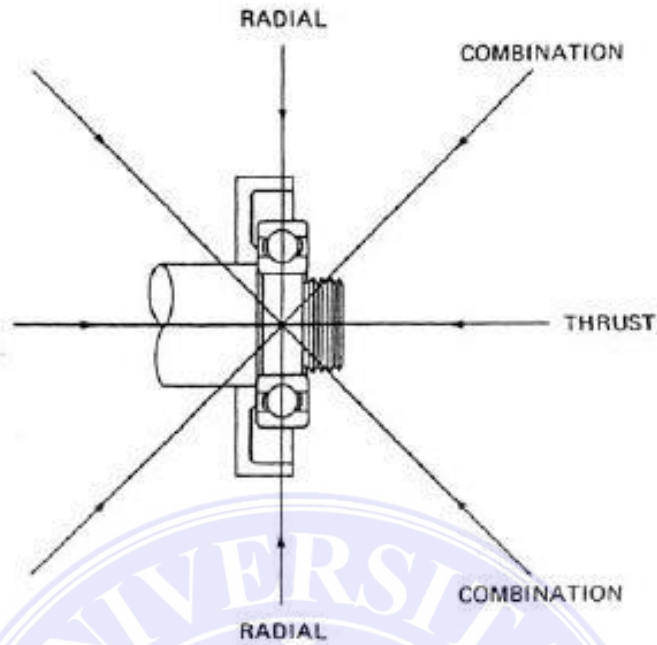
$E_k$  = Energi kinetik rotasi (*Joule*)

$\omega$  = Kecepatan sudut ( $\text{rad}/\text{s}$ )

## 2.2 Klasifikasi Bearing

Secara umum bearing dapat diklasifikasikan berdasarkan arah beban dan berdasarkan konstruksi, atau mekanismenya mengatasi gesekan. Berdasarkan arah beban yang bekerja pada bantalan, dapat diklasifikasikan menjadi :

- a. Bantalan radial/radial bearing menahan beban dalam arah radial
- b. Bantalan aksial/thrust bearing menahan beban dalam arah aksial
- c. Bantalan yang mampu menahan kombinasi beban dalam arah radial dan arah aksial



Gambar 2.2. Arah beban pada bearing

Berdasarkan konstruksi dan mekanisme gesekan, bearing dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu *slider bearing* (bantalan luncur) dan *roller bearing* (bantalan gelinding)

Bantalan luncur yang sering disebut *slider bearing* atau *plain bearing* menggunakan mekanisme sliding, dimana dua permukaan komponen mesin saling bergerak relatif. Diantara kedua permukaan terdapat pelumas utama untuk mengurangi gesekan antara kedua permukaan. *Slider bearing* untuk beban arah radial disebut *journal bearing* dan untuk beban arah aksial disebut *thrust bearing*.

Bantalan gelinding menggunakan elemen rolling untuk mengatasi gesekan antara dua komponen yang bergerak. Diantara kedua permukaan ditempatkan elemen gelinding seperti misalnya bola, rol, taper dan lain lain.

## 2.3 Energi

Energi adalah kemampuan untuk melakukan suatu tindakan atau kerja (usaha). Energi merupakan besaran yang kekal, dalam artian energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, tetapi dapat diubah bentuknya ke bentuk lain. Kata “Energi” berasal dari bahasa Yunani yaitu “*ergon*” yang berarti kerja. Satuan Internasional energi adalah Joule (J), satuan ini untuk menghormati James Prescott Joule dan percobaannya dalam persamaan mekanik panas. Satuan lain energi adalah Kalori (Kal).

Hubungan antara Joule dengan Kalori adalah sebagai berikut.

$$1 \text{ Kalori} = 4,2 \text{ Joule} \text{ atau } 1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ Kalori}$$

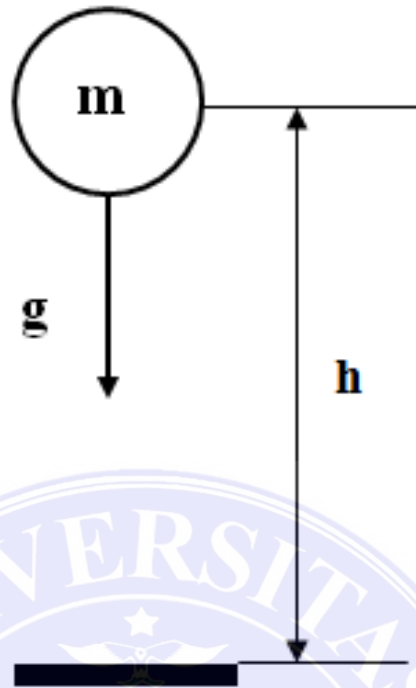
Hubungan Joule dengan Satuan Internasional dasar lain:

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ Newton} - \text{Meter} \text{ dan } 1 \text{ Joule} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$$

Berdasarkan bentuknya energi dibagi tiga macam yaitu:

### 2.3.1. Energi potensial

Adalah energi yang dimiliki suatu benda karena posisi atau kedudukannya, artinya saat benda tersebut diam pada posisi tertentu. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:



Gambar 2.3. Analisa energi potensial suatu benda

Dari gambar 2.3. dapat dilihat bahwa benda yang jatuh dengan massa ( $m$ ) dengan ketinggian ( $h$ ), dengan besarnya percepatan gravitasi ( $g$ ). Dapat dirumuskan bahwa besarnya energi potensial yang terjadi sebagai berikut :

$$E_p = m \cdot g \cdot h(\text{joule}) \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan:

$E_p$  = Energi potensial (*Joule*)

$m$  = Massa (kg)

$g$  = Percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$h$  = ketinggian (m)

### 2.3.2. Energi kinetik

Adalah energi yang dimiliki suatu benda karena pergerakan atau kelajuannya, artinya suatu kemampuan untuk melakukan usaha agar dapat menggerakkan suatu benda dengan massa tertentu hingga mencapai suatu kecepatan tertentu. Semakin tinggi kecepatan suatu benda maka semakin besar pula energi kinetiknya. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2(\text{joule}) \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan:

$E_k$  = Energi kinetik (Joule)

$m$  = Massa (kg)

$v$  = Kecepatan (m/s)

### 2.3.3. Energi Mekanik

Adalah energi yang dimiliki suatu benda karena sifat gerakannya. Energi mekanik merupakan gabungan antara energi potensial dan energi kinetik. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E_m = E_p + E_k(\text{joule}) \dots\dots\dots 2.6$$

$$E_m = (m \cdot g \cdot h) + (\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2)$$

## 3.2. Hukum Newton

Hukum Newton adalah tiga hukum fisika yang menjelaskan dan memberikan gambaran hubungan antara gaya yang bekerja pada suatu benda dan gerak yang terjadi pada suatu benda kata Newton. Ketiga hukum tersebut dirangkum dalam karyanya *“Philosophiae Naturalis Principia*



*Mathematica*”. Hukum Newton dijelaskan dan digunakan untuk meneliti dan mengamati gerak dalam berbagai mekanisme maupun sistem

**2.4.1. Hukum Newton I**

Hukum Newton I adalah jika resultan (penjumlahan atau pengurangan gaya) yang berkerja pada benda sama dengan nol, maka benda yang semula diam akan tetap diam, dan benda yang bergerak lurus beraturan akan bergerak lurus beraturan. Artinya apabila benda yang mempertahankan keadaannya maka benda tersebut berkerja sama dengan nol. Contohnya balok kayu yang ada di tanah akan tetap ditempatnya apabila tidak ada yang memindahkannya. Hukum Newton I dapat dirumuskann :

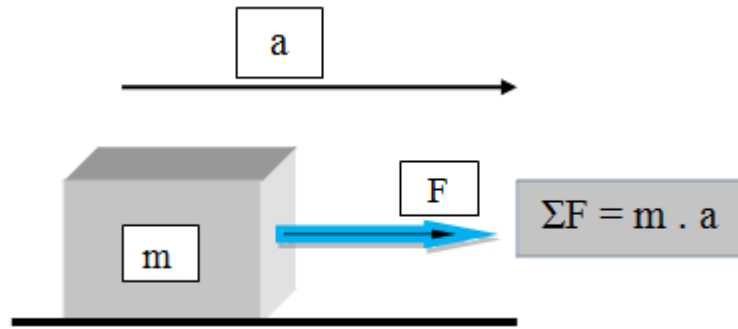
$$\Sigma F = 0 \dots\dots\dots 2.7$$

Keterangan :

$$\Sigma F = \text{Resultan gaya (Newton)}$$

**2.4.2 Hukum Newton II**

Hukum Newton II adalah jika resultan gaya/momen yang dikenakan pada sebuah benda tidak sama dengan nol, maka benda tersebut akan mendapatkan percepatan linier dan berbanding lurus dengan resultannya. Artinya jika masa (m) mengalami resultan gaya sebesar (F) akan mengalami percepatan (a) yang arahnya sama dengan arah gaya, dan berbanding lurus terhadap (F) dan berbanding terbalik terhadap (m) atau  $\Sigma F = m.a$



