Rancang Bangun Meriam Pelontar Pneumatik 6 Bar

ROY HORATIUS BATARA[1]
[1] Prodi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia
Email : roy.manalu06@gmail.com

Received 21 08 2021 **|** *Revised 01 09 2021* **|** *Accepted 01 09 2021*

ABSTRAK

Meriam pelontar merupakan alat tembak yang bertujuan untuk menembak sasaran, dengan bertenagakan ledakkan mesiu sebagai tenaga pendorong. Meriam pelontar digunakan sebagai alat pembela diri, namun penggunaannya dibatasi dikarenakan penggunaan mesiu dapat berbahaya. Tenaga pendorong peluru menggunakkan pneumatik dapat digunakkan sebagai gantinya untuk menembak. Pneumatik adalah pemanfaatan udara bertekanan untuk melakukan gerak kerja pada suatu alat atau mesin. Dengan pemanfaatan udara bertekanan ini sebagai alat pelontar pada meriam maka pembuatan alat pelindung diri dapat dibuat. Yang dalam pembuatannya sistem pneumatik perlu di terapkan pada pembuatan meriam pelontar ini. Yang dimana udara bertekanan dapat disimpan dan disuplai pada meriam untuk menembakkan peluru. Dalam perancangan meriam pelontar pneumatik ini meliputi katup kontrol selenoid 12 volt dengan kapasitas 6 bar, pipa galvanis yang tahan akan laju udara bertekanan dan kompresor angin atau tabung penyimpanan udara bertekanan. Sehingga didapat hasil pembuatan prototipe sebuah meriam pelontar pneumatik 6 bar.

Kata kunci*: pneumatik, udara bertekanan, meriam pelontar*

ABSTRACT

The launcher cannon is a firing device that aims to hit the target, powered by gunpowder as propulsion. Launcher cannons were used as a means of self-defense, but their use was limited because the use of gunpowder could be dangerous. The propulsion of pneumatic bullet can be used instead to fire. Pneumatic is the use of compressed air to carry out work on a tool or machine. By using this compressed air as means of launching the bullet, the manufacture of personal protective equipment can be made. Which in manufacturing the pneumatic system needs to be applied to the manufacture of this launcher cannon. Which is where compressed air can be stored and supplied to the cannon to fire bullets. Int this design the pneumatic launcher cannon include a 12 volt selenoid control valve with a capacity of 6 bar, galvanized pipe which is resistant to the rate of compressed air and an air compressor or compressed air tube. So that we get the prototype of a 6 bar pneumatic launcher cannon.

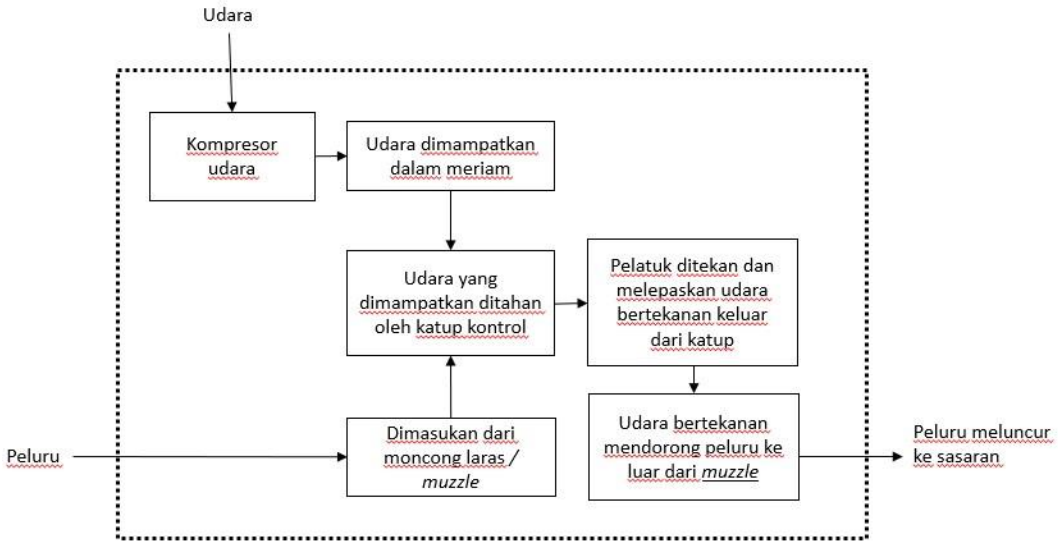
Keywords*: eumatic, compressed air, launcher cannon*

