



UNIVERSITAS INDONESIA

RANCANG BANGUN MODEL SENJATA MAGNET

SKRIPSI

NASRUL NABIL SANGADJI

0906602931

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

DEPOK

JUNI 2012



UNIVERSITAS INDONESIA

RANCANG BANGUN MODEL SENJATA MAGNET

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Teknik

NASRUL NABIL SANGADJI

0906602931

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

DEPOK

JUNI 2012

PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Nasrul Nabil Sangadji

NPM : 0906602931

Tanda Tangan : 

Tanggal : 5 Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Nasrul Nabil Sangadji

NPM : 0906602931

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Rancang Bangun Model Senjata Magnet

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr.Ir. Arman Djohan D

(.....)

Penguji : Prof. Ir. Harry Sudibyo DEA

(.....)

Penguji : Dr. Ir. Purnomo Sidi Priambodo M.Sc.

(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 5 Juli 2012

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkah dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa tanpa bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, dimulai dari masa perkuliahan sampai dengan penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi tepat pada waktunya. Untuk itu saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr.Ir. Arman Djohan D selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
2. Orang tua dan keluarga yang telah banyak memberikan bantuan dukungan baik secara moral maupun material.
3. Sahabat, baik di lingkungan kampus maupun pergaulan yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT. berkenan membalas setiap kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat untuk pengembangan ilmu kedepannya.

Depok, 5 Juli 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawahini :

Nama : Nasrul Nabil Sangadji
NPM : 0906602931
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“RANCANG BANGUN MODEL SENJATA MAGNET”

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 5 Juli 2012

Yang menyatakan



(Nasrul Nabil Sangadji)

ABSTRAK

Nama : Nasrul Nabil Sangadji
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Rancang Bangun Model Senjata magnet

Pada skripsi ini dilakukan perancangan model senjata magnet dengan kapasitor dan lilitan yang berbeda-beda. Perancangan ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara kapasitor dan lilitan yang berbeda-beda terhadap kecepatan peluru senjata magnet. Nilai kapasitor dan lilitan ini mempengaruhi kecepatan peluru pada senjata magnet. Dengan menggunakan tegangan 32V dan dengan $N_{\text{lilitan}} = 72$, kecepatan peluru dengan menggunakan kapasitor 37,6 mF adalah sebesar 10,75m/s. Sedangkan untuk tegangan yang sama dengan $N_{\text{lilitan}} = 102$ dan kapasitor 70mF kecepatan peluru sebesar 18,18m/s. Semakin besar nilai kapasitansi dan induktansi maka kecepatan peluru akan semakin tinggi.

Kata kunci : Pistol, Magnet, Lilitan, Kapasitor

ABSTRACT

Name : Nasrul Nabil Sangadji
Study Program : Electrical Engineering
Tittle : Design and Realization of Magnetic Gun Model

A coil gun model with different value capacitor dan inductor were designed in this final project. This design aims to determine the ratio between different value of capacitor and inductor to the projectile velocity. Value of capacitor and inductor affect the projectile velocity. Using 32 VDC battery, 37.6 mF capacitor and $N_{\text{coil}}=72$, the projectile velocity is 10,75 m/s. With the same battery, 70mF and $N_{\text{coil}}=102$, the projectile velocity. is 18,18 m/s. The more value of inductor and capacitor, the more projectile velocity.

Key word: Gun, Magnetic, Coil, Capacitor

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
 BAB 1 PENDAHULUAN.	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	1
1.3 Batasan Masalah	1
1.4 Metodologi Penulisan	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 3
2.1 Senjata magnet.....	3
2.2 Elektromagnet.....	6
2.2.1 Induktansi	9
2.2.2 Induktor	11
2.3 Kapasitor	12
2.4 Silicon Controlled Rectifier.....	13
2.5 Dioda Zener	17
 BAB III PERANCANGAN SISTEM	 21
3.1 Skematik dan Cara Kerja Senjata magnet.....	22
3.2 Coil	23
3.3 Kapasitor	23
3.4 SCR	24
3.5 Peluru	24
3.6 Batere dan Saklar	25
 BAB IV DATA DAN ANALISA	 26
4.1 Data Pengukuran	26
4.2 Analisa Data	28
 BAB 5 KESIMPULAN	 32
DAFTAR PUSTAKA	33

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1.	Cara Kerja Senjata magnet.....	3
Gambar 2.2.	Skematik Senjata magnet Tipe Single Stage.....	4
Gambar 2.3.	Skematik Senjata magnet Menggunakan Kapasitor	5
Gambar 2.4.	Skematik Senjata magnet Menggunakan SCR.....	5
Gambar 2.5.	Medan Elektromagnet	6
Gambar 2.6.	GGL Akibat Perubahan Gaya Magnet.....	8
Gambar 2.7.	Lilitan Inti Udara	10
Gambar 2.8.	Multilayer Solenoid	10
Gambar 2.9.	Diagram Multilayer Solenoid.....	11
Gambar 2.10.	Struktur SCR	14
Gambar 2.11.	Visualisasi dengan Transistor.....	15
Gambar 2.12.	Karakteristik SCR.....	16
Gambar 2.13.	Dioda Zener dipasang Forward Bias	17
Gambar 2.14.	Cara Kerja Dioda Zener Pada Forward Bias	18
Gambar 2.15.	Dioda Zener dipasang Reverse Bias	18
Gambar 2.16.	Cara Kerja Dioda Zener Pada Reverse Bias.....	19
Gambar 2.17.	Grafik Karakteristik Dioda Zener.....	19
Gambar 3.1.	Skematik Rangkaian Senjata magnet.....	22
Gambar 3.2.	Pengkabelan Senjata magnet.....	22
Gambar 3.3.	Senjata Magnet	23
Gambar 3.4.	Coil.....	23
Gambar 3.5.	Kapasitor Terhubung Paralel.....	24
Gambar 3.6.	Paku	24
Gambar 3.7.	Posisi Paku Saat Akan Ditembakkan.....	24
Gambar 3.8.	Batere dan Saklar.....	25
Gambar 3.7.	Saklar DPDT	25
Gambar 4.1.	Penempatan Senjata magnet dan Target	26
Gambar 4.2.	Rekaman Suara Peluru.....	26
Gambar 4.3.	Coil N=76.....	29
Gambar 4.4.	Coil N=102.....	29
Gambar 4.5.	Coil N=153.....	30

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1.	Waktu Tempuh Peluru	27
Tabel 4.2.	Kecepatan Peluru	27
Tabel 4.3.	Nilai Input, Output dan Efesiensi	28
Tabel 4.4.	Nilai Kerapatan Fluks Magnet dengan Induktor Inti Udara.....	30
Tabel 4.5.	Nilai Kerapatan Fluks Magnet dengan Induktor Inti Baja	30



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hampir kebanyakan senjata api bekerja dengan prinsip memberikan gaya pada peluru yang keluar dari selongsong pada kecepatan tinggi. Propulsi dari sistem ini adalah dengan cara meledakkan bubuk mesiu sehingga menyebabkan ledakan dibelakang peluru yang telah diposisikan pada selongsong berbentuk tabung yang salah satu sisinya tertutup. Sistem yang beroperasi menggunakan mesiu biasanya berisik dan meninggalkan residu pada selongsong sehingga rentan terhadap kerusakan serta perlu usaha untuk membersihkannya jika digunakan secara terus menerus. Dengan inovasi sistem senjata elektronik maka senjata api bisa digantikan dengan senjata magnet.

Dengan menggunakan senjata magnet, bubuk mesiu dapat kita gantikan dengan propulsi elektromagnetik dengan kecepatan dan energi kinetik yang hampir sama dengan menggunakan bubuk mesiu.

