

RANCANG BANGUN ALAT UKUR TARIK PELOR PADA MUNISI KALIBER KECIL

Hamri¹, Jumiadi², Suprayogi³

Abstraksi

Dalam penyimpanan munisi setiap lima tahun diadakan uji fungsi atau visual untuk mengetahui kelayakan suatu munisi, sehingga perlu adanya alat uji gaya cengkram selongsong pada munisi agar bisa diukur gaya cengkram selongsong. Metode pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan munisi yang akan diuji. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam proses pengujian diperlukan perhitungan tegangan lentur, tegangan tarik, tegangan tekuk dan perhitungan mur dan baut pada alat uji, agar dapat mengukur kemampuan konstruksi alat uji gaya cengkram selongsong pada munisi kaliber kecil.

Hasil perhitungan jika beban 201 kg maka tegangan lentur dudukan atas sebesar $0,9648 \text{ kg/mm}^2$, jika beban 219,185 kg maka tegangan lentur dudukan bawah sebesar $1,052 \text{ kg/mm}^2$, tegangan tarik pada penjepit selongsong sebesar $0,07851 \text{ kg/mm}^2$, tegangan yang terjadi pada tiang penyangga sebesar $21,2020 \text{ kg/mm}^2$ serta tegangan geser yang terjadi pada perhitungan mur dan baut dudukan atas dan bawah sebesar $0,1762 \text{ kg/mm}^2$ lebih kecil dari tegangan geser yang diijinkan sebesar $3,12 \text{ kg/mm}^2$, sehingga baut dan mur dinyatakan aman. Kemudian tegangan geser yang terjadi pada perhitungan mur dan baut penjepit ring selongsong sebesar $0,9199 \text{ kg/mm}^2$ lebih kecil dari tegangan geser yang diijinkan sebesar $3,12 \text{ kg/mm}^2$, sehingga baut dan mur dinyatakan aman.

Kata Kunci : Munisi, Alat Ukur Tarik Pelor

PENDAHULUAN

Melihat perkembangan teknologi persenjataan dimasa ini semakin pesat, untuk itu demi mendukung kelancaran dalam pemilihan kelengkapan persenjataan yaitu pemenuhan munisi terutama dalam hal ini adalah munisi kaliber kecil. Untuk mengetahui kelayakan suatu munisi maka perlu diadakan uji fungsi dan visual.

Pada pengujian fungsi di lakukan dengan cara ditembakkan sedangkan pada pengujian visual dilakukan dengan cara dilihat suatu kelayakan munisi tersebut, maka dari itu perlu adanya alat uji gaya cengkram selongsong pada munisi. Dalam sistem pneumatik terdapat beberapa komponen yang berfungsi sebagai pendukung sistem kerja alat uji gaya cengkram selongsong pada munisi kaliber kecil.

Dari permasalahan tersebut diatas, maka dalam hal ini penulis memiliki ide dan pemikiran untuk membuat suatu rancang alat uji dengan menggunakan sistem pneumatik. Rumusan masalah yang dihadapi adalah bagaimana merancang bangun alat ukur tarik pelor pada munisi kaliber kecil dengan sistem pneumatik.

Untuk menghindari meluasnya masalah, maka permasalahan hanya dibatasi pada hal-hal berikut :

1. Perencanaan desain alat.
2. Perhitungan tegangan tarik.
3. Perhitungan kekuatan penjepit ring selongsong.
4. Perhitungan kekuatan dudukan.
5. Perhitungan mur dan baut.

Metode penelitian yang digunakan sebagai berikut :

¹ Mahasiswa Teknik Jurusan Mesin Universitas Merdeka Malang

² Dosen Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Merdeka Malang

³ Dosen Sekolah Tinggi Teknik Angkatan Darat Malang

1. Metode pengambilan data perbandingan eksperimental.
2. Study literatur.

Adapun tujuan dari pembuatan alat ini adalah merancang bangun alat ukur tarik pelor pada munisi kaliber kecil, agar dapat mengetahui tegangan yang bekerja pada alat ukur tarik pelor pada munisi kaliber kecil.

