

# **Pengaruh Variasi Temperatur Austenit Pengujian Jominy Test pada Sifat Hardenability Baja St 90**

**Azmal, Dwi Handoko, Masril, Eligius Ilhamdi**

*Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Pontianak  
Jalan Ahmad Yani, Pontianak, Indonesia 78124  
Email: azmal72@gmail.com*

**Abstract:** *The purpose of this research is to obtain information about the hardness value (hardening) and changes in microstructure as well as changes in the properties of the material at a temperature variation of 600°C to 900°C. The method used in this study is an experimental method, where the material used is ST.90 steel, and Jominy testing. 5 samples were made at each temperature 22°C, 600°C, 700°C, 800°C, and 900°C with the type of heat treatment in the hardening process. The test results for Vickers hardness decreased by an average of 33.99 HV or 31% and the carbon content decreased by an average of 0.19. or 48% of the normalizing process is not done. Based on the data above, it shows that the results of the Vickers hardness test and chemical composition with the hardening process of ST.90 steel, which are heated at 600°C, 700°C, 800°C, and 900°C respectively, each temperature is reached and stopped with 60 minutes. In order for phase transformation to occur in all parts of the material, then the cooling process is carried out using the Jominy test, showing the mechanical strength, namely the Vickers hardness test decreases by 23% and the carbon content decreases at 37%.*

**Keywords:** *ST.90 steel, heat treatment, Vickers test, chemical composition*

**Abstrak:** Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi tentang nilai kekerasan (hardening) dan perubahan struktur mikro serta perubahan sifat material pada variasi temperatur 600 sampai 900 °C. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, dimana material yang digunakan adalah baja ST.90, dan pengujian Jominy. Dibuat 5 sampel pada setiap temperatur 22°C, 600°C, 700°C, 800°C, dan 900°C dengan jenis perlakuan panas pada proses hardening. Hasil pengujian kekerasan Vickers menurun rata-rata 33,99 HV atau 31% dan kadar karbon turun rata-rata 0,19. atau 48% dari proses normalisasi tidak selesai. Berdasarkan data di atas menunjukkan bahwa hasil uji kekerasan Vickers dan komposisi kimia dengan proses pengerasan baja ST.90 yang dipanaskan masing-masing pada suhu 600°C, 700°C, 800°C, dan 900°C, masing-masing temperatur adalah mencapai dan berhenti dalam 60 menit. Agar transformasi fasa terjadi pada semua bagian material, maka dilakukan proses pendinginan dengan menggunakan uji Jominy yang menunjukkan kekuatan mekanik yaitu pada uji kekerasan Vickers menurun sebesar 23% dan kadar karbon menurun sebesar 37%.

**Kata kunci:** baja ST.90, perlakuan panas, uji Vickers, komposisi kimia.

Kandungan karbon didalam struktur baja akan berpengaruh terhadap sifat keras. Kekerasan pada komponen mesin yang terbuat dari baja, dapat diperoleh melalui proses perlakuan panas atau perlakuan permukaan.

Proses peningkatan kekerasan menggunakan panas merupakan cara yang banyak dilakukan untuk baja karbon medium dan tinggi (Schonmetz, 1985). Nilai kekerasan dari baja sangat dipengaruhi unsur karbon yang

terkandung pada baja tersebut, semakin banyak karbon semakin keras pula baja tersebut, namun batas terlarutnya karbon didalam besi maksimum hanya 6,67%.

Untuk meningkatkan kekerasan pada baja umumnya dengan melakukan perlakuan panas/*heattreatment* yaitu dengan melakukan proses *hardening*, dimana baja dengan kandungan diatas 0,5% dipanaskan hingga suhu *austenite* kemudian *diholding time* dalam waktu tertentu dan dilanjutkan dengan *quenching* dengan media tertentu. Pada proses tersebut karbon pada temperatur *austenite* akan bertransformasi membentuk struktur *martensit* yang keras saat dilakukan *quenching*.

