



**ANALISA *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MAGNET PERMANED DI UNIVERSITAS
PEMBANGUNAN PANCA BUDI**

Disusun dan Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh
Geiar Sarjana Teknik dari Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi

SKRIPSI

OLEH

NAMA : CHANDRA KURNIAWAN
NPM : 1514210001
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI**

MEDAN

2020

ABSTRAK

Didalam skripsi ini melakukan pembuktian energi dari pada magnet seperti yang ada di sosial media sangatlah menyakinkan bahwasannya sebuah energi terbarukan yang tidak pernah habis seperti pembangkit listrik tenaga magnet yang dapat menghasilkan sebuah energi listrik. Namun semua yang ada di sosial media seperti di pemutar video online itu hanyalah percobaan yang tidak bisa di buktikan dengan data. Karna di setiap sudut-sudut magnet yang ada di pembangkit listrik tenaga magnet terdapat 2 kutub yang tidak bisa berputar secara terus menerus dikarenakan gesekan udara yang dilandasi oleh hukum kekekalan energi yang dapat menghambat putaran untuk menggerak dynamo/motor DC.

Kata kunci: magnet, pembangkit listrik energi terbarukan, listrik

ABSTRACT

In this thesis, the proof of energy from magnets such as those in social media is very convincing that a renewable energy that never runs out like a magnetic power plant that can produce an electrical energy. But all that is in social media like in an online video player is just an experiment that cannot be proven with data. Because at every magnetic angle in the magnetic power plant there are 2 poles that cannot rotate continuously due to air friction which is based on the law of conservation of energy that can inhibit the rotation to move the dynamo / DC motor..

Keywords: magnets, renewable energy power plants, electricity

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

ABSTRACT

KATA PENGANTAR..... i

DAFTAR ISI..... iii

DAFTAR GAMBAR vii

DAFTAR TABEL..... x

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang 1

1.2 Rumusan masalah 3

1.3 Batasan masalah 4

1.4 Tujuan masalah..... 4

1.5 Mamfaat penulisan..... 4

1.6 Sistematika penulisan 5

BAB 2. LANDASAN TEORI

2.1 Peranan system tenaga 7

2.2 Sistem pembangkit..... 8

2.3 Perbedaan listrik konvensional dan non konvensional..... 9

2.3.1 Energi konvensional..... 9

2.3.2 Energi non konvensional 10

2.4 Generator	11
2.5 Penggerak mula	17
2.6 Kaidah ulir kanan.....	18
2.7 Kaidah ibu jari kanan	21
2.8 Kaidah tangan kiri fleming.....	24
2.9 Hukum faraday	23
2.10 Dinamo	25
2.11 Motor listrik.....	25
2.12 Fungsi dan kegunaan motor listik.....	27
2.13 Jenis jenis motor	28
2.14 Prinsip kerja motor DC	31
2.15 Prinsip kerja motor AC	34
2.16 Magnet.....	35
2.17 Kutup magnet.....	39
2.18 Medan magnet	42
2.19 Prinsip pemanasan induksi	45
2.20 Kumparan Primer dan Sekunder.....	48
2.21 Cara menghitung jumlah lilitan primer dan sekunder	49
2.22 Induksi.....	50
2.23 Medan magnet induksi dan medan magnet.....	51
2.24 Bentuk magnet	52
2.25 Gaya Lorentz	55

2.26 Gaya Magnet Akibat Partikel Bermuatan Listrik.....	56
2.27 Gelombang Elektromagnetik.....	56
2.28 Baterai	57
2.29 Jenis jenis baterai	58
2.30 Cara kerja baterai	63
2.31 Led.....	65
2.32 Cara kerja led.....	66
2.33 Warna warna led	66
2.34 Tegangan Maju (Forward Bias) Pada LED.....	68
2. 35 Keunggulan dari LED	68
2. 36 Kelemahan LED.....	69

BAB 3 PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Waktu dan tempat penelitian.....	71
3.2 Metode pengumpulan data	71
3.3 Metode penelitian	72
3.4 Flowchart.....	78
3.5 Blok diagram	79

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembangkit dari putaran motor dan medan elektromagnetik	80
4.2 Analisis putaran	81
4.3 Analisis perhitungan	85

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan..... 87

5.2 Saran..... 87

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gerator arus bolak balik	12
Gambar 2.2 Generator AC satu fasa dan generator AC tiga fasa	12
Gambar 2.3 Prinsip generator	13
Gambar 2.4 Kontruksi sederhana generator AC dengan rotor empat kutup	14
Gambar 2.5 Hukum tangan kanan flemming	16
Gambar 2.6 Interaksi elektromagnetik pada hukum lenz	16
Gambar 2.7 Arah listrik dan garis gaya magnet.....	19
Gambar 2.8 Arah listrik dan garis gaya magnet.....	19
Gambar 2.9 Kaidah tangan kanan	20
Gambar 2.10 Kaidah tangan kanan	21
Gambar 2.11 Prinsip flemming tangan kiri	22
Gambar 2.12 Kaidah tangan kiri	22
Gambar 2.13 Percobaan faraday untuk membuktikan adanya induksi elektromagnetik.....	24
Gambar 2.14 Prinsip dasar dari kerja motor listrik	26
Gambar 2.15 Motor DC	30
Gambar 2.16 Motor AC	31
Gambar 2.17 Klasifikasi jenis utama motor listrik	31
Gambar 2.18 Kaidah tangan kiri	32
Gambar 2.19 Motor DC	33
Gambar 2.20 Motor AC	35

Gambar 2.21 Proses terjadinya perputaran motor	36
Gambar 2.22 Garis garis gaya magnet dari beberapa bentuk magnet.....	38
Gambar 2.23 Interaksi dua buah magnet	38
Gambar 2.24 Keseimbangan antara gaya berat dan gaya tolak menolak magnet ...	39
Gambar 2.25 Berbagai bentuk magnet	40
Gambar 2.26 Kutup magnet yang berbeda saling menarik	41
Gambar 2.27 Kutup magnet yang sejenis saling menolak	41
Gambar 2.28 Magnet yang di potong-potong	42
Gambar 2.29 Fluks magnetic menyatakan jumlah garis gaya yang menembus permukaan dalam arah tegak lurus	44
Gambar 2.30 Prinsip kerja pemanas induksi	48
Gambar 2.31 Lilitan primer dan sekunder	48
Gambar 2.32 Rumus lilitan	49
Gambar 2.33 Garis Medan Magnet Pada Kawat Lurus.....	53
Gambar 2.34 Medan magnet pada magnet batng.....	53
Gambar 2.35 Medan magnet pada selonoid.....	54
Gambar 2.36 Medan magnet pada bumi.....	55
Gambar 2.37 Lilitan solenoid.....	55
Gambar 2.38 Baterai single use 9 volt.....	65
Gambar 2.39 Baterai kering 12 v	65
Gambar 3.1 Design prototype type 3.....	74
Gambar 3.2 Design prototype type 4.....	76

Gambar 3.5 Flowchart 78

Gambar 3.6 Blok diagram..... 79

Gambar 4.1 Prototype 1 80

Gambar 4.2 Prototype 2 81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penggerak Mula Pada Pembangkit Listrik.....	17
Tabel 2.2 Senyawa Pada Konduktor LED	66
Tabel 2.3 Tegangan Kerja LED	69
Tabel 4.1 Hasil Percobaan	84

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangkit energi listrik yang menggunakan Bahan Bakar Minyak (BBM) saat ini sudah tidak ekonomis lagi. Hal ini dikarenakan oleh persediaan bahan bakar fosil yang kian menipis disertai dengan fluktuasi harga yang cenderung meningkat serta transportasi yang jauh ke tempat pembangkitan, sehingga dibutuhkan alternatif lain sebagai tenaga pembangkit listrik (Asruldin,2008). Ada beberapa energi alam sebagai energi alternatif pembangkit listrik yang bersih, tidak berpolusi, aman dan persediaannya tidak terbatas yang dikenal dengan energi terbarukan. Adapun sumber energi pembangkit listrik alternative tersebut seperti pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), pembangkit listrik tenaga gelombang laut (PLTGL), pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTG) dan lain sebagainya. Meski sudah ditemukan berbagai inovasi sumber energi terbarukan sebagai pembangkit listrik krisis energi masih belum teratasi.

Oleh karena itu dibutuhkan metode yang bijak dalam pengelolaan sumber energi dari alam yang dapat terbaharui yang dapat memenuhi ketersediaan sumber daya energi melalui banyak lagi penelitian yang lebih inovatif dalam mengelola sumber energi alternatif.

Kekurangan energi sementara serta dengan demikian penting untuk membuat potensi konsumen menjadi energi terbarukan terhadap masyarakat. Karena energi terbarukan akan terus berkembang. (Stubberdgard, 2014)

Potensi energi terbarukan lebih tinggi dengan mengurangi intersaf generator listrik konvensional. Energi terbaru pada saat ini lebih meningkatkan harga listrik grosir di negara di mana pemanfaatan kapasitas tenaga rendah. (SETIAWAN, 2016)

Oxford *Dictionary* mendefinisikan energi alternatif sebagai energi yang digunakan bertujuan untuk menghentikan penggunaan sumber daya alam atau pengrusakan lingkungan. Ada banyak sekali sumber daya primer alam yang terbarukan dan bisa digunakan untuk menghasilkan energi salah satunya energi listrik. (Marsudi, 2005)

Sumber energi listrik tersebut seperti sumber yang bersifat alamiah seperti cahaya, angin, dan air. Teknologi dengan memanfaatkan energi terbarukan sangat menguntungkan dalam menunjang kebutuhan manusia, selain itu juga dapat menyelamatkan bumi karena sifatnya yang ramah lingkungan dan dapat mengurangi pemanasan global. Di Indonesia penyedia kebutuhan listrik untuk masyarakat dipenuhi oleh perusahaan besar penyedia tenaga listrik yaitu PT. PLN yang merupakan perusahaan milik negara yang memberikan banyak kontribusi yang besar untuk masyarakat. Perkembangan tenaga listrik sekarang ini diprediksi dengan kapasitas pembangkit total mencapai 77,8GW pada tahun 2020 dengan kenaikan sebesar 9,5% pembangkit. Masalah kurangnya ketersediaan sumber listrik ternyata masih dirasakan oleh masyarakat Indonesia terutama di daerah-daerah pelosok. Kurang maksimalnya pemerataan fasilitas listrik di Indonesia ini dikarenakan banyak faktor, salah satunya adalah ada banyak pemukiman masyarakat yang terletak di daerah yang sulit dijangkau dan bisa dikatakan daerah yang terisolir sehingga menyebabkan sulitnya akses untuk mencapai pemukiman tersebut sehingga biaya

instalasi listrik menjadi lebih mahal. Faktor lain yang harus diperhatikan yaitu banyaknya jumlah masyarakat Indonesia dari tahun ke tahun selalu mengalami kenaikan yang signifikan menyebabkan semakin naik pula kebutuhan sumber daya listrik. Oleh karena itu diperlukan pembangunan pembangkit tenaga listrik yang sifatnya ekonomis untuk memenuhi kebutuhan sumber tenaga listrik untuk masyarakat Indonesia. (A Setiawan 2016)

Di dalam kehidupan sehari-hari kata “magnet” sudah sering kita dengar. Namun sering juga berpikir bahwa jika mendengar kata magnet selalu berkonotasi menarik benda. Kita bisa mengambil suatu barang hanya dengan sebuah magnet. Magnet merupakan energy dari alam yang memiliki kemampuan tanpa batas. Penggunaan energy magnet masih belum optimal dikarenakan keterbatasan pengetahuan akan hal tersebut. Energi magnet dapat dimanfaatkan menjadi pembangkit energy listrik. Akan tetapi, diperlukan pengetahuan khusus dan pengujian yang berulang-ulang untuk membuktikan bahwa energy magnet dapat menghasilkan listrik. Alasan tersebut mendorong penulis untuk dapat membuat tugas akhir yang berjudul “Analisis prototype Pembangkit Listrik Tenaga Magnen Permanent di Universitas Pembangunan Pancabudi”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah diatas, maka permasalahan penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Bagaimana menganalisa pembangkit baru dari sumber putaran motor dan medan elektromagnetik
2. Bagaimana menganalisis system kerja Pembangkit listrik tenaga magnet di Universitas Pembangunan Pancabudi?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah diatas, maka permasalahan penelitian tugas akhir ini yaitu :

1. Tidak membahas medan elektromagnetik secara berlebihan.
2. Hanya membahas induksi medan magnet sebagai media pembelajaran.
3. Tidak membahas perumusan hukum faraday secara berlebihan
4. Tidak membahas perhitungan pada generator dan motor.

1.4 Tujuan masalah

Seperti yang di terangkan penulis di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk memahami perancangan system PLTM di Universitas Pembangunan Pancabudi
2. Untuk memahami system kerja PLTM di Universitas Pembangunan Pancabudi.

1.5 Manfaat penulisan

Dari penelitian yang dilaksanakan, diharapkan hasilnya dapat bermanfaat bagi banyak pihak nantinya, antara lain sebagai berikut:

1. Penulis mampu mengaplikasikan ilmu perkuliahan pengetahuan energy kedalam bentuk perancangan.
2. Memberikan sumber energi alternatif terhadap masyarakat sebagai penambah arus listrik rumah tangga.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan dalam penelitian kerja praktek ini berisi lima bab yang terdiri sebagai berikut

BAB 1: PENDAHULUAN

Bab ini mengemukakan secara garis besar isi penelitian yang meliputi latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB 2: LANDASAN TEORI

Dalam bab ini berisikan teori-teori pendukung/penunjang yang bersumber dari jurnal, text book, e-book, maupun sumber terkait lainnya yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian tugas akhir.

BAB 3: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metode penelitian yang akan digunakan serta langkah-langkah yang akan dilakukan dalam memecahkan masalah beserta *flowchart* alur penelitian.

BAB 4: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang membahas hasil system perancangan dan system kerja PLTM

BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran yang didapat dan kemudian dijelaskan maksud dari hasil perancangan dan cara kerja PLTM

DAFTAR PUSTAKA

Berisi referensi dan kutipan buku, jurnal, dan lain-lain.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Peranan Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah salah satu komponen yang mampu memenuhi peranan penting dalam memenuhi tantangan-tantangan tersebut. Kemudahan pembangkitan dan konversinya dan distribusinya yang relatif sederhana, tingkat kebersihan dan keamanan yang tinggi dalam penggunaannya, bersaing dari segi biaya investasi maupun operasi, dan tingkat keandalan sistem yang tinggi, merupakan bagian keunggulannya Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama, yaitu pusat pembangkit listrik, sistem penyaluran dan sistem distribusi. Sistem transmisi merupakan penghubung antara pusat pembangkit dengan sistem distribusi. Ketiga bagian tersebut harus saling mendukung agar mutu keamanan dan keandalan bisa tercapai serta secara ekonomis tetap menguntungkan. Tegangan generator pada sistem pembangkit biasanya berkisar pada 13,8 kV. Pada sistem berdaya besar. tegangan generator ini dinaikkan menjadi transmisi dengan step up transformator. Tegangan transmisi berkisar antara 70 kV sampai 750 kV. walau saat ini tegangan yang lebih tinggi mulai diperhitungkan. Setelah mendekati pusat beban. tegangan transmisi diturunkan kembali menjadi tegangan distribusi primer yang besarnya 6 kV sampai 20 kV. Beban-beban besar biasanya langsung dicatu dari sistem distribusi primer ini. Sedangkan untuk mencatu beban-beban kecil. tegangan distribusi primer diturunkan lagi menjadi tegangan distribusi sekunder 220/380 V.

2.2 Sistem Pembangkit

Sistem pembangkit tenaga listrik bukan merupakan sumber energi, tapi hanya mengubah energi primer dari sumber-sumber alam menjadi energi listrik. Dalam mengkonversi energi primer menjadi energi listrik dikenal 2 cara, yaitu sistem pembangkit tenaga listrik konvensional dan sistem pembangkit tenaga listrik non konvensional¹. Pada sistem pembangkit tenaga listrik konvensional, proses konversi energi primer menjadi energi listrik dilakukan dengan menggunakan media perantara. Energi primer yang tersedia, dikonversikan dulu menjadi energi lain, seperti energi kalor (panas) dan energi mekanis. Dengan perantara motor bakar, ketel uap, dan turbin, barulah energi mekanis yang dihasilkan digunakan untuk memutar generator sehingga didapatkan energi listrik. Sebagai contoh pembangkit listrik konvensional adalah : PLTD, PLTG, PLTU, PLTA dan PLTP. Sedangkan pembangkit tenaga listrik non konvensional mengkonversikan energi primer dari alam langsung menjadi energi listrik. Sebagai contoh konversi energi cahaya menjadi energi listrik pada photovoltaic (sel surya), proses elektrokimia pada baterai dan sel bahan bakar (fuel cell). Pada saat ini pemakaian pembangkit listrik non konvensional diperhitungkan masih kurang ekonomis dari segi investasi (biaya investasi per-kW relatif murah), dan secara teknis dayanya masih terbatas pada skala kecil. Penerapan jenis pembangkit ini hanya untuk bidang-bidang tertentu saja. Dengan demikian sebagian besar unit-unit pembangkit konvensional saat ini adalah pembangkit-pembangkit tenaga listrik konvensional.

