

# Perancangan Peluncur Coil Gun Menggunakan Daya Listrik DC

Rafiuddin Syam dan Andi Amijoyo Mochtar\*

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

\*Corresponding author: andijoyo@unhas.ac.id

**Abstract.** The usage of gunpowder and compressed gas as the main propellant of firearms is commonly used in weapons. The purpose of this study is to design a coil gun launcher using DC (direct current) electric power. The coil gun moves the projectile by means of wires being electrified to create a strong magnetic field along the coil so that there is a magnetic force to accelerate the ferromagnetic projectile. In order to create impulsivity from electric current, large capacity batteries carry high currents through the windings. In order to maximize the acceleration of the projectile, the electric current is ignited when the projectile approaches the coil, but not too long but is stopped before the magnetic center of the coil. The highest efficiency value of the design of the experiments that have been carried out is 12.91%, with 37.2volt voltage. The highest efficiency level is in unit one and then efficiency decreases in unit two with a total efficiency of 3.43%, so it can be concluded that the magnetic force of the next coil affects the velocity of the projectile and affects the energy efficiency of the tool.

**Abstrak.** Penggunaan bubuk mesiu dan gas terkompresi sebagai propelan utama senjata api sangat banyak terpakai pada persenjataan. Tujuan penelitian ini adalah perancangan peluncur coil gun menggunakan daya listrik DC (*direct current*). Coil gun menggerakkan proyektil dengan cara lilitan kabel dialiri listrik untuk menciptakan medan magnet yang kuat sepanjang lilitan sehingga terjadi gaya magnet untuk percepatan pada proyektil *ferromagnetic*. Untuk menciptakan impulsif dari arus listrik, baterai berkapasitas besar mengalirkan arus tinggi melalui lilitan. Guna memaksimalkan percepatan dari proyektil, arus listrik dinyalakan saat proyektil mendekati *coil*, namun tidak terlalu lama tapi dihentikan sebelum pusat magnetik *coil*. Nilai efisiensi tertinggi dari desain dari percobaan yang telah dilakukan adalah 12.91%, Dengan voltase 37.2volt. Efisiensi tertinggi tingkatan terdapat pada unit satu kemudian efisiensi menurun pada unit dua dengan jumlah efisiensi sebesar 3.43%, hingga dapat ditarik kesimpulan bahwa gaya magnetik coil berikutnya mempengaruhi kecepatan dari proyektil dan mempengaruhi efisiensi energi dari alat.

**Kata kunci:** *direct current, coil gun, baterai, ferromagnetic, magnetik coil*

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserve.

---

## Pendahuluan

Penggunaan bubuk mesiu dan gas terkompresi sebagai propelan utama senjata api sangat banyak terpakai pada persenjataan. Konsep utama dari propelan menggunakan bubuk mesiu adalah untuk menyimpan energi dalam bentuk kimia yang kemudian di konversi ke energi kinetik saat akan digunakan. Masalah utama dalam amunisi menggunakan bubuk mesiu adalah keamanan dan penyimpanan serta umur dari amunisi tersebut. Amunisi yang menggunakan mesiu juga sangat rentan dengan perubahan suhu serta kelembapan udara lingkungan. Proses pembakaran bubuk mesiu

di dalam laras dapat menghasilkan suara yang besar saat proses peluncuran proyektil.

Disisi lain perkembangan senjata proyektil sangat pesat dari sejak lama, mulai dari penggunaan panah, *crossbow*, hingga senjata api yang menggunakan bubuk mesiu sebagai *propellant* dan hingga saat ini memasuki inovasi menggunakan *electromagnet* untuk menggantikan pelontar bubuk mesiu. Dengan memanfaatkan gaya magnet yang memiliki beberapa keuntungan dibanding dengan gaya yang dihasilkan oleh reaksi kimia, banyak peneliti profesional dan amatir melakukan riset independen yang berhubungan dengan gaya elektromagnetik sebab

belum ada regulasi yang jelas tentang penelitian atau pembuatan senjata jenis ini [1].

