

MODIFIKASI LARAS MORTIR LATIH 81 MM DENGAN SISTEM PRE-CHARGED PNEUMATIC SEBAGAI SARANA LATIH DIJAJARAN TNI AD/SATUAN INFANTERI DENGAN TAMBAHAN TABUNG QUICK VALVE

Abdi Ismail¹⁾, Masrury Priyono²⁾, Dery Septriandi³⁾
Universitas Pertahanan Indonesia¹⁾ Jurusan Teknik Mesin Prodi D4 Teknik
Otoranpur Politeknik Angkatan Darat²⁾ ³⁾
abdiismail1993@gmail.com¹⁾, masrurypriyono07@gmail.com²⁾, dery@gmail.com³⁾

MODIFICATION OF 81 MM TRAINING MORTAR BARREL WITH PNEUMATIC PRE-CHARGED SYSTEM AS A TRAINING MEANS IN THE ARMY/INFANTRY UNITS WITH THE ADDITION OF QUICK VALVE TUBE

Abstract: Mortar weapons consist of several major parts, namely the barrel, easel, anvil and aiming device. These parts have their respective functions e.g. the barrel is the most important part of the weapon which is in the form of a straight tube usually made of a rigid high-strength metal, where the rapid expansion of high pressure gas is used to propel the projectile out of the forend at high velocity. This study aims to design a tool that can be used in the implementation of drills with low-cost mortars, can be operated repeatedly, does not require a large area for its application, and guarantees more safety. The results of data processing and calculations on the compression tube construction with a volume of 1500 cm³ has a height of 299 mm. In the analysis of the strength of the compression tube material using STKM 13C material, it shows a maximum shear stress of 3,125 N/mm², while the shear stress value of STKM 13C material is 380 N/mm², so the quick valve tube is safe to use. To open the locking valve, a minimum force of 497 N is required. To achieve a minimum force of opening the valve with a 2 kg training mortar grenade weight, the ability of the tool to be fired at an elevation angle of at least 45°. From the results of the distance test with regression analysis, at the same altitude angle, the relationship between the greater the pressure, the farther the distance will be, where at an altitude angle of 45° and a pressure of 25 bar the resulting maximum distance is 241 m.

Keywords: Mortars, Barrels, Grenades

Abstrak: Senjata mortir terdiri dari beberapa bagian besar yaitu laras, kuda-kuda, landasan dan alat bidik. Bagian-bagian tersebut mempunyai fungsinya masing-masing misalnya laras merupakan bagian terpenting dari senjata yang berbentuk tabung lurus biasanya terbuat dari logam berkekuatan tinggi yang kaku, dimana ekspansi cepat gas bertekanan tinggi digunakan untuk mendorong proyektil keluar dari ujung depan dengan kecepatan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah alat yang dapat digunakan dalam pelaksanaan latihan penambakan mortir latihan dengan biaya yang murah, dapat dioperasikan secara berulang-ulang, tidak memerlukan tempat yang luas untuk pengaplikasiannya, serta keamanan yang lebih terjamin. Hasil dari pengolahan data dan perhitungan pada konstruksi tabung kompresi dengan volume 1500 cm³ memiliki tinggi 299 mm. Pada analisa kekuatan bahan tabung kompresi menggunakan bahan STKM 13C menunjukkan *maximum shears stress* sebesar 3,125 N/mm², sedangkan nilai tegangan geser bahan STKM 13C 380 N/mm² maka tabung *quick valve* aman digunakan. Untuk membuka katup pengunci, memerlukan gaya minimal 497 N. Untuk mencapai gaya minimal membuka katup dengan berat granat mortir latihan 2 kg, maka kemampuan alat mampu ditembakkan pada sudut elevasi minimal 45°. Dari hasil uji coba jarak capai dengan analisis regresi, pada sudut elevasi yang sama diperoleh hubungan semakin besar tekanan maka jarak capai akan semakin jauh, dimana pada sudut elevasi 45° dan tekanan 25 bar jarak maksimal yang dihasilkan sejauh 241 m.

Kata kunci: Moertir, Laras, Granat

PENDAHULUAN

Mortir merupakan salah satu jenis senjata bantuan yang digunakan oleh satuan-satuan infanteri. Senjata yang dapat digunakan untuk menembak sasaran-sasaran yang tidak bisa dilihat oleh mata secara langsung, seperti sasaran yang berada dibalik bukit/gunung. Pada umumnya mortir ditembakkan dengan sudut besar, sehingga lintasan peluru membentuk parabolik serta menggunakan laras licin/tidak beralur (Suharmoko, 2013).

Pada pelaksanaan latihan penembakan menggunakan MU29 LAT A1 dengan pendorong MU2-Tj 7,62 mm pengganti isian pokok, personel dihadapkan permasalahan pada pelaksanaan latihan ini dirasa masih kurang oleh prajurit dilapangan hal ini dikarenakan jumlah minisi latihan yang terbatas serta alat intruksi yang tidak memadai dan terbatas, selain itu litbang poltekad mengembangkan granat mortir latihan 81 mm dengan pendorong air sebagai sarana latihan drill tempur dan drill teknis di jajaran TNI AD/satuan infanteri masih memiliki kekurangan dari segi keamanan karena udara bertekanan sebagai pendorong granat mortir latihan terisimpan di badan mortir yang terbuat dari bahan PE (*Poletilena*), pemakaian yang berulang-ulang dan jatuhnya granat mortir latihan dapat menyebabkan kekuatan *material* menurun yang akan membahayakan bagi personel.