Untuk mengetahui sejauhmana suatu baja memiliki kemampuan untuk dilakukan pengerasan maka perlu dilakukan pengujian *hardenability*. *Hardenability* adalah sifat kemampuan suatu logam baja untuk dapat dilakukan pengerasan dengan proses *heattreatment*, proses ini bergantung pada banyaknya mikrostruktur *martensit* yang terjadi pada perlakuan panas. *Martensit* pada dasarnya adalah transformasi dari unsur karbon berbentuk mikrostruktur *austenit* dan ketika dilakukan *quenching* membentuk mikrostruktur *martensit* yang keras. Suatu baja dinyatakan mempunyai *Hardenability* tinggi bila baja itu memperlihatkan tebal pengerasan (*depth of hardening*) yang besar. Pada penelitian ini ingin diketahui pengaruh variasi temperatur *austenit* pengujian *jominy test* pada sifat *hardenability* baja ST 90.

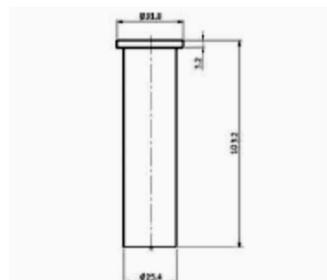
## METODE

*Hardenability* adalah ukuran yang menggambarkan kedalaman daerah pengerasan suatu baja pada perlakuan panas/*heattreatment*, biasanya dinyatakan dengan jarak suatu titik di bawah permukaan dimana struktur mikronya 50% adalah *martensit*. Sifat mampu keras dari baja sendiri bergantung pada komposisi kimia,

bentuk/penampang benda kerja, lama pemanasan, bentuk permukaan dan kecepatan pendinginan.

Tidak semua baja dapat dilakukan pengerasan/*hardening*, pengerasan hanya dapat dilakukan pada baja karbon sedang dan baja karbon tinggi dapat dikeraskan, dimana kandungan karbon yang cukup saat dipanaskan hingga temperatur *austenit* akan bertransformasi membentuk mikrostruktur *martensit* akibat pendinginan yang cepat.

Metoda yang digunakan pada pengujian *Hardenability* ada dua cara yaitu *Grossmann* dan *Jominy Test*. Perbedaan kedua metode ini terletak pada cara pendinginan. Pada metode *Jominy* benda kerja disemprotkan air pada salah satu ujungnya. Namun pengujian yang umum dilakukan adalah dengan metode *Jominy Test*.



**Gambar 1. Bentuk Specimen dan Cara Pengujian Sesuai Standar ASTM Metode Pengujian A255**

Kekerasan adalah ketahanan suatu bahan terhadap deformasi permanen oleh penetrasi dari benda lain yang lebih keras. Kekerasan adalah suatu sifat bahan yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur – unsur paduannya. Karbon didalam besi secara pasti mempengaruhi kualitas baja, dan kekerasan yang dibutuhkan dapat dicapai dengan perlakuan panas. Dari beberapa riset yang dilakukan, bahwa bahan akan berubah kekerasannya bila dikerjakan dengan *Cold Worked*. Sebelum melakukan pengujian, benda kerja harus terlebih dahulu dihaluskan

permukaannya sehingga licin dan mengkilat, dan dalam pengerjaannya tidak boleh menimbulkan perubahan struktur logam yang akan diuji. Bentuk yang paling umum dalam pengujian kekerasan bahan adalah menggunakan pembuat lekukan (Indenter) standar yang ditekan pada permukaan benda uji. Hasil lekukan yang terjadi memberikan harga kekerasan.

Harga Kekerasan tidak mempunyai standar atau skala yang mutlak, oleh karena harga kekerasan dari suatu jenis pengujian memiliki skala tersendiri, walaupun terdapat beberapa hubungan dari skala yang satu dengan skala yang lainnya. Untuk mengetahui kekerasan suatu bahan dapatlah dilakukan dengan beberapa metode yaitu pengujian *Brinnell*, *Vickers*, *Rockwell*, dan Pukul Takik.