KAJIAN PUSTAKA

Umum

Munisi merupakan suatu benda yang mempunyai bentuk dan sifat balistik tertentu dan dapat diisi dengan bahan pendorong atau bahan peledak tertentu serta bahan kimia.

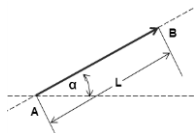


Gambar 1. Munisi Kaliber Kecil

Gaya-Gaya Yang Bekerja

Gaya merupakan penyebab suatu pergerakan dan deformasi suatu benda.

1. Besar suatu gaya dinyatakan dalam unit (satuan) S.I adalah Newton.
2. Arah gaya ditentukan oleh garis aksi dan tujuan gaya, garis aksi ini garis lurus yang tak terbatas dan dimana gaya tersebut bekerja, membentuk sudut terhadap suatu axis (sumbu) tetap.



Gambar 2. Arah Gaya

Keterangan :

- A : titik tangkap gaya
B : arah gaya

AB : garis kerja gaya

L : besar gaya

Hukum Newton

Hukum newton merupakan hukum *sains* yang ditemukan oleh *Isaac Newton*. Pada hukum newton ini di bagi menjadi tiga hukum antara lain :

1. Hukum pertama. Hukum Newton pertama ini adalah sifat mempertahankan keadaan tetap diam atau keadaan tetap bergerak beraturan. Untuk persamaan adalah sebagai berikut :

$$\Sigma F = 0$$

Dimana :

F : Gaya (N).

2. Hukum kedua. Pada hukum Newton kedua ini akan berhubungan dengan percepatan (a) sebuah benda / perubahan kecepatan per sekon sebuah benda. Untuk persamaannya adalah sebagai berikut :

$$a = \frac{F}{m} \text{ (m/dt}^2\text{) atau } F = m \cdot a \text{ (N)}$$

Dimana :

F : Gaya (N).

m : Massa (Kg)

a : Percepatan gravitasi (m/dt²).

3. Hukum ketiga. Pada hukum ketiga Newton ini akan berlaku hukum aksi dan reaksi. Hal tersebut dapat dijelaskan pada suatu benda yang melakukan gaya kepada benda lain, maka benda yang kedua akan melakukan gaya pula kepada benda yang pertama yang sama besarnya, berlawanan arahnya. Hal ini dapat dilihat dengan persamaan sebagai berikut :

$$F_1 = F_2 \text{ (N)}$$

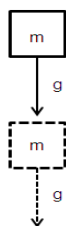
Dimana :

F_1 : Gaya aksi (N).

F_2 : Gaya reaksi (N).

Hukum Gravitasi

Gaya tarik gravitasi bumi terhadap suatu benda sebagai berat benda. Gaya ini terjadi pada benda dalam keadaan diam ataupun bergerak.



Gambar 3. Percepatan Gravitasi

$$W = m \cdot g$$

dimana :

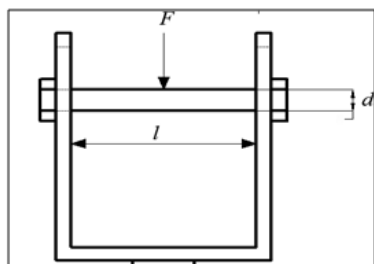
W : Berat (N)

m : Massa (Kg)

g : Percepatan gravitasi (m/dt²)

Tegangan Lentur/Bengkok

Tegangan lentur terjadi karena adanya pembebanan pada bahan dan mengakibatkan lenturan atau bengkok. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4. Tegangan Lentur pada Bahan

Pada gambar di atas dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_b = \frac{P \cdot x \cdot \frac{l}{2}}{\frac{\pi}{32} \cdot X \cdot d^3} \quad (\text{Kg/mm}^2)$$

Bahan aman dari bengkokan /patah apabila :

$$\sigma_b \leq \bar{\sigma}_b$$

Dimana :

σ_b : Tegangan lentur bahan (Kg/mm²).

