



## Pengaruh Temperatur *Tempering* Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan pada Baja Karbon Sedang St60

**Ebit Bimas Saputra**

Dinasti Publisher Group, Jakarta, Indonesia, [ebitbimas99@gmail.com](mailto:ebitbimas99@gmail.com)

Corresponding Author: [ebitbimas99@gmail.com](mailto:ebitbimas99@gmail.com)

**Abstract:** *This study aims to determine the effect of tempering temperature on the hardness and toughness of ST60 medium carbon steel. Beginning with the hardening process aimed at increasing the natural hardness of the steel, then tempering, aimed at reducing residual stress, hardness, so that it is ductile and has toughness. The method used is an experimental approach. The object of research is hardness and toughness test specimens. Each consists of five groups; I control, II hardening, III tempering 1500C, IV tempering 3500C, and V tempering 5500C. The results of the hardness study showed an increase in hardness in the specimens of group II which had a higher hardness of 445.33 HB, group III had a hardness of 436.83 HB and IV had a hardness of 393.75 HB, while in group V there was a decrease in hardness, which had a hardness 326.41 Hb. Compared to group I which has a hardness of 380.83 HB. While the results of the toughness study showed a decrease in energy absorption in group II, namely 29.596 NM and group III, namely 33.2416 NM, while an increase in energy absorption in group IV, namely 80.8421 NM and group V 163.598 NM, compared to group I, which had an energy absorption of 50 .35N.M.*

**Keyword:** *Absorption Energy, Hardness, Toughness, Hardening, Tempering.*

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh temperatur tempering terhadap kekerasan dan ketangguhan pada baja karbon sedang ST60. Diawali dengan proses hardening bertujuan meningkatkan kekerasan alami baja, kemudian penemperan, bertujuan mengurangi tegangan sisa, kekerasan, sehingga ulet dan memiliki ketangguhan. Metode yang digunakan pendekatan eksperimen. Objek penelitian berupa Spesimen uji kekerasan dan ketangguhan. Masing-masing terdiri dari lima kelompok; I control, II hardening, III tempering 150<sup>0</sup>C, IV tempering 350<sup>0</sup>C, dan V tempering 550<sup>0</sup>C. Hasil penelitian kekerasan menunjukkan terjadinya peningkatan kekerasan pada spesimen kelompok II yang memiliki kekerasan lebih tinggi yaitu 445,33 HB, kelompok III memiliki kekerasan 436,83 HB dan IV memiliki kekerasan 393,75 HB, sementara pada kelompok V terjadi penurunan kekerasan, yang memiliki kekerasan 326,41 HB. Dibandingkan dengan kelompok I yang memiliki kekerasan 380,83 HB. Sedangkan hasil penelitian ketangguhan menunjukkan terjadinya penurunan serapan energi pada kelompok II yaitu 29,596 NM dan kelompok III yaitu 33,2416 NM,

sedangkan peningkatan serapan energi pada kelompok IV yaitu 80,8421 NM dan kelompok V 163,598 NM, dibandingkan kelompok I yang memiliki serapan energi 50,35 NM.

**Kata Kunci:** Energi Serapan, Kekerasan, Ketangguhan, Hardening, Tempering.

---

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi semakin maju dengan pesat, terutama di dunia Industri. Logam merupakan salah satu bahan baku utama dalam memproduksi suatu alat ataupun benda jadi yang di olah oleh industri yang akan dipasarkan ke masyarakat luas. Namun dalam hal pemilihan material harus berdasarkan pertimbangan teknis, ekonomis dan teknologi seperti; kekuatan, kekerasan, ketangguhan, kemudahan diperoleh di pasaran dan kemampuan material untuk di olah. Menurut Amanto dan Daryanto (2003: 2) logam dapat dibagi dalam dua golongan yaitu logam *ferro* adalah logam besi dan logam *nonferro* yaitu logam bukan besi.