2.3 Perbedaan Listrik Konvensional Dan Non Konvensional

Setelah dibahas diatas perbedaan antara energi konvensional dan energi nonkonvensional pertama energi konvensional tidak dapat diperbaruhi dalam waktu singkat sedangkan energi non-konvensional dapat di perbaruhi dalam waktu singkat, kedua energi non-konvensional dilakukan perubahan agar dapat digunakan lebih praktis ketimbang energi konvensional , ketiga energi konvensional merupakan energi yang berbahaya bagi lingkungan dalam artian polusi yang dihasilkan oleh energy

2.3.1. Energi Konvensional

Sumber energi konvensional merupakan sumber energi yang belum tersentuh oleh teknologi yang ada atau belum diubah menjadi energi yang praktis, energi ini merupakan energi dalam bumi yang jumlahnya terbatas dan tidak dapat di perbaruhi lagi. Sumber energi ini cepat atau lambat akan habis dan berbahaya bagi lingkungan. Disebutkan bahwa energi ini tidak dapat diperbaruhi maksudnya adalah energi ini tidak dapat di regenerasi dalam waktu yang singkat. Lalu berbahaya bagi lingkungan karena menimbulkan polusi udara,air dan tanah yang berdampak pada kelangsungan mahluk hidup. Indonesia sendiri memiliki sumber energi konvensional berupa, dalam bentuk cairan (minyak), gas (gas alam) dan padat (batubara dan uranium). Saat ini ketersediaan sumber energi konvensional berupa minyak sudah terbatas, gas alam yang cukup dan batubara yang masih sangat melimpah. (Zakinah Nur Sabri, 2016).

2.3.2. Energi non Konvensional

Sumber energi non konvensional jelas sekali berbeda dengan energi konvensional, energi nonkonvensional sendiri merupakan energi yang dapat diperbarui dalam waktu singkat atau secara umum dikenal sebagai sumber energi yang dapat dengan cepat diperbarui secara alami. Selain waktu regenerasinya juga pada energi konvensional tidak tersentuh oleh teknologi sedangkan pada energi non konvensional melalui teknologi contohnya pembuatan aki, baterai, solar cell dan sejenisnya. Memang pada dasarnya energi non-konvensional merupakan energi yang berasal dari alam, hanya saja energi ini diolah kembali sehingga menjadi energi yang lebih praktis dan siap digunakan. Beberapa alternatif pengembangan sumber energi non-konvensional yang tujuannya digunakan untuk mengganti sumber energi konvensional, diantaranya :

1. Energi matahari

Cahaya matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan cara menangkap cahaya matahari dengan beribu-ribu fotosel

2. Energi Panas Bumi

Panas bumi yang pada daerah pegunungan merupakan panas yang bersumber dari magma. Bila didekat magma akan terdapat cadangan air, maka air itu akan panas dan menjadi sumber air panas.

3. Energi Angin

Energi ini dapat menjadi energi listrik dengan menggunakan kincir angin yang dihubungkan ke generator listrik.

Konvensional berdampak buruk bagi udara, air dan tanah sedangkan energi non-konvensional dibuat agar ramah terhadap lingkungan.

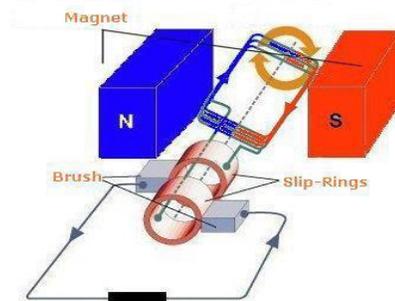
2.4 Generator

Generator arus bolak-balik merupakan suatu alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik bolak-balik (AC). Bagian utama generator AC terdiri atas: magnet permanen (tetap), kumparan (solenoida), cincin geser, dan sikat. Pada generator, perubahan garis gaya magnet diperoleh dengan cara memutar kumparan di dalam medan magnet permanen. Karena dihubungkan dengan cincin geser, perputaran kumparan menimbulkan GGL induksi AC. Oleh karena itu, arus induksi yang ditimbulkan berupa arus AC. Adanya arus AC ini ditunjukkan oleh menyalnya lampu pijar yang disusun seri dengan kedua sikat. Contoh generator AC yang akan sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah dinamo sepeda. Bagian utama dinamo sepeda adalah sebuah magnet tetap dan kumparan yang disisipi besi lunak. Jika magnet tetap diputar, perputaran tersebut menimbulkan GGL induksi pada kumparan. Jika sebuah lampu pijar (lampu sepeda) dipasang pada kabel yang menghubungkan kedua ujung kumparan, lampu tersebut akan dilalui arus induksi AC. Akibatnya, lampu tersebut menyala. Nyala lampu akan makin terang jika perputaran magnet tetap makin cepat (laju sepeda makin kencang). Generator merupakan sebuah

alat yang mampu menghasilkan arus listrik. salah satu jenis generator adalah generator arus bolak balik yang akan dibahas saat ini. Generator ini berfungsi mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik arus bolak-balik.

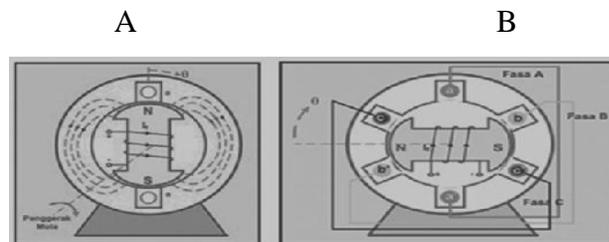
Generator arus bolak-balik sering disebut juga sebagai alternator atau generator AC (alternating current) atau juga generator sinkron. Alat ini sering dimanfaatkan di industri untuk menggerakkan beberapa mesin yang menggunakan arus listrik sebagai sumber penggerak. Generator arus bolak-balik dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- a. Generator arus bolak-balik 1 fasa
- b. Generator arus bolak-balik 3 fasa



Gambar 2.1: Generator Arus Bolak-Balik

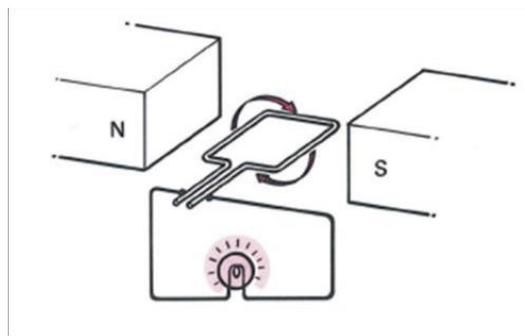
Sumber: suryatmo (1995: 118-120)



**Gambar 2.2: (a) Generator AC satu fasa dua kutub
(b) Generator AC tiga fasa dua kutub**

Sumber: suryatmo (1995: 118-120)

Bila hanya sebuah konduktor saja yang diputar dalam sebuah medan magnet, maka gaya listrik yang dihasilkan juga sedikit (kecil). Bila konduktor yang digunakan semakin banyak maka akan dihasilkan gaya listrik semakin besar. Demikian pula bila konduktor diputar semakin cepat didalam medan magnet, maka bertambah besar pula gaya listriknya. Konduktor yang berbentuk coil (kumparan), jumlah gaya listrik yang terjadi akan semakin besar. Perhatikan gambar di bawah ini.



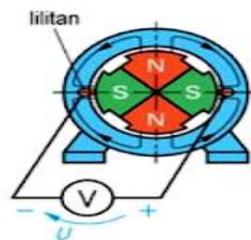
Gambar 2.3: Prinsip Generator

Sumber : suryatmo (1995: 118-120)

Dari gambar 2.3. diatas, bila konduktor digerakkan maju mundur antara kutub utara dan kutub selatan maka jarum galvanometer akan bergerak. Gerakan tersebut menunjukkan adanya gaya listrik yang dihasilkan. (Fakhrunnisa, 2015)

Arus listrik AC dihasilkan dari hasil induksi elektromagnetik, sebuah lilitan kawat yang berdekatan dengan kutub magnet permanen. Kutub permanen diputar pada sumbu nya, maka di ujung-ujung lilitan timbul tegangan listrik yang ditunjukkan oleh penunjukan jarum volt meter. Jarum volt meter bergoyang kearah kanan dan kiri,

ini menunjukkan suatu waktu polaritasnya positif, dan di suatu waktu yang lain polaritasnya negatif.



Gambar 2.4: konstruksi sederhana generator AC dengan rotor empat kutub

Sumber: suryatmo (1995: 118-120)

Saat rotor diputar satu putaran, ujung belitan diukur tegangan dengan voltmeter. setiap satu putaran rotor dihasilkan dua siklus tegangan sinusoida. jika frekuensi diinginkan 50 Hz, maka rotor dalam satu detik harus berputar 25 putaran/detik, atau kalau satu menit, rotor harus berputar sebanyak 1500 putaran/menit. Kutub magnet utara dan selatan menghasilkan garis fluk magnet. lilitan kawat dengan poros yang ujung-ujungnya dihubungkan dengan dua cincin putar. Ketika poros diputar, lilitan kawat memotong garis fluk magnet, sesuai dengan hukum tangan kiri Flemming maka pada ujung ke dua cincin akan timbul tegangan berupa gelombang sinus. Generator diperkenalkan oleh seorang ilmuwan Inggris yang bernama Michael Faraday pada tahun 1832. Sebuah kawat penghantar digantung kedua ujungnya ditempatkan diantara kutub magnet permanen utara dan selatan. antara kutub utara dan selatan terjadi garis medan magnet (Φ). Kawat penghantar digerakkan dengan arah panah, maka terjadi kedua ujung kawat terukur tegangan induksi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah kecepatan menggerakkan kawat penghantar, jumlah pengantar, kerapatan medan magnet permanen.

Persamaan Tegangan Induksi :

$$V = B \times L \times v \times z \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

V = tegangan iduksi (volt)

B = kerapatan medan magnet (Telsa)

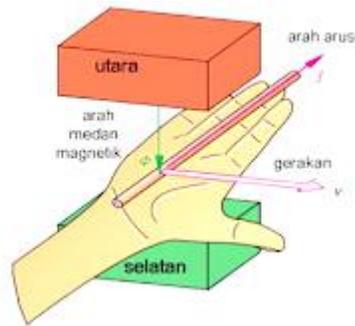
L = panjang penghantar (Meter)

v = kecepatan gerakan (m/s)

Z = jumlah penghantar

Terjadinya tegangan induksi dalam kawat penghantar pada prinsip generator terjadi, disebabkan oleh beberapa komponen yaitu :

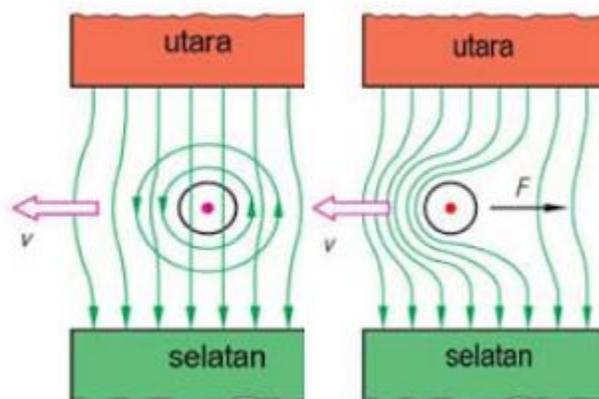
1. Adanya garis medan magnet yang memotong kawat penghantar sebesar (B)
2. Ketika kawat penghantar digerakkan dengan kecepatan v pada penghantar terjadi aliran elektron yang bergerak dan menimbulkan gaya listrik (u)
3. panjang kawat penghantar (L) juga menentukan besarnya tegangan induksi karena main banyak elektron yang terpotong oleh garis medan magnet.



Gambar 2.5: hukum tangan kanan Fleming

Sumber: suryatmo (1995: 118-120)

Hukum tangan kanan Fleming menjelaskan terjadinya tegangan pada generator listrik sepasang magnet permanen menghasilkan garis medan magnet Φ , memotong sepanjang kawat penghantar menembus telapak tangan. Kawat penghantar digerakkan ke arah ibu jari dengan kecepatan v . Maka pada kawat penghantar timbul arus listrik I yang mengalir searah dengan arah empat ibu jari. Apa yang akan terjadi bila posisi magnet permanen utara-selatan dibalikkan, searah dengan arah arus yang dibangkitkan.



Gambar 2.6: interaksi elektromagnetik pada hukum Lenz

Sumber: suryatmo (1995: 118-120)

Hukum Lenz, menyatakan penghantar yang dialiri arus maka sekitar penghantar akan timbul medan elektromagnetik. ketika kawat penghantar digerakkan kecepatan v dan penghantar melewati arus ke kanan kita (tanda titik) sekitar penghantar timbul elektromagnet kearah kiri. Akibatnya interaksi medan magnet permanen dengan medan elektromagnet terjadi gaya lawan sebesar F yang arahnya berlawanan dengan arah kecepatan v kawat penghantar. (Kusumandaru, 2015)

2.5 Penggerak Mula

Penggerak mula adalah suatu alat yang mengubah energi primer menjadi energi mekanik yang akan digunakan untuk memutar generator pada pembangkit listrik. Berikut ini beberapa penggerak mula pada pembangkit listrik.

Tabel 2.1 Penggerak Mula Pada Pembangkit Listrik

Energi primer	Penggerak mula	Jenis pembangkit
Air	Turbin air	PLTA
Uap	Turbin uap	PLTU ,PLTP
Gas	Turbin gas	PLTG
Angin	Kincir angin	Pembangkit listrik tenaga angin
Bahan bakar	diesel	PLTD

Penjelasan pembangkit listrik dengan menggunakan penggerak mula sebagai berikut:

1. Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU)

Pada pusat pembangkit listrik tenaga uap menggunakan bahan bakar batu bara ,minyak atau gas sebagai sumber energi primer. Untuk memutar generator pembangkit listrik menggunakan putaran turbin uap. Tenaga untuk menggerakkan turbin berupa tenaga uap yang berasal dari ketel uap. Bahan bakar ketelnya menggunakan batu bara , minyak bakar dan lain-lain.

2. Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG)

Pada pusat listrik tenaga gas, energi primer berasal dari bahan bakar gas. Untuk memutar generator pembangkit listrik menggunakan tenaga gerak turbin gas. Untuk memutar turbin gas atau rotor gas menggunakan tenaga gas.

3. Pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD)

Pada pusat pembangkit listrik tenaga diesel, energi primer sebagai energi diesel berasal dari bahan bakar minyak atau bahan bakar gas. Untuk memutar generator pembangkit listrik menggunakan tenaga pemutar yang berasal dari putaran diesel.

4. Pembangkit listrik tenaga gas dan uap(PLTGU)

Pusat listrik tenaga uap dan gas merupakan kombinasi PLTG dan PLTU. Gas buang dari PLTG di manfaatkan untuk menghasilkan uap oleh ketel uap dan menghasilkan uap dan menghasilkan uap untuk menggerakkan turbin. Turbin uap selanjutnya memutar turbin.

5. Pembangkit listrik tenaga panas bumi(PLTP)

Pusat listrik tenaga panas bumi (PLTP) merupakan pusat pembangkit yang tidak memiliki ketel uap karena uap sebagai penggerak turbin uap berasal dari dalam bumi.

2.6 Kaidah Ulir Kanan

Bila penghantar (konduktor) dialiri arus listrik maka akan terbentuk medan magnet dengan arah tertentu. Arah medan magnet ini tergantung dari arah arus listrik yang mengalir. Perhatikan gambar di bawah ini :



Gambar 2.7: arah listrik dan garis gaya magnet

Sumber: suryatmo (1995: 118-120)

Bila penghantar kawat dan selembar kertas disusun seperti gambar diatas, kemudian kawat tersebut dialiri arus listrik. Pada selembar kertas tersebut diberi serbuk besi, maka serbuk-serbuk besi tersebut akan membentuk lingkaran-lingkaran. Semakin dekat dengan titik kawat maka serbuk besi akan semakin rapat dan sebaliknya semakin jauh serbuk besi dari titik kawat maka akan semakin tidak rapat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin dekat dengan titik kawat maka medan magnet yang terbentuk semakin kuat.



Gambar 2.8: arah listrik dan garis gaya magnet

Sumber: suryatmo (1995: 118-120)

Namun bila yang diletakkan pada selembar kertas adalah beberapa magnet jarum berukuran kecil maka magnet jarum tersebut akan menunjukkan arah garis gaya magnet atau flux magnet. Arah arus listrik dan arah flux magnet dapat dinyatakan dengan menggunakan kaidah ulir kanan yang berbunyi “Hubungan antara arah arus listrik dengan arah flux magnet dapat digambarkan dengan gerakan sekrup ulir kanan ketika diputar masuk (dikencangkan), ketika arus listrik DC (searah) dialirkan (sesuai dengan arah pengencangan sekrup ulir kanan) maka arah fluksi magnet yang dihasilkan akan searah dengan gerakan memutar sekrup (searah jarum jam)”.



