

PENGARUH BENTUK PROYEKTIL TERHADAP KETAHANAN BALISTIK PADA PLAT BAJA TIPIS

*Binar Ade Anugra¹, Rusnaldy², Ismoyo Haryanto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: binarade@gmail.com

ABSTRAK

Pengujian balistik dikembangkan untuk merancang suatu material anti peluru agar energi peluru yang dihasilkan dari proses penembakan dapat direduksi sebesar mungkin, yang kemudian dihubungkan dengan melihat fenomena yang terjadi akibat dari penetrasi yang diberikan oleh peluru pada suatu material target. Pada pengujian kali ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis bentuk peluru terhadap ketahanan balistik suatu material target. Pada pengujian ini menggunakan peluru berkaliber 4,5 mm yang ditembakkan menggunakan senapan angin dengan menggunakan peluru jenis *conical*, *flat*, dan *hemispherical*, dengan massa 0.53 g, 0.6 g, dan 0.54 g, dengan kekerasan masing masing 5.93 VHN, 5.93 VHN, dan 6.93 VHN, yang melewati sebuah lintasan peluru menuju plat baja 0,2 mm & 0,4 mm dengan nilai kekerasan 481.7 VHN dan 245.93 VHN sebagai material target yang dicekam oleh sebuah jig. Dengan menganalisa dari sisi *crater* (keliling, tinggi, dan volume), deformasi peluru, dan kedalaman peluru menembus balok sebagai wujud data kualitatif dari besarnya energi yang diserap oleh plat baja, sehingga menghasilkan kecepatan sisa. Dari setiap variasi tersebut menghasilkan jenis kegagalan berupa kegagalan ulet dengan pembesaran lubang. Peluru *conical* memberikan kerusakan terbesar sekaligus energi yang diserap oleh pelat sangat besar, sedangkan peluru jenis *hemispherical* adalah penetrator terbaik.

Kata kunci: Pengujian balistik, Bentuk peluru, Fenomena perforasi

ABSTRACT

Ballistic test was developed to design a bulletproof material so that bullet energy generated from the firing process can be reduced by as much as possible, which is then connected to the phenomenon that occurs as a result of penetration given by a bullet to the material target. In this model was conducted to determine the effect of bullet nose shape to the ballistic resistance of the target material. In this test, we used 4.5 mm caliber of bullet that are fired using an air rifle and bullets of conical, flat, and hemispherical with 0.53 g, 0.6 g, and 0.54 g, in mass, and strictness 5.93 VHN, 5.93 VHN, and 6.93 VHN respectively, which passes a trajectory toward the steel plate of 0.2 mm and 0.4 mm with a strength value of 481.7 VHN and 245.93 VHN as a material target that is gripped by a jig. By analyzing the crater (circumference, height, and volume), the deformation of the bullet, and the bullet penetrated the depth of the beam as a form of qualitative data from the large energy that is absorbed by the steel plate, resulting in a residual velocity. Each of these variations produce a type of failure is perforation of ductile with hole enlargement, Conical bullets provide the greatest damage once the energy absorbed by the plate is very large. Although hemispherical nose projectile is the best penetrator.

Keywords: *Ballistic testing, nose shape projectile, perforation phenomenon*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan armor ini adalah tuntutan dari perkembangan senjata api yang semakin pesat. Untuk itu dicarilah solusi untuk membuat material tahan peluru yang mampu menahan tersebut, maka dilakukanlah pengujian balistik yang difungsikan untuk melihat fenomena yang terjadi pada material target dengan mengikuti perkembangan persenjataan jaman sekarang. Dari pengujian ini untuk mencari material yang ringan namun mampu menahan beban lokal dari peluru dan mampu mendistribusikannya secara merata. Pada tahap awal dilakukanlah pengujian dengan mengenal parameter parameter yang berpengaruh pada pengujian balistik itu sendiri, yaitu bentuk proyektil, jarak penembakan, kecepatan tembak, sudut tembak, properties dari material, ketebalan material target. Pada saat ini para peneliti berlomba mencari

material non baja yang ringan dan mampu menahan tumbukan dan penetrasi dari peluru. Karena teknologi material belum secanggih negara-negara lain dan di Indonesia baja mudah diperoleh dengan harga relatif murah dan sifat sangat bervariasi, maka sebaiknya pengujian balistik diawali dengan menggunakan material baja. Dalam pengujian ini dilakukanlah pengujian dengan menggunakan jenis peluru berbeda dan ketebalan serta kekerasan material target yang berbeda.