Dilihat dari perkembangan produksi permesinan dan bidang otomotif, maka kebutuhan akan baja karbon pada umumnya dirasakan semakin meningkat penggunaannya. Salah satunya yaitu baja karbon sedang yang merupakan material yang sangat banyak dan luas penggunaannya, contohnya dalam pembuatan baut, mur serta berbagai macam jenis roda gigi ataupun teknik otomotif, contohnya pada pembuatan komponen kendaraan bermotor. Dalam pembuatan baut, mur, komponen kendaraan bermotor terutama pembuatan roda gigi dan poros transmisi, dituntut memiliki kekerasan dan kekuatan atau yang disebut ketangguhan.

Dilihat dari segi ekonomis, suatu logam yang mempunyai keunggulan seperti: keuletan, kekerasan, kekuatan, dan sifat-sifat lainnya, seperti tahan terhadap korosi, tahan temperatur yang tinggi, biasanya membutuhkan biaya cukup mahal untuk membelinya. Oleh sebab itu para teknikan sering mensiasati dengan memberikan *treatment* pada material yang harganya relatif murah untuk mendapatkan material yang keras dan memiliki ketangguhan. Hingga saat ini telah banyak pengembangan-pengembangan yang dilakukan oleh para peneliti agar dalam pembuatan roda gigi tersebut, menghasilkan roda gigi yang memiliki ketangguhan, tahan terhadap gaya-gaya yang ditimbulkan saat roda gigi saling bersinggungan ketika mesin bekerja. Permasalahan yang sering terjadi pada suatu logam yaitu sering kali produk mengalami kerusakan pada bagian-bagian yang mengalami pembebanan gaya tarik, tekan ataupun gaya puntir yang mengakibatkan produk tersebut menjadi rusak. Hal ini akan mengakibatkan masa pemakaian produk menjadi relatif pendek. Sedangkan dalam aplikasinya, semua struktur logam akan terkena pengaruh gaya luar berupa: tegangan, regangan, gesekan, tekanan sehingga menimbulkan perubahan bentuk apabila produk tidak memiliki ketangguhan.

Agar suatu logam memiliki ketangguhan seperti yang di inginkan, seperti: tahan terhadap gaya luar, berupa tegangan, gesekan dan tekanan, maka perlu dilakukan proses *heat treatment*. Salah satunya *tempering*, yaitu proses perlakuan panas dua tahap, yang diawali dengan proses *hardening* bertujuan untuk meningkatkan kekerasan alami baja dan dilanjutkan dengan tahap *penemperan* bertujuan menurunkan kekerasan, tegangan sisa, meningkatnya keuletan yang menyebabkan baja memiliki ketangguhan sehingga tahan terhadap berbagai gaya luar lainnya. Alasan yang mendasari peneliti mengambil baja karbon sedang karena baja karbon sedang ini banyak digunakan dalam bidang teknik atau industri seperti pembuatan roda gigi, poros spindel, komponen kendaraan bermotor, dan mampu diberikan perlakuan panas, sehingga cocok untuk komponen yang membutuhkan kekerasan, keuletan, maupun ketahanan terhadap gesekan.

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian untuk mengukur tingkat kekerasan dan ketangguhan pada baja karbon sedang ST60 yang *ditempering* dengan temperatur yang berbeda-beda.

## KAJIAN PUSTAKA

### Bahan Logam

Logam adalah material yang mempunyai sifat-sifat, diantaranya adalah penghantar listrik, penghantar panas, dapat ditempa dan di tarik, memiliki kerapatan relatif tinggi, berwujud padat, kuat, liat, keras, serta mempunyai titik cair tinggi. Menurut Amanto dan Daryanto (2003: 2), logam dapat dibagi dalam dua golongan yaitu logam *ferro* atau logam besi dan logam *nonferro* yaitu logam bukan besi.

### Baja

Menurut Amanto dan Daryanto (2003: 22) “Baja dapat didefinisikan suatu campuran dari besi dan karbon, di mana unsur karbon (C) menjadi dasar campurannya”. Disamping itu, mengandung unsur campuran lainnya seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn) yang jumlahnya terbatas.

Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah kandungan karbonnya. Yang terdiri atas tiga macam, yaitu baja karbon rendah, sedang, dan tinggi.

Baja ST60 termasuk baja karbon sedang dengan kadar karbon 0.30% karbon sampai dengan 0.60% karbon. Baja ST60 Merupakan baja paduan yang berkualitas tinggi, mempunyai kualitas mekanik yang baik, dan mempunyai ketahanan yang cukup terhadap goresan, aplikasi yang baik untuk permesinan. Baja ST60 ini dapat dilakukan perlakuan panas seperti: proses *hardening*, *annealing*, dan *tempering*. Dengan media pendingin berupa air, oli dan udara bebas, tergantung dari sifat yang diinginkan. Menurut Nizam Efendi (2013:11) diakses 30 Januari 2014, dalam jurnal yang diterbitkan oleh STTNAS Yogyakarta (*Online*) yang berjudul studi pengaruh heat input terhadap ketangguhan *impack* las SMAW posisi vertical baja ST60 *temper* menyimpulkan bahwa Komposisi Kimia dari Baja.

### Perlakuan Panas (*Heat Treatment*) Pada Baja

Menurut Amanto dan Daryanto (2003: 63),” pengerjaan panas adalah proses yang memanaskan bahan sampai suhu tertentu dan kemudian didinginkan menurut cara tertentu. Tujuan pengerjaan panas ini adalah untuk memberi sifat yang lebih sempurna pada bahan”.

Sedangkan menurut Syamsul Arifin (1984: 83), “Pengerjaan panas adalah dilakukan pada temperatur yang lebih tinggi dari pada temperatur pengkristalan kembali dari benda kerja (logam) yang dikerjakan, sehingga dapat menghasilkan bentuk yang berukuran besar tanpa menyebabkan pengurangan tegangan logam, dapat dilakukan dengan tempa”.

Menurut Eddy (1994: 38),” Perlakuan panas ialah suatu cara yang mengakibatkan perubahan struktur bahan melalui penyolderan atau penyerapan panas, dari pada itu bentuk bahan tetap sama kecuali perubahan akibat regangan panas”.

### Media Pendingin

Hans Kramer (1997: 135), mengemukakan, “Untuk menjadikan baja mampu-keras mencapai suhu pengerasan yang tepat, baja dipanaskan di dalam dapur pemanas. Pendinginannya dilakukan di dalam air, minyak mineral ataupun di udara. Pemilihan bahan pendingin yang ditentukan oleh kecepatan pendinginan kritis, baja yang akan dikeraskan dan oleh kekerasan permukaan yang diinginkan”.

Kekerasan baja hasil *quenching* (pendinginan cepat) akan meningkat, hal ini disebabkan karena terbentuknya struktur *martensit*. Semakin banyak unsur karbon, maka struktur *martensit* yang terbentuk juga semakin banyak. Hal ini terjadi karena struktur *martensit*

terbentuk dari fase *austenit* yang didinginkan secara cepat. Karena atom karbon terjebak pada saat didinginkan secara cepat (atom karbon adalah unsur utama yang membuat baja keras). Ketika baja didinginkan secara cepat/drastis, maka atom Karbon tidak sempat kembali ke luar. Ini membuat Karbon terjebak di dalam baja dan membuat kekerasan baja sangat tinggi.

Laju pendinginan yang terjadi pada material tergantung dari beberapa faktor, yaitu media pendingin, temperatur media pendingin dan sirkulasi pada media pendingin.

### METODE

Disain penelitian ini digolongkan pada penelitian pendekatan eksperimen. Sugiyono (2010: 72) mendefinisikan “Penelitian dengan pendekatan eksperimen merupakan penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan”. Penelitian ini menggunakan model eksperimen *pretest-posttest control group design*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan dan ketangguhan pada baja karbon sedang ST60 yang *ditempering* dengan temperatur yang berbeda-beda. Disain penelitian ini terdapat dua kelompok penelitian yaitu penelitian kekerasan dan penelitian ketangguhan pada baja karbon sedang ST60.