Dari permasalahan tersebut maka penulis merencanakan sebuah alat yang mampu dan dapat dioperasikan dalam pelaksanaan latihan penambakan mortir latihan dengan biaya yang murah, dapat dioperasikan secara berulang-ulang, tidak memerlukan tempat yang luas untuk pengaplikasiannya, serta keamanan yang lebih terjamin.

METODE PENELITIAN

1. Tempat dan Waktu Penelitian.

- a. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di bengkel Poltekad

- b. Penelitian ini dilakukan selama 8 bulan, mulai bulan Agustus 2022 sampai dengan Bulan Maret 2023.

2. Metode Penelitian. Pada penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode yang digunakan oleh peneliti adalah :

- a. Metode eksperimen yaitu dengan melakukan proses penelitian, perancangan dan pengujian yang dibuat untuk memperoleh data penelitian.

- b. Metode statistik dengan analisis regresi polinomial yaitu proses penelitian yang menggunakan batuan *microsoft excel* untuk mengolah data hasil pengujian yang disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara variabel X terhadap variabel Y bertujuan untuk meramalkan nilai suatu variabel dengan variabel lain.

3. Instrumen Penelitian. Pada penelitian ini, terdapat beberapa instrumen penelitian seperti variable yang digunakan untuk mendukung proses penelitian. Beberapa variable yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

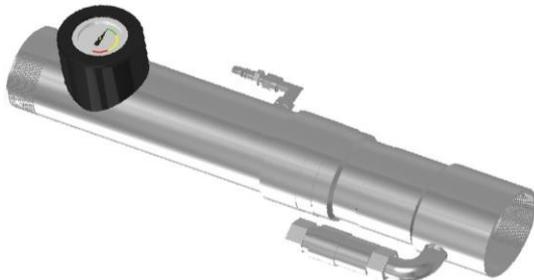
- a. Variabel bebas adalah variabel yang membuat berubahnya dan timbulnya variabel terikat (Punch, 2009). Adapun variabel yang digunakan antara lain :

- 1) Volume tabung.
- 2) Material pada tabung *quick valve*.
- 3) Jenis ulir pengikat.
- 4) Jenis las pengikat.
- 5) Berat granat mortir latihan.
- 6) Tekanan kerja.

- b. Variabel terikat merupakan variabel yang keberadaannya menjadi sebab dan akibat karena adanya variabel terikat (Punch, 2009). Adapun variabel terikat Adapun variabel yang digunakan antara lain :

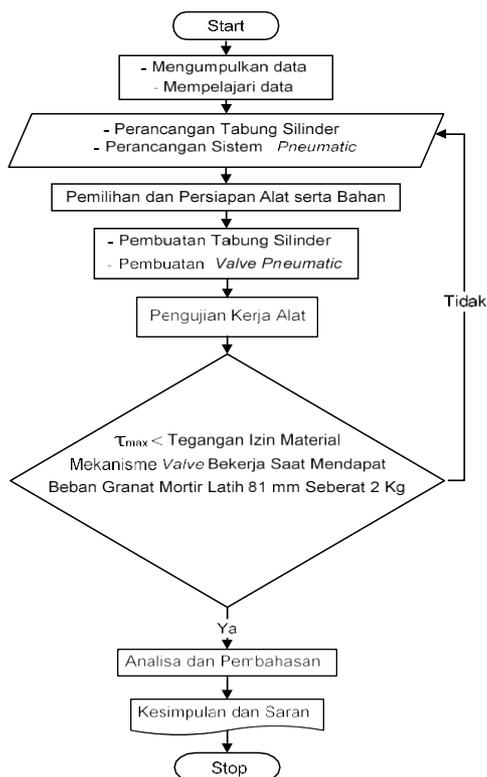
- 1) Tinggi tabung.
- 2) Masa jenis bahan tabung *quick valve*.
- 3) Kekuatan ulir pengikat.
- 4) Kekuatan las pengikat.
- 5) Kecepatan jatuh granat mortir latihan.
- 6) Jarak capai granat mortir latihan.

4. Desain Alat. Dalam mendukung proses penelitian dan perencanaan alat ini, maka dibutuhkan desain alat. Adapun desain alat sebagai berikut:



Gambar 1.
 Desain Alat *Pre-Charged Pneumatic Quick valve*.
 (Sumber: Peneliti)

5. Diagram Alir Penelitian.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.

PEMBAHASAN

1. Data Hasil Uji Coba.

Hasil didapatkan dari pengujian alat dan pengambilan data yang dilakukan oleh peneliti, dimana data tersebut akan diolah oleh peneliti berdasarkan metode penelitian yang digunakan sehingga mendapatkan rancangan alat sesuai yang diharapkan.

a. Data Spesifikasi.

1) Material tabung.

Jenis material	: STKM 13C
Tegangan tarik (σ)	: 510 N/mm ²
Tegangan geser (τ)	: 380 N/mm ²
Tegangan izin	: 380 N/mm ²
Tebal	: 10 mm
Diameter dalam	: 80 mm
Diameter luar	: 100 mm

2) Material plat tutup tabung.