Gambar 2.9: kaidah tangan kanan
Sumber : suryatmo (1995: 118-120)

Keterangan :

- Arus listrik mengalir sesuai dengan arah panah
- Medan magnet yang terbentuk akan searah dengan jarum jam
- Tanda X menunjukkan bahwa arus listrik yang mengalir menjauhi kita
- Tanda titik menunjukkan bahwa arus listrik yang mengalir mendekati kita
- Bila penghantar (konduktor) berada di antara kutub N dan S pada sebuah magnet

2.7 Kaidah Ibu Jari Kanan

Kaidah ibu jari kanan sama dengan kaidah ulir kanan pada sekrup. Ibu jari menunjukkan arah aliran arus listrik dan keempat jari lainnya menunjukkan arah medan magnet yang terbentuk. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar di bawah ini :



Gambar 2.10:kaidah tangan kanan

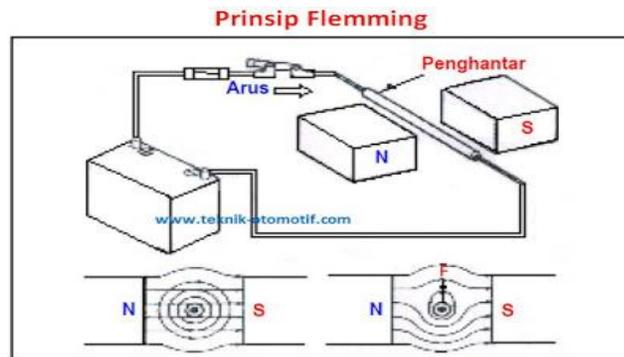
Sumber: suryatmo (1995: 118-120)

2.8 Kaidah Tangan Kiri Fleming

Bila sebuah penghantar (konduktor) berada diantara kutub N dan kutub S pada magnet permanen yang disusun seperti pada gambar diatas dan kemudian penghantar tersebut dialiri arus listrik maka gaya-gaya garis magnet yang terbentuk pada bagian atas penghantar akan lebih kecil karena arah fluksi magnet dari magnet permanen dengan arah fluksi magnet yang dihasilkan oleh arus listrik pada penghantar berlawanan arah. Namun sebaliknya, garis-garis gaya magnet pada bagian bawah konduktor akan lebih besar karena arah dari fluksi dari magnet permanen dan arah fluksi yang dihasilkan oleh arus listrik pada penghantar arahnya

sama. Oleh sebab itu, maka penghantar tersebut akan terdorong ke arah atas, gaya yang mendorong keatas ini disebut dengan gaya elektromagnet. (Nugroho, 2007)

Perhatikan gambar di bawah ini :



Gambar 2.11: prinsip flemming tangan kiri

Sumber: suryatmo (1995: 118-120)

Arah dari gaya elektromagnet ini dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kiri flemming. Perhatikan gambar di bawah ini



Gambar 2.12: Kaidah tangan kiri

Sumber: suryatmo (1995: 118-120)

Keterangan :

- Jari telunjuk menunjuk ke arah fluks atau fluksi magnet
- Jari tengah menunjuk ke arah arus listrik
- Ibu jari menunjuk ke arah gerakan konduktor (arah elektromagnetik)

Ukuran gaya elektromagnet yang paling besar pada saat arah medan magnet tegak lurus dengan arah arus listrik dan meningkat sebanding dengan panjang penghantar, sehingga kekuatan medan magnet dapat dirumuskan dengan rumus sebagai berikut :

$$\mathbf{F} = \mathbf{B} \times \mathbf{I} \times \mathbf{L} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

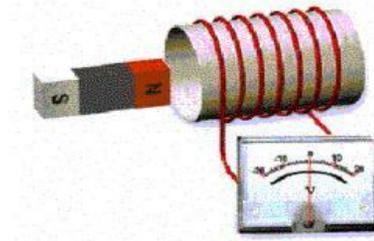
- F adalah gaya elektromagnet
- B adalah jumlah garis gaya magnet
- I adalah besarnya arus
- L adalah panjang penghantar yang digunakan

2.9 Hukum Faraday

Sebuah penghantar yang tertutup berada pada medan magnet akan ada fluks magnet (ϕ) pada luasan penghantar tersebut. Apabila medan magnet yang ada konstan maka fluks magnet yang terjadi nilainya konstan atau $\frac{d\phi}{dt} = 0 \dots$, sedangkan Medan magnet yang berubah-ubah maka fluks magnet pada luasan penghantar juga berubah-ubah atau $\frac{d\phi}{dt} \neq 0$. Fluks yang berubah-ubah akan mengakibatkan terjadinya arus listrik induksi pada penghantar tersebut. Menurut Faraday (Suyoso, 2003:134-135) bahwa jika fluks yang melalui permukaan S tidak konstan maka $\frac{d\phi}{dt} \neq 0$. akibatnya pada rangkaian dihasilkan arus. Arus ini merupakan induksi akibat perubahan fluks magnet dan disebut arus induksi. Selenoida yang ujungnya berada pada medan magnet yang berubah-ubah maka akan terjadi perubahan fluks magnet pada selenoida.

Perubahan fluk magnet ini akan mengakibatkan pada selenoida muncul arus induksi. Nilai fluk magnet yang kadang maksimum kadang minimum akan menghasilkan besar arus yang kadang maksimum kadang minimum atau arus bolak-balik. (Suryatmo, 1995)

Perubahan fluk magnet pada kumparan ini yang dijadikan dasar percobaan faraday. Berikut ini percobaan Faraday untuk membuktikan adanya induksi elektromagnetik



Gambar 2.13: Percobaan Faraday Untuk Membuktikan Adanya Induksi Elektromagnetik

Sumber: Danang, (2007:2)

Pada kedudukan magnet seperti pada gambar diatas posisi keseimbangan mudah berubah (magnet akan bergerak) apabila ada gaya yang diberikan ke sistem keseimbangan magnet. Bergeraknya magnet akan merubah nilai medan magnet pada titik tertentu. Jika pada ujung gambar 4 diberi kumparan maka gambar 4 mirip gambar 6 yaitu magnet akan bergerak mendekati dan menjahui kumparan. Gerakan magnet memanfaatkan gaya yang mengganggu keseimbangan magnet. Gaya pengganggu keseimbangan ini memanfaatkan energi gelombang air laut. Energi gelombang ini akan mengganggu terus menerus karena gelombang air laut tak henti-henti bergerak. Magnet yang bergerak menjahui dan mendekati kumparan akan menuju

keseimbangan lagi. Perubahan posisi magnet akibat gaya mengganggu keseimbangan mengakibatkan magnet dapat saling mendekat atau menjauh dan magnet akan menuju ke keseimbangan kembali. Apabila sumber penggerak mengganggu sistem keseimbangan magnet secara terus menerus maka magnet akan bergerak terus menerus. Bergeraknya magnet yang terus menerus akan menghasilkan GGL induksi pada kumparan. (Suyoso, 2003)

2.10 Dinamo

Dinamo merupakan suatu alat yang digunakan untuk menghasilkan energy listrik dan energy magnet dari energy kinetic melalui proses fisika induksi elektromagnetik proses yang terjadi di dalam sebuah dynamo adalah ketika suatu arus akan di induksi pada kawat tertutup melalui medan magnet. Sementara itu dari arus sendiri akan menghasilkan suatu medan magnet.

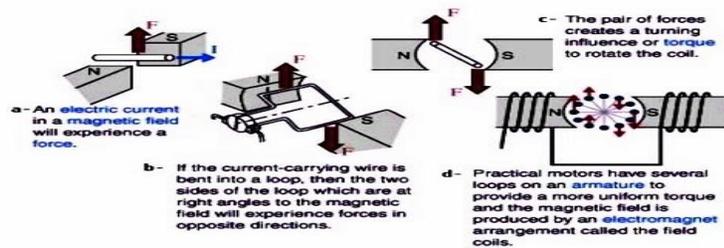
Terdapat dua jenis dynamo , yakni dynamo jenis AC dan dynamo jenis DC. Dynamo jenis AC (alternating current) dan DC (direct current). Dynamo AC merupakan dinamo yang dapat bekerja dengan menggunakan arus bolak balik , sementara dynamo DC merupakan dynamo yang dapat bekerja menggunakan arus searah.

2.11 Motor Listrik

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Begitu juga dengan sebaliknya yaitu alat untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang biasanya disebut dengan generator atau dynamo. Pada

motor listrik yang tenaga listrik diubah menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet. Sebagaimana yang telah kita ketahui bahwa kutub-kutub dari magnet yang senamaakan tolak menolak dan kutub yang tidak senama akan tarik menarik. Dengan terjadinya proses ini 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.(I Nyoman Bagia & I Made Parsa Cetakan 1, Tahun 2018)

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (mixer, bor listrik, fan angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.



Gambar 2.14: Prinsip Dasar dari Kerja Motor Listrik

Sumber: (Nave, 2005)

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor listrik secara umum sama seperti gambar di atas.

1. Arus listrik yang ada dalam medan magnet akan memberikan gaya
2. Kawat yang membawa sebuah arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran atau yang kerap disebut dengan loop, maka kedua sisi loop yang ada pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya dengan arah yang berlawanan
3. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar atau yang biasa disebut dengan torque, untuk memutar kumparan yang ada
4. Motor memiliki beberapa loop yang ada pada dinamanya untuk memberikan tenaga putar yang lebih seragam
5. Medan magnet dihasilkan oleh susunan elektromagnetik disebut dengan kumparan medan

2.12 Fungsi dan Kegunaan Motor Listrik

Motor listrik dapat kita temukan di peralatan rumah tangga seperti: kipas angin, mesin cuci, blender, pompa air, mixer dan penyedot debu. Adapun motor listrik yang digunakan untuk kerja (industri) atau yang digunakan dilapangan seperti: bor listrik, gerinda, blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dan lain-lain.

Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban mengacu kepada keluaran tenaga putar/ torque sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan kedalam tiga kelompok (BEE India, 2004):

1. Beban torque konstan adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun torque nya tidak bervariasi. Contoh beban dengan torque konstan adalah conveyors, rotary kilns, dan pompa displacement konstan.
2. Beban dengan variabel torque adalah beban dengan torque yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan variabel torque adalah pompa sentrifugal dan fan (torque bervariasi sebagai kwadrat kecepatan).
3. Beban dengan energi konstan adalah beban dengan permintaan torque yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

2.13 Jenis Jenis Motor Listrik

Bagian ini menjelaskan tentang dua jenis utama motor listrik, motor listrik DC dan motor listrik AC

1. Motor DC

Motor listrik DC (arus searah) merupakan salah satu dari motor DC. Mesin arus searah dapat berupa generator DC atau motor DC. Untuk membedakan sebagai generator atau motor dari mesin difungsikan sebagai apa. Generator DC alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik DC. Motor DC alat yang mengubah energi listrik DC menjadi energi mekanik putaran. Sebuah motor DC dapat difungsikan sebagai generator atau sebaliknya generator DC dapat difungsikan sebagai motor DC. Pada motor DC kumparan medan disebut stator

(bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang, seperti peralatan mesin dan rolling mills, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya. Motor DC juga relatif mahal dibanding motor AC. Hubungan antara kecepatan, flux medan dan tegangan dinamo ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$E = K\phi N \dots \dots \dots (3)$$

$$T = K\phi I_a \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

E = gaya elektromagnetik yang dikembangkan pada terminal dinamo
(volt)

ϕ = flux medan yang berbanding lurus dengan arus medan

N = kecepatan dalam RPM (putaran per menit)

T = torsi electromagnetic

I_a = arus dynamo

K = konstanta persamaan



Gambar2.15: Motor DC

Sumber: (Nave, 2005)

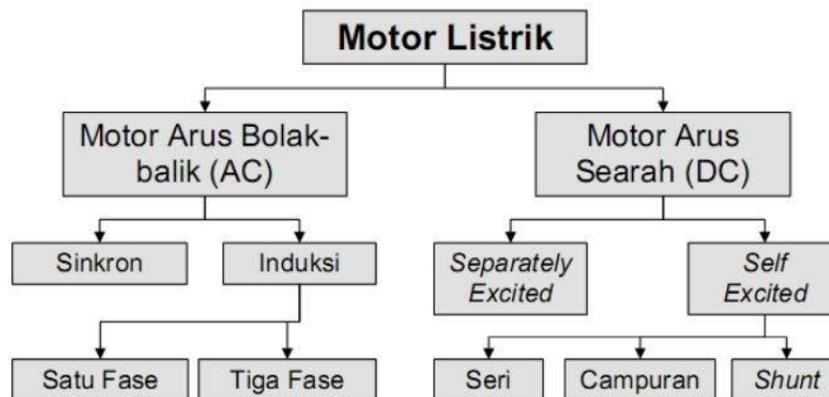
2. Motor AC

Motor AC/ arus bolak-balik menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik AC memiliki dua buah bagian dasar listrik: "stator" dan "rotor". Stator merupakan komponen listrik statis. Rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar as motor. Keuntungan utama motor DC terhadap motor AC adalah bahwa kecepatan motor AC lebih sulit dikendalikan. Untuk mengatasi kerugian ini, motor AC dapat dilengkapi dengan penggerak frekwensi variabel untuk meningkatkan kendali kecepatan sekaligus menurunkan dayanya. Motor induksi merupakan motor yang paling populer di industri karena kehandalannya dan lebih mudah perawatannya. Motor induksi AC cukup murah (harganya setengah atau kurang dari harga sebuah motor DC) dan juga memberikan rasio daya terhadap berat yang cukup tinggi (sekitar dua kali motor DC).



Gambar 2.16: Motor AC

Sumber: (Nave, 2005)

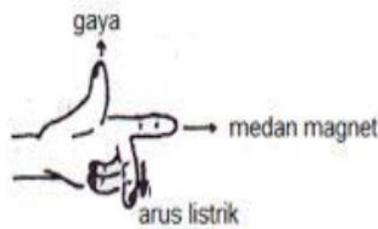


Gambar 2.17: Klasifikasi Jenis Utama Motor Listrik

Sumber: Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia

2.14 Prinsip Kerja Motor DC

Motor listrik arus searah merupakan suatu alat yang berfungsi mengubah daya listrik arus searah menjadi daya mekanik. Motor listrik arus searah mempunyai prinsip kerja berdasarkan percobaan Lorents yang menyatakan, “Jika sebatang penghantar listrik yang berarus berada di dalam medan magnet maka pada kawat penghantar tersebut akan terbentuk suatu gaya”. Gaya yang terbentuk sering dinamakan gaya Lorents. Untuk menentukan arah gaya dapat digunakan kaidah tangan kiri Flemming atau kaidah telapak tangan kiri. Gambar 6. melukiskan konstruksi kaidah tangan kiri Flemming.



