

# Desain Sistem Railgun

Putra Ridhan F<sup>1</sup>, Devina Puspita Sari<sup>2</sup>, dan M. Basuki Rahmat<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Pemesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Pemesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Kelistrikan, Jurusan Teknik Pemesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

Email : namidanoao777@gmail.com

## Abstrak

*Railgun adalah sistem peluncur proyektil elektromagnetik yang menggunakan medan magnet dari arus listrik yang mengalir pada dua rel yang disusun paralel untuk mengakselerasikan proyektil dengan memanfaatkan prinsip Gaya Lorentz. Secara teori, Railgun memiliki kelebihan dimana kekuatan dari tembakan yang dilakukan tergantung pada besarnya arus yang mengalir pada rel akselerator tersebut. Oleh karena itu, Railgun menjadi salah satu teknologi yang diharapkan dapat menjadi sistem persenjataan masa depan.*

*Akan tetapi, teknologi railgun pada saat ini masih dalam tahap prototipe. Sistem railgun yang telah dibuat memiliki beberapa kelemahan diantaranya besarnya arus yang dibutuhkan, overheat, serta ukuran yang besar. Penelitian ini memiliki tujuan utama untuk melakukan miniaturisasi dari sistem railgun yang telah ada dan mendesain sistem railgun yang bersifat portabel serta mengatasi beberapa masalah yang ada pada sistem railgun yang ada saat ini seperti kebutuhan arus yang tinggi serta reliabilitas dari sistem yang ada untuk membuat railgun yang didesain ini bersifat praktikal.*

*Dari penelitian yang dilakukan, secara teori, sistem railgun yang bersifat portabel dapat dibuat dengan menggunakan sistem 2-stage acceleration dimana menggunakan peluru konvensional untuk mengakselerasikan peluru pada tahap awal sebelum diakselerasikan oleh rel akselerator membantu memberikan peluru tersebut kecepatan awal sebelum akselerasi yang sangat membantu dalam mengurangi besarnya arus yang dibutuhkan. Selain itu, berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, terjadi peningkatan karakteristik dari peluru yang ditembakkan dalam aspek kecepatan, jarak serta energi kinetik yang dihasilkan.*

**Kata kunci:** Akselerasi, Gaya Lorentz, Railgun

## 1. PENDAHULUAN

Sejak penemuan bubuk mesiu oleh bangsa Cina pada tahun 907 masehi, pemanfaatannya telah berkembang dengan sangat pesat hingga kini. Energi yang dilepaskan oleh detonasi bubuk mesiu telah digunakan oleh manusia dalam berbagai bidang, mulai dari penambangan, konstruksi dan hiburan. Akan tetapi, tentu saja, penggunaan bubuk mesiu yang paling luas adalah sebagai persenjataan. Walaupun begitu, penggunaan bubuk mesiu memiliki tiga masalah utama.

Pertama, bubuk mesiu berperan sebagai propellant. Artinya, untuk setiap peluru yang ditembakkan, sejumlah bubuk mesiu harus dipakai, sehingga membuat keseluruhan berat senjata menjadi berat karena harus menghitung jumlah bubuk mesiu yang diperlukan sehingga jumlah peluru yang dibawa terbatas.

Kedua, bubuk mesiu adalah material yang mudah terbakar. Dalam setiap senjata, bubuk mesiu harus ditangani dengan hati-hati. Hal ini juga menjadi faktor utama mengapa kapal-kapal perang memiliki proteksi yang paling kuat pada bagian meriam-meriam utama: Jika peluru meriam kapal musuh berhasil menembus lambung kapal dan mengenai ruang mesiu, akan berakibat sangat fatal pada kapal tersebut.