Dari penelitian sebelumnya, penelitian tentang pengaruh dari bentuk peluru ini sudah dilakukan oleh peneliti dunia, M.A. Iqbal, dkk melakukan penelitian pada tahun 2010, [1], dengan melakukan simulasi tentang pengaruh bentuk proyektil terhadap suatu material ulet. Hasil dari penelitian mereka yaitu, sudut peluru *conical* 33,4°, dan 60° memberikan kegagalan jenis ulet yang ditandai dengan pembesaran lubang dan terbentuknya *crater* seperti kelopak bunga, sedangkan peluru jenis *conical* dengan sudut 90°, 150° dan 180° memberikan perluasan getas yang ditandai dengan adanya material yang lepas. Peluru jenis datar menghasilkan kegagalan berupa adanya material yang lepas (*shear plugging*), sedangkan peluru jenis *hemispherical* memberikan peregangannya pada material target sebelum akhirnya menembus, dan pada *ogival nose* semakin besar CRH semakin memberikan pembesaran lubang dan pembentukan *crater* seperti kelopak bungayang tidak beraturan. Peningkatan kecepatan batas balistik berbanding lurus dengan penurunan sudut hidung pada peluru *conical*, dan peluru jenis *hemispherical* memiliki kecepatan batas balistik yang sangat signifikan jika dibandingkan dengan *flat nose* dan variasi CRH dari peluru *ogival*. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Ulven C., Vidya U.K., dan Hosur M. V. pada tahun 2003, [2], yang melakukan eksperimen dengan menggunakan material komposit jenis karbon/epoxy. Dengan proyektil berjenis *hemispherical*, *conical*, *flat* dan *fragment simulating*. Hasilnya material target yang ditembakkan peluru yang berbentuk kerucut menghasilkan ketahanan balistik yang lebih baik, karena energi yang diserap pada lapisan batas balistik besar. Kemudian diikuti dengan bentuk *flat*, *hemispherical*, dan *fragment simulating*. Borvik, dkk pada tahun 2002 melakukan pengujian dengan menggunakan 3 jenis proyektil yaitu *Blunt*, *Hemispherical* dan *conical* untuk menembus baja weldox 460 dengan ketebalan 12 mm [3]. Selain itu pengaruh ukuran sudut dan radius hidung proyektil juga menghasilkan efek balistik yang berbeda-beda. Pada tahun 2008 Rusinek A., Rodriguez-Martinez J.A., Arias A., Klepaczko J.R., dan Lopez-Puente J. [4], melakukan simulasi numerik dari dampak kaliber peluru *conical* yang mengenai baja weldox 460 E. jadi kecepatan yang hilang oleh proyektil per luasan hidung proyektil adalah konstan untuk setiap kecepatan *impact* awal dan perubahan dari *velocity loss* dapat dihitung dengan *power law*. Semakin besar *caliber* proyektil, semakin besar kerja plastik yang dihasilkan pada plat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh dari penetrasi peluru terhadap material balistik, dan mengetahui jenis kerusakan material balistik dengan variasi jenis peluru.

2. MATERIAL DAN METODOLOGI

2.1. Material

- **Material Target**

Material target yang digunakan adalah jenis baja *mild steel* yang tergolong baja karbon rendah. dengan ketebalan 0,2 mm dan 0,4 mm dan nilai kekerasan 481.7 VHN, dan 245.93 VHN dengan dimensi 10 cm x 15 cm. Sesuai Gambar 1.



Gambar 1. Plat Baja

- **Proyektil**

Dalam pengujian ini menggunakan 3 jenis peluru dengan kaliber 0,45 mm yaitu *conical nose* proyektil, *flat nose* proyektil, dan *hemispherical nose* proyektil, Gambar 2. Ketigapeluru ini memiliki massa 0,53 g, 0,6 g, dan 0,54 g dan kekerasan masing-masing 5.93 VHN, 5.93 VHN, dan 6.93 VHN.



