

SIMULASI BALISTIK PLAT BAJA UNTUK KENDARAAN MILITER PENDOBRAK DENGAN PELURU MU4-TJ MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

*Rifky Ismail, Yogi Reza Ramadan

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jalan Prof. H. Soedarto, SH. Tembalang, Semarang

*E-mail: ismail.rifky@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia telah berhasil memproduksi kendaraan tempur yang diakui oleh dunia internasional. Kendaraan yang diberi nama Anoa dan Komodo ini dikategorikan sebagai *Battering Ram* atau Kendaraan Pendobrak. Jenis ini digunakan untuk pertempuran khusus dan aktivitas anti teror. Kendaraan pendobrak ini mampu menabrak beton setebal 30 cm dan dikendarai saat gelap karena menggunakan sistem kamera *night vision*. Kendaraan ini juga dilengkapi dengan peralatan elektronik dan komunikasi canggih mendukung operasi khusus. Penelitian ini fokus pada kendaraan Komodo dengan plat baja penyusun setebal 4 mm. Pelat baja ini telah mengalami uji tembak eksperimental untuk mengetahui karakteristik balistik dari material. Hasilnya didapatkan bahwa pada pengujian balistik plat baja tersebut diketahui bahwa ketebalan 8 mm dari plat baja ini tidak sampai ditembus peluru tajam pada sudut tembak 90°. Hanya satu jenis peluru yang digunakan dalam uji eksperimen plat tersebut. Diperlukan kajian tambahan yaitu analisa balistik pada plat baja penyusun kendaraan Komodo Pendobrak menggunakan metode elemen hingga dengan jenis peluru yang lain. Kajian dilakukan dengan *software* ABAQUS pada sudut tembak paling kritis 90° dan peluru baru yaitu MU4-TJ. Hasil analisa tersebut adalah peluru dapat menembus plat baja 4 mm 10 m dengan peluru MU4-TJ. Penggunaan plat baja 4 mm tidak disarankan untuk plat Komodo, namun bila tetap dikehendaki untuk digunakan sebaiknya dilakukan penambahan perlakuan material yaitu *surface hardening*.

Kata kunci: ABAQUS, elemen hingga, kajian balistik, kendaraan pendobrak, plat baja

1. PENDAHULUAN

PT. Pindad, Indonesia, selaku produsen peralatan militer dalam negeri telah menghasilkan kendaraan tempur yang diakui dunia internasional, yaitu Anoa 6 x 6 dan Komodo 4 x 4. Kendaraan ini tidak hanya digunakan oleh TNI pada misi di dalam negeri dan di luar negeri seperti pada pengiriman pasukan perdamaian di Libanon dan Kongo tahun 2010 [1] sebagaimana terlihat pada Gambar 1 tetapi kendaraan militer ini juga telah diekspor ke beberapa negara lain [1]. kendaraan ini didesain, dirakit dan diproduksi di dalam negeri oleh para bumiputra, staf BUMN PT. Pindad.



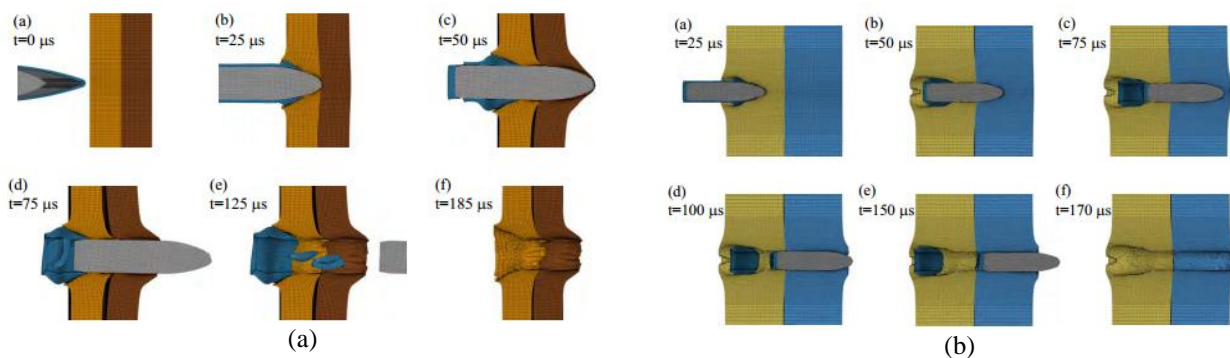
Gambar 1. Produk Anoa 6 x 6 yang sedang berdinam dalam misi perdamaian dan Komodo 4 x 4 produk pindad yang digunakan TNI [1].