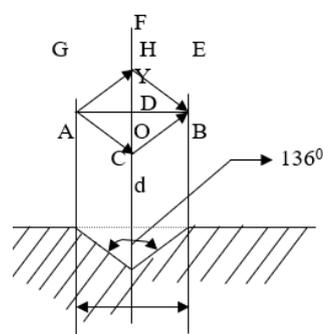
**Tabel 1. Rumusan simbol pengujian kekerasan dengan metode Vickers**

No.	Simbol	Keterangan	Satuan
1.	-	Sudut puncak indenter yang berbentuk piramid = 136° Beban yang dikenakan	0
2.	F	Diameter rata-rata yang didapat dari diagonal d <sub>1</sub> dan d <sub>2</sub>	Kgf
3.	d	Kekerasan <i>vickers</i>	mm
4.	HV	$= \frac{\text{Beban yang dikenakan}}{\text{Luasan indentasi}}$	
		$= \frac{2F \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2} = 1,854 \frac{F}{d^2}$	

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode *Vickers*, dimana dasar pengujiannya adalah penggunaan indenter dari permata yang berbentuk piramida dengan bidang alas bujur sangkar dan sudut puncaknya yang khusus. Kekerasan *vickers* adalah suatu hasil bagi yang didapatkan dengan membagi beban yang dikenakan F dengan luasan bentangan pada permukaan indentasi dari benda kerja, dengan memperhatikan bentuk piramid dengan alas bujur sangkar dengan diagonal D dan mempunyai sudut puncak yang sama

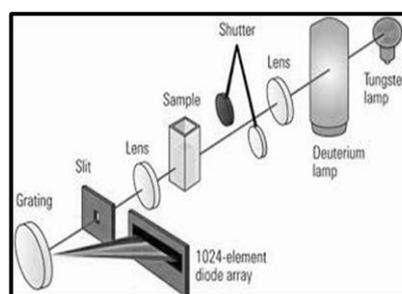
dengan indenter dari permata. Dasar perhitungan kekerasan *vickers* dapat diketahui melalui keterangan pada tabel 1.

Rumus pada tabel 1. dapat dibuktikan sebagai berikut: Untuk beban yang diberikan = F (Kg). Sedangkan untuk luas penampang bekas penekanan seperti pada gambar 2.



**Gambar 2. Penekanan Penetrator pada Benda Kerja**

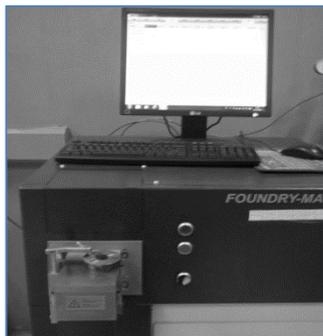
Pengujian komposisi Kimia logam merupakan suatu uji yang bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur kimia yang terdapat pada logam atau baja dari benda uji baja ST 90. Dalam pengujian komposisi kimia klasifikasi dari baja atau specimen yang akan dilakukan harus diketahui karena menyesuaikan klasifikasi yang ada di mesin uji. Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan mesin uji *Optical Emission Spectroscopy (OES)*.



**Gambar 3. Prinsip Kerja Optical Emission Spectroscopy (OES)**

Pada gambar 3. menunjukkan prinsip kerja alat uji komposisi kimia yaitu *Optical Emission Spectroscopy (OES)* yaitu pengujian sinar radioaktif dan gas argon ditembakkan terhadap sampel, kemudian dari hasil

penembakan didapatkan *print out* hasil uji yang terbaca pada layar *computer* (gambar 4).