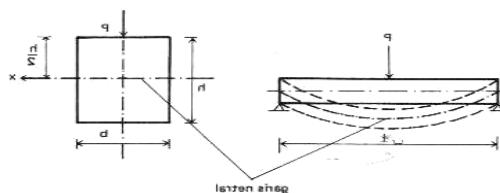
$\bar{\sigma}_b$: Tegangan lentur ijin bahan (Kg/mm²).

P : Gaya yang bekerja (kg).

d : Diameter bahan (mm).

l : Panjang lengan (mm).

Apabila bahan dengan penampang balok dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 5. Tegangan Lentur Dengan Penampang Balok.

$$\sigma_b = \frac{P \cdot x \cdot \frac{l}{2}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^3} \quad (\text{Kg/mm}^2)$$

Dimana :

P : Gaya yang bekerja (Kg).

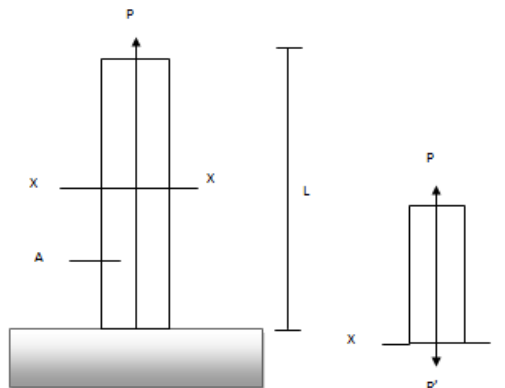
l : Panjang lengan (mm).

b : Lebar (mm).

h : Tinggi (mm).

Tegangan Tarik

Jika pada tegangan tekan, arah kedua gaya saling mendekati maka pada tegangan tarik, arah kedua gaya menjauhi ujung benda.



Gambar 6. Tegangan Tarik.

$$\sigma_t = \frac{P}{F} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Dimana :

P : Gaya tarik aksial (Kg)

F : Luas penampang normal (cm)

Tabel 1. Berat Jenis, Modulus Elastis, Modulus Geser Dan Tegangan Putus Tarik Beberapa Jenis Bahan

Nama Bahan	Berat Jenis (kg/cm ³)	Modulus Elastis (kg/cm ²)	Modulus Geser G (kg/cm ²)	Tegangan tarik (kg/cm ²)
Baja Karbon Rendah	7,8	2,1.10 ⁶	8-8,5.10 ⁵	4000
Baja Karbon Sedang	7,8	2,1.10 ⁶	9.10 ⁵	6000
Baja Campuran	7,8	2,1.10 ⁶	8.10 ⁵	10000-16000
Besi Tuang				
Kelabu	7,2	10 ⁶		2100
Keras (kuat)	7,2	1,5-1,8.10 ⁶	-	4000
Kuningan	9,1	1,1.10 ⁶	7,5.10 ⁵	-
Bronz	9,8	1,2.10 ⁶	7,7.10 ⁵	-
Alumunium	9,8	7,8.10 ⁵	3.10 ⁵	-
Duralium	2,8	7,5.10 ⁵	-	4200
Magnesium	1,9	4,3.10 ⁵	1,9.10 ⁵	2400
Plastik	1,3	1.10 ⁵	-	850
Kayu	0,5	1,1.10 ⁵	-	830

Untuk kestabilan dan keamanan konstruksi, perhitungan kekuatan dan tegangan bahan hanya dibatasi pada daerah elastis. Sampai batas daerah berlaku hukum perpanjangan Hooke

1. Berbanding lurus dengan gaya tarik P .
2. Berbanding lurus, dengan panjang batang.
3. Berbanding terbalik dengan luas penampang normal.
4. Berbanding terbalik dengan modulus elastis bahan.

Jika dinyatakan dengan rumus, maka :

$$\Delta l = \frac{P \cdot l}{E \cdot F} \text{ (cm)}$$

Dimana :

P : Gaya tarik aksial (kg).

L : Panjang batang (cm).