Pada penelitian ini, fokus diberikan pada mobil tempur versi ringan yang bernama Komodo 4 x 4. Desain dan konsep kendaraan Komodo ini mengacu pada mobil perang ringan jenis Humvee buatan Amerika Serikat dan Sherpa buatan Prancis. Kendaraan ini dikategorikan sebagai *Battering Ram* atau Kendaraan Pendobrak. Jenis ini digunakan untuk pertempuran khusus dan aktivitas anti teror. Kendaraan pendobrak ini mampu menabrak beton setebal 30 cm dan dikendarai saat gelap karena menggunakan sistem kamera *night vision*. Kendaraan ini juga dilengkapi dengan peralatan elektronik dan komunikasi canggih mendukung operasi khusus. Komodo difungsikan sebagai kendaraan taktis yang mampu menempuh segala medan berat baik itu jalan berlumpur, berpasir, serta bergunung-gunung. Hal itu ditunjang dengan kemampuan komodo yang dapat menerjang tanjakan 31° dan kemiringan sisi samping 17°. Dalam pengembangan kendaraan pendobrak ini terdapat beberapa kajian penelitian yang diperlukan. Salah satunya adalah

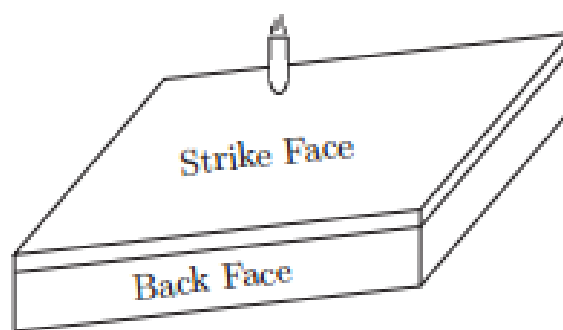
kajian balistik terhadap plat baja penyusun kendaraan Komodo Pendobrak menggunakan metode elemen hingga. Pelat baja ini telah mengalami uji tembak eksperimental untuk mengetahui karakteristik balistik dari material. Hasilnya didapatkan bahwa pada pengujian balistik plat baja tersebut diketahui bahwa ketebalan 8 mm dari plat baja ini tidak sampai tertembus peluru tajam pada sudut tembak 90°. Hanya satu jenis peluru yang digunakan dalam uji eksperimen plat tersebut. Adanya kajian simulasi numerik menggunakan metode elemen hingga dengan variasi jenis peluru yang lain perlu dilakukan untuk mengamati dampak perubahan jenis peluru terhadap perilaku balistik plat yang akan digunakan. Hasil simulasi penelitian nantinya dapat digunakan untuk beberapa penelitian lanjutan.

Berbagai penelitian mengenai uji balistik untuk menguji kekuatan suatu plat atau bahan pelindung lainnya sudah banyak dilakukan oleh para peneliti baik dalam maupun luar negeri. Seperti Flores-Johnson, Saleh dan Edwards. Mereka bertiga menguji performansi balistik pada *multi-layered plates* dengan menggunakan peluru berukuran 7.62-mm. Dalam pengujian ini Flores dkk menggunakan 2 material sebagai pembanding yaitu *Weldox 700E* dan *AL 7075-T651* seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Dari pengujian tersebut didapatkan bahwa perbedaan performansi antara *monolithic* dan *double-layered plates* tidak terlalu signifikan untuk *Weldox 700E*. Sedangkan untuk plat *AL-7075-T651*, untuk ketebalan kurang dari 20 mm tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pula, namun untuk ketebalan diatas 30mm memiliki perbedaan performan yang sangat besar [2].

Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Vit Shanel dan Miroslav Spaniel. Mereka berdua meneliti mengenai efek dampak dari uji balistik terhadap pelindung dengan struktur berlapis (*sandwich*) yang dapat dilihat pada Gambar 3. Pada penelitian tersebut menggunakan *armor* berjenis *ARMOX 500T* yang di produksi oleh perusahaan Swedia, SSAB AB dengan ketebalan 3.5 mm. Untuk referensi amunisi yang digunakan adalah jenis *.233 Remington* yang biasa digunakan oleh senjata tipe FMJ (M193). Dari penelitian tersebut Shanel dan Spaniel berhasil melakukan validasi antara pengujian eksperimental dengan pengujian FEM. Sehingga permodelan ini dapat digunakan untuk variasi lainnya dengan material – material yang berbeda [3].