Dengan perkembangan baterai sebagai tempat penyimpanan energi. Potensi penggunaan *electromagnetic launcher* sebagai alternatif dari peluncur propelan gas dan bahan kimia Teknologi peluncur elektromagnetik merupakan suatu gagasan dengan prinsip kerja mengubah energi listrik menjadi energi kinetik yang dipusatkan pada sebuah proyektil yang bergerak lurus hingga mencapai kecepatan tertentu dan memiliki momentum sendiri. Gagasan tentang *electromagnetic launcher* (peluncur elektromagnet) sudah ada sejak tahun 1900, namun tidak dikembangkan. Salah satu usulan tentang penggunaan elektromagnet gun untuk menembakkan benda keluar angkasa baik berupa suplai, satelit, maupun kargo dalam bentuk lain. Terdapat dua jenis bentuk utama dari elektromagnetik gun: *coil gun* (peluncur *coil*) dan *rail gun* (peluncur *rail*). Keduanya dapat meluncurkan proyektil lebih dari kecepatan supersonik [2].

Fokus utama dalam penelitian ini adalah peluncur *coil* yang menggunakan daya listrik DC(*direct current*). *Coil gun* menggerakkan proyektil dengan cara lilitan kabel dialiri listrik untuk menciptakan medan magnet yang kuat sepanjang lilitan yang membiarkan gaya dan percepatan pada proyektil *ferromagnetic* [2]. Untuk menciptakan impulsif dari arus listrik, baterai berkapasitas besar menglirkan arus dengan sangat besar melalui lilitan. Untuk memaksimalkan percepatan dari proyektil, arus listrik dinyalakan saat proyektil mendekati *coil*, namun tidak terlalu lama tapi dihentikan sebelum pusat magnetik *coil*. Untuk menambah kecepatan proyektil ditambahkan beberapa *coil* secara bersusun sepanjang laras proyektil yang harus presisi diaktifkan dan di matikan dengan menggunakan sensor atau saklar mekanik [3].

Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian ini mencoba untuk menguji sekaligus mengembangkan teknologi peluncur elektromagnetik dan mengaplikasikannya.

## Metode Penelitian

**Desain Alat.** Desain *coil gun* ini dimulai dengan mengumpulkan berbagai rancangan *coil gun* yang ditemukan dalam studi literatur. Hampir semua desain yang didapatkan dalam studi literatur menggunakan komponen yaitu sensor elektronik dan microcontroler untuk membaca posisi proyektil, *dc to dc step-up converter* untuk menaikkan voltase, *capacitor* untuk menyimpan

daya dari *dc to dc step-up converter*, dan saklar berupa *Mosfet* atau *SCR(Silicon Control Rectifier)*.

**Metode Perancangan.** Untuk membuat *coil gun* dan laras tentunya terlebih dahulu menentukan dimensi-dimensi laras serta dimensi proyektilnya, diameter kawat magnetik, jumlah lilitan, tingkatan *coil gun*, panjang per satu unit *coil* terbuat dari ABS(3d printer) dan inti besi. Berikut spesifikasi dari *coil gun* yang akan dibuat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Dimensi *coil gun*

No	Nama Bagian	Satuan	Dimensi
1	Diameter dalam laras	mm	5
2	Panjang proyektil	mm	43
3	Panjang per <i>coil</i>	mm	43
4	Panjang kawat magnetik per <i>coil</i>	mm	13200
5	Jumlah lilitan per <i>coil</i>		10
6	Tingkatan <i>coil gun</i>		7
7	Panjang laras <i>coil gun</i>	mm	640

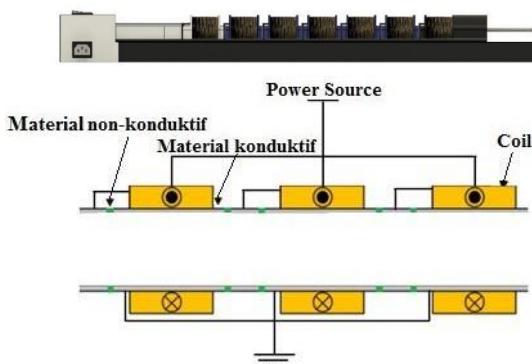
Memotong pipa besi yang digunakan sebagai inti(*core*) *coil gun* sama dengan panjang proyektil yang akan dipakai sebanyak 7(tujuh) bagian, dan memotong pipa besi sebagai dengan jarak antar *coil* sebanyak 6(enam) bagian.

Menggambar bagian-bagian pembatas antar unit *coil* menggunakan perangkat lunak *Fusion 360*. Setelah itu gambar kemudian di export ke dalam format *stl*. Kemudian file *stl* tersebut diproses perangkat lunak *Simplify3D* untuk mendapatkan mendapatkan file *gcode* dari gambar, yang akan dibuat dalam printer 3D. Selanjutnya, merakit pipa besi di antara bagian-bagian pembatas unit *coil*.