1. PENDAHULUAN

Meriam merupakan suatu alat pelontar peluru untuk menembak sasaran yang biasanya menggunakan metode meledakkan serbuk mesiu sebagai tenaga pelontarnya. Namun dengan metode tersebut maka dibatasi dan dilarang untuk masyarakat biasa walaupun digunakan sebagai alat pembela diri dalam situasi kritis. Pembuatan meriam menggunakan prinsip pneumatik sebagai tenaga dorong pengganti lontaran dari serbuk mesiu tidak dilarang sehingga dapat dibuat menggunakan komponen yang tersedia dipasaran. Perancangan meriam pelontar menggunakan prinsip pneumatik ini dilakukan agar dapat menciptakan alat pelontar yang dapat digunakan untuk memproteksi diri yang tentunya dalam proses perancangan untuk mendapatkan kekuatan lontaran yang kuat maka proses perancangannya akan meliputi pengetahuan dalam laju aliran fluida, katup kontrol, penyimpanan udara dan mekanisme serta rangka meriam untuk merealisasikan meriam pelontar pneumatik.

Dalam proses perancangan juga pembuatan meriam pelontar pneumatik ini dihadapkan pada mekanisme aliran fluida bertekanan baik cara penyimpanan udara bertekanan tersebut dan bagaimana proses pelepasan udara sehingga dapat melontarkan peluru, setelah proses perancangan maka dilakukan proses pembuatan meriam pelontar pneumatik ini dengan pengumpulan material yang dibeli di pasar ataupun juga dengan pembuatan material bila dibutuhkan, dan terakhir adalah kekuatan lontaran dari meriam ini yang dapat atau mampu menembus tembok. Batasan rancang bangun ini meliputi pembuatan meriam menggunakan katup kontrol DC 12 volt, pembuatan gambar teknik menggunakan software CAD hingga pembuatan prototipenya.

Prinsip pemanfaatan fluida kompresible sebagai suatu sistem pneumatik sudah banyak digunakan, terutama pada piston atau pun referensi lainnya adalah speargun yang memanfaatkan udara bertekanan sebagai media pelontar tombak. Dari referensi tersebut sehingga dapat disimpulkan sebagai diagram alir fungsi benda pada (Gambar 1)



Gambar 1 Diagram Alir Fungsi Alat

1.1 Perhitungan Gas Flow Standard (Q)

Penggunaan sistem pneumatik untuk melontarkan peluru yang memanfaatkan fluida kompresible sebagai media pelontar yaitu udara maka perhitungan aliran udara yang akan keluar dari katup kontrol dapat dilakukan. Karena kompresibilitas, gas dan uap mengembang ketika tekanan turun di vena contracta, sehingga mengurangi berat spesifiknya. Untuk

memperhitungkan perubahan berat spesifik, faktor ekspansi, "Y" dimasukkan ke dalam rumus ukuran katup. Bentuk persamaan yang digunakan tergantung pada variabel proses yang tersedia. (VALTEK, n.d.)

$$Q = 1360.F_p.C_v.P_1.Y.\sqrt{\frac{x}{G_g.T_1.Z}} \quad (1)$$

Dimana:
Q = Aliran gas standard ft^3/hr (SCFH)
F_P = Faktor geometri pipa, 1
C_V = Valve sizing ceofficient
P_1 = Tekanan absolute upstream, psia
Y = Faktor ekspansi
x = Ratio pressure drop
Gg = Spesific gravity of gas relative ke udara saat kondisi standar (Tabel 2)
T_1 = Temperatur upstream absolut, °R = (°F + 460°)
Z = Faktor kompresibilitas

1.2 Pengecheckan Choked Flow Fluida Udara

Untuk mengetahui penurunan ration tekanan terminal, x_T, data diambil dari tabel ratio pressure drop sesuai dengan tipe katup yang digunakan. (VALTEK, n.d.)

Tabel 1. Pressure Drop Ratios, X_t (Valtek, N.D.)