Gambar 2. (a) Penetrasi pada plat *Weldox 700E* pada kecepatan 679 m/s dan (b) Penetrasi pada plat *AL 7075-T651* pada kecepatan 934 m/s [2].



Gambar 3. Permodelan *sandwich armor* [3].

2. MATERIAL DAN METODOLOGI

2.1. MATERIAL

Pada simulasi uji tembak yang dilakukan, senjata yang digunakan adalah SS dengan peluru MU4-TJ dengan jarak tembak 10 m. Gambar 4 menunjukkan jenis-jenis munisi atau peluru yang sering digunakan dalam dunia militer. Pada kajian eksperimen, peluru yang digunakan adalah MU4-TJ. Dalam pemodelan, material peluru yang digunakan material munisi yang digunakan adalah Antimony dilapis Brass 90 (CuZn10) sebagaimana terlihat pada Tabel 1 dan 2.



Gambar 4. Peluru atau munisi yang digunakan dalam simulasi elemen hingga dalam penelitian ini MU4-TJ [4].

Tabel 1. Tabel spesifikasi *Antimony* [4]

Spesifikasi	Nilai
<i>Ultimate tensile strength (min.)</i>	520 MPa
<i>Thermal Conductivity</i>	27.0 W/m-K
<i>Elastic Modulus</i>	55 GPa
<i>Shear Modulus</i>	20 GPa
<i>Mass Density</i>	1066 kg/m ³
<i>Hardness, Brinell</i>	15.4

Tabel 2. Tabel spesifikasi Brass 90 (CuZn10) [5] (Pindad, 2015).

Spesifikasi	Nilai
<i>Ultimate tensile strength (min.)</i>	469 MPa
<i>Yield Strength (min.)</i>	240 MPa
<i>Elastic Modulus</i>	97 GPa
<i>Shear Modulus</i>	37 GPa
<i>Mass Density</i>	8490 kg/m ³
<i>Poisson's Ratio</i>	0.31

Material dari plat baja penyusun *body* Komodo 4x4 Pendobrak adalah HB 500 dengan spesifikasi yang terlihat pada Tabel 3.

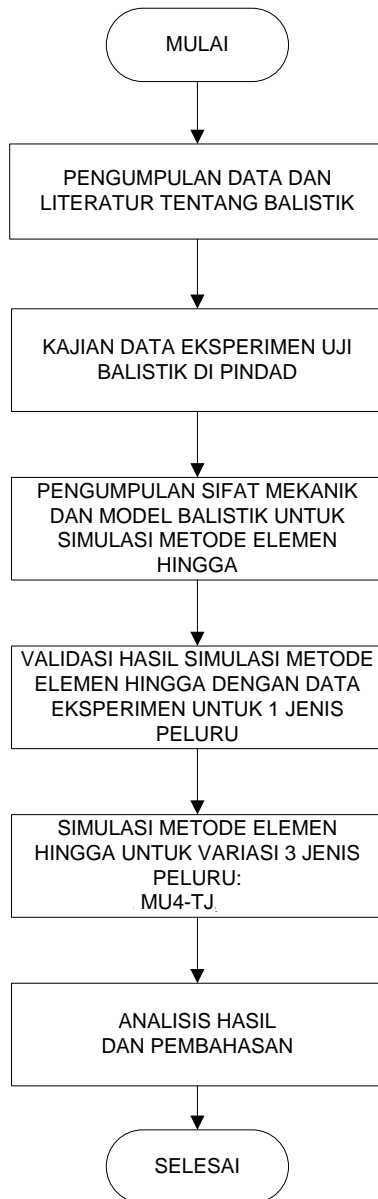
Tabel 3. Spesifikasi material plat HB 500 [5] (Pindad, 2015)

Spesifikasi	Nilai
<i>Tensile Strength</i>	1640 MPa
<i>Yield Strength (min.)</i>	470 MPa
<i>Elongation in 50 mm G. L</i>	10 %
<i>+20^oC (10 mm x 10 mm)</i>	35 J
<i>Hardness</i>	477-534 HB (500 HB)
<i>Mass Density</i>	2700 kg/m ³
<i>Poisson's Ratio</i>	0.33

