

**KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO  
BAJA CARBON RENDAH UNTUK CANE CUTTER BLADE  
PADA PT GUNUNG MADU PLANTATION**

**Bayu Agung Permana<sup>1)</sup>, M. Badaruddin<sup>2)</sup> dan Zulhanif<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung

<sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung  
Jln. Prof.Sumantri Brojonegoro No. 1 Gedung H FT Lt. 2 Bandar Lampung  
Telp. (0721) 355519, Fax. (0721) 704947

**Abstract**

*Cane cutter blade (blade chopper cane), which is a tool used for chopping cane. This tool acts as a cane crusher, made of low steel carbon. Constraints that occur on Cane Cutter Blade is a high wear rate, thus disrupting the productivity of the industry.*

*The company handles this problem by providing a coating on a cane cutter blade, only in this way is still considered very less effective at. low steel carbon relatively low carbon steel.*

*Characterization of the mechanical properties and the microstructure of low steel carbon with hardness testing and tensile testing, while the micro picture of choice to see the results of the condition of the microstructure after a heat treatment with water as cooling media.*

**Keywords:** *microstructure, cane cutter blade, low steel carbon, tensile testing, hardness testing, heat treatment.*

**PENDAHULUAN**

*Cane cutter* adalah perangkat pencacah tebu dalam rangkaian mesin industri gula. PT gunung Madu Plantation (GMP) memiliki permasalahan terhadap umur pakai *cane cutter*, dimana umur pakai *cane cutter* sangat singkat jika musim giling tiba. Hal ini memberikan perhatian menarik bagi jurusan teknik mesin universitas Lampung. Pada penelitian tahap awal ini mencoba membedah material dan rekayasa pelapisan yang telah dilakukan oleh PT GMP dalam meningkatkan efisiensi. Tujuan penelitian ini adalah: (1) Mengetahui karakter dari sifat mekanik bahan *Cane Cutter Blade* (baja karbon rendah) melalui pengujian kekerasan dan pengujian tarik. (2) Mengetahui perubahan struktur mikro pada bahan *Cane Cutter Blade* (baja karbon rendah) setelah mengalami perlakuan panas dan pelapisan. Penulisan ini memiliki pembatasan masalah seputar pembahasan karakter bahan, struktur mikro, perlakuan panas dan sifat mekanik yang diujikan adalah uji kekerasan dan uji tarik pada permukaan *Cane cutter blade* yang utuh

dan *Cane cutter blade* yang sudah mengalami pelapisan serta *raw material* baja karbon rendah sebagai bahan pembuat *cane cutter*

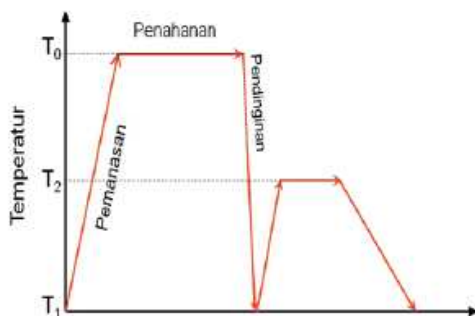
Penelitian ini menggunakan bahan sesuai dengan bahan yang digunakan oleh PT GMP, penelitian ini merupakan tahap awal. Bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah.

Menurut kandungan karbonnya (C), baja karbon dapat dibedakan menjadi 3 macam antara lain:

- a. Baja karbon rendah  
Baja karbon rendah merupakan bukan baja yang keras karena kadar karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensite (Amanto, 1999:33) Baja karbon rendah yaitu kurang dari 0,3 %, sering disebut juga baja ringan (mild steel). Baja ini dapat dijadikan mur, baut, ulir skrup dan lain-lain. Baja karbon rendah yang pada penelitian ini mempunyai kadar karbon 0,135%. Baja jenis karbon rendah mempunyai sifat tidak terlalu keras, cukup kuat, ulet, mudah dibentuk dan ditempa, tetapi karena kurangnya kadar karbon maka