E : Modulus elastis (modulus young) bahan (kg/cm²).

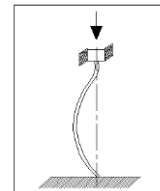
F : Luas penampang normal (cm²).

Harga modulus elastis E diperoleh regangan dimana :

$$\text{Regangan } (\mathcal{E}) = \frac{\Delta l}{l} \times 100 \%$$

Tegangan Tekuk (*Buckling*)

Suatu batang (benda uji) yang dibebani oleh sebuah gaya tertentu sulit sekali menjaga agar resultan gaya tepat berada pada sumbu batang. Pada pelaksanaannya pada pengujian tekuk terhadap 4 macam tipe tumpuan yang dikenal pada kolom elastis yang mendapat gaya tekan aksial, salah satunya tumpuan engsel pada suatu ujung dan jepit pada ujung lainnya.



Gambar 7. Tegangan *Buckling*

Pada ujung beban kritis secara teoritis tekanan kritis diperoleh dari rumus Euler, yaitu :

Untuk tumpuan engsel - engsel

$$P_{cr} = \frac{4\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Dimana :

P_{cr} : Beban kritis / gaya buckling (Kg)

E : Modulus Elastisitas bahan : 2,1 x 10⁶ kg/cm²

L : Panjang kolom (benda uji) (cm)

I : Momen inersia (cm⁴)

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot D^4$$

D : Diameter benda uji

Mur dan baut pengikat

Mur dan baut pengikat mempunyai peranan yang sangat penting dalam suatu perencanaan alat. Adapun perhitungan-

perhitungan dalam merencanakan suatu mur dan baut sebagai berikut :



Gambar 8. **Baut dan Mur**

1. Tegangan tarik (σ_t).

$$\sigma_t = \frac{W}{\left(\frac{\pi}{4}\right)d_1^2}$$

Dimana :

σ_t : Tegangan tarik yang terjadi dibagian ulir pada diameter inti d_1 (N/m^2)

W : Beban tarik (N)

d_1 : Diameter baut (m^2)

2. Jumlah ulir (z).

$$z \geq \frac{W}{\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot \sigma_t}$$

$$h = 50 \% (d_2 - d_1)$$

Dimana:

z : Jumlah ulir

d_1 : Diameter efektif 1 (m)

d_2 : Diameter efektif 2 (m)

3. Tinggi mur (H).

$$H = z \cdot p$$

Dimana:

H : Tinggi Mur

Z : Jumlah ulir

P : Jarak bagi (m)

4. Luas bidang baut (A_b).

$$A_b = \pi \cdot d_1 \cdot k \cdot p \cdot z$$

Dimana :

A_b : Luas bidang baut (m^2)

d_1 : Diameter efektif 1 (m)

k : Ulir metris $\approx 0,84$

p : Jarak bagi/pitch (m)

z : Jumlah ulir

5. Tegangan geser (σ_a).

$$\sigma_a = \frac{W}{A_b}$$

Dimana:

σ_a : Tegangan geser (N/m^2) A_b

W : Beban (N)

A_b : Luas bidang baut (m^2)

METODOLOGI

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam rangka perencanaan alat uji adalah :

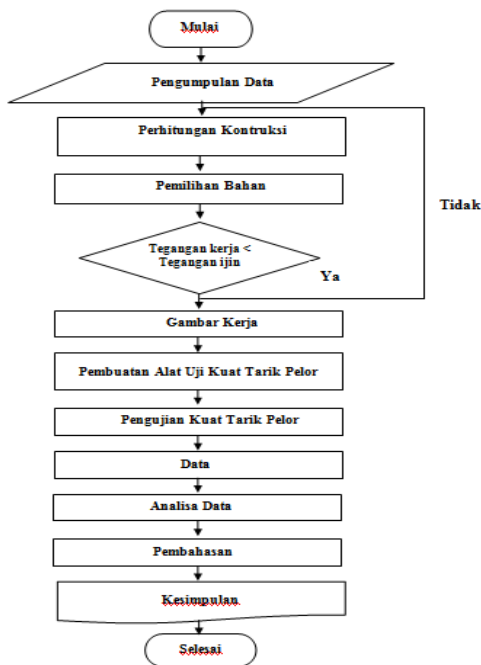
1. Variabel bebas.
 - a. Bahan dan dimensi alat yang digunakan.
 - b. Jenis-jenis munisi kaliber kecil.
2. Variabel terikat.
 - a. Kemampuan bahan alat uji kuat tarik pelor pada munisi kaliber kecil.
 - b. Kemampuan maksimal alat uji kuat tarik pelor pada munisi kaliber kecil.