Berdasarkan hal tersebut maka akan dilakukan perancangan model senjata magnet. Senjata magnet ini menggunakan lilitan yang berfungsi untuk akselerasi peluru.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan skripsi ini adalah:

- a. Membuat model senjata tanpa menggunakan mesiu
- b. Membuat senjata yang senyap
- c. Membuat senjata dengan perawatan yang lebih mudah dibanding senjata api biasa

1.3 Batasan Masalah

Dalam skripsi ini membatasi pada hal-hal berikut:

- a. Perancangan model senjata magnet tipe single stage.
- b. Menggunakan peluru dari paku dengan berat 0.3 gram

- c. Induktor menggunakan inti udara
- d. Peluru tidak menggunakan bahan ferromagnetik

1.4 Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penulisan seminar ini adalah dengan studi literatur. Proses yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Merumuskan masalah
2. Mengumpulkan informasi tentang senjata magnet
3. Melakukan perancangan dengan melengkapi perangkat yang dibutuhkan
4. Evaluasi dan perbaikan

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan ini adalah sebagai berikut

Bab 1 Pendahuluan, berisi penjelasan mengenai latar belakang, persamaan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi dan sistematika penulisan laporan seminar

Bab 2 Tinjauan Pustaka, berisi dasar teori yang digunakan dalam analisis dan perancangan pada seminar. Dasar teori yang diangkat antara lain senjata magnet, elektromagnet, kapasitor dan silicon controlled rectifier

Bab 3 Perancangan Sistem, berisi tahapan perancangan sistem,

Bab 4 Berisi data dan analisa

Bab 5 Berisi kesimpulan dan saran

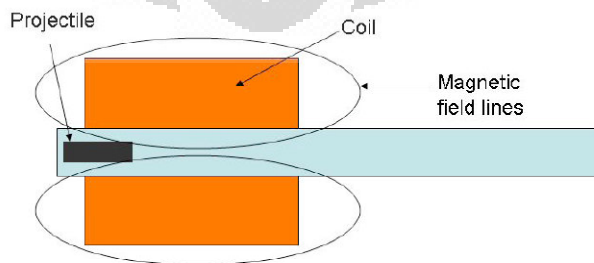
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Senjata magnet

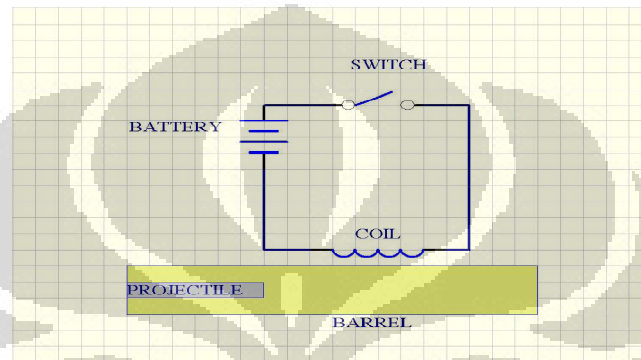
Senjata magnet atau disebut juga coilgun adalah salah satu tipe akselator peluru yang menggunakan satu atau lebih coil sebagai elektromagnet. Pada umumnya senjata magnet terdiri dari beberapa tingkatan coil yang berfungsi untuk mempercepat peluncuran peluru melewati medan elektromagnet. Sayangnya hampir semua model senjata magnet memiliki efisiensi yang sangat rendah. Salah satu contohnya adalah senjata magnet yang berfungsi sebagai mortar yang dibuat oleh DARPA hanya mempunyai efisiensi sebesar 22% dengan energi kinetik sebesar 1,6 Megajoule [1].

Senjata magnet menggunakan medan magnet yang kuat untuk melontarkan peluru ferromagnetik. Arus listrik yang besar dari komponen penyimpanan yang biasanya adalah kapasitor dialirkan ke lilitan yang ditempatkan di sekeliling selongsong peluru sehingga menghasilkan medan magnet yang dibutuhkan untuk akselerasi dari peluru logam. Peluru ditempatkan pada ujung lilitan dan kemudian tertarik ke tengah oleh induksi magnetik. Ketika arus dimatikan maka peluru akan meluncur keluar dari ujung selongsong menuju ke sasaran yang diinginkan. Sistem ini tidak akan menghasilkan suara ketika peluru ditembakkan pada kecepatan dibawah kecepatan suara, selain itu sistem ini juga hanya membutuhkan sedikit perawatan. Semakin banyak lilitan maka kecepatan peluru akan semakin bertambah. Gambar 2.1 adalah gambar bagaimana sistem ini bekerja.



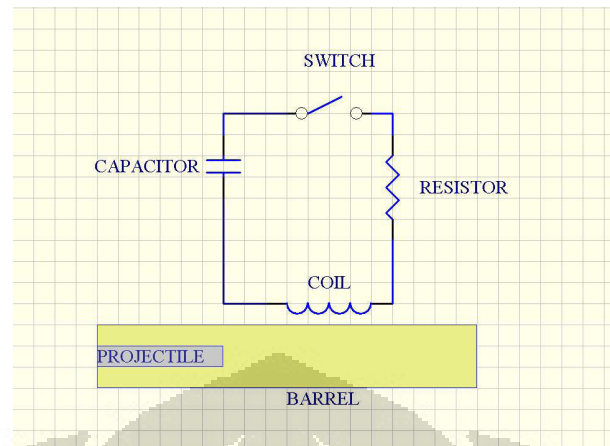
Gambar.2.1. Cara Kerja Senjata magnet

Secara umum, senjata magnet terdiri dari lilitan, ferromagnetik peluru, kapasitor dan SCR sebagai saklarnya. Ada dua tipe senjata magnet yaitu tipe *single-stage* dan tipe *multi stage*[2]. *Single-stage* menggunakan satu kumparan untuk menggerakkan peluru sedangkan *multistage* menggunakan beberapa kumparan yang bertujuan untuk meningkatkan kecepatan dari peluru. Gambar 2.2 adalah contoh skematik sederhana dari senjata magnet tipe single stage.



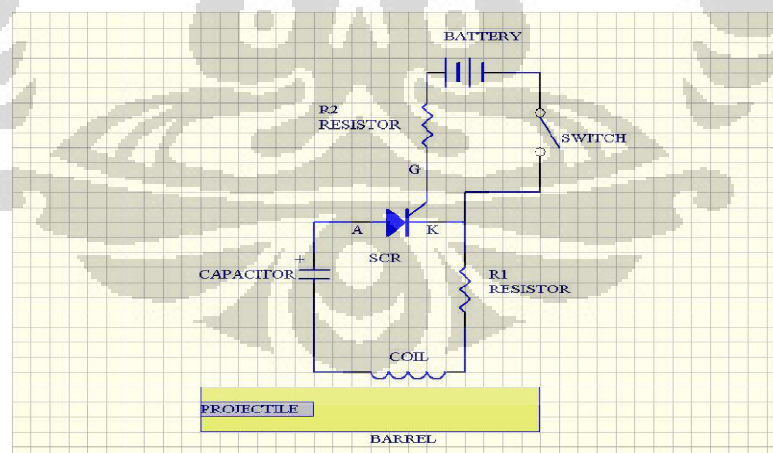
Gambar 2.2. Skematik Senjata magnet Tipe Single Stage

Dengan menggunakan batere dan saklar maka kita membutuhkan timing yang pas dalam mematikan saklar karena jika tidak pas maka peluru bisa berbalik dari arah coil sehingga bisa menyebabkan kecepatan peluru semakin lambat bahkan peluru bisa berbalik arah. Jika batere digantikan dengan kapasitor maka rangkaian bisa hidup dan mati secara otomatis. Kita hanya perlu menempatkan peluru pada jarak yang tepat dari posisi lilitan. Skematik menggunakan kapasitor bisa dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Skematik Senjata magnet Menggunakan Kapasitor

Untuk senjata magnet kita membutuhkan saklar yang dapat ON secara cepat dan mampu menahan arus yang besar. Pada saklar mekanik pada umumnya, kaki-kaki dapat meleleh jika diberi arus yang besar. Salah satu solusinya adalah dengan menggunakan Silicon Controlled Rectifier (SCR). SCR adalah saklar solid state yang dapat ON dalam $2 \mu s$ dan dapat menahan arus besar. SCR dapat menahan rating arus dari ampere sampai kilo ampere. Gambar 2.4 adalah skematik sederhana senjata magnet dengan menggunakan SCR.



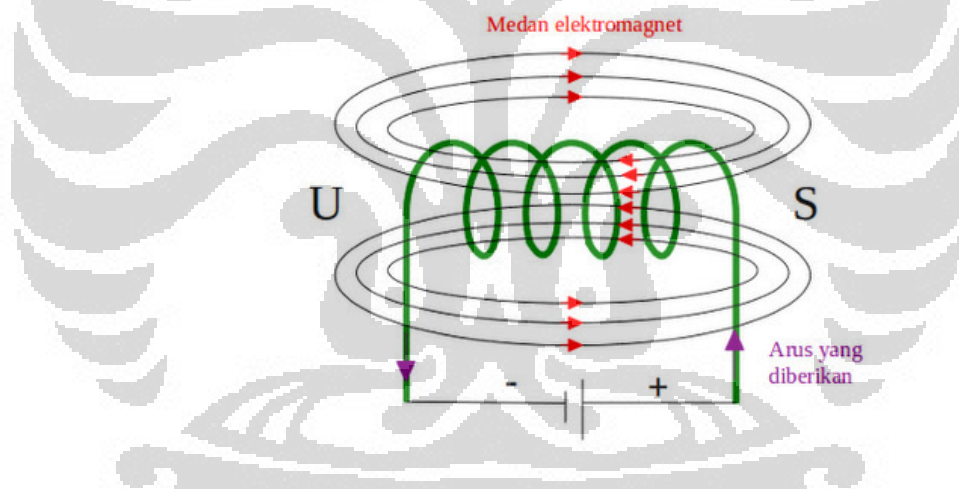
Gambar 2.4 Skematik Senjata magnet Menggunakan SCR

2.2 Elektromagnet

Elektromagnet adalah magnet yang timbul pada suatu penghantar lurus atau kumparan pada waktu dialiri arus listrik. Dari pembahasan arus listrik, kita tahu bahwa elektron didalam kawat, bergerak dari negatif ke positif.