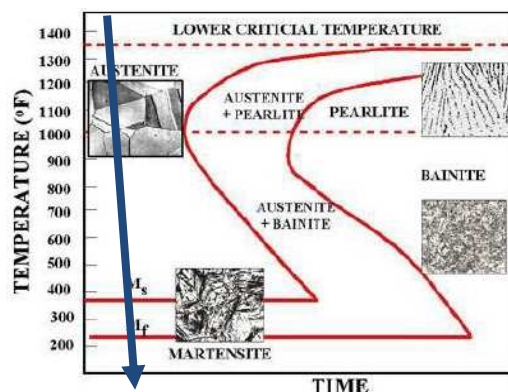
- tidak dapat disepuh keras.
- b. Baja karbon sedang  
Baja karbon sedang merupakan baja dengan kandungan karbon 0,3– 0,6%, cukup keras dibandingkan dengan baja karbon rendah. Baja ini memungkinkan untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (heat treatment) yang sesuai. Baja karbon sedang digunakan untuk roda gigi, poros engkol, ragum dan sebagainya.
- c. Baja karbon tinggi  
Baja karbon tinggi mempunyai kandungan karbon 0,6–1,5%, baja ini sangat keras namun keuletannya rendah, biasanya digunakan untuk alat potong seperti gergaji, pahat, kikir dan lain sebagainya. Karena baja karbon tinggi sangat keras, maka jika digunakan untuk produksi harus dikerjakan dalam keadaan panas.

Dimana kadar karbon rendah memiliki kadar karbon kurang dari 0.012%, sehingga pada penelitian ini dilakukan beberapa rekayasa dengan melakukan *heat treatment* atau perlakuan panas terhadap baja.



Gambar 1. Proses *Heat Treatment*

Menggunakan metode pendinginan *quenching* atau pendinginan secara paksa menggunakan media air. Dengan melakukan pemanasan hingga 850°C kemudian melakukan penahanan suhu selama 120 menit agar proses pemanasan merata hingga struktur yang terdalam setelah itu barulah dilakukan pendinginan dengan air.



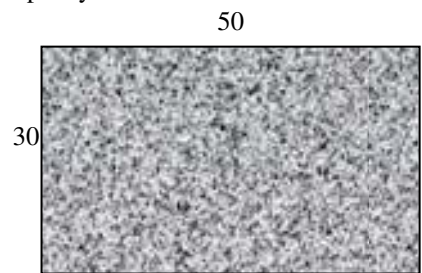
Gambar 2. Diagram TTT *quenching*

**METODE PENELITIAN**

Penelitian sifat mekanik dan struktur mikro baj karbon rendah untuk *cane cutter blade* pada PT GMP menggunakan 3 pengujian, yaitu pengujian kekerasan mikro vickers (ASTM E40D), Pengujian Tarik ASTM E8, Pengujian foto mikro (ASTM E407):

**1. Pengujian kekerasan**

Pengujian kekerasan menggunakan metode kekerasan mikro *Vickers*, menggunakan standar ASTM E40D, adapun tahapannya:



Gambar 3. Spesimen Uji tarik

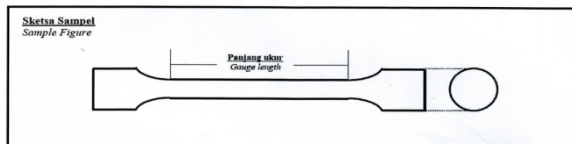
- Menyiapkan spesimen
- Membuat tempat spesimen
- Mengamplas spesimen hingga mengkilap
- Meletakkan spesimen pada tempat pengujian
- Menentukan besar pembebanan
- Menekankan pembebanan pada indentor
- Mencatat hasil pijakan indentor

Tabel 1. Nilai Kekerasan

Distribusi titik	Jarak titik dari tepi(μm)	Nilai Kekerasan VHN (kgf/mm <sup>2</sup> )					
		Raw Material	Raw Material Heat	Cane Cutter	Cane Cutter Heat	Cane Cutter Lapis	Cane Cutter Lapis Heat
1	300						
2	600						
3	900						
4	1200						
5	1500						
Rata-rata							

