

Pengembangan Material Tahan Balistik Sebagai Bahan Kendaraan Tempur di Indonesia: Review

Helmy Purwanto^{1,*}, Rudy Soenoko², Anindito Purnowidodo², Agus Suprpto³

1 Mahasiswa Program Doktor Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,

Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang

Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

2 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

Jl. Mayjend. Haryono No. 167 Malang, 65145 Indonesia

3 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

Jl. Terusan Raya Dieng 62-64 Malang

* E-mail : helmypurwanto@unwahas.ac.id

Abstrak. Indonesia dengan wilayah territorial yang sangat luas dengan potensi sumber daya alam melimpah serta dinamika regional dan dunia yang dinamis perlu dijaga dengan mempertahankan kedaulatannya. Upaya mempertahankan negara perlu didukung dengan sarana salah satunya adalah kendaraan tempur. Bahan utama kendaraan tempur adalah plat baja tahan peluru. Plat baja tahan peluru adalah bahan yang mampu menahan serangan balistik berupa proyektil yang ditembakkan dari laras senjata. Plat baja tahan peluru harus mempunyai karakteristik dari kombinasi kekerasan, kekuatan dan ketangguhan. Penelitian dan pengembangan telah dilakukan sehingga industri strategis nasional telah mampu membuat plat baja tahan peluru. Industri manufaktur nasional juga telah mampu membuat kendaraan tempur dengan bahan plat baja produk nasional dan kendaraan tempur tersebut telah digunakan di dalam negeri serta telah diekspor.

Kata Kunci: Baja Tahan Balistik, Industri Strategis Nasional

1. Pendahuluan

Pertahanan merupakan salah satu bidang yang perlu diperhatikan dalam sebuah negara untuk menjaga kedaulatan dari ancaman khususnya ancaman dari luar. Pertahanan negara adalah segala usaha untuk mempertahankan kedaulatan negara, keutuhan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia, dan keselamatan segenap bangsa dari ancaman dan gangguan terhadap keutuhan bangsa dan negara [1]. Indonesia sebagai negara yang berdaulat dengan luas wilayah daratan menurut provinsi lebih 1,9 juta km² [2] dan luas laut 5,8 juta [3] dengan potensi alam yang berlimpah harus dijaga keutuhannya. Perkembangan kawasan regional dan internasional yang sangat dinamis serta kemajuan dunia dalam teknologi pertahanan, maka pengembangan sistem pertahanan nasional terus dilakukan dalam upaya meningkatkan kemampuan dan meningkatkan harga diri bangsa.

Indonesia pada tahun 2015 mengalokasikan 96,8 triliun atau 7 % dari Belanja Pemerintah Pusat (BPP) pada Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN) 2015. Belanja pertahanan yang dipisah dari belanja keamanan tersebut meliputi komponen-komponen : 1). pengadaan barang dan jasa militer, 2). produksi Alat Utama Sistem Senjata (Alutsista) dalam negeri, 3). pengembangan industri pertahanan, 4). penyelenggaraan perawatan personel Matra Darat, Laut dan Udara [4]. Dengan adanya peningkatan anggaran belanja pertahanan tersebut, maka kebutuhan sarana dan pengembangan pertahanan dalam negeri secara otomatis juga meningkat.

Peningkatan prosentase penggunaan kadungan lokal dalam produksi alat pertahanan juga merupakan persyaratan seperti yang dituangkan dalam Undang Undang Nomor 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan, yang dijabarkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 76 Tahun 2014 tentang Mekanisme Imbal Dagang dan Pengadaan Alat Peralatan Pertahanan Keamanan dari Luar Negeri. Sehingga pengembangan industri pertahanan menjadi wajib dilaksanakan dan ditingkatkan salah satunya melalui penelitian dan pengembangan material yang digunakan untuk kendaraan tempur (ranpur) atau *Infantry Fighting Vehicle* (IFV).

