

# Efektivitas Proses *Carburizing* dan *Quenching* Terhadap Nilai Kekerasan Baja S45C

Hesti Istiqlaliyah<sup>1</sup>, Irwan Setyowidodo<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri

Email: hestiisti@unpkediri.ac.id<sup>1</sup>, irwan.setyo@unpkediri.ac.id<sup>2</sup>

## Abstrak

Penelitian ini dilatar belakangi dari satu pengamatan terhadap pengaruh variasi temperatur dan media pendingin terhadap kekerasan logam S45C. Perbedaan temperature dan variasi media pendingin dapat mempengaruhi kekerasan logam menggunakan pengujian *Harnes brinel test*. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan temperatur optimal dan media pendingin yang efektif agar didapatkan nilai kekerasan tertinggi pada logam S45C. Penelitian ini berupa matriks orthogonal L20 dengan tiga replikasi menggunakan rancangan faktorial. Variabel bebas yang divariasikan yaitu temperature proses *carburizing*, dan media pendingin. Variabel terikatnya adalah nilai kekerasan yang di analisis menggunakan Anova serta uji kontras metode Scheffe. Kesimpulan penelitian ini adalah semua faktor berjalan simultan dan mempengaruhi kekerasan logam. Berdasarkan *main effect plot*, kombinasi temperature *carburizing* 850°C dengan media pendingin oli menghasilkan kekerasan logam 145 kg/mm<sup>2</sup> dan 148 kg/mm<sup>2</sup> dengan nilai kekeerasan rata-rata 146,5 kg/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan simpulan penelitian ini, direkomendasikan menggunakan temperatur *carburizing* yang lebih tinggi dengan memvariasikan media pendingin yang lebih variatif.

**Kata Kunci:** Kekerasan logam, temperatur *carbrizing* dan jenis media *quenching*

## ABSTRACT

*This research is based on an observation on the effect of temperature variations and cooling media on the hardness of S45C metal. Differences in temperature and variations in cooling media can affect metal hardness using the Harnes brinel test. The purpose of this research was to obtain the optimal temperature and effective cooling medium in order*

*to obtain the highest hardness value for S45C metal. This research is an orthogonal L20 matrix with three replications using a factorial design. The independent variables that were varied were the temperature of the carburizing process, and the cooling medium. The dependent variable is the hardness value which is analyzed using Anova and the contrast test of the Scheffe method. The conclusion of this study is that all factors run simultaneously and affect the hardness of the metal. Based on the main effect plot, the combination of carburizing temperature of 8500C with oil cooling media resulted in metal hardness of 145 kg/mm<sup>2</sup> and 148 kg/mm<sup>2</sup> with an average hardness value of 146.5 kg/mm<sup>2</sup>. Based on the conclusions of this study, it is recommended to use a higher carburizing temperature by varying the cooling medium which is more varied.*