Dari gambar desain yang telah dibuat sebelumnya dengan ukuran pipa besi yang digunakan sebagai *core* dan pipa besi yang berada pada di antara *coil*. Proses pemasangan di atas dilakukan pada setiap bagian-bagian pembatas unit *coil*, proses tersebut dilakukan sesuai desain awal yang telah ditentukan. Kawat solenoid kemudian dililitkan pada bagian *core coil* mengikuti bagian pembatas pada unit *coil*.

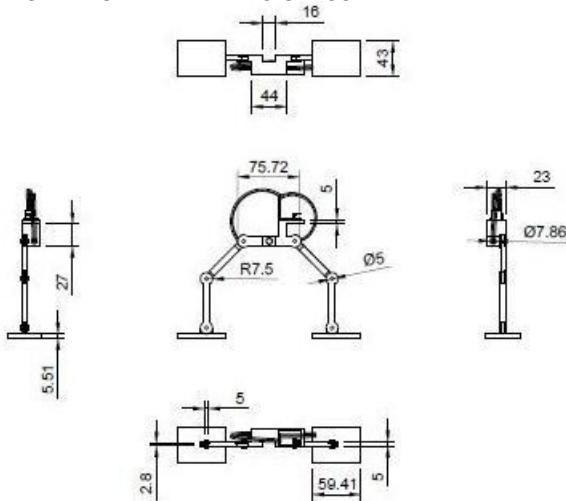
Setelah pemasangan kabel selesai maka langkah selanjut adalah memasang saklar pada *coil gun*. Saklar khusus yang digunakan sudah dilengkapi dengan *socket* untuk menghubung *coil gun* dengan baterai. Kabel positif dan negatif

kemudian dihubungkan pada saklar seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 1** di bawah ini.



**Gambar 1.** Desain coil gun

Berikutnya adalah perancangan sensor kecepatan yang akan digunakan untuk mengukur kecepatan proyektil sepanjang lintasan seperti pada **Gambar 2**. Dengan spesifikasi utama yaitu memiliki jarak antara *IR receiver* dan *IR emitter*. Jarak antara *IR receiver* dan *IR emitter* tersebut yang kemudian akan dilewati oleh proyektil yang memberikan sinyal ke dalam adruino untuk menghitung waktu selang gangguan.



**Gambar 2.** Desain sensor kecepatan

Sensor yang akan digunakan untuk mengukur pengaktifan *coil gun* dan kecepatan proyektil berdasarkan pada penggunaan adruino. Sensor harus dapat membaca waktu pengaktifan dan kecepatan proyektil. Masalah utama dalam percobaan merancang sensor dengan adruino adalah bila sensor menggunakan daya langsung dari adruino kinerja adruino akan melambat oleh karena itu modul sensor harus menggunakan daya external seperti baterai agar performa kecepatan pembacaan adruino tidak terganggu dan tidak mengganggu pembacaan data.

Jalur input yang saya pilih untuk adruino adalah:

### 1. Hall effect sensor

*Hall effect sensor* adalah sensor yang biasa digunakan pada brushless dc motor untuk membaca posisi rotor. Sensor *hall effect* pada dasarnya terdiri dari potongan tipis semikonduktor yang bertipe P dengan bentuk persegi panjang. Bahan semikonduktor yang digunakan biasanya adalah *gallium arsenide* (GaAs), *indium antimonide* (InSb), *indium phosphide* (InP) atau *indium arsenide* (InAs). Potongan tipis semikonduktor tersebut dilewati oleh arus listrik secara berkesinambungan (terus-menerus). Ketika didekatkan dengan medan magnet atau ditempatkan pada lokasi yang bermedan magnet, garis fluks magnetik akan menggunakan gaya pada semikonduktor tersebut untuk mengalihkan muatan pembawa (elektron dan holes) ke kedua sisi pelat semikonduktor. Gerakan pembawa muatan ini merupakan hasil dari gaya magnet yang melewati semikonduktor tersebut. Karena Elektron dan Holes bergerak masing-masing ke kedua sisi semikonduktor, maka akan timbul perbedaan potensial diantara kedua sisi tersebut. Pergerakan elektron yang melalui bahan semikonduktor ini dipengaruhi oleh adanya medan magnet eksternal pada sudut atau posisi yang benar. Bentuk yang terbaik agar mendapatkan sudut atau posisi yang tepat adalah menggunakan bentuk persegi panjang yang pipih (*Flat Rectangular*) pada komponen Sensor Hall Effect ini. Peristiwa berbelok atau beralihnya aliran listrik (elektron) dalam pelat konduktor karena pengaruh medan magnet ini disebut dengan Efek Hall (*Hall Effect*).