Pengembangan material tahan peluru (armor, armour) telah banyak dilakukan melalui penemuan material baru, pemaduan komposisi, perlakuan panas, pelapisan permukaan dan pembuatan

komposit baik dari bahan logam maupun non-logam. Membandingkan material baja baru diantaranya [5], paduan aluminium seri 7075 dan 5083 [6], pemaduan komposisi pada baja [7], melapisi plat baja dengan menggunakan logam las [8], melapisi plat baja dengan elastomer [9], perlakuan panas dengan temper pada baja [10, 11, 12], quench temper pada baja bainitik [13, 14], komposit laminasi aluminium/alumina [15], komposit baru carbon nanotube dengan epoksi [16] dan masih banyak lagi pengembangan armor lainnya. Walaupun telah banyak dikembangkan material baru non baja sebagai bahan tahan balistik, tapi baja masih menjadi material utama dalam pengembangan kendaraan militer tahan balistik [17].

Indonesia dengan potensi alam yang melimpah harus secara mandiri mempertahankan kedaulatannya dari berbagai ancaman. Salah satu sarana alat pertahanan adalah kendaraan tempur. Kemandirian dalam bahan baku material dan perancangan terus ditingkatkan. Tulisan ini bertujuan merangkum dan mengulas material baja tahan peluru sebagai bahan manufaktur kendaraan tempur di Indonesia dan penelitian pengembangan kualitas dalam upaya kemandirian di bidang sarana pertahanan.

2. Baja Tahan Peluru

Material tahan peluru atau armor adalah material yang mampu menahan laju balistik yang dikeluarkan dari sebuah senapan. Material ini digunakan untuk melindungi dari serangan balistik yang biasanya diaplikasikan khususnya untuk militer [18], material yang diaplikasikan sebagai material tahan peluru seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Material yang diaplikasikan sebagai material tahan peluru [18].

Steel	- RHA (Rolled Homogeneous Armor) (HB 380) - High Hardness Steel (HB 550) - Two-times hardened (HB 440-600)
Aluminium	- 5083 alloy - 7039 alloy - 2519 alloy
Ceramics	- Aluminium oxide - Aluminium oxide + Al - Boron carbide - Boron carbide + Al - Titanium diboronide
Glass Reinforced	- E glass - S glass
Composites (multi layer with ceramic surface)	- Al + RHA - Steel + RHA - E glass + RHA

Bahan utama dari ranpur adalah plat baja dan performa ranpur meliputi kemampuan pegejaran, penyerangan maupun pertahanan [19]. Penggunaan material armour dalam bentuk plat harus mempunyai dua fungsi utama yaitu fungsi proteksi dan fungsi kontruksi [20]. Semakin tebal plat baja yang digunakan dalam ranpur maka semakin taha terhadap serangan balistik tetapi kelincahan pada medan dan efisiensi berkurang [21].

Ketahanan balistik dari baja merupakan kombinasi yang optimal dari kekuatan, kekerasan dan ketangguhan [22]. Karakteristik material tahan ballistik dapat diidentifikasi terhadap mekanisme penyebaran retak akibat tumbukan peluru dan baja tahan balistik biasanya mengandung unsur Nickel (Ni), Chrome (Cr) dan Molibdenum (Mo) [23]. Baja armor khas mengandung karbida membentuk elemen, biasanya molybdenum, kromium dan austenit membentuk elemen, misalnya mangan dan nikel dengan beberapa karbon, baja dengan ketangguhan tinggi dapat menahan dampak balistik [24]. Baja sebagai bahan tahan peluru masih menjadi pilihan utama untuk dikembangkan karena mudah diproses, dilas dan dapat digunakan sebagai stuktur utama serta sekaligus sebagai pelindung tahan peluru [25].