Gambar 4. Mesin *Optical Emission Spectroscopy* (OES)

Analisis komposisi kimia ini dapat kita gunakan untuk mengetahui kadar karbon pada bahan baja ST.90 yang kita gunakan dan unsur-unsur lainnya, apakah baja tersebut masuk dalam jenis baja karbon rendah (*low karbon steel*), baja karbon sedang (*medium carbon steel*), dan baja karbon tinggi (*high carbon steel*) atau malah masuk ke dalam kategori baja paduan.

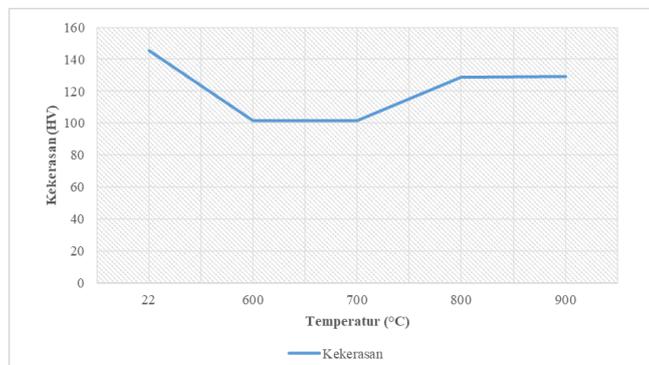
#### Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers*.

Pada pengujian kekerasan *vickers* sampel bahan baja ST.90 dibuat sebanyak 5 buah. Benda uji ini sudah melewati proses pengujian *Jominy* yang dilakukan dengan spesimen berupa sepotong baja silinder berukuran panjang 4 inchi (100 mm), diameter 1 inchi (25 mm) dengan tinggi pancaran air dari ujung *nozzel* 65 mm (ASTM Metode Pengujian A255). Sampel dilakukan proses *hardening* dipanaskan didapur pemanas masing-masing 5 buah dengan suhu 600°C, 700°C, 800°C, dan 900°C dan setiap temperatur suhu tercapai ditahan selama 60 menit. Sampel yang telah dipanaskan pada masing-masing temperatur, didinginkan dengan menggunakan alat *Jominy Test*. Sampel kemudian di ukur dan diberi tanda yang berjarak 2mm, sehingga didapatkan 10 bagian. Kemudian dilakukan uji kekerasan *vickers* dan datanya dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Data kekerasan *vickers* bahan baja ST.90 dengan pendingin *Jominy Test*

Nomor Sampel	Kekerasan Vickers (HV)				
	Tanpa Dipanaskan	Dipanaskan			
	(22°C)	(600°C)	(700°C)	(800°C)	(900°C)
1	142,30	119,30	81,40	121,20	133,80
2	181,10	100,50	106,10	115,50	131,60
3	145,00	115,90	104,00	130,10	145,70
4	139,80	119,20	94,50	150,70	137,90
5	146,90	102,40	105,60	141,90	143,90
6	135,00	80,50	112,30	148,70	135,00
7	134,90	90,90	105,30	99,70	151,80
8	153,20	105,00	105,70	98,60	104,10
9	156,90	95,70	93,90	147,20	102,80
10	118,80	85,30	108,00	134,70	104,30
Rata-rata	145,39	101,47	101,68	128,83	129,09

Dari data tabel 2 maka dapat dibuat grafik hubungan kekerasan *vickers* dan temperatur dengan proses pendingin menggunakan *Jominy Test* seperti pada gambar 5.



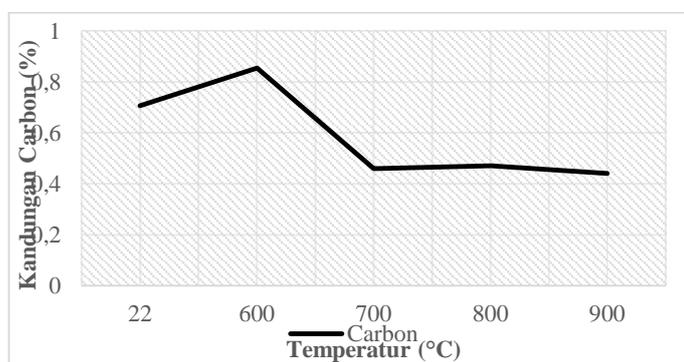
Gambar 5. Grafik hubungan kekerasan *vickers* dan temperatur