Ketika arus mengalir didalam sebuah kawat, sebuah medan magnet akan terbentuk disekeliling kawat. Medan magnet ini dinamakan medan elektromagnet. Apabila kawat digulung dan dibentuk menjadi kumparan, medan elektromagnet yang dihasilkan akan menyerupai medan magnet dari magnet batangan. Relay merupakan salah satu contoh komponen yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnet.

Medan elektromagnet direpresentasikan oleh garis-garis gaya yang mengindikasikan arah medan didalam dan disekitar kumparan.



Gambar 2.5 Medan Elektromagnet

Medan magnet yang ada di coil akan semakin besar jika jumlah putaran coil semakin banyak. Persamaan dari gambar 2.5. adalah

$$F = IN [3] \quad (2.1)$$

Dimana I adalah arus yang diberikan dan N adalah jumlah putaran coil.

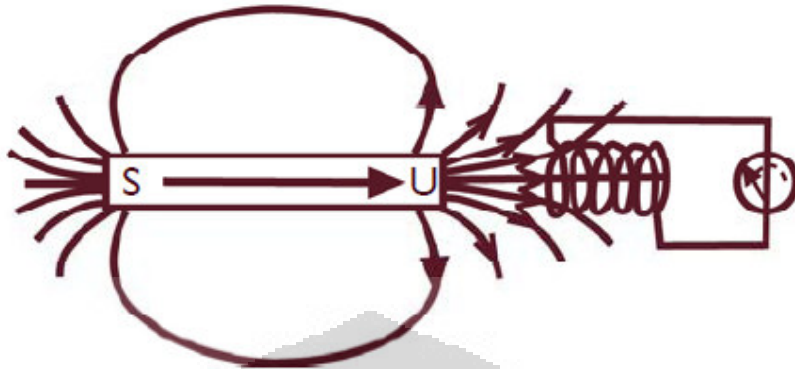
Pada 1831 Faraday (1791-1867) melakukan percobaan-percobaan yang menunjukkan bahwa gejala listrik dapat dibangkitkan dari magnet[4]. **Alat-alat**

yang digunakan Faraday dalam percobaannya adalah gulungan kawat atau kumparan yang ujung-ujungnya dihubungkan dengan galvanometer. Jarum galvanometer mula-mula pada posisi nol.

Percobaan Faraday untuk menentukan arus listrik dengan menggunakan medan magnet, dilakukan antara lain seperti kegiatan di atas. Pada kegiatan tersebut diketahui bahwa ketika kutub utara magnet bergerak ke dalam kumparan maka jarum galvanometer, menyimpang ke kanan. Ketika magnet ditarik dari dalam kumparan maka jarum galvanometer menyimpang ke kiri. Pada saat kutub selatan bergerak masuk ke dalam kumparan, jarum galvanometer akan menyimpang ke kiri, sedangkan ketika kutub selatan ditarik dari dalam kumparan, jarum galvanometer menyimpang ke kanan.

Dari hasil percobaan di atas maka dapat diambil kesimpulan bahwa arus induksi yang timbul dalam kumparan arahnya bolak-balik seperti yang ditunjukkan oleh penyimpangan jarum galvanometer yaitu ke kanan dan ke kiri. Karena arus induksi selalu bolak-balik, maka disebut arus bolak-balik ($AC = Alternating Current$). Faraday menggunakan konsep garis gaya magnet untuk menjelaskan peristiwa di atas. Percobaan Faraday dapat dilihat pada gambar 2.6.

Ketika magnet didekatkan pada kumparan maka gaya yang melingkupi kumparan menjadi bertambah banyak, sehingga pada kedua ujung kumparan timbul gaya gerak listrik (GGL). Ketika magnet dijauhkan terhadap kumparan maka garis gaya yang melingkupi kumparan menjadi berkurang, kedua ujung kumparan juga timbul GGL. Sedangkan saat Magnet diam terhadap kumparan, jumlah garis gaya magnet yang melingkupi kumparan tetap, sehingga tidak ada GGL. Kesimpulan percobaan di atas adalah timbulnya gaya listrik (GGL) pada kumparan hanya apabila terjadi perubahan jumlah garis-garis gaya magnet.



Gambar 2.6. Gaya gerak listrik timbul akibat perubahan garis gaya magnet

Gaya gerak listrik yang timbul akibat adanya perubahan jumlah garis-garis gaya magnet disebut GGL induksi, sedangkan arus yang mengalir dinamakan arus induksi dan peristiwanya disebut induksi elektromagnetik. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi besar GGL induksi yaitu:

1. Kecepatan perubahan medan magnet. Semakin cepat perubahan medan magnet, maka GGL induksi yang timbul semakin besar.
2. Banyaknya lilitan, Semakin banyak lilitannya, maka GGL induksi yang timbul juga semakin besar.
3. Kekuatan magnet Semakin kuat gejala kemagnetannya, maka GGL induksi yang timbul juga semakin besar. Untuk memperkuat gejala kemagnetan pada kumparan dapat dengan jalan memasukkan inti besi lunak.

GGL induksi dapat ditimbulkan dengan cara lain yaitu:

1. Memutar magnet di dekat kumparan atau memutar kumparan di dekat magnet. Maka kedua ujung kumparan akan timbul GGL induksi.
2. Memutus-mutus atau mengubah-ubah arah arus searah pada kumparan primer yang di dekatnya terletak kumparan sekunder maka kedua ujung kumparan sekunder dapat timbul GGL induksi.
3. Mengalirkan arus AC pada kumparan primer, maka kumparan sekunder didekatkan dapat timbul GGL induksi. Arus induksi yang timbul adalah arus AC dan gaya gerak listrik induksi adalah GGL AC.

Dari percobaan percobaannya maka Faraday menurunkan persamaan hukum Faraday yaitu

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (2.2)$$

Selain itu Andre Marie Ampere (1775 – 1836), juga melakukan percobaan mengenai timbulnya gaya mekanis antara dua kawat paralel yang dialiri arus listrik[4]. Besar gaya F dinyatakan secara matematis sebagai

$$F = \frac{\mu l}{2\pi r} I_1 I_2 \quad (2.3)$$

dimana I_1 dan I_2 adalah arus di masing-masing konduktor, l adalah panjang konduktor, dan r menunjukkan jarak antara sumbu kedua konduktor dan besaran μ merupakan besaran yang ditentukan oleh medium dimana kedua kawat tersebut berada.

I_2 dapat dipandang sebagai pembangkit suatu besaran medan magnet di sekeliling kawat yang dialirinya, yang besarnya adalah

$$B = \frac{\mu I_2}{2\pi r} \quad (2.4)$$

Persamaan ini kemudian disederhanakan oleh dua peneliti Perancis yaitu J.B. Biot dan F.Savart menjadi

$$F = B I l \quad (2.5)$$

Persamaan diatas berlaku untuk dua kawat yang sebidang, jika kawat pertama membentuk sudut θ dengan kawat kedua maka persamaannya menjadi

$$F = B I l \sin\theta \quad (2.6)$$

2.2.1 Induktansi

Induktansi adalah kemampuan suatu kumparan untuk menghasilkan ggl akibat perubahan fluks Φ [3]. Jika coil dengan N putaran mengalami perubahan flux magnet tegangan adalah

$$V = N \frac{d\Phi}{dt} \quad (2.7)$$

dimana $d\Phi/dt$ adalah perubahan flux dalam Wb/s. Untuk Tegangan yang dihasilkan pada induktor akibat perubahan arus ditentukan dengan persamaan

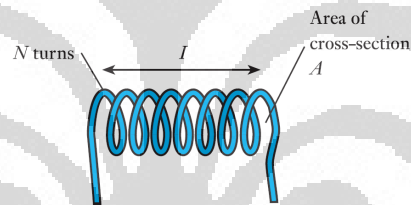
$$V = L \frac{di}{dt} \quad (2.8)$$

Dimana L adalah induktansi coil dengan satuan henry (H).