3. Balistik

Balistik adalah ilmu yang mempelajari percepatan benda yang bergerak, dalam ilmu modern balistik selanjutnya didefinisikan ilmu yang mempelajari gaya, gerak dan dampak dari sebuah proyektil yang ditembakkan dari sebuah senjata [26]. Beban balistik merupakan beban tumbukan dengan kecepatan sangat tinggi (*hypervelocity impact*) yang diberikan terhadap sebuah material sehingga menghasilkan laju regangan yang sangat tinggi [27]. Ilmu balistik dibagi menjadi tiga yaitu balistik dalam (*interior ballistic*) yaitu gerakan peluru didalam laras, balistik luar (*exterior ballistic*) yaitu gerakan peluru di udara, dan balistik akhir (*terminal ballistic*) yaitu ketika peluru mengenai arget dan dampak pada target [28].

Pada balistik akhir, akibat benturan proyektil dengan sasaran atau target menyebabkan regangan yang sangat tinggi pada daerah yang sempit [29], sehingga muncul pita geser adiabatik (*adiabatic shear band* : ASB). Pita geser adiabatik adalah perwujudan dari ketidakstabilan termomekanikal yang menghasilkan deformasi regangan geser yang besar pada daerah yang sempit, pergeseran akibat regangan antara dua bidang tersebut terjadi dengan sangat cepat sehingga tidak sempat terjadi perubahan suhu [30]. Semakin lunak plat jumlah ASB dan ASB karena retak menurun dan panjang ASB yang terbentuk juga menurun seiring dengan ketebalan dan bentuk plat [12].

Spesifikasi militer untuk *armor plate, steel, wrought, high-hardness* memberikan batasan bahwa plat armor kekerasan pada permukaan berada pada kisaran 477 HB – 534 HB dengan selisih variasi dari setiap pengukuran diameter bekas injakan sampel tidak melebihi 0,15 mm [31]. Ketahanan balistik pada baja secara umum meningkat dengan semakin tingginya nilai kekerasan, hingga pada nilai kekerasan tertentu ketahanan balistik tersebut akan menurun karena terjadi proses kegagalan akibat pergeseran dan retak hingga berlubang akibat tumbukan peluru [32]. Sehingga sifat kekerasan saja belum dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan ketahanan terhadap balistik.

4. Industri Pertahanan Indonesia

Penyediaan dan Pemenuhan alat utama sistem senjata (alutsista) Tentara Nasional Indonesia (TNI) tergantung dari produk impor. Import langsung ranpur dalam bentuk jadi (*Completely Build Up* : CBU) dari negara produsen seperti Jerman, Inggris, Prancis dan Rusia, disamping juga mengimpor bahan baku berupa plat tahan peluru. Sesuai dengan arah kebijakan anggaran belanja, pengembangan industri pertahanan Indonesia telah ditingkatkan. Arah kebijakan tersebut juga secara lebih detail dituangkan dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJMN) 2015-2025 bidang pertahanan. Dalam RPJMN bidang pertahanan diantaranya adalah penyediaan dan terpenuhinya alutsista TNI dengan meningkatkan peran industri nasional dalam negeri, meningkatkan kolaborasi penelitian dan pengembangan serta perekayasaan antara Lembaga Penelitian dan Pengembangan Pemerintah – Perguruan Tinggi – Industri [33].

Indonesia mempunyai Badan Usaha Negara (BUMN) strategis yang mampu mendukung industri pertahanan, diantaranya PT. Krakatau Steel sebagai produsen baja, PT. Pindad sebagai industri manufaktur khususnya manufaktur persenjataan dan perlengkapannya. Krakatau Steel sebagai produsen baja telah mampu memproduksi plat lembaran baja tahan peluru KSW 500 *Armor Steel* [34]. KSW 500 merupakan plat tahan peluru (*armor steel*) yang dibuat melalui proses *quench temper* dari lembaran plat canai panas (*hot roll plate*). KSW 500 telah diuji kemampuan balistiknya dan memenuhi persyaratan MIL-A-46100D-2007 [23]. Penelitian dan pengembangan baja KSW ini terus dilakukan untuk meningkatkan ketahanan balistiknya dan menurunkan densitasnya. Penelitian dan pengembangan dilakukan melalui pemaduan komposisi maupun proses dan perlakuan produksinya.