2.2. METODOLOGI

Gambar 5 merupakan diagram alir metodologi penelitian. Tahapan simulasi dimulai dengan menggambar *CAD* (*computer aided design*) atau gambar benda kerja menggunakan *software Solidworks 2015*. Penggambaran *CAD* dibutuhkan untuk melakukan proses *drawing* bagian-bagian plat dan peluru. Hasil dari pemodelan *CAD* akan diekspor

ke dalam *software* metode elemen hingga yang dalam penelitian ini akan menggunakan *software* ABAQUS 6.11. Setelah proses drawing selesai dan hasil drawing diekspor ke *software* Abaqus 6.11, proses penyesuaian gambar *plat* sesuai dimensi diatur dengan skala 1:1. Dimensi plat yang digunakan adalah 100 mm x 100 mm dengan ketebalan 4 mm.



Gambar 5. Diagram alir penelitian.

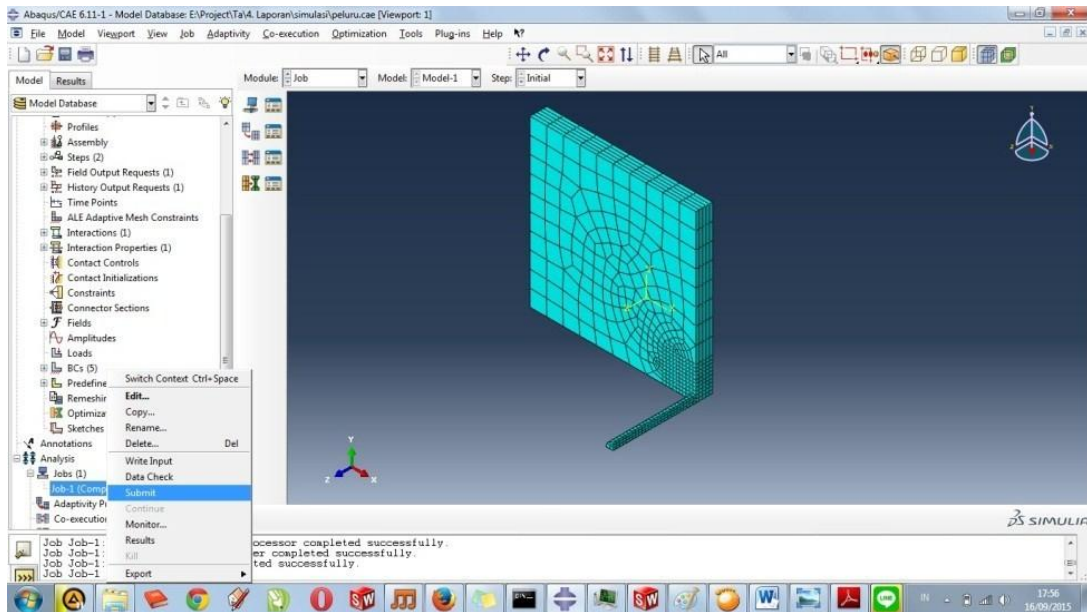
Langkah selanjutnya yaitu pembuatan geometri peluru yang dilakukan dengan *software* CAD. Gambar 6 menunjukkan dimensi geometri peluru.



Gambar 6. Geometri peluru MU4-TJ.

Proses simulasi *impact* menggunakan metode elemen hingga dilakukan di *software* ABAQUS 6.11 karena adanya kelebihan *large plastic deformation* dan *impact simulation* yang dimiliki *software* ini. Proses simulasi selalu dimulai dengan *assembly* kedua *part* tersebut kemudian mengatur parameter yang diperlukan untuk analisis. Langkah

selanjutnya klik kanan pada *job* kemudian pilih *submit*. Gambar 7 menunjukkan sebagian proses simulasi yang dilakukan di ABAQUS 6.11.