Gambar 2.4. Hukum newton II

Sehingga untuk gaya tekan yang diberikan massa pada tuas *speed bump*, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\Sigma F = m \cdot a \dots\dots\dots 2.8$$

Keterangan ;

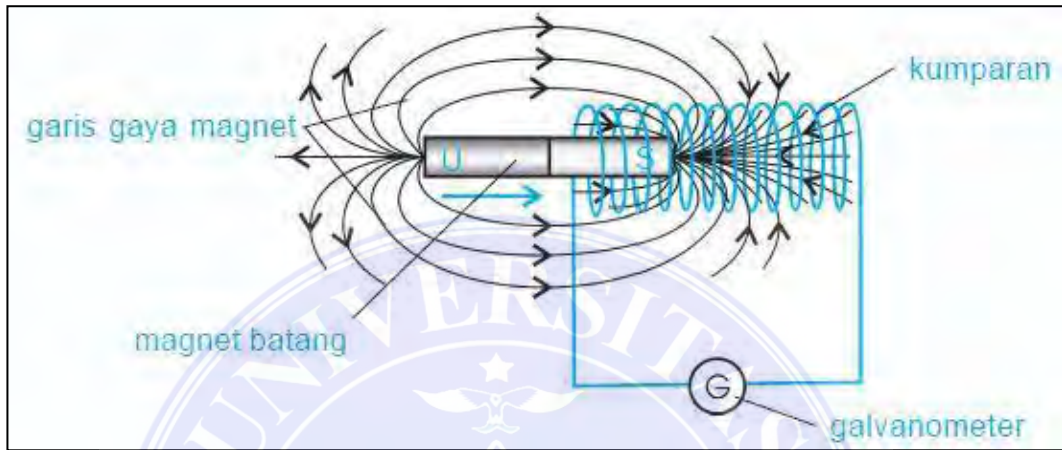
- ΣF = Gaya (Newton)
- m = Massa (kg)
- a = Percepatan (m/s<sup>2</sup>)

Berdasarkan hukum Newton gaya tekan kendaraan terhadap *speed bump* yang terdapat di jalan raya dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan tuas yang terhubung dengan *speed bump* dan diteruskan ke dinamo sepeda sehingga menghasilkan energi listrik. [6]

### 2.5 Induksi Elektromagnetik

Induksi elektromagnetik adalah arus listrik yang timbul akibat adanya pergerakan kumparan dan pergerakan kutub magnet yang berbeda. Besarnya arus yang terjadi pada ujung kumparan memiliki beda potensial atau (GGL) Gaya Gerak Listrik induksi. GGL yang terjadi karena adanya perubahan gaya magnet pada lingkup kumparan.

Basarnya induksi GGL di kedua ujung kumparan sebanding dengan perubahan fluks magnet, artinya makin cepet perubahan fluks magnet maka makin besar GGL yang terjadi. Adapun fluks magnet yang dimaksud banyaknya garis gaya magnet yang menembus suatu bidang.



Gambar 2.5. Gaya gerak listrik

Sumber : [www.duniapendidikan.net/pengertian-dan-rumus-gaya-gerak-listrik-ggl-induksi-menurut-percobaan-dan-bunyi-hukum-faraday](http://www.duniapendidikan.net/pengertian-dan-rumus-gaya-gerak-listrik-ggl-induksi-menurut-percobaan-dan-bunyi-hukum-faraday)

GGL induksi yang dihasilkan dalam bentuk gelombang sinusoida yang dinyatakan:

Keterangan :

$$\varepsilon = N_{AB}\omega \sin \omega t \dots\dots\dots 2.9$$

$\varepsilon$  = GGL induksi (Volt)

$N_{AB}$  = Jumlah lilitan

$\omega$  = Kecepatan sudut kumparan (rad /s)

t = Waktu (s)

### 2.5.1 Sistem Pengapian Dengan Magnet

Sistem pengapian flywheel magnet merupakan sistem pengapian yang paling sederhana dalam menghasilkan percikan bunga api di busi dan telah

terkenal penggunaannya dalam pengapian motor-motor kecil sebelum munculnya pengapian elektronik. Sistem pengapian ini mempunyai keuntungan yaitu tidak tergantung pada baterai untuk menghidupkan awal mesin karena sumber tegangan langsung berasal dari *source coil* (koil sumber/pengisi) sendiri.

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya (lihat bagian sumber tegangan pada sepeda motor), yang menghasilkan arus listrik adalah alternator atau *flywheel magneto*. Sistem pengapian magnet terdiri dari rotor yang berisi magnet permanen/tetap, dan stator yang berisi *ignition coil* (koil/spool pengapian) dan spool lampu. Rotor diikatkan ke salah satu ujung *crankshaft* (poros engkol) dan berputar bersama *crankshaft* tersebut serta berfungsi juga sebagai *flywheel* (roda gila) tambahan. Arus listrik dihasilkan oleh alternator atau *flywheel magneto* adalah arus listrik bolak-balik atau AC (*Alternating Current*). Hal ini terjadi karena arah kutub magnet berubah secara terus menerus dari utara ke selatan saat magnet berputar.

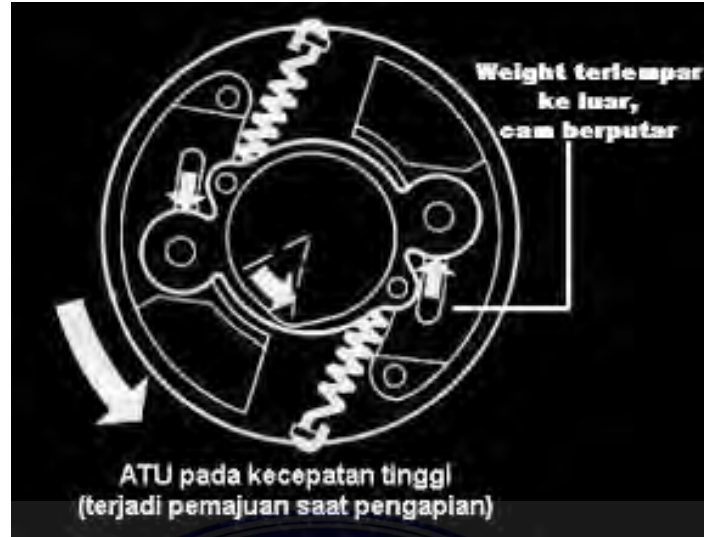
#### a. Cara kerja sistem pengapian magnet

Prinsip kerja dari sistem pengapian ini adalah seperti “transfer/pemindahan energi” atau “pembangkitan medan magnet”. *Source coil* pengapian terhubung dengan kumparan primer koil pengapian. Diantara dua komponen (koil) tersebut dipasang platina (*contact breaker/contact point*) yang berfungsi sebagai saklar dan dipasang secara paralel dengan koil-koil tadi. Pada saat platina dalam keadaan menutup, maka arus yang dihasilkan magnet akan mengalir ke massa melalui platina, sedangkan pada koil pengapian tidak ada arus yang mengalir. Saat posisi rotor sedemikian rupa sehingga arus yang dihasilkan *source coil* sedang maksimum, platina terbuka oleh cam/nok.

Kejadian ini menyebabkan arus ke massa lewat platina terputus dan arus mengalir ke kumparan primer koil dalam bentuk tegangan induksi sekitar 200V – 300V. Karena perbandingan kumparan sekunder lebih banyak dibanding kumparan primer, maka pada kumparan sekunder terjadi induksi yang lebih besar sekitar 10KV – 20KV yang bisa membuat terjadinya percikan bunga api pada busi untuk membakar campuran bahan bakar dan udara. Induksi ini disebut induksi bersama (mutual induction). Untuk menghasilkan tegangan induksi yang besar maka pada saat platina mulai membuka, tidak boleh ada percikan bunga api dan aliran arus pada platina tersebut yang cenderung ingin terus mengalirnya ke massa. Oleh karena itu, pada rangkaian sistem pengapian dipasangkan kondensorkapasitor untuk mengatasi percikan pada platina saat mulai membuka.

b. Pengontrolan saat pengapian (ignition timing)

Pengontrolan saat pengapian pada sistem pengapian magnet generasi awal pada umumnya telah di set/stel oleh pabrik pembuatnya. Posisi stator telah ditentukan sedemikian rupa sehingga untuk merubah/membuat variasi saat pengapiannya tidak dapat dilakukan. Walau demikian pengubahan saat pengapian masih dapat dilakukan dengan jumlah variasi yang kecil yaitu dengan merubah celah platina. Perubahan saat pengapian yang cukup kecil tadi masih cukup untuk motor kecil dua langkah, sedangkan untuk motor yang lebih besar dan empat langkah dibutuhkan pemajuan (advance) saat pengapian yang lebih besar seiring dengan naiknya putaran mesin. Untuk mengatasinya dipasangkan unit pengatur saat pengapian otomatis atau ATU (automatic timing unit).