## 2. Pengujian Tarik

Pengujian tarik menggunakan standar ASTM E8 dengan tahapan sebagai berikut:



Gambar 4. Spesimen Uji tarik

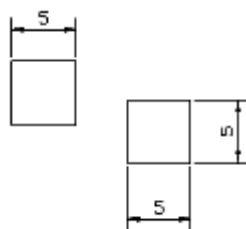
- Menyiapkan spesimen
- Mengamplas spesimen hingga mengkilap
- Penentuan titik perpanjangan
- Meletakkan spesimen pada alat uji tarik
- Menarik spesimen dan mengamati yang terjadi
- Mencatat data yang terekam dan mengukur perpanjangan yang terjadi

Tabel 2. Nilai Kekuatan Tarik

Spesimen	Perlakuan	Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	Batas Luluh (N/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)	Modulus Elastisitas
rata-rata					

## 2. Pengujian Struktur Mikro

Pengujian ini menggunakan standar uji ASTM E407 dengan tahapan sebagai berikut:



Gambar 5. Spesimen uji tarik

- Menyiapkan spesimen
- Mengamplas spesimen hingga mengkilap
- Melakukan etsa terhadap spesimen
- Menyiapkan alat uji foto mikro
- Melakukan pencitraan terhadap spesimen
- Merekam datayang tampil pada alat foto mikro

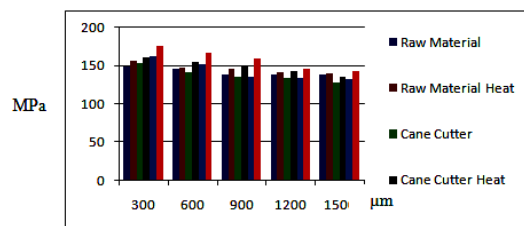
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian tentang “karakteristik sifat mekanik dan struktur mikro baja karbon rendah untuk cane cutter blade pada PT Gunung Madu Plantation” diperoleh berupa data angka (nilai) dan grafik yang meliputi uji kekerasan mikro Vickers, uji tarik dan pengamatan foto struktur mikro.

Tabel 3. Hasil Nilai Kekerasan

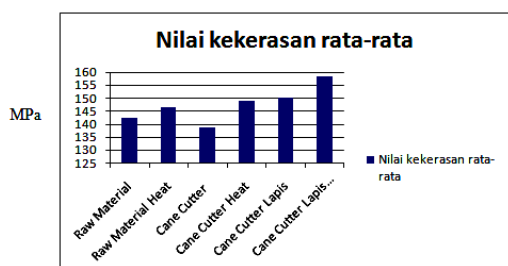
Distribusi titik	Jarak titik dari tepi(μm)	Nilai Kekerasan VHN (MPa)					
		Raw Material	Raw Material Heat	Cane Cutter	Cane Cutter Heat	Cane Cutter Lapis	Cane Cutter Lapis Heat
1	300	149.0	156.7	154.0	161.8	170.3	176.6
2	600	145.6	147.9	141.4	155.8	152.6	167.2
3	900	138.4	146.7	136.2	148.8	147.6	159.0
4	1200	139.2	141.5	134.0	143.1	143.9	146.3
5	1500	138.8	139.9	128.5	136.2	137.2	143.1
Rata-rata		142.26	146.54	138.84	149.14	150.32	158.44

Dari tabel tersebut kemudian dibuat grafik untuk menunjukkan hubungan antara perbedaan spesimen dari hasil kekerasan yang dihasilkan. Adapun grafik nilai kekerasan benda uji dapat dilihat pada grafik 1



Grafik 1. Nilai kekerasan benda uji

Kemudian trend nilai rata-rata dapat dilihat pada grafik 2.