Gambar 2.18: Kaidah tangan kiri

Sumber: I Nyoman Bagia & I Made Parsa Cetakan 1, Tahun 2018

Jika ibu jari, jari tengah dan jari telunjuk disusun seperti gambar di atas, garis gaya magnet sesuai dengan arah jari telunjuk, arus yang mengalir pada penghantar searah dengan jari tengah maka, gaya yang terbentuk pada kawat penghantar akan searah dengan arah ibu jari. Jika digunakan kaidah telapak tangan kiri, maka didalam menentukan arah gaya dapat dikerjakan sebagai berikut:

“Telapak tangan kiri direntangkan sedemikian rupa sehingga ibu jari dengan keempat jari yang lain saling tegak lurus. Jika garis gaya magnet menembus tegak lurus telapak tangan, arah arus sesuai dengan arah keempat jari tangan, maka ibu jari akan menunjukkan arah gaya yang terbentuk pada kawat penghantar” (I Nyoman Bagia & I Made Parsa Cetakan 1, Tahun 2018). Besarnya gaya dapat ditentukan dengan persamaan:

$$F = B . I . l . \sin \theta \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

F : Gaya yang terbentuk pada penghantar (Newton)

I : Kuat arus yang mengalir (Ampere)

B : Kerapatan garis gaya magnet (Wb/m^2)

θ : Sudut antara garis gaya magnet dengan posisi kawat penghantar



Gambar 2.19: Motor DC

Sumber :(Nova, 2005)

Karena kawat penghantar tersebut bergerak didalam medan magnet maka sesuai dengan percobaan Faraday, pada kawat penghantar tersebut akan terbentuk GGL Induksi. Sehingga GGL induksi ini sering disebut GGL lawan. Untuk menentukan GGL lawan E_a mempunyai persamaan dengan GGL induksi pada generator arus searah yaitu:

$$Z \cdot \theta \text{ volt} \dots \dots \dots (6)$$

$$E_a = \theta \cdot \frac{2P}{A} \times \frac{n}{60} \dots \dots \dots (7)$$

Sumber. I Nyoman Bagia & I Made Parsa Cetakan 1, Tahun 2018

Dimana :

E_a : GGL lawan (volt)

$2p$: jumlah kutub

A : jumlah cabang paralel lilitan jangkar

N : jumlah putaran per menit (ppm)

Z : jumlah kawat penghantar aktif

Θ : fluks per kutub (Weber)

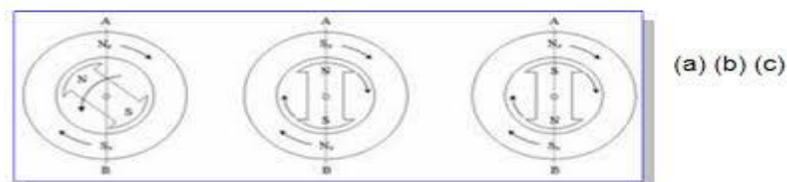
2.15 Prinsip Kerja Motor AC

Adapun cara kerja motor sinkron yaitu bila kumparan stator atau armatur mendapatkan tegangan sumber bolak-balik (AC) 3 fasa, maka pada kumparan stator timbul fluks magnet putar. Fluks magnet putar ini setiap saat akan memotong kumparan stator, sehingga pada ujung-ujung kumparan stator timbul GGL armatur (E_{am}). Fluks putar yang dihasilkan oleh arus bolak-balik tidak seluruhnya tercakup oleh kumparan stator. Dengan perkataan lain, pada kumparan stator timbul fluks bocor dan dinyatakan dengan hambatan armatur (R_{am}) dan reaktansi armatur (X_{am}). Kumparan rotor terletak antara kutub-kutub magnet KU dan KS yang juga mempunyai fluks magnet. Kedua fluks magnet tersebut akan saling berinteraksi dan mengakibatkan rotor berputar dengan kecepatan putar rotor sinkron dengan kecepatan putar stator. Pada motor DC, GGL armatur besarnya tergantung pada kecepatan putar rotor, sedangkan pada motor AC, GGL armatur besarnya tergantung pada faktor daya (PF) beban yang berupa kumparan stator. Untuk memperbesar kopel putar rotor (kecepatan putar rotor), kutub-kutub magnet yang terletak pada bagian rotor dililiti kumparan dan kumparan tersebut dialiri arus listrik DC dan arus ini disebut penguat (I_f). Dari kumparan rotor yang ikut berputar dengan kumparan stator (kecepatan sinkron) akan timbul fluks putar rotor yang bersifat reaktif terhadap fluks putar stator. Ini disebut reaktans pemagnet (X_M). Reaktans pemagnet bersamasama dengan reaktans armatur (X_{am}) disebut reaktans motor sinkron (X_{sm}).



Gambar 2.20 : Motor AC
Sumber : (nave, 2005)

Proses terjadinya perputaran rotor karena kumparan stator mendapat sumber arus AC 3 phasa, maka pada kumparan stator timbul fluks putar yang mempunyai kutub utara stator (N_s) dan kutub selatan (S_s). Andaikan saat awal fluks berputar searah jarum jam dengan kedudukan kutub utara stator pada titik A dan kutub selatan stator pada titik B, sedangkan kedudukan kutub-kutub magnet rotor yaitu kutub utara magnet pada titik A dan kutub selatan magnet pada titik B (perhatikan gambar a), maka kedua kutub magnet tersebut akan tolak-menolak. Kedudukan kutub-kutub fluks putar pada setengah periode berikutnya (gambar b), kutub selatan fluks putar stator pada titik A sedangkan kutub utara fliks putar pada titik B. Hal ini berlawanan dengan kedudukan kutub-kutub magnet rotor, yaitu kutub utara rotor pada titik A sedangkan kutub selatan rotor pada titik B. Hal ini membuat magnet rotor akan tertarik oleh arah fluks putar stator karena saling berlawanan tanda.



Gambar 2.21: Proses Terjadinya Perputaran Motor
Sumber: I Nyoman Bagia & I Made Parsa Cetakan 1, Tahun 2018

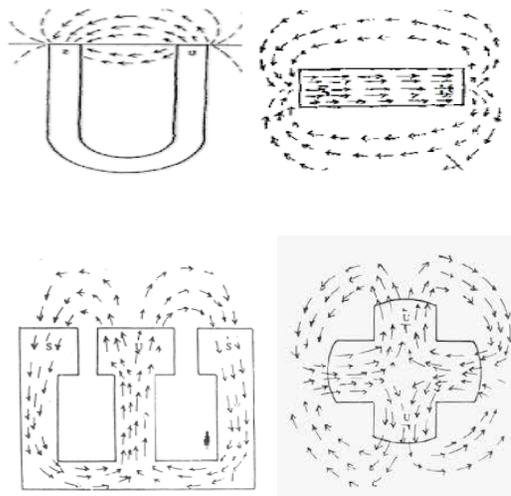
Pada setengah periode berikutnya (gambar c), kutub utara stator pada titik A sedangkan kutub selatan stator pada titik B, demikian juga kutub utara rotor pada titik A dan kutub selatan rotor pada titik B. Sehingga pada periode berikutnya, rotor akan berputar sinkron dengan arah perputaran fluks stator.

2.16 Magnet

Magnet atau magnit adalah suatu obyek yang mempunyai suatu medan magnet. Kata magnet (magnit) berasal dari bahasa Yunani *magnítis líthos* yang berarti batu Magnesian. Magnesia adalah nama sebuah wilayah di Yunani pada masa lalu yang kini bernama Manisa (sekarang berada di wilayah Turki) di mana terkandung batu magnet yang ditemukan sejak zaman dulu di wilayah tersebut. Pada saat ini, suatu magnet adalah suatu materi yang mempunyai suatu medan magnet. Materi tersebut bisa dalam berwujud magnet tetap atau magnet tidak tetap. Magnet yang sekarang ini ada hampir semuanya adalah magnet buatan.

Magnet selalu memiliki dua kutub yaitu: kutub utara (north/ N) dan kutub selatan (south/ S). Walaupun magnet itu dipotong-potong, potongan magnet kecil tersebut akan tetap memiliki dua kutub. 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.

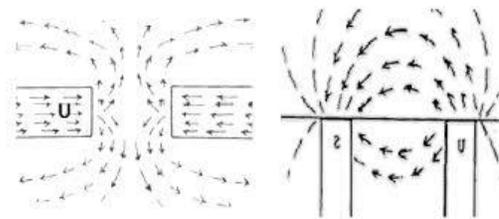
Magnet permanen bentuknya bermacam-macam. Macam magnet berdasarkan bentuknya diantaranya adalah magnet batang, magnet U. Apapun bentuk magnetnya pada bagian ujung atau sisi tertentu akan mempunyai medan magnet paling besar. Pada bagian ujung atau sisi yang mempunyai medan magnet paling besar disebut kutub magnet. Menurut Suryatmo (1995:155) menyatakan bahwa beberapa tempat dari batang magnet jika disentuhkan logam lain akan terasa tenaga tarik yang berbeda. Semakin ketengah batang tenaga tarik semakin berkurang. Tenaga tarik yang paling kuat ialah pada kutub sedang pada tengah-tengah kutub U-S tenaga hampir hilang atau tidak ada. Disekitar magnet terdapat garis-garis gaya magnet. Arah garis-garis gaya magnet dari kutub utara ke kutub selatan. Berbagai bentuk magnet arah garis gayanya sama yaitu dari kutub utara ke kutub selatan. Pada magnet yang mempunyai lebih dari satu kutub arah garis gaya dari kutub utara ke kutub selatan yang saling bedekatan. Berikut ini beberapa contoh garis gaya pada beberapa bentuk magnet.



Gambar 2.22: garis garis gaya magnet dari beberapa bentuk magnet

Sumber: suryatmo (1995:155 118-120)

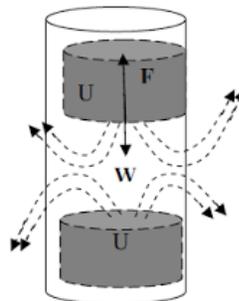
Dua buah magnet yang saling berdekatan akan terjadi gaya interaksi antara dua magnet tersebut. Kutub magnet yang senama apabila berdekatan akan menghasilkan interaksi gaya yang tolak menolak, sedangkan kutub magnet yang tidak senama akan menghasilkan interaksi gaya yang tarik menarik. Berikut gambar interaksi dua buah magnet:



Gambar 2.23: Interaksi dua buah magnet

Sumber: suryatmo (1995:155 118-120)

Dua buah magnet yang ditempatkan pada suatu tempat dengan kutub sejenis akan tidak bersinggungan asalkan magnet tidak dapat berputar dan gaya tolak magnet lebih besar dari gaya berat magnet. Pada jarak tertentu gaya berat akan sama dengan gaya tolak menolak magnet sehingga terjadi keseimbangan. Berikut ini gambar interaksi gaya magnet yang membentuk keseimbangan dengan gaya berat:



Gambar 2.24: keseimbangan antara gaya berat dan gaya tolak-menolak magnet

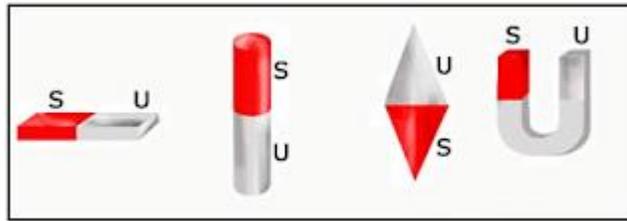
Sumber: suryatmo (1995:155 118-120)

Pada daerah atau titik tertentu akan mengalami perubahan medan magnet apabila magnet digerakan menjahui atau mendekati titik tersebut. Medan magnet pada suatu titik akan semakin bertambah besar apabila magnet bergerak mendekati titik, sedangkan medan magnet pada suatu titik akan semakin berkurang apabila magnet digerakan menjahui titik. Apa bila daerah disekitar magnet berupa luasan maka banyak medan magnet yang melalui luasan. Besarnya medan magnet yang melalui luasan disebut fluk magnet. Gerakan magnet yang menjahui atau mendekati luasan mengakibatkan besar fluk magnet yang berbeda-beda.

2.17 Kutup Magnet

Semua magnet memperlihatkan ciri-ciri tertentu. Magnet memiliki dua tempat yang gaya magnetnya paling kuat. Daerah ini disebut kutub magnet. Ada 2 kutub magnet, yaitu kutub utara (U) dan kutub selatan (S). Seringkali kita menjumpai magnet yang bertuliskan N dan S. N merupakan kutub utara magnet itu (singkatan dari north yang berarti utara) sedangkan S kutub selatannya (singkatan dari south yang berarti selatan).

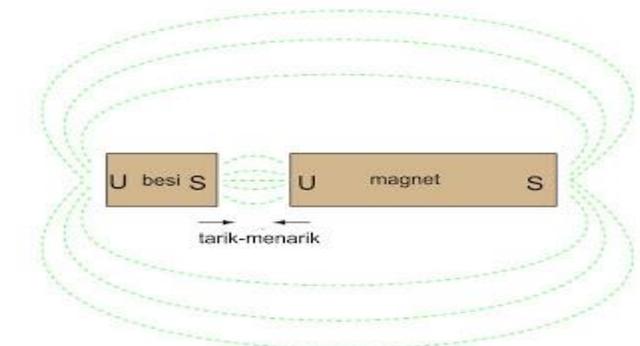
Magnet dapat berada dalam berbagai bentuk dan ukuran. Bentuk yang paling sederhana berupa batang lurus. Bentuk lain yang sering kita jumpai misalnya bentuk tapal kuda (ladam) dan jarum. Pada bentuk-bentuk ini, kutub magnetnya berada pada ujung-ujung magnet itu. Gambar C1 memperlihatkan berbagai bentuk magnet yang sering kita jumpai.



Gambar 2.25: Berbagai bentuk magnet.

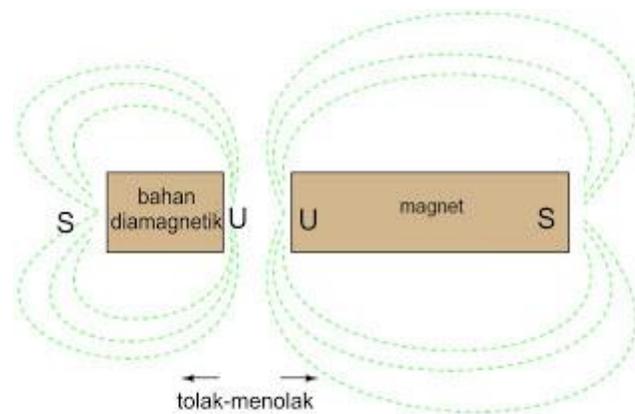
Sumber: suryatmo (1995:155 118-120)

Jika dua buah magnet saling didekatkan, magnet pertama akan mengerjakan gaya pada magnet kedua, dan magnet kedua mengerjakan gaya kepada magnet pertama. Gaya magnet, seperti halnya gaya listrik, berupa tarikan dan tolakan. Jika dua kutub utara didekatkan, maka keduanya tolak-menolak. Dua kutub selatan juga saling menolak. Namun, jika kutub selatan didekatkan pada kutub utara, maka kedua kutub ini akan tarik-menarik. Sehingga kita dapat membuat aturan untuk kutub magnet: kutub senama tolak-menolak, dan kutub tak senama tarik-menarik.



Gambar 2.26: Kutub magnet yang berbeda saling menarik

Sumber: suryatmo (1995: 155 118-120)



Gambar 2.27: Kutub magnet yang sejenis saling menolak

Sumber: suryatmo (1995:155 118-120)

Kutub-kutub magnet selalu berpasangan yaitu kutub utara dan kutub selatan. Selama bertahun-tahun para ilmuwan mencoba mendapatkan satu kutub saja yang ada pada sebuah magnet. Jika sebuah magnet dipotong menjadi dua, ternyata hasilnya berupa dua magnet yang lebih kecil dan masing-masing tetap memiliki kutub utara dan selatan. Seperti halnya Gambar C3.



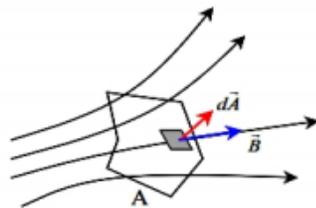
Gambar 2.28: Magnet yang dipotong-potong

Sumber: suryatmo (1995:155 118-120)

2.18 Medan magnet

Fluks magnetik adalah keadaan dimana sejumlah garis kuat medan magnetik tertentu menembus suatu luas permukaan tertentu. Timbulnya medan magnetik bisa diakibatkan oleh beberapa sebab, seperti adanya arus listrik yang mengalir pada suatu kawat ataupun kehadiran dari suatu benda magnetik. Gejala fluks magnetik diamati dengan mengukur jumlah induksi medan magnetik yang menembus suatu luas permukaan tertentu. Sebagian besar peralatan elektronik yang kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari kita, bekerja pada prinsip fluks magnetik. Salah satu contoh adalah transformator, yang prinsip kerjanya didasarkan pada fenomena fluks magnetik. Dalam kajian fisika listrik magnet (electromagnetics / electrodynamics), fluks magnetik (Φ) dapat diselesaikan dengan metode analitik yang sudah umum untuk mendapatkan solusi sejatinya (exact solution). Metode analitik adalah metode penyelesaian secara matematis dengan rumus-rumus aljabar yang sudah baku (Munir,2013). Cara yang lain dapat digunakan untuk menyelesaikan persamaan fluks magnetik adalah dengan menggunakan komputasi fisika. Komputasi fisika adalah integrasi antara sains dan kemampuan komputer secara efektif untuk menyelesaikan kasus-kasus fisis memanfaatkan metode numerik dan bahasa pemrograman (Warsito, 2009). Menurut Chapra (2011) metode numerik adalah teknik yang digunakan untuk memformulasikan masalah matematis sehingga dapat diselesaikan dengan operasi aritmatika dan logika. Karena perhitungan menggunakan komputer berbasis pada sistem digital sehingga metode numerik seringkali dikenal sebagai matematika komputer (komputasi). Terdapat beberapa alternatif dalam metode komputasi yang bisa dipakai untuk mencari solusi masalah nilai awal, diantaranya seperti metode diferensiasi dan metode integrasi. Metode integrasi numerik secara khusus dipakai

untuk mencari pendekatan jawaban kasus. Metode integrasi sendiri terdiri dari beberapa metode antara lain trapezoida rule (kaidah trapesium), metode Simpson 1/3 dan 3/8 dengan tingkat kesalahan (error) yang berbeda untuk masing – masing metode. Metode lain yang lebih kompleks dan biasa digunakan dalam pemodelan fisika adalah metode Monte Carlo. Metode Monte Carlo menggunakan prinsip membangkitkan bilangan acak (random generator) dengan batasan nilai awal dan akhir untuk mencari pendekatan jawaban dari kasus. Dalam penelitian ini akan dicari solusi untuk menentukan nilai fluks magnetik total di sekitar kawat berarus pada permukaan luasan berbentuk lingkaran menggunakan metode khusus analitik dan metode komputasi numeric (Simpson & Monte Carlo) dan membandingkan hasil dari metode analitik dan komputasi serta menghitung nilai error relatif dari metode komputasi terhadap metode analitik dalam menghitung nilai fluks magnetik di sekitar kawat berarus. Fluks Magnetik Jika dalam suatu ruang terdapat medan magnet, jumlah garis gaya yang menembus permukaan dengan luas tertentu bisa berbeda-beda, tergantung pada kuat medan magnet dan sudut antara medan magnet dengan vektor permukaan. Fluks magnetik mengukur jumlah garis gaya yang menembus suatu permukaan. Fluks magnetik didefinisikan sebagai berikut. $\Phi = \int \vec{B} \cdot \vec{dA} \quad (1) = \cos$ dengan adalah sudut antara vektor \vec{B} dan \vec{dA} . Dimana: B = induksi magnetik (Wb/m²); A = luasan bidang (m²); Φ = fluks magnetik (Wb)



Gambar 2.29: Fluks magnetic menyatakan jumlah garis gaya yang menembus permukaan dalam arah tegak lurus

Sumber : Abdullah, 2006)

Jika arah medan magnet sejajar dengan bidang, maka $\theta = 90^\circ$ dan fluks magnetik bernilai 0. Jika arah medan magnet tegak lurus dengan bidang, maka $\theta = 0^\circ$ dan fluks magnetik bernilai (maksimum) (Serway, 2004).

