

# ANALISA PERUBAHAN SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO MULTI QUENCHING TERHADAP HASIL PACK CARBURIZING BAJA KARBON RENDAH

Karmin<sup>1)</sup>, Sairul Effendi<sup>2)</sup>, Firdaus<sup>3)</sup>, Romli<sup>4)</sup>

<sup>1,2,3,4)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya  
Jl.Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139  
Telp.0711-353414, Fax: 0711-453211

## RINGKASAN

Baja karbon yang mengandung unsur karbon yang rendah akan mempunyai sifat yang kekerasan dan kekuatan tariknya rendah, ductile ini akan memudahkan dibentuk dibanding baja paduan atau baja karbon tinggi. Disisi lain harganya pun relatif murah sehingga menjadikan bahan ini banyak digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan suatu produk. Untuk meningkatkan sifat yang kuat dan keras pada permukaannya, material ini dapat dilakukan proses perlakuan panas thermoikimia melalui penambahan kadar karbon pada permukaannya, sehingga produk tersebut dapat difungsikan sesuai dengan fungsi desainnya. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja karbon rendah yaitu dilakukan proses *pack carburizing*. Proses carburizing ini, dilakukan pada sebuah tungku pemanas listrik khusus perlakuan panas yang mudah dioperasikan dalam pengaturan suhu pemanasan, kecepatan pemanasan dan pengaturan waktu tahan. Pada penelitian ini dirancang dan dilakukan pada baja karbon rendah menggunakan media karburisasi dengan perbandingan 70% arang aktif dan 30% kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) pada temperatur pemanasan  $925^\circ\text{C}$ , variasi waktu tahan 2, 3 dan 4 jam, kemudian dilanjutkan dengan variasi metode *quenching* (*direct quenching*, *single quenching* dan *double quenching*). Dari ketiga metode *quenching* dengan variasi holding time pada penelitian ini diperoleh peningkatan kekerasan yang tertinggi yaitu pada metode *double quenching* dengan holding time 3 jam yaitu  $94,8 \text{ HR}_B$  dan nilai impact  $0,14 \text{ J/mm}^2$ . Jika dilihat kekerasan dan ketangguhan yang baik yaitu terjadi pada *double quenching* dengan holding time 2 jam (kekerasan  $94,4 \text{ HR}_B$  dengan nilai impact rata rata  $0,86 \text{ J/mm}^2$ ).

**Kata kunci** : Komposisi Arang aktif dan  $\text{CaCO}_3$ , Suhu, Waktu tahan, kekerasan, metode *quenching*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beragamnya kebutuhan material, baik dari sisi sifat mekanik, bentuk dan ukuran dibutuhkan pertimbangan cermat dalam pemilihan bahan, baik dari sisi bahan baku maupun proses lanjutan untuk memperoleh material yang sifat dan ukurannya sesuai dengan fungsinya. Dengan berbagai kebutuhan dan pertimbangan inilah memunculkan usaha manusia untuk merekayasa sifat dari logam tersebut, seperti merubah sifat mekanis: kekerasan, kekuatan, ketangguhan. Pemilihan material dapat dipersempit sesuai dengan kegunaannya, contoh baja karbon rendah, dalam memilih bahan dapat dijadikan prioritas pertimbangan utama, karena baja karbon ini mudah diperoleh, mudah dibentuk, sifat permesinannya baik serta harganya relatif murah dibanding dengan baja karbon yang lebih tinggi maupun baja paduan. Disamping itu material ini dapat ditingkatkan sifatnya seperti kekerasan dan kekuatannya dengan proses perlakuan panas. Perlakuan panas adalah

kombinasi proses pemanasan dan pendinginan yang diterapkan pada logam secara terkontrol agar diperoleh sifat yang diinginkan.

Peningkatan kekerasan baja dengan cara *quenching* sudah cukup lama diterapkan untuk meningkatkan kekerasan baja yang mempunyai *hardability* yang baik. Untuk meningkatkan kekerasan baja karbon rendah, disamping harus dilakukan peningkatan kandungan karbonnya, juga harus dilakukan proses *quenching*. Salah satu cara meningkatkan unsur karbon dalam baja dan meningkatkan kekerasan permukaannya yaitu proses karburasi. Penerapan proses ini disesuaikan dengan kebutuhan pada bidang industri misalnya aplikasinya digunakan pada komponen yang membutuhkan daya tahan aus dan sisi lain bahan itu juga harus ulet.

