

PROSES KARBURASI PELAT BAJA KARBON RENDAH YANG DIAPLIKASIKAN PADA ROMPI ANTI PELURU

Yuby Eza Friatna¹, Umen Rumendi²

¹Teknik Mesin dan Manufaktur Polman Bandung

²Teknik Manufaktur Polman Bandung

Jl Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung - 40135

Phone/Fax : 022. 250 0241 / 250 2649

Email: yubyezaf@gmail.com

Abstrak

Meningkatnya teknologi material pada saat ini, mendorong para pelaku pendidikan maupun cendekiawan untuk melakukan penelitian dan pengembangan material, guna menunjang kebutuhan manusia yang berubah-ubah. Salah satu kebutuhan manusia yang pokok adalah sandang. Dalam penerapan sehari-hari sandang telah mengalami penyesuaian tersendiri tergantung pada individu yang menggunakannya. Sebagai contoh aparat penegak hukum yang memakai baju tahan peluru. Umumnya bagian penahan peluru yang terletak disekitar dada terbuat dari material serat *kevlar* yang dianyam, kemudian disusun secara berlapis sehingga dapat menahan peluru. Namun tidak menutup kemungkinan bahwa bagian penahan peluru pada baju tersebut diganti dengan material lain, salah satunya yaitu pelat baja. Dengan pesatnya kemajuan material dan proses modifikasinya, hal itu dimungkinkan. Dalam rangka mendukung hal tersebut maka dilakukan penelitian melalui rekayasa pelat baja agar tahan peluru. Penelitian ini mengarah pada modifikasi pelat baja karbon rendah standar DIN 1.0037 yang diubah menjadi baja tahan peluru dengan meningkatkan kekerasan berlapis, membentuk gradien kekerasan. Pelat dibuat untuk meningkatkan performansi balistik dalam menahan tumbukan proyektil kaliber 9 mm dengan kecepatan 347 m/s. Sebelum penelitian ini pernah dilakukan penelitian dengan metode yang sama pada material dasar yang berbeda yaitu dengan menggunakan material DIN 1.6585 atau 34CrNiMo₆, yang diaplikasikan pada kebutuhan kendaraan anti peluru. Penelitian ini diawali dengan melakukan proses karburasi pada pelat baja karbon rendah dengan ukuran 1,8 x 50 x 50 mm untuk menambah kadar karbon di permukaan hingga kedalaman 0,6 mm, kemudian dilakukan proses *hardening* dan *tempering*. Sehingga menghasilkan kekerasan berlapis pada pelat tersebut. Setelah itu pelat tersebut kemudian dirangkai menjadi panel tembak, caranya dengan memasukkan pelat pada kain polyester yang dijahit khusus membentuk panel tembak. Pengujian tembak dilakukan bertahap mulai dari 1 lapis panel hingga 4 lapis. Senapan yang digunakan adalah jenis pistol dengan jarak tembak 5 meter. Dari hasil penelitian didapat, panel tembak yang terdiri dari pelat dengan kekerasan 342-338VHN mampu menahan laju proyektil peluru pada susunan 4 lapis panel. Dengan ini diharapkan panel yang terbuat dari pelat baja karbon rendah bisa dijadikan alternatif panel penahan peluru pada rompi anti peluru.

Kata kunci: Baja Tahan Peluru, Karburasi, Kekerasan Berlapis, Performansi Balistik