Gambar 2.6. ATU (automatic timing unit)

ATU terdiri dari sebuah piringan yang di bagian tengahnya terdapat pin (pasak) yang membawa cam (nok). Cam dapat berputar pada pin, tetapi pergerakannya dikontrol oleh dua buah pegas pemberat.

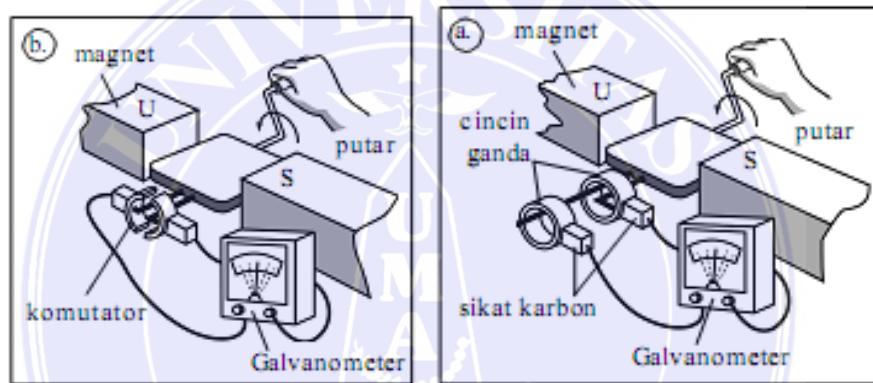
Pada saat kecepatan idle dan rendah, pegas menahan cam ke posisi memundurkan (retarded) saat pengapian, Sedangkan pada saat kecepatan mesin dinaikkan, pemberat akan terlempar ke arah luar karena gaya gravitasi.

## 2.6 Generator

Generator adalah suatu alat yang menggunakan magnet untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik berasal dari air, uap, angin dll. Prinsip generator secara sederhana dapat dikatakan bahwa tegangan diinduksikan pada konduktor. Apabila konduktor bergerak pada medan magnet akan memotong garis gaya. Hukum tangan kiri berlaku pada generator, sehingga hubungan antara penggerak, arah medan magnet, dan arah resultan dari aliran arus terinduksi. Apabila ibu jari menunjukkan arah gerakan penghantar, telunjuk

menunjukkan arah fluks, jari tengah menunjukkan arah aliran elektron yang terinduksi. Hukum ini juga berlaku apabila magnet sebagai pengganti penghantar yang digerakkan (Rinanda dkk, 2014).

Untuk pembangkit tenaga listrik skala kecil diperlukan sebuah generator dan sebuah pengatur tegangan agar tegangan keluar berupa *battrey charger*. Tegangan keluar generator yang berupa arus DC dapat digunakan untuk mengisi baterai (tegangan generator masuk ke dalam rangkaian *battery charger*) yaitu tegangan harus lebih besar dari tegangan baterai (Arriza, 2011).

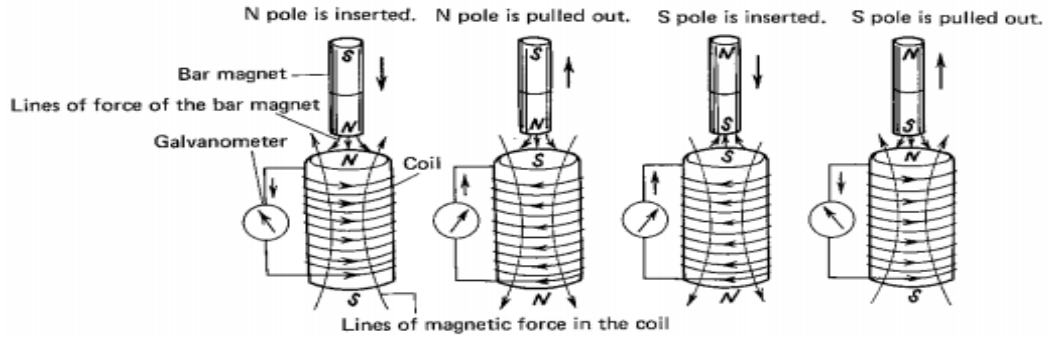


Gambar 2.7. Generator arus DC dan AC

(Iffa, 2011)

### 2.6.1 Prinsip Kerja Generator

Bila sebuah konduktor digerak-gerakkan memotong garis gaya magnet, maka pada konduktor akan mengalir arus listrik (Hukum Faraday). Medan magnet di dalam lilitan akan berubah yang mengakibatkan gaya gerak listrik sehingga arus akan mengalir. Hal ini disebut dengan induksi elektromagnet, seperti tampak pada gambar di bawah ini:

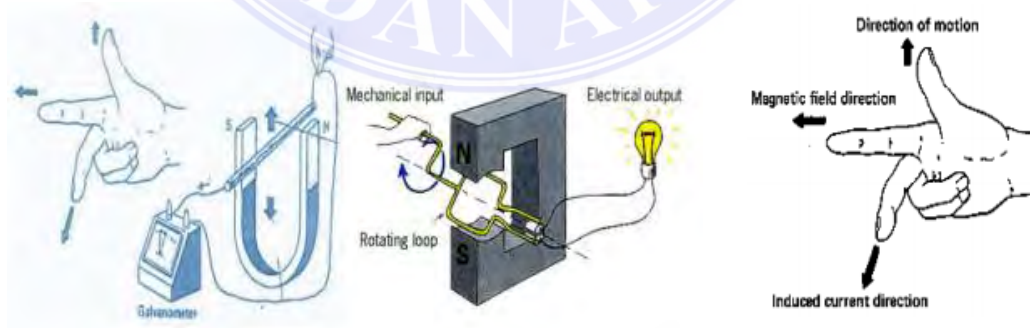


Gambar 2.8. Prinsip dasar gaya gerak listrik

Bila sebuah konduktor yang berada dalam medan magnet, digerakkan memotong medan magnet tersebut, maka pada konduktor akan timbul gaya gerak listrik (timbul arus listrik). Kaidah tangan kanan Fleming menyatakan bahwa:

- Jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet.
- Ibu jari menunjukkan arah gerak konduktor.
- Jari tengah menunjukkan arah arus induksi

Prinsip kerja generator sesuai kaidah tangan kanan Fleming bisa dianalogikan seperti pada gambar berikut ini:

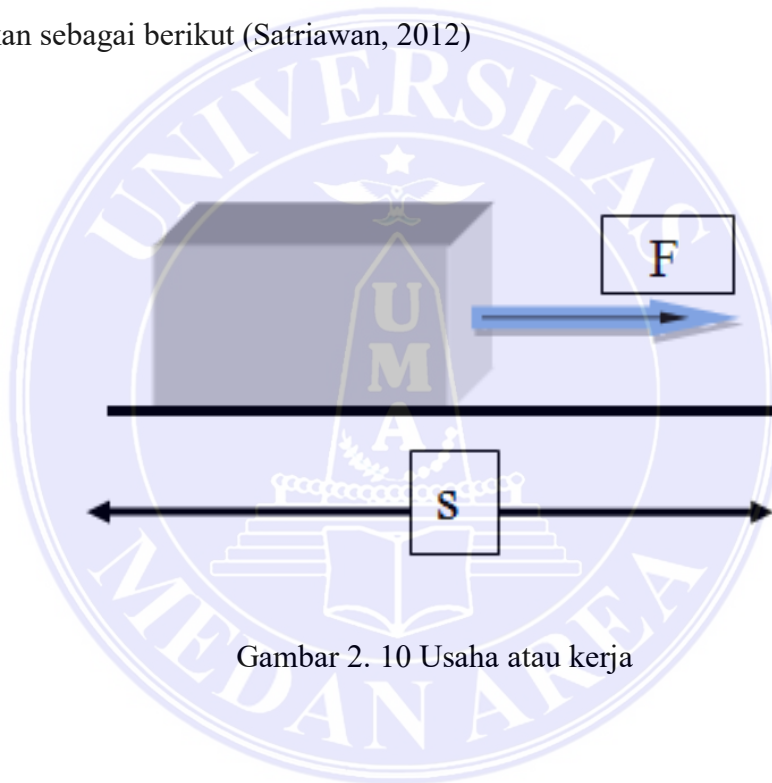


Gambar 2.9. Prinsip dasar generator



### 2.6.2 Usaha dan Daya

Dalam istilah fisika usaha yang dilakukan suatu gaya didefinisikan sebagai hasil kali skala vektor gaya dan vektor perpindahan benda, atau hasil kali komponen gaya yang searah dengan perpindahan benda dengan besar perpindahan benda. Artinya besarnya energi yang diberikan oleh suatu gaya untuk merubah suatu benda sehingga benda tersebut dikatakan bergerak. Dalam ilmu fisika, usaha dilambangkan  $W$  (*work*) yang artinya dari kerja. Besarnya usaha dapat di rumuskan sebagai berikut (Satriawan, 2012)