Proses pengerasan yang dimaksudkan tentu tidaklah mudah, kenyataan operasionalnya banyak yang perlu dipertimbangkan dengan cermat supaya diperoleh kekerasan maksimum, misalnya: media pendingin, temperatur pemanasan, teknik melakukan *quenching* dan banyak lagi yang lainnya. Dari berbagai penelitian

tentang kekerasan proses pengerasan hasil *pack carburizing* baja, proses memperoleh peningkatan kekerasan umumnya dilakukan *direct quenching*.

Dengan latar belakang diatas kami ingin melakukan penelitian terhadap pengaruhnya perubahan kekerasan, struktur mikro yang dilakukan *direct quenching*, *single quenching*, *double quenching* pada hasil *Pack carburizing* baja karbon rendah.

## 1.2 Perumusan Masalah

Upaya meningkatkan kekerasan baja karbon rendah yang paling sederhana yaitu melakukan perlakuan panas termokimia (pengkarburasian). Proses karburisasi ini memerlukan banyak informasi teoritis dan praktis yang saling berkaitan baik terhadap pencapaian kekerasan maupun kegagalan produk. Berbagai informasi yang ditampilkan pada hasil penelitian dalam jurnal ilmiah umumnya meneliti tentang keefektipan karbon dalam arang berdifusi kedalam baja pada kondisi temperatur tertentu. Pada penelitian yang akan dibahas, kekerasan dan ketangguhan material sebagai pengaruh variasi metode pendinginan : *direct quenching*, *single quenching* dan *double quenching*, juga struktur mikro yang terbentuk dari hasil proses masing-masing. Berdasarkan latar belakang di atas, maka pada penelitian ini akan membahas permasalahan yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

- Bagaimana cara melakukan pemilihan bahan untuk karburisasi pada baja paduan rendah ?
- Metoda quenching yang bagaimana dapat dipilih pada proses *pack carburizing* sehingga diperoleh kekerasan maksimum ?
- Bagaimana caranya mengetahui kekerasan dan ketangguhan bahan uji setelah dikarburasi ?
- Bagaimana caranya mengetahui struktur bahan uji setelah dikarburasi ?

## 1.3 Batasan Masalah

Dengan mempertimbangkan kompleksitas permasalahan yang terkait pada proses karburisasi ini, maka dalam pembahasan ini ditetapkan batasan dan beberapa anggapan yang diambil antara lain :

- Tahapan karburisasi yang dilakukan.
- Media yang dipakai untuk pengkarburasian.
- Meneliti pengaruh *direct quenching*, *single quenching*, *double quenching* terhadap kekerasan, ketangguhan dan struktur mikro baja yang diproses karburing.

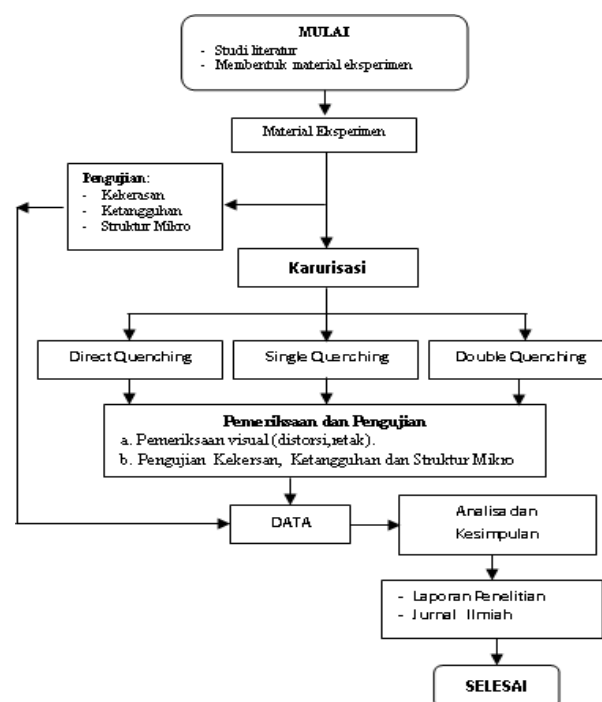
## 1.4 Tujuan Penelitian

Target khusus yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah menghasilkan teknik *quenching* terbaik pada hasil *pack carburizing* yang dapat menghasilkan kekerasan dan ketangguhan bahan yang maksimal.

Memberikan pengetahuan untuk dijadikan pertimbangan dalam melakukan proses karburisasi baja sehingga prosesnya menjadi efektif dan efisien.