1. Pendahuluan

Beragamnya kebutuhan manusia mendorong industri manufaktur untuk selalu meningkatkan kualitas produknya dengan melakukan inovasi-inovasi baru pada setiap produk yang diproduksinya. Sejak zaman dahulu inovasi dalam industri manufaktur sudah dilakukan. Salah satunya dalam industri manufaktur peralatan perang, ditandai dengan ditemukannya baju perang yang terbuat dari besi pada zaman nabi Daud AS. Inovasi yang dilakukan pada masa itu berupa baju perang yang mempunyai ketahanan terhadap senjata tajam seperti pedang, tombak dan panah. Baju dengan karakteristik tersebut didapat dengan cara memodifikasi lempengan besi menjadi lembaran-lembaran yang dapat dipasang pada tubuh manusia. Sekarang baju perang tidak hanya dipakai oleh prajurit yang bertempur di medan perang, namun juga digunakan oleh para penegak hukum seperti polisi, dan intel (polisi yang menyamar). Bentuk baju pun berubah sesuai dengan kebutuhan pemakainya, baju dituntut memiliki ketahanan terhadap senjata api sekaligus mempunyai fleksibilitas dan bobot yang ideal. Sehingga terbentuk lah rompi anti peluru. Bentuk rompi dipilih karena memenuhi tuntutan seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Seiring berkembangnya industri manufaktur turut berdampak pada beragamnya material yang digunakan dalam panel rompi anti peluru. Mulai dari memodifikasi kain, hingga keramik, namun memodifikasi baja agar dapat memenuhi kriteria panel rompi tahan peluru masih belum banyak dilakukan. Sehingga dilakukanlah modifikasi baja untuk tahan peluru. Cara memodifikasi baja karbon rendah agar bisa memiliki sifat mekanik seperti panel rompi anti peluru adalah dengan proses *heat treatment*.

Proses *heat treatment* bertujuan merubah struktur mikro pada baja sehingga memiliki sifat dan karakteristik yang mampu menahan peluru. Proses *heat treatment* yang digunakan pada penelitian ini adalah karburasi, *hardening* dan *tempering*. Penelitian ini dilakukan dengan cara menerapkan proses karburasi, *hardening*, dan *tempering* pada plat baja karbon rendah, yang kemudian disusun berlapis membentuk panel tembak. Kemudian proyektil peluru ditembakkan menggunakan pistol kearah panel. Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan panel yang dapat meredam laju peluru yang ditembakkan.

2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental, dengan merujuk pada penelitian penelitian sebelumnya. Penelitian ini diawali dengan studi literatur, lalu proses *heat treatment*, kemudian proses uji tembak.

Berdasarkan literatur dan penelitian-penelitian yang telah dilakukan[4][5][7] didapat bahwa baja dengan kekerasan ganda memiliki performansi balistik lebih baik dibandingkan dengan baja baja yang memiliki kekerasan monolitik (seragam). Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian [1]

Tabel 1 Performansi Balistik Baja DIN 1.6585 yang Telah Dimodifikasi

Pelat	Kekerasan	Profil Kerusakan
Monolitik A1	44 VHN	Tembus
Monolitik A2	527 VHN	Retak
Monolitik A3	677 VHN	Retak
Berlapis B1	795-524 (0,8mm)+ 643VHN 7,2mm	Tanpa Retak
Berlapis B2	1119-643 VHN (0,8mm) + 643 VHN (7,2mm)	Pecah

Material yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah DIN 1.6585. Sedangkan Peluru dan senapan yang digunakan adalah SS1 dan peluru kaliber 7,62 mm. Peluru yang digunakan termasuk kedalam Berdasarkan data diatas maka kekerasan berlapis dipilih karena memiliki performansi lebih baik dibanding monolitik.

Untuk mendapatkan kekerasan berlapis pada baja, dilakukan proses karburasi. Penelitian diawali dengan membuat spesimen. Material spesimen yang digunakan adalah pelat baja karbon rendah DIN 1.0037 dengan ukuran 1,8 x 50 x 50 mm



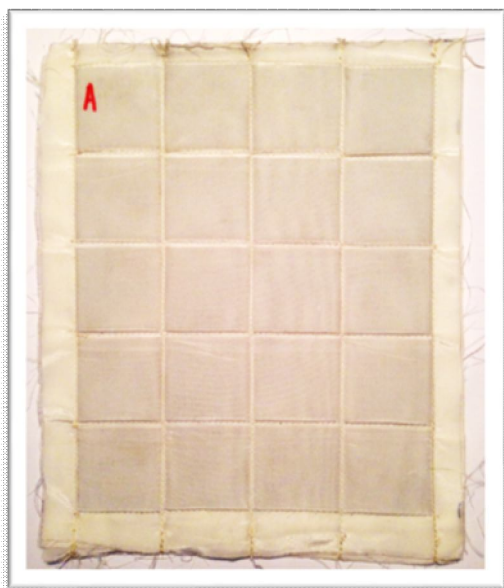
Gambar 1 Spesimen Uji

Setelah spesimen dibuat lalu dilakukan proses karburasi, *hardening*, dan *tempering* pada pelat. Dalam penelitian ini dibuat 2 panel, A dan B. Panel A terdiri dari pelat hasil karburasi, *hardening water quenched*, dan *tempering*. Sedangkan panel B terdiri dari pelat hasil karburasi, *oil quenched*, dan *tempering*.