Tahapan Penelitian

1. Menentukan kebutuhan
2. Pemilihan mekanisme
3. Beban mekanis
4. Pemilihan bahan (material)
5. Menentukan ukuran
6. Modifikasi
7. Gambar Kerja
8. Pembuatan alat uji gaya cengkram selongsong.
9. Pengujian alat
10. Pengumpulan data
11. Analisa Data

Diagram Alir Penelitian

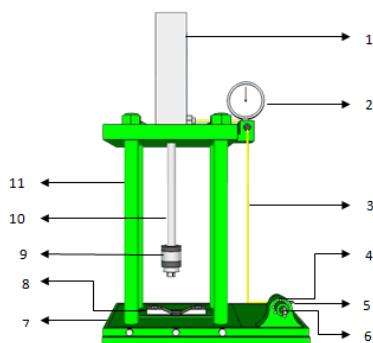
Tahap-tahap dalam penelitian dibuat dalam diagram alir, ditunjukkan dalam gambar berikut :



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian

Rancangan dan Prosedur Pengujian

1. Rancangan alat ukur tarik pelor pada munisi kaliber kecil.
 - a. Gambar rencana alat ukur tarik pelor pada munisi kaliber kecil.



Gambar 10. Rencana Alat Ukur Tarik Pelor Pada Munisi Kaliber Kecil

Keterangan :

1. Pneumatik.
2. *Pressure Gauge*.

3. Selang.
 4. Regulator.
 5. Katup Masuk.
 6. Pengatur Fluida Masuk.
 7. Dudukan.
 8. Penjepit Selongsong.
 9. Penjepit Pelor.
 10. Piston Pneumatik.
 11. Tiang Penyangga/Pasak Penyangga.
2. Prosedur pengujian adalah :
- a. Siapkan alat dan bahan.
 - b. Tempatkan/pasang munisi yang akan diuji pada penjepit selongsong alat uji gaya cengkram selongsong.
 - c. Turunkan penjepit pelor lalu kencangkan.
 - d. Pastikan alat ukur *pressure gauge* dalam posisi 0.
 - e. Pasang kompresor pada katup masuk dan buka katup masuk pada regulator.
 - f. Putar pengatur angin regulator pelan-pelan.
 - g. Setelah fluida masuk kedalam pneumatik, piston otomatis bergerak ke arah atas.
 - h. Setelah pelor lepas dari selongsong catat besarnya nilai yang ditampilkan oleh *pressure gauge*.

Alat-Alat yang Digunakan dalam Pengujian

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian adalah :

1. Kompresor.
2. Selang kompresor.
3. Kunci ring pas 12.
4. Obeng.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data

1. Data pengujian tarik pelor Gaya tarik aksial (P) = 1969,80 N
2. Data dimensi alat sebagai berikut :
 - Panjang (l) = 300 mm
 - Lebar (b) = 300 mm
 - Tinggi (h) = 500 mm
 - Tebal (t) = 25 mm
 - Diameter (D) = 32 mcm
 - Baut/Mur = 20 mm
 - Bahan = Baja S35C
3. Data dimensi penjepit ring selongsong :
 - panjang (l) = 80 mm
 - Lebar (b) = 32 mm
 - Tebal (t) = 6 mm
4. Data spesifikasi baja S35C adalah sebagai berikut :
 - Tegangan geser yang diijinkan = 3,12 kg/mm²
 - Tegangan tarik yang diijinkan $\bar{\sigma}_t = 5,2$ kg/mm²
 - Tegangan Lentur yang diijinkan $\bar{\sigma}_b = 26$ kg/mm²