Disain penelitian ini dilakukan 5 (lima) kali pengujian yaitu : pertama; Pengujian kekerasan dan *impack* material tanpa perlakuan, kedua; Pengujian kekerasan dan *impack* material setelah *hardening*, ketiga; Pengujian kekerasan dan *impack* material *tempering* 150°C, *keempat*; Pengujian kekerasan dan *impack* material *tempering* 350°C, dan *kelima*; Pengujian kekerasan dan *impack* material *tempering* 550°C.

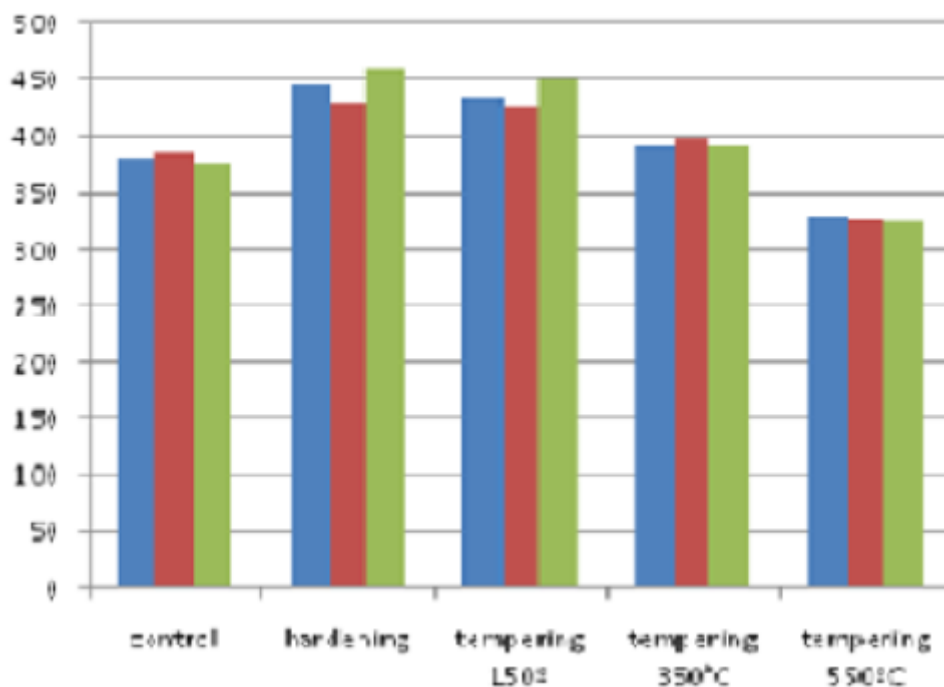


Gambar. 1 Alat Uji kekerasan *Brinell* dan *Imack*

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data Hasil Pengujian *Brinell*

No	Specimen	Kekerasan pada titik				Rata –rata kekerasan (HB)	rata <sup>2</sup> setiap kelompok	d (mm)	BHN Analisa
		1	2	3	4				
1.	Specimen tanpa perlakuan (control)	382	382	382	382	382,00	380,83	0,8	363,41
2.		382	395	382	382	385,25			
3.		370	382	370	379	375,25			
1.	Specimen hardening	450	450	450	437	446,75	445,33	0,7	477,85
2.		409	409	450	450	429,50			
3.		463	450	463	463	459,75			
1.	Specimen tempering 150° C	437	437	437	424	433,75	436,83	0,75	414,81
2.		450	424	424	409	426,75			
3.		450	450	450	450	450,00			
1.	Specimen tempering 350° C	395	382	395	395	391,00	393,75	0,75	414,81
2.		395	409	395	395	398,50			
3.		395	382	395	395	391,75			
1.	Specimen tempering 550° C	328	338	328	328	330,50	326,41	0,85	318,57
2.		328	328	328	318	325,50			
3.		328	309	328	328	323,25			