Valve Type	Flow Direction	Trim Size	xT
Globe	Flow-to close Flow-to-close Flow-to-open Flow-to-open	Full Area Reduced Area Full Area Reduced Area	0.70 0.70 0.75 0.75
High Performance Butterfly Multi-stage	60° Open 90° Open Under Seat	Full Full All	0.36 0.26 ~1.00
Ball	90° Open	Full	0.30

$$F_k = \frac{k}{140} \quad (2)$$

Dimana:
F_k = Rasio spesifik heat factor
k = Rasio spesifik heats (**Tabel 3**)

Tabel 2. Viskositas Dan Gravitasi Spesifik Untuk Gas Pada Tekanan Atmosfer (Baumann, 1963)

Gas	Formula	G_g	T(°F)	v(cSt)
Acetic acid	$HC_2H_3O_2$	2.07	246	5.75
Acetone	C_3H_6O	2.01	212	4.91
Acetylene	C_2H_2	0.907	32	7.99
Air	N_20_2	1.000	64	15.10

Tabel 3. Gas Physical Data *(Valtek, N.D.)*

Gas	Critical Pressure (psia)	Critical Temperature (°R)	Molecular Weight (M_w)	Ratio of Specific Heats (k)
Air	492.4	227.1	28.97	1.40
Ammonia	1636.1	729.8	17.0	1.31
Argon	707.0	271.1	39.9	1.67
Carbon Dioxide	1070.2	547.2	44.0	1.29
Carbon Monoxide	507.1	238.9	28.0	1.40
Ethane	708.5	549.4	30.1	1.19
Ethylene	730.6	508.0	28.1	1.24
Helium	32.9	9.01	4.00	1.66
Hydrogen	188.2	59.4	2.02	1.40
Methane	667.4	342.8	16.04	1.31
Natural Gas	667.4	342.8	16.04	1.31
Nitrogen	492.4	226.8	28.0	1.40
Oxygen	732.0	278.0	32.0	1.40
Propane	615.9	665.3	44.1	1.13
Steam	3208.2	1165.1	18.02	1.33

Menghitung rasio aktual pressure drop ke absolute inlet pressure, x, dengan menggunakan persamaan:

$$X = \frac{\Delta P}{P_1} \tag{3}$$

Dimana:
X = Rasio dari pressure drop ke absolute inlet pressure
ΔP = Pressure drop ($P_1 - P_2$)
P_1 = Inlet pressure, psia
P_2 = Outlet pressure, psia
Jika $x < F_k x_T$, maka aliran fluida tidak choked. Tetapi bila $x > F_k x_T$, maka aliran fluida choked. Sehingga bila aliran choked, besaran x diganti dengan $F_k x_T$. (VALTEK, n.d.)

1.3 Kalkulasi Faktor Ekspansi Yang Terjadi

Perhitungan faktor ekspansi (Y) menggunakan rumus:

$$Y = 1 - \frac{X}{3F_k X_T} \tag{4}$$

Note: Jika aliran fluida choked, maka x diganti menjadi $F_k x_T$. (VALTEK, n.d.)

1.4 Menentukan Faktor Kompresibilitas

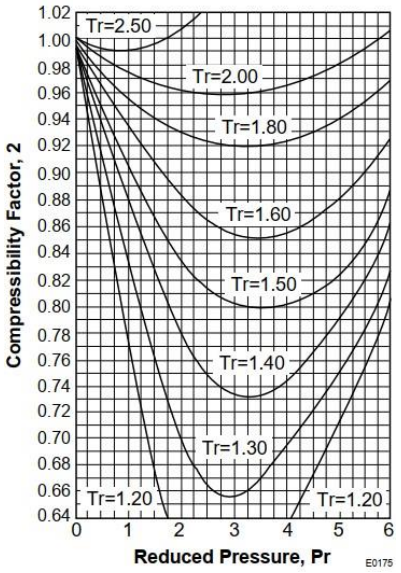
Untuk mendapatkan faktor kompresibilitas, Z, pertama mengkalkulasikan tekanan yang berkurang, P_r, dan pengurangan temperatur yang terjadi, T_r. (VALTEK, n.d.)

$$P_r = \frac{P_1}{P_c} \tag{5}$$

Dimana:
P_r = Reduced pressure
P_1 = Upstream pressure, psia
P_c = Critical pressure, psia (**Tabel 3**)

$$T_r = \frac{T_1}{T_c} \tag{6}$$

Dimana:
T_r = Reduced temperature
T_1 = Absolute upstream temperature
T_c = Critical absolute temperature (**Tabel 3**)
Menggunakan P_r dan T_r, untuk menemukan Z pada Gambar 2.