2.19 Prinsip Pemanasan Induksi

Pemanasan induksi ditemukan oleh Michael Faraday pada tahun 1831, dimana fenomena pemanasan induksi terjadi ketika suatu logam yang memiliki sifat kemagnetan terkenagelombang elektromagnetik dan akan menimbulkan induksi panas. Seiring perkembangan zaman, penemuan ini semakin berkembang dan dapat dimanfaatkan sebagai dasar dari pembuatan pemanas induksi menggunakan energi listrik yang hasilnya memiliki efisiensi cukup baik dan lebih ramah lingkungan. Kini penemuan ini sering digunakan di industri peleburan logam, industri yang berkaitan dengan proses perlakuan panas pada logam dan kompor untuk rumah tangga.

Pemanas induksi adalah alat yang memanfaatkan timbulnya panas pada logam ferro yang terkena induksi medan magnet, hal ini disebabkan karena pada logam timbul arus eddy yang arahnya melingkar melingkupi medan magnet yang terjadi arus, akibat dari interaksi induksi magnet yang menimbulkan fluks magnetik yang menembus logam, sehingga menyebabkan panas pada logam.

Secara umum, kawat yang beraliran listrik akan membangkitkan medan magnet disekelilingnya. Dengan suatu perancangan, baik dengan menggunakan kawat saja yang dibentuk khusus ataupun ditambahkan material tertentu, bisa dihindari

medan magnet pada suatu lokasi tertentu (misalnya dalam bentuk rangkaian magnetis).

Dari pengamatan yang sudah pernah dilakukan, dikenal fluks magnetis ψ_m , yaitu seberapa besar ‘aliran’ medan magnet induksi yang menembus suatu luasan tertentu. Jadi fluks magnetis ψ_m menceritakan seberapa efektif medan magnet dikonsentrasikan di suatu wilayah.

Pada rangkaian yang bersifat linier, fluks magnetis ψ_m berbanding lurus (proporsional) dengan arus listrik penyebab terjadinya. Sehingga didapatkan suatu kemungkinan untuk mendefinisikan suatu besaran yang menyatakan kemampuan daribenda tersebut untuk menghasilkan medan magnet jika suatu arus tertentu dialirkan melaluinya.

Besaran ini hanya tergantung pada struktur geometri darinya dan juga material yang menyusunnya. Hal ini pernah dilakukan ketika diperkenalkan konsep kapasitansi sebagai kemampuan dari suatu struktur elektris untuk menghasilkan medan listrik.

Besaran ini dinamakan induktansi yang didefinisikan dengan :

$$L = \frac{\psi_m}{I} \quad (8)$$

Dan untuk struktur yang memiliki banyak gulungan :

$$L = \frac{N\psi_m}{I} \quad (9)$$

Pada struktur toroida didapatkan induktansi toroida :

$$L = \frac{\mu_0\mu_r N^2 \cdot A}{2\pi r_m} \quad (10)$$

Keterangan :

μ_o = Permeabilitas udara

μ_r = Permeabilitas relatif

N = Jumlah lilitan

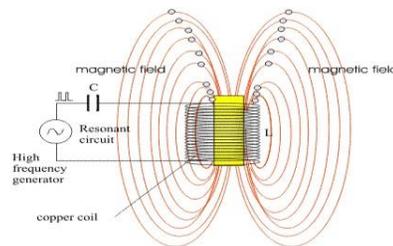
A = Luas penampang kumparan

Secara umum pemanasan induksi memanfaatkan prinsip arus *eddy*, rugi-rugi hysteresis dan efek kulit. Pemanas induksi adalah timbulnya panas pada logam yang terkena induksi medan magnet, hal ini disebabkan karena pada logam timbul arus *eddy* atau arus pusar yang arahnya melingkar melingkupi medan magnet terjadinya arus pusar akibat dari induksi magnet yang menimbulkan fluks magnetik yang menembus logam, sehingga menyebabkan panas pada logam.

Induksi magnet adalah kuat medan magnet akibat adanya arus listrik yang mengalir dalam konduktor. Pemanasan Induksi juga disebut sebagai proses pemanasan nonkontak yang menggunakan listrik frekuensi tinggi untuk menghasilkan panas yang konduktif secara elektrik. Karena non-kontak, proses pemanasan tidak mencemari bahan yang sedang dipanaskan. Hal ini juga sangat efisien karena panas yang sebenarnya dihasilkan di dalam benda kerja. Ini dapat dibandingkan dengan metode pemanasan lain dimana panas yang dihasilkan dalam elemen api atau pemanas, yang kemudian diterapkan pada benda kerja. Untuk alasan ini Pemanas Induksi cocok untuk beberapa aplikasi yang unik dalam industri.

Sebuah sumber listrik digunakan untuk menggerakkan sebuah arus bolak balik atau yang biasa disebut sebagai arus AC yang besar melalui sebuah kumparan induksi. Kumparan induksi ini dikenal sebagai kumparan kerja. Aliran arus yang

melalui kumparan ini menghasilkan medan magnet yang sangat kuat dan cepat berubah dalam kumparan kerja. Benda kerja yang akan dipanaskan ditempatkan dalam medan magnet ini dengan arus AC yang sangat kuat. Ketika sebuah beban masuk dalam kumparan kerja yang di aliri oleh arus AC, maka nilai arus yang mengalir akan mengikuti besarnya sesuai dengan nilai beban yang masuk. Medan magnet yang tinggi akan dapat menyebabkan sebuah beban dalam kumparan kerja tersebut melepaskan panasnya, sehingga panas yang ditimbulkan oleh beban tersebut justru dapat melelehkan beban itu sendiri. Karena panas yang dialami oleh beban akan semakin tinggi, hingga mencapai nilai titik leburnya.

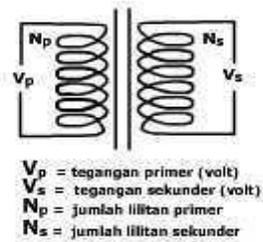


Gambar 2.30 Prinsip kerja pemanas induksi

Sumber : Ryan Noviansyah, 2012

2.20 Kumparan Primer dan Sekunder

Secara umum dapat di ketahui sebuah trafo memiliki dua buah lilitan yang terpisah yakni primer dan sekunder. Dua buah lilitan inilah yang menghasilkan induksi elektromagnetik yang akan membuat sebuah trafo sebagaimana semestinya. Menghubungkan tegangan AC pada lilitan primer dan menginduksi pada lilitan sekunder yang nantinya besaran tegangan output berbeda tergantung jumlah lilitan sekunder itu sendiri.



Gambar 2.31Lilitan primer dan sekunder

Sumber : Buku Transformator (1.Prof.Ir. Abdul Kadir)

Dari gambar diatas sebenarnya sudah dapat mencari gambaran bahwa lilitan primer berfungsi sebagai jalur input sebuah tegangan yang berasal tegangan sumber yang nantinya akan diinduksikan pada lilitan sekunder melalui sebuah inti ferit atau batang ferit. Besarnya tegangan yang dihasilkan dari lilitan sekunder ditentukan dari lilitannya.

Jadi dapat diartikan bahwa lilitan sekunder adalah bagian yang menghasilkan tegangan output yang memiliki nilai sendiri, yang nantinya akan digunakan lebih lanjut dalam rangkain secara menyeluruh.

2.21 Cara Menghitung Jumlah Lilitan Primer atau Sekunder

Pada transformator ideal, jumlah lilitan pada sisi primer dan jumlah lilitan pada sisi sekunder sebanding dengan tegangan pada sisi primer dan tegangan pada sisi sekunder. Hubungan antara jumlah lilitan dan tegangan pada sisi primer dan sisi sekunder ini dapat dituliskan dalam rumus sebagai berikut.

Rumus Hubungan Lilitan dan Tegangan pada Trafo

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s}$$

$N_p = \text{Lilitan Primer}$ $V_p = \text{Tegangan Primer}$
 $N_s = \text{Lilitan Sekunder}$ $V_s = \text{Tegangan Sekunder}$

UkuranDanSatuan.Com

Gambar 2.32 rumus lilitan

Sumber: Buku Transformator (1.Prof.Ir. Abdul Kadir)

2.22 Induktansi

Ketika dua buah kumparan didekatkan, maka akan menimbulkan medan magnet induksi. Atau dapat didefinisikan bahwa ketika terjadi perubahan arus, maka akan terjadi perubahan fluks magnetik di kumparan tersebut, sehingga menyebabkan terjadinya perubahan induksi (tegangan kumparan). Berdasarkan hukum Faraday maka solenoid menghasilkan ggl induksi. Dengan demikian, ketika dialiri arus bolak-balik (AC) maka muncul tegangan antara dua ujung solenoid. Tegangan ini tidak muncul ketika solenoid dialiri arus konstan searah (DC). Solenoid yang dialiri arus DC konstan, tidak muncul tegangan antara dua ujung solenoid sedangkan solenoid yang dialiri arus AC maka muncul tegangan antara dua ujung solenoid.

Kuat magnet dalam rongga solenoid, adalah :

$$B = \mu_0 n I \quad (11)$$

Jika luas penampang solenoid A maka fluks magnetis dalam solenoid, adalah :

$$\phi = BA = \mu_0 n I A \quad (12)$$

Oleh karena itu, berdasarkan hukum Faraday, ggl induksi yang dihasilkan solenoid :

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\phi}{dt} = -N \frac{d(\mu_0 n I A)}{dt} = -N \mu_0 n A \frac{dI}{dt} \quad (13)$$

Fluks sebanding dengan arus I. Konstanta sebanding dengan induktansi diri :

$$L = \frac{\phi_m}{I} = \mu_0 n^2 A l \quad (14)$$

Apabila arus dalam rangkaian berubah, fluks magnetic juga berubah, sehingga ggl akan diinduksi dalam rangkaiannya (kumparan). Karena induktansi diri suatu rangkaian konstan, perubahan fluks dihubungkan dengan perubahan arus oleh :

$$\frac{d\phi_m}{dt} = \frac{d(LI)}{dt} = L \frac{dI}{dt} \quad (15)$$

Menurut hukum Faraday, diperoleh :

$$\mathcal{E} = \frac{d\phi_m}{dt} = -L \frac{dI}{dt} \quad (16)$$

Dengan demikian, ggl induksi diri sebanding dengan laju perubahan arusnya

Induksi magnetic tetap berada pada toroida dan besarnya dapat di ketahui dengan persamaan sebagai berikut

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot n}{2 \cdot \pi a} \quad (17)$$

2.23 Medan Magnet Induksi dan Medan Magnet

Dari pengamatan awal diatas, maka didapati gaya yang menarik muatan bergerak mempunyai arah tegak lurus terhadap arah gerakan muatan dan tegak lurus

terhadap suatu arah medan tertentu (disini belum dikatakan secara langsung bahwa medannya adalah medan magnet), maka gaya seperti itu dinamakan gaya magnetis dan medan yang menghasilkan gaya itu disebut medan magnet.

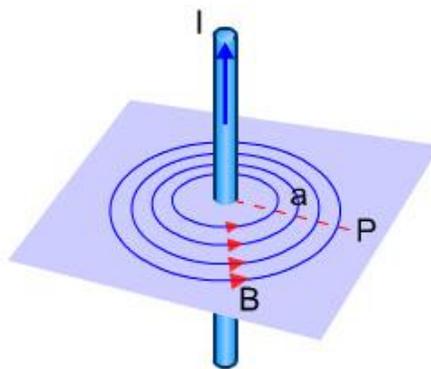
Dari hubungan medan magnet dan gaya magnet diatas, bisa dihitung salah satu besaran yang mengkarakteristikan besar dan arah dari medan magnet, yaitu medan magnet induksi \vec{B} . Medan listrik statis bisa dihasilkan dengan bantuan sebuah muatan listrik yang berada dalam keadaan diam. Jadi sumber atau penyebab dari medan listrik adalah muatan listrik.

Sedangkan medan magnet induksi dihasilkan oleh magnet permanen. Magnet adalah suatu material yang mempunyai kemampuan menarik atau menolak material tertentu. Magnet permanen seperti ini dipakai pada *loudspeaker*, kompas, motor listrik yang dihasilkan oleh penghantar atau kabel yang dialiri oleh arus listrik atau bisa juga dikatakan magnet induksi dihasilkan oleh muatan listrik yang bergerak. Medan magnet induksi yang dihasilkan oleh arus listrik ini juga bisa menghasilkan gaya terhadap suatu muatan listrik yang juga bergerak. Kondisi kemagnetan yang dihasilkan oleh arus listrik ini disebut juga elektromagnet.

Fenomena arus listrik menghasilkan medan magnet (induksi) ini ditemukan oleh peneliti Denmark, Hans Oersted (1820), yang awalnya secara kebetulan melihat adanya perubahan arah jarum kompas yang berada didekat kawat beraliran arus listrik. Oersted melanjutkan pengamatannya secara kuantitatif sehingga didapatkan hubungan antara arus listrik sebagai sebab dan medan magnet H ataupun medan magnet induksi B sebagai akibat dari arus listrik ini

2.24 Bentuk Medan Magnet

Bentuk garis medan magnet pada kawat panjang yang dialiri arus listrik berbentuk lingkaran konsentris mengelilingi kawat tersebut. Arah dari medan magnetnya tegak lurus terhadap kawat dan searah dengan jari-jari pada tangan kanan yang ditekuk, dan arah arusnya sesuai dengan arah ibu jari.



Gambar 2.33: Garis Medan Magnet Pada Kawat Lurus

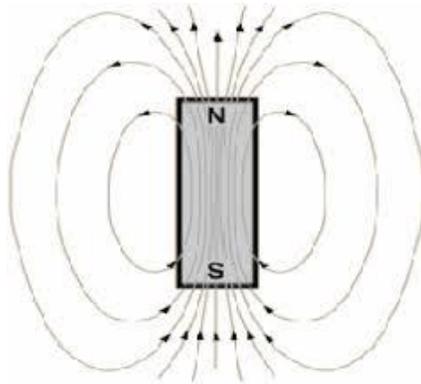
Sumber: I Nyoman Bagia & I Made Parsa Cetakan 1, Tahun 2018

a. Medan Magnet Pada Magnet Batang

Medan magnet pada sebuah batang magnet berbentuk garis tertutup.

Melalui hasil konvensi, arah medan magnet keluar dari kutub utara

(N) menuju kutub selatan (S)

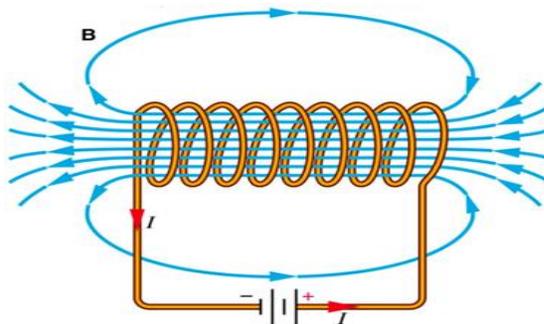


Gambar 2.34: Medan magnet pada magnet batang

Sumber: suryatmo (1995:155 118-120)

b. Medan magnet pada solenoid

Solenoid adalah kawat berarus listrik berbentuk loop yang biasanya dililitkan pada inti dari besi sehingga menghasilkan medan magnet. Medan magnet yang seragam dihasilkan pada pusat solenoid, sedangkan medan magnet yang terbentuk diluar solenoid lebih lemah dan divergen

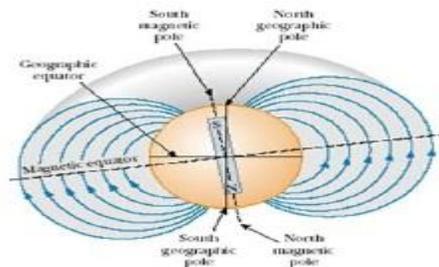


Gambar 2.35: Medan magnet pada solenoid

Sumber: suryatmo (1995:155 118-120)

c. Medan magnet pada bumi Meskipun pola medan magnet bumi mirip dengan medan magnet batang yang jauh terkubur di dalam bumi.