Kemampuan induktor untuk menyimpan energi magnet ditentukan oleh induktansinya, dalam satuan Henry. Persamaan nilai induktansi untuk solenoid adalah

$$L = \frac{\mu_0 AN^2}{l} \quad [4] \quad (2.9)$$

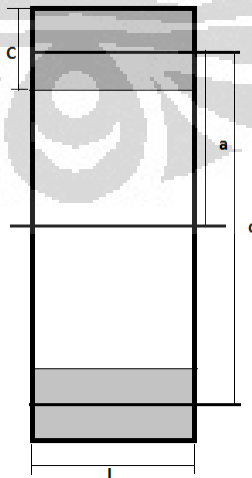
μ_0 adalah permeabilitas vakum dengan nilai $4\pi \times 10^{-7}$, N adalah jumlah putaran lilitan, A adalah luas penampang dan l adalah panjang Solenoid.



Gambar 2.7. Lilitan inti udara

Untuk induktansi Solenoid multilayer maka persamaannya adalah

$$L = \frac{a^2 N^2}{9a + 10l + 8.4c + 3.2cl/a} \quad [5] \quad (2.10)$$



Gambar 2.8. Multilayer Solenoid

2.2.2 Induktor

Arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar menyebabkan adanya medan magnet di sekitar penghantar tersebut. Karena dapat menimbulkan ggl, komponen yang mempunyai induktansi ini dinamakan induktor yang biasanya berupa lilitan kawat seperti Solenoid. Sebagaimana halnya kapasitor yang dapat menjadi media penyimpanan energi listrik, induktor dapat menjadi media penyimpanan energi magnetik.

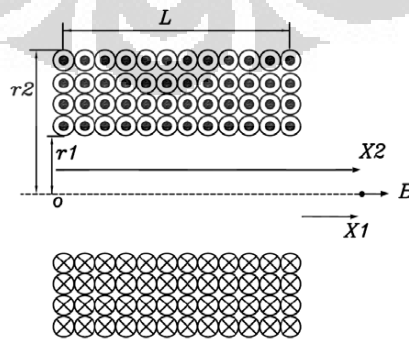
Besarnya medan magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik sebanding dengan besarnya arus listrik. Berikut ini adalah persamaannya

$$B_{kawat panjang} = \left(\frac{\mu_0 I}{2a} \right) \quad (2.11)$$

$$B_{solenoida} = \frac{(\mu_0)NI}{l} \quad [6] \quad (2.12)$$

$$B_{multilayer solenoida} = \frac{\mu_0 IN}{2L(r_2 - r_1)} \ln \frac{\sqrt{r_2^2 + (\frac{l}{2})^2} + r_2}{\sqrt{r_1^2 + (\frac{l}{2})^2} + r_1} \quad [7] \quad (2.13)$$

μ_0 adalah permeabilitas vakum dengan nilai $4\pi \times 10^{-7}$, N adalah jumlah putaran lilitan, I adalah arus dan l adalah panjang Solenoid.



Gambar.2.9. Diagram Multilayer Solenoid

2.3 Kapasitor

Kapasitor (Kondensator) yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf "C" adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Kapasitor ditemukan oleh Michael Faraday. Satuan kapasitor disebut Farad (F). Satu Farad = $9 \times 10^{11} \text{ cm}^2$ yang artinya luas permukaan kepingan tersebut.

Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah konduktor yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya.

Proses pengisian kapasitor dilakukan dengan menghubungkan kapasitor tersebut dengan beda potensial. Muatan yang tersimpan dalam kapasitor berbanding lurus dengan beda potensial yang diberikan

$$Q \approx V \quad (2.14)$$

konstanta kesebandingannya menyatakan kapasitas (kapasitansi) kapasitor untuk menyimpan muatan.

$$Q = CV \quad (2.15)$$

Berarti kapasitansi suatu kapasitor merupakan perbandingan antara muatan yang disimpannya dengan beda potensial antara konduktor-konduktornya.

Ruang antara konduktor pada suatu kapasitor biasanya diisi dengan bahan isolator yang dinamakan dielektrik, misalnya kaca, kertas, mika, dll. Eksperimen yang dilakukan Faraday menunjukkan bahwa adanya dielektrik menyebabkan kapasitansi bertambah. Penambahan kapasitansi ini disebabkan karena adanya

dielektrik mengakibatkan medan listrik di antara kapasitor berkurang. Konstanta dielektrik dapat dikaitkan dengan permitivitas bahan.

$$\varepsilon = K\varepsilon_0. \quad (2.16)$$

Energi yang tersimpan dalam kapasitor Selama proses pengisian kapasitor, muatan positif dipindahkan dari salah satu konduktor (konduktor negatif) ke konduktor lainnya (konduktor positif). Jika muatan sebesar q dipindahkan maka energi potensial muatan tersebut bertambah sebesar qV . Artinya untuk mengisi kapasitor diperlukan sejumlah usaha (energi) yang kemudian disimpan dalam bentuk energi potensial muatan yang berpindah. Energi yang diperlukan untuk memindahkan muatan dq melalui beda potensial V adalah

$$U = Vdq = \frac{q}{c} dq \quad (2.17)$$

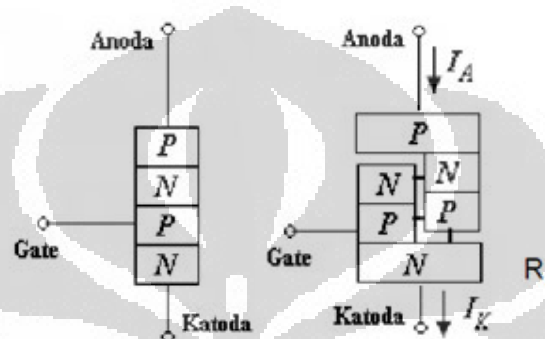
sehingga energi yang diperlukan untuk mengisi muatan sebesar Q adalah

$$\begin{aligned} U &= \int_0^Q du = \int_0^Q Vdq = \int_0^Q \frac{q}{c} dq = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{c} \\ &= \frac{1}{2} \frac{Q^2}{Q/V} = \frac{1}{2} QV \\ &= \frac{1}{2} \frac{CV^2}{c} = \frac{1}{2} CV^2. \quad [8] \end{aligned} \quad (2.18)$$

2.4 Silicon Controlled Rectifier (SCR)

Silicon controlled Rectifier adalah perangkat elektronik yang dirancang agar dapat mengendalikan daya arus bolak-balik hingga 10MW dengan rating arus sebesar 1800 V [9]. Adapun daerah frekuensi kerja SCR dapat mencapai sekitar 50 KHz. SCR dibuat dari bahan konduktor jenis silikon dengan pertimbangan kemampuannya terhadap temperature dan daya yang tinggi. Walaupun bahannya

sama, tetapi struktur P-N junction yang dimilikinya lebih kompleks dibanding transistor bipolar atau MOS. Komponen SCR lebih digunakan sebagai saklar (*switch*) ketimbang sebagai penguat arus atau tegangan seperti halnya transistor. Tahanan dalam dinamis suatu SCR adalah sekitar 0,01 sampai 0,1 ohm sedangkan tahanan reversenya sekitar 100.000 ohm. Struktur SCR dapat dilihat pada gambar 2.10.



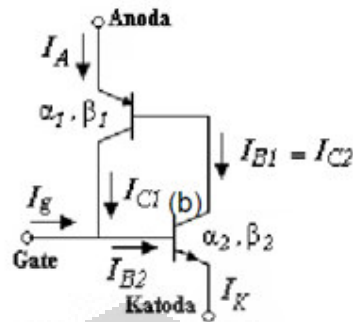
Gambar 2.10 Struktur SCR

Keterangan :

I_A : Arus Anoda

I_K : Arus Katoda

Struktur dasar SCR adalah struktur 4 layer **PNPN** seperti yang ditunjukkan pada gambar-1a. Jika dipilah, struktur ini dapat dilihat sebagai dua buah struktur junction PNP dan NPN yang tersambung di tengah seperti pada gambar-1b. Ini tidak lain adalah dua buah transistor PNP dan NPN yang tersambung pada masing masing kolektor dan base. Jika divisualisasikan sebagai transistor Q1 dan Q2, maka struktur SCR ini dapat diperlihatkan seperti pada gambar-2 yang berikut ini.