Gambar 2. Compressibility Factors for Gases with Reduced Pressure from 0 to 6. (VALTEK, n.d.)

Aliran tersedak yang terjadi dalam fluida gas dan uap ketika mencapai kecepatan suara di titik manapun di badan katup, trim atau pipa dinamakan choked flow. (VALTEK, n.d.) Dengan memperhitungkan aliran ini maka tekanan udara yang dibutuhkan pada selenoid ¾" yang dibutuhkan untuk mendapatkan kecepatan maksimum dapat diketahui

1.5 Muzzle Energy dan Muzzle Velocity

- Muzzle energy adalah energi kintetik yang dihasilkan oleh proyektil ketika dilepaskan dari moncong senjata tanpa mempertimbangkan faktor-faktor seperti aerodinamika dan gravitasi. Untuk mengetahui kekuatan tembak dari meriam pelontar peluru pneumatik ini akan menggunakan persamaan berikut disusul dengan selanjutnya persamaan muzzle velocity.

$$E_k = \frac{1}{2}\, mv^2 \tag{7}$$

Muzzle energy digunakan sebagai indikasi kasar dari potensi destruktif dari senjata api atau peluru yang diberikan. (Bir, 2013)
Muzzle velocity adalah kecepatan peluru ketika keluar meninggalkan ujung laras senjata. (Beck, 2019)

$$v^2 = v_0{}^2 + 2ax \tag{8}$$

Dimana v_0 adalah initial velocity dan "x" adalah jarak yang ditempuh peluru didalam laras sedangkan "v" adalah muzzle velocitynya sedangkan "a" merupakan persamaan dari:

$$a = \frac{P\pi r^2}{m} \tag{9}$$

Persamaan diatas dilakukan bila menggunakan peluru dengan anggapan penampangnya yang bundar. **(Beck, 2019)**

2. METODOLOGI DAN RANCANG BANGUN

2.1. Flowchart dan Pengerjaan

Perancangan dan pembuatan meriam pelontar pneumatik ini akan melalui tahapan sebagai berikut:

1. Pengamatan dan pengumpulan data atau pengambilan sampel material yang diperlukan untuk mengetahui pasti material yang dibutuhkan juga komponen utama yang beredar dipasaran.
2. Dari sampel material yang terkumpul dapat dilakukan penentuan dimensi untuk memperoleh ukuran yang sesuai lalu dibuat perancangan model yang menggunakan software Solidworks, dan penyusunan spesifikasi dari data yang terkumpul dilakukan. Sehingga dari proses ini menghasilkan gambar teknik dari rancangan meriam pelontar pneumatik.
3. Dalam pembelian komponen atau material yang dibutuhkan untuk pembuatan prototipe, penyesuaian dari gambar rancangan terhadap material yang dapat diperoleh dipasaran dilakukan.
4. Komponen yang tidak tersedia ukuran yang sesuai atau bentuk yang dibutuhkan untuk dapat memenuhi dimensi rancangan akan dibuat.
5. Perakitan prototipe dilakukan sesuai dengan dimensi dan spesifikasi yang sudah selesai dirancang pada poin 2.
6. Pengujian prototipe dilakukan dengan pengisian beragam udara bertekanan yang diatur pada meriam pelontar pneumatik. Untuk mengetahui kekuatan tembak yang dihasilkan.
7. Hasil yang didaptakan setelah melakukan seluruh tahapan diatas adalah gambar as build meriam pelontar peluru pneumatik, prototipe dan kekuatan tembak dari lontaran meriam yang dapat menembus tembok.