## 2. METODELOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini metode yang akan digunakan meliputi pengamatan, *study literature*, perancangan material sampel, eksperimen dan pengambilan sample data eksperimen dengan diagram alir pada gambar 1



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

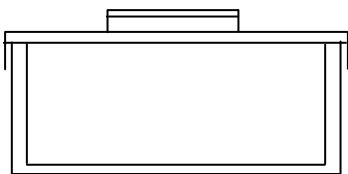
### 2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Untuk melakukan penelitian ini diperlukan bahan dan alat-alat kelengkapan sebagai berikut :

#### 2.1.1 Alat-alat :

- Tungku pemanas listrik (*muffle furnace*)
- Boks karburisasi (kotak karbon), gambar 2.
- Palu, Stamping, Sarung tangan kulit dan Tang penjepit.
- Alat uji kekerasan (*hardness test machine*) dan alat uji impact.
- Mikroskop metalurgy, untuk mengamati struktur mikro dan kedalaman difusi karbon dalam bahan uji.

- Bak medium pendingin, berfungsi tempat mendinginkan/quenching material baja karburisasi



Gambar 2 : Boks karburisasi

### 2.1.2 Bahan yang digunakan antara lain :

- Baja karbon rendah 10x10x55 mm sebanyak 40 batang
- Serbuk arang batok kelapa dan kalsium karbonat
- Media *quencing* (Air)
- Kawat ikat, berfungsi sebagai pengikat benda uji agar memudahkan dalam pengambilan dari kotak sementasi pada waktu proses pendinginan
- Ampelas besi (grade 100, 220, 400, 600, 800, 1000, 1200), berfungsi untuk menggosok benda uji supaya halus, diamond compound.
- Resin dan katalis: digunakan untuk membingkai specimen metalografi.
- Bahan kimia ( $\text{HNO}_3$ , Metanol Pro-analis, alkohol 60%, aquades) : digunakan untuk proses peng-etsaan material.

## 2.2 Perencanaan Penelitian

Adapun perencanaan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

### 2.2.1 Persiapan

Setelah ketersediaan alat dan bahan terpenuhi maka dilakukan:

- Penandaan spesimen hal ini dilakukan karena proses karburisasi untuk satu benda uji dengan benda uji yang lainnya mempunyai perlakuan yang berbeda. Variabel yang akan teliti ditampilkan dalam table 1.
- Pembuatan media karborisasi berupa arang dicampur kalsium karbonat dengan perbandingan 70%:30% dari berat.

Tabel 1 Variabel Penelitian

Percobaan	Suhu Karburisasi (°C)	Hodng Time (jam)	Quenching
I	925	2	a. Direct quenching b. Single q quenching c. Double quenching
II	925	3	a. Direct quenching b. Single q quenching c. Double quenching
III	925	4	a. Direct quenching b. Single q quenching c. Double quenching
IV	Tanpa perlakuan		

### 2.2.2 Proses Karburisasi dan Pengerasan.

- Masukkan campuran serbuk arang dan kalsium karbonat serta bahan uji (baja karbon rendah) dalam boks karburisasi, gambar 2.
- Pemanasan (proses karburizing) menggunakan dapur pemanas listrik sesuai tabel 1.
- Pengerasan. Pengerasan dilakukan dengan *quenching* dengan air, dilakukan setelah temperatur dan waktu penahanan tercapai dengan cara:
  - *Dirrect Quenching*,
  - *Single quenching* dan
  - *Double quenching*.

### 2.2.3 Pengujian kekerasan

Metoda yang dipilih pada riset ini adalah metoda Rockwell skala B dengan beban Major 100 kg<sub>f</sub>, mengingat metode ini pengujiannya cepat dan mampu membedakan perbedaan kekerasan yang kecil.

Pengujian dilakukan dengan 2 tahapan yaitu :

- Pengujian kekerasan material yang belum dikeraskan.
- Pengujian kekerasan material yang telah dikeraskan.

Kedua pengujian diatas dilakukan pada masing masing bahan uji yang berbeda perlakuan sebanyak 5 titik pengujian secara acak kemudian diambil nilai rata-ratanya.

### 2.2.4 Pengujian ketangguhan

Pengujian dilakukan terhadap 3 buah benda uji dari masing-masing perlakuan yang sebelumnya telah dibentuk sesuai dengan standar ASTM A23 (spesimen Type A). Pengujian ini menggunakan methode Charpy pada suhu kamar 28°C .

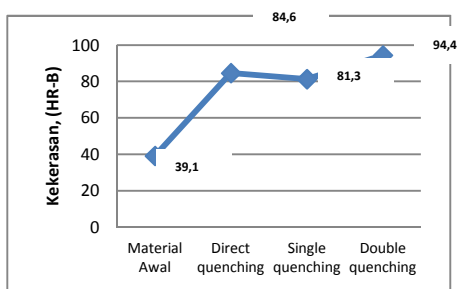
### 2.2.5 Pengamatan struktur mikro material eksperimen.