Gambar 2. 10 Usaha atau kerja

$$W = F \cdot s \dots\dots\dots 2.10$$

Keterangan:

$W$  = Usaha (Joule)

$F$  = gaya (Newton)

$s$  = jarak perpindahan (m)

Daya adalah usaha yang dilakukan oleh benda persatuan waktu, artinya besarnya daya dipengaruhi oleh usaha yang dilakukan oleh benda dan waktu yang diperlukan untuk melakukan usaha tersebut. Secara matematika dapat ditulis sebagai berikut (Sunarti, 2004)

$$P = W/t \dots\dots\dots 2.11$$

Karena  $W = F.s$  maka

$$P = (F \cdot s) / t \dots\dots\dots 2.12$$

Besarnya kecepatan dirumuskan dalam fisika dasar dengan besarnya perpindahan dibagi waktu tempuh. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut;

$$v = s / t \dots\dots\dots 2.13$$

Sehingga:

$$P = F \cdot v \dots\dots\dots 2.14$$

Keterangan:

$P$  = Daya (Joule/detik atau watt)

$W$  = Usaha (Joule)

$t$  = Waktu (detik)

$F$  = Gaya (Newton)

$v$  = Kecepatan (m/s)

$s$  = Jarak perpindahan (m)

## 2.7 Baterai

Baterai (Battery) adalah sebuah alat yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi Listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat Elektronik. Hampir semua perangkat elektronik yang portabel seperti

Handphone, Laptop, Senter, ataupun Remote Control menggunakan Baterai sebagai sumber listriknya. Dengan adanya Baterai, kita tidak perlu menyambungkan kabel listrik untuk dapat mengaktifkan perangkat elektronik kita sehingga dapat dengan mudah dibawa kemana-mana. Dalam kehidupan kita sehari-hari, kita dapat menemui dua jenis Baterai yaitu Baterai yang hanya dapat dipakai sekali saja (Single Use) dan Baterai yang dapat di isi ulang (Rechargeable).

### 2.7.1 Aki Basah

Aki basah merupakan jenis paling umum dan paling mudah ditemukan. Disebut sebagai aki basah karena di dalam aki ini terdapat cairan elektrolit atau air aki yang berupa asam sulfat.

Air aki basah mengandung timah antimoni yang bakal cepat habis karena besarnya potensi penguapan. Aki ini dijual dengan harga yang murah dibanding jenis aki lain.

Aki basah juga memerlukan perawatan rutin. Penguapan bisa membuat cairan aki cepat habis. Jika tidak dirawat dengan benar, cairan aki bisa tumpah dan merusak komponen-komponen lain.

### 2.7.2 Aki Kering

Aki kering juga disebut dengan Maintenance Free. Meski dinamakan aki kering, bukan berarti tidak ada cairan sedikit pun di dalamnya. Aki jenis ini tetap menggunakan cairan elektrolit namun mengandung timah kalsium.

Dibandingkan timah antimoni pada aki basah, timah kalsium lebih hemat alias minim penguapan. Perawatan aki kering tak serumit aki basah, karena tidak perlu mengisi ulang elektrolit.



Gambar 2.11. Baterai basah dan kering

### 2.7.3. Aki Kalsium

Berbeda dengan dua jenis aki sebelumnya, kutub aki ini terbuat dari material kalsium. Aki kalsium memiliki tingkat penguapan lebih rendah ketimbang aki yang dijual di pasaran pada umumnya.

Menariknya, daya tahan baterai aki kalsium sangat baik dalam menyalurkan listrik. "Aki kalsium masih kurang populer di Indonesia. Sekalipun unitnya tersedia, harganya cukup mahal.

#### 2.7.4 Aki Hybrid

Ketika teknologi aki kering dan basah digabung dengan aki kalsium, maka terciptalah aki hybrid. Penguapannya terbilang sangat minim dan lebih irit biaya perawatan.

Karena jumlahnya terbatas, aki ini jarang bisa ditemukan di toko-toko. Cairan elektrolit di dalamnya diklaim punya efek korosif yang kuat dan berbahaya bagi manusia.

#### 2.7.5 Aki Gel

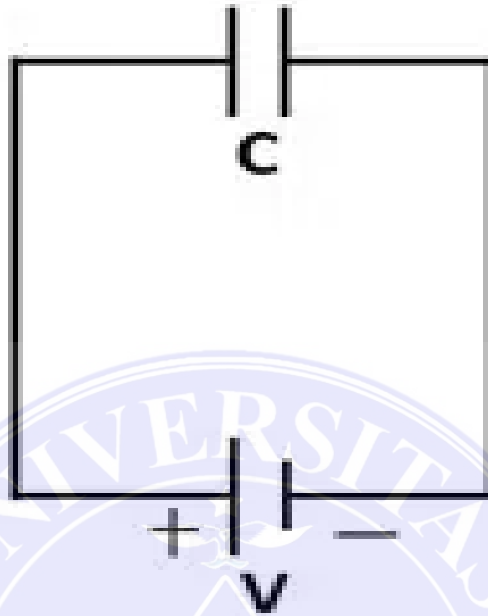
Inilah aki paling canggih dibandingkan jenis lain. Tidak ada lagi cairan elektrolit, yang ada hanya gel. Kalau gel tumpah sifatnya tidak lagi korosif dibandingkan elektrolit pada aki lainnya.

### 2.8 Kapasitor

Kapasitor adalah sebuah benda yang dapat menyimpan muatan listrik. Benda ini terdiri dari dua pelat konduktor yang dipasang berdekatan satu samalain tapi tidak sampai bersentuhan. Benda ini dapat menyimpan tenaga listrik dan dapat menyalurkannya kembali, kegunaannya dapat kamu temukan seperti pada lampu flash pada camera, juga banyak dipakai pada papan sirkuit elektrik pada komputer yang kamu pakai maupun pada berbagai peralatan elektronik.

Perlu kita ketahui bahwa walaupun memiliki fungsi yang hampir sama, namun baterai berbeda dengan kapasitor. Kapasitor berfungsi hanya sebagai penyimpan muatan listrik sementara, sedangkan baterai selain juga dapat menyimpan muatan listrik, baterai juga merupakan salah satu sumber tegangan

listrik. Karena perbedaan itu, baterai juga memiliki simbol yang berbeda pada rangkaian listrik.



Gambar 2.12. Rangkaian sederhana kapasitor

Kita dapat mencari nilai kapasitas atau kapasitansi suatu kapasitor, yakni jumlah muatan listrik yang tersimpan. Untuk bentuk paling umum yaitu keping sejajar, persamaan kapasitansi dinotasikan dengan:

$$C = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots 2.15$$

Dimana:

C = kapasitansi (F, Farad) (1 Farad = 1 Coulomb/Volt)

Q = muatan listrik (Coulomb)

V = beda potensial (Volt)

Nilai kapasitansi tidak selalu bergantung pada nilai  $Q$  dan  $V$ . Besar nilai kapasitansi bergantung pada ukuran, bentuk dan posisi kedua keping serta jenis

material pemisahannya (insulator). Nilai usaha dapat berupa positif atau negatif tergantung arah gaya terhadap perpindahannya. Untuk jenis keping sejajar dimana

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \dots\dots\dots 2.16$$

keping sejajar memiliki luasan [A] dan dipisahkan dengan jarak [d], dapat dinotasikan dengan rumus:

Dimana:

A = luasan penampang keping (m<sup>2</sup>)

d = jarak antar keping (m)

$\epsilon$  = permitivitas bahan penyekat (C<sup>2</sup> / Nm<sup>2</sup>)

Jika antara kedua keping hanya ada udara atau vakum (tidak terdapat bahan penyekat), maka nilai permitivitasnya dipakai  $\epsilon_0 = 8 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2$