2.2. Spesifikasi Teknis

Setelah melakukan segala persiapan yang telah dirancang sesuai dengan diagram alir yang telah ada maka diambil spesifikasi rancangan meriam pelontar pneumatik sebagai berikut:

Katup kontrol	: Selenoid Valve ¾" DC 12v, 8 bar
Ukuran Pipa	: ¾"
Pressure Gauge	: 10 bar
Tekanan Tembak	: 5 bar
Rangka	: Besi siku lubang 34 mm x 34 mm x 2 mm
Baterai	: 9v
Muzzle	: ½" ~ 2"
Dimensi	: 802mm x 233mm x 286mm (P x L x t)
Berat	: 6 Kg

Pemilihan menggunakan selenoid valve berukuran ¾" dikarenakan untuk mendapatkan kriteria katup kontrol dalam hal ini tipe selenoid dengan arus listrik DC adalah jenis demikian. Untuk voltase atau ukuran selebih dari yang digunakan beredar dipasar dengan arus AC. Dari data yang didapat atau spesifikasi yang tersedia sebesar maksimum 8 bar katup kontrol dapat menahan tekanan udara yang ada. Pemilihan material rangka menggunakan besi siku lubang agar rangka yang dibuat lebih flexibel untuk dibuat dan dimodifikasi bentuknya sesuai yang diperlukan. Muzzle dari meriam dirancang untuk dapat menyesuaikan peluru yang digunakan sehingga ukuran yang diambil ½"~2".

2.3. Perhitungan Perancangan

Dengan spesifikasi rancangan yang ada maka dapat dihitung aliran udara yang keluar dari katup pneumatik. Katup ini merupakan trigger untuk melontarkan peluru pada Pneumatic.

Dengan persamaan yang telah disertakan pada bagian sebelumnya maka dapat ditentukan sebagai berikut:
Data yang digunakan untuk perhitungan:
Pressure (P_1) = 5 bar = 72,5 Psi
P_2 = 1 bar = 14,7 Psi (tekanan pada 1 atmosfer)
Ukuran katup = ¾"
Temperatur ruangan = 25°C = 536,67 Rankine

2.3.1 Pengechekan Choked Flow

Perhitungan dimulai dari mencari rasio spesifik heat factor (F_k) menggunakan persamaan (2)

$$F_k = \frac{k}{140} = \frac{140}{140} = 1$$

Harga "k" diambil dari Tabel 2.2, rasio spesifik panas dari udara.
Dan pengecekan rasio pressure drop ke absolut inlet pressure (x) menggunakan persamaan (3)

$$X = \frac{\Delta P}{P_1} = \frac{(72{,}5-14{,}7)-(14{,}7+14{,}7)}{(72{,}5+14{,}7} = 0{,}66$$

$$Fk \cdot x_T = 1 \cdot 0{,}75 = 0{,}75$$

Dikarenakan $F_k.x_T$ > x maka aliran udara choked (mencapai kecepatan suara). (VALTEK, n.d.)

2.3.2 Mengkalkulasi Faktor Ekspansi

Perhitungan faktor ekspansi dapat dicari menggunakan persamaan (4)

$$Y = 1 - \frac{X}{3F_k X_T}$$

Dikarenakan x mencapai aliran udara choked sehingga diganti menjadi $F_k.x_T$

$$Y = 1 - \frac{X}{3F_k X_T} = 1 - \frac{0{,}75}{3.0{,}75} = 0{,}67$$

2.3.3 Mengkalkulasi Faktor Kompresi

Faktor kompresi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (5) dan (6) dengan mencari nilai dari reduced pressure, P_r, dan reduced temperature, T_r.

$$P_r = \frac{P_1}{P_c} = \frac{(72{,}5 + 14{,}7)}{492{,}4} = 0{,}177$$
$$T_r = \frac{T_1}{T_c} = \frac{536{,}67}{227{,}1} = 2{,}36$$

Faktor kompresi, Z, pada T_r dan P_r diatas dicocokan dengan grafik pada (Gambar 2) dan didapatkan 0,985. Dari seluruh data yang didapat maka dapat dicari aliran udara, Q, pada katup selenoid dengan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