Gambar 2. Conical Nose, Flat Nose, Hemispherical Nose

2.2. METODOLOGI PENGUJIAN

• SET UP PENGUJIAN

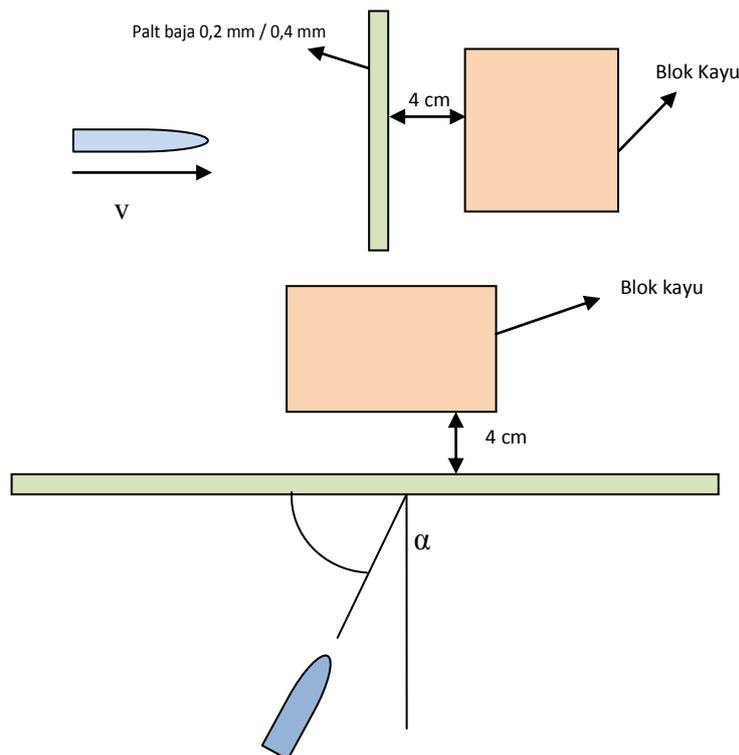
Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan senapan angin sesuai Gambar 3, dan dengan pengesetan pengujian sesuai dengan Gambar 4.



Gambar 3. Senapan Angin

Dalam pengambilan data percobaan balistik ini dilakukan dengan berbagai langkah langkah pengerjaan sesuai dengan Gambar 4, yaitu :

- Tempatkan Plat yang sudah disediakan ke dalam *jig*, pastikan plat tersebut kencang.
- Kunci pelatuk senapan angin, dan kokang senapan angin sesuai dengan variasi yang ditentukan.
- Masukan pipa lintasan peluru dengan jarak yang sudah ditentukan ke dalam ujung laras senapan, dan yang satunya lagi ke pencekam pipa pada *jig*.
- Pastikan pipa lintasan peluru lurus, lakukan dengan bantuan benang bol.
- Letakan balok kayu dibelakang plat dengan jarak 4 cm dari plat.
- Masukan peluru kedalam senapan angin, buka pelatuknya, dan tembak.
- Lepaskan pipa lintasan peluru dari pencekam pada *jig*, dan lepaskan pula pada ujung laras senapan angin.
- Lepaskan platnya dari *jig*, beri kode pengujian pada *crater* plat.
- Ambil balok dan beri kode pengujian pada lubang balok.
- Ambil peluru dalam balok
- Hitung kedalaman peluru menembus balok, keliling *crater*, ketinggian *crater* deformasi peluru, dan volume *crater*, kemudian catat hasilnya.



Gambar 4. Set-up percobaan

2.3. METODE PENGAMBILAN DATA

Dari percobaan tersebut ada beberapa metode yang dapat diambil datanya untuk dianalisa, yaitu dengan mengukur keliling, tinggi, volume *crater* dan deformasi peluru. Metodenya seperti berikut :