**Data Hasil Pengujian Komposisi Kimia.** Pada pengujian komposisi kimia sampel bahan baja ST.90 dibuat sebanyak 5 buah dengan ukuran dimensi Ø16 mm x 20 mm sesuai standar mesin. Sampel dilakukan proses *hardening* dengan dipanaskan didapur pemanas masing-masing 5 buah dengan suhu 600°C, 700°C, 800°C, dan 900°C dan setiap temperatur suhu tercapai ditahan selama 60 menit. Sampel yang telah dipanaskan pada masing-masing temperatur, 5 buah didinginkan dengan menggunakan *Jominy test*. Kemudian dilakukan pengujian komposisi kimia dan datanya dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3. Data pengujian komposisi kimia bahan baja ST.90 dengan pendingin *Jominy Test***

Perlakuan	Komposisi Kimia (%)						
	Fe	C	Si	Mn	P	S	V
Tanpa							
Dipanaskan (22°C)	83,000	0,706	1,320	1,850	0,015	0,120	0,005
Dipanaskan (600°C)	86,500	0,854	1,070	2,320	0,007	0,023	0,017
Dipanaskan (700°C)	96,900	0,460	0,326	0,881	0,005	0,005	0,008
Dipanaskan (800°C)	96,800	0,471	0,333	0,903	0,005	0,005	0,008
Dipanaskan (900°C)	97,000	0,440	0,284	0,871	0,005	0,005	0,007
Rata-rata	92,000	0,586	0,669	1,360	0,005	0,067	0,009

Berdasarkan data pada tabel 3 maka dapat dibuat grafik hubungan kandungan karbon dan temperatur dengan pendingin menggunakan *Jominy test* seperti pada gambar dibawah ini:



**Gambar 6. Grafik hubungan kandungan karbon dan temperatur**

## PEMBAHASAN

### Pengujian Kekerasan *Vickers*

Berdasarkan tabel 2 serta gambar 5 dapat dilihat bahwa dengan proses *Hardening* dengan meningkatnya temperatur pemanasan dan didinginkan dengan *Jominy test*, kekerasan *vickers* bahan baja ST.90 terjadi penurunan dari kekerasan *Vickers* awal bahan yang tidak dilakukan proses *Hardening*. Adapun besaran penurunan kekerasan *Vickers* bahan baja ST.90 dari temperatur 0°C sampai 600°C adalah rata-rata penurunan setiap temperatur sebesar 33,92 HV atau 23% dari kekerasan *Vickers* awal bahan baut yaitu sebesar 145,39 HV. Pada temperatur 600°C sampai 700°C terdapat

kenaikan 0,21 HV. Pada temperatur 700°C sampai 800°C terdapat kenaikan 27,15 HV atau 78% kenaikan. Pada temperatur 800°C sampai 900°C terdapat kenaikan 0,26 HV.

**Pengujian Komposisi Kimia.** Untuk pengujian komposisi kimia dengan berdasarkan tabel 3 serta gambar 6 menunjukkan bahwa pada proses *hardening* dengan meningkatnya temperatur pemanasan dan didinginkan dengan *Jominy test*, kandungan kadar karbon bahan baja ST.90 terjadi kenaikan kadar karbon pada pemanasan 600°C. Adapun kenaikan kadar karbon sebesar 0,148 atau 0,20% dibanding dengan kadar karbon yang tidak mengalami *hardening*. Adapun penurunan kandungan kadar karbon bahan baja ST.90 yang terbesar terjadi pada temperatur 900°C adalah sebesar 0,266 atau 37 % dari kandungan kadar karbon yang tidak dilakukan proses *hardening* yaitu sebesar 0,706.