Pada penelitian ini uji struktur mikro dilakukan pada semua perlakuan yang berbeda termasuk material yang belum dikeraskan, struktur mikro diteliti dengan bantuan alat mikroskop optik olympus GX41.

**3. ANALISA HASIL PENELITIAN**

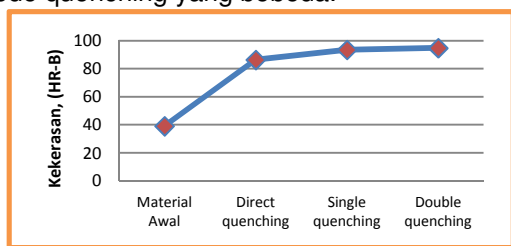
**3.1 Kekerasan material uji**

Data pengujian kekerasan pada penelitian ini disajikan pada grafik 1, 2 dan grafik 3 berikut ini.



Gambar 3. Grafik Kekerasan material Awal dan Hasil Quenching (Holding time 2jam)

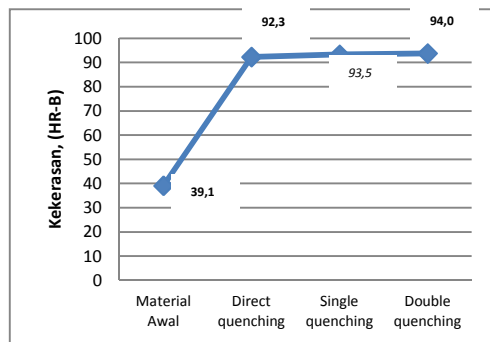
Grafik pada gambar 3 menunjukkan bahwa baja karbon rendah setelah dilakukan proses pengerasan, kekerasannya dapat meningkat cukup signifikan. Juga hasil metode quenching yang berbeda memperlihatkan adanya perbedaan peningkatan kekerasan. Kekerasan maksimum 94,4 HR<sub>B</sub> diperoleh dengan metode double quenching namun perubahan kekerasannya tidak konsisten, karena pada single quenching malah terjadi penurunan kekerasan. Artinya metode single quenching mempunyai efek penurunan kekerasan pada proses pengerasan baja hasil pack carburizing. Hasil Analisis Varians disimpulkan, bahwa dengan menggunakan metode quenching yang berbeda tersebut mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kekerasan. Jadi, dari baik secara numerikpun hasil pengujian maupun dengan analisa berdasar teori Analisa varian ada perbedaan peningkatan kekerasan jika dilakukan metode quenching yang berbeda.



Gambar 4. Kekerasan material Awal dan Hasil Quenching (Holding time 3jam)

Grafik pada gambar 4 juga menunjukkan bahwa baja karbon rendah setelah dilakukan pack carburizing dan diquenching, kekerasannya dapat meningkat cukup signifikan dan juga memperlihatkan adanya perbedaan peningkatan kekerasan dengan adanya beda metode quenching yang diterapkan. Kekerasan maksimum 94,5 HR<sub>B</sub> diperoleh dengan metode double quenching. Artinya metode quenching mempunyai efek untuk meningkatkan kekerasan pada proses pengerasan baja hasil pack carburizing.

Hasil Analisis Varians disimpulkan, bahwa dengan menggunakan metode quenching yang berbeda tersebut mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kekerasan. Jadi, dari baik secara numerikpun hasil pengujian maupun dengan analisa berdasar teori ANAVA ada perbedaan peningkatan kekerasan jika dilakukan metode quenching yang berbeda.



Gambar 5. Grafik Kekerasan material Awal dan Hasil Quenching (Holding time 4jam )

Grafik pada gambar 5. menunjukkan bahwa baja karbon rendah setelah dilakukan proses pengerasan, kekerasannya dapat meningkat cukup signifikan dan juga memperlihatkan adanya perbedaan peningkatan kekerasan dengan adanya beda metode quenching yang diterapkan. Kekerasan maksimum 94 HR<sub>B</sub> diperoleh dengan metode double quenching. Artinya metode quenching mempunyai efek untuk meningkatkan kekerasan pada proses pengerasan baja hasil pack carburizing.

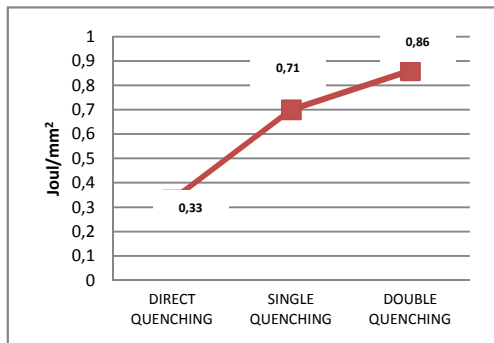
Kesimpulan: dari ketiga perlakuan metode quenching yang diterapkan untuk memperoleh kekerasan tertinggi hasil pack carburizing dapat dilakukan dengan metode Double quenching.