Tabel 2. Hasil Perhitungan Tekanan Kuat Tarik Pelor Munisi Kaliber

No	Kuat Tarik (kp,Newton)							
	Munisi Kal 9 mm		Munisi Kal 5,56 mm		Munisi Kal 7,62 mm		Munisi Kal 12,7 mm	
	Kpound	Newton	Kpound	Newton	Kpound	Newton	Kpound	Newton
1	56	548.80	89	872.20	78	764.40	176	1724.80
2	46	450.80	93	911.40	69	676.20	145	1421.00
3	56	548.80	95	931.00	83	813.40	187	1832.60
4	62	607.60	87	852.60	88	862.40	166	1626.80
5	45	441.00	88	862.40	90	882.00	201	1969.80
6	48	470.40	79	774.20	83	813.40	189	1852.20
7	55	539.00	88	862.40	75	735.00	196	1920.80
8	61	597.80	87	852.60	69	676.20	169	1656.20
9	60	588.00	73	715.40	81	793.80	178	1744.40
10	45	441.00	89	872.20	88	862.40	192	1881.60
Σ	53.4	523.32	86.8	850.64	80.4	787.92	179.9	1763.02

Perhitungan Tegangan Lentur

- a. Untuk perhitungan tegangan bengkok/lentur (σ_b) yang bekerja pada dudukan bawah dan atas.

$$\sigma_b = \frac{P \frac{l}{2}}{\frac{1}{6} . b . h^2}$$

$$\sigma_b = \frac{201 \frac{300}{2}}{\frac{1}{6} . 300 . 25^2}$$

$$\sigma_b = \frac{30150}{31250}$$

$$\sigma_b = 0,9648 \text{ kg/mm}^2$$

Perhitungan tegangan tarik penjepit selongsong

$$\sigma_t = \frac{P}{F} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\sigma_t = \frac{201}{2560} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_t = 0,07851 \text{ kg/mm}^2$$

Perhitungan tegangan pada batang penyangga pneumatik

$$\sigma = \frac{Pcr}{A}$$

$$\sigma = \frac{17043,0830739456}{803,84}$$

$$\sigma = 21,2020 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan tegangan geser mur dan baut pada dudukan atas dan bawah

$$\sigma_a = \frac{W}{A_b}$$

$$= \frac{201}{1140,3663}$$

$$= 0,1762 \text{ kg/m}^2$$

Sehingga tegangan geser yang terjadi 0,1762 kg/mm² lebih kecil dari tegangan geser yang diijinkan maka baut dan mur dinyatakan aman.

Perhitungan baut pada penjepit ring selongsong

$$\sigma_a = \frac{w}{A_b} = \frac{201}{218,4935}$$

$$= 0,9199 \text{ kg/m}^2$$

Sehingga tegangan geser yang terjadi 0,9199 kg/mm² lebih kecil dari tegangan geser yang diijinkan maka baut dan mur dinyatakan aman.

Analisa Dan Pembahasan

- a. Jika beban yang bekerja sebesar 201 kg, maka tegangan lentur yang terjadi pada dudukan atas sebesar 0,9648 kg/mm². dan di karenakan besarnya tegangan lentur lebih kecil dibanding tegangan lentur bahan yang diijinkan sebesar 26 kg/mm², maka dudukan atas aman dari bengkokan.
- b. Jika beban yang bekerja sebesar 219,185 kg, maka tegangan lentur yang terjadi pada dudukan bawah sebesar 1,052 kg/mm² dan dikarenakan besarnya tegangan lentur lebih kecil disbanding tegangan lentur bahan yang diijinkan sebesar 26 kg/mm², maka dudukan bawah aman dari bengkokan.
- c. Jika beban yang bekerja sebesar 201 kg, maka tegangan tarik yang bekerja pada penjepit ring selongsong sebesar 0,07851 kg/mm² lebih kecil dari pada tengagan tarik yang diijinkan bahan sebesar 5,2 kg/mm², maka penjepit selongsong aman dari bengkokan akibat beban.
- d. Dari hasil perhitungan tegangan tekuk sebesar 21.2020 kg/mm², lebih kecil dari tegangan tekuk yang diijinkan sebesar 26 kg/mm², maka tiang penyangga aman dari bengkokan.
- e. Dari hasil perhitungan, mur dan baut pada dudukan atas dan bawah dimana tegangan tarik di hasilkan sebesar 0,8561 kg/mm², jumlah ulir baut 10 buah, tinggi mur 25

