

PENINGKATAN NILAI KEKERASAN BAJA C-Mn DENGAN METODE QUENCHING DAN TEMPERING

Padang Yanuar

Program Studi Teknika
STIMART "AMNI" Semarang
Email: padang_yanuar@yahoo.co.id

Iman Mujiarto

Program Studi Teknika
STIMART "AMNI" Semarang
Email: imnmu@yahoo.com

Yoeli Janto

Program Studi Nautika
STIMART "AMNI" Semarang
Email: yoelijanto@yahoo.com

ABSTRAK

Perlakuan panas *quenching* dan *tempering* telah lama diterapkan pada baja untuk menghasilkan kombinasi antara kekuatan dan ketangguhan yang baik dengan struktur mikro *martensite*. Sifat baja seperti kekerasan yang tinggi dengan kombinasi ketangguhan yang baik membuat baja menjadi pilihan utama untuk material *armor* (tahan peluru). Tujuan penelitian ini melakukan kajian perubahan sifat mekanis baja komersial (baja C-Mn) akibat proses *quenching* dan *tempering* untuk dapat diaplikasikan sebagai baja *armor*. Pemanasan pada temperatur *austenit* 900 °C dengan penahanan selama 45 menit kemudian dilakukan *quenching* pada media air dilanjutkan *tempering* 175 °C selama 30 menit didapatkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 546 BHN dengan dominasi struktur mikro *martensite* yang terbentuk.

Kata kunci: armor, kekerasan, *quenching*, *tempering*.

ABSTRACT

The heat treatment of *quenching* and *tempering* has long been applied to steel to produce a combination of good strength and toughness with *martensitic* microstructure. The high hardness properties of steel with good toughness combine make steel the ultimate choice for armor material. The purpose of this research is to study the change of mechanical properties of commercial steel (C-Mn steel) due to *quenching* and *tempering* process to be applied as armor steel. Heating at *austenite* temperature of 900 °C hold for 45 minutes then *quenching* on water continued *tempering* 175 °C for 30 minutes obtained the highest hardness value of 546 BHN with the dominant *martensitic* microstructure formed.

Keywords: armor, hardness, *quenching*, *tempering*.

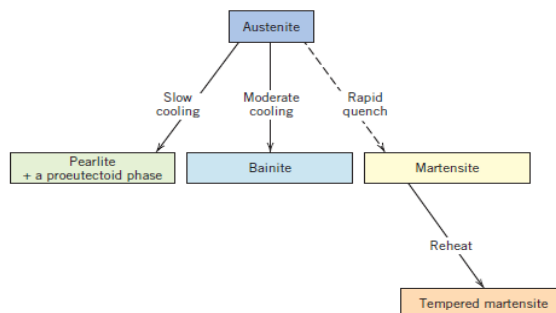
1. PENDAHULUAN

Penyediaan dan Pemenuhan alat utama sistem senjata (alutsista) Tentara Nasional Indonesia (TNI) tergantung dari produk impor. Impor langsung kendaraan tempur dalam bentuk jadi (*Completely Build Up* : CBU) dari negara produsen seperti Jerman, Inggris, Prancis dan Rusia, maupun bahan baku berupa plat tahan peluru. Sesuai dengan arah kebijakan anggaran belanja, pengembangan industri pertahanan Indonesia telah ditingkatkan. Dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJMN) 2015-2025 bidang pertahanan salah satu arah kebijakan adalah penyediaan dan terpenuhinya alutsista TNI dengan meningkatkan peran industri nasional dalam negeri [1]. 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 [2].

Baja sebagai bahan *armor* (tahan peluru) masih menjadi pilihan utama untuk dikembangkan karena mudah diproses, dilas dan dapat digunakan sebagai stuktur utama serta sekaligus sebagai pelindung tahan peluru [3]. Baja yang dirancang untuk mampu menahan tembusan proyektil yaitu baja dengan kekerasan

dan kekuatan tinggi (kekerasan semakin tinggi semakin baik) [4]. 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 [5].