Jenis material	: EN 10028-3
Tegangan tarik (σ)	: 470 N/mm ²
Tegangan geser (τ)	: 461 N/mm ²
Tegangan izin	: 461 N/mm ²
Tebal	: 18,65 mm

3) Granat mortir latih 81 mm.

Diameter	: 81 mm
Panjang	: 585 mm
Berat	: 2 kg
Bahan	: Polietilena (PE)

b. Data Hasil Pengujian.

Data hasil pengujian dalam penelitian ini didapatkan melalui proses pengukuran sebagai berikut:

1) Data hasil pengukuran dan pengambilan data tabung silinder.

Data hasil pengukuran tabung quick valve didapatkan melalui proses pengukuran dengan alat ukur jangka sorong.

Tabel 1 Tabel Pengukuran Tabung Quick Valve

No	Variabel	Nilai
1	Diameter luar	100 mm
2	Diameter dalam	80 mm
3	Panjang tabung	299 mm
4	Tebal tabung	10 mm

(Sumber : Diolah oleh Peneliti, 2022)

2) Data hasil pengukuran dan pengambilan data valve.

Data hasil pengukuran valve didapatkan melalui proses pengukuran menggunakan alat ukur jangka sorong.

Tabel 2 Tabel Pengukuran Valve

No	Variabel	Nilai
1	Diameter luar	45 mm
2	Diameter dalam	34 mm
3	Panjang tabung	210 mm
4	Tebal tabung	5,5 mm

(Sumber : Diolah oleh Peneliti, 2022)

3) Data hasil pengambilan waktu Granat mortir latih 81 mm. Data hasil waktu granat mortir latih 81 mm dijatuhkan dari ujung laras sampai ke pangkal laras dengan variasi sudut yang berbeda didapatkan melalui proses pengukuran menggunakan alat ukur stopwatch.

Tabel 3 Tabel Pengambilan Waktu Meluncur Granat Mortir Latih 81 mm ke Pangkal Laras

No	Sudut	Nilai
1	45°	0,049 detik
2	50°	0,038 detik
3	55°	0,036 detik
4	60°	0,034 detik

(Sumber : Diolah oleh Peneliti, 2022)

4) Data hasil pengambilan jarak capai granat mortir latih 81 mm. Data hasil jarak capai granat mortir latih 81 mm dengan variasi tekanan dan sudut yang berbeda didapatkan melalui proses uji coba dilapangan dan pengukuran menggunakan alat ukur range finder.

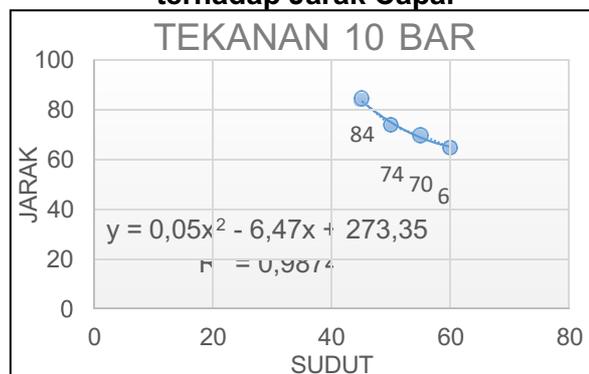
Tabel 4 Pengumpulan Data Tekanan 10 Bar terhadap Jarak Capai

Sudut (°)	Jarak Capai (meter)					Rata-rata (meter)
45°	81	84	85	84	85	84
50°	76	82	67	73	71	74
55°	72	78	68	62	69	70
60°	64	71	63	57	69	65

(Sumber : Diolah oleh Peneliti, 2022)

Dari hasil pengujian pada tekanan 10 bar didapat hubungan tekanan dan sudut terhadap jarak capai dalam bentuk grafik.

Grafik 1 Hubungan Tekanan dan Sudut terhadap Jarak Capai



(Sumber : Diolah oleh Peneliti, 2022)

Sehingga dari grafik 1 menghasilkan nilai regresi ($y = 0,05x^2 + 6,47x + 273,35$). Nilai regresi yang terbentuk pada grafik 4.1 merupakan hubungan dari variabel X (variabel bebas) dengan variabel Y (variabel terikat). Tujuan dari nilai regresi tersebut merupakan untuk meramalkan nilai dari variabel X yang tidak tercantum pada variabel X dalam rank 10 – 25 bar dan sudut yang sama 45° dengan nilai kebenaran $R^2 = 1$ mendekati dengan nilai real hasil pengujian dilapangan

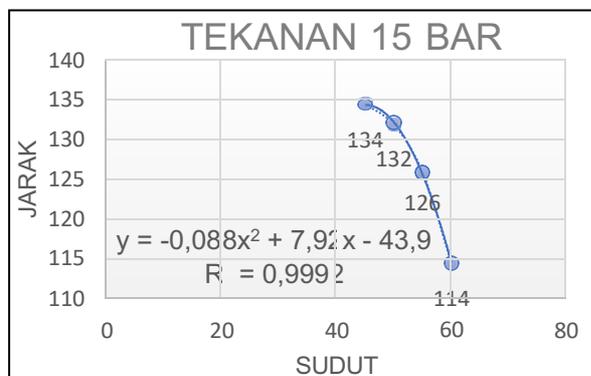
Tabel 5 Pengumpulan Data Tekanan 15 Bar terhadap Jarak Capai

Sudut (°)	Jarak Capai (meter)					Rata-rata (meter)
45°	129	131	141	131	140	134
50°	128	136	128	135	132	132
55°	123	119	131	127	129	126
60°	108	110	117	119	118	114

(Sumber: Diolah oleh Peneliti, 2022)

Dari hasil pengujian pada tekanan 15 bar didapat hubungan tekanan dan sudut terhadap jarak capai dalam bentuk grafik.