Hasil Analisis Varians Maka disimpulkan, bahwa menggunakan metode quenching yang berbeda untuk holding time yang lebih lama tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kekerasan. Jadi, walaupun secara numerik (hasil pengujian) memperlihatkan ada peningkatan tetapi dengan analisa berdasar teori ANAVA tidak ada perbedaan peningkatan

kekerasan yang signifikan jika dilakukan metode quenching yang berbeda untuk *holding time* 4 jam

### 3.2 Ketangguhan material uji

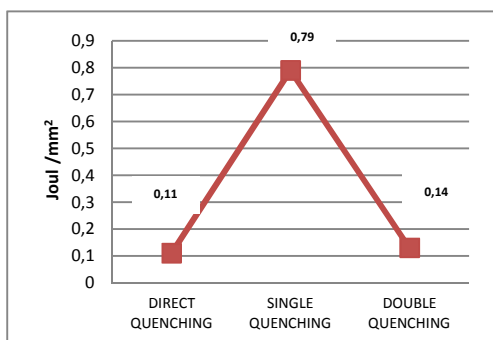
Hasil ujian impact metode Charpy penelitian ini disajikan dalam bentuk grafik gambar 6,7 dan grafik gambar 8 berikut ini.



Gambar 6. Grafik Nilai Impact Material (*holding time* 2 jam)

Grafik pada gambar 6 menunjukkan nilai impact yang dilakukan proses pengerasan pack carburizing dengan *holding time* 2 jam pada suhu 925°C, nilai impact meningkat cukup signifikan, nilai impact tertinggi di peroleh dengan melakukan metode *double quenching* = 0,86 J/mm<sup>2</sup>. Adanya beda metode *quenching* yang diterapkan dan juga memperlihatkan adanya perbedaan nilai impact. Artinya metode *quenching* mempunyai efek untuk meningkatkan impact pada proses pengerasan baja hasil *pack carburizing*.

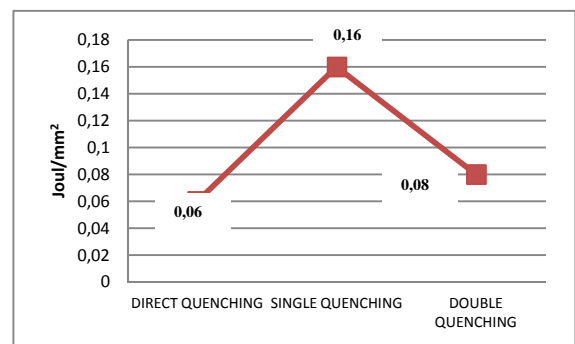
Hasil Analisis Varians diperoleh bahwa menggunakan metode *quenching* yang berbeda untuk *holding time* 2 jam tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kekerasan. Jadi, walaupun secara numerik (hasil pengujian) memperlihatkan ada peningkatan tetapi dengan analisa berdasar teori ANAVA tidak ada perbedaan peningkatan kekerasan yang signifikan jika dilakukan metode *quenching* yang berbeda untuk *holding time* 2 jam.



Gambar 7. Grafik Nilai Impact Material (*holding time* 3jam)

Grafik pada gambar 7 menunjukkan nilai impact material yang dilakukan proses pengerasan pack carburizing dengan metode *quenching* yang berbeda dengan *holding time* 3 jam pada suhu 925°C, nilai impact tertinggi diperoleh pada metode *single quenching* 0,79 J/mm<sup>2</sup>. Jadi beda metode *quenching* yang diterapkan tidak memperlihatkan adanya kecenderungan peningkatan nilai impact.

Analisis Varians disimpulkan, bahwa menggunakan metode *quenching* yang berbeda untuk *holding time* 3 jam mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan ketangguhan. Jadi berdasar analisa varian maupun hasil pengujian ketangguhan rata-rata memperlihatkan ada perbedaan nilai impact yang signifikan.



Gambar 8. Grafik Nilai Impact Material (Holding time 4 jam)

Grafik pada gambar 8 menunjukkan nilai impact material yang dilakukan proses pengerasan pack carburizing dengan metode *quenching* yang berbeda dengan *holding time* 4 jam pada suhu 925°C, nilai impact tertinggi diperoleh pada metode *single quenching* = 0,16 J/mm<sup>2</sup>.

Kesimpulan: dari ketiga perlakuan metode *quenching* yang diterapkan untuk memperoleh kekerasan tertinggi hasil pack *carburizing* dapat dilakukan dengan metode *Double quenching*.