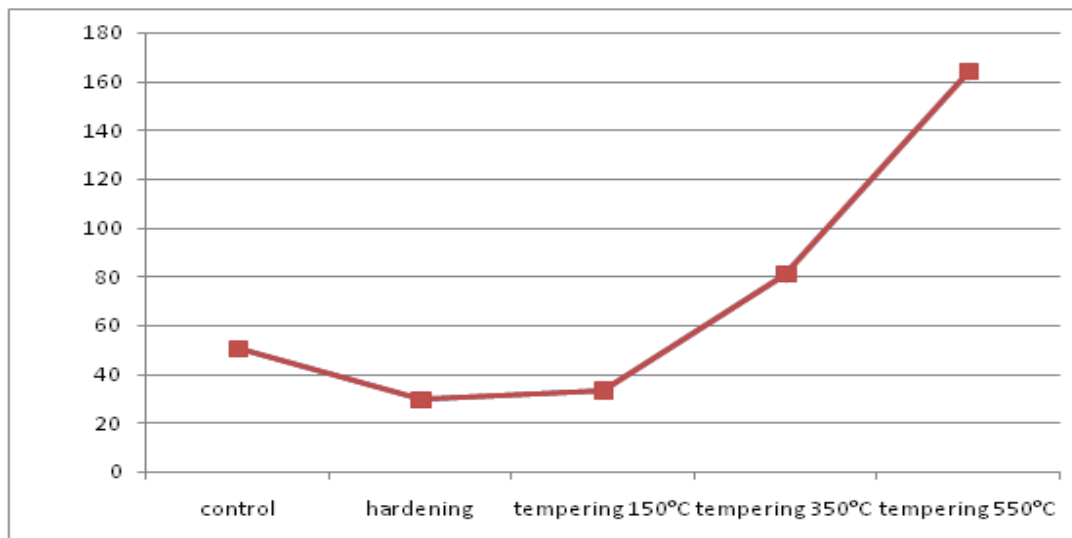


**Gambar1. Hasil Pengujian Kekerasan**

Jadi berdasarkan tabel dan grafik di atas dapat kita ambil kesimpulan bahwa semakin besar tingkat kekerasan suatu baja maka semakin kecil serapan energi dan harga *impact*, hal ini membuktikan bahwa baja yang memiliki kekerasan yang lebih besar menyebabkan keliatan struktur mikro baja ini akan menurun sehingga baja akan memiliki sifat rapuh dan mudah patah saat diberi pembebanan, gesekan, hentakan dan berbagai gaya luar lainnya, hal ini menyebabkan ketangguhan pada baja tersebut akan semakin kecil. Sedangkan semakin kecil kekerasan suatu baja maka akan semakin besar serapan energi dan harga *impact* yang di peroleh baja tersebut karna struktur mikro pada baja ini memiliki keliatan yang semakin besar, hal ini menyebabkan baja akan tahan terhadap berbagai gaya luar yang diberikan seperti; hentakan, gesekan, tekanan karna keliatan dan kekerasan yang dimilikinya menyebabkan baja memiliki sifat ketangguhan.