PT. Pindad sebagai industri strategis pertahanan, disamping telah berhasil membuat senjata dan amunisi yang telah diakui kehandalannya juga telah mampu membuat kendaraan khusus militer. Pengembangan kendaraan khusus dimulai dari proyek mobil nasional pada tahun 1993. Penelitian dan pengembangan dilakukan hingga sekarang telah berhasil membuat kendaraan khusus seperti APC (*Armoured Personnel Carrier*) dan kendaraan taktis lainnya dengan merek Komodo dan Anoa dengan berbagai varian [35]. Varian yang telah dibuat diantaranya komodo APC dan intai, anoa ambulance, anoa recovery, anoa logistic anoa RCWS (*Remote Control Weapon System*) dan lain sebagainya yang dapat disesuaikan dengan penggunaan dan pemesannya. Disamping digunakan di dalam negeri untuk

peralatan Polisi Republik Indonesia (Polri) dan TNI, produk PT. Pindad juga telah diekspor ke beberapa negara seperti Malaysia [36] dan telah digunakan dalam misi perdamaian Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) [37].

Sinergi PT. Krakatau Steel dan PT. Pindad dilakukan dalam pemasokan bahan baku plat baja tahan peluru. Sebelumnya PT. Pindad menggunakan menggunakan plat export dari Amerika, Prancis dan Australia [23], kini telah menggunakan plat dari PT. Krakatau Steel. Penelitian dan pengembangan terus dilakukan untuk meningkatkan ketahanan balistik dan penurunan densitas pada bahan baku plat baja tahan peluru. Penelitian dan pengembangan disain manufaktur juga terus dilakukan untuk meningkatkan performa kendaraan yang lincah efisien dan tahan balistik. Disain dan manufaktur kendaraan khusus juga berpengaruh terhadap ketahanan balistik seperti sudut atau lengkung dan sambungan pada badan kendaraan lapis baja.

5. Kesimpulan

Dari ulasan ini maka dapat disimpulkan bahwa daerah teritorial Indonesia yang sangat luas dengan potensi sumber daya manusia dan alam yang kaya perlu dijaga dan dipertahankan dari gangguan baik dari dalam maupun dari luar. Perkembangan kawasan regional dan dunia yang dinamis, diperlukan peralatan pendukung bagi TNI untuk mempertahankan diri dari dan menjaga keutuhan negara. Peralatan pendukung berupa kendaraan tempur jumlah dan performanya harus memadai. Ketergantungan bahan pembuat kendaraan tempur yaitu plat baja tahan peluru telah dikembangkan di dalam negeri. Untuk meningkatkan kemampuan plat baja tahan peluru terus dilakukan penelitian baik dari sisi komposisi maupun proses perlakuan produksinya. Disamping telah mampu membuat bahan tahan peluru industri nasional juga telah mampu memanufaktur kendaraan khusus tahan peluru, sehingga sinergi dari industri bahan baku dan industri manufaktur ini kedepan mampu mewujudkan cita-cita sesuai dengan rencana pembangunan Indonesia khususnya dalam bidang pertahanan. Pengembangan dan penelitian harus terus dilakukan untuk lebih meningkatkan ketahanan balistik dan penurunan densitas pada material tahan peluru dan pengembangan disain manufaktur kendaraan tahan peluru untuk meningkatkan efisiensi dan ketahanan balistiknya.