Gambar 2.11. Visualisasi dengan transistor

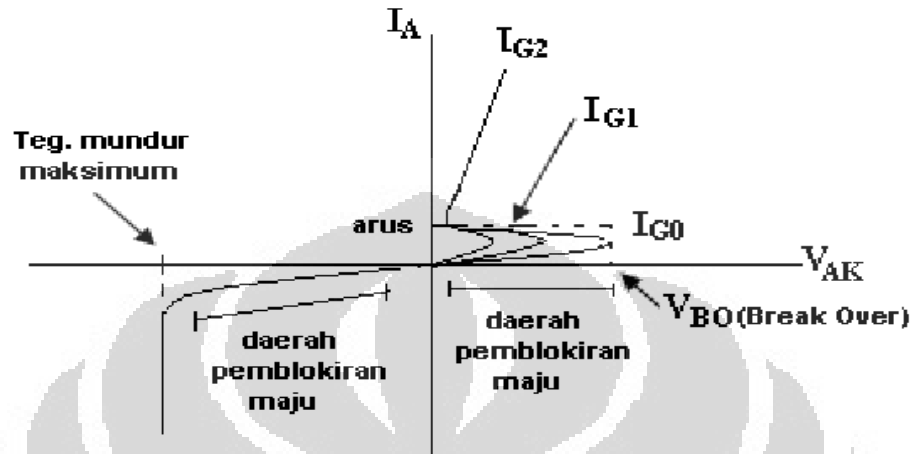
Terlihat di sini kolektor transistor Q1 tersambung pada base transistor Q2 dan sebaliknya kolektor transistor Q2 tersambung pada base transistor Q1. Rangkaian transistor yang demikian menunjukkan adanya loop penguatan arus di bagian tengah. Dimana diketahui bahwa $I_c = \beta I_b$, yaitu arus kolektor adalah penguatan dari arus base.

Jika misalnya ada arus sebesar I_b yang mengalir pada base transistor Q2, maka akan ada arus I_c yang mengalir pada kolektor Q2. Arus kolektor ini merupakan arus base I_b pada transistor Q1, sehingga akan muncul penguatan pada arus kolektor transistor Q1. Arus kolektor transistor Q1 tidak lain adalah arus base bagi transistor Q2. Demikian seterusnya sehingga makin lama sambungan PN dari SCR ini di bagian tengah akan mengecil dan hilang. Tertinggal hanyalah lapisan P dan N dibagian luar.

Jika keadaan ini tercapai, maka struktur yang demikian tidak lain adalah struktur dioda PN (anoda-katoda) yang sudah dikenal. Pada saat yang demikian, disebut bahwa SCR dalam keadaan ON dan dapat mengalirkan arus dari anoda menuju katoda seperti layaknya sebuah dioda.

Melalui kaki (pin) gate memungkinkan komponen ini di trigger menjadi ON, yaitu dengan memberi arus gate. Ternyata dengan memberi arus gate I_g yang semakin besar dapat menurunkan tegangan *breakover* (V_{bo}) sebuah SCR. Dimana tegangan ini adalah tegangan minimum yang diperlukan SCR untuk menjadi ON. Sampai pada suatu besar arus gate tertentu, ternyata akan sangat mudah membuat SCR menjadi ON. Bahkan dengan tegangan *forward* yang kecil sekalipun.

Misalnya 1 volt saja atau lebih kecil lagi. Kurva tegangan dan arus dari sebuah SCR adalah seperti yang ada pada gambar 2.12 yang berikut ini.



Gambar 2.12. Karakteristik V-I SCR

Pada gambar tertera tegangan *breakover* V_{bo} , yang jika tegangan forward SCR mencapai titik ini, maka SCR akan ON. Lebih penting lagi adalah arus I_g yang dapat menyebabkan tegangan V_{bo} turun menjadi lebih kecil. Pada gambar ditunjukkan beberapa arus I_g dan korelasinya terhadap tegangan breakover. Pada datasheet SCR, arus trigger gate ini sering ditulis dengan notasi I_{GT} (*gate trigger current*). Pada gambar ada ditunjukkan juga arus I_h yaitu arus *holding* yang mempertahankan SCR tetap ON. Jadi agar SCR tetap ON maka arus *forward* dari anoda menuju katoda harus berada di atas parameter ini.

Sejauh ini yang dikemukakan adalah bagaimana membuat SCR menjadi ON. Pada kenyataannya, sekali SCR mencapai keadaan ON maka selamanya akan ON, walaupun tegangan gate dilepas atau di *short* ke katoda. Satu-satunya cara untuk membuat SCR menjadi OFF adalah dengan membuat arus anoda-katoda turun dibawah arus I_h (*holding current*). Pada gambar-5 kurva I-V SCR, jika arus forward berada dibawah titik I_h , maka SCR kembali pada keadaan OFF. Berapa besar arus *holding* ini, umumnya ada di dalam datasheet SCR.

Cara membuat SCR menjadi OFF tersebut adalah sama saja dengan menurunkan tegangan anoda-katoda ke titik nol. Karena inilah SCR atau SCR

pada umumnya tidak cocok digunakan untuk aplikasi DC. Komponen ini lebih banyak digunakan untuk aplikasi-aplikasi tegangan AC, dimana SCR bisa OFF pada saat gelombang tegangan AC berada di titik nol.

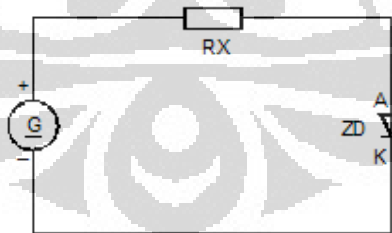
Ada satu parameter penting lain dari SCR, yaitu V_{GT} . Parameter ini adalah tegangan trigger pada gate yang menyebabkan SCR ON. V_{GT} seperti halnya V_{be} , besarnya kira-kira 0.7 volt

2.5. Dioda Zener

Dioda zener berbeda dengan dioda penyearah, dioda zener dirancang untuk beroperasi dengan tegangan muka terbalik (reverse bias) pada tegangan tembusnya, biasa disebut “break down diode”. Jadi katoda-katoda selalu diberi tegangan yang lebih positif terhadap anoda dengan mengatur tingkat dopping, pabrik dapat menghasilkan dioda zener dengan tegangan break down kira-kira dari 2V sampai 200V.

a) Dioda zener dalam kondisi forward bias.

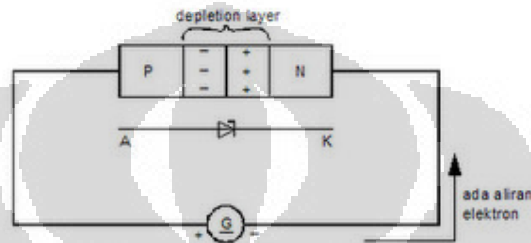
Dalam kondisi forward bias dioda zener akan dibias sebagai berikut: kaki katoda diberi tegangan lebih negatif terhadap anoda atau anoda diberi tegangan lebih positif terhadap katoda seperti gambar berikut.



Gambar 2.13. Dioda Zener dipasang Forward Bias

Dalam kondisi demikian dioda zener akan berfungsi sama halnya dioda penyearah dan mulai aktif setelah mencapai tegangan barrier yaitu 0,7V. Disaat kondisi demikian tahanan dioda (R_z) kecil sekali .

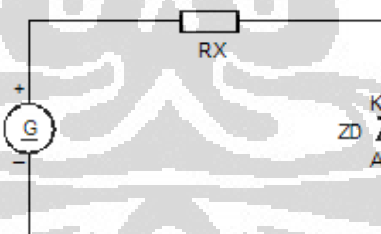
Sedangkan konduktansi ($\frac{\Delta I}{\Delta U}$) besar sekali, karena tegangan maju akan menyempitkan depletion layer (daerah perpindahan muatan) sehingga perlawanannya menjadi kecil dan mengakibatkan adanya aliran elektron. Untuk lebih jelasnya lihat gambar dibawah ini.



Gambar 2.14. Cara Kerja Dioda Zener pada Forward Bias

b) Dioda zener dalam kondisi Reverse bias.

Dalam kondisi reverse bias dioda zener kaki katoda selalu diberi tegangan yang lebih positif terhadap anoda.

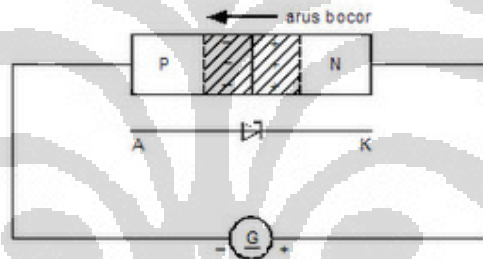


Gambar 2.15. Dioda Zener dipasang Reverse Bias

Jika tegangan yang dikenakan mencapai nilai breakdown, pembawa minoritas lapisan pengosongan dipercepat sehingga mencapai kecepatan yang cukup tinggi untuk mengeluarkan elektron valensi dari orbit terluar. Elektron yang baru dibebaskan kemudian dapat menambah kecepatan cukup tinggi untuk membebaskan elektron valensi yang lain. Dengan cara ini kita memperoleh longsor elektron bebas. Longsor terjadi untuk tegangan reverse yang lebih besar dari 6V atau lebih.