**Tabel 2. Hasil pengujian *impact***

No	Specimen	Luas penampang (M <sup>2</sup> )	Sudut		Tinggi Bandul		Serapan Energi (NM)	Rata-rata E (NM)	HI (N/M)
			$\alpha$	$\beta$	H <sub>0</sub> (M)	H <sub>i</sub> (M)			
1.	Specimen tanpa perlakuan (control)	83.10 <sup>-6</sup>	140°	116°	1,4128	1,1507	56,5666	50,35	0,6066.10 <sup>6</sup>
2.		80.10 <sup>-6</sup>	140°	119°	1,4128	1,1878	48,559		
3.		80.10 <sup>-6</sup>	140°	120°	1,4128	1,2	45,926		
1.	Specimen hardening	83.10 <sup>-6</sup>	140°	124°	1,4128	1,247	35,783	29,596	0,3609.10 <sup>6</sup>
2.		80.10 <sup>-6</sup>	140°	129°	1,4128	1,30	24,344		
3.		80.10 <sup>-6</sup>	140°	127°	1,4128	1,28	28,6604		
1.	Specimen tempering 150° C	76.10 <sup>-6</sup>	140°	125°	1,4128	1,2588	33,2358	33,2416	0,4155.10 <sup>6</sup>
2.		83.10 <sup>-6</sup>	140°	124°	1,4128	1,2473	35,7178		
3.		83.10 <sup>-6</sup>	140°	126°	1,4128	1,2702	30,7712		
1.	Specimen tempering 350° C	83.10 <sup>-6</sup>	140°	105°	1,4128	1,0070	87,5793	80,8421	0,9858.10 <sup>6</sup>
2.		82.10 <sup>-6</sup>	140°	108°	1,4128	1,0472	78,9033		
3.		80.10 <sup>-6</sup>	140°	109°	1,4128	1,0604	76,0437		
1.	Specimen tempering 550° C	81.10 <sup>-6</sup>	140°	70°	1,4128	0,6222	170,627	163,598	2,0197.10 <sup>6</sup>
2.		81.10 <sup>-6</sup>	140°	74°	1,4128	0,6577	162,965		
3.		88.10 <sup>-6</sup>	140°	77°	1,4128	0,6844	157,2028		



**Gambar 2. grafik energi serapan rata-rata setiap kelompok.**

Berdasarkan hasil uji kekerasan dan hasil uji *impack* diperoleh informasi bahwa semakin keras material, maka energi serapan yang dibutuhkan untuk mematahkan material tersebut semakin kecil, demikian pula dengan harga *impacknya* juga menjadi kecil. Sebaliknya semakin lunak material, energy yang di butuhkan untuk mematahkannya semakin besar dan harga *impacknya* juga menjadi besar. Dengan demikian dapat diartikan bahwa semakin besar energi serapan yang di butuhkan untuk mematahkan material, maka material tersebut dapat dikategorikan sebagai material yang liat (ulet) dan sebaliknya semakin kecil energi serapan yang di butuhkan untuk mematahkan material, maka material tersebut dapat dikategorikan sebagai material yang memiliki sifat rapuh sehingga material akan mudah patah akibat pembebanan, baik berupa beban hantakan, gesekan, tekanan, dan berbagai gaya luar lainnya.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dibahas sebelumnya tentang pengaruh temperatur *tempering* terhadap kekerasan dan ketangguhan pada baja karbon sedang ST60, maka dapat diambil kesimpulan bahwa, adanya peningkatan kekerasan baja karbon sedang ST60 yang *ditempering* dengan tempertur berbeda-beda. Yang mana rata-rata kekerasan baja yang *ditempering* pada temperartur; 150<sup>0</sup>C yang memiliki nilai kekerasan yang diperoleh dari alat dan kompersi ke tabel diperoleh rata-rata BHN 436,83HB dan BHN hasil analisa diperoleh  $414,81 \frac{Kg}{mm^2}$ , 350<sup>0</sup>C memiliki nilai kekerasan rata-rata *Brinell Hardness* yang diperoleh dari alat dan kompersi ke tabel 393,75 HB dan BHN analisa diperoleh  $414,81 \frac{Kg}{mm^2}$ , 550<sup>0</sup>C memiliki nilai kekerasan rata-rata *Brinell* yang diperoleh dari alat dan kompersi ke tabel 326,410 HB, dan BHN hasil analisa diperoleh  $318,57 \frac{Kg}{mm^2}$ . Dibandingkan dengan rata-rata *control* memiliki nilai kekerasan *Brinell Hardness* yang diperoleh dari alat dan kompersi ke tabel 380,83HB dan BHN hasil analisa diperoleh  $363,41 \frac{Kg}{mm^2}$ , dan untuk spesimen *hardening* memiliki *Brinell Hardness* yang diperoleh dari alat dan kompersi ke tabel 445,33HB dan BHN hasil analisa diperoleh =  $477,8598 \frac{Kg}{mm^2}$ . Sedangkan hasil pengujian ketangguhan dapat diambil kesimpulan bahwa adanya peningkatan energi serapan dan harga *impack(HI)* pada baja karbon sedang ST60 yang *ditempering* dengan tempertur berbeda-beda. Rata-rata kekerasan baja *tempering* dengan temperatur; 150<sup>0</sup>C