.Muatan sebelum disisipkan bahan penyekat ( $Q_0$ ) sama dengan muatan setelah disisipkan bahan penyekat ( $Q_b$ ), sesuai prinsip bahwa muatan bersifat kekal. Beda potensialnya dinotasikan dengan rumus:

$$Q_0 = Q_b \dots\dots\dots 2.17$$

$$C_0 V_0 = C_b V_b \dots\dots\dots 2.18$$

Kapasitor menyimpan energi dalam bentuk medan listrik. Besar energi [W] yang tersimpan pada dapat dicari menggunakan rumus:

$$W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 \dots\dots\dots 2.19$$

Dimana:

W = jumlah energi yang tersimpan dalam kapasitor (Joule)



Gambar 2.13. Kapasitor

## 2.9 Dioda

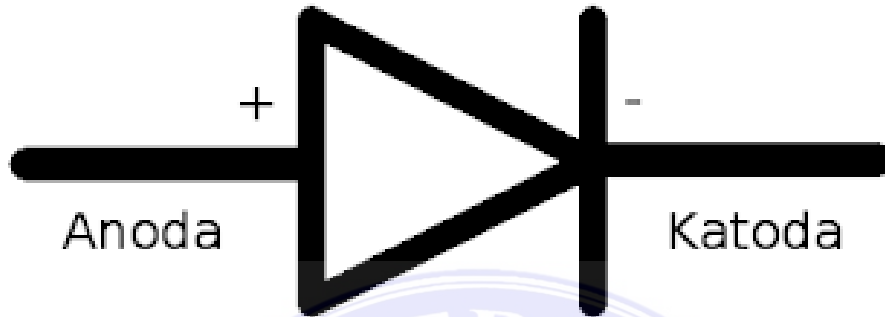
Dioda adalah komponen aktif dua kutub yang pada umumnya bersifat semi konduktor, yang memperbolehkan arus listrik mengalir ke satu arah (kondisi panjar maju) dan menghambat arus dari arah sebaliknya (kondisi panjar mundur). Dioda dapat disamakan sebagai fungsi katup di dalam bidang elektronika. Dioda sebenarnya tidak menunjukkan karakteristik kesearahan yang sempurna, melainkan mempunyai karakteristik hubungan arus dan tegangan kompleks yang tidak linier dan sering kali tergantung pada teknologi atau material yang digunakan serta parameter penggunaan.

### 2.9.1 Prinsip Kerja dan Karakteristik Dioda

Penyearah arus dibuat dari dioda, dimana dioda digunakan untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Contoh yang paling banyak ditemui adalah pada rangkaian adaptor. Pada adaptor, dioda digunakan

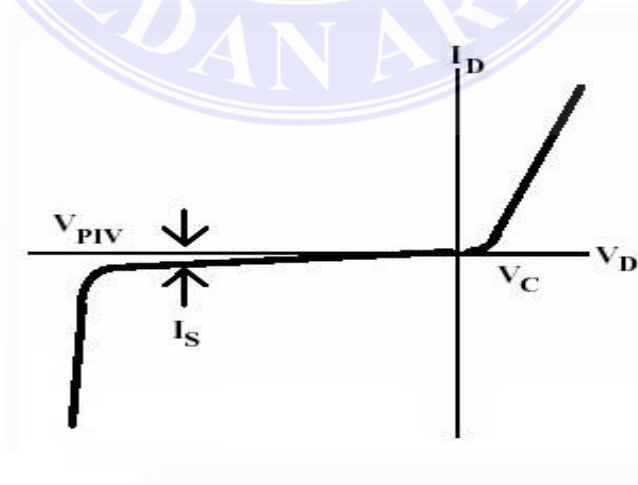


untuk menyearahkan arus bolak-balik menjadi arus searah. Sedangkan contoh yang lain adalah alternator otomotif, dimana dioda mengubah AC menjadi DC dan memberikan performansi yang lebih baik dari cincin komutator dari dinamo.



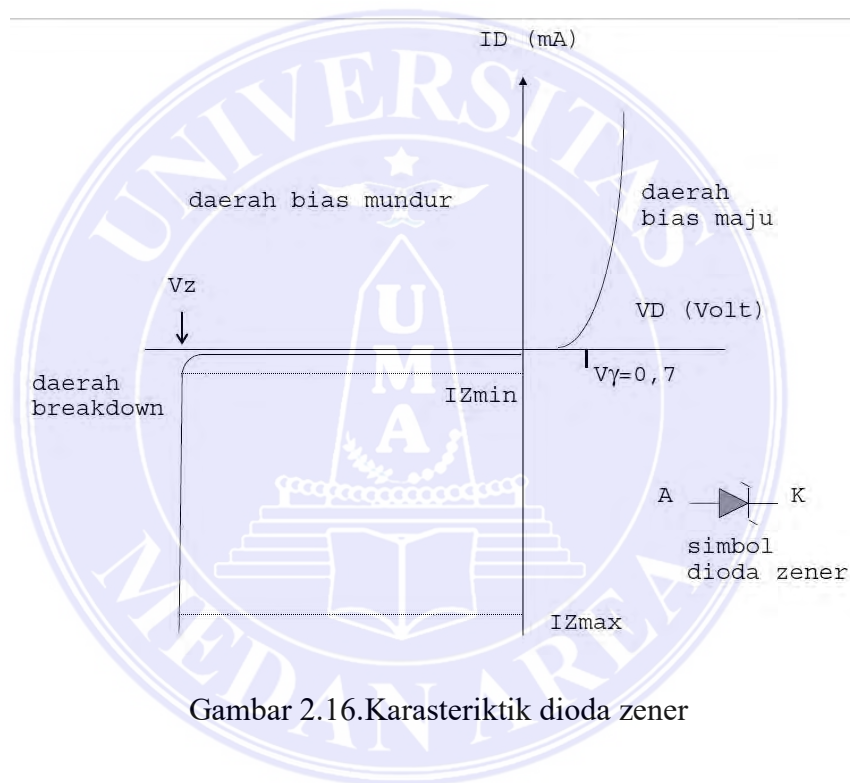
Gambar 2.14. Prinsip kerja dioda

Dioda dikatakan mendapat arus forward bias apabila anoda (A) lebih positif dari katoda (K) dan dikatakan mendapat reverse bias apabila katoda lebih positif dari anoda. Arus listrik hanya bisa mengalir apabila dioda mendapat forward bias atau arus hanya mengalir dari anoda ke katoda saja. Karakteristik dari dioda juga bisa digambarkan dalam kurva berikut ini:



Gambar 2.15. Karakteristik dioda

Salah satu jenis dioda yang karakteristiknya tidak persis dengan kurva diatas adalah jenis dioda zener. Dioda zener dirancang khusus untuk menghantarkan arus reverse tanpa merusaknya apabila nilai dari zener tersebut sudah sanggup untuk dilalui, misalkan suatu contoh zener yang nilainya 6 volt tidak akan mengalirkan voltage reverse apabila nilainya masih dibawah 6 volt, apabila diatasnya maka akan mengalir saat reverse bias.



Gambar 2.16. Karakteristik dioda zener

## 2.10 Kabel (Cable)

Kabel dalam bahasa Inggris disebut *cable* merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal dari satu tempat ke tempat lain. Kabel seiring dengan perkembangannya dari waktu ke waktu terdiri dari berbagai jenis dan ukuran yang membedakan satu dengan lainnya. Berdasarkan jenisnya, kabel terbagi menjadi 3 yakni kabel tembaga (*copper*), kabel koaksial, dan kabel serat

optik. Kabel mulai ditemukan saat manusia membutuhkan sebuah alat yang berguna untuk menghubungkan suatu perangkat dengan perangkat lain, dan ditemukan pada awal 1400an. Proses penemuan kabel ini tidak sama antara satu jenis kabel dengan kabel lainnya.

Penemuan kabel tembaga membutuhkan proses yang paling lama dibanding kabel yang lain, hingga akhirnya berhasil ditemukan sebuah telepon. Penemuan kabel koaksial mengikuti penemuan kabel tembaga. Baru-baru ini, kabel koaksial telah disempurnakan kembali dengan penemuan kabel serat optik yang sangat tipis dan mampu mentransmisikan sinyal cahaya. Sehingga secara umum, kabel memiliki fungsi sebagai media transmisi yang berperan untuk mempercepat penyampaian pesan.