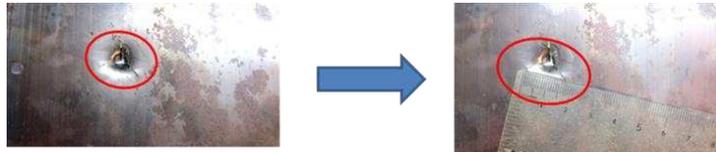
- Pengukuran Keliling *Crater*

Setelah terjadi perforasi pada plat maka munculah *crater*, *crater* ini mempunyai kaki, yang diukur dengan menggunakan mistar ini adalah jarak antar kaki *crater* tersebut sesuai Gambar 5.

$$K = c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_n \quad (1)$$

dimana, c : Jarak antar kaki *crater*

K : Keliling *crater*



Gambar 5. Pengukuran keliling *crater* ketika terjadi perforasi

Apabila tidak terjadi perforasi, maka pengukuran keliling *crater* bisa menggunakan jangka untuk menghitung jari jari langkaran (r), dan kita cari kelilingnya dengan menggunakan rumus keliling lingkaran sesuai Gambar 6.

$$K = 2\pi r \quad (2)$$

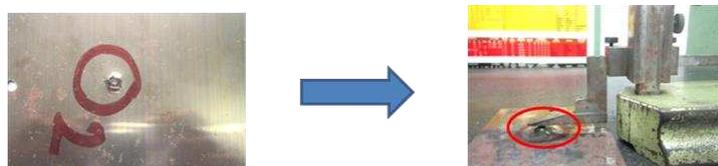
dimana, r : Jari jari *crater*



Gambar 6. Pengukuran keliling *crater* ketika tidak terjadi perforasi

- Pengukuran Tinggi *Crater*

Tinggi *crater* ini baik plat tersebut mengalami perforasi atau tidak tetap dapat dihitung dengan menggunakan *high gauge* sesuai Gambar 7.



Gambar 7. Pengukuran tinggi *crater*

- Pengukuran Deformasi peluru

Deformasi peluru ini dapat diwakili dengan mengukur perbedaan ketinggian peluru semula dengan ketinggian peluru setelah mengalami penembakan. Diukur dengan menggunakan *vernier caliper* sesuai Gambar 8.

$$\text{Deformasi peluru} = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \times 100\% \quad (3)$$

dimana, h_0 : Ketinggian peluru sebelum penembakan

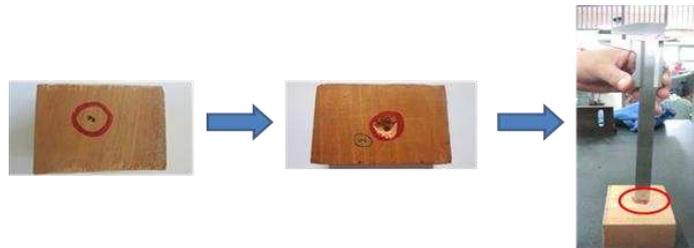
h_1 : Ketinggian peluru setelah penembakan



Gambar 8. Pengukuran Deformasi Peluru

- Pengukuran Kedalaman Peluru Menembus Balok

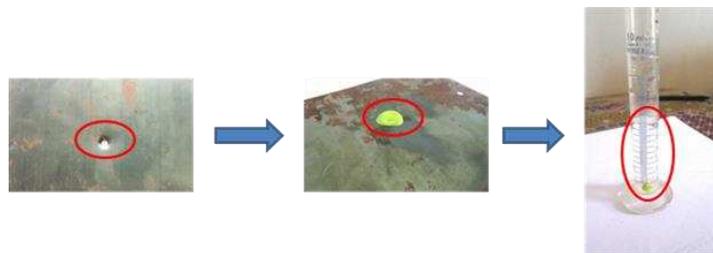
Peluru setelah dapat menembus plat, banyak kemungkinan peluru tersebut akan dapat menembus balok yang berada dibelang plat. Hal yang harus dilakukan adalah mengeluarkan peluru tersebut dari balok, dan kemudian mengukur kedalaman balok dengan menggunakan *vernier caliper* sesuai Gambar 9.



Gambar 9. Pengukuran kedalaman peluru menembus balok

- Pengukuran Volume *Crater*

Volume *crater* ini dapat dihitung dengan menggunakan media malam yang dimasukkan dalam *crater* dan diratakan kemudian apabila sudah memenuhi seluruh bagian *crater* plastisin diambil dan kemudian dimasukkan kedalam gelas ukur yang sudah diberi air sesuai Gambar 10. Kemudian hitung beda ketinggian terhitung.