Tabel 2 Spesifikasi Panel Tembak

Panel Karakteristik	A	B
Ukuran pelat	1,8 x 50 x 50 mm	
Jumlah pelat	20 pcs	
Proses Heat treatment pada pelat:		
Karburasi	<i>Energizer</i> BaCO ₃ , 950 ⁰ C 2 jam, Udara Bebas	
Hardening	<i>Flame Hardening</i> 850 ⁰ C, <i>Oil Quenched</i>	<i>Flame Hardening</i> 850 ⁰ C, <i>Water Quenched</i>
Tempering	200 ⁰ C 1 jam	

Setelah pelat selesai diproses *heat treatment*. Pelat-pelat tersebut kemudian dirangkai menjadi panel tembak. Caranya dengan memasukkan pelat-pelat tersebut kedalam kain polyester yang telah dijahit membentuk sarung-sarung. Kain polyester dipilih karena memiliki karakteristik mirip kevlar kelas bawah[3] Hasil pelat yang telah disusun membentuk panel ditunjukkan pada gambar 2



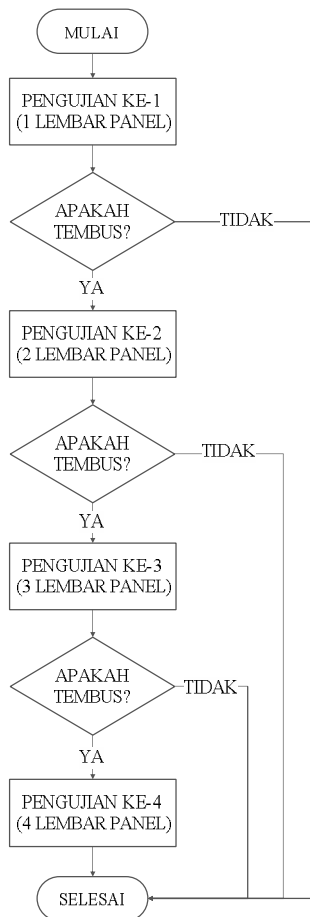
Gambar 2 Panel Tembak

Kemudian panel tembak yang telah dibuat di uji balistik dengan cara ditembak menggunakan senapan. Uji tembak dilakukan di lorong tembak Lab.I DISLITBANGAD TNI Batujajar. Modifikasi pelat menjadi panel anti peluru ini diarahkan pada panel penahan peluru pada rompi anti peluru level IIIA. Berikut adalah gambar peluru, pistol dan proses uji tembak.



Gambar 3 Peluru Kaliber 9 mm dan Pistol P1

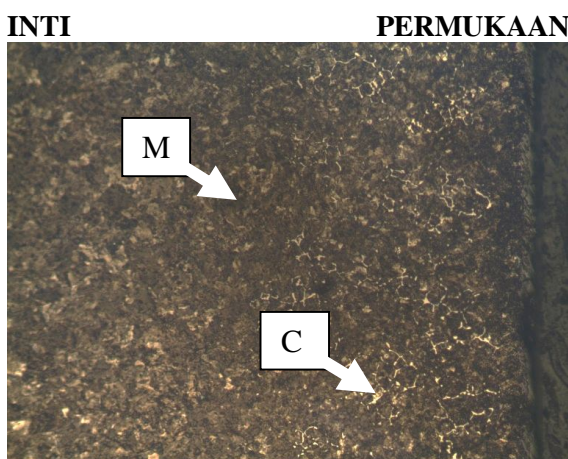
Peluru yang digunakan berjenis kaliber 9x19 mm kecepatan rendah 350 m/det. Rompi level IIIA disyaratkan mampu untuk menahan laju peluru tersebut pada jarak 5 meter dengan batas deformasi maksimal 44 mm. Sedangkan pistol yang digunakan adalah Pistol P1 buatan PT.Pindad. Parameter pengujian tersebut sesuai berdasarkan standar uji rompi level IIIA DISLITBANGAD TNI Batujajar. Sistem pengujian dijelaskan pada diagram alir berikut.