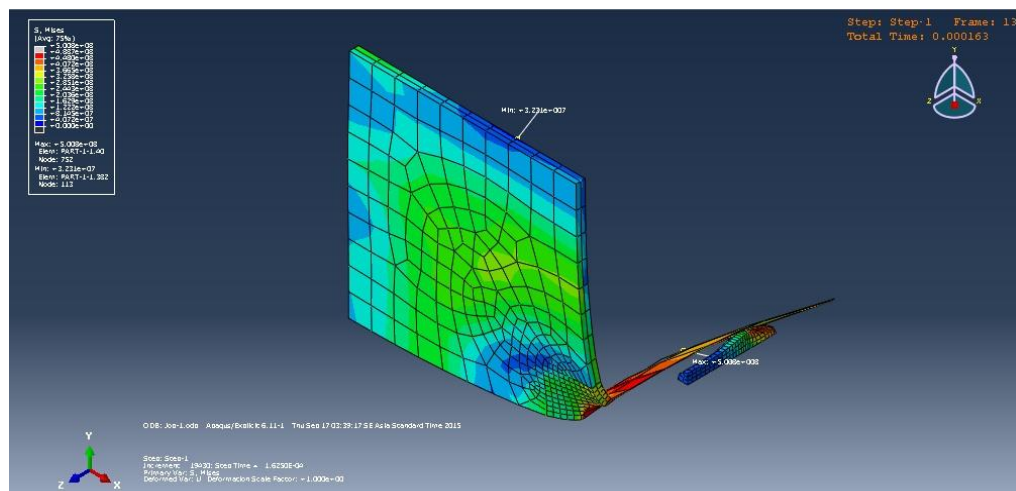
Gambar 7. Assembly plat dengan peluru pada ABAQUS 6.11.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa uji tembak dengan peluru MU4-TJ dilakukan dengan parameter antara lain: peluru MU4-TJ ditembakkan dengan jarak 10 m pada kecepatan 989 m/s. Analisa tersebut dilakukan dengan sudut tembak paling kritis yaitu 90°. Tabel 4 menggambarkan hasil simulasi tembak. Gambar 8 menunjukkan tampilan saat peluru MU4-TJ menembus plat baja.

Tabel 4. Hasil simulasi dengan ABAQUS

Peluru	Tebal Plat	Stress (MPa)	Keterangan
MU4-TJ	4 mm	500.8	Tembus



Gambar 8. Tampilan peluru saat menembus plat baja.

4. KESIMPULAN

Tegangan yang diperbolehkan harus dibawah nilai *Yield Strength* dari material penyusun plat yaitu sebesar 470 N/mm². Dari 12 titik sampel yang berasal dari amunisi MU4-TJ terdapat 2 titik kritis yaitu munisi MU4-TJ dengan $\sigma = 500,8 \text{ N/mm}^2$ pada plat dengan tebal 4 mm dan $\sigma = 498,8 \text{ N/mm}^2$ pada plat dengan tebal 4 mm. Tegangan tersebut terjadi lebih besar dari nilai *yield strength* artinya penggunaan plat dengan tebal 4 mm tidak diperbolehkan dan pengaruhnya tidak aman terhadap perancangan.

Dari hasil analisa *software* ABAQUS 6.11-1 tebal plat minimal dilihat paling tinggi tegangan von Mises nya dibandingkan *yield strength* adalah plat dengan tebal 4 mm dengan munisi MU4-TJ, artinya peluru dengan MU4-TJ adalah peluru dengan ketajaman yang lebih besar dibanding dengan peluru yang lain.

Plat 4 mm tidak cocok digunakan untuk plat komodo karena seluruh hasil simulasi menunjukkan bahwa plat 4 mm tembus oleh jenis peluru MU4-TJ. Jika plat 4 mm akan digunakan maka salah satu saran yang dapat diberikan adalah adanya penambahan perlakuan material seperti *surface hardening* untuk menambah kekuatan material tersebut. Hal ini membutuhkan kajian lebih lanjut.

Hasil ujicoba analisa di atas menggunakan sudut yang paling kritis yaitu sudut 90°, artinya ketika plat tersebut diaplikasikan pada sudut di atas 90° maka bisa dikatakan lebih aman karena tegangan yang dihasilkan akan semakin kecil dan munisi mengalami *recoil* (memantul).

REFERENSI

- [1] Pindad. 2014. Kendaraan Tempur Ringan, www.pindad.com, diakses 2 Desember 2014.
- [2] Flores-Johnson, E.A. Saleh. M. Edwards. L. 2011. Ballistic Performance of Multi-Layered Metallic Plates Impacted by a 7.62-mm APM2 Projectile. *International Journal of Impact Engineering*, 38 (12), pp. 1022-2032.
- [3] Shanel, V. and Spaniel. M. 2014. Ballistic Impact Experiments and Modelling of Sandwhic Armor for Numerical Simulations. *Procedia Engineering*, 79, pp. 230-237.
- [4] Pindad. 2015. Data Pengujian Balistik Kendaraan Komodo Plat 8 mm. Dokumen Internal. PT. Pindad, Bandung