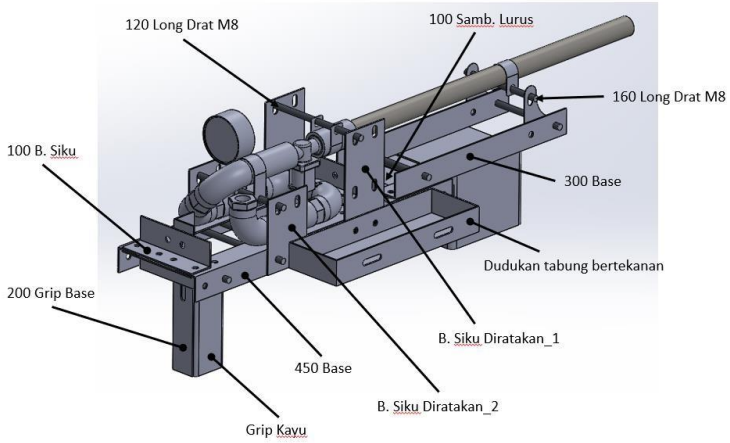
$$Q = 1360.F_p.C_v.P_1.Y.\sqrt{\frac{x}{G_g.T_1.Z}}$$

$$Q = 1360.1.1{,}2.(72{,}5 + 14{,}7).0{,}67.\sqrt{\frac{0{,}66}{1.536{,}67.0{,}985}} = 3369\ \frac{ft^3}{h}\ \ (SCFH)$$

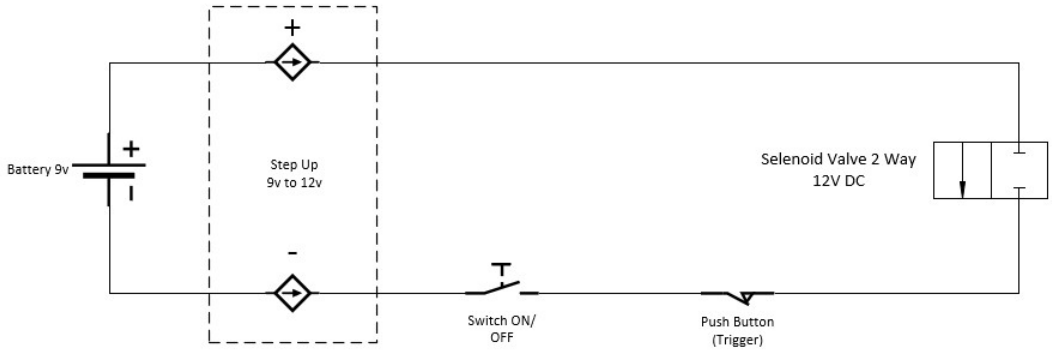
F_p, faktor geometri dari pipa = 1, asumsi perhitungan VALTEK

2.4 Hasil Rancangan

Bahan material rangka meriam pelontar peluru pneumatik menggunakan besi siku lubang yang dipotong dengan panjang tertentu untuk membentuk rangka sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan. Bagian-bagian yang ditampilkan pada Gambar 3 diatas menunjukkan komponen yang dibuat, untuk pipa galvanis menggunakan ukuran standar yaitu ¾" yang tersedia dipasar beserta knee, T joint, fitting dan pressure gauge. Pada dudukan tabung bertekanan dapat menyimpan tabung bertekanan berukuran 500mL yang diikatkan oleh sling pada rongga besi lubang yang tersedia pada rangka/dudukan yang sudah dibuat. Namun sebagai suplai udara bertekanan pada meriam dapat dilakukan dengan menggunakan kompressor sebagai penggantinya. Tombol trigger menggunakan push button yang terletak pada "grip base" yang dapat memberi sinyal kepada selenoid valve 8 bar 12Volt untuk melepaskan udara bertekanan dan melontarkan peluru pada muzzle. Untuk mendapatkan suplai listrik 12Volt DC maka baterai 9v ditingkatkan voltasenya menggunakan komponen "step up" agar mencapai 12Volt DC. Rangkaian kelistrikan pada Gambar 4 merupakan rangkaian yang digunakan pada meriam pelontar peluru pneumatik.



Gambar 3. Hasil Design CAD Dan Bagian Komponen Yang Dibuat.



Gambar 4. Kelistrikan Meriam Pelontar Pneumatik.