6. Daftar Referensi

- [1] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2002 Tentang Pertahanan Negara.
- [2] Badan Pusat Statistik Republik Indonesia tahun 2014.
- [3] Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 18 tahun 2011 tentang Pedoman Umum Minapolitan.
- [4] Direktorat Jenderal Anggaran. 2015. Budget In Brief APBN 2015. Jakarta: Kementerian Keuangan Republik Indonesia.
- [5] Bernetič, J., Vuherer, T., Marčetič, M. & Vuruna, M. 2012. Experimental Research on New Grade of Steel Protective Material for Light Armored Vehicles. *Journal of Mechanical Engineering*. 58 (6): 416-421.
- [6] Demir, T., Übeyli, M. & Yildirim, R.O. 2008. Investigation on The Ballistic Impact Behavior of Various Alloys Against 7.62 mm Armor Piercing Projectile. *Materials and Design*. 29: 2009–2016.
- [7] Mawaja, K., & Stumpf, W. 2006. Fracture and Ballistic-Induced Phase Transformation In Tempered Martensite Low-Carbon Armour Steels. *Material Science Engineering A*. 432: 158-169.
- [8] Klimpel, A., Luksa, K. & Burda, M. 2010. Structure and Properties of GMA Surfaced Armour Plates. *Archives of Material Science and Engineering*. 43 (2): 109-116.
- [9] Roland, C.M., Fragiadakis, D., Gamache R.M. 2010. Elastomer–steel laminate armor. *Composite Structures*. 92: 1059–1064.
- [10] Mawaja, K., Stumpf, W. & van der Berg, N. 2009. Characteristics of Martensite As A Function of The Ms Temperature In Low-Carbon Armour Steel Plates. *Materials Science and Engineering*. 519: 121–127.

- [11] Jena, P.K, Mishra, B.I, Siva Kumar, K. & Bhat, T.B. 2010*b*. An Experimental Study On The Ballistic Behavior of Some Metallic Armour Materials Against 7.62 mm Deformable Projectile. *Materials and Design*. 31: 3308–3316
- [12] Mishra, B., Jena, P.K., Ramakrishna, B., Madhu, V., Bhat, T.B. & Gupta, N.K. 2012. Effect of Tempering Temperature, Plate Thickness And Presence Of Holes On Ballistic Impact Behavior And ASB Formation Of A High Strength Steel. *International Journal of Impact Engineering*. 44: 17-28.
- [13] Atapek, S.H. & Karagoz, S. 2011. Ballistic Impact Behaviour of a Tempered Bainitic Steel Against 7.62 mm Armour Piercing Projectile. *Defence Science Journal*. 61 (1): 81-87
- [14] Martis, C.J., Putatunda, S.K., Boileau, B. & Spray, J.G. 2014. The Static And Dynamic Mechanical Properties of A New Low-Carbon, Low-Alloy Austempered Steel. *Materials Science & Engineering A*. 589: 280–287.
- [15] Ubeyli, M., Yildirim, O. dan Ogel, B. 2007. On The Comparison Of The Ballistic Performance Of Steel And Laminated Composite Armors. *Materials and Design*. 28: 1257–1262.
- [16] Wan Hanif, W.Y., Risbya, M.S. & Noor, M.M. 2015. Influence of Carbon Nanotube Inclusion on the Fracture Toughness and Ballistic Resistance of Twaron/Epoxy Composite Panels. *Procedia Engineering*. 114: 118 – 123.
- [17] Kılıç, N. & Ekici, B. 2013. Ballistic Resistance Of High Hardness Armor Steels Against 7.62 Mm Armor Piercing Ammunition. *Materials and Design*. 44: 35–48.
- [18] Karagoz, S., Atapek, H. & Yilmaz, A. 2008*b*. A. Microstructural Characterization And Effects On Mechanical Properties Of Boron Adde Armour Steel. *13th International Conference On Applied mechanics And Mechanical Engineering*. Cairo.
- [19] Brinson, L.C, Allison, J., Julie Chen, Clarke, D.R., Cowles, B., George, T., Greene, E., Harris, W.L. , Mehta, M., Olson, G.B., Saff, C., Tenney, D.R., Zok, F.W., (Committee On Benchmarking The Technology And Application of Lightweighting). 2012. *Application of Lightweighting Technology to Military Aircraft, Vessels, And Vehicle*. Washington DC: National Academy Press : 93
- [20] Rahmalina, D.. 2012. Pengembangan Komposit Matrik Aluminium Sebagai Material Armour dengan Keunggulan Karakteristik Balistik. *Disertasi Program Doktor* (tidak dipublikasikan) Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik. Jakarta : Universitas Indonesia.
- [21] Montgomery, S. & Chin, E. 2004. Protecting a Future Force- A New Generation of Metallic Armors Leads The Way. *AMPTIAC Quarterly*. 6.
- [22] Jena, P.K., Mishra B.I., Ramesh. B.M., Babu, A., Singh, A.K. & Siva Kumar, K. 2010*a*. Effect Of Heat Treatment on Mechanical And Ballistic Properties Of A High Strength Armour Steel. *International Journal of Impact Engineering*. 37: 242–249.
- [23] Siradj, E.S. , Priyono, E., Mulyono, Ahyani, M. & Rakhmawati, D. 2010. Pengaruh Manufaktur Terhadap Performance Material Armour untuk Ranpur. *Laporan Akhir Program Insentif Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perekraya*. Kementerian Riset dan Teknologi. Jakarta. diakses melalui <http://km.ristek.go.id/index.php/klasifikasi/detail/21505/> . diakses tanggal 12 Februari 2014.
- [24] Karagoz, S., Atapek, H. & Yilmaz, A. 2008*a*. A Fractographical Study On Boron Added Armor Steel Developed By Alloying And Heat Treatment To Understand Its Ballistic Performance, *13th International Conference On Applied mechanics And Mechanical Engineering*. Cairo.
- [25] Dimeski, D. & Srebrenkoska, V. 2014. The Role Of Contemporary Ferrous And Nonferrous Materials In Ballistic Protection Of Military Vehicles. *Procciding VIth International Metallurgical Congress*. Ohrid.
- [26] Borvik, K. 2000. Ballistic Penetration and Perforation of Steel Plates. *Dr. Ing Thesis*. Noewegia: Departement of Structural Engineering Norwegian University of Science and Technology Norway.
- [27] Bandanadjaja, B., Basuki, A. & Siswosuwarno, M. 2008. Perilaku Balistik Baja Komersial SCr 440 dengan Kekerasan Berlapis (dual hardness) dalam Simulasi dan Eksperimen, *Prosiding Seminar Nasional Teknoin Bidang Teknik Mesin*. A 31 – A 36. Yogyakarta : UII
- [28] Stone, G. 1994. Projectile Penetration into Representative Targets. *Sandia National. Laboratories Sandia Report SAND94-1490*. USA.