Perlakuan panas diberikan pada baja untuk menghasilkan sifat-sifat yang diinginkan. Perlakuan panas diawali dengan proses *austenisasi* (pemanasan hingga temperatur *austenite*) yang kemudian disusul pendinginan dengan beragam kecepatan pendinginannya yang akan menghasilkan fasa akhir yang terbentuk berbeda-beda. Dengan pendinginan yang lambat akan terbentuk struktur mikro *pearlite* dan lapisan tipis *feritsementit*, ditingkatkannya laju pendinginan akan mengurangi ketebalan lamela dan jika ditingkatkan lagi akan membentuk struktur mikro *bainite*, laju pendinginan yang sangat cepat akan menghasilkan struktur mikro *martensite* [6]. Diagram transformasi yang mungkin terjadi melalui dekomposisi *austenite* ditunjukkan pada Gambar 1.

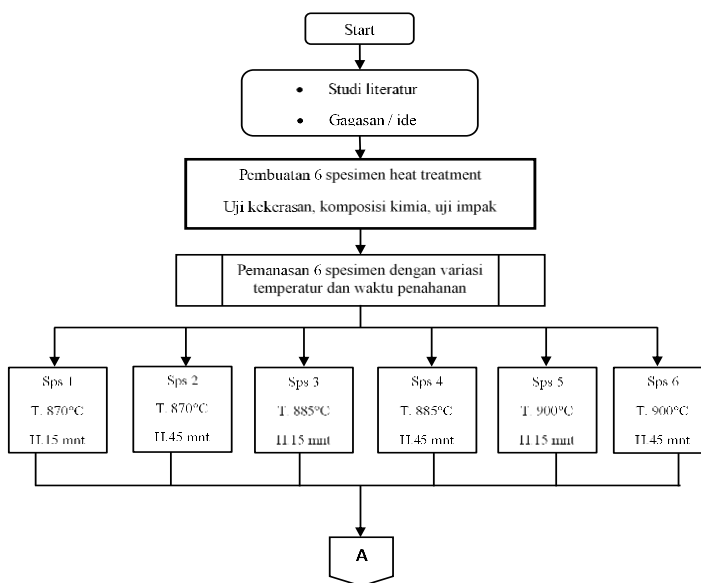


Gambar 1. Transformasi Austenite [6]

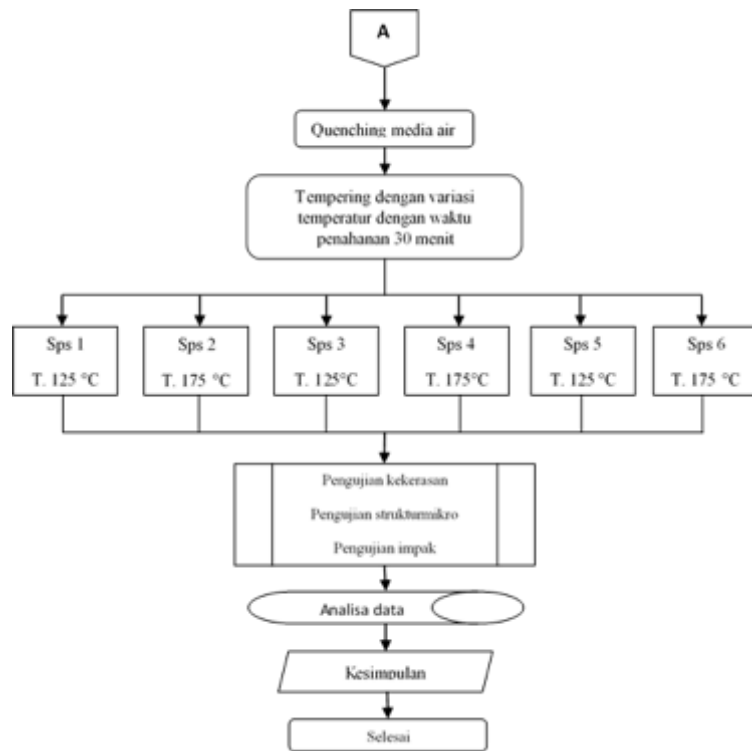
Pada penelitian ini bertujuan melakukan kajian perubahan sifat mekanis baja komersial (baja C-Mn) akibat proses *quenching* dan *tempering*. Hasil yang ingin didapatkan pada penelitian ini adalah parameter perlakuan panas guna mendapatkan baja C-Mn yang dapat diaplikasikan sebagai baja tahan peluru.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Baja yang digunakan pada penelitian ini adalah baja C-Mn dengan ketebalan 10 mm, langkah – langkah penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Lanjutan Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Komposisi Kimia