Berdasarkan data-data di atas menunjukkan bahwa hasil pengujian kekerasan *Vickers* dan komposisi kimia dengan proses *hardening* bahan baja ST.90 yang dipanaskan masing-masing pada suhu 600°C, 700°C, 800°C, dan 900°C setiap suhu tercapai dihentikan dengan 60 menit agar terjadi transformasi fasa pada seluruh bagian material, kemudian dilakukan proses pendinginan menggunakan *Jominy test*, menunjukkan kekuatan mekanik yaitu uji kekerasan *Vickers* menurun 23% dan kandungan kadar karbon menurun pada 37 %.

Jadi untuk menjaga agar kekuatan mekanik dan mikro struktur bahan baja ST.90 tidak berpengaruh terhadap temperatur panas, maka perlu dilakukan pemberian atau penambahan carbon.

### Simpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian ini dapatlah disimpulkan sebagai berikut.

Pertama. Pada pengujian kekuatan mekanik pada bahan baja ST.90 pada proses *hardening* untuk kekerasan *Vickers* menurun rata-rata sebesar 33,92 HV atau 23%.

Kedua. Pada pengujian mikro struktur (komposisi kimia) bahan baja ST.90 pada proses *hardening* untuk kandungan kadar karbon rata-rata menurun sebesar 37%.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada pimpinan Politeknik Negeri Pontianak dan Struktural Jurusan Teknik Mesin yang telah membantu dalam pendanaan dan proses penelitian yang dilakukan hingga penulisan dalam Jurnal Vokasi ini. Tak lupa juga ucapan terima kasih kepada rekan sejawat dan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin serta pengurus Jurnal Vokasi yang telah membantu dalam proses penulisan hingga diterbitkan penulisan ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- ASTM A 255-02, ASTM A370-02, Standart Test Method for and-Quench Test for Hardenability of Steel.
- Amanto, Hari, dan Daryanto. (2003). Ilmu Bahan. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Anonymous. (2010). Logam Besi. Diakses tanggal 12 April 2011.
- Baskar. (2011). A review on Jominy Test An Determination of Effect of Alloying Element Hardenability of Teel On Jominy Test and Quench Test, *International Journal of Advances in Engineering & Technology*.
- Callister, D.W. (2007). *Material Science and Engineering*. USA: John Willey & sons.
- Dietser, George E, Sriatie Djaprie. (1987). Metalurgi Mekanik. Jilid 1. Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Handoko, D. (2011). Rancang Bangun Alat Hardenability Jominy Test dan Pengujian Bahan Praktikum di Laboratorium Pengujian Bahan dan Metrologi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak, Jurnal Vokasi, Vol.7. No.2 198 – 203.
- Harjuma. (2019). Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Baja Aisi 1018 Terhadap Kekerasan Dengan Metode Jominy Test, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Dinamika, Vol. 10, No. 2, Mei 2019 p-ISSN: 2085-8817.
- Marrow J. (2009). *The Materials Science Internet Microscope*. UMIST and University of Manchester, www.umist.ac.uk/matsci.
- Sudjana, Hardi. (2008). Teknik Pengecoran Logam. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Surdia T & Saito S. (1999). Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Schonmetz, Gruber. (1982). Perlakuan Pada Bahan Heat Treatment. Bandung: Pustaka Pelajar.
- Timings RL. (1998). *Engineering Materials*, Volume-I, 2nd Edition Addison. Wesley Longman Limited.
- Yusuf. (2018). Pengaruh Variasi Holding Time Terhadap Kemampukerasan Baja Menggunakan Alat Uji Jominy, Jurnal Inovtek Polbeng, Vol. 8, No. 2.
- Yoshiharu. (2017). Correlation of the Effects of Alloying Elements on the Hardenability of Steels to the Diffusion Coefficients of Elements in Fe, *International Journal of Materials Science and Applications* 2017; 6(4): 200-20.