Grafik 2 Hubungan Tekanan dan Sudut terhadap Jarak Capai



(Sumber: Diolah oleh Peneliti, 2022)

Sehingga dari grafik 2 menghasilkan nilai regresi ($y = -0,088x^2 + 7,92x - 43,9$). Nilai regresi yang terbentuk pada grafik 4.1 merupakan hubungan dari variabel X (variabel bebas) dengan variabel Y (variabel terikat). Tujuan dari nilai regresi tersebut merupakan untuk meramalkan nilai dari variabel X yang tidak tercantum pada variabel X dalam rank 10 – 25 bar dan sudut yang sama 45° dengan nilai kebenaran $R^2 = 1$ mendekati dengan nilai real hasil pengujian dilapangan.

Tabel 6 Pengumpulan Data Tekanan 20 Bar terhadap Jarak Capai

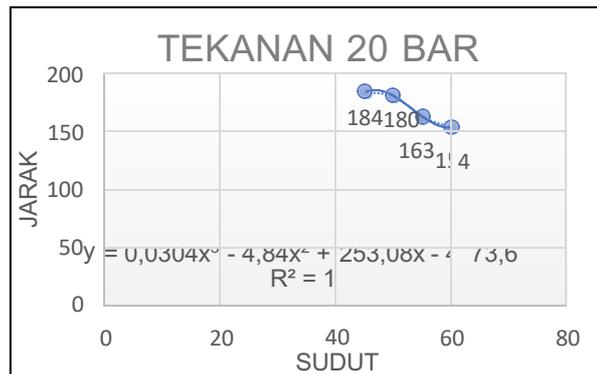
Sudut (°)	Jarak Capai (meter)					Rata-rata (meter)
45°	188	178	177	192	186	184
50°	176	187	185	179	175	180

55°	167	159	162	161	164	163
60°	152	149	151	155	161	154

(Sumber: Diolah oleh Peneliti, 2022)

Dari hasil pengujian pada tekanan 20 bar didapat hubungan tekanan dan sudut terhadap jarak capai dalam bentuk grafik.

Grafik 3 Hubungan Tekanan dan Sudut terhadap Jarak Capai



(Sumber: Diolah oleh Peneliti, 2022)

Sehingga dari grafik 3 menghasilkan nilai regresi ($y = 0,0304x^3 - 4,84x^2 + 253,08x - 4173,6$). Nilai regresi yang terbentuk pada grafik 4.1 merupakan hubungan dari variabel X (variabel bebas) dengan variabel Y (variabel terikat). Tujuan dari nilai regresi tersebut merupakan untuk meramalkan nilai dari variabel X yang tidak tercantum pada variabel X dalam rank 10 – 25 bar dan sudut yang sama 55° dengan nilai kebenaran $R^2 = 1$ mendekati dengan nilai real hasil pengujian dilapangan.

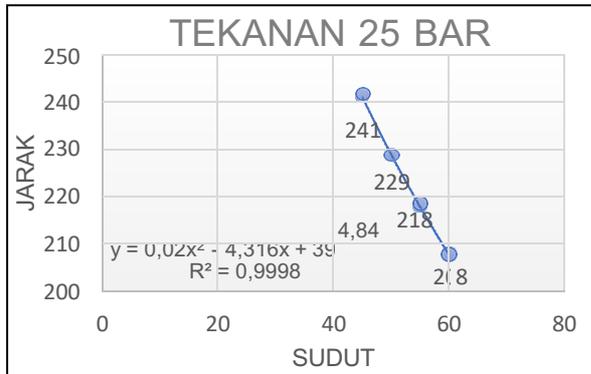
Tabel 7 Pengumpulan Data Tekanan 25 Bar terhadap Jarak Capai

Sudut (°)	Jarak Capai (meter)					Rata-rata (meter)
45°	240	251	239	237	239	241
50°	231	226	229	227	231	229
55°	218	215	222	219	217	218
60°	204	213	206	209	207	208

(Sumber: Diolah oleh Peneliti, 2022)

Dari hasil pengujian pada tekanan 25 bar didapat hubungan tekanan dan sudut terhadap jarak capai dalam bentuk grafik.

Grafik 4 Hubungan Tekanan dan Sudut terhadap Jarak Capa

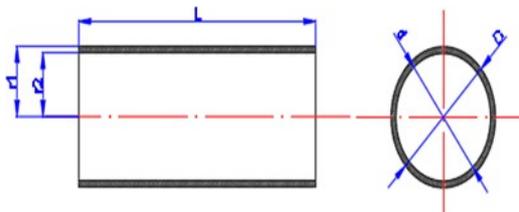


(Sumber: Diolah oleh Peneliti, 2022)

Sehingga dari grafik 4 menghasilkan nilai regresi ($y = 0,02x^2 + 4,316x + 394,84$). Nilai regresi yang terbentuk pada grafik 4.1 merupakan hubungan dari variabel X (variabel bebas) dengan variabel Y (variabel terikat). Tujuan dari nilai regresi tersebut merupakan untuk meramalkan nilai dari variabel X yang tidak tercantum pada variabel X dalam rank 10 – 25 bar dan sudut yang sama 60° dengan nilai kebenaran $R^2 = 1$ mendekati dengan nilai *real* hasil pengujian dilapangan.