Ketiga, kekuatan senjata yang menggunakan bubuk mesiu terbatas, karena batas kekuatan dari senjata tersebut adalah seberapa kuat struktur senjata tersebut dapat menahan panas dan tekanan

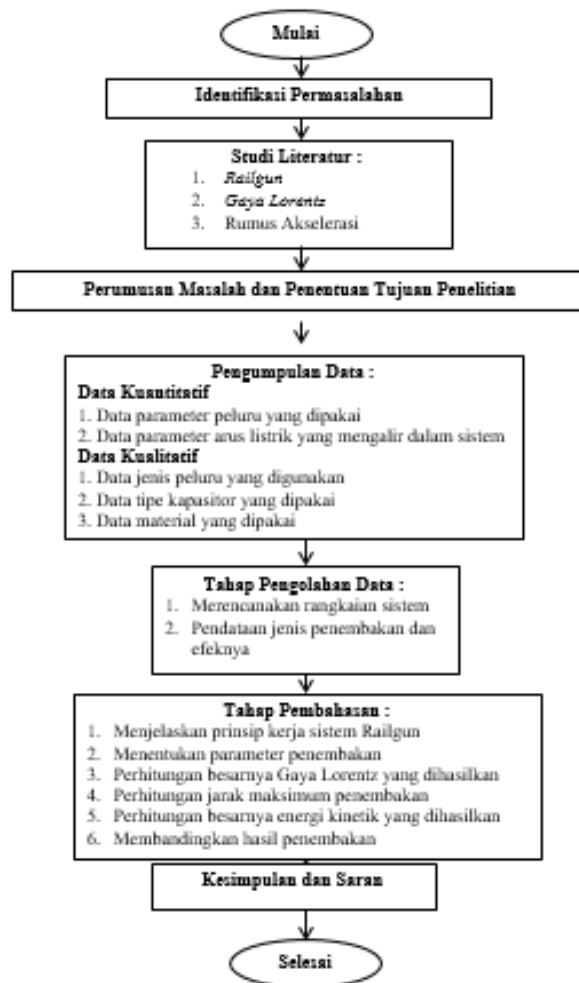
yang dihasilkan dari detonasi bubuk mesiu pada proses penembakan. Hal ini menentukan masa pakai senjata berdasarkan seberapa lama senjata tersebut dapat dipakai dengan aman.

Dengan kemajuan ilmu pengetahuan, berbagai teknologi experimental muncul. Salah satu dari teknologi tersebut adalah Railgun, sebuah senjata yang dapat menembakkan peluru tanpa menggunakan bubuk mesiu, tapi menggunakan medan elektromagnetik.

Walaupun teknologi dibalik prinsip kerja Railgun telah dimengerti, namun sangat sedikit pihak-pihak yang tertarik untuk mengembangkannya lebih lanjut. Hal ini disebabkan bahwa bagi kebanyakan orang, penggunaan bubuk mesiu jauh lebih murah dan mudah untuk digunakan sebagai sistem persenjataan. Railgun sendiri memiliki potensi yang menjanjikan untuk dijadikan sistem persenjataan masa depan dengan beberapa keunggulan dibandingkan persenjataan yang menggunakan mesiu, seperti kecepatan peluru yang lebih tinggi, berat yang lebih ringan dan kekuatan tembakan yang dapat diatur.

## 2. METODOLOGI

### 2.1. Diagram Alir



Gambar 2.1. Diagram Alir penelitian

### 2.2. Formula Matematis

#### 2.2.1. Mencari Besarnya Kuat Arus yang Mengalir

Besarnya arus listrik yang mengalir dalam sistem dapat dicari dengan rumus :

$$Y = V_{it} \times t + 0,5 \times a_y \times t^2$$

Dimana,

t = Waktu benda untuk jatuh dari ketinggian 1 meter (sekon)

- Y = Perpindahan benda secara vertikal (1 m)  
 V<sub>it</sub> = Kecepatan awal benda secara vertikal (0 m/s)  
 a<sub>y</sub> = Akselerasi benda secara vertikal (gravitasi = 9,807 m/s<sup>2</sup>)

### 2.2.2. Besarnya Medan Magnet yang Timbul

Besarnya medan magnet yang dapat dihasilkan oleh arus yang mengalir dalam sistem railgun dapat ditentukan dengan rumus:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \times \frac{2I}{r}$$