Gambar 3 Diagram Alir Uji Tembak

3. Hasil dan Pembahasan

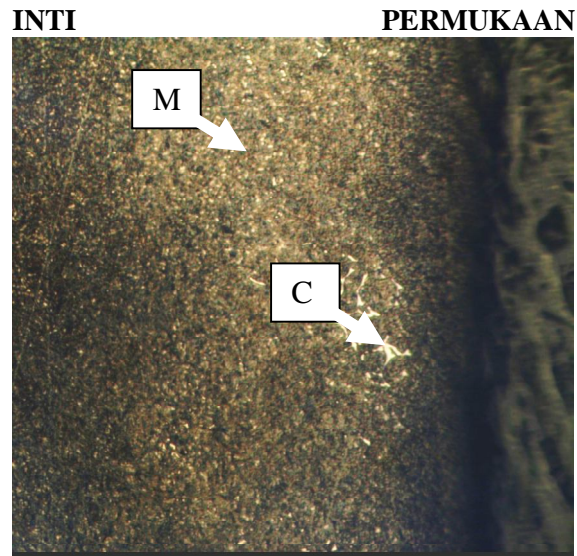
3.1 Struktur Mikro Pelat pada Panel Tembak



Gambar 4 Struktur Mikro Pelat pada Panel A (Oil-Quenched + Tempering)

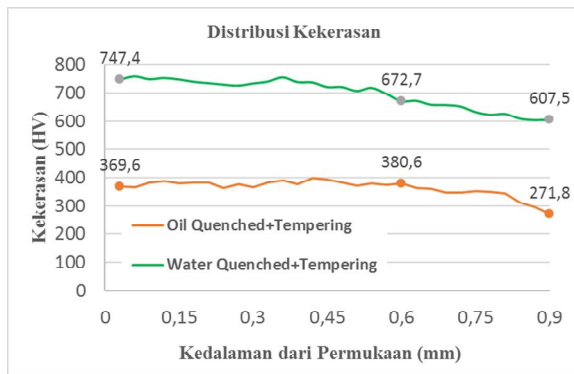
Pada gambar diatas menunjukkan struktur *carbide* (C) dan *martensite* (M). Untuk memastikan kedua struktur tersebut, maka dilakukan uji kekerasan pada kedua struktur dan hasilnya bagian (M) memiliki kekerasan 333VHN dan (C) 378VHN. Struktur

carbide terbentuk dominan pada kedalaman 0,03 mm sampai 0,6 mm dari permukaan sedangkan *martensite* mendominasi setelah kedalaman 0,6 mm. ini berdampak pada kekerasan yang dihasilkan. Semakin kedalam semakin lunak karena *carbide* lebih keras dibanding *martensite*. Struktur mikro pelat panel B ditunjukkan oleh gambar 5.



Gambar 5 Struktur Mikro Pelat pada Panel B (Water-Quenched + Tempering)

Struktur mikro pada pelat panel B terdiri dari *martensite* (M) dan *carbide* (C). Perbedaan dengan panel A, *martensite* pada panel B berwarna lebih terang dan *cementite* pun lebih tegas terlihat. Hal ini dikarenakan karena perbedaan laju pendinginan pada pelat panel A dan B. jika dilihat dari diagram Isothermal untuk baja 1,2%C, ketika dilakukan pendinginan cepat dari suhu *austenite*, *pearlite* tidak sempat terbentuk karena garis laju pendinginan tidak menyentuh daerah terbentuknya *pearlite*. Sebaliknya terjadi pada pendinginan lambat, sebelum *martensite* terbentuk garis laju pendinginan memasuki daerah terbentuknya *pearlite* terlebih dahulu, sebelum akhirnya mulai terbentuk *martensite*. Karena hal tersebut, kekerasan pada panel A (*oil-quenched+tempering*) lebih rendah daripada panel B (*water-quenched+tempering*). Ditunjukkan pada Grafik 1



Grafik 1 Distribusi Kekerasan Panel A & B

Dari grafik diatas dapat diketahui rentang kekerasan pada kedua panel cenderung mengalami penurunan dari permukaan hingga ke bagian inti. Ini membuktikan bahwa lapisan kekerasan telah dibentuk oleh proses karburasi yang dilakukan sebelum proses *hardening* dan *tempering*. Hal ini dikarenakan proses karburasi, mendifusikan atom karbon dari media karbon ke dalam pelat, proses ini menghasilkan lapisan kandungan karbon yang berbeda pada bagian permukaan dan inti[6]. Perbedaan kandungan karbon berdampak pada kekerasan yang timbul akibat proses *quenching*. Oleh karena itu pada bagian permukaan lebih banyak terbentuk struktur *martensite* dan *cementite* dibanding bagian tengah yang terbentuk *martensite* dan *pearlit*. Proses tempering dilakukan untuk menghilangkan tegangan dalam pada pelat hasil *quenching*.