2. Perhitungan Panjang Tabung.

Tabung dengan bentuk silinder pada modifikasi laras mortir 81 mm adalah bagian konstruksi tabung yang terdapat di pangkal laras bagian bawah yang akan menyimpan udara.



Gambar 2 Dimensi Tabung Silinder

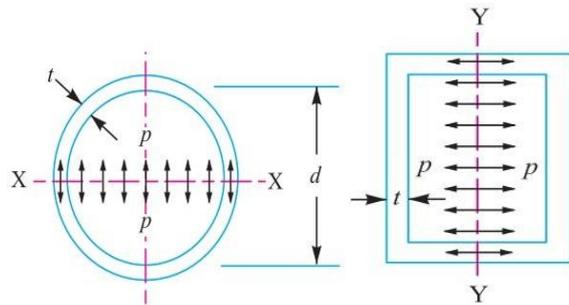
$$t = \frac{V}{\pi \cdot r^2} = \frac{1500 \text{ cm}^3}{3,14 \cdot (4 \text{ cm})^2}$$

$$= 29,9 \text{ cm} = 299 \text{ mm}$$

Jadi tinggi tabung silinder yang didapatkan yaitu 299 mm.

3. Analisa Kekuatan Bahan Tabung Quick Valve.

Kekuatan bahan tabung menggunakan perhitungan dan rumus-rumus yang relevan yang selanjutnya disimulasikan dengan aplikasi ansys untuk membuktikan bahan tabung tersebut kuat dan aman dalam menerima beban statis, dimana tabung quick valve yang direncanakan terbuat dari bahan STKM 13C. Analisa kekuatan bahan tabung quick valve ini bertujuan untuk mengetahui deformasi yang terjadi, equivalen strees dan safety factor dari bahan tabung.



Gambar 3 Circumferential or Hoop Stress dan Longitudinal Stress

a) Circumferential or Hoop Stress.

Circumferential or hoop stress pada tabung *quick valve* dapat diketahui dengan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} \sigma_{t1} &= \frac{P \cdot d}{2 \cdot t} \\ &= \frac{2,5 \text{ N/mm}^2 \cdot 80 \text{ mm}}{2 \cdot 10 \text{ mm}} \\ &= \frac{250 \text{ N/mm}^2}{20 \text{ mm}} \\ &= 12,5 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi *circumferential or hoop stress* pada tabung *quick valve* yang didapatkan yaitu sebesar 12,5 N/mm²

b) *Longitudinal Stress.*

Longitudinal stress pada tabung *quick valve* dapat diketahui dengan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} \sigma_{l2} &= \frac{P \cdot d}{4 \cdot t} \\ &= \frac{2,5 \text{ N/mm}^2 \cdot 80 \text{ mm}}{4 \cdot 10 \text{ mm}} \\ &= \frac{250 \text{ N/mm}^2}{40 \text{ mm}} \\ &= 6,25 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi *longitudinal stress* pada tabung *quick valve* yang didapatkan yaitu sebesar 6,25 N/mm²

c) *Maximum Shear Stress.*

Maximum shear stress pada tabung *quick valve* dapat diketahui dengan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} \tau_{\max} &= \frac{\sigma_{t1} - \sigma_{t2}}{2} \\ \tau_{\max} &= \frac{12,5 \text{ N/mm}^2 - 6,25 \text{ N/mm}^2}{2} \\ &= 3,125 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi *maximum shear stress* pada tabung *quick valve* yang didapatkan yaitu sebesar 3,125 N/mm². Dikaitkan dengan spesifikasi material memiliki tegangan geser 380 N/mm² maka tabung tersebut aman ketika digunakan.

4. Perhitungan Beban pada Tutup Tabung.

Beban pada tutup tabung merupakan tekanan udara yang menekan pada luas penampang silinder 5024 mm² sehingga untuk dapat mengetahui beban pada tutup tabung tersebut menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F &= P \cdot A \\ &= 2,5 \text{ N/mm}^2 \cdot 5024 \text{ mm}^2 \\ &= 12560 \text{ N} \end{aligned}$$

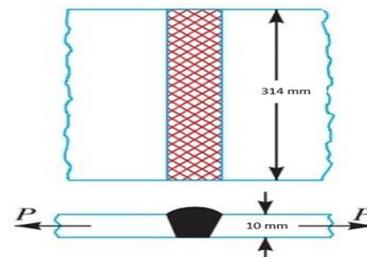
Tabel 8 Variasi Tekanan (N/mm²) Terhadap Beban pada Tutup Tabung (N)

Tekanan	Beban pada tutup tabung
1 N/mm ²	5024 N
1,5 N/mm ²	7536 N
2 N/mm ²	10048 N
2,5 N/mm ²	12560 N

(Sumber : Diolah oleh peneliti, 2022)

5. Perhitungan Pengikat Las.

Tabung *quick valve* pada bagian tutup bawah tabung menggunakan sabungan las jenis *butt weld join* dengan tegangan ijin bahan lasan 430 N/mm², untuk mengetahui kekuatan *butt weld join* dalam menahan tekanan pada tabung *quick valve* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:



Gambar 4 Dimensi *Butt Weld Join*

$$\begin{aligned} P &= t \cdot l \cdot \sigma_t \\ &= 10 \text{ mm} \cdot 314 \text{ mm} \cdot 520 \text{ N/mm}^2 \\ &= 1632800 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi beban yang mampu ditahan pada tutup bawah tabung adalah 1632800 N. Dikaitkan dengan tabel 8 beban maksimal yang bekerja sebesar 12560 N maka tabung aman untuk digunakan.