Grafik 2. Nilai kekerasan rata-rata

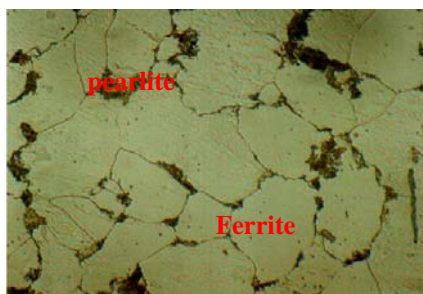
Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa raw material memiliki nilai kekerasan *Vickers* ( $VHN_{0.0025}$ ) yang cenderung sama dari titik luar hingga menuju inti dan dirata-rata sebesar 142.6 MPa. Pada spesimen B (raw material yang diberikan perlakuan panas) memiliki nilai kekerasan rata-rata 146.54 MPa atau meningkat 2.68% terhadap raw material.

Nilai kekerasan pada spesimen setelah dilakukan proses pemesinan hingga menjadi bentuk *cane cutter blade* memiliki rata-rata 138.84 MPa, menurun 2.6 % terhadap raw material dan meningkat 6.9% terhadap spesimen yang telah diberikan perlakuan panas setelah mengalami proses pemesinan dengan nilai rata-rata kekerasan 149.14 MPa

Nilai rata-rata kekerasan pada spesimen *cane cutter blade* yang mengalami pelapisan adalah sebesar 150.2 MPa atau meningkat 5% dari nilai rata-rata kekerasan raw material dan meningkat 7.5% dari nilai kekerasan spesimen *cane cutter blade* yang tanpa mengalaih perlakuan panas.

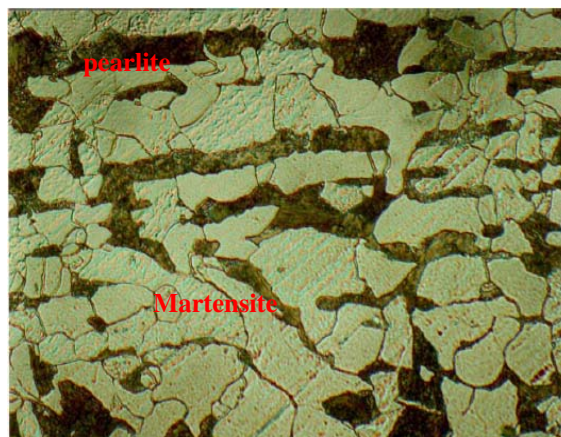
Nilai rata-rata kekerasan *cane cutter* yang mengalami pelapisan dan perlakuan panas adalah sebesar 158.44 MPa atau meningkat 5.2% dari nilai rata-rata kekerasan *cane cutter* yang telah mengalaih pelapisan.

Hasil uji foto mikro dengan ASTM E407 baja karbon rendah sebagai berikut



Gambar 6. Foto mikro struktur raw material

Pada foto mikro untuk *raw materials* seperti terlihat pada gambar 6 bahwa struktur yang membentuk *ferrite* (berwarna terang) dan *pearlite* (berwarna gelap). Struktur *ferrite* tampak lebih dominan dari pada struktur *pearlite* sehingga mengakibatkan kekerasan dari *raw materials* menjadi rendah.

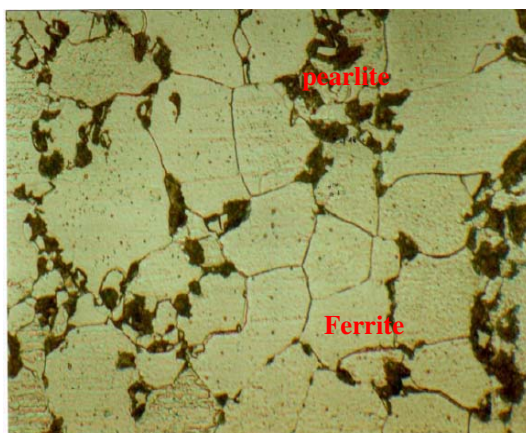


Gambar 7. Foto mikro struktur raw material yang dipanaskan

Material baja karbon rendah yang diberikan perlakuan panas dengan suhu 850 °C dipertahankan selama 2 jam kemudian didinginkan dengan metode *quenching* yang menggunakan media pendingin air biasa. Perubahan strukturnya tampak pada gambar 7.