Komposisi kimia dari baja C-Mn dapat dilihat pada tabel 1. Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur apa saja yang terkandung di dalam baja, dilakukan dengan menggunakan alat uji Optical Emission Spectrometer Machines ARL type 3460.

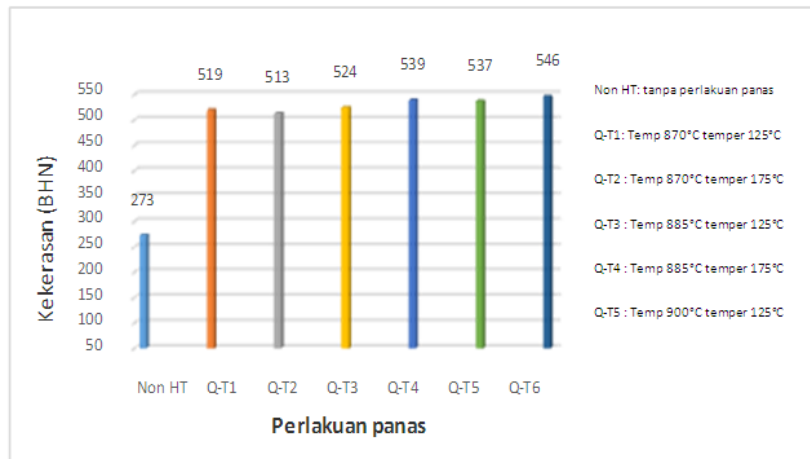
Tabel 1. Komposisi kimia baja C-Mn

Unsur	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni
%Berat	0,293	1,41	0,329	0,01	0,003	0,55	0,193	0,278

Dilihat dari unsur-unsur kimia yang terdapat pada baja C-Mn dapat digolongkan kedalam baja paduan rendah dimana unsur-unsur penambah yang lain ≤ 8 wt%, unsur-unsur pemuat yang lain digunakan untuk mendapatkan sifat mekanik yang diperlukan. Unsur C yang tinggi akan meningkatkan fraksi volume dari austenite setelah *quenching*, akan meningkatkan kekerasan dari *martensite*. Unsur Mn meningkatkan kemampuan keratan dari baja unsur Si meningkatkan ketahanan korosi menurunkan jarak kisi dari matrik *ferit* menunda penguraian *martensite* dan transisi karbida pada saat *tempering*. Unsur Cr Sangat efektif dalam memperlambat pelunakan Fe_3C dalam proses *tempering* dengan membentuk M_3C , unsur Ni *solid solution hardening*, dengan Cr menghasilkan baja paduan dengan kemampuan kekerasan tinggi, ketahanan impak dan fatik yang tinggi. Unsur Mo hanya untuk menstabilkan Mo_2C , dapat meningkatkan kekerasan dengan proses *tempering* disekitar 500°C.

3.2 Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan ditampilkan pada gambar 4, dalam kondisi *quench* bahan memiliki batas kekuatan dan kekerasan tertinggi namun keuletannya terendah dan sejumlah besar distorsi terjadi selama pembentukan *martensite* yang mengarah ke peningkatan kekuatan dan kekerasan [8].