6. Analisa Kekuatan Ulir Pengikat

Pada bagaian tutup atas tabung menggunakan ulir pengikat menggunakan ukuran 5/8 UNC. Besarnya tekanan kontak pada permukaan ulir tutup atas tabung *quick valve* (w) 12560 N, diameter efektif luar (d₂) 13,813 mm, tinggi profil (h) 1,162 mm dan jumlah lilitan ulir (z) 8. Dikaitkan dengan persamaan 2.2.3 beban yang bekerja sebesar 12560 N dengan tegangan ijin material EN 10028-3 memiliki 461 N/mm² maka besarnya tekanan kontak pada permukaan ulir yang terjadi pada tutup atas tabung *quick valve* sebagai berikut :

$$q = \frac{W}{\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot z} \leq q_a$$

$$= \frac{12560 \text{ N}}{3,14 \cdot 13,813 \text{ mm} \cdot 1,162 \text{ mm} \cdot 8} \leq 461 \text{ N/mm}^2$$

$$= 37 \text{ N/mm}^2$$

Jadi besarnya tekanan kontak pada permukaan ulir pada ulir pengikat tutup atas tabung *quick valve* sebesar 37 N/mm²

Tabel 9 Variasi Gaya Tarik pada Ulir (W), Tekanan Kontak yang Diizinkan (N/mm²) terhadap Tegangan Ijin Material

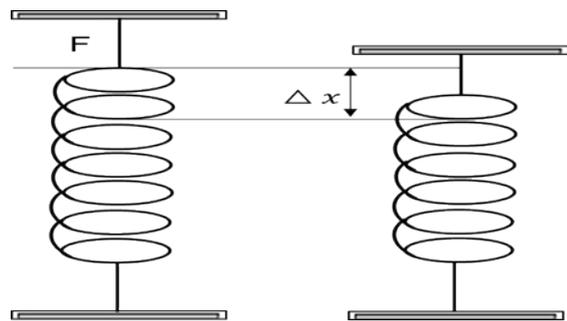
Gaya Tarik pada ulir	Tekanan permukaan ulir	Tegangan ijin material
5027 N	12 N/mm ²	461 N/mm ²
7536 N	19 N/mm ²	461 N/mm ²
10048 N	25 N/mm ²	461 N/mm ²
12560 N	31 N/mm ²	461 N/mm ²

(Sumber : Diolah oleh peneliti, 2022)

Dengan variasi gaya tarik pada Ulir (N) dan tekanan pada permukaan ulir (N/mm²). Tegangan Ijin Material mampu menahan gaya tarik pada Ulir (N) dan tekanan pada permukaan ulir (N/mm²) sehingga ulir pada tutup atas tabung *quick valve* tidak akan menjadi lumur dan aman digunakan.

7. Perhitungan *Helical Spring*

Helical spring berfungsi sebagai penopang dan pengembali beban pada mekanisme katup saat sebelum mendapat usaha dari jatuhnya granat mortir latihan dan mengembalikan beban setelah terjadi uasaha, pada hasil uji coba telah diketahui dengan pertambahan panjang 0,017 m gaya pada spring adalah 25,627 N untuk mengetahui konstata pada spring dapat diketahui dengan melakukan perhitungan sebagai berikut :



Gambar 5 *Helical Spring*.

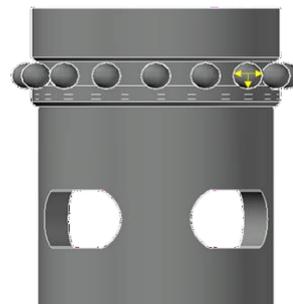
$$K = \frac{F}{\Delta x}$$

$$= \frac{25,627 \text{ N}}{0,017 \text{ m}} = 1507,471 \text{ N/m}$$

Jadi konstanta pada pegas 1507,471 N/m.

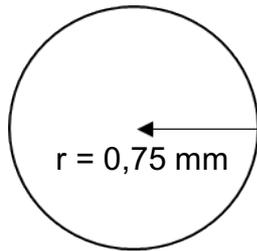
8. Luasan pada *Valve*

Pada *valve* area yang tertekan terdapat tiga arah yang mana arah pada sumbu X, Z membentuk lingkaran dan sumbu Y membentuk persegi panjang. Luasan *valve* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:



Gambar 6 Area yang Tertekan pada Katup.

a) Luas lingkara



Gambar 7 Luas Lingkaran.