3.2 Hasil Uji Tembak

Hasil pengujian tembak ditunjukkan pada tabel 3

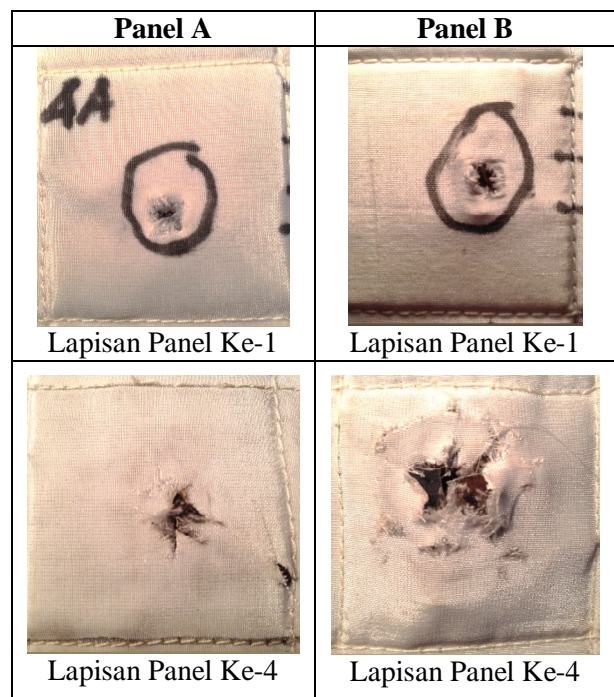
Tabel 3 Hasil Uji Tembak

Panel	Tebal Panel			
	1 lapis	2 lapis	3 lapis	4 lapis
A (<i>quenched</i> oli + <i>temper</i>)	T	T	T	TT
B (<i>quenched</i> air + <i>temper</i>)	-	-	-	T

Ket: T=Tembus, TT=Tidak Tembus

Tabel 3 menunjukkan panel A yang terdiri dari pelat hasil *quench* di oli kemudian di *temper*, mampu menahan tumbukkan proyektil peluru kaliber 9 mm pada susunan 4 lapis panel. Sedangkan panel B yang terdiri dari pelat hasil *quench* di air tidak mampu menahan laju peluru meskipun telah disusun

sebanyak 4 lapis. Hal ini cocok dengan penelitian Edward & Mathewson, yang mengatakan bila kekerasan baja terlalu tinggi maka ketahanan balistik akan menurun[2]. Pada panel B tidak dilakukan uji tembak bertahap seperti yang dilakukan pada panel A, namun langsung menguji pada susunan panel 4 lapis. Ini merujuk pada hasil uji Panel A dimana peluru dapat ditahan pada susunan panel 4 lapis, kemudian perbandingan langsung dilakukan dengan menembak panel B setebal 4 lapis. Tujuan dilakukan perbandingan langsung susunan 4 lapis panel B adalah menghemat amunisi yang digunakan. Untuk melihat kondisi profil kerusakan yang terjadi pada panel A dan B akan ditunjukkan oleh gambar 6



Gambar 6 Profil Kerusakan Pada Panel A dan Panel B

Gambar 6 menunjukkan profil kerusakan panel A dan panel B. Pada panel A dan B profil kerusakan yang terjadi adalah pelat pecah hingga lapisan panel ke-4. Namun panel A yang memiliki lapisan kekerasan lebih rendah daripada panel B mampu menahan peluru. Hal ini jika dilihat dari sisi energi yaitu sebagai berikut: energi awal yang dimiliki peluru adalah energi kinetik. Pada saat peluru menumbuk pelat pada panel, sebagian energi dipindahkan ke pelat dan sebagian lagi tersisa pada peluru. Energi yang dipindahkan ke pelat berubah menjadi deformasi plastis dan atau retakan. Semakin lunak pelat maka bentuk kerusakan cenderung kepada deformasi plastis. Semakin keras pelat maka

kerusakan dalam bentuk deformasi akan semakin kecil, namun kecenderungan pembentukan keretakan yang mengakibatkan pecahnya pelat semakin besar[1]. Masih dalam penelitian yang sama didapat bahwa pada pelat dengan kekerasan gradual, semakin keras material maka ketahanan dalam menghambat laju retakan yang menyebabkan pecahnya pelat semakin rendah. Pada panel A memiliki ketahanan dalam menghambat laju retakan yang lebih baik dibandingkan dengan panel B yang dibuktikan tertahannya peluru.