Bumi memiliki banyak kandungan bijih besi jauh di bawah permukaan bumi, tetapi karena suhu yang sangat tinggi di dalam inti bumi mencegah magnetisasi permanen. Para ilmuwan mempertimbangkan bahwa sumber medan magnet bumi berasal dari arus konveksi dalam inti bumi, hal itu disebabkan oleh peredaran ion atau elektron pada besi cair di inti bumi. Arah medan magnetnya serupa dengan arah medan magnet pada kawat berbentuk loop.

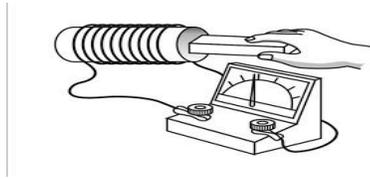


Gambar 2.36: Medan magnet pada bumi

Sumber: suryatmo (1995:155 118-120)

2.25 Gaya Lorentz

Pengaruh medan magnet yang dihasilkan oleh sebuah penghantar arus terhadap benda yang ada di sekitarnya sangat kecil. Hal ini disebabkan medan magnet yang dihasilkan sangat kecil atau lemah. Agar mendapatkan pengaruh medan yang kuat, penghantar itu harus digulung menjadi sebuah kumparan. Pada kumparan, medan magnet yang ditimbulkan oleh lilitan yang satu diperkuat oleh lilitan yang lain. Apabila kumparan itu panjang disebut solenoida. (Suryatmo, 1995)



Gambar 2.37: Lilitan solenoid
Sumber: suryatmo (1995:155 118-120)

Gaya Lorentz adalah gaya yang dirasakan oleh partikel bermuatan yang berada didalam medan elektromagnet. Partikel tersebut akan merasakan gaya akibat medan listrik qE , dan akibat medan magnet $qv \times B$. Kombinasi dari keduanya akan menghasilkan persamaan gaya Lorentz.

$$\mathbf{F} = q (\mathbf{E} + \mathbf{V} \times \mathbf{B}) \quad (18)$$

2.26 Gaya Magnet Akibat Partikel Bermuatan Listrik

Ketika sebuah partikel (proton atau elektron) bermuatan listrik bergerak melewati sebuah medan magnet, akan timbul sebuah gaya yang dirasakan oleh muatan itu. Gaya ini biasa disebut dengan gaya magnet. Gaya magnet merupakan besaran vektor, yaitu besaran yang memiliki nilai dan arah. Hubungan gaya magnet F (Newton), medan magnet B (Tesla), dan muatan listrik q (Coulombs).

2.27 Gelombang Elektromagnetik

Konsep medan listrik dan medan magnet telah dikembangkan oleh Faraday sebagai penggambaran cara melihat gejala elektromagnetik. Konsep medan tidak biasanya digunakan oleh ahli fisika lainnya, bagaimanapun, sampai Maxwell menunjukkan bagaimana semua dasar hukum kelistrikan dan kemagnetan dapat

digambarkan oleh empat persamaan yang mencakup medan listrik dan medan magnet. Diketahui sebagai persamaan Maxwell, itu adalah titik permulaan untuk semua pembicaraan kelistrikmagnetan modern. Sebagai rumus asal, tiap persamaan Maxwell merupakan banyaknya gambaran satu dari empat hukum berikut:

1. Muatan listrik menghasilkan medan magnet
2. Kutub-kutub magnet yang terisolasi tidak akan bertahan
3. Arus menghasilkan medan magnet
4. Sebuah perubahan medan magnet menghasilkan sebuah medan listrik

(Nave, no date)

2.28 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). Pada baterai terdapat dua kutub, yaitu kutub positif dan kutub negatif. Kutub positif berada pada bagian batang baterai. Sedangkan, kutub negatif baterai berada pada bagian bawah baterai. Reaksi kimia yang terjadi di dalam baterai menimbulkan arus listrik bermuatan positif dan negatif,

Baterai mengalirkan arus listrik DC secara langsung. Arus listrik bermuatan positif dialirkan melalui ujung knob bagian atas baterai (kutub positif baterai). Ada pun arus listrik bermuatan negatif dialirkan melalui pelapis bagian bawah baterai (kutub negatif baterai). Selanjutnya, arus listrik bermuatan positif dan negatif mengalir secara terpisah melalui kabel (kawat tembaga) menuju ke alat. Ketika kawat tembaga dihubungkan ke kutub-kutub baterai, muatan-muatan tersebut mengalir melalui konduktor tembaga. Kawat tembaga yang mengalirkan arus bermuatan positif akan menuju pada bagian penerima muatan positif alat. Sedangkan bagian negatif akan menuju pada bagian penerima muatan negatif pada alat.

2.29 Jenis jenis baterai

Seperti yang sudah dikatakan sebelumnya, batera terbagi menjadi beberapa jenis yaitu single use dan juga rechargeable dan baterai basah dan kering . Untuk lebih jelasnya, berikut ini adalah penjelasan mengenai jenis-jenis baterai.

1. Baterai Single Use

Baterai single use atau sekali pakai ini merupakan baterai yang paling sering ditemukan di pasaran, hampir semua toko dan supermarket menjualnya. Hal ini dikarenakan penggunaannya yang luas dengan harga yang lebih terjangkau. Baterai jenis ini pada umumnya memberikan tegangan 1,5 Volt dan terdiri dari berbagai jenis ukuran seperti AAA (sangat kecil), AA (kecil) dan C (medium) dan D (besar). Disamping itu,

terdapat juga Baterai Primer (sekali pakai) yang berbentuk kotak dengan tegangan 6 Volt ataupun 9 Volt.

Adapun untuk baterai jenis ini terbagi lagi menjadi beberapa jenis baterai yang berbeda, beda antara lain sebagai berikut :

a. Baterai Zinc-Carbon

Baterai Zinc-Carbon juga disering disebut dengan Baterai “Heavy Duty” yang sering kita jumpai di toko-toko ataupun Supermarket. Baterai jenis ini terdiri dari bahan Zinc yang berfungsi sebagai Terminal Negatif dan juga sebagai pembungkus Baterainya. Sedangkan Terminal Positifnya adalah terbuat dari Karbon yang berbentuk Batang (rod). Baterai jenis Zinc-Carbon merupakan jenis baterai yang relatif murah dibandingkan dengan jenis lainnya.

b. Baterai Alkaline (Alkali)

Baterai Alkaline ini memiliki daya tahan yang lebih lama dengan harga yang lebih mahal dibanding dengan Baterai Zinc-Carbon. Elektrolit yang digunakannya adalah Potassium hydroxide yang merupakan Zat Alkali (Alkaline) sehingga namanya juga disebut dengan Baterai Alkaline. Saat ini, banyak Baterai yang menggunakan Alkaline sebagai Elektrolit, tetapi mereka menggunakan bahan aktif lainnya sebagai Elektrodanya.

c. **Baterai Lithium**

Baterai Primer Lithium menawarkan kinerja yang lebih baik dibanding jenis-jenis Baterai Primer (sekali pakai) lainnya. Baterai Lithium dapat disimpan lebih dari 10 tahun dan dapat bekerja pada suhu yang sangat rendah. Karena keunggulannya tersebut, Baterai jenis Lithium ini sering digunakan untuk aplikasi Memory Backup pada Mikrokomputer maupun Jam Tangan. Baterai Lithium biasanya dibuat seperti bentuk Uang Logam atau disebut juga dengan Baterai Koin (Coin Battery). Ada juga yang memanggilnya Button Cell atau Baterai Kancing.

d. **Baterai Silver Oxide**

Baterai Silver Oxide merupakan jenis baterai yang tergolong mahal dalam harganya. Hal ini dikarenakan tingginya harga Perak (Silver). Baterai Silver Oxide dapat dibuat untuk menghasilkan Energi yang tinggi tetapi dengan bentuk yang relatif kecil dan ringan. Baterai jenis Silver Oxide ini sering dibuat dalam bentuk Baterai Koin (Coin Battery) / Baterai Kancing (Button Cell). Baterai jenis Silver Oxide ini sering dipergunakan pada Jam Tangan, Kalkulator maupun aplikasi militer.

2. **Baterai Rechargeable**

Baterai rechargeable adalah jenis baterai yang dapat di isi ulang atau Rechargeable Battery. Pada prinsipnya, cara Baterai Sekunder

menghasilkan arus listrik adalah sama dengan Baterai Primer. Hanya saja, reaksi kimia pada Baterai Sekunder ini dapat berbalik (Reversible). Pada saat Baterai digunakan dengan menghubungkan beban pada terminal Baterai (discharge), Elektron akan mengalir dari Negatif ke Positif. Sedangkan pada saat Sumber Energi Luar (Charger) dihubungkan ke Baterai Sekunder, elektron akan mengalir dari Positif ke Negatif sehingga terjadi pengisian muatan pada baterai. Jenis-jenis Baterai yang dapat di isi ulang (rechargeable Battery) yang sering kita temukan antara lain seperti Baterai Ni-cd (Nickel-Cadmium), Ni-MH (Nickel-Metal Hydride) dan Li-Ion (Lithium-Ion).

Adapun Sama halnya seperti baterai single use, baterai rechargeable juga terbagi lagi menjadi beberapa jenis antara lain sebagai beriku :

a. Baterai Ni-Cd (Nickel-Cadmium)

Baterai Ni-Cd (Nickel-Cadmium) adalah jenis baterai sekunder (isi ulang) yang menggunakan Nickel Oxide Hydroxide dan Metallic Cadmium sebagai bahan Elektrolitnya. Baterai Ni-Cd memiliki kemampuan beroperasi dalam jangkauan suhu yang luas dan siklus daya tahan yang lama. Di satu sisi, Baterai Ni-Cd akan melakukan discharge sendiri (self discharge) sekitar 30% per bulan saat tidak digunakan. Baterai Ni-Cd juga mengandung 15% Toksik/racun yaitu bahan Carcinogenic Cadmium yang dapat membahayakan

kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Saat ini, penggunaan dan penjualan Baterai Ni-Cd (Nickel-Cadmium) dalam perangkat Portabel Konsumen telah dilarang oleh EU (European Union) berdasarkan peraturan “Directive 2006/66/EC” atau dikenal dengan “Battery Directive”.

b. Baterai Ni-MH (Nickel-Metal Hydride)

Baterai Ni-MH (Nickel-Metal Hydride) memiliki keunggulan yang hampir sama dengan Ni-Cd, tetapi baterai Ni-MH mempunyai kapasitas 30% lebih tinggi dibandingkan dengan Baterai Ni-Cd serta tidak memiliki zat berbahaya Cadmium yang dapat merusak lingkungan dan kesehatan manusia. Baterai Ni-MH dapat diisi ulang hingga ratusan kali sehingga dapat menghemat biaya dalam pembelian baterai. Baterai Ni-MH memiliki Self-discharge sekitar 40% setiap bulan jika tidak digunakan. Saat ini Baterai Ni-MH banyak digunakan dalam Kamera dan Radio Komunikasi. Meskipun tidak memiliki zat berbahaya Cadmium, Baterai Ni-MH tetap mengandung sedikit zat berbahaya yang dapat merusak kesehatan manusia dan lingkungan hidup, sehingga perlu dilakukan daur ulang (recycle) dan tidak boleh dibuang di sembarang tempat

c. Baterai Li-Ion (Lithium-Ion)

Baterai jenis Li-Ion (Lithium-Ion) merupakan jenis Baterai yang paling banyak digunakan pada peralatan Elektronika portabel seperti Digital Kamera, Handphone, Video Kamera ataupun Laptop. Baterai Li-Ion memiliki daya tahan siklus yang tinggi dan juga lebih ringan sekitar 30% serta menyediakan kapasitas yang lebih tinggi sekitar 30% jika dibandingkan dengan Baterai Ni-MH. Rasio Self-discharge adalah sekitar 20% per bulan. Baterai Li-Ion lebih ramah lingkungan karena tidak mengandung zat berbahaya Cadmium. Sama seperti Baterai Ni-MH (Nickel- Metal Hydride). Meskipun tidak memiliki zat berbahaya Cadmium, Baterai Li-Ion tetap mengandung sedikit zat berbahaya yang dapat merusak kesehatan manusia dan Lingkungan hidup, sehingga perlu dilakukan daur ulang (recycle) dan tidak boleh dibuang di sembarang tempat

2.30 Cara Kerja Baterai

Setelah mengetahui pengertian, sejarah serta jenis-jenisnya, ada baiknya bagi kita untuk mengetahui juga bagaimana cara kerja dari baterai ini. Baterai merupakan sebuah benda yang mana menjadi sebuah sumber daya listrik bagi alat-alat elektronik yang kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari. Listrik, seperti yang mungkin sudah kita ketahui bersama, merupakan aliran elektron melalui jalur konduktif seperti

kawat. Jalan ini disebut juga dengan sirkuit. Baterai memiliki tiga bagian, anoda (-), katoda (+), dan elektrolit. Katoda dan anoda (sisi positif dan negatif pada kedua ujung baterai tradisional) dihubungkan ke sirkuit listrik. Reaksi kimia dalam baterai menyebabkan terbentuknya elektron pada anoda. Hal ini menghasilkan perbedaan listrik antara anoda dan katoda. Anda bisa memikirkan perbedaan ini sebagai penumpukan elektron yang tidak stabil. Elektron ingin mengatur ulang diri untuk menyingkirkan perbedaan ini. Tapi mereka melakukan ini dengan cara tertentu. Elektron saling tolak-menolak dan mencoba pergi ke tempat dengan sedikit elektron. Pada baterai, satu-satunya tempat yang harus ditempuh adalah katoda. Tapi, elektrolit membuat elektron tidak bergerak langsung dari anoda ke katoda di dalam baterai. Bila sirkuit tertutup (kawat menghubungkan katoda dan anoda) elektron akan bisa sampai ke katoda. Pada gambar di atas, elektron melewati kawat, menyalakan bohlam di sepanjang jalan. Inilah salah satu cara untuk menggambarkan bagaimana potensi listrik menyebabkan elektron mengalir melalui sirkuit.

Namun, proses elektrokimia ini mengubah bahan kimia di anoda dan katoda sehingga membuat mereka berhenti memasok elektron. Jadi daya yang tersedia di dalam baterai terbatas. Hampir semua barang elektronik yang kita gunakan sehari-hari menggunakan baterai sebagai sumber daya penghasil listriknya. Tanpa adanya baterai, sudah dapat dipastikan gadget yang merupakan alat elektronik yang paling sering kita gunakan tidak akan ada fungsinya sama sekali. Untuk itu, mungkin bisa dikatakan bahwa baterai merupakan salah satu penemuan yang sangat berpengaruh di

dunia dan bahkan mengalami perkembangan hingga sampai sekarang baterai masih banyak digunakan dan juga semakin banyak dikembangkan agar lebih baik lagi.

Di dalam perancangan alat ini penulis menggunakan jenis baterai kering 12v sebagai sumber tenaga dan baterai Single Use 9v sebagai penggerak mula motor 3,7v.



Gambar 2.38: Baterai single use 9 volt
Sumber: penulis 2019



Gamabr 2.39 Baterai kering 12 v
Sumber : penulis 2019

2.31 Led

Light Emitting Diode atau yang sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga dioda yang terbuat dari bahan semi konduktor. Warna-warna cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semi konduktor yang dipergunakannya. LED juga dapat memancarkan sinar inframerah yang tidak tampak oleh mata seperti yang sering kita jumpai pada remote control tv ataupun remote control perangkat elektronik lainnya. Bentuk LED mirip dengan sebuah bohlam (bola lampu) yang kecil dan dapat dipasangkan dengan mudah kedalam berbagai perangkat elektronika. Berbeda dengan lampu pijar, LED tidak memerlukan pembakaran filamen sehingga tidak menimbulkan panas dalam menghasilkan cahaya. oleh karena itu saat ini LED yang bentuknya kecil telah banyak digunakan sebagai lampu penerang dalam LCD TV yang mengganti lampu tube.

2.32 Cara Kerja LED

LED merupakan dari dioda yang terbuat dari semi konduktor . Cara kerjanya pun hampir sama dengan dioda yaitu memiliki dua kutub yakni kutub positif dan kutub negatif. LED hanya akan memancarkan cahaya apabila dialiri tegangan maju (bias forward) dari anoda menuju ke katoda. LED terdiri dari sebuah chip semi konduktor yang didoping sehingga menciptakan junction P dan N. Yang dimaksud dengan proses doping dalam semi konduktor adalah proses untuk menambahkan ketidak murnian (impurity) kelistrikan yang diinginkan, ketika LED dialiri tegangan maju atau bias forward yaitu dari anoda (P) menuju ke (K). Kelebihan elektron pada

N-Type material akan berpindah ke wilayah yang kelebihan hole (lubang) yaitu wilayah yang bermuatan positif (P-Type material), saat elektron berjumpa dengan hole akan melepaskan photon dan memancarkan cahaya monokromatik (satu warna).