Gambar 4. Nilai Kekerasan Baja Hasil *Quench* Dan *Temper*

Baja setelah proses *quenching* didapatkan struktur mikro *martensite* yang mempunyai sifat yang keras namun rapuh, untuk meningkatkan nilai kekuatan dan keuletan dari baja dilakukan proses *tempering* dengan temperatur diantara $250^{\circ}\text{C} - 600^{\circ}\text{C}$ [9], pada saat pemanasan *martensite* akan membentuk Fe_3C dan karbida dalam matrik *ferit*. Perubahan struktur mikro ini yang secara bertahap akan menurunkan kekerasan dan kekuatan luluh namun akan meningkatkan keuletan dan ketangguhan. Untuk kondisi temperatur tertentu atau temperatur yang rendah tidak akan mempengaruhi nilai kekerasan, pada temperatur dibawah 200°C akan menghilangkan tegangan dalam terlebih dahulu [6]. Hasil perlakuan panas memperlihatkan peningkatan nilai kekerasan setelah dilakukan proses *quenching* dan *tempering* dibandingkan dengan logam dasar baja C-Mn. Peningkatan temperatur *austenite* meningkatkan nilai kekerasan baja C-Mn. Nilai kekerasan tertinggi didapatkan pada pemanasan temperatur 900°C dan dilanjutkan *tempering* pada suhu 175°C yaitu sebesar 537 BHN.