### 2. LED Infrared Emitter and Receiver

*LED Infrared Emitter* adalah led yang dapat memancarkan cahaya inframerah dengan radiasi elektromagnetik dari 700 nm sampai 1mm.

*LED infrared receiver* yang digunakan adalah photodiode model *Photoconductive*. Photodiode terdiri dari satu lapisan tipis semikonduktor tipe-N yang memiliki kebanyakan elektron dan satu lapisan tebal semikonduktor tipe-P yang memiliki kebanyakan hole. Lapisan semikonduktor tipe-N adalah Katoda sedangkan lapisan semikonduktor tipe-P adalah Anoda. Saat Photodiode terkena cahaya, Foton yang merupakan partikel terkecil cahaya akan menembus lapisan semikonduktor tipe-N dan memasuki lapisan semikonduktor tipe-P. Foton-foton tersebut kemudian akan bertabrakan dengan elektron-elektron yang terikat sehingga elektron tersebut terpisah dari intinya dan menyebabkan terjadinya hole. Elektron terpisah akibat tabrakan dan berada dekat persimpangan PN (PN junction) akan menyeberangi

persimpangan tersebut ke wilayah semikonduktor tipe-N. Hasilnya, Elektron akan bertambah di sisi semikonduktor N sedangkan sisi semikonduktor P akan kelebihan Hole. Pemisahan muatan positif dan negatif ini menyebabkan perbedaan potensial pada persimpangan PN.

## Hasil dan Pembahasan

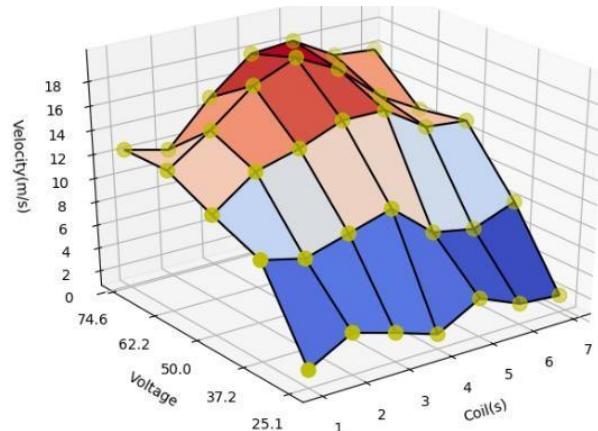
Dari penelitian yang dilakukan, terhadap hasil desain coil gun, proyektil berhasil meluncur meninggalkan laras, sedangkan percobaan dari desain hall effect *sensor* dan sensor kecepatan, data dapat diproses dengan baik oleh arduino dan ditampilkan oleh komputer, seperti yang diperlihatkan pada **Tabel 2** dibawah ini.

**Tabel 2.** Sample coil 1(satu) dengan voltase 50 V

Penjelasan	Dimensi
panjang proyektil (mm)	43
massa proyektil (g)	6.7
waktu optosensor (micros)	4876
kecepatan (cm/micros)	0.000882
kecepatan (m/s)	8.818704
voltase(volt)	50
resistansi kawat (ohm)	4.9
waktu hall effect(milis)	9092

Dari hasil pengambilan data dengan variasi voltase dan tingkatan *coil*, diperoleh kecepatan proyektil, energi kinetik proyektil, dan energi listrik *coil gun* dari proyektil 6.7 g dengan panjang proyektil 41 mm dan resistansi kawat serta sistem magnetik sebesar 4.9 ohm.