Gambar 10. Pengukuran volume *crater*

3. HASIL DAN ANALISA

Berikut ini merupakan hasil dari eksperimen yang dilakukan dengan menggunakan variasi jenis peluru yang ditembakkan dengan 8 kokang senapan angin, jarak 2 meter dan mengenai material target plat baja tipis dengan ketebalan 0,2 mm dan 0,4 mm, sesuai dengan Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengambilan data variasi jenis peluru

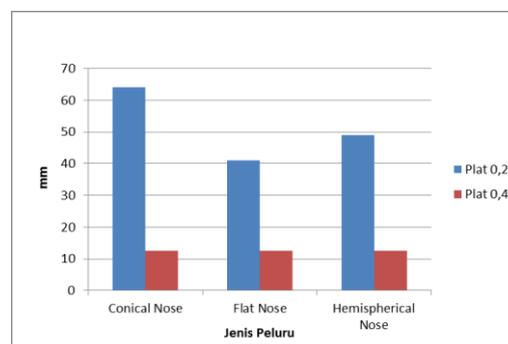
| No | Jenis Peluru | Plat (mm) | Keliling Crater (mm) | Tinggi Crater (mm) | Volume Crater (ml) | Kedalaman Peluru (mm) | Deformasi Peluru | Keterangan |
|----|---------------------------|-----------|----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|------------------|------------|
| 1 | <i>Conical nose</i> | 0,2 | 64,0 | 5,1 | 0,48 | 0,80 | 56% | Tembus |
| 2 | <i>Flat nose</i> | 0,2 | 41,0 | 4,6 | 0,32 | 3,55 | 17% | Tembus |
| 3 | <i>Hemispherical Nose</i> | 0,2 | 49,0 | 4,3 | 0,35 | 4,75 | 25% | Tembus |
| 4 | <i>Conical nose</i> | 0,4 | 12,5 | 2,5 | 0,12 | 0,00 | 74% | Tidak |
| 5 | <i>Flat nose</i> | 0,4 | 12,5 | 2,4 | 0,10 | 0,00 | 68% | Tidak |
| 6 | <i>Hemispherical Nose</i> | 0,4 | 12,5 | 2,7 | 0,13 | 0,00 | 67% | Tidak |

Tabel 1 menunjukkan data pengujian variasi bentuk peluru. Pada tabel tersebut terlihat bahwa dari 6 percobaan penembakan terdapat 3 percobaan yang diidentifikasi tidak dapat menembus plat, yaitu pada penembakan dengan peluru jenis *Conical*, *Flat*, dan *Hemispherical nose* proyektil yang ditembakkan ke plat baja 0,4 mm. Selain 3 percobaan tersebut semuanya dapat menembus plat baja.

Tabel 2. Tabel foto hasil pengujian

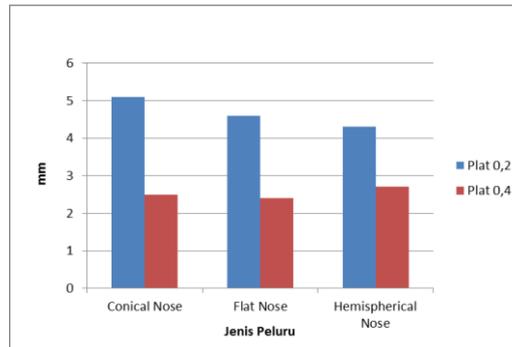
| No | Jenis Percobaan | Tampak Depan | Tampak Belakang | Peluru |
|----|-----------------|---|--|---|
| 1 | Variasi 1 |  |  |  |
| 2 | Variasi 2 |  |  |  |
| 3 | Variasi 3 |  |  |  |
| 4 | Variasi 4 |  |  |  |
| 5 | Variasi 5 |  |  |  |
| 6 | Variasi 6 |  |  |  |

Tabel 2 menunjukkan foto pengujian dengan variasi peluru, yang menjadi bukti kualitatif penyajian data pada Tabel 1, dimana pada tabel ini bisa terlihat kerusakan terbesar memang terlihat pada peluru jenis *Conical* yang dapat menembus plat baja 0,2 mm, hal ini sesuai dengan Tabel 1 dimana memiliki keliling, tinggi dan volume *crater* yang pa;ing besar. Dan peluru yang terdeformasi paling besar yang terjadi pada peluru jenis *Conical*, *Flat*, dan *Hemispherical* yang tidak mampu menembus plat baja 0,4 mm. dari data tersebut dadapatkan grafik seperti Gambar 11,12, dan 13.