**Keywords:** Metal Harness, Carburizing Temperature and Cooling medium

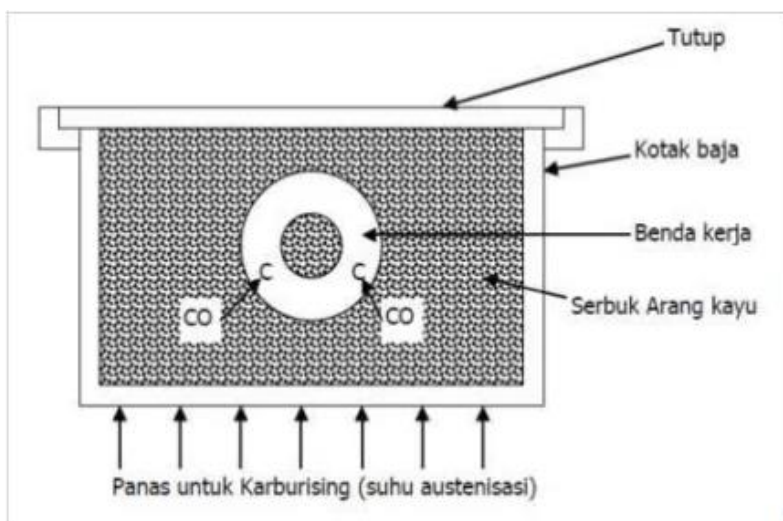
## **A. PENDAHULUAN**

Perkembangan teknologi pada masa kini berkembang dengan pesatnya seiring dengan ilmu pengetahuan yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan manusia yang semakin meningkat pula. Salah satu bentuk peningkatan kualitas ialah rekayasa material bahan untuk mendapatkan hasil sesuai yang diharapkan. Hal ini dilakukan guna meningkatkan daya tahan material agar mampu memenuhi kinerja mesin yang dibuat. Bentuk rekayasa itu sendiri bervariasi, salah satunya adalah merekayasa sifat dari material yaitu nilai kekerasan. Variasi nilai kekerasan ini dapat diperoleh dengan berbagai cara. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan memberikan perlakuan panas terhadap material itu sendiri. Proses perlakuan panas (*Heat Treatment*) adalah suatu proses mengubah sifat logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa merubah komposisi kimia logam yang bersangkutan. Perubahan sifat logam akibat proses perlakuan panas dapat mencakup keseluruhan bagian dari logam atau sebagian dari logam (Saefuloh, 2018). Salah satu proses perlakuan

panas yang dapat diberikan pada logam adalah proses *Carburizing* dan *Quenching*.

*Pack carburizing* adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menambah kandungan karbon didalam baja dengan menggunakan media padat (Hesti, 2016). Factor yang berpengaruh dalam proses karburasi ini adalah temperature (Smallman, 2000), holding time (Lakhtin, 1970), dan media karburasi (Zakharov, 1962). Dengan penambahan karbon pada material baja, dapat menambah nilai kekerasannya. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan Hesti, 2016. Yaitu nilai kekerasan baja ST42 meningkat menjadi 815,39 HV untuk media tempurung kelapa, arang kayu jati sebesar 715,5 HV, dan kekerasan terendah diperoleh grafit sebesar 343,975 HV. Kadar karbon yang terdapat pada media karburisasi sangat mempengaruhi hasil dari proses karburisasi, karena kandungan karbon dalam garam akan terurai menjadi CO yang selanjutnya terurai menjadi karbon aktif yang dapat berdifusi masuk ke dalam baja, dan akhirnya akan menaikkan konsentrasi karbon pada permukaan baja, akibatnya kekerasan baja akan meningkat pula. Untuk mendapatkan nilai kekerasan yang tinggi setelah proses karburisasi benda kerja. (Hesti, 2018).

Metode proses *carburizing* dibedakan berdasarkan media karburasinya, yaitu gas, cair dan padat. Komponen ditempatkan dalam kotak berisi media karburasi yang saat pemanasan pada suhu *austenisasi* (842–953<sup>0</sup>C) akan mengeluarkan gas CO<sub>2</sub> dan CO.



**Gambar 1. Proses pack carburizing**

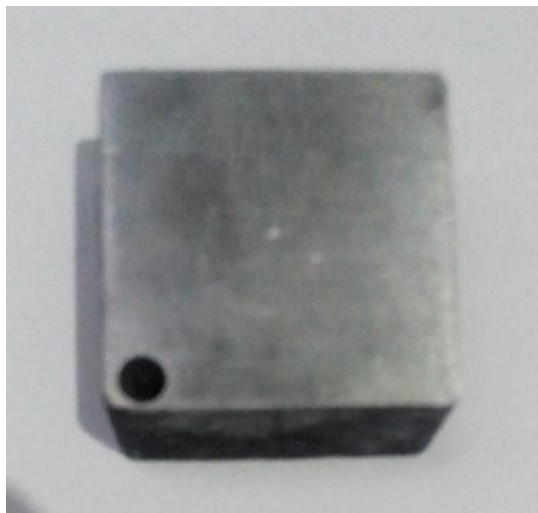
Setelah proses *difusi*, diikuti perlakuan pendinginan cepat (*quenching*), sehingga diperoleh permukaan yang lebih keras. Sedangkan proses *quenching* adalah proses pendinginan secara cepat dengan mencelupkan baja hasil proses *heat treatment* pada media pendingin ('Asyara, 2018). Pada kandungan karbon mencapai 6.67% terbentuk struktur mikro disebut sementit  $Fe_3C$ . Sifat-sifat sementit sangat keras dan getas. Pada sisi kiri diagram adalah tingkat karbon yang sangat rendah dimana pada suhu ruangan terbentuk struktur mikro ferit. Pada baja karbon dengan tingkat 0.83%, struktur yang terbentuk adalah perlit. Kondisi suhu dan karbon ini dinamakan titik eutektoid. Pada baja dengan kandungan rendah sampai dengan titik eutektoid struktur mikro yang terbentuk adalah campuran antara ferit dan perlit. Pada baja pada titik eutektoid sampai kandungan karbon 6.67%, struktur mikro yang terbentuk adalah campuran anatar perlit dan semetit. Pada saat pendinginan dari suhu leleh pada baja dengan kadar karbon rendah, akan terbentuk struktur mikro ferrit delta lalu