- [29] Zukas, J.A. 1980. *Impact Dynamics: Theory And Experiment*. US Army Armament Research and Development Command Ballistic Research Laboratory Technical Report. ARBRL-TR-02271. Maryland : US Army.
- [30] Molinari, A., Musquar, C. & Sutter, G. 2002. Adiabatic Shear Banding In High Speed Machining of Ti-6Al-4V: Experiments and Modeling. *International Journal of Plasticity*. 18: 443-459
- [31] MIL-A-46100D (MR) w/INT Amendment 2. 13 July 2007. *Military Specification: Armor Plate, Steel, Wrought, High-Hardness*. USA.
- [32] Dikshit, S.N., Kutumba Rao, V.V. & Sundararajan G. 1995. The influence of plate hardness on the ballistic penetration of thick steel plates. *Int J Impact Eng*;16: 293-320.
- [33] Darwanto, H. 2015. RPJMN 2015-2019 Bidang Pertahanan. melalui <http://www.kemhan.go.id/kemhan/?pg=73&id=1625>. diakses 20 Nopember 2015.
- [34] <http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&action=view&id=1627> dan <http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&action=view&id=928>. diakses tanggal 20 Nopember 2015.
- [35] <http://www.pindad.com/special-vehicles>. diakses tanggal 21 Nopember 2015.
- [36] <http://www.beritasatu.com/ekonomi/15631-pt-pindad-ekspor-kendaraan-militer-ke-malaysia.html>. diakses 16 Januari 2016.
- [37] www.pindad.com. diakses 16 Januari 2016.