Gambar 2.17. Kabel

## 2.11 Lampu

Menurut kamus bahasa Indonesia, arti kata lampu adalah alat untuk menerangi. Perkembangan lampu berawal dari sebuah lampu pijar yang selalu

dicari inovasi kumparan sumber cahaya yang paling efisien. Pada tahun 1870-an, Thomas Alva Edison dari Menlo Park, Negara bagian New Jersey, Amerika Serikat, mendapatkan paten pertamanya pada bulan April 1879 untuk lampu pijar. Tahun 1933 filamen karbon diganti dengan filamen tungsten atau Wolfram (Wo) yang dibuat membentuk lilitan kumparan sehingga dapat meningkatkan Efficacy lampu menjadi + 20 Lumen/W. sistem pembangkitan cahaya buatan ini disebut sistem pemijaran (Incondesence).

Revolusi teknologi perlampuan berkembang dengan pesatnya. Pada tahun 1910 pertama kali digunakan lampu pendar (discharge) tegangan tinggi. Prinsip kerja lampu ini menggunakan sistem emisi elektron yang bergerak dari katoda menuju anoda pada tabung lampu akan menumbuk atom-atom media gas yang ada didalam tabung tersebut, akibat tumbukan akan menjadi pelepasan energi dalam bentuk cahaya. Sistem pembangkitan cahaya buatan ini disebut Luminescence (berpendarnya energy cahaya luar tabung).

Media gas yang digunakan dapat berbagai macam, tahun 1932 ditemukan dilampu pendar dengan gas sodium tekanan rendah, dan tahun 1935 dikembangkan lampu pendar merkuri, dan kemudian tahun 1939 berhasil dikembangkan lampu Fluorescen, yang biasa dikenal dengan lampu neon. Selanjutnya lampu xenon tahun 1959, khusus lampu sorot dengan warna yang lebih baik telah dikembangkan gas metalhalide (halogen yang dicampur dengan iodine pada tahun 1964, pada sampai akhirnya lampu sodium tegangan tinggi tahun 1965. Prinsip emisi electron ini yang dapat meningkatkan efisiensi lampu diatas 50 Lumen/W. jauh lebih tinggi dibanding dengan prinsip pemijaran.



Gambar 2.18. Lampu

## 2.12 Motor Listrik

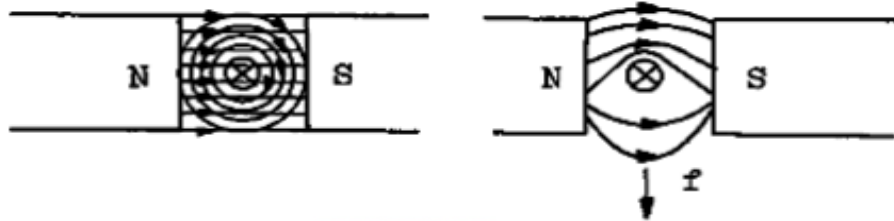
Motor listrik merupakan komponen dimana perubahan bentuk energi listrik menjadi energi mekanis. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet. Sebagaimana kita ketahui bahwa: kutub-kutub dari magnet yang senama akan tolak-menolak dan kutub-kutub tidak senama, tarik-menarik. Maka kita dapat memperoleh gerakan jika kita menempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar, dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap.



Gambar 2.19. Motor listrik

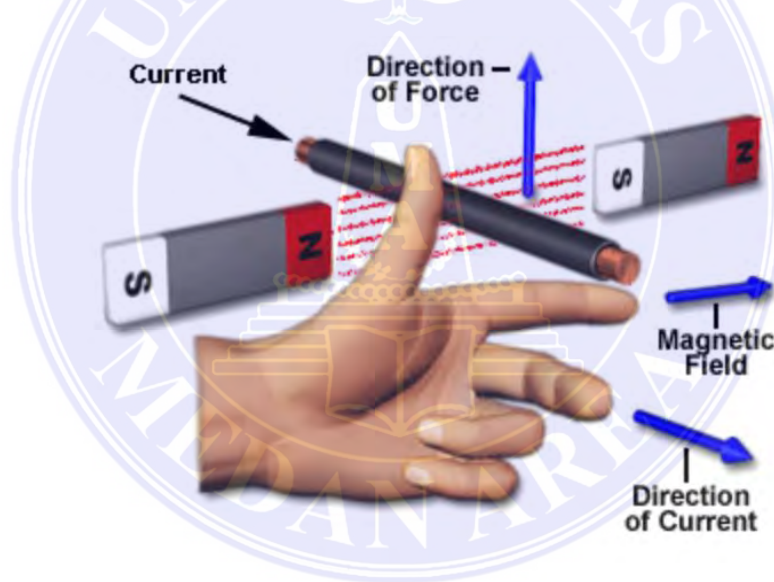
### 2.12.1 Prinsip Kerja Motor Listrik

Bila sebuah konduktor yang dialiri arus listrik diletakkan diantara kutub utara dan selatan magnet, maka konduktor akan terlempar keluar dari kutub-kutub magnet tersebut, seperti tampak pada gambar berikut ini:



Gambar 2.20. Arah konduktor yang dialiri arus listrik

Peristiwa tersebut di atas dapat dipahami dengan kaidah tangan kiri Fleming seperti pada tampak gambar di bawah ini.



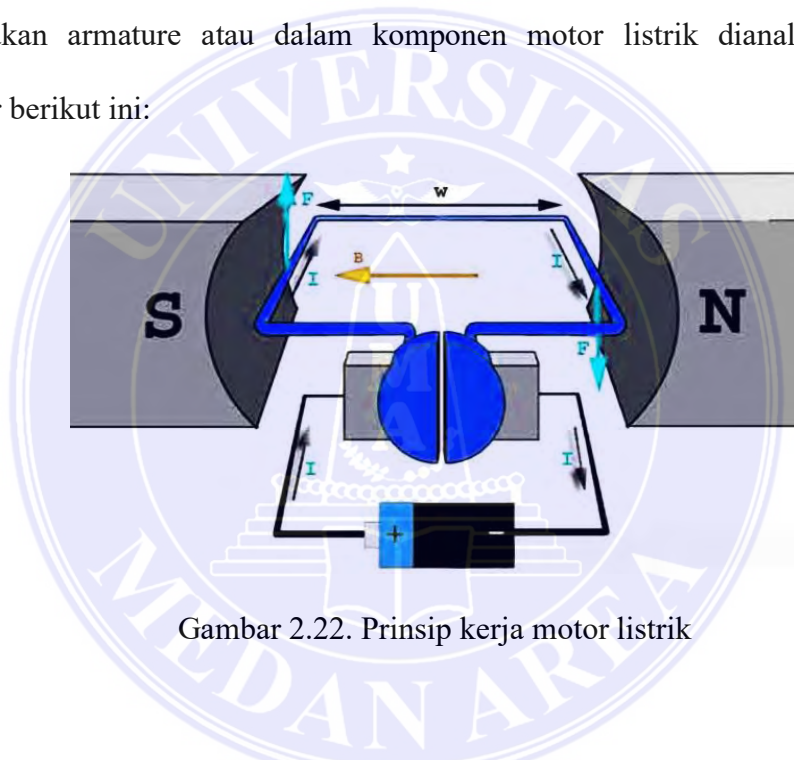
Gambar 2.21. Kaidah tangan kiri Fleming

- a. Jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet.
- b. Jari tengah menunjukkan arah arus pada konduktor.
- c. Ibu jari menunjukkan arah gaya pada konduktor

Bila konduktor yang terletak sejajar dialiri arus listrik, garis gaya magnet yang mengelilingi masing-masing konduktor akan saling mempengaruhi, dimana

garis-garis gaya yang searah akan tarik menarik, sedangkan garis-garis gaya yang berlawanan akan tolak menolak.

Pada sebuah motor listrik, diantara kutub magnet N (utara) dan S (selatan) terdapat sebuah konduktor yang berujung di C1 dan C2 (setengah cincin tembaga yang disebut commutator). Dua buah sikat arang atau brush B1 dan B2 yang berhubungan dengan commutator memungkinkan arus mengalir ke Skonduktor. Bagian yang dapat berputar ini disebut dengan armature. Peristiwa terjadinya pergerakan armature atau dalam komponen motor listrik dianalogikan pada gambar berikut ini:



Gambar 2.22. Prinsip kerja motor listrik

Konduktor yang terletak didekat kutub S akan bergerak ke kanan dan konduktor yang terletak didekat kutub N akan bergerak ke kiri. Gabungan dari gerak tersebut akan memutar armature searah jarum jam (sesuai dengan kaidah tangan kiri fleming). Bila arus pada konduktor tersebut di balik, maka putaran armature akan berbalik, karena sesuai prinsip elektromagnet berpengaruh terhadap arah arus ke konduktor atau armature tersebut.