2.33 Warna-warna LED

Saat ini, LED telah memiliki keranekaragaman warna, diantaranya seperti warna merah, kuning, hijau, putih, hijau, jingga dan inframerah. Keanekaragaman warna pada LED tersebut tergantung pada Wavelength (panjang gelombang) dan senyawa semi konduktor yang dipergunakannya. Berikut senyawa pada semi konduktor pada LED

Tabel 2.1 Senyawa Pada Konduktor LED

Bahan Semikonduktor	Wavelength	Warna
Gallium Arsenide (Ga As)	850-940 nm	Inframerah
Gallium Arsenide Phospide (Ga Asp)	630-660 nm	Merah
Gallium Arsenide Phosphide (GaAsP)	605-620 nm	Jingga
Gallium Arsenide Phosphide Nitride (GaAsP:N)	585-595 nm	Kuning
Aluminium Gallium Phosphide (AlGaP)	550-570 nm	Hijau
Silicon Carbide (SiC)	430-505 nm	Biru
Gallium Indium Nitride (GaInN)	450nm ^{2.3}	Putih

LED tidak hanya dapat memancarkan warna cahaya satu saja namun dapat memancarkan warna lebih dari 2. Berikut macam-macam jenis LED yang memiliki multi warna:

1. Bicolour Light Emitting Diodes (LED 2 Warna)

LED 2 warna mempunyai 2 LED dalam satu komponen yang dipasang "inverse paralel" (salah satu bisa maju dan satunya bisa mundur), jadi ketika dioperasikan bias maju akan menghasilkan warna 1 dan jika dioperasikan bias mundur akan menghasilkan warna kedua.

2. Multi or Tricolour Light Emitting Diodes (LED multi atau 3 warna)

LED 3 warna yang paling terkenal adalah LED berwarna merah dan hijau, dan warna ketiganya adalah kombinasi dari keduanya yaitu kuning. LED3 warna mempunyai 3 kaki, 2 kaki anoda dan 1 kaki yang ditengah merupakan katoda.

3. LED Displays

LED Display merupakan beberapa LED yang dijadikan satu untuk membuat bentuk tertentu, contoh yang umum adalah seven segment, LED display yang berfungsi menampilkan angka (digit 0-9)

2.34 Tegangan Maju (Forward Bias) Pada LED

Masing-masing warna LED memerlukan tegangan maju (Forward bias) untuk dapat mengalirkannya. Tegangan maju untuk LED tersebut tergolong rendah sehingga memerlukan sebuah resistor untuk membatasi arus dan tegangannya agar tidak merusak LED yang bersangkutan tegangan maju biasanya dilambangkan dengan tanda VF.

2.35 Keunggulan dari LED

1. LED memiliki energi efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan lampu lain, dimana LED lebih hemat energi 80% sampai 90% dibandingkan lampu lain.
2. LED memiliki waktu penggunaan yang lebih lama hingga mencapai 100 ribu jam.
3. LED memiliki tegangan operasi DC yang rendah.
4. Cahaya keluaran dari LED bersifat dingin atau cool (tidak ada sinar UV atau energi panas).
5. Ukurannya yang mini dan praktis.
6. Tersedia dalam berbagai warna.
7. Harga murah.

2.36 Kelemahan dari LED

1. Suhu lingkungan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan gangguan elektrik pada LED.
2. Harga LED per lumen lebih tinggi dibandingkan dengan lampu lain
3. Intensitas cahaya (lumen) yang dihasilkannya tergolong kecil.

Semakin tinggi arus yang mengalir pada LED maka semakin terang pula cahaya yang dihasilkan, namun perlu diperhatikan bahwa besarnya arus yang diperbolehkan adalah 10mA-20mA dan pada tegangan 1,6V – 3,5 V dan tergantung

karakter warna yang dihasilkan. Apabila arus yang mengalir lebih dari 20mA maka LED akan terbakar. Untuk menjaga agar LED tidak terbakar, maka perlu kita gunakan *resistor* yang berguna sebagai penghambat arus.

Tegangan kerja atau volt atau voltage yang jatuh pada sebuah LED berbeda-beda, menurut warna yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2: Tegangan Kerja Led

LED	VOLT
Infra merah	1,6 V
Merah	1,8 – 2,1 V
Orange	2,2 V
Kuning	2,4 V
Hijau	2,6 V
Biru	3,0 – 3,5 V
Putih	3,0 – 3,6 V
Ultraviolet	3,5 V

Mengacu data di atas, maka Apabila kita ingin mencari nilai resistor pada LED dapat anda gunakan rumus berikut:

$$R = (V_s - V_d) / I \quad (19)$$

Keterangan rumus:

R =Resistor

I =ArusLED

V_s = Tegangan sumber(bisa battery 12V, atau sumber tegangan lainnya).

V_d = Tegangan kerja LED

BAB 3

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini meliputi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, rancangan alat, metode penelitian, dan prosedur penelitian. Pada prosedur penelitian akan dilakukan beberapa langkah pengujian untuk mengetahui cara kerja pada pembangkit listrik tenaga magnet permanen. Maka penjelasan lebih rinci tentang metodologi penelitian akan di paparkan sebagai berikut:

3.1. Waktu Dan Tempat penelitian

Penelitian ini di laksanakan pada bulan juni 2019 di laboratorium universitas pembangunan pancabudi medan, Sumatera Utara.

3.2. Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah :

1. Studi lapangan

Dalam studi lapangan ini dilakukan dengan perancangan alat pembangkit listrik tenaga magnet yang belum ada digunakan pada saat ini.

2. Desain Sistem

Tahap ini meliputi perancangan system dengan menggunakan system analisa dan mempelajari konsep pembangkit listrik tenaga magnet permanen dari komponen yang ada. Tahap ini merupakan tahap yang paling penting dimana

bentuk awal pembuatan pembangkit listrik tenaga magnet yang akan di rancang. Pada tahapan ini dilakukan desain system dan desain proses-proses yang ada.

3. Implementansi

Pada tahan ini dilakukan implementansi rancangangan alat yang telah dibuat. Tahapan ini merelasikan apa yang terdapat pada tahapan sebelumnya menjadi sebuah masukan yang sesuai dengan apa yang direncanakan.

4. Uji coba dan Evaluasi

Pada tahap ini, dilakukan uji coba terhadap rangkain pengukuran arus yang dikeluarkan dengan beberapa data yang melibatkan beberapa jurnal untuk kemudian dilakukan perbaikan perbaikan apabila terdapat kesalahan sehingga dapat dilakukan evaluasi terhadap hasil uji coba.

3.3. Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa metode. Yaitu studi literatur, studi uji coba penelitian.

A. Metode literatur

Studi leteratur dilakukan dengan cara mengumpulkan, mempelajari berkas-berkas,dokumen dan arsip yang ada di perpustakaan serta buku-buku penunjang tentang alat yang di rancang. Selanjutnya data-data tersebut menjadi refrensi sekaligus mencoba mengaplikasikan teori-teori yang sudah ada.

B. Metode uji coba alat

Adapun metode penelitian yang penulis teliti menggunakan metode perancangan alat yang dibagi menjadi beberapa percobaan atau type percobaan. Adapun type percobaan yang penulis analisis akan dipaparkan dibawah ini :

1. Prinsip prototype 1

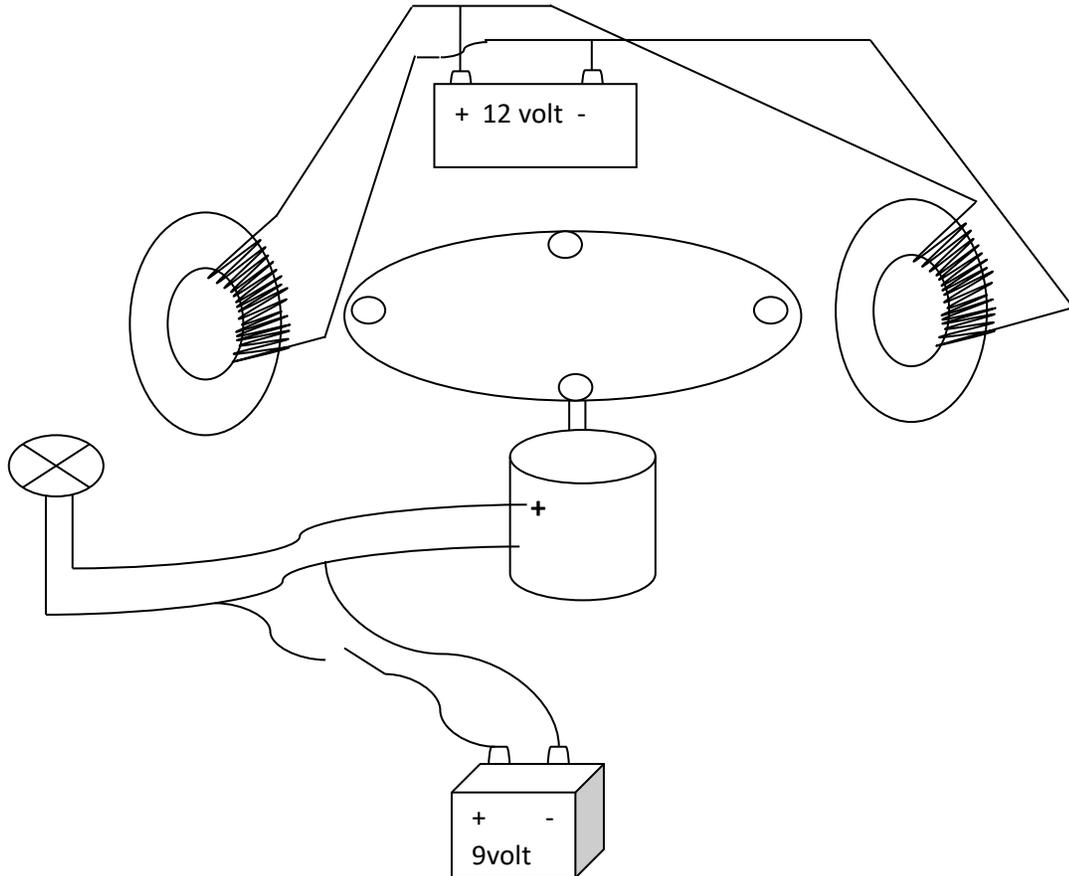
a. Alat dan bahan

Adapun percobaan yang digunakan adalah:

- Alat
 - Gunting
 - Lem tembak
 - Pisau
- Bahan
 - Lampu led
 - Magnet neodymium
 - Magnet permanen
 - Kabel
 - Papan
 - Kaset dvd (sebagai baling-baling)
 - Dynamo 3,7 volt
 - Baterai 12 volt
 - Baterai 9 volt

- Kawat kumparan
- Saklar

b. prototype type Design 1.



Gambar 3.1 design prototype type 1

Sumber: penulis 2019

c. Cara kerja alat prototype type 1

Untuk membuat sebuah pembangkit tenaga magnet di perlukan percobaan. Berikut ini adalah beberapa cara percobaan membuat pembangkit listrik tenaga magnet.

1. Lakukan percobaan dengan mendekatkan magnet berbeda kutup dengan jarak tertentu
2. Rekatkan magnet neodmium di atas kaset dvd
3. Hubungkan ouput dinamo dengan baterai 9 volt untuk sebagai penggerak mula dinamo. Kemudian lepaskan tegangan dari baterai 9volt menggunakan saklar. Dari putaran yang di hasilkan oleh baling-baling akan menghasilkan listrik skala kecil yang hanya dapat menghasilkan listrik relative kecil.
4. Listrik yang dihasilkan digunakan untuk menyalakan lampu atau beban
5. lilitan magnet permanen sebanyak 25 kali putaran dan di berikan tegangan

Prinsip prototype type 2

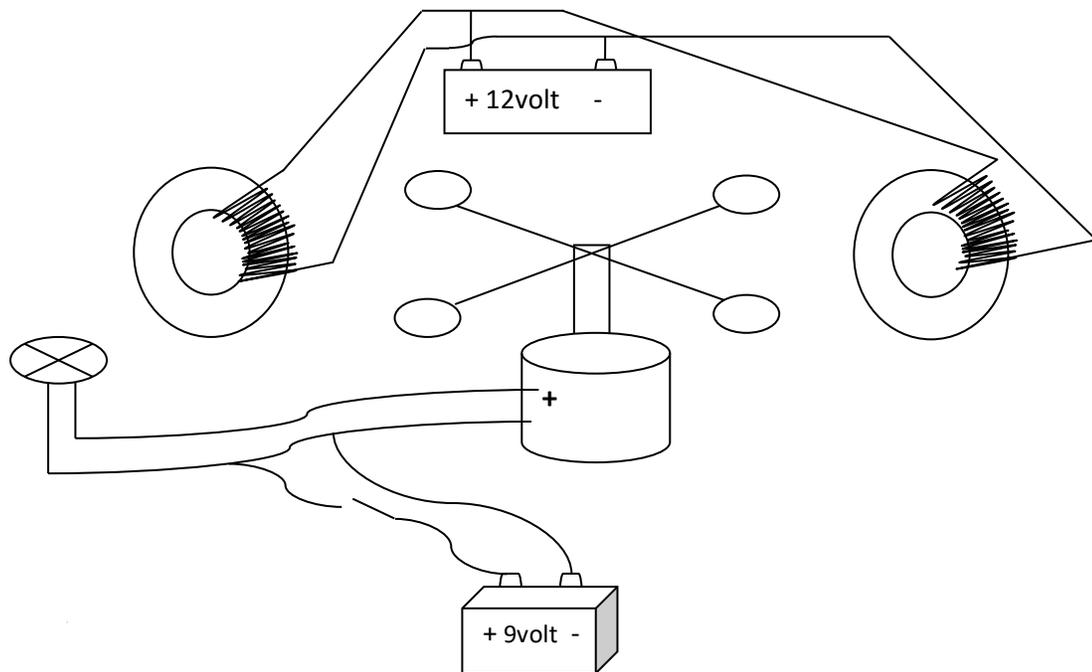
a. Alat dan Bahan

Adapun percobaan yang digunakan adalah:

- .Alat
 - Gunting
 - Lem tembak
 - Pisau
- Bahan
 - Lampu led

- Kabel
- Magnet neodmium
- Magnet permanen
- Papan
- lidi kecil 2 buah(sebagai baling-baling)
- Dynamo 3,7 volt
- Baterai 12 volt
- Baterai 9 volt
- Kawan kumparan
- Saklar

b. Design prototype type 2



Gambar 3.2 design prototype type 2

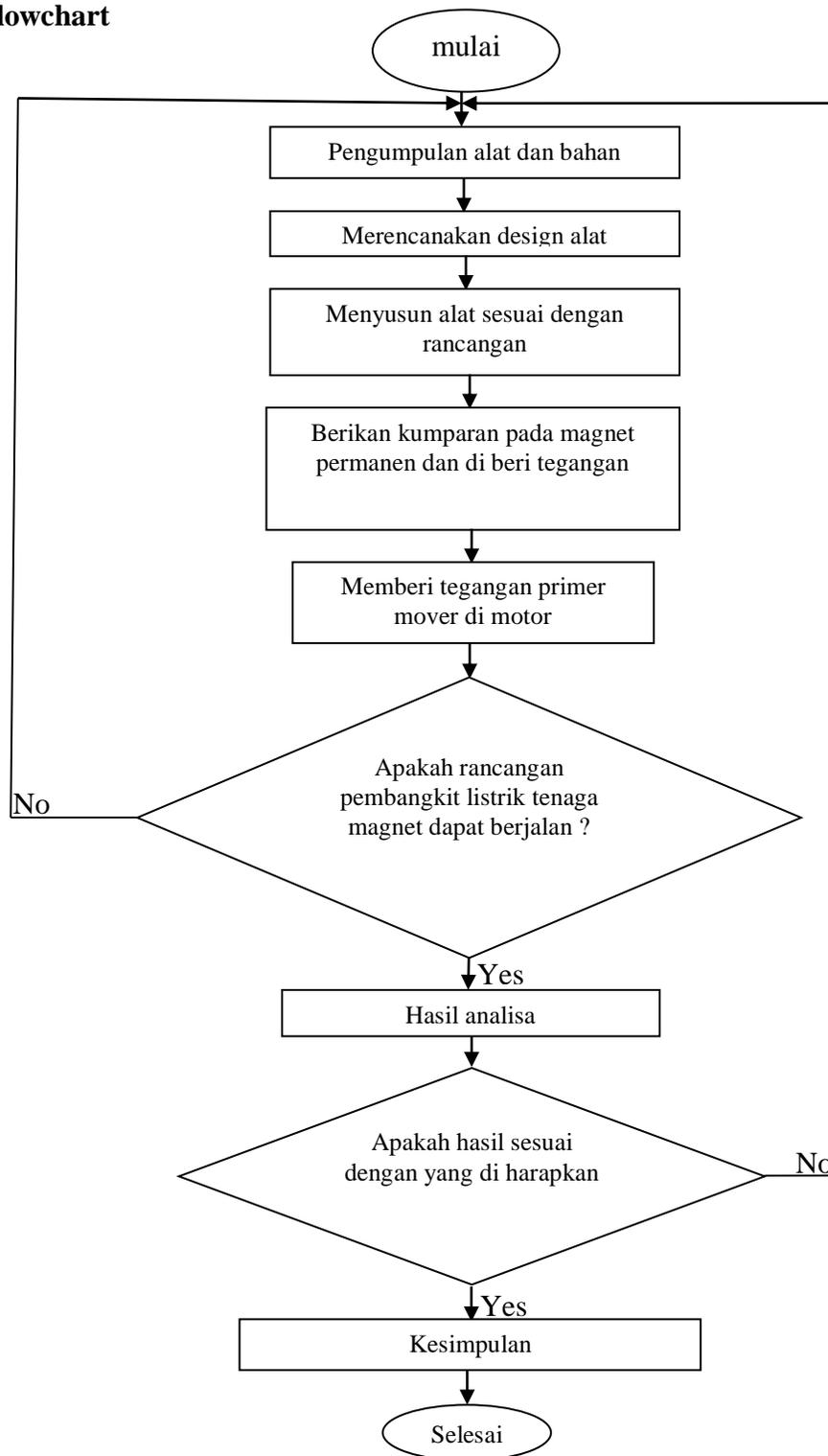
Sumber penulis 2019

c. cara kerja alat prototype type 2

Untuk membuat sebuah pembangkit tenaga magnet di perlukan percobaan. Berikut ini adalah beberapa cara percobaan membuat pembangkit listrik tenaga magnet