Hasil Analisis Varians Maka disimpulkan, bahwa menggunakan metode *quenching* yang berbeda dengan *holding time* 4 jam tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan ketangguhan. Jadi, walaupun hasil pengujian ketangguhan rata-rata memperlihatkan ada peningkatan tetapi dengan analisa varian tidak ada perbedaan peningkatan nilai impact yang signifikan.

### 3.3 Struktur mikro material

Hasil pengujian struktur mikro menggunakan mikroskop optik, diperoleh data berupa tampilan gambar seperti gambar berikut ini.



Gambar 9. Struktur Mikro Baja sebelum di Keraskan. Penampang melintang (a), penampang memanjang (b). Etsa 3% Nital, M200x

Pada gambar 9 Struktur mikro baja karbon rendah, baik gambar (a) maupun gambar (b) terdiri dari mayoritas Ferrite yang

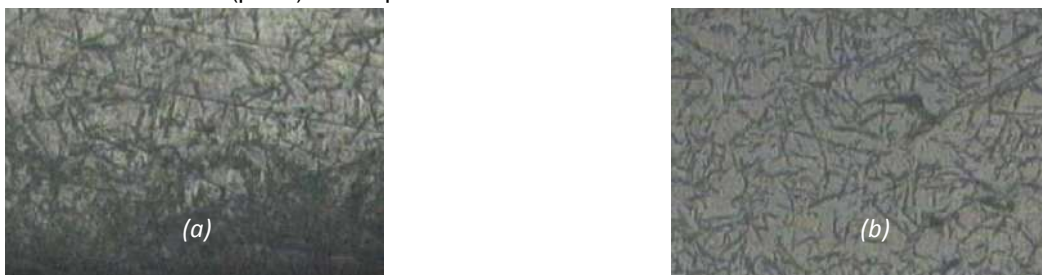
memiliki sifat yang lunak dan mudah dibentuk dan Pearlite warna hitam. Kekerasan  $\pm 39,1$  HR<sub>B</sub> dengan Nilai impact  $\pm 3,26$  J/mm<sup>2</sup>.



Gambar 10. Struktur Mikro Baja setelah pack karburizing Holding time 2 jam dan dilakukan Direct quenching. Bagian tepi (a), Bagian tengah (b). Etsa 3% Nital, M200x

Pada gambar 10 Struktur mikro yang terbentuk sebagian martensite, material menjadi keras dan getas gambar (a) dibagian tengah terbentuk ferrite (putih) dan pearlite

(hitam) menjaga ketangguhan material gambar (b). Kekerasan  $\pm 84,6$  HR<sub>B</sub> dengan Nilai impact  $\pm 0,33$  J/mm<sup>2</sup>.



Gambar 11 Struktur Mikro Baja setelah pack carburizing Holding time 2jam dan dilakukan Single quenching. Bagian tepi (a), Bagian tengah (b). Etsa 3% Nital, M200x

Pada gambar 11 Struktur mikro baja karbon rendah, terbentuk martensite yang akan menjadikan material menjadi sangat keras dan getas gambar (a) dibagian tengah

terbentuk ferrite (putih) dan pearlite (hitam) yang lebih kecil sehingga material lebih tangguh gambar (b). Kekerasan  $\pm 81,3$  HR<sub>B</sub> dengan Nilai impact  $\pm 0,71$  J/mm<sup>2</sup>.

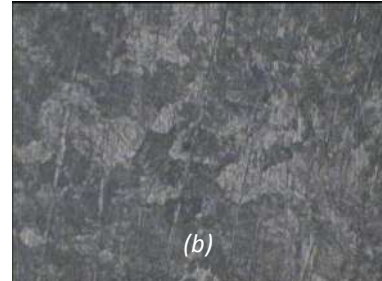


Gambar 12. Struktur Mikro Baja setelah *pack carburizing* *Holding time* 2jam dan dilakukan *Double quencing*. Bagian tepi (a), Bagian tengah (b). Etsa 3% Nital, M200x

Pada gambar 12. Dibagian tepi terbentuk martensite yang halus yang menjadikan material menjadi sangat keras dan getas gambar (a) dibagian tengah

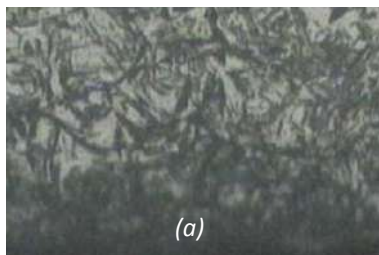


terbentuk ferrite (putih) dan pearlite (hitam) yang lebih kasar sehingga material lebih tangguh gambar (b) Kekerasan  $\pm 94,4$  HR<sub>B</sub> dengan Nilai impact  $\pm 0,41$  J/mm<sup>2</sup>