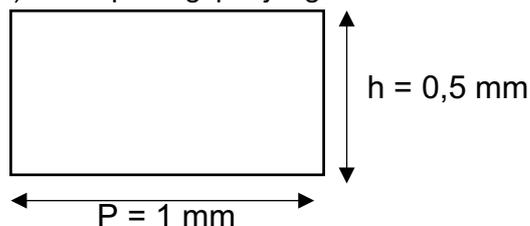
$$A = \pi \cdot r^2$$

$$A = 3,14 \cdot (0,75)^2$$

$$= 7,065 \text{ mm}^2$$

Jadi area pada radius valve 1,5 mm sebesar 7,065 mm².

b) Luas persegi panjang.



Gambar 8 Luas Persegi Panjang.

$$L = P \cdot h$$

$$= 1 \text{ mm} \cdot 0,5 \text{ mm}$$

$$= 0,5 \text{ mm}^2$$

Jadi luasan pada persegi panjang sebesar 0,5 mm².

$$c) A_{\text{total}} = (A_{\text{lingkaran}} + A_{\text{persegi panjang}}) \cdot 16$$

$$= (7,065 + 0,5) \cdot 16$$

$$= 121,04 \text{ mm}^2 = 0,00012104 \text{ m}^2$$

Sehingga luas total area yang tertekan pada valve sebesar 121,04 mm²

9. Tekanan pada valve

Tabung *quick valve* terhubung dengan mekanisme *valve* dengan variasi tekanan kerja 1 N/mm², 1,5 N/mm², 2 N/mm², 2,5 N/m², sehingga untuk mengetahui gaya akibat

tekanan yang bervariasi pada *valve* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$F = P \cdot A$$

$$F = 2,5 \text{ N/mm}^2 \cdot 121,04 \text{ mm}^2$$

$$= 121 \text{ N}$$

Jadi gaya (F) pada luasan *valve* 121,04 mm² sebesar 121 N

Tabel 10 Variasi Tekanan (N/m²) Terhadap Gaya pada Valve (N)

Tekanan	Gaya pada Valve
1 N/mm ²	121 N
1,5 N/mm ²	182 N
2 N/mm ²	242 N
2,5 N/mm ²	303 N

(Sumber : Diolah oleh peneliti, 2022)

Untuk dapat mengetahui gaya total pada *valve* maka gaya pada mekanisme *valve* ditambah dengan gaya *spring helix* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_{\text{total}} = F_{\text{spring}} + F_{\text{valve}}$$

$$F_{\text{total}} = 25,627 \text{ N} + 121 \text{ N}$$

$$= 147 \text{ N}$$

Tabel 11 Variasi Tekanan (N/m²) Terhadap Gaya Total pada Valve (N)

Tekanan	Gaya Total pada Valve
1 N/mm ²	147 N
1,5 N/mm ²	207 N
2 N/mm ²	268 N
2,5 N/mm ²	328 N

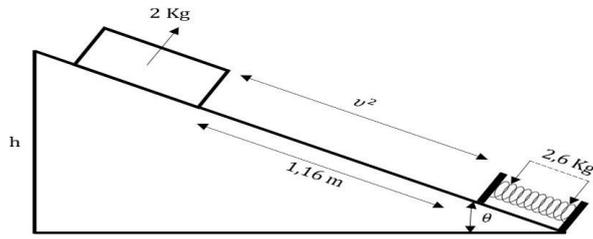
(Sumber : Diolah oleh peneliti, 2022)

Dengan demikian dapat diketahui gaya total pada mekanisme *valve*.

10. Energi Mekanik.

Energi Mekanik merupakan gabungan antara energi potensial dan energi kinetik sehingga benda dapat melakukan usaha (Fisika XI, hal 77). Pada mortir latih granat yang dijatuhkan dari ujung laras memiliki usaha untuk membuka *valve* dengan variasi sudut 45°, 50°, 55°, 60°, ketinggian dan kecepatan

berbeda juga sehingga dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:



Gambar 9 Usaha yang terjadi pada granat mortir latihan.

a) Ketinggian pada bidang miring.

$$h = \sin \theta \cdot s$$

$$= 45^\circ \cdot 1,16 \text{ m}$$

$$= 0,8202 \text{ m}$$

Jadi ketinggian pada sudut 45° sebesar 0,8202 meter.

Tabel 12 Variasi Sudut (°) Terhadap Ketinggian (h)

Sudut	Ketinggian (meter)
45°	0,8202 meter
50°	0,8886 meter
55°	0,9502 meter
60°	1,0046 meter

(Sumber : Diolah oleh peneliti, 2022)

b) Kecepatan pada bidang miring.

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{1,16 \text{ m}}{0,049 \text{ s}}$$

$$= 23,67 \text{ m/s}$$

Jadi kekecepatan pada sudut 45° memiliki kecepatan 23,67 m/s.

Tabel 13 Variasi Sudut (°) Terhadap Kecepatan (u)

Sudut	Kecepatan (m/s)
45°	23,67 m/s
50°	30,5 m/s
55°	32,22 m/s
60°	34,12 m/s

(Sumber : Diolah oleh peneliti, 2022)

c) Energi kinetik.

$$EK = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$EK = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot (23,67 \text{ m/s})^2$$

$$= 560,43 \text{ Nm}$$

Jadi pada sudut 45° kecepatan benda memiliki energi kinetik 560,43 Nm.