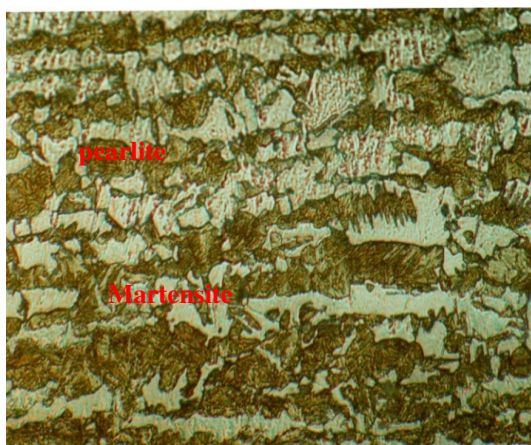
Material pada baja karbon rendah yang diberikan Pemanasan hingga suhu 850°C dan dipertahankan selama 2 jam kemudian didinginkan dengan metode *quenching* menggunakan media air. Pada proses *heat treatment* ini mengubah struktur mikronya menjadi *martensite* dan *pearlite*. Perubahan struktur ferrite menjadi martensite setelah mengalami pemanasan hingga suhu austenitif, menjadikan karakter baja karbon rendah lebih keras dari pada sebelum dilakukan perlakuan panas terbukti dengan adanya peningkatan nilai rata-rata kekerasan pada raw material dengan raw material yang telah mengalami perlakuan panas, dimana raw material memiliki nilai kekerasan 142.6 MPa sedangkan nilai kekerasan pada raw material yang telah mengalami perlakuan panas adalah 146.54 MPa.





Gambar 8. Foto mikro struktur *cane cutter*

Raw material yang berbentuk lembaran *plate* dipotong sesuai ukuran dan diberikan pengerjaan pemesinan hingga membentuk *cane cutter* yang siap dipakai. Raw material yang telah mengalami proses pemesinan, strukturnya akan tampak pada gambar 8.



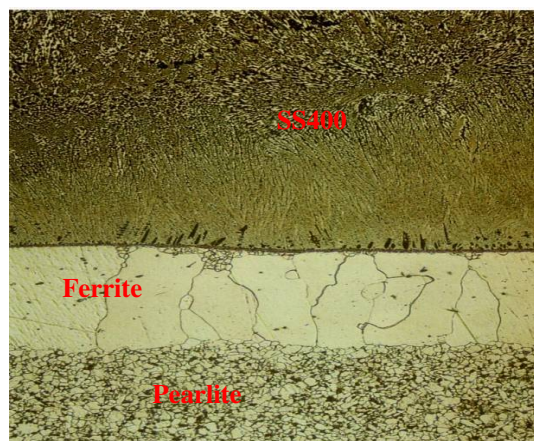
Gambar 9. Foto mikro struktur *cane cutter* yang dipanaskan

Struktur mikro *cane cutter* (*raw material* setelah mengalami proses pemesinan) terlihat tidak mengalami perubahan, hal ini disebabkan tidak adanya perlakuan terhadap raw material, hanya saja ada proses pemesinan raw material untuk membentuk menjadi *cane cutter*. Struktur pearlite dan ferrite masih mendominasi sehingga mengkaibatkan nilai kekerasannya rendah yaitu 138.8 MPa.

Struktur gambar 9 adalah material *cane*

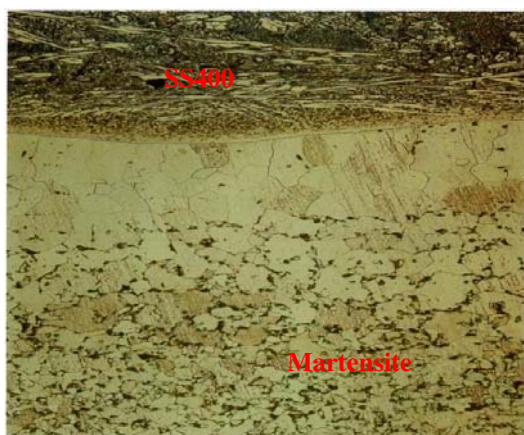
*cutter* yang telah diberikan perlakuan panas dengan suhu 850 °C dan ditahan selama 2 jam lalu didinginkan secara cepat dengan menggunakan air biasa. Proses perlakuan panas dengan quenching ini mampu merubah struktur mikro baja menjadi martensit dengan sifat sangat keras terbukti bahwa nilai kekerasan rata-ratanya meningkat menjadi 149.14 MPa.