memiliki Energi Serapan rata-rata setiap kelompok 33,2416 NM dengan  $HI$   $0,4155 \cdot 10^6$ ,  $350^{\circ}C$  yang memiliki Energi Serapan rata-rata setiap kelompok 80,8421 NM dengan  $HI$   $0,9858 \cdot 10^6$ ,  $550^{\circ}C$  yang memiliki Energi Serapan rata-rata setiap kelompok 163,598 NM dengan  $HI$   $2,0197 \cdot 10^6$ . Dibandingkan dengan rata-rata spesimen *Control*, memiliki Energi Serapan rata-rata 50,35 NM dengan  $HI$   $0,6066 \cdot 10^6 N/M$  dan untuk spesimen *hardening* memiliki Energi Serapan rata-rata 29,596 NM dengan  $HI$   $0,3609 \cdot 10^6 N/M$ . Jadi pada spesimen yang *ditempering* dengan temperatur yang berbeda-beda, mengalami peningkatan energi serapan rata-rata setiap kelompok dibandingkan spesimen *control* dan spesimen *hardening*.

## REFERENSI

- Alexander, W.O. dkk. (eds). (1991). *Dasar Metalurgi Untuk Rekayasawan*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Anas Sudiyono. (2003). *Pengantar Statistik Pendidikan*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Amanto, Hari dan Daryanto. (2003). *Ilmu Bahan*. Jakarta: PT Bumi Aksara..
- Baumer ing, B.J.M.. (1994). *Ilmu Bahan Logam Jilid I*. Jakarta: PT. Bhratara Niaga Media.
- Daswarman. (2012). *Serial Material Teknik Dasar-Dasar Pemilihan Bahan*. Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- Direktorat Proyek Pengembangan Kurikulum. (2003). *Proses Pembuatan Besi Dan Baja*. Depertemen Pendidikan Nasional.
- Eddy D. Hardjapamekas. (1994). *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam* (Schonmetz. Terjemahan). Bandung: Percetakan Angkasa.
- Haroen. (1984). *Teknologi Untuk Bangunan Mesin Bahan-Bahan 1* (G.L.J Van Vliet. Terjemahan). Jakarta: Erlangga.
- Hendri Nurdin. (2012). *Perangkat Pembelajaran Teknologi Bahan*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
- Kramer, Hans dan Scharnagl, Johann. (1997). *Pengetahuan Bahan Untuk Industri*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Nizam, Effendi. (2013). ‘*Studi Pengaruh Heat Input Terhadap Ketangguhan Impack Las SMAW Posisi Vertikal Baja ST60 Temper.*’(Online). *Jurnal Unimus* (Traksi. Vol.9. No.2.Desember). Hlm. 11. (<http://jurnal.unimus.ac.id/index.php/jtm/article/view/547/596>).
- Schonmetz, Alois. dkk . (1985). *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam*. Bandung: Angkasa (Anggota IKAPI)
- Sugiyono. (2010). *Metode Penelitian Kuantitatif kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Suharsimi Arikunto. (2006). *Prosedur Penelitian*. Jakarta: PT Asdi Mahasatya.
- Syamsul Arifin. (1984). *Ilmu Logam III*. Padang: Pusat Media Pendidikan FPTK IKIP.
- Tata Surdia dan Shinroku Shaito. (2005). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.