## BAB III

### PERANCANGAN ALAT

#### 3.1. Waktu dan Tempat

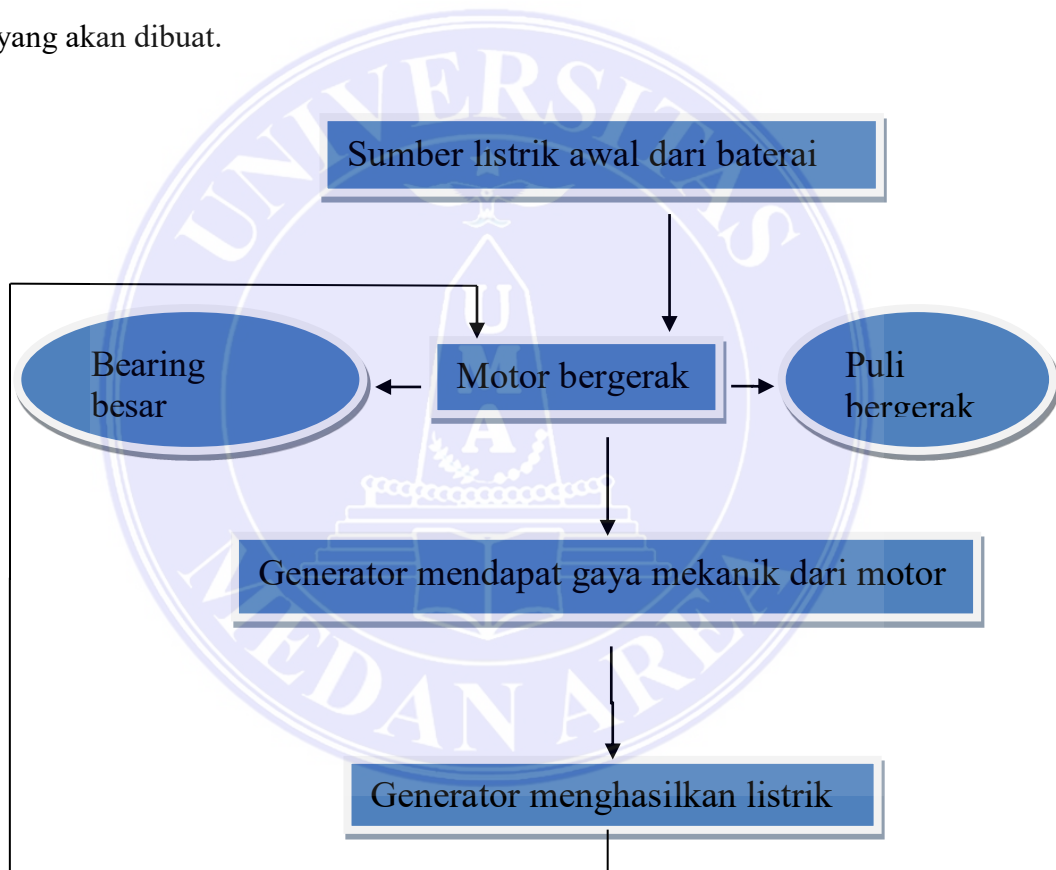
**Tabel 3.1. Waktu dan tempat**

Pembuatan Dan Perakitan	Tempat	Waktu Dan Tanggal	Keterangan
Pemilihan dan pemesanan bahan	Di bengkel workshop UMA, Jl.kolam no.1 deli serdang, Sumatera Utara	21-23 april 2018	Pelaksanaan pemilihan bahan yang dilaksanakan sejak tanggal pengesahan oleh dosen prodi Teknik Mesin Universitas Medan Area. Di mulai pada penentuan judul, kajian pembuatan, metode pembuatan
Pembubutan pasak penghubung flywheel	Di bengkel workshop UMA, Jl.kolam no.1 deli serdang, Sumatera Utara	24 -25 april 2018	Membubut pasak sebagai dudukan flywheel
Membuat dudukan pembangkit	Di bengkel workshop UMA, Jl.kolam no.1 deli serdang, Sumatera Utara	28-Apr-18	Pengeboran dan penyambungan tiap-tiap tiang pada dudukan pembangkit
Pemasangan motor, generator, kapasitor dan dioda	Di bengkel workshop UMA, Jl.kolam no.1 deli serdang, Sumatera Utara	28-30 juni 2018	Perakitan semua komponen pada pembangkit



### 3.2. Skema Perancangan

Perancangan adalah tahap terpenting dari seluruh proses pembuatan alat. Tahap pertama yang paling penting dalam perancangan adalah membuat diagram blok rangkaian, kemudian memilih komponen dengan karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan. Untuk pemilihan komponen ini diperlukan data book serta petunjuk lain yang dapat membantu dalam mengetahui spesifikasi dari komponen tersebut, sehingga komponen yang didapat merupakan pilihan yang tepat bagi alat yang akan dibuat.



Gambar 3.1 Alur Rangkaian

Dari gambar alur diatas kita dapat menyimpulkan bahwa energy suplai awal berasal dari baterai untuk menggerakkan motor sehingga motor dapat bergerak dan puli serta *bearing besar* pun ikut bergerak, sehingga generator

mendapat energi mekanik dari motor sehingga generator bekerja dan menghasilkan listrik. Begitu generator menghasilkan listrik maka generator yang berperan aktif dalam member suplai kepada motor dan suplai dari baterai dapat diputus, dan ini akan berjalan terus menerus tanpa ada suplai dari baterai kembali.

### 3.3. Alat dan Bahan

Pada rancang bangun metode umpan balik ini peralatan utama yang digunakan adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.2. Alat dan Bahan**

No	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah
1	Tachometer	Mengukur kecepatan Rpm	1 Buah
2	Multitester	Mengukur Ac, Dc 12 Volt	1 Buah
3	Generator	6 – 9 Volt, 200 - 6000 Rpm	2 Unit
4	Motor DC	3 - 6 Volt, 1200 Rpm	1 Unit
5	Bearing 6207	D <sub>luar</sub> : 73mm, D <sub>dalam</sub> : 0,9mm	1 Unit
6	Bearing 602	D <sub>luar</sub> : 21mm, D <sub>dalam</sub> : 0,9mm	2 Buah
7	Puli <sub>generator</sub>	D <sub>luar</sub> : 29mm, D <sub>dalam</sub> : 0,9mm	2 Buah
8	Puli <sub>motor</sub>	D <sub>luar</sub> : 44mm, D <sub>dalam</sub> : 0,9mm	1 Buah
9	Sabuk	-	3 Buah
10	Baterai	6Volt	1 Buah
11	Saklar	-	2 Buah
12	Lampu	5 – 10Watt, 12Volt	1 Buah
13	Kapasitor	2200 Microfarad, 16Volt	3 Buah
14	Kabel listrik	-	Secukupnya
15	Kayu	-	Secukupnya
16	Timah Solder	-	Secukupnya

### 3.4. Tahapan Perancangan

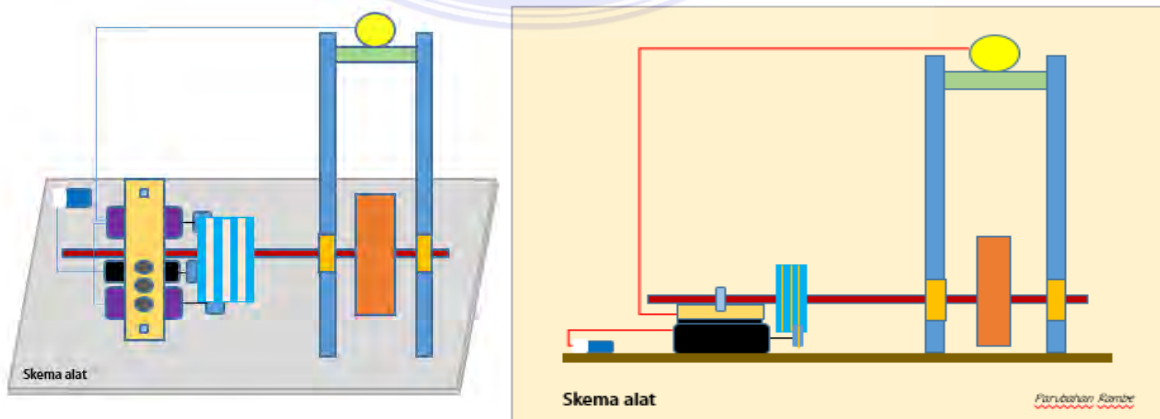
Adapun tahap-tahap dalam perancangan pembangkit listrik dengan analisa massa *flywheel* terhadap daya luaran ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa masa *flywheel* terhadap daya luaran pada alat *free energy* tersebut.