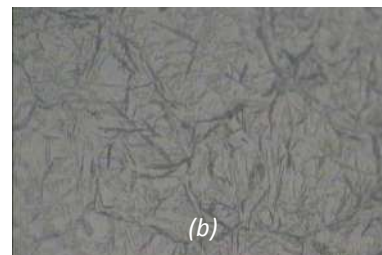


Gambar 5.11 Struktur Mikro Baja setelah *pack carburizing* *Holding time* 3jam dan dilakukan *Direct quencing*. Bagian tepi (a), Bagian tengah (b). Etsa 3% Nital, M200x

Pada gambar 5.11 Dibagian tepi terbentuk martensite yang halus yang menjadikan material menjadi sangat keras dan getas gambar (a) dibagian tengah

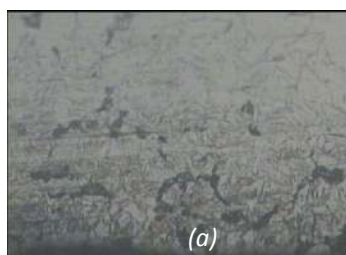


terbentuk ferrite (putih) dan pearlite (hitam) yang lebih kasar yang berimbang gambar (b). Kekerasan  $\pm 86,4$  HR<sub>B</sub> dengan Nilai impact  $\pm 0,11$  J/mm<sup>2</sup>

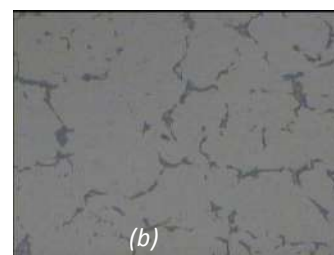


Gambar 5.12 Struktur Mikro Baja setelah *pack carburizing* *holding time* 3jam dan dilakukan *Single quencing*. Bagian tepi (a), Bagian tengah (b). Etsa 3% Nital, M200x

Pada gambar 5.12 Dibagian tepi terbentuk martensite yang menjadikan material menjadi sangat keras dan getas gambar (a) dibagian tengah terbentuk



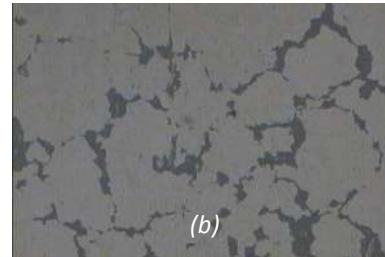
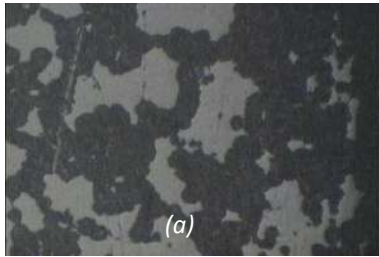
ferrite (putih) dan pearlite (hitam) yang lebih halus yang berimbang gambar (b). Kekerasan  $\pm 93,5$  HR<sub>B</sub> dengan Nilai impact  $\pm 0,79$  J/mm<sup>2</sup>.



Gambar 5.13 Struktur Mikro Baja setelah *pack carburizing* *Holding time* 3jam dan dilakukan *Double quencing*. Bagian tepi (a), Bagian tengah (b). Etsa 3% Nital, M200x

Pada gambar 5.13 Dibagian tepi terbentuk martensite yang menjadikan material menjadi sangat keras dan getas gambar (a) dibagian tengah terbentuk

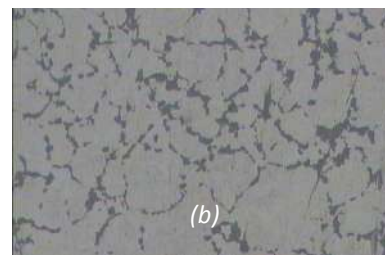
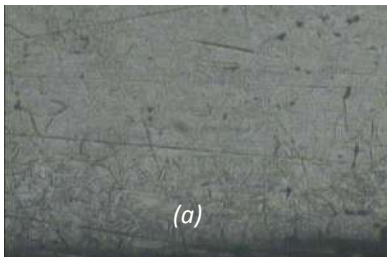
ferrite (putih) dan pearlite (hitam) yang lebih halus yang berimbang gambar (b). Kekerasan  $\pm 94,5$  HR<sub>B</sub> dengan Nilai impact  $\pm 0,14$  J/mm<sup>2</sup>.