Efek zener berbeda-beda bila dioda di-doping banyak, lapisan pengosongan amat sempit. Oleh karena itu medan listrik pada lapisan pengosongan amat kuat. Jika kuat medan mencapai kira-kira 300.000 V persentimeter, medan cukup kuat untuk menarik elektron keluar dari orbit valensi. Penciptaan elektron bebas dengan cara ini disebut breakdown zener.

Efek zener dominan pada tegangan breakdown kurang dari 4 V, efek longsor dominan pada tegangan breakdown yang lebih besar dari 6 V, dan kedua efek tersebut ada antara 4 dan 6 V. Pada mulanya orang mengira bahwa efek zener merupakan satu-satunya mekanisme breakdown dalam dioda. Oleh karenanya, nama “dioda zener” sangat luas digunakan sebelum efek longsor ditemukan. Semua dioda yang dioptimumkan bekerja pada daerah breakdown oleh karenanya tetap disebut dioda zener.

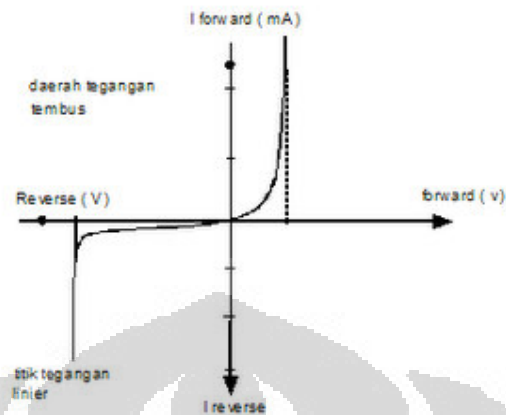


Gambar 2.16. Cara Kerja Dioda Zener pada Reverse Bias

Didalam reverse mulai aktif, bila tegangan dioda (negatif) sama dengan tegangan zener dioda, atau dapat dikatakan bahwa didalam daerah aktif reverse ($\frac{\Delta I}{\Delta U}$) konduktansi besar sekali dan sebelum aktif ($\frac{\Delta I}{\Delta U}$) konduktansi kecil sekali.

c) Karakteristik Dioda zener.

Jika digambarkan kurva karakteristik dioda zener dalam kondisi forward bias dan reverse bias adalah sebagai berikut.



Gambar 2.17 Grafik Karakteristik Dioda Zener

Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa karakteristik dioda zener untuk forward sama dengan dioda rectifier (penyearah) dan mulai aktif setelah tegangan 0,7 Volt.

Di daerah reverse mulai aktif, bila tegangan dioda (negatif) sama dengan tegangan zener dioda (5,6V). Dalam daerah aktif (forward dan reverse) $\frac{\Delta I}{\Delta U}$ besar, setelah dan sebelum aktif $\frac{\Delta I}{\Delta U}$ kecil sekali.

BAB III

PERANCANGAN SISTEM SENJATA MAGNET

Senjata magnet yang akan dibuat ini bekerja dengan menggunakan baterai 9V. Senjata magnet menggunakan kapasitor yang akan diisi selama beberapa detik. Kemudian muatan listrik yang tersimpan di kapasitor akan dilepaskan dengan cepat. Muatan listrik dilepaskan menuju lilitan kawat sehingga akan tercipta medan magnet yang akan menarik benda besi yang ditempatkan di dekat lilitan.

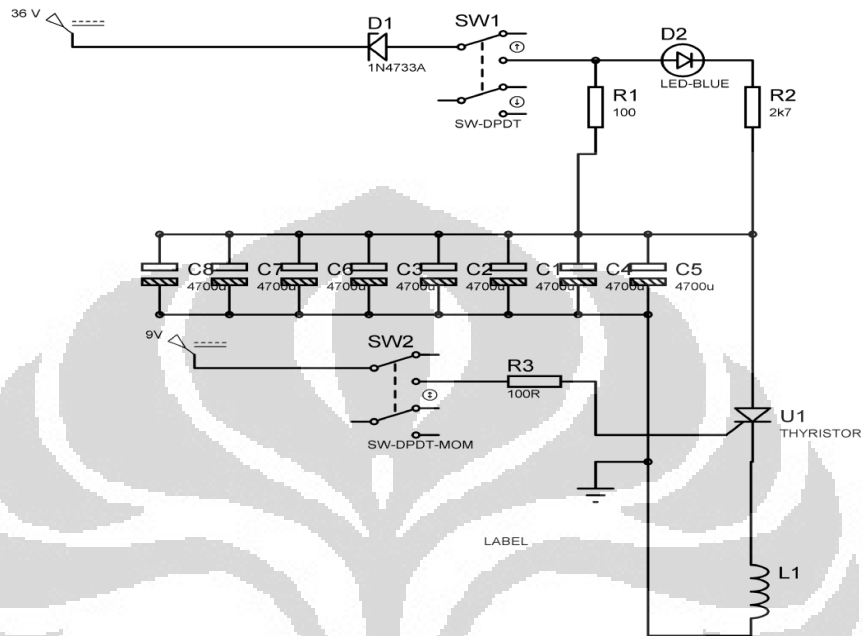
Kawat yang digunakan sebagai lilitan adalah kawat tembaga digulung pada tabung. Tabung yang digunakan disini adalah pulpen yang sudah tidak terpakai. Peluru dari senjata magnet ini akan ditempatkan di dalam tabung sehingga ketika senjata magnet bekerja, peluru akan meluncur melalui tabung ini. Karena kapasitor dikosongkan dengan sangat cepat maka medan magnet yang tercipta di sekeliling lilitan pun hanya sesaat sehingga peluru akan meluncur tanpa tertahan di tengah-tengah medan magnet.

Senjata magnet dikontrol oleh saklar dengan tiga posisi. Ketika saklar di posisi tengah maka kondisi pistol dalam keadaan off. Ketika saklar ditekan ke depan maka kapasitor akan memulai pengisian. Ketika Saklar ditekan ke belakang maka kapasitor akan langsung mengosongkan muatan dan membuat medan magnet sesaat pada lilitan.

Komponen yang dibutuhkan diantaranya adalah

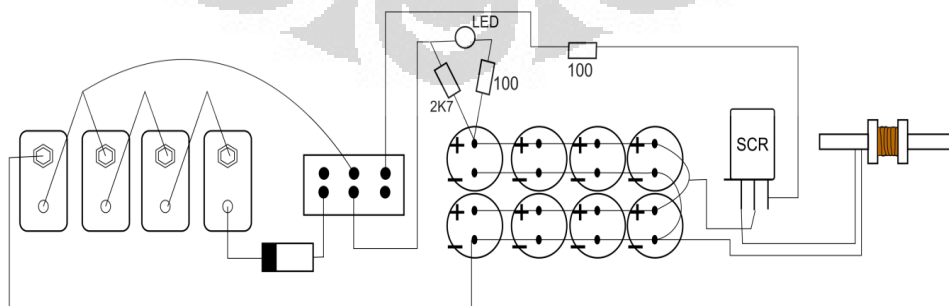
- Saklar 6 Kaki ON-OFF-ON
- Kapasitor Elektrolit 4700 μ F 35V Delapan Buah
- Kawat Tembaga
- Baterai 9V Empat Buah
- SCR
- Resistor 100 Ω 2 Buah
- Resistor 2,7K Ω 1 Buah
- LED 1 Buah
- Dioda Zener 5,1 V 1 Buah

3.1. Skematik dan Cara Kerja Senjata magnet

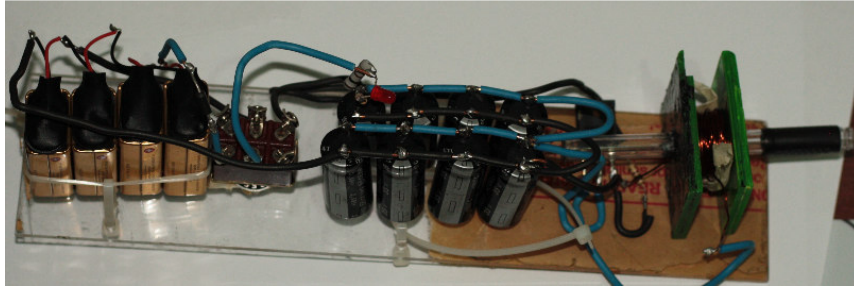


Gambar 3.1. Skematik Rangkaian Senjata magnet

Ketika SW1 dihubungkan maka kapasitor akan mulai mengisi yang akan ditandai dengan LED yang menyala. Saat kapasitor telah penuh maka LED akan mati. Saat SW2 dihubungkan maka akan memberi tegangan pada gate SCR sehingga akan membuat induktor bekerja dan menghasilkan medan magnet sesaat. Medan magnet ini kemudian akan menarik dan meluncurkan peluru yang ada didalam tabung. Untuk pengkabelan dapat dilihat pada gambar 3.2