Dimana,

- B = Besarnya kuat medan magnet (Tesla)  
 μ<sub>0</sub> = 4π x 10<sup>-7</sup> permeabilitas konstan dalam satuan standard  
 I = Besarnya arus yang mengalir (Ampere)  
 r = jari-jari kawat rel dari Railgun (Meter)

### 2.2.3. Besarnya Gaya Lorentz yang Dihasilkan

Gaya Lorentz yang timbul dapat dicari dengan rumus:

$$F = I \times l \times B$$

Dimana,

- F = Besarnya Gaya Lorentz yang timbul (Newton)  
 I = Besarnya arus (Ampere)  
 l = Panjang kawat (meter)  
 B = Kuat medan magnet T

### 2.2.4. Jarak Maksimum Peluru yang Ditembakkan

#### 2.2.4.1. Kecepatan Vertikal

$$Y = V_{it} \times t + 0,5 \times a_y \times t^2$$

Dimana,

- t = Waktu benda untuk jatuh dari ketinggian 1 meter (sekon)  
 Y = Perpindahan benda secara vertikal (1 m)  
 V<sub>it</sub> = Kecepatan awal benda secara vertikal (0 m/s)  
 a<sub>y</sub> = Akselerasi benda secara vertikal (gravitasi = 9,807 m/s<sup>2</sup>)

#### 2.2.4.2. Jarak Horizontal

$$s = t \times v$$

Dimana,

- s = Jarak maksimum peluru yang ditembakkan (meter)  
 t = Waktu peluru melesat (sekon)  
 v = Kecepatan peluru (*Initial dan Muzzle Velocity* ( m/s))

### 2.2.5. Besar Energi Kinetik Peluru yang Ditembakkan

$$K = 1/2 \times m \times v^2$$

Dimana,

- K<sub>e</sub> = Besarnya energi kinetik (Joule)  
 m = Massa peluru (Kilogram)  
 v = Kecepatan peluru (m/s)

## 2. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 2.1 Perbandingan Parameter Peluru yang Diakselerasikan dengan Sistem Railgun Terhadap yang Tidak

Melalui hasil perhitungan yang telah dilakukan, dapat dibandingkan hasil dari karakteristik peluru yang diakselerasikan dengan yang tidak.

	Non-accelerated	Accelerated
<i>Initial velocity</i>	882 m/s	902,156 m/s
<i>Muzzle velocity</i>	928 m/s	948,156 m/s
Initial velocity range	396,9 m	405,97 m
Muzzle velocity range	417,6 m	426,67 m
Initial kinetic energy	38896,2 J	40694,2 J
Muzzle kinetic energy	43059,2 J	44949,9 J

Dari hasil diatas, terlihat bahwa ada peningkatan dari karakteristik peluru yang diakselerasikan dibandingkan dengan yang tidak Peningkatan yang terjadi pada besarnya energi kinetik peluru yang diakselerasikan cukup signifikan dibandingkan dengan yang tidak.

Besarnya peningkatan pada kecepatan dan jarak tembak pelurumemang tidak terlalu signifikan, namun perlu diingat, penembakan dilakukan pada sudut  $0^\circ$  dimana peluru langsung mengalami penurunan ketinggian segera setelah meninggalkan laras senapan. Menaikkan sudut penembakan sebesar beberapa derajat dapat memberikan peningkatan yang signifikan terhadap jarak tembak dari peluru dengan membuat peluru tersebut meluncur pada trajektori parabolik yang lebih besar dibandingkan penembakan dengan sudut  $0^\circ$ .

Secara teori, peningkatan pada energi kinetik peluru dapat membuat peluru yang diakselerasikan mampu menembus material yang sebelumnya tidak dapat ditembus oleh peluru yang tidak diakselerasikan. Selain itu, hal ini juga berdampak pada tingkat kerusakan yang lebih besar terhadap target penembakan.