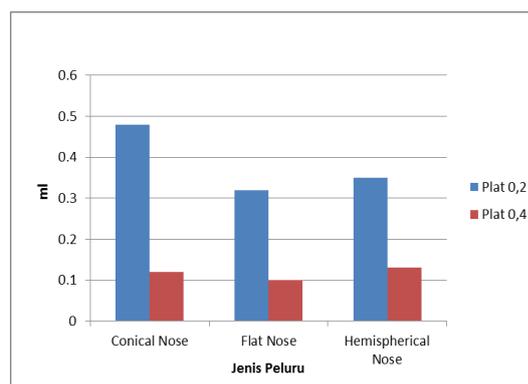
Gambar 11. Grafik perbandingan keliling *crater*

Pada Gambar 11 terlihat bahwa peluru jenis *Conical nose* memiliki keliling *crater* terbesar ketika dapat menembus plat baja 0,2 mm jika dibandingkan 3 jenis peluru lainnya, secara urut yaitu *Hemispherical Nose*, dan *Flat nose*. Namun ketika tidak dapat menembus plat baja 0,4 mm, peluru jenis *Conical nose*, *Flat nose*, dan *Hemispherical Nose* memiliki keliling *crater* yang hampir sama



Gambar 12. Grafik perbandingan Tinggi *Crater*

Pada Gambar 12 terlihat bahwa peluru jenis *Conical nose* memiliki ketinggian *crater* terbesar ketika dapat menembus plat baja 0,2 mm jika dibandingkan 3 jenis peluru lainnya, secara urut yaitu *Flat nose*, dan *Hemispherical Nose*. Namun ketika tidak dapat menembus plat baja 0,4 mm, peluru jenis *Flat nose* memiliki ketinggian *crater* terendah, dan *Hemispherical Nose* memiliki ketinggian *crater* terbesar ketika tidak dapat menembus plat baja 0,4 mm.

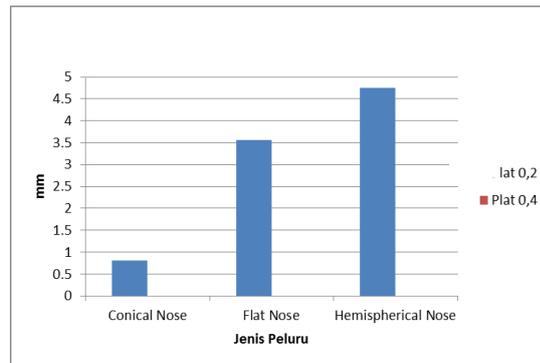


Gambar 13. Grafik Perbandingan Volume *Crater*

Pada Gambar 13 terlihat bahwa peluru jenis *Conical nose* memiliki volume *crater* terbesar ketika dapat menembus plat baja 0,2 mm jika dibandingkan 3 jenis peluru lainnya, secara urut yaitu *Hemispherical Nose*, dan *Flat nose*. Sedangkan peluru jenis *Flat nose* memiliki volume *crater* terkecil, dan jenis *Hemispherical Nose* memiliki volume terbesar ketika tidak dapat menembus plat 0,4 mm. Dan peluru jenis *Ogival nose*, volume *crater* yang dihasilkan ketika menembus plat baja 0,4 mm lebih besar jika dibandingkan dengan volume *crater* ketika menembus plat baja 0,2 mm.