Tabel 14 Variasi Sudut (°) Terhadap Energi Kinetik (Nm) pada Bidang Miring

Sudut	Energi kinetik (Nm)
45°	560,43 Nm
50°	931,86 Nm
55°	1038,27 Nm
60°	1146,01 Nm

(Sumber : Diolah oleh peneliti, 2022)

d) Energi Potensial.

$$EP = m \cdot g \cdot h$$

$$EP = 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,8202 \text{ m}$$

$$= 16,1 \text{ Nm}$$

Jadi pada sudut 45° memiliki usaha 16,1 Nm.

Tabel 15 Variasi Sudut (°) Terhadap Usaha (Nm) pada Bidang Miring

Sudut	Usaha (Nm)
45°	16,1 Nm
50°	17,4 Nm
55°	18,62 Nm
60°	19,7 Nm

(Sumber : Diolah oleh peneliti, 2022)

11. Perhitungan Energi Mekanik

Pada mortir latihan granat yang dijatuhkan dari ujung laras memiliki tiga keadaan yaitu usaha, energi kinetik dan energi mekanik untuk membuka valve dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$E \text{ mekanik} = E \text{ potensial} + E \text{ kinetik}$$

$$= 16,1 \text{ Nm} + 560,43 \text{ Nm}$$

$$= 576,5 \text{ Nm}$$

Jadi energi mekanik yang diberikan granat mortir latihan seberat 2 Kg untuk menekan

mekanisme katup pada sudut 45° sebesar 576,5 Nm, maka energi mekanik tersebut merupakan sebuah usaha (EM = W). Dari persamaan 2.2.14 no 19 besarnya usaha adalah (W = F . s) sehingga besar nilai gaya (F) pada saat tertumbuk diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$F = \frac{W}{s}$$

$$= \frac{576,5 \text{ Nm}}{1,16 \text{ m}}$$

$$= 497 \text{ N}$$

Tabel 16 Rekapitulasi Perhitungan Gaya saat Tumbukan dan Total Gaya Katup Akibat Perubahan Sudut

Sudut	Gaya tumbukan (N)	Gaya total (N)	Keterangan
45°	497 N	147 N	Katup membuka
50°	818,3 N	207 N	Katup membuka
55°	911,1 N	268 N	Katup membuka
60°	1020,4 N	328 N	Katup membuka

(Sumber : Diolah oleh peneliti, 2022)

Dikarnakan gaya tumbukan > gaya total pada katup maka katup dapat membuka.

HASIL PENELITIAN

Hasi dari pengolahan data dan perhitungan pada kontruksi tabung kompresi dengan volume 1500 cm³ memiliki tinggi 299 mm. Pada analisa kekuatan bahan tabung kompresi menggunakan bahan STKM 13C menunjukkan *maximum shears stress* sebesar 3,125 N/mm², sedangkan nilai tegangan geser bahan STKM 13C 380 N/mm² maka tabung *quick valve* aman digunakan. Untuk membuka katup pengunci, memerlukan gaya minimal 497 N. Untuk mencapai gaya minimal

membuka katup dengan berat granat mortir latihan 2 kg, maka kemampuan alat mampu ditembakkan pada sudut elevasi minimal 45'. Dari hasil uji coba jarak capai dengan analisis regresi, pada sudut elevasi yang sama diperoleh hubungan semakin besar tekanan maka jarak capai akan semakin jauh, dimana pada sudut elevasi 45' dan tekanan 25 bar jarak maksimal yang dihasilkan sejauh 241 m.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ach. Muhib Zainuri, (2008). Kekuatan Bahan (*Strenght of Materials*).
- [2] Adityo Kuncorojati dan Arif Wahjudi, (2015). Rancang Bangun Pelontar Peluru yang Dilengkapi dengan Kamera Stereo untuk Pendeteksian Target Secara Otomatis.
- [3] Aip Saripudin, Dede Rustiawan K, & Adit Suganda. (2009). Fisika IX.
- [4] Haym Kruglak, & John T.Moore, (1973). Basic Mathematics.
- [5] Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). [A Textbook For The Students Of B A Textbook Of Top. In *Engg. Services*.
- [6] Litbanghan Poltekad Kodiklatad, (2019). Rancang Bangun Granat Mortir Latihan 81 mm Dengan Pendorong Air Untuk Mendukung Latihan *Drill* Teknis Satuan Infanteri.
- [7] Mark W. Zemansky, (1962). Fisika Untuk Universitas 1 Mekanika, Panas, Bunyi.
- [9] PT. Pindad (Persero), (2023, Feb.6) Mortar Kaliber 81MM [online].Available : <https://pindad.com/81mm>
- [10] Punch, K. F., (2009). Introduction to Research Methods in Education. In Handbook of Qualitative Research.
- [11] Roy Horatius Batara, (2021). Rancang Bangun Meriam Pelontar *Pneumatic* 6 Bar.
- [12] Sehat Sitompul, (2020). Mengenal Sistem Pneumatic Aplikasi dan Perawatannya.
- [13] Sugiyono, (2018). Metode Penelitian Pendidikan. Bandung : Afabeta.

- [14] Suharmoko, (2013). Optimalisasi Fungsi Granat Mortir 60 mm Longe Range Menjadi Granat Latih Prajurit TNI AD. Elemen Mesin. Jakarta : Pradnya Paramita.
- [15] Sularso, & Kiyokatsu, (2004). Dasar-Dasar Perencanaan dan Pemilihan [16] Widodo Pawirodikromo, (2014). Analisis Tegangan Bahan.