### 3. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan bahwasanya :

1. Sistem Railgun yang bersifat portabel dapat dibuat dengan menggunakan sistem 2-stage acceleration
2. Sistem penembakan yang dipilih adalah 2-stage acceleration dengan pertimbangan bahwa sistem ini memiliki reliabilitas yang lebih tinggi serta lebih mudah dibuat dibandingkan dengan sistem penembakan lainnya
3. Karakteristik peluru yang ditembakkan dapat ditentukan dengan melakukan perhitungan untuk mencari besarnya Gaya Lorentz yang dihasilkan pada rel akselerator sebelum menambahkan faktor-faktor lain seperti initial/ muzzle velocity, gravitasi, dan massa peluru.

Hasil yang didapatkan dari perhitungan yang dilakukan pada laporan ini hanyalah contoh aplikasi sistem railgun pada sistem senjata yang telah ada. Hal ini bukan berarti peningkatan yang didapatkan dengan menggunakan sistem railgun ini tidak terlalu signifikan. Apabila diinginkan, jenis kapasitor, rel, dan peluru dapat diganti sesuai dengan kebutuhan. Dimana untuk mendapatkan hasil yang lebih besar, dapat dilakukan pengurangan kaliber peluru, penambahan panjang rel akselerator, atau peningkatan diameter rel akselerator. Peningkatan akurasi dan jarak tidak hanya didapatkan melalui karakteristik peluru dan akselerasi dari sistem senjata yang dipakai. Stabilitas serta posisi penembakan juga mempengaruhi hasil dari tembakan yang dilakukan, dan apabila kita memasukkan fakto-faktor lain seperti perbedaan elevasi terhadap target, temperatur udara, arah dan kecepatan angin, serta kompensasi coriolis, kita menyadari bahwa banyak yang harus dilakukan dan diperhitungkan untuk memastikan sebuah tembakan mengenai target dengan akurat pada jarak yang sangat jauh.

### 4. DAFTAR PUSTAKA

- 50 Browning, 1995. *12,7 x 99* [Online] (Updated 26 May 2010) Available at: <http://www.cip-bobp.org/homologation/uploads/tdcc/tab-i/50-browning-en.pdf> [Accessed 2 June 2017]
- Bruckmeyer, 2014. *Railgun, An Electrically Powered Electromagnetic Projectile Launcher*.
- DW, 2016. *High-Tech Railgun Promises New Military Advantage* [Online] (Updated 27 May 2016) Available at: <http://www.dw.com/id/video-railgun-senjata-mutakhir-buatan-amerika/a-19347624> [Accessed 1 June 2017]
- DW, 2016. *Railgun – Senjata Mutakhir Buatan Amerika* [Online] (Updated 23 June 2016) Available at: <http://www.dw.com/id/video-railgun-senjata-mutakhir-buatan-amerika/a-19347624> [Accessed 1 June 2017]
- Kirk T. McDonald., 2015. *Capacitor-Driven Railgun: Magnetic Fields Doing Work*.
- Railgun, 2017. *Design* [Online] (Updated 26 June 2017) Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Railgun#Design> [Accessed 2 June 2017]
- Available at: <https://www.wired.com/2014/08/the-physics-of-the-railgun/> [Accessed 2 June 2017]
- Railgun, 2017. *Mathematical Formula* [Online] (Updated 26 June 2017) Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Railgun> [Accessed 3 June 2017]

Ronald O.Rourke., 2016. *Navy Lasers, Railguns and Hypervelocity Projectile*.  
The Physics Classroom, 1996. *Horizontally launched Projectile [Online]* (Updated 6 July 2017)  
Available at: <http://www.physicsclassroom.com/class/vectors/Lesson-2/Horizontally-Launched-Projectiles-Problem-Solving> [Accessed 2 June 2017]  
The Physics Classroom, 1996. *Kinetic Energy [Online]* (Updated 6 July 2017) Available at:  
<http://www.physicsclassroom.com/class/energy/Lesson-1/Kinetic-Energy> [Accessed 2 June 2017]  
The Physics of The Railgun, 2014. *The Physics of The Railgun [Online]* (Updated 12 August 2014)