menjadi struktur austenite. Sedangkan pada baja karbon tinggi peralihan bentuk dari titik leleh akan langsung menjadi austenite (Mulyani, 2017).

Dari berbagai penjelasan yang telah dipaparkan sebelumnya, maka pada penelitian ini dicari berapa suhu karburasi yang optimal yang kemudian dilanjutkan untuk mencari media pendingin yang tepat pada proses *quenching* agar diperoleh nilai kekerasan pada material uji yang maksimal.

## **B. METODE**

Material yang akan digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah dengan jenis baja S45C berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 25 mm, lebar 25 mm, dan tebal 10 mm. Sedangkan jumlah benda uji sebanyak 9 buah yaitu masing- masing benda digunakan sebagai uji kekerasan mikro *brinell* setelah benda dikarburasi dengan variasi suhu yang berbeda- beda menggunakan media arang pohon jati.



**Gambar 2. Spesimen Uji**

Penelitian ini menggunakan faktor eksperimen serta matrik penelitian yang akan di lakukan saat melakukan uji kekerasan logam S45C dengan *hardness brinel test* sebagai berikut.

**Tabel 1. Matrik Penelitian**

Media Pendingin	Variasi Suhu	Kekerasan HB (kg/mm <sup>2</sup> )		Rata –Rata Kekerasan (kg/mm <sup>2</sup> )
		Uji coba 1	Uji coba 2	
Udara	750 °C			
	800 °C			
	850 °C			
Air	750 °C			
	800 °C			
	850 °C			
Oli	750 °C			
	800 °C			
	850 °C			

Pengujian yang digunakan adalah dengan metode pengujian kekerasan *hardness brinel test* dimana bola baja untuk uji brinell biasanya terbuat dari baja *chrom* yang telah disepuh atau ada juga *cementite carbide*. Standar dari bola brinell yaitu mempunyai Ø 10 mm atau 0,3937 in, dengan penyimpangan maksimal 0,005 mm atau 0,0002 in. Metode ini menggunakan formulasi sebagai berikut.

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D\sqrt{D^2 - d^2})}$$

Dimana BHN adalah *Brinell Hardness Test*, P adalah beban yang di berikan (Kgf), D merupakan Diameter indentor serta d adalah diameter lekukan rata-rata.

Rumus untuk mencari beban yang sesuai

$$P = C \times D^2$$

Dimana:

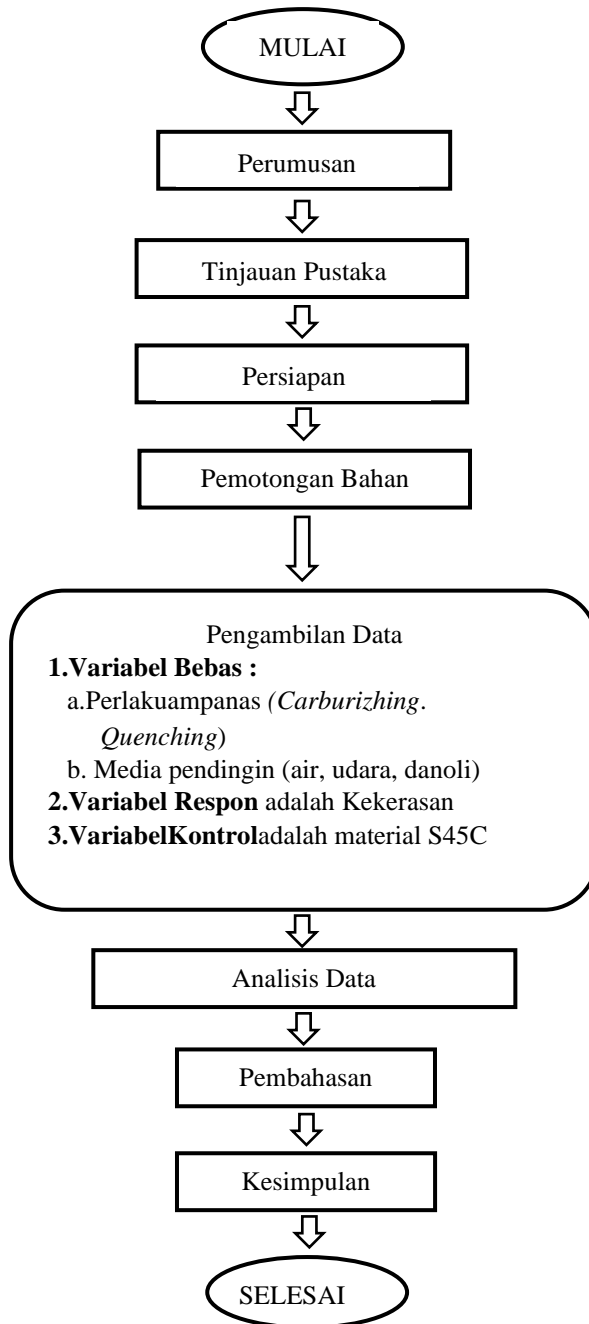
P = Beban yang di berikan

C = Konstantabahan yang di uji

D = Diameter Indentor

Berdasarkan permasalahan yang telah dijabarkan, maka teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode statistik menggunakan *Anova*. Metode *Anova* akan menentukan apakah hipotesis penelitian tersebut diterima atau ditolak. Persyaratan uji *Anova* adalah data yang dianalisis harus terlebih dahulu dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah variabel yang diteliti berdistribusi normal atau tidak. Sedangkan uji homogenitas dilakukan untuk melihat adanya perbedaan varian dari masing-masing data atau tidak. Dengan kata lain jika tidak ada perbedaan varian berarti data dinyatakan homogen tetapi jika ada perbedaan varian maka data tidak homogen. Pengujian hipotesis yang diajukan adalah untuk mengetahui adanya.

Adapun alur dari kegiatan penelitian ini dapat dilihat dari diagram berikut:



Gambar 3. Alur Kegiatan Penelitian



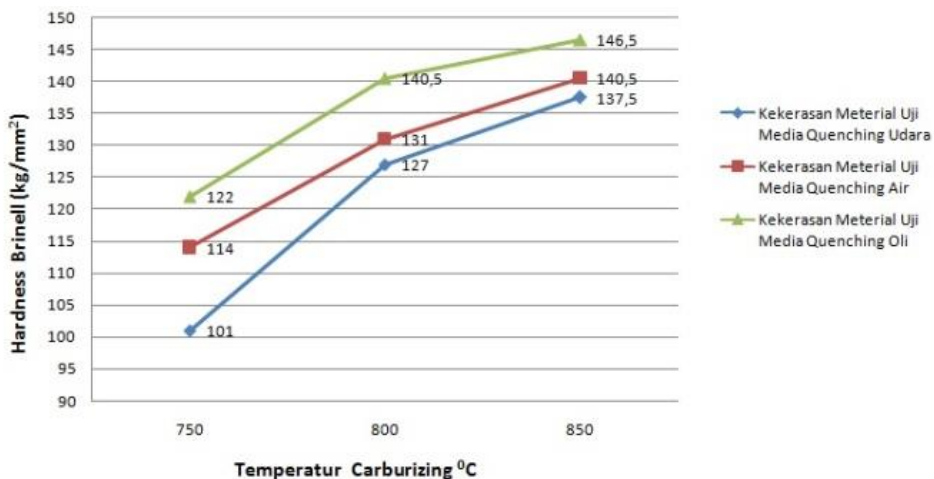
### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan didapatkan hasil kekerasan rata – rata seperti yang terlihat pada table 2 berikut.