1. Lakukan percobaan dengan mendekatkan magnet berbeda kutup dengan jarak tertentu
2. Dekatan magnet penggerak pada kayu kecil yang telah terpasang magnet neodmium
3. Posisikan magnet penggerak untuk mendapatkan putaran baling-baling yang maksimal.
4. Hubungkan ouput dinamo dengan baterai 9 volt untuk sebagai penggerak mula dinamo. Kemudian lepaskan tegangan dari baterai 9volt menggunakan saklar. Dari putaran yang di hasilkan oleh baling-baling akan menghasilkan listrik skala kecil yang hanya dapat menghasilkan listrik relative kecil.
5. Listrik yang dihasilkan digunakan untuk menyalakan lampu atau beban
6. Lilitan magnet permanen sebanyak 25 kali putaran dan di berikan tegangan

3.4 Flowchart



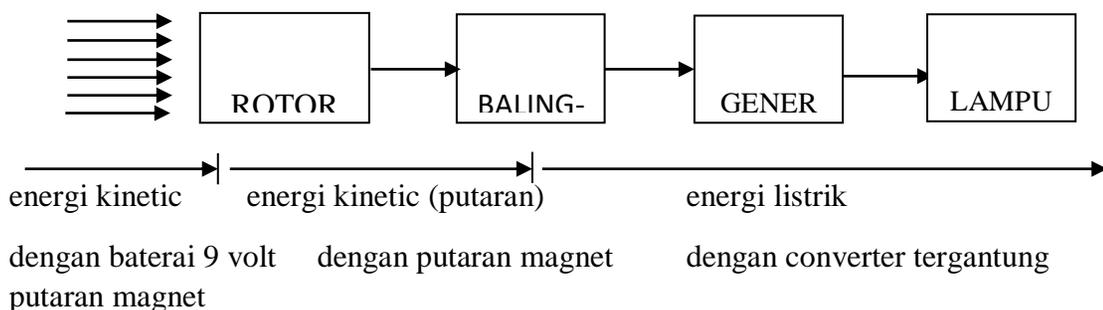
Gambar 3.5 flowchart

Sumber penulis 2019

Dari penjelasan flowchart di atas penulis dapat menerangkan bahwa perancangan prototype pembangkit listrik tenaga magnet sebagai berikut:

- a. Pengumpulan data data dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, dan social media.
- b. Merencanakan alat sesuai dari sumber yang sudah ada dan mempersiapkan segala sesuatu yang di butuhkan untuk pembuatan alat tersebut. Serta mendesign alat tersebut agar dapat berjalan sesuai dengan harapan.
- c. Menyusun alat sesuai dengan rancangan yang di dapat dari sumber sumber yang telah ada.
- d. Memberikan kumparan pada magnet permanen sebagai stator dan diberi tegangan.
- e. Memberikan tegangan di motor sebagai penggerak mula.
- f. Jika rancangan dapat berjalan maka lanjut ke hasil dari analisa alat tersebut, jika tidak dapat berjalan kembali lagi ke bagian perancangan disgn alat.
- g. Lanjut ke bagian analisa jika alat tidak sesuai dengan analisa yang telah dibuat penulis maka kembali ke rancangan disgn alat
- h. System analisa sesuai dengan hasil dari pembuatan alat maka dapat di lakukan kesimpulan untuk alat tersebut.

3.5 Blok diagram



Gambar 3.6 Blok diagram

Sumber : penulis 2019

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembangkit dari putaran motor dan medan elektromagnetik

Adapun pembangkit dari putaran motor dan elektromagnetik yang saya rakit pada penelitian sebelumnya terdiri dari 2 jenis prototype pembangkit yaitu.

A. Prototype type 1



Gambar 4.1 prototype type 1

Sumber : penulis 2019

B. Prototype type 2



Gambar 4.2 prototype type 2

Sumber : penulis 2019

4.2 Analisa putaran

Pada pembangkit PLTM yang saya lakukan berujuk kepada yang telah saya paparkan pada perancangan alat yang telah dibahas pada bab sebelumnya.

Adapun system kerja dari prototype-prototype berikut, saya jelaskan pada bagian dibawah ini.

A. Prototype type 1

Untuk membuat sebuah pembangkit tenaga magnet di perlukan percobaan. Berikut ini adalah beberapa cara percobaan membuat pembangkit listrik tenaga magnet.

1. Magnet permanen di beri lilitan sebanyak 25 lilitan.
2. Magnet permanen yang telah di beri lilitan di beri tegangan sebesar 12 volt
3. Magnet neodimum di pasang pada media dvd sebagai rotor
4. Magnet yang di pasang di dvd di posikan berlawanan arah dengan magnet permanen sebagai stator
5. baling-baling kaset dvd bisa berputar karena adanya penggerak mula dari baterai 9 volt.
6. pada saat putaran baling-baling dvd sudah medapatkan putaran yang maksimal lepaskan tegangan dari baterai penggerak mula dengan menggunakan saklar
7. dari putaran yang telah dihasilkan oleh baling-baling, tegangan yang di hasilkan juga kecil hanya sekitar 1,3 volt sampai 1,4 volt, dan baling-baling tidak dapat berputar dengan waktu yang lama.
8. lampu LED menyala karna adanya penggerak mula dari baterai 9 volt.
9. Jika baterai 9 volt sebagai penggerak mula tersebut di lepaskan maka lampu led tidak bisa menyala, karena tegangan yang di

hasilkan oleh motor hanya sekitar 1,3 volt sampai 1,4 volt, sedang lampu led memerlukan tegangan untuk bisa menyala sekitar 1,6 volt.

B. Prototype type 2

Untuk membuat sebuah pembangkit tenaga magnet di perlukan percobaan. Berikut ini adalah beberapa cara percobaan membuat pembangkit listrik tenaga magnet

1. Magnet permanen di beri lilitan sebanyak 25 lilitan.
2. Magnet permanen yang telah di beri lilitan di beri tegangan sebesar 12 volt
3. Magnet neodimium di pasang pada media lidi sebagai rotor
4. Magnet yang di pasang di lidi di posikan berlawanan arah dengan magnet permanen sebagai stator
5. Baling-baling lidi bisa berputar karena adanya penggerak mula dari baterai 9 volt.
6. Bada saat putaran baling-baling lidi sudah medapatkan putaran yang maksimal lepaskan tegangan dari baterai penggerak mula dengan menggunakan saklar
7. dari putaran yang telah dihasilkan oleh baling-baling, tegangan yang di hasilkan juga kecil hanya sekitar 1,3 volt sampai 1,4 volt, dan baling-baling tidak dapat berputar dengan waktu yang lama.

8. lampu LED menyala karna adanya penggerak mula dari baterai 9 volt.
9. Jika baterai 9 volt sebagai penggerak mula tersebut di lepaskan maka lampu led tidak bisa menyala, karena tegangan yang di hasilkan oleh motor hanya sekitar 1,3 volt sampai 1,4 volt, sedang lampu led memerlukan tegangan untuk bisa menyala sekitar 1,6 volt.

Tabel 4.1 Hasil uji percobaan

Prototype PLTM	Tegangan (V)	Keterangan
Prototype type 1	1,2-1,4	Lampu led tidak menyala karena tegangan yang di hasilkan motor kurang dari 1,6 vol.
Prototype type 2	1,3-1,4	Lampu led tidak menyala karena tegangan yang di hasilkan motor kurang dari 1,6 vol.

Sumber: penulis2019

4.3 Analisa Perhitungan

Untuk mengetahui besarnya fluksi yang di timbulkan medan magnet pada magnet permanen dapat ditentukan menggunakan rumus

$$\Phi = B \cdot A$$

Jadi $\Phi = ?$

$$B = 364,13 \cdot 10^{-7} \text{ T}$$

$$A = 0,0725 \text{ m}$$

$$\Phi = B \cdot A$$

$$\Phi = 364,13 \cdot 10^{-7} \cdot 0,0725 \text{ m}$$

$$= 26,4 \cdot 10^{-7}$$

$$= 0,000000264 \text{ wb}$$

Untuk menghitung rumus medan magnet yang di timbulkan oleh lilitan magnet permanen sebagai stator dapat di tentukan dengan rumus

$$B = \frac{\mu \cdot I \cdot N}{2\pi a}$$

Jadi $B = ?$

$$a = 0,0725$$

$$\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$$

$$I = 0,3 \text{ A}$$

$$N = 44$$

$$B = \frac{\mu \cdot I \cdot N}{2\pi a}$$

$$B = \frac{(4\pi \times 10^{-7}) \times 0,3 \times 44}{2\pi a}$$

$$B = \frac{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 0,3 \times 44}{2 \times 3,14 \times 0,0725}$$

$$B = \frac{12,56 \times 10^{-7} \times 0,3 \times 44}{0,4553}$$

$$B = \frac{165,79 \times 10^{-7}}{0,4553}$$

$$B = 364,13 \times 10^{-7}$$

Untuk mencari jari-jari pada magnet permanen sebagai stator dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Dik : } R_1 = 8 \text{ cm} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 0,08 \text{ m}^2$$

$$R_2 = 6,5 \text{ cm} = 6,5 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 0,065 \text{ m}^2$$

Dit : A ?

$$\begin{aligned} \text{Jawab : } A &= \frac{1}{2} \times (R_1 + R_2) \\ &= \frac{1}{2} \times (0,08 + 0,065) \\ &= 0,0725 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui besarnya tegangan yang di timbulkan medan magnet pada magnet permanen yang dililiti dengan kumparan dapat ditentukan menggunakan rumus

$$N_p/N_s = V_p/V_s$$

$$V_s = (N_s/N_p) \times V_p$$

Dik : N_s : 24 lilitan

N_p : 25 lilitan

V_p : 5,3 volt

$$V_s = (N_s/N_p) \times V_p$$

$$= (24 / 25) \times 5,3$$

$$= 0,96 \times 5,3$$

$$= 5,1 \text{ volt}$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat di ambil dari penelitian atau tugas akhir ini adalah :

1. Pembangkit listrik tenaga magnet dirangkai dengan cara memasang magnet neodim pada kaset dvd.
2. magnet stator yang di beri 25 lilit dan di beri tegangan 12 volt akan membangkitkan medan magnet.
3. memberikan penggerak mula dengan tegangan 9 volt pada motor 3,7 volt.

5.2 Saran

Pembuatan pembangkit listrik tenaga magnet dengan gaya tolak menolak magnet permanen ini belum sepenuhnya sempurna karna masih memiliki kekurangan dan kendala. Adapaun saran untuk proses modifikasi pembangkit listrik tenaga magnet sebagai berikut:

1. Saat merancang alat, sebaiknya spesifikasi alat benar-benar di perhitungkan agar pada saat proses perancang sesuai dengan apa yang di inginkan. Dan mengetahui apa yang dimaksud dengan hukum kekekalan dan hukum fareday. agar dapat mengetahui pembangkit tersebut dapat berjalan atau tidak.

2. Pembuatan pembangkit listrik tenaga magnet diharapkan melakukan penelitian yang lebih besar . membuat magnet stator yang lebih besar dan lilitan yang cukup banyak serta menggunakan motor yang lebih besar serta penggerak mula yang lebih besar juga.
3. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dan mengembangkan penelitian ini dengan melihat aspek atau melihat faktor kawat penghantar , jumlah lilitan , dan membesarkan nilai fluksi sehingga dapat menggerakkan pembangkit listrik tenaga magnet.

DAFTAR PUSTAKA

- Batubara, Supina, Sri Wahyuni, and Eko Hariyanto. "Penerapan Metode Certainty Factor Pada Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Dalam." Seminar Nasional Royal (SENAR). Vol. 1. No. 1. 2018.
- Fakhrunnisa, R. (2015) 'TEORI GENERATOR SINKRON', *POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA*.
- Kusumandaru, D. (2015) , *Listrik, Generator Pembangkit*.
- Herdianto, H. (2018). Perancangan Smart Home dengan Konsep Internet of Things (IoT) Berbasis Smartphone. *Jurnal Ilmiah Core IT: Community Research Information Technology*, 6(2).
- I Nyoman Bagia & I Made Parsa Cetakan 1, Tahun 2018, MOTOR-MOTOR LISTRIK, CV RASI RABIT*
- Lubis, A., & Batubara, S. (2019, December). Sistem Informasi Suluk Berbasis Cloud Computing Untuk Meningkatkan Efisiensi Kinerja Dewan Mursyidin Tarekat Naqsyabandiyah Al Kholidiyah Jalaliyah. In *Prosiding SiManTap: Seminar Nasional Matematika dan Terapan (Vol. 1, pp. 717-723)*.
- Marsudi, 2005 (2005) .
- Mochtar Wijaya,S.T(2001)'DASAR-DASAR MESIN LISTRIK'.Jakarta
- Muttaqin, Muhammad. "Analisa pemanfaatan sistem informasi eoffice pada universitas pembangunan panca budi medan dengan menggunakan metode utaut." *Jurnal Teknik dan Informatika* 5.1 (2018): 40-43.
- Nave (no date) 'Judul', *Jurnal Teknik Mesin Universitas Jendral Achmad Yani Sains Dan Teknologi Dalam Penanganan*, 2005.
- Nugroho, K. A. (2007) 'Pemanfaatan Gaya Tolak Menolak Magnet Sebagai Generator Alternatif Bertenaga Gelombang Air', *SEMINAR NASIONAL MIPA YOGYAKARTA*, pp. 1–9.

Perwitasari, I. D. (2018). Teknik Marker Based Tracking Augmented Reality untuk Visualisasi Anatomi Organ Tubuh Manusia Berbasis Android. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 1(1), 8-18.

Rahim, R., Aryza, S., Wibowo, P., Harahap, A. K. Z., Suleman, A. R., Sihombing, E. E., ... & Agustina, I. (2018). Prototype file transfer protocol application for LAN and Wi-Fi communication. *Int. J. Eng. Technol.*, 7(2.13), 345-347.

Ramadhani, S., Suherman, S., Melvasari, M., & Herdianto, H. (2018). Perancangan Teks Berjalan Online Sebagai Media Informasi Nelayan. *Jurnal Ilmiah Core IT: Community Research Information Technology*, 6(2).

Sitepu, N. B., Zarlis, M., Efendi, S., & Dhany, H. W. (2019, August). Analysis of Decision Tree and Smooth Support Vector Machine Methods on Data Mining. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1255, No. 1, p. 012067). IOP Publishing.

SETIAWAN, A. (2016) 'DESAIN GENERATOR LINIER MAGNET PERMANEN JENIS NEODYMIUM', *UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA*.

Stubberdgard, 2014 (2014) .

Suherman, S., & Khairul, K. (2018). Seleksi Pegawai Kontrak Menjadi Pegawai Tetap Dengan Metode Profile Matching. *IT Journal Research and Development*, 2(2), 68-77.

Suryatmo (1995) 'Teknik Listrik Arus Searah', *Teknik Listrik Arus Searah. Jakarta: Bumi Aksara*.

Suyoso (2003) 'Common Textbook Listrik Magnet', *Jakarta: JICA IMSTEP*.

Tasril, V., Khairul, K., & Wibowo, F. (2019). Aplikasi Sistem Informasi untuk Menentukan Kualitas Beras Berbasis Android pada Kelompok Tani Jaya Makmur Desa Benyumas. *Informatika*, 7(3), 133-142.

Utomo, R. B. (2019). Aplikasi Pembelajaran Manasik Haji dan Umroh berbasis Multimedia dengan Metode User Centered Design (UCD). *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)*, 3(1), 68-79.

Zakinah Nur Sabri, 2016 (2016) , *Pengembangan plt panas bumi*.