2.5 Pembuatan Prototipe

Perakitan komponen mekanik dilakukan setelah seluruh komponen tersedia dan dibeli, dan dimulai dengan membentuk sesuai dengan dimensi perancangan. Tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut: Pemotongan besi siku berlubang(BSB) ukuran 34mm x 34mm x 2mm yang panjang beruturut-turut: BSB ukuran 450mm x 2, BSB ukuran 300mm x 2, BSB ukuran 100mm x 3, BSB ukuran 200mm x 1, BSB ukuran 250mm x 2, BSB ukuran 85mm x 2.

Pemotongan long drat m8 x 1 meter yang terdapat 2 batang sesuai dimensi perancangan yaitu: ukuran 120mm x 3 dan ukuran 160mm x 5. Dilanjut dengan pembentukan bagian siku yang diratakan 1 dan 2 juga sambungan lurus ukuran 100mm x 2. Perakitan knee, fitting dan sambungan T dilakukan ketika rangka menggunakan besi siku berlubang(BSB) telah dilakukan. Hasil perakitan dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Prototipe Meriam Pelontar Pneumatik Dan Sasaran Tembak.

Pembuatan sasaran tembak menggunakan hebel seperti pada Gambar 5 dilakukan untuk mendukung proses pengujian tembak dan pembuatan dua muzzle tambahan terlihat pada Gambar 6 menggunakan bahan pipa paralon masing-masing berukuran 3 inch dan 45mm untuk menyesuaikan dengan peluru yang akan digunakan dalam pengujian yaitu bola tenis dan bola pingpong. Penggunaan peluru berbahan keras (besi) tidak digunakan agar tidak berbahaya dalam proses pengujiannya.

Gambar 6. Muzzle 3" Dan 45 mm Beserta Bola Pingpong Dan Tenis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Udara Bertekanan Bertahap

Proses pengujian akan dilakukan dengan tes tembak udara bertekanan bertahap kelipatan 2 dari 2 bar hingga 6 bar. Tekanan udara tembak tidak dilakukan lebih dari 6 bar dikarenakan mencegah katup kontrol kelebihan beban atau pun rusak bila mendekati tekanan udara maksimal juga dengan pertimbangan suplai udara yang menggunakan kompresor listrik 8 bar tidak disarankan menggunakan tekanan maksimum. Dan didukung juga dengan hasil perhitungan yang mendapat nilai tekanan udara sebesar 5 bar pada katup selenoid telah mencapai choked flow sehingga tekanan lebih dari 5 bar aliran kecepatan udara tidak bertambah. Dari hasil tes tembak didapat meriam mampu menahan dengan baik hingga tekanan 6 bar. Pada Gambar 7, terlihat hasil tes udara bertekanan pada meriam.

Gambar 7. Hasil Uji Tekanan Bertahap 2, 4, Dan 6 Bar Pada Meriam.

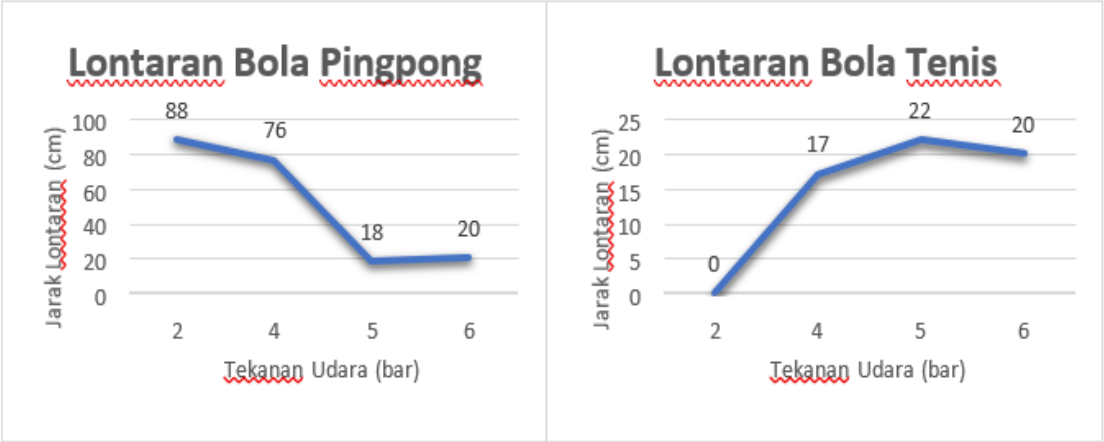
3.2 Hasil Pengujian Tembak

Pengujian tembak yang dilakukan menggunakan 2 jenis peluru yaitu bola pingpong dan bola tenis yang diarahkan lurus (0°) pada sasaran, sudut 45° dan sudut tegak senjata (±74,25°), pengukuruan sudut dapat dilihat pada Gambar 9.