mm, luas bidang baut 1140,3663 kg/mm² dan hasil tegangan geser sebesar 0,1762 kg/mm², Sehingga dapat diterima karena tegangan geser yang terjadi yaitu 0,1762 kg/mm² lebih kecil dari tegangan geser yang diijinkan sebesar 3,12 N/mm², sehingga baut dan mur dinyatakan aman.

- f. Dari hasil perhitungan, mur dan baut pada penjepit ring selongsong dimana tegangan tarik di hasilkan sebesar 7,3134 kg/mm², jumlah ulir baut 14 buah, tinggi mur 14 mm, luas bidang baut 218,4935 kg/mm² dan hasil tegangan geser sebesar 0,9199 kg/mm², Sehingga dapat diterima karena tegangan geser yang terjadi yaitu 0,9199 kg/mm² lebih kecil dari tegangan geser yang diijinkan sebesar 3,12 kg/mm², sehingga baut dan mur dinyatakan aman.

SIMPULAN

Dengan hasil analisa perhitungan pada rancang bangun alat uji gaya cengkram selongsong pada munisi kaliber kecil dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Jika beban yang bekerja sebesar 201 kg, maka tegangan lentur yang terjadi pada dudukan atas dan bawah sebesar 0,9648 kg/mm².
- b. Jika beban yang bekerja sebesar 219,185 kg, maka tegangan lentur yang terjadi pada dudukan atas dan bawah sebesar 1,052 kg/mm².
- c. Jika beban yang bekerja sebesar 201 kg, maka tegangan tarik yang bekerja pada penjepit ring selongsong sebesar 0,07851 kg/mm².

- d. Dari hasil perhitungan tegangan tekuk sebesar $21,2020 \text{ kg/mm}^2$, lebih kecil dari tegangan tekuk yang diijinkan sebesar 26 kg/mm^2 , maka tiang penyangga aman dari bengkokan.
- e. Dari hasil perhitungan, mur dan baut pada dudukan atas dan bawah dimana tegangan geser di hasilkan sebesar sebesar $0,1762 \text{ kg/mm}^2$, Sehingga dapat diterima karena tegangan geser yang terjadi lebih kecil dari tegangan geser yang diijinkan sebesar $3,12 \text{ kg/mm}^2$, sehingga baut dan mur dinyatakan aman.
- f. Dari hasil perhitungan, mur dan baut pada penjepit ring selongsong dimana tegangan geser di hasilkan sebesar $0,9199 \text{ kg/mm}^2$, Sehingga dapat diterima karena tegangan geser yang terjadi lebih kecil dari tegangan geser yang diijinkan sebesar $3,12 \text{ kg/mm}^2$, sehingga baut dan mur dinyatakan aman.

DAFTAR PUSTAKA.

- Lembaga Pengkajian Teknologi Kodiklat
TNI AD, 2006, **Diktat Munisi**, Batu.
- Putra IB, Hidayat A dan Purnama J, 2008,
Elemen Mesin Untuk Industri,
Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Suharto, 1986, **Kontruksi Sambungan**
Tegar, Penerbit Djambatan.
- V.Dobrovolsky, *Machine Element*, Moskwa
- Sularso, 1987, **Dasar Perencanaan dan**
Pemilihan Elemen Mesin, Penerbit
PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