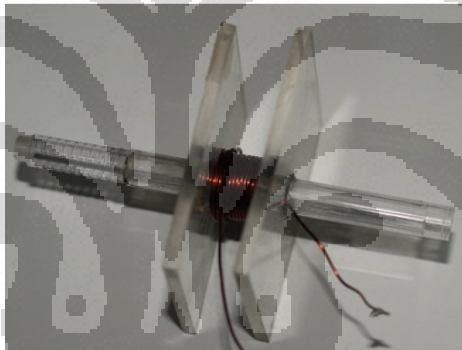
Gambar 3.2. Pengkabelan Senjata magnet



Gambar 3.3. Senjata Magnet

3.2. Coil

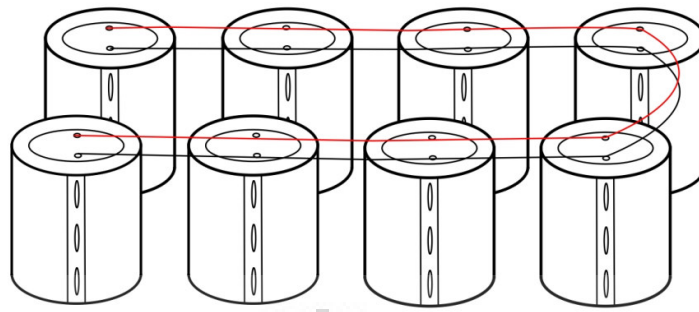
Kawat tembaga digulung pada pulpen bekas dengan panjang gulungan sekitar 1,5 cm. Penyangga lilitan menggunakan mika yang dilubangi bagian tengahnya. Lilitan yang digunakan menggunakan 3 variasi jumlah lilitan yaitu 76 lilitan, 102 lilitan dan 157 lilitan. Gunakan selotip untuk menahan lilitan pada tempatnya. Gambar 3.4 menunjukkan coil yang digunakan.



Gambar 3.4. Coil

3.3. Kapasitor

Kapasitor yang digunakan disini ada rangkaian kapasitor. Rangkaian paralel delapan kapasitor $4700\ \mu\text{F}$ 35 V dan rangkaian paralel tujuh kapasitor $10000\ \mu\text{F}$ 35V. Gambar 3.3 menunjukkan sambungan kapasitor. Kabel dengan diameter besar digunakan untuk menghubungkan kapasitor sehingga resistansi akan lebih rendah dan muatan yang akan dilepas pada lilitan akan lebih besar.



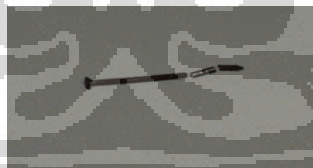
Gambar 3.5. Kapasitor Terhubung Paralel

3.4. SCR

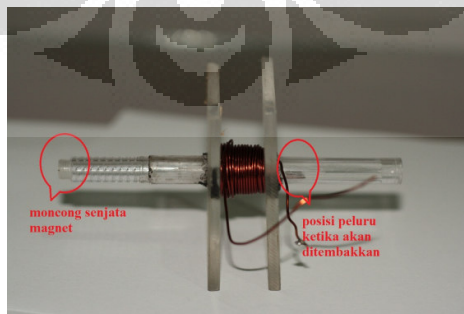
SCR digunakan sebagai pemicu pelepasan muatan pada kapasitor. SCR yang digunakan adalah 4TPS12. SCR ini mampu bekerja pada arus yang besar.

3.5. Peluru

Peluru yang digunakan adalah peluru besi yang berasal dari paku. Paku dengan diameter sekitar 2mm dipotong-potong sepanjang 4mm. Gambar 3.6. menunjukkan paku yang digunakan dan Gambar 3.7 menunjukkan penempatan posisi paku pada senjata magnet.



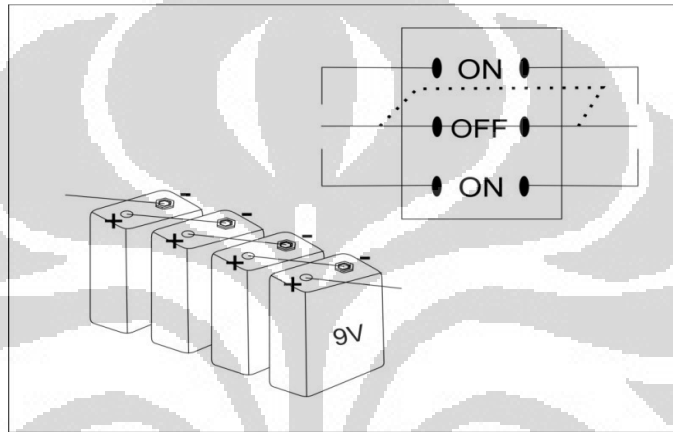
Gambar 3.6. Paku



Gambar 3.7. Posisi Paku Saat Akan Ditembakkan

3.6. Batere dan Saklar

Batere yang digunakan adalah batere 9V sebanyak 4 buah. Batere dihubungkan secara seri sehingga total didapat 36 V. Saklar yang digunakan adalah double throw switch. Di saklar ini terdapat dua saklar yang dioperasikan oleh satu *single lever*. Ketika ditekan ke belakang saklar akan mengisi kapasitor dan ketika ditekan ke depan maka saklar akan melepas muatan kapasitor.



Gambar 3.8. Batere dan Saklar



Gambar 3.9. Saklar DPDT

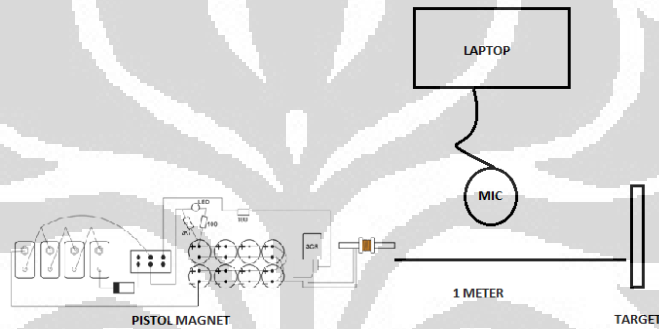
BAB IV

DATA DAN ANALISA

4.1 Data Pengukuran

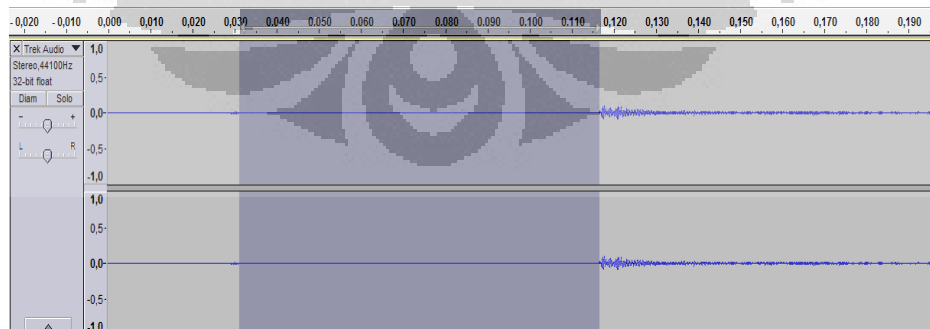
Kecepatan Peluru

Kecepatan peluru diperoleh dengan cara mencari waktu tempuh peluru dalam satu meter. Kemudian dengan menggunakan persamaan $v = \frac{m}{s}$ maka kecepatan peluru bisa didapatkan.



Gambar 4.1. Penempatan Senjata magnet dan Target

Waktu tempuh peluru didapat dengan cara merekam suara saklar ketika kontak dan suara ketika peluru menghantam target. Gambar 4.2 menunjukkan hasil rekaman tersebut.



Gambar. 4.2. Rekaman Suara Peluru Senjata magnet

Dari Gambar 4.2. hasil rekaman tersebut dapat dilihat bahwa daerah yang di blok adalah waktu tempuh peluru untuk mencapai target. Waktu tempuh peluru dengan berbagai kombinasi tegangan, lilitan dan kapasitor dapat dilihat pada tabel 4.1.