Gambar 8. sudut tembak meriam: lurus sasaran 0°, sudut 45°, sudut tegak senjata 74,25°.

Tabel 4 Hasil Pengujian Tembak Meriam Pelontar Pneumatik

No.	Peluru	Sudut Tembak	Tekanan	Jarak Tembak
1	Bola Pingpong	0°	2 bar	88 cm
2			4 bar	76 cm
3			5 bar	18 cm
4			6 bar	20 cm
5		45°	2 bar	0 cm
6			4 bar	0 cm
7			5 bar	0 cm
8			6 bar	0 cm
9		74,25°	2 bar	0 cm
10			4 bar	0 cm
11			5 bar	0 cm
12			6 bar	0 cm
13	Bola Tenis	0°	2 bar	0 cm
14			4 bar	17 cm
15			5 bar	22 cm
16			6 bar	20 cm
17		45°	2 bar	0 cm
18			4 bar	0 cm
19			5 bar	0 cm
20			6 bar	0 cm
21		74,25°	2 bar	0 cm
22			4 bar	0 cm
23			5 bar	0 cm
24			6 bar	0 cm



Gambar 9. Grafik perbandingan lontaran bola pingpong dan bola tenis

3.3 Analisa Hasil

Dari hasil analisa hasil percobaan yang telah dilakukan pada Tabel 4 dan Gambar 10 didapat bahwa udara bertekanan yang dilepaskan untuk mendorong peluru tidak terfokuskan sehingga tidak dapat melontarkan peluru dengan baik, terlihat dari data jarak lontaran yang dihasilkan sangat pendek terutama untuk sudut 45° dan tegak senjata terlihat peluru tidak meninggalkan meriam. Perlu diperhatikan saat dalam percobaan peluru yaitu bola tenis dan pingpong terasa berputar ditempat namun tidak terlontar. Hal ini juga didukung dengan masih terdapatnya celah pada peluru dalam muzzle sehingga udara bertekanan keluar melalui celah tersebut tanpa mendorong bola pingpong dan bola tenis tersebut.

4. KESIMPULAN

Proses perancangan dan pembuatan meriam pelontar pneumatik dapat dilakukan dengan menggunakan material yang tersedia dipasar, didukung dengan software CAD pembuatan embodiment dari prototipe bisa dilakukan sehingga memudahkan pengelompokan material yang perlu dibeli atau dibuat. Dalam perocobaan tembak yang telah dilakukan didapat meriam pelontar peluru pneumatik tidak dapat melontarkan peluru dengan baik hal ini dikarenakan udara yang dikeluarkan dari katup kontrol tidak terfokus untuk melontarkan karena ada celah diantara peluru dan meriam. Pembuatan piston pneumatik sebagai solusi melontarkan peluru.

DAFTAR PUSTAKA

Ballistics, K. (2017, Agustus). Kentucky Ballistics Channel. Retrieved from Youtube: www.youtube.com/watch?v=UpzDqd4MfS4&t=189s

Baumann, H. D. (1963). The Introduction of a Critical Flow Factor for Valve Sizing. ISA Transaction.

Beck, K. (2019, Agustus). How To Calculate Muzzle Velocity. Retrieved from SCIENCING: https://sciencing.com/calculate-muzzle-velocity-7669736.html

Bir, Ferdinand P, Johnston, E. Russell, Cornwell, Philip J. (2013). Vector Mechanics for Engineers (edisi ke-10). New York: Penerbit McGraw-Hill.

Gunner, S. (2016, November). Shiawasse Gunner Channel. Retrieved from Youtube: www.youtube.com/watch?v=1GpCcsNGue4&t=432s

VALTEK. (n.d.). Control Valve Sizing. Retrieved from CTi Controltech: www.ctict.com/images/cti/template/Control-Valve-Sizing.pdf