*Cane cutter* yang telah dipakai untuk mencacah tebu kemudian diberikan pelapisan pada area baji pencacah, struktur mikro antara logam inti dan pelapis akan sangat tampak berbeda seperti pada gambar 10



Gambar 10. Foto mikro *cane cutter* yang telah dilapisi

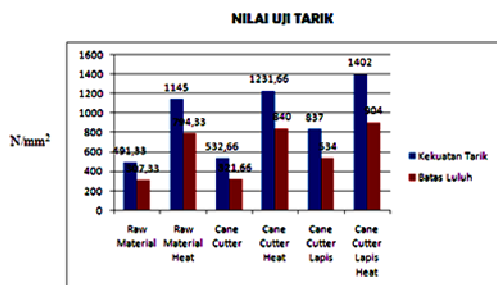
Pelapisan memberikan kontribusi terhadap peningkatan nilai kekerasan *cane cutter*, terbukti sebelum mengalami pelapisan nilai kekerasan *cane cutter* adalah 138.8 MPa kemudian setelah mengalami pelapisan, nilai kekerasan meningkat menjadi 150.2 MPa. Struktur mikro pada *cane cutter* tidak mengalami perubahan, hanya saja ada penambahan dengan bahan logam pelapis yang memberikan kontribusi positif terhadap meningkatnya nilai kekerasan pada baja karbon rendah dimana pengaruh yang terjadi akibat pelapisan yang diberikan adalah meningkatnya elastisitas bahan sehingga baik untuk beban gesek.



Gambar 11. Foto mikro struktur *cane cutter* yang dilapisi dan dipanaskan

*Cane cutter* yang telah mengalami pelapisan kemudian diberikan pemanasan hingga suhu 850°C dan *holding time* selama 2 jam kemudian didinginkan dengan metode *quenching* menggunakan media air. Pada proses *heat treatment* ini mengubah struktur mikronya menjadi *martensite* sehingga sifatnya sangat keras ditambah lagi dengan logam pelapis yang turut dalam perlakuan panas serta pendinginan secara paksa, sehingga mampu memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai kekerasan, namun yang terjadi nilai elastisitasnya menurun.

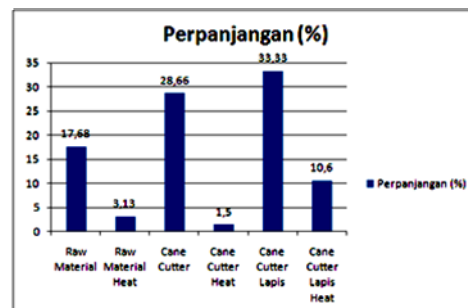
Hasil pengujian tarik dengan standar ASTM E8 berupa grafik untuk menunjukkan hubungan antara perbedaan spesimen dari hasil kekuatan tarik yang dihasilkan berupa nilai rata-rata setelah mengalami proses perhitungan seluruh hasil. Nilai rata-rata uji tarik dapat dilihat pada grafik 3.



Grafik 3. Nilai rata-rata uji tarik

Kemudian grafik 4 untuk nilai prosentase

perpanjangan



Grafik 4. Nilai prosentase perpanjangan

Dari hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk tabel, diagram dan gambar struktur mikro, ada perbedaan karakteristik kekuatan tarik dan kekerasan dari spesimen penelitian antara *raw materials*, *cane cutter*, *cane cutter* pelapisan dan spesimen yang mengalami perlakuan panas dari semua kategori dengan suhu pemanasan 850 °C ditahan selama 2 jam dan didinginkan dengan proses *quenching* (pendinginan secara cepat) menggunakan media pendingin air biasa (suhu ruangan).