**Tabel 2. Data kekerasan rata-rata.**

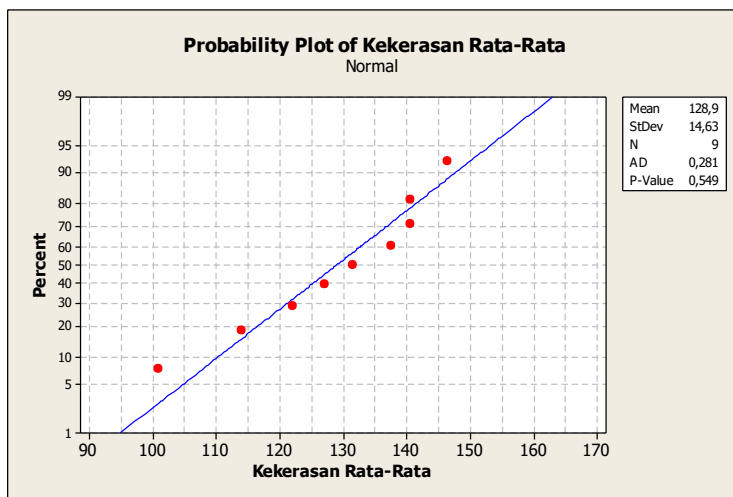
Media Pendingin	Variasi Suhu	Kekerasan HB (kg/mm <sup>2</sup> )		Rata –Rata Kekerasan (kg/mm <sup>2</sup> )
		Uji coba 1	Uji coba 2	
Udara	750 °C	100	102	101
	800 °C	128	126	127
	850 °C	137	138	137,5
Air	750 °C	115	113	114
	800 °C	131	132	131,5
	850 °C	140	141	140,5
Oli	750 °C	123	121	122
	800 °C	140	141	140,5
	850 °C	148	145	146,5

Berdasarkan hasil uji kekerasan metode Brinel *test* pada tabel 2, mampu terlihat secara empiris bahwa nilai kekerasan tertinggi terdapat material uji dengan variasi suhu 850 °C yang didinginkan oleh media pendingin oli dengan nilai kekerasan rata – rata sebesar 146,5 kg/mm<sup>2</sup>. Data tersebut mampu disusun dalam sebuah grafik kekerasan rata – rata sebagai berikut.

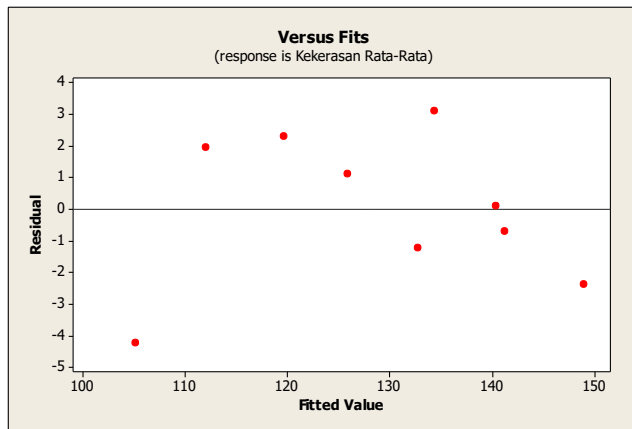


Gambar 4. Grafik kekerasan rata - rata.

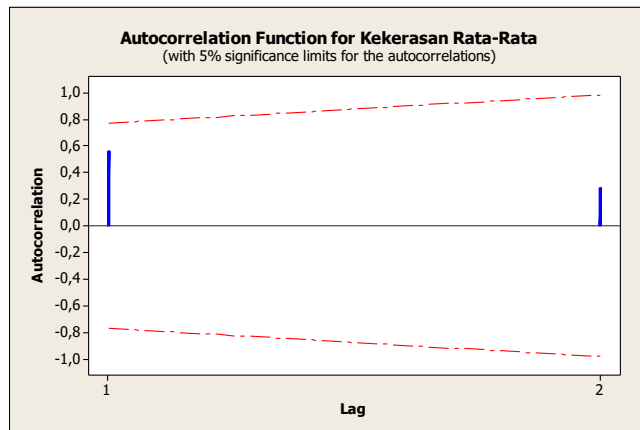
Pada tahan uji asumsi sebagai tahap awal analisis variansi didapatkan hasil sebagai berikut.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 5. (a) Uji normalitas (b) uji identik (c) uji independen.**

Berdasarkan hasil uji normalitas data rata – rata kekerasan pada gambar 5 (a) didapatkan *P-Value* sebesar 0,549, *P-Value* ini lebih besar dari nilai taraf signifikan sebesar  $\alpha = 5\%$  (0,05) maka dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal. Berdasarkan pada gambar 5(b) menunjukkan bahwa nilai residual data rata – rata kekerasan mampu tersebar secara acak tanpa membentuk pola tertentu di sekitar harga nol,

hasil ini menandakan data tersebut memenuhi asumsi identik. Pada gambar 5 (c) terlihat pula bahwa tidak terdapat nilai ACF yang keluar dari interval uji independen. Hal ini menandakan bahwa data kekerasan rata – rata bersifat independen. Peneliti menggunakan analisis variansi dengan *software* Minitab 16 untuk menguji apakah ada pengaruh dari faktor – faktor penelitian ini terhadap kekerasan material uji. Berikut hasil analisis variansi penelitian ini.