Jika dilihat dari persamaan dasar momentum, $F = m \frac{dv}{dt}$, yang membedakan antara peluru satu dengan yang lainnya adalah kekerasan peluru karena masa dan kecepatan awalnya dianggap sama dan konstan. Bisa dilihat bahwa dengan peluru berjenis *Conical*, *Flat* dan *Hemispherical* memiliki kekerasan yang sangat kecil, hal ini sangat mempengaruhi tipe kerusakan dari plat baja itu sendiri. Dari data hasil pengujian dapat dilihat bahwa peluru jenis *Conical Flat* dan *Hemispherical* ini memberikan kegagalan ulet sehingga timbulah perbesaran *crater* yang lebih besar dari diameter peluru, dengan menekan material target bagian dalam sampai mencapai ultimate yield strength sebelum akhirnya dapat melakukan perforasi. Pada penelitian oleh borvik dkk tahun 2002 [3], peluru jenis *Conical* dapat melakukan perforasi lebih dahulu jika dibandingkan dengan peluru *Hemispherical*, dikarenakan permukaan peluru yang lebih kecil, dan peluru *Hemispherical* akan menghasilkan bentuk seperti mangkok saat penetrasi sebelum melakukan perforasi. Hal ini lah yang ditemukan dalam percobaan, yang memperlihatkan adanya bentuk seperti mangkok pada plat sebelum akhirnya merubahnya menjadi *crater* saat perforasi. Hal tersebut juga dialami oleh peluru jenis *Flat*, namun tidak sebesar *Hemispherical*, dan ketiga jenis peluru ini tidak ditemukan adanya material yang lepas.

Jika dilihat dari sisi material target balistik, semakin besar ketebalan material target ternyata lebih efisien daripada meningkatkan kekerasan material target. Pada plat 0,2 mm memiliki perbandingan kekerasan sebesar 1,95 kali plat baja 0,4 mm yang ketebalannya 2 kali lebih besar. Dapat dilihat dari data pengujian tersebut dengan kecepatan dan jarak yang sama ternyata peluru yang sejenis pun lebih mampu melakukan kegagalan pada plat baja yang memiliki ketebalan 2 kali lebih kecil walaupun memiliki kekerasan yang mendekati 2 kali dari plat baja 0,4 mm.

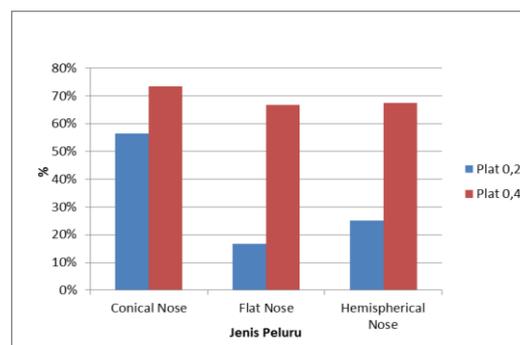


Gambar 14. Grafik perbandingan menembus balok

Pada Gambar 14 terlihat bahwa peluru jenis Conical memiliki kedalaman peluru yang menembus balok paling kecil ketika dapat menembus plat baja 0,2 mm, kemudian dilanjut pada Flat nose, hemispherichal nose. Dikarenakan pada plat baja 0,4 mm peluru jenis Conical nose, Flat nose, Hemispherical Nose tidak dapat menembus plat, maka tidak dapat dibandingkan. Pada peluru jenis Ogival nose, kedalaman peluru yang menembus balok kayu pada plat 0,4 mm lebih kecil jika dibandingkan kedalaman peluru menembus balok pada plat 0,2 mm.

Kedalaman peluru menembus balok ini menunjukkan besar dari energi / kecepatan sisa setelah menembus plat. Jika ditinjau dengan data pengujian pada Tabel 1 dengan kecepatan dan jarak yang sama peluru jenis Conical mengalami pengurangan energi setelah mengalami penetrasi pada plat baja 0,2 mm sebesar 56% sehingga peluru jenis ini menembus blok kayu dengan sangat dangkal. Hal tersebut juga berlaku pada peluru Flat, yang memiliki energi kinetik yang sama dengan peluru Conical namun peluru ini energi penetrasinya hanya berkurang sebesar 17%. Berbeda dengan peluru jenis Hemispherical yang memiliki masa yang lebih besar dan nilai kekerasan yang lebih tinggi dari kedua peluru tersebut, peluru ini memang energinya berkurang 25%, namun dikarenakan peluru ini memiliki momentum dan energi yang lebih besar dibandingkan keduanya, jadi peluru jenis ini dapat menembus blok kayu lebih dalam..