4. Kesimpulan

Proses karburasi dilakukan pada tungku pemanas pada suhu 950°C, dengan *soaking time* 2 jam. Dari proses tersebut menghasilkan spesimen dengan lapisan kekerasan yang berbeda

Struktur mikro yang terbentuk dari hasil proses karburasi yaitu *cementite* dan *pearlite*, hal ini menunjukkan kandungan karbon pada pelat sudah melebihi 0,8%. [2] *Cementite* terbentuk hingga kedalaman 0,6 mm dari permukaan pelat. Pada kedalaman lebih dari 0,6 mm struktur yang terbentuk didominasi oleh *martensite*

Dari hasil uji tembak didapat, panel A yang tersusun atas pelat dengan kekerasan 342 VHN-338VHN gradual 0,6 mm, mampu menahan laju proyektil peluru kaliber 9 mm dengan kecepatan 350m/s dengan profil kerusakan yang dihasilkan yaitu pecah. Sedangkan panel B yang tersusun atas pelat dengan kekerasan 747 VHN – 673 VHN gradual 0,6 mm, tidak mampu menahan laju peluru, profil kerusakan yang terjadi adalah pecah. Kemampuan panel A dalam menahan tumbukkan peluru dikarenakan memiliki ketahanan menghambat retakan lebih baik daripada panel B.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini saya ucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. karena berkat rahmat, nikmat sehat, serta kekuatan dari-Nya penelitian ini dapat terselesaikan.
2. Ibunda tercinta Uyeh Nurcahya, atas dukungan motivasi dan materil, dan do'anya.
3. Yth. Bapak Umen Rumendi, S.T., M.T. dan Letnan Kolonel Setyo atas bimbingan ilmu, tenaga, serta kesabarannya membuat penelitian ini menjadi berhasil
4. Teman-teman adik kelas D4 Teknik dan Sistem Produksi, yang telah memberikan

masukan serta saran agar penelitian ini lebih baik.

5. Teman-teman *Maintenance Mechanic*'11 yang telah lulus terlebih dahulu yang sudah memotivasi saya untuk segera menyelesaikan penelitian ini.
6. Mas-mas hilman, sigit, ibam, hasan, indra, diwan, dan rekan-rekan pokemon go ervan, gema, agung, yang telah memberikan penyjukan dikala jenuh mengerjakan penelitian ini.

Referensi/Daftar Pustaka

- [1] Bandanadjaja, B., “Modifikasi dan Pengembangan Baja Komersial AISI 4340 Sebagai Baja Tahan Peluru”, *Jurnal Pengembangan dan Penerapan Teknologi*, 8, (2010), 669-680.
- [2] ASM International, “*Metallography and Microstructures*”, (2004), ASM International, United States of America.
- [3] Edward, M., Mathewson, A., “The Influence of Plate Hardness on The Ballistic Penetration of Thick Steel Plates”, *Int. J. Impact Engng*, (1997), 297-309.
- [4] Dikshit, S., “The Influence of Plate Hardness on The Ballistic Penetration of Thick Steel Plates”, *Int. J. Impact Engng*, (1995), 16, 293-320.
- [5] Dey, S., “The Effect of Target Strength on The Perforation of Steel Plates Using Three Different Projectile Nose Shapes”, *Int. J. Impact Engng*, (2004), 30, 1005-1038.
- [6] Lampman, S. “*ASM Handbook of Heat Treating*”, (1991), ASM International, United States of America.
- [7] Purnadi, D. Y., “Proses Pack Carburizing Dengan Media Arang Batok dengan Penambahan Energizer Baco3 Pada Roda Gigi Sproket Sepeda Motor”, (2004), EITB, Bandung.