Gambar Struktur 5.14 Mikro Baja setelah *pack carburizing* Holding time 3jam dan dilakukan *Direct quenching*. Bagian tepi (a), Bagian tengah (b). Etsa 3% Nital, M200x

Pada gambar 5.14 Dibagian tepi terbentuk martensite yang menjadikan material menjadi sangat keras dan getas gambar (a) dibagian tengah terbentuk

ferrite (putih) dan pearlite (hitam) yang lebih halus yang berimbang gambar (b). Kekerasan  $\pm 92,3$  HR<sub>B</sub> dengan Nilai impact  $\pm 0,061$  J/mm<sup>2</sup>.



Gambar 5.15 Struktur Mikro Baja setelah *pack carburizing* Holding time 4jam dan dilakukan *Single quenching*. Bagian tepi (a), Bagian tengah (b). Etsa 3% Nital, M200x

Pada gambar 5.15 Dibagian tepi terbentuk martensite yang menjadikan material menjadi sangat keras dan getas gambar (a) dibagian tengah terbentuk

ferrite (putih) dan pearlite (hitam) yang lebih halus yang berimbang gambar (b). Kekerasan  $\pm 93,5$  HR<sub>B</sub> dengan Nilai impact  $\pm 0,16$  J/mm<sup>2</sup>.



Gambar 5.16 Struktur Mikro Baja setelah *pack carburizing* Holding time 4jam dan dilakukan *Double quenching*. Bagian tepi (a), Bagian tengah (b). Etsa 3% Nital, M200x

Pada gambar 5.16 Dibagian tepi terbentuk martensite yang menjadikan material menjadi sangat keras dan getas gambar (a) dibagian tengah terbentuk ferrite (putih) dan pearlite (hitam) yang lebih halus yang berimbang gambar (b). Kekerasan  $\pm 94$  HR<sub>B</sub> dengan Nilai impact  $\pm 0,08$  J/mm<sup>2</sup>.

94,8 HR<sub>B</sub> dan nilai impact 0,14 J/mm<sup>2</sup>. Sejalan dengan teori umum, dari hasil penelitian ini juga memperlihatkan bahwa material yang kekerasannya tertinggi, mengakibatkan ketangguhannya rendah yang umumnya tidak diinginkan pada material.

Jika dilihat kekerasan dan ketangguhan yang terbaik yaitu terjadi pada *double quenching* dengan *holding time* 2 jam (kekerasan 94,4 HR<sub>B</sub> dengan nilai impact rata rata 0,86 J/mm<sup>2</sup>). Jadi jika kita membutuhkan kekerasan yang tinggi yang besar proses *pack carburizing* baja karbon rendah dapat dipilih metode *dobel quenching*.

#### 4. KESIMPULAN

Dari ketiga metode *quenching* dengan variasi *holding time* yang dilakukan pada penelitian ini, diperoleh peningkatan kekerasan yang tertinggi yaitu pada metode *dobel quenching* dengan holding time 3 jam yaitu



Penelitian ini memungkinkan untuk dilakukan lanjutan dengan media pendingin lain dengan variasi suhu quenching yang berbeda, mengingat pada perlakuan panas ini banyak lagi faktor yang dapat menghasilkan sifat material yang berbeda.

7. Sudjana Prof, Desain dan analisis Eksperimen, edisi 1989, Tarsito, Bandung.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Beta Hartono, Karburasi Baja Karbon Rendah, Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif & Elektronika Malang.  
[https://www.google.co.id/?gws\\_rd=cr,ssl&ei=Y41WLPjLLuFvQSFslYCg#q=Penelitian+Proses+karburisasi+baja](https://www.google.co.id/?gws_rd=cr,ssl&ei=Y41WLPjLLuFvQSFslYCg#q=Penelitian+Proses+karburisasi+baja)
2. Bambang Kuswanto, Perlakuan pack carburizing pada baja karbon rendah sebagai material alternatif untuk pisau potong pada penerapan teknologi tepat guna. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2010 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang
3. Dewa Ngakan Ketut Putra Negara, I Dewa Made Kirshna Muku, Pack Carburizing Baja Karbon Rendah, Jurnal Energi dan Manufaktur Vol.7, No.1, April 2015 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana
4. Hazizi azri bin Ahmad Sabri, (Experimental Study of Pack Carburizing of Carbon Steel). Bachelor of Engineering Universiti Malaysia Pahang 2010
5. John R. Newby, ASM Handbook, Volume 8 Mechanical Testing, ASM international, Printed in the United States of America, 1992.
6. Karl - Erik Thelning, Steel and its Heat Treatment, Bofors Handbook, London, Cetakan VI, 1998.