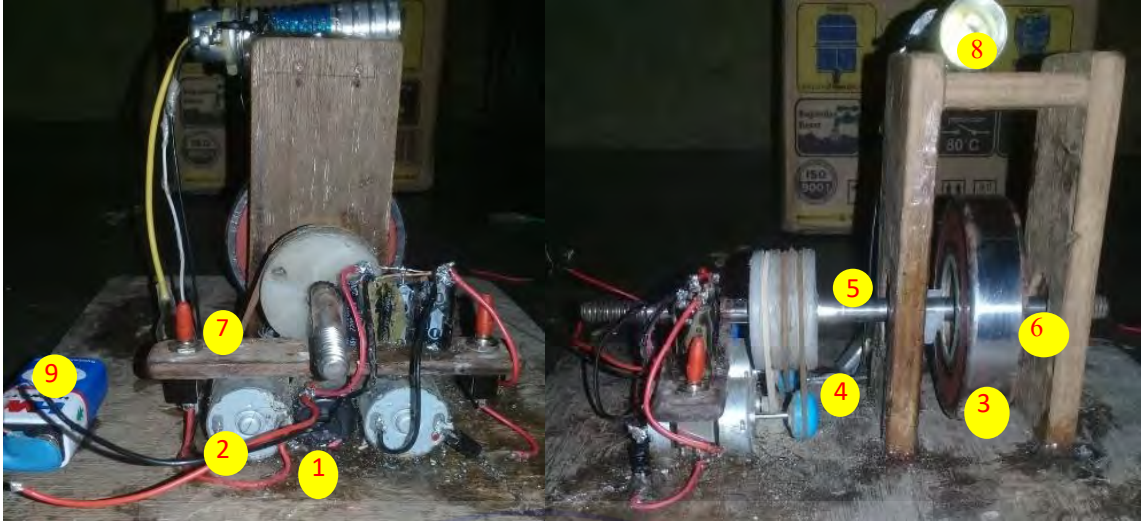
2. Membuat proposal perancangan meliputi peralatan-peralatan atau komponen-komponen yang bertujuan untuk memudahkan perancang dalam pembelian peralatan yang tepat
3. Membuat perancangan pada rangkaian sesuai gambar ilustrasi yang telah ditentukan dan memasang semua komponen yang dibutuhkan.
4. Melakukan pengecekan ulang terhadap alat yang telah dirancang untuk memastikan semua komponen telah terpasang secara baik.
5. Setelah semua komponen terpasang, dilakukan uji sesaat terhadap alat yang telah dirancang yaitu meliputi penggerak awal alat yang bertujuan untuk memastikan alat dapat bekerja dengan baik serta sesuai fungsinya.
6. Setelah alat dapat bekerja walau pun dilakukan perbaikan berulang-ulang, maka dilakukan pengambilan data yang meliputi berapa besar hasil listrik yang dikeluarkan dan apakah alat tersebut bekerja secara terus menerus.

### 3.5. Skema Rangkaian

Untuk memudahkan perancangan, maka dibuat skema rangkaian yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. 1 Skema Rangkaian



Gambar 3. 2 Hasil Rancang Bangun

Keterangan gambar:

1. Motor
2. Generator
3. Bearing besar
4. Puli
5. Poros
6. Bearing poros
7. Sabuk
8. Lampu
9. Baterai

### 3.6 Cara Kerja Sistem

Adapun sistem kerja dari rancang bangun tersebut adalah sebagai berikut, motor adalah sebagai penggerak awal saat sistem bekerja diawal dengan mendapat suplai arus dari baterai, setelah motor bekerja, maka motor akan menggerakkan

puli, karena motor dihubungkan dengan puli melalui sabuk, selanjutnya puli akan menggerakkan generator.

Generator dengan sifatnya sebagai penghasil listrik karena diputar sebagai mana kita ketahui bahwa, motor diberi arus agar berputar sedangkan generator adalah diberi putaran agar menghasilkan arus atau tegangan, begitu juga dengan generator pada alat ini, generator akan menghasilkan arus atau tegangan karena sudah mendapat putaran dari motor, dengan demikian maka generator akan berfungsi sebagai penghasil listrik.

Generator akan menghasilkan listrik dan dapat membuat lampu menyala apabila saklar kita posisikan ON dan generator juga akan mengisi baterai apabila terhubung, dan apabila tidak terhubung, maka baterai hanya sebagai sumber listrik awal dan seterusnya akan memanfaatkan listrik dari generator. Suplai baterai akan kita putus apabila generatornya sudah bekerja. Metode inilah yang kita anggap sebagai pembangkit listrik dengan metode umpan balik atau sering disebut dengan pembangkit listrik dengan memanfaatkan *free energi*

## BAB V

### PENUTUP

Pada bab ini dibahas tentang kesimpulan dan saran selama melakukan proses perancangan dan modifikasi sistem massa *flywheel* terhadap daya luaran.

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan modifikasi sistem massa *flywheel* terhadap daya luaran dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

##### 5.1.1 Hasil pengukuran masing-masing tegangan dan arus satu *flywheel*

t(detik)	$n_m$ (Rpm)	$I_L$ (mA)	$I_m$ (mA)	$I_{pg}$ (mA)	$V_L$ (Volt)	$V_m$ (Volt)	$V_{pg}$ (Volt)	$V_c$ (Volt)
10	1029	231	6	5	4.19	3.8	4.16	6.11
20	862	230	5	6	4.15	3.8	4.31	5.81
30	1269	232	6	5	4.23	3.9	4.17	5.92
40	1181	229	5	6	4.15	4	4.21	5.72
50	1029	231	6	5	4.13	3.7	4.18	5.81
60	1102	228	6	6	4.15	3.6	4.23	5.63
<b>Rata-rata</b>	<b>1078,67</b>	<b>230,17</b>	<b>5,6667</b>	<b>5,5</b>	<b>4,16667</b>	<b>3,8</b>	<b>4,21</b>	<b>5,83333</b>

##### 5.1.2 Hasil pengukuran masing-masing tegangan dan arus dua *Flywheel*

t(detik)	$n_m$ (Rpm)	$I_L$ (mA)	$I_m$ (mA)	$I_{pg}$ (mA)	$V_L$ (Volt)	$V_m$ (Volt)	$V_{pg}$ (Volt)	$V_c$ (Volt)
10	850	229	6	5	4.21	3.8	4.21	6.02
20	1200	234	5	6	4.24	3.9	4.29	5.9
30	1201	230	6	5	4.22	4	4.28	5.87
40	1189	229	5	6	4.25	4.1	4.25	5.72
50	1240	231	6	5	4.51	4.2	4.36	6.12
60	1250	237	6	6	4.28	4.3	4.37	6.98
<b>Rata-rata</b>	<b>1156,45</b>	<b>230,30</b>	<b>5,6667</b>	<b>5,5</b>	<b>4,23342</b>	<b>4,5</b>	<b>4,31</b>	<b>6,23333</b>

## 5.2 Saran

Dalam perancangan *flywheel* pada sistem pembangkit *free energy* ini tentunya tidak terlepas dari beberapa kekurangan, saran ini bertujuan agar peneliti lainnya mendapatkan hasil maksimal (efisien).

1. Tidak menutup kemungkinan bahwa *flywheel* akan terus mendapat momen putar tanpa ada halangan motor penggerak (masuknya arus).
2. Perdetiknya putaran *flywheel* akan terus berubah, tentu arus yang dihasilkan ikut berubah (tidak konstan).



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Bangun, K. Angin, Y. I. Nakhoda, and C. Saleh, "Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel," pp. 19–24, 2007.
- [2] F. Akbar, J. Pratilastiarso, and P. Dewi, "Studi Eksperimen Aplikasi Flywheel Pada Pembangkit Listrik Untuk Daerah Terpencil," vol. 01, no. 01, pp. 181–186, 2017.
- [3] T. Mesin, F. Teknik, U. Pancasakti, and U. P. Tegal, "TURBIN ANGIN HORIZONTAL ROTOR GANDA SEBAGAI PENGGERAK Abstrak," vol. 12, no. 1, pp. 24–30, 2016.
- [4] Y. I. Nakhoda, C. Saleh, and J. T. Elektro, "Rancang Bangun Generator Magnet Permanen Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Skala Kecil Menggunakan Kincir Angin Savonius Portabel," vol. 5, no. 2, 2016.
- [5] B. A. B. Ii and D. Teori, "No Title," pp. 9–19, 2000.
- [6] H. Asy, A. Budiman, and A. Munadi, "Speed Bumb sebagai Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan dan Terbarukan," vol. 2013, no. November, 2013.