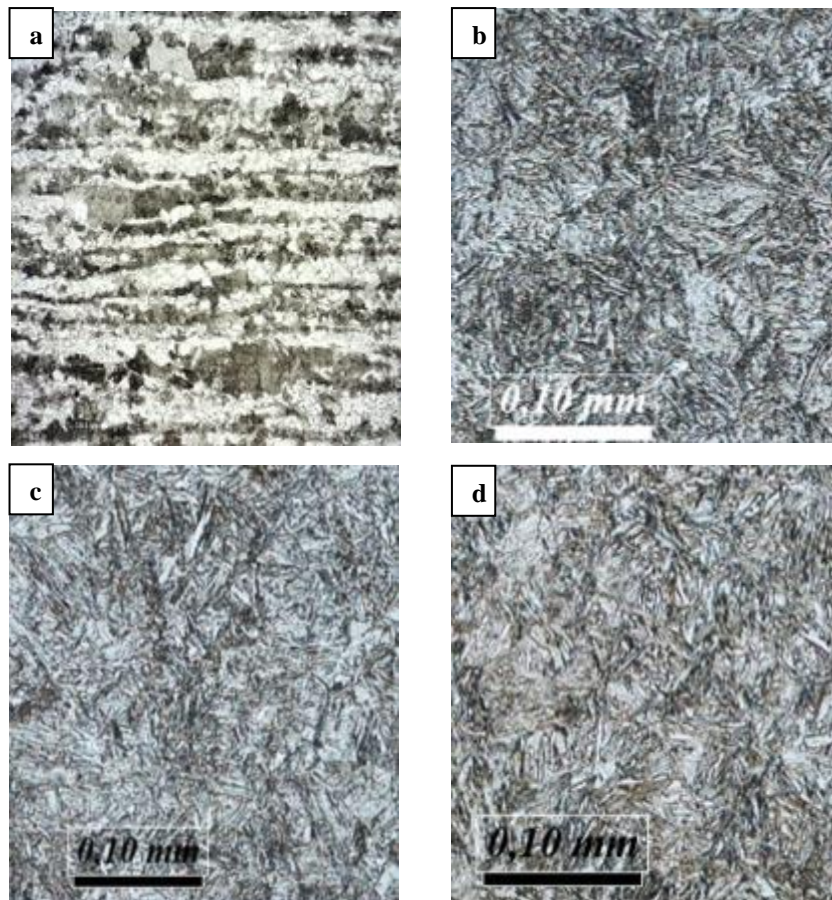
3.3 Pengujian Struktur Mikro

Mikrografi menghasilkan gambar-gambar seperti terlihat pada gambar 5a,b,c, dan d, diambil dengan pembesaran 100X. Gambar 5a adalah struktur mikro baja sebelum dilakukan proses *quenching* dan *tempering* terlihat struktur mikro yang berbentuk pipih memanjang yang diakibatkan dari proses pembuatan baja C-Mn yang dilakukan proses pengerolan, struktur mikro berwarna terang (*ferrite*) mendominasi dari baja C-Mn yang menyebabkan baja memiliki sifat lunak tetapi ulet dan struktur yang lain adalah struktur yang berwarna gelap (*pearlite*), gambar 5b menunjukkan spesimen yang dilakukan proses *quenching* dipanaskan pada temperatur *austenite* 870°C terlihat perbedaan antara struktur mikro dengan baja dasar terlihat struktur mikro *martensite* yang ditandai seperti berbentuk jarum-jarum kecil yang tersusun secara tidak teratur, terbentuknya struktur *martensite* ini yang menyebabkan baja mengalami kenaikan kekerasan bila dibandingkan dengan logam dasar C-Mn yang tidak dilakukan proses *quenching*. *Martensite* sangat keras dan juga sangat rapuh sehingga tidak dapat digunakan di sebagian besar aplikasi, setiap tekanan internal yang telah diterapkan selama pendinginan memiliki efek melemahkan. Keuletan dan ketangguhan material dapat ditingkatkan dengan perlakuan panas yang disebut *tempering* yang membantu melepaskan tekanan internal. Gambar 5c dan 5d adalah baja C-Mn yang telah dilakukan proses *quenching* dilanjutkan *tempering* masih terlihat jelas struktur mikro *martensite* dengan susunan yang masih acak dan kasar, *tempering* pada suhu dibawah 200°C tidak berpengaruh banyak pada penurunan nilai kekerasan, hal ini disebabkan karena sebagian *martensite* mengalami difusi.

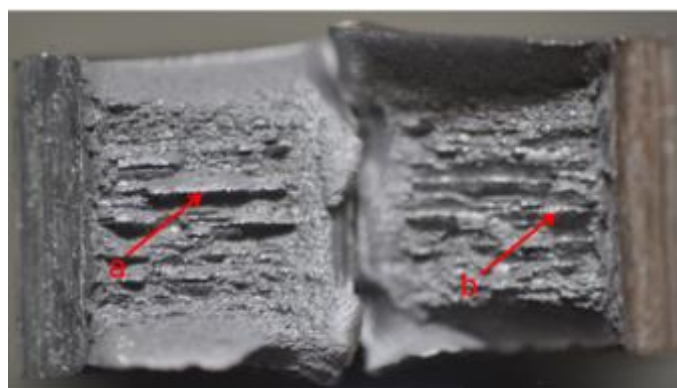
3.4 Pengujian Fraktografi

Pengamatan permukaan patahan hasil pengujian impak dilakukan untuk membandingkan jenis patahan yang terjadi pada baja C-Mn sebelum maupun setelah dilakukan proses *quenching* dan *tempering*. Gambar 6 menunjukkan hasil patahan baja dasar C-Mn terlihat bentuk patahan yang identik dengan bentuk patahan ulet karena bentuk patahan penampang nampak tertarik keluar / patah ulet ini ditandai dengan penyerapan energi disertai adanya deformasi plastis yang cukup besar di sekitar patahan sehingga permukaan patahan nampak kasar, berserabut (*fibrous*) (a dan b), sedangkan gambar 7A dan 7B