**Tabel 3. Hasil analisis variansi.**

<b>Analysis of Variance for Output Voltage, using Adjusted SS for Tests</b>					
<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>Seq SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Variasi Suhu	2	1350	675	59	0,001
Media Pendingin	2	315	157	13	0,016
Error	3	45	11		
Total	8	1711			

Pertama uji hipotesis akan merujuk pada perbandingan nilai  $F_{hitung}$  yang dihasilkan analisis variansi dengan  $F_{tabel}$  dari tabel distribusi  $F \alpha 0,05$ . Perbandingan tersebut mampu direpresentasikan pada tabel berikut ini.

**Tabel 4. Uji hipotesis perbandingan nilai F.**

<b>Perbandingan Nilai <math>F_{hitung}</math> dan <math>F_{tabel}</math></b>				
<b>Variabel Bebas</b>	<b><math>F_{hitung}</math></b>		<b><math>F_{tabel}</math></b>	<b>Hasil uji</b>
Variasi Suhu	59	>	4,49	Berpengaruh
Media Pendingin	13	>	4,49	Berpengaruh

Berdasarkan tabel 4,  $F_{hitung}$  dari variabel variasi suhu serta media pendingin menghasilkan nilai  $F_{hitung}$  yang lebih besar dari  $F_{tabel}$  Sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesis awal  $H_0$  juga ditolak. Sedangkan bila uji hipotesis dilakukan berdasarkan pada *P-Value* yang dibandingkan dengan nilai taraf signifikan 5% ( $\alpha = 0,05$ ) maka perbandingan tersebut mampu disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 5. Uji hipotesis perbandingan *P-Value* dan  $\alpha$ .**

Perbandingan <i>P-Value</i> dan $\alpha$				
Variabel Bebas	<i>P-Value</i>		$\alpha$	Hasil uji
Variasi Suhu	0,001	<	0,05	Berpengaruh
Media Pendingin	0,016	<	0,05	Berpengaruh

Berdasarkan perbandingan *P-Value* dan  $\alpha$  (0,05) pada tabel 5 dapat diketahui bahwa *P-Value* dari variabel variasi suhu lebih kecil dari nilai taraf signifikan 5% ( $\alpha = 0,05$ ), hal ini menandakan bahwa dengan uji hipotesis perbandingan *P-Value* dan  $\alpha$  hipotesis  $H_0$  tetap ditolak dengan tingkat keyakinan 95%. Sedangkan *P-Value* dari variabel media pendingin juga menghasilkan *P-Value* lebih rendah dari nilai taraf signifikan 5% ( $\alpha = 0,05$ ) sehingga hipotesis  $H_0$  tetap ditolak dengan tingkat keyakinan 95%.

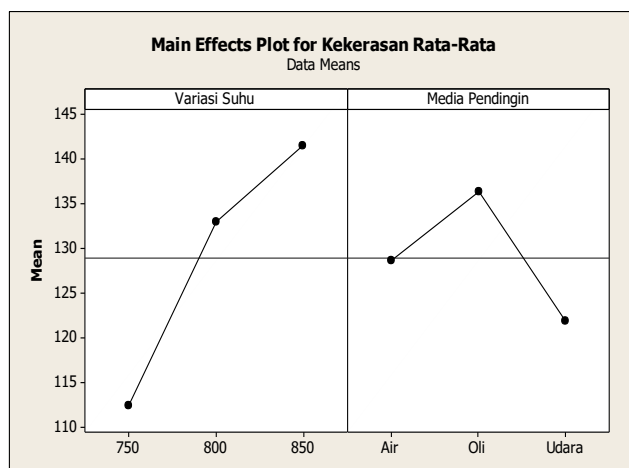
Sedangkan nilai persen kontribusi pengaruh dari setiap faktor penelitian ini adalah sebagai berikut.