V (V)	s (s) C=37600 μ F N=76	s (s) C=37600 μ F N=102	s (s) C=37600 μ F N=153	s (s) C=70000 μ F N=102
11	0.131	0.108	0.096	0.087
16	0.120	0.100	0.087	0.079
21	0.111	0.093	0.079	0.071
26	0.101	0.085	0.070	0.063
32	0.093	0.071	0.062	0.055

Tabel 4.1. Waktu Tempuh Peluru

Dari waktu tempuh maka kita bisa mencari kecepatan peluru. Hasil pengukuran kecepatan peluru dengan berbagai kombinasi nilai tegangan, nilai kapasitor dan jumlah lilitan yang berbeda-beda dapat dilihat pada tabel 4.2.

V (V)	v (m/s) C=37600 μ F N=76	v (m/s) C=37600 μ F N=102	v (m/s) C=37600 μ F N=153	v (m/s) C=70000 μ F N=102
11	7,63	9,26	10,42	11,49
16	8,33	10,00	11,49	12,66
21	9,01	10,75	12,66	14,08
26	9,90	11,76	14,29	15,87
32	10,75	14,08	16,13	18,18

Tabel 4.2. Kecepatan Peluru

4.2. Analisa Data

Efisiensi Senjata magnet

Energi yang tersimpan pada kapasitor didapat dari persamaan:

$$E = \frac{CV^2}{2}$$

$$E = \frac{0.0376 \times 35^2}{2} = 23,03 \text{ Joule untuk kapasitor } 37600 \mu\text{F}$$

$$E = \frac{0.0700 \times 35^2}{2} = 42,8 \text{ Joule untuk kapasitor } 70000 \mu\text{F}$$

Energi pada kapasitor ini adalah energi input. Untuk mencari energi output maka didapat dengan persamaan:

$$E = \frac{mv^2}{2}, \text{ dimana}$$

v = kecepatan tertinggi dari setiap kombinasi

m = berat peluru = 0,3 gram

Setelah nilai input dan output didapatkan maka nilai efisiensi dapat ditentukan dengan persamaan $\frac{\text{nilai output}}{\text{nilai input}} \times 100$. Nilai input, output dan efisiensi dapat dilihat pada tabel 4.3.

Kombinasi	Energi Input (Joule)	Energi Output (Joule)	Efisiensi (%)
C=37600 μF , N=76	23,03	0,035	0,15
C=37600 μF , N=102	23,03	0,060	0,26
C=37600 μF , N=152	23,03	0,078	0,34
C=70000 μF , N=102	42,80	0,099	0,23

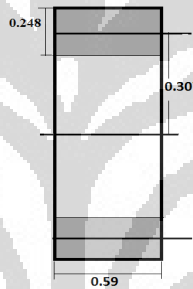
Tabel 4.3. Nilai Input, Output dan Efisiensi

Nilai Induktansi

Terdapat tiga kombinasi lilitan yang digunakan pada senjata magnet ini yaitu 76 lilitan, 102 lilitan dan 153 lilitan. Diameter pada induktor adalah 1 cm dan panjangnya 1,5 cm. Persamaan yang digunakan untuk mendapat nilai induktansi adalah.

$$L = \frac{a^2 N^2}{9a + 10l + 8.4c + 3.2cl/a}$$

Induktansi N = 76



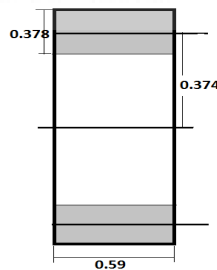
Gambar. 4.3. Coil N=72

$$L = \frac{0.307^2 \times 76^2}{9(0.307) + 10(0.59) + 8.4(0.248) + 3.2(0.248)(0.59)/0.307}$$

$$L = \frac{544.38}{2.76 + 5.9 + 2.08 + 1.52}$$

$$L = 44.4 \text{ mH}$$

Induktansi 102 Lilitan



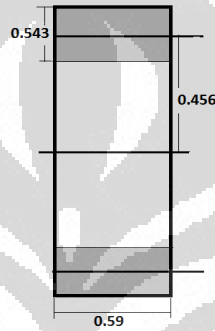
Gambar 4.4. Coil N=102

$$L = \frac{0.374^2 \times 102^2}{9(374) + 10(0.59) + 8.4(378) + 3.2(378)(0.59)/0.374}$$

$$L = \frac{1455.26}{3.4 + 5.9 + 3.17 + 1.9}$$

$$L = 101.2 \text{ mH}$$

Induktansi 153 Lilitan



Gambar 4.5. Coil N=153

$$L = \frac{0.456^2 \times 153^2}{9(0.456) + 10(0.59) + 8.4(0.543) + 3.2(0.543)(0.59)/0.456}$$

$$L = \frac{4867.51}{4.14 + 5.9 + 4.56 + 2.24}$$

$$L = 289.04 \text{ mH}$$

Nilai Kerapatan Fluks Magnet (B)

Nilai kerapatan flux magnet inti udara yang digunakan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$B_{\text{multilayer solenoida}} = \frac{\mu_0 IN}{2L(r_2 - r_1)} \ln \frac{\sqrt{r_2^2 + (\frac{l}{2})^2} + r_2}{\sqrt{r_1^2 + (\frac{l}{2})^2} + r_1}$$

Maka akan didapat nilai kerapatan fluks magnet sebagai berikut

Tegangan (V)	Arus (A)	B _{N=76} (T)	B _{N=102} (T)	B _{N=153} (T)
11	9	2.59	3.00	3.86
16	12.1	3.37	3.89	5.01
21	15.7	4.41	4.78	6.16
26	19.3	4.89	5.65	7.28
32	22.8	6.87	7.93	10.22

Tabel 4.4. Nilai Kerapatan Fluks Magnet dengan Induktor Inti Udara

Jika menggunakan inti induktor bahan ferromagnetik maka persamaannya menjadi

$$B = \frac{\mu IN}{2L(r_2 - r_1)} \ln \frac{\sqrt{r_2^2 + (\frac{l}{2})^2} + r_2}{\sqrt{r_1^2 + (\frac{l}{2})^2} + r_1}$$

Dimana μ adalah nilai permeabilitas inti induktor. Jika menggunakan baja sebagai bahan ferromagnetik maka nilai $\mu = 8.75 \times 10^{-4}$. Nilai kerapatan flux magnet dengan menggunakan bahan ferromagnetik dapat dilihat pada tabel berikut.

Tegangan (V)	Arus (A)	B _{N=76} (T)	B _{N=102} (T)	B _{N=153} (T)
11	9	1808.94	2089.04	2690.01
16	12.1	2347.14	2710.58	3490.34
21	15.7	2885.34	3332.11	4290.677
26	19.3	3408.59	3939.38	5068.77
32	22.8	4783.98	5524.75	7114.07

Tabel 4.5. Nilai Kerapatan Fluks Magnet dengan Induktor Inti Baja

BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisa dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai tegangan, kapasitansi, induktansi mempengaruhi kecepatan peluru. Semakin besar nilai tegangan, kapasitansi dan induktasi maka peluru akan semakin cepat.
2. Efisiensi energi senjata magnet pada rancangan ini sangat kecil yaitu berkisar dari 0,15% sampai 0,34%.
3. Dengan menggunakan peluru dengan bahan ferromagnetik dengan nilai μ yang lebih besar, maka kecepatan peluru akan semakin tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Turman, B.N dan R. J. Kaye . EM Mortar Technology Development for Indirect Fire. Sandia National Laboratories
- [2] KARL P. WILLIAMS. Nuts and Volts. March 2008.
- [3] Chapter 14. Inductance and Magnetic Field.
<ftp://ntftp.pearsoned-ema.com/LongAcre/samplechaps/ftph/0130930466.pdf> diakses pada 12 februari 2012
- [4] Sudaryatno Sudirham. Analisis Rangkaian Listrik Jilid 3. 2010.
- [5] L.G. Dobbie. Chapter 10 Radiotron Designer's Handbook. 1954
- [6] Endarko dan Gatut Yudoyono. Modul Fisika. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.2007
- [7] A. Mossallanejad dan A. Shoulaie. Investigation and Calculation of Magnetic Field in Tubular Linear Reluctance Motor Using FEM. Iran University Science and Technology. Normak. 2010
- [8] David E. Johnson, Johnny R. Johnson, John L. Hilburn, dan Peter D. Scott. Electric Circuit Analysis 3rd Edition, New Jersey: Prentice-Hall International, Inc., 1997.
- [9] Robert Boylestad dan Louis Nashelsky. Electronic Devices and Circuit Theory 7th Edition, New Jersey: Prentice-Hall International, Inc., 1999.