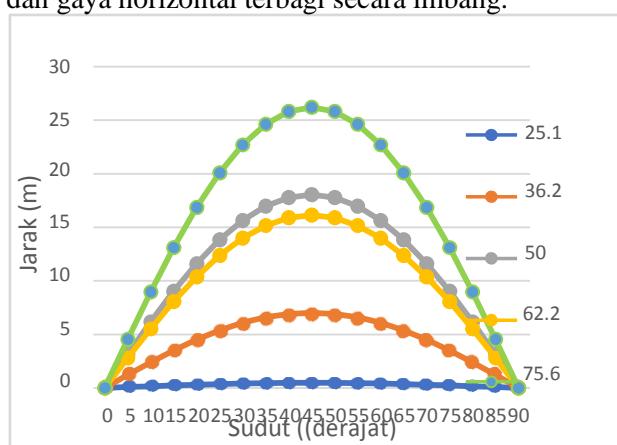
Data yang diperoleh dari timbangan untuk massa proyektil, kecepatan proyektil dari *optosensor*, lama aktif *coil* dari *hall effect* sensor, dan voltase dan resistansi sistem dari amperemeter terhadap jumlah baterai yang digunakan. Ekperiment dilakukan dengan mengambil 10 (sepuluh) data dari setiap aktivasi *coil gun* berdasarkan voltase dan tingkatan *coil*. Selanjutnya data yang diperoleh dikelompokan berdasarkan tingkatan *coil* dan voltase untuk mendapatkan tabel data berupa matriks dengan orde 5x7 sesuai dengan banyaknya tingkatan *coil* dan voltase pengujian(jumlah voltase yang di variasikan X banyak *coil* yang variasikan). Penyajian data dan hasil perhitungan akan ditampilkan dalam bentuk grafik permukaan(*surface*), seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Perubahan kecepatan terhadap jumlah *coil* dan voltase

Jika tingkatan *coil* adalah jumlah unit *coil* yang dilalui oleh proyektil, maka dengan mengukur tingkatan *coil*, voltase dan kecepatan rata-rata akan diperoleh grafik seperti terlihat **Gambar 3**. Pada grafik tersebut terplot voltase dalam sumbu x, tingkatan *coil* ditampilkan sebagai sumbu y, dan sumbu z mewakili kecepatan dalam m/s. Grafik di atas menunjukkan perubahan kecepatan akhir terhadap perubahan voltase dan tingkatan *coil*. Voltase dimulai dari 25.1 volt hingga 70.6 volt dan tingkatan *coil* yang dipakai dimulai dari 1 (satu) hingga 7(tujuh) tingkatan *coil*. Kemudian dari grafik tersebut diketahui bahwa menambah voltase dan tingkatan *coil* tidak tegak lurus terhadap pertambahan kecepatan proyektil.

Pada **Gambar 4**, menunjukkan hubungan antara jarak tempuh proyektil terhadap sudut posisi peluncurannya. Jarak terjauh adalah 26.2 m pada voltase 75.2 volt dengan tingkatan *coil* sebanyak 7(tujuh) unit. Peluncuran pada sudut  $45^\circ$  merupakan pengaturan optimal dari peluncuran proyektil disebabkan pada sudut  $45^\circ$  gaya vertikal dan gaya horizontal terbagi secara imbang.



**Gambar 4.** Jarak tempuh proyektil dari sudut  $0^\circ$  hingga  $90^\circ$

## Kesimpulan

Hasil perancangan dan pembuatan *coil gun* tanpa menggunakan sensor dan *microcontroller* berhasil dengan menggunakan sifat proyektil yang konduktif untuk memutus dan menyambung arus listrik *coil*.

Perubahan Voltase sangat berpengaruh terhadap kecepatan akhir dari proyektil sebab medan akan bertambah seiring dengan pertambahan voltase. Namun bentuk dan konfigurasi *coil* memiliki batasan untuk mengubah energi listrik menjadi medan magnet hingga pada voltase tertentu tergantung dari bentuk dan konfigurasi *coil* sistem akan mengubahnya menjadi energi termal. Untuk *coil* dengan jarak yang sama, ketika percepatan bertambah, kesempatan *coil* memberikan percepatan menurun. Kesempatan proyektil untuk mengubah medan magnet menjadi energi kinetik akan berbanding terbalik dengan kecepatannya dengan jarak *coil* yang sama maka *magnetize* dan *de-Magnetize* akan memperlambat saat *polarity* magnet masih sama dengan magnetisasi dari *coil* sebelumnya sehingga dapat memberikan gaya dengan arah terbalik yang memperlambat kecepatan proyektil.

## Referensi

- [1] Katsumi Masugata, 1997. Hyper velocity acceleration by a pulsed coilgun using traveling magnetic field. IEEE Transaction of Magnetics Journal. Vol.33, no.6, pp. 4434-4438
- [2] Oren Ben Dor, et.al., 2017. Magnetization switching in ferromagnets by adsorbed chiral molecules without current or external magnetic field. Nature Communications. DOI:10.1038/ncomms14567
- [3] Leubner K, et. al. 2015, Advanced model of electromagnetic launcher. Power Engineering and Electrical Engineering Journal. Vol.13, no.3, pp.223-229