Pada plat 0,4 mm terdapat 3 jenis peuru yang tidak mampu melakukan kegagalan karena energi yang diserap sangat besar, jadi energi yang tersisa hanya mampu untuk memberikan kerusakan dan itu sangatlah kecil.



Gambar 15. Grafik Perbandingan deformasi peluru

Pada Gambar 15 terlihat bahwa peluru jenis Conical terdeformasi paling besar, jika dibandingkan dengan Flat nose dan Hemispherical Nose, hal tersebut pun juga dialami ketika ketiga jenis peluru tersebut tidak dapat menembus plat 0,4 mm. Namun yang terjadi pada peluru jenis Hemispherical, Flat, dan Conical dengan material yang sama, peluru jenis Hemispherical lah yang terdeformasi paling kecil, hal ini dikarenakan peluru jenis ini mempunyai kekerasan yang lebih dibandingkan keduanya. Deformasi peluru akan lebih besar jika keempat peluru tersebut ditembakkan pada plat baja 0,4 mm, daripada plat 0,2 mm.

Pada Gambar 15 terlihat bahwa semua peluru akan terdeformasi setelah peluru tersebut melakukan penetrasi. Pada dasarnya peluru tersebut memang akan terdeformasi apabila nilai kekerasan peluru lebih besar dari 1,5x kekerasan plat baja. Dan perbandingan kekerasan semua peluru dengan plat yang tersedia memang jauh dibawah angka 1,5x kekerasan plat baja. Deformasi disini dapat menjadi patokan seberapa besar peluru tersebut dapat menyerap energi yang diberikan saat penetrasi.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil eksperimental ketahanan balistik dengan menggunakan 3 jenis peluru berbeda adalah sebagai berikut.

- 1) Penetrasi dari peluru yang berbeda bentuk peluru menghasilkan kerusakan yang berbeda, dimulai dari *crater* pada material target, deformasi peluru, dan besarnya kedalaman peluru menembus balok. Dari ketiga analisa yang telah

dilakuka, didapatkan bahwa peluru jenis *conical* adalah penetrator terburuk, karena menghasilkan kerusakan yang besar namun kedalaman peluru menembus balok sangat kecil. Berbeda dengan peluru jenis *flat*, memiliki kerusakan yang paling kecil, namun kedalaman peluru menembus balok yang dihasilkan tidak terlalu besar. Lain halnya dengan peluru jenis *hemispherical*, yang memiliki kerusakan yang tidak terlalu besar namun kedalaman menembus balok yang besar jadi peluru jenis ini bisa dikatakan penetrator terbaik dalam pengujian ini.

- 2) Dari ketiga peluru ini memiliki jenis kegagalan kegagalan yang sama, yaitu kegagalan ulet disertai dengan pembesaran lubang. Dengan adanya peregangan yang besar saat penetrasi sebelum akhirnya mampu melakukan perforasi. Namun pada kegagalan ini tidak ditemukan adanya material lepa, dan peluru jenis *hemispherical* dan *flat* ditemukan adanya pencembungan saat penetrasi.

REFERENSI

- [1] Iqbal, M.A., Gupta, C., Diwakar, A., Gupta, N.K. 2010. Effect of proyektil *nose* shape on the ballistic resistance in the ductile target. *European Journal of Mechanics Solids* 29, pp 683-694
- [2] Ulven, C., Vaidya, U.K., Housur, M.V. 2003. Effect of proyektil shape during ballistic perforation of VARTM carbon/epoxy composite panels. *Composite structure* 61, pp. 143-150
- [3] Borvik, T., Langseth, M., Hopperstad, O.S., Malo, K.A., 2002. Perforation of 12 mm thick steel plates by 20 mm diameter proyektil with *flat*, *hemispherical* and *conical noses* part 1 : Experimental study. *International journal of impact engineering* 27, pp. 19-35
- [4] Rusinek, A., Rodriguez Martinez, J.A., Arias, A., Klepaczko, J.R., Lopez Puente J. 2008. Influence of conical proyektil diameter on perpendicular impact of thin steel plate. *Engineering Fracture Mechanics* 75, pp. 1565-1570.