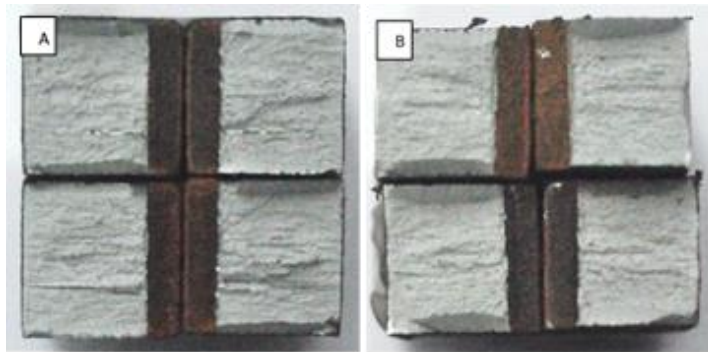
terlihat patah getas ditandai dengan bentuk permukaan yang rata dan tidak ada reduksi luas penampang patahan.



Gambar 5. Struktur Mikro (a) Baja C-Mn (b) Hasil *Quenching* T_{γ} : 870 °C. (c) Hasil *Quenching* Dan *Tempering* T_{γ} 870°C T_{tem} 125°C (d) Hasil *Quenching* Dan *Tempering* T_{γ} 870°C T_{tem} 175°C.



Gambar 6. Bentuk Patahan Baja C-Mn Tanpa Perlakuan Panas



Gambar 7. Bentuk Patahan Baja C-Mn Setelah Dilakukan Proses *Quenching* Dan *Tempering*

4. KESIMPULAN

Nilai kekerasan diatas 400 BHN pada baja banyak digunakan sebagai baja tahan peluru, dari 6 specimen pengujian dengan berbagai variasi temperatur *austenisasi* dan *tempering* didapatkan nilai kekerasan diatas 400 BHN menandakan baja C-Mn lokal dapat memenuhi syarat menjadi baja tahan peluru (*armor*). Perubahan struktur mikro terjadi pada baja C-Mn setelah proses *quenching* dan *tempering*, struktur mikro berbentuk jarum-jarum kecil yang tersusun secara acak mendominasi keseluruhan struktur mikro (*martensite*). Struktur mikro *martensite* ini yang menyebabkan baja menjadi keras namun getas, foto fraktografi menunjukkan juga hasil patahan bersifat patah getas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada KEMENRISTEKDIKTI yang telah mendukung kegiatan penelitian ini melalui dana Hibah Penelitian Dosen Pemula tahun anggaran 2017.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Darwanto, H. 2015. RPJM 2015-2019 Bidang Pertahanan. Melalui <http://www.kemhan.go.id/kemhan/?pg=73&id=1625>. Diakses 12 Juli 2017.
- [2] Pindad. 2014. Kendaraan Tempur Ringan, www.pindad.com, diakses 17 Juli 2017.
- [3] 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.
- [4] G. Magudeeswaran, V. Balasubramanian, S. Sathyanarayanan, G. Madhusudhan Reddy, A. Moitra, S. Venugopal, G. Sasikala, 2010. "Dynamic Fracture Toughness of Armour Grade Quenched and Tempered Steel Joints Fabricated Using Low Hydrogen Ferritic Fillers", *Journal of Iron and Steel Research International*, 17 (5): 51 – 56.
- [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] Callister, W. D. Jr.(2007). *An Introduction Material Science And Engineering seven Edition*. Canada: John Wiley & sonc, inc.
- [7] W.S. Lee, T.B. Wu. 1999. "Mechanical properties and microstructural features of AISI 4340 high-strength alloy steel under quenched and tempered conditions", *Journal of Materials Processing Technology*, 87: 198–206.
- [8] Jena, PK., Mishra, B., Rameshbabu, M., Babu, A., Singh, AK., Kumar, KS., Bhat, TB., (2010), Effect of Heat Treatment on Mechanical and Ballistic Properties of a High Strength Armour Steel. *International Journal of Impact Engineering*, 37: pp. 242-249.
- [9] Mishra, B., Jena, PK., Ramakrishna, B., Madhu, V., Bhat, TB., Gupta, NK., (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:pp. 17-28.