Dari hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa raw material mempunyai struktur mikro yang tampak adalah *pearlite* dan *ferrite*, dimana *pearlite* berwarna gelap dan *ferrite* berwarna putih. Struktur *ferrite* tampak lebih dominan dari pada struktur *pearlite* sehingga mengakibatkan kekerasan dari *raw materials* menjadi rendah, dimana hasil nilai rata-rata kekerasan yang dimiliki adalah 142.6 MPa dengan hasil kekuatan tarik rata-rata 491.3 N/mm<sup>2</sup>. Nilai kekuatan tarik yang ada memiliki kesesuaian dengan data nilai kekuatan tarik baja karbon rendah yang tersaji di bab sebelumnya (bab II).

Nilai Kekuatan tarik dan nilai kekerasan sangat dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan pada bahan di semua kategori. Khususnya pada pengujian kekerasan, nilai yang tersaji setelah mengalami perlakuan panas serta setelah mengalami pelapisan ataupun pelapisan yang mengalami perlakuan panas, memiliki nilai yang cenderung naik. Kenaikan nilai kekuatan tarik dan nilai kekerasan dipengaruhi oleh perubahan struktur setelah mengalami perlakuan, baik itu perlakuan panas ataupun perlakuan pelapisan.

Perlakuan pelapisan sangat terlihat pada nilai kekuatan tarik yang disajikan, penambahan nilai prosentase perpanjangan hingga 33.33% membuktikan bahwa pelapisan mampu memberikan kontribusi terhadap sifat mekanik suatu bahan, penambahan nilai prosentasi perpanjangan tersebut sarat dengan sifat elastis.

Begitu juga pada pengaruh yang diberikan oleh perlakuan panas, perlakuan panas dengan suhu 850°C, *holding time* selama 2 jam dan pendinginan *quenching* dengan media pendingin air, mampu memberikan kontribusi positif terhadap perubahan struktur mikro menjadi martensit yang cenderung memiliki sifat sangat keras, pemanasan 850°C mampu memberikan pengaruh pada keadaan struktur mikro pada baja, dimana pada suhu austenite (723°C) struktur mikro mulai berubah, ditambahkan dengan proses pendinginan paksa dengan air, maka akan terjadi kerapatan-kerapatan pada struktur baja yang tadinya sedang mengembang saat dipanaskan, hasil pendinginan secara mendadak memberikan pengaruh terhadap nilai kekerasan suatu bahan. Struktur bahan terdapat unsur martensit yang memberikan kontribusi terhadap besarnya nilai kekerasan suatu bahan.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dari pengujian dan evaluasi data serta pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Perlakuan panas sangat mempengaruhi perubahan sifat mekanik material, terbukti dengan adanya kenaikan nilai kekerasan dan kenaikan nilai kekuatan tarik.
2. Pelapisan yang diberikan pada material memberikan kontribusi positif terhadap perubahan sifat mekanik suatu mekanik, terbukti dengan adanya pelapisan nilai kekerasan semakin besar, kekuatan tarik serta perpanjangan yang terjadi pasca pengujian tarik.
3. Struktur Mikro berpengaruh terhadap sifat mekanik material, perubahan struktur mikro pada material akibat proses perlakuan panas memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan sifat

mekanik, terbukti pada setiap bahan yang diberikan perlakuan panas, nilai kekuatan tarik, nilai batas luluh, serta kekerasan mengalami peningkatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amanto, Hari. 1999. Ilmu Bahan. Jakarta: Bumi Angkasa.
- [2] Arikunto, Suharsimi. 1998. Prosedur Penelitian. Jakarta: Bineka Cipta. Bandung.
- [3] Beumer, BJ M. Ilmu Bahan Logam Jilid 1. Jakarta: PT. Bathara Karya Aksara.
- [4] Harry, firman. 1993. Kimia 1 Untuk SMU Kelas 1. Jakarta: Depdikbud.
- [5] Palallo, Frederick. 1995. Perlakuan Panas Logam. Bandung: PPPG Teknologi
- [6] Supardi, Edih. 1999. Pengujian Logam. Bandung: Angkasa.
- [7] Van Vlack, Lawrench. 1985. *Ilmu dan Teknologi Bahan (ilmu logam dan bukan logam)*. Jakarta : Erlangga.