**Tabel 6. Persen kontribusi.**

Variabel Bebas (Faktor Penelitian)	Persen Kontribusi
Variasi Suhu	78,89 %
Media Pendingin	18,44 %

<i>Error</i>	2,67 %
Total	100 %

Persen kontribusi pada tabel 6, variabel variasi suhu memiliki persentase kontribusi tertinggi yaitu 78,89 %, diikuti variabel media pendingin dengan nilai persentase kontribusi sebesar 18,44 %. Persen kontribusi penelitian ini hanya menghasilkan nilai persentase *error* yang kecil yaitu sebesar 2,67 %. Pengaruh dari dua variabel ini mampu terlihat lebih jelas dalam *main effect plot* berikut.



**Gambar 6. Main effect plot kekerasan rata-rata.**

Berdasarkan gambar 6, nilai kekerasan tertinggi selama eksperimen mampu dicapai dengan suhu variasi *carburizing* sebesar 850 °C. Sedangkan media pendingin yang mampu memberikan pengaruh yang paling dominan terhadap kekerasan material S45C adalah media pendingin oli.

## **D. PENUTUP**

### **Simpulan**

Perlakuan panas yang berbeda (variasi suhu *carburizing*) yang diterapkan mampu mempengaruhi tingkat kekerasan material uji logam S 45 C. Dimana berdasarkan *main effect plot* diketahui bahwa variasi suhu pada temperatur 850 °C mampu menjadi faktor utama dalam menghasilkan tingkat kekerasan material logam yang tinggi. Sedangkan variasi suhu pada temperatur 800 °C menjadi faktor utama kedua yang mampu menghasilkan nilai kekerasan logam tertinggi. Lalu variasi suhu pada temperatur 750 °C menjadi faktor dengan peran paling kecil dalam menghasilkan nilai kekerasan material uji S 45 C sesuai dengan hasil *main effect plot*.

Berdasarkan *main effect plot*, media pendingin oli mampu berperan sebagai faktor utama yang mempengaruhi tingkat kekerasan material S 45 C, sedangkan media pendingin air menjadi faktor kedua yang mampu menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi, hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Handoyo, 2015 yang menyatakan bahwa air dapat digunakan sebagai media pendingin pada proses *quenching*. Lalu media pendingin udara menjadi faktor dengan peran yang paling kecil dalam menghasilkan kekerasan material uji S 45 C sesuai dengan hasil *main effect plot* dalam Minitab 16.

### **Saran**

Peneliti menyarankan untuk penelitian – penelitian selanjutnya agar mampu menggunakan *range* variasi suhu yang lebih tinggi serta penggunaan media pendingin yang lebih bervariasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asyara, Meiriza, & Syahrul. 2018. Efek *Quenching* Dengan Media Pendingin Yang Berbeda Terhadap Nilai Kekerasan Pisau Berbahan Sup 9. *Jurnal Ranah Research*. Vol. 1 No. 1: 887-896.
- Handoyo, Yopi. 2015. Pengaruh *Quenching* dan *Tempering* Pada Baja Jis Grade S45C Terhadap Sifat mekanis dan Struktur Mikro *Crankshaft*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. Vol. 3 No. 2: 102-115.
- Istiqlaliyah, Hesti, & Saefuloh, I. 2018. Analisa Kekerasan Logam Dengan Variasi Suhu Karburasi Dan Media Pendingin Pada Proses *Quenching*. *Jurnal Flywheel*. Vol. IV No. 2: 79-81.
- Istiqlaliyah, Hesti, & H., Ratnaning Kustriwi. 2016. *Pengaruh Variasi Media Karburasi Terhadap Kekerasan Dan Kedalaman Divusi Karbon Pada Baja ST 42*. Prosiding Seminar SENIATI 2016, ITN Malang, Jawa Timur, Malang.
- Lakhtin, Prof. Y. 1970. *Engineering Physical Metallurgy*. Moscow: Mir Publishers.
- Smallman, R. E. 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.
- Saefuloh, Imam, Haryadi, Zahrawani, Abdurrofi, & Adjiantoro, Bintang. 2018. Pengaruh Proses *Quenching* dan *Tempering* Terhadap Sifat Mekanik dan Dstruktur Mikro Baja Karbon rendah dengan Paduan Laterit. *Jurnal Flywheel*. Vol. IV No. 1:56-64.
- Zakharov, B. 1962. *Heat- Treatment Of Metals*. Moscow: Peace Publishers.