

ANALISIS PERBANDINGAN KEKERASAN BAJA ST 60 PADA PROSES CARBURIZING TERHADAP VARIASI *HOLDING TIME*

Andhika Ayanggara¹⁾, Unung Lesmanah²⁾, Artono Raharjo³⁾.

^{(1),(2),(3)}Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Malang
Jalan MT. Haryono 193, Malang

andhikaayanggara13@gmail.com
ununglesmanah@yahoo.com
artonor@unisma.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai kekerasan baja ST 60 pada proses carburizing terhadap variasi holding time dan pengaruh holding time terhadap kekerasan baja ST 60 pada proses carburizing. Pada penelitian ini menggunakan proses pack carburizing dengan media arang tempurung kelapa. Variasi holding time menggunakan 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit, dan 90 menit, serta dengan suhu 900°C. Setelah proses carburizing, dilanjutkan dengan quenching menggunakan media air. Setelah itu dilakukan pengujian kekerasan Vickers. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kekerasan optimal pada proses carburizing terdapat pada variasi holding time selama 60 menit dengan hasil nilai kekerasan rata-rata 1008,6 HVN, dan nilai kekerasan terendah terdapat pada variasi holding time selama 45 menit dengan hasil nilai kekerasan rata-rata 679,1 HVN. Semakin lama holding time pada proses carburizing akan menyebabkan unsur karbon berdifusi ke dalam spesimen. Hal ini menyebabkan nilai kekerasan permukaan spesimen menjadi rendah karena pengaruh holding time yang lama. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa hasil proses carburizing menunjukkan peningkatan nilai kekerasan. Hasil penelitian dengan uji t menunjukkan bahwa kekerasan baja ST 60 pada proses carburizing dengan variasi holding time 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit dan 90 menit tidak terdapat perbedaan yang signifikan dan hasil penelitian uji anova satu arah menunjukkan adanya perbedaan pada nilai kekerasan baja ST 60 pada proses carburizing dengan variasi holding time 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit dan 90 menit.

Kata kunci : Carburizing, Variasi Holding Time, Kekerasan, Baja ST 60, Pack Carburizing

PENDAHULUAN

Dalam bidang teknik, jenis logam yang banyak digunakan adalah baja. Bahan ini juga banyak digunakan karena cukup melimpah jumlahnya di alam, dan masih berupa biji besi atau besi murni. Memiliki sifat mekanik kekuatan dan keuletan yang baik, dapat dikerjakan menggunakan metode pengerjaan pengecoran maupun permesinan dan dapat dibuat sesuai dengan keinginan dan kebutuhan manusia, dan harganya relatif murah (Bahtiar, Muhammad Iqbal & Defri, 2017).

Baja ST 60 tergolong dalam baja karbon menengah yang sering digunakan sebagai bahan pembuatan kapal dan komponen pada mesin kapal, baja ini juga merupakan baja tempa campuran yang dapat dikeraskan dan biasanya digunakan dalam konstruksi mesin kapal (Zulfikar, 2017).

Kandungan karbon yang dimiliki baja ST 60 menjadikannya mempunyai sifat pengerjaan dan kekuatan material yang sangat baik. Dengan diberi suatu perlakuan yang tepat pada baja ST 60 maka akan didapatkan kekerasan dan keuletan sesuai yang diinginkan. Salah satu perlakuan yang bisa diberikan adalah proses *carburizing* yang merupakan proses pengarbonan pada permukaan benda kerja dengan menggunakan karbon yang didapatkan dari bubuk arang kayu bakar. Adapun juga proses *quenching* yang menghasilkan baja yang memiliki kualitas yang baik dan juga menaikkan kekerasan baja, sehingga perubahan yang terjadi berpengaruh terhadap uji tarik, kekerasan dan struktur mikro (Zulfikar, 2017).

METODOLOGI PENELITIAN

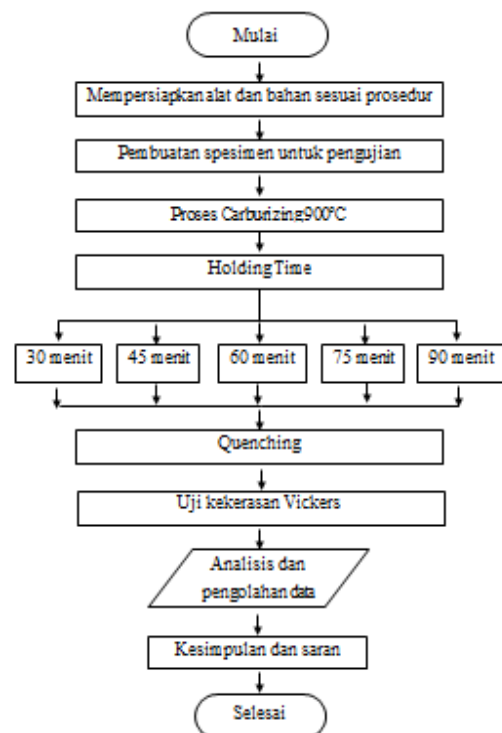
Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan penelitian eksperimen nyata dengan pengujian langsung dilapangan, setelah mendapatkan data langsung di analisa nilai kekerasan terhadap variasi *holding time*.

Bahan

Bahan yang digunakan yaitu baja karbon ST 60 dengan diameter 20 mm dan tebal 10 mm.

Diagram Alir Penelitian



Pada penelitian ini *carburizing* menggunakan temperatur 900°C dengan variasi *holding time* 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit dan 90 menit. Metode yang digunakan adalah *pack carburizing* dengan media arang tempurung kelapa dan pengujian kekerasan menggunakan uji kekerasan *Vickers*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data Dengan ANOVA (Analysis Of Variance)

Tabel 4.1 Nilai Rata-Rata Kekerasan Baja Carbon ST 60 Setelah Perlakuan Carburizing

Tingkat Up	Variasi Holding Time				
	30 Menit	45 Menit	60 Menit	75 Menit	90 Menit
1	803,1	729,4	993,1	950,4	1033,5
2	766,9	759,1	1077,3	1042,8	970,2
3	555,5	549,0	955,6	911,9	910,0
$\bar{x}$	2125,5	2037,5	3026	2905,1	2913,7
$\bar{X}_j$	705,8	679,1	1008,6	968,3	971,2
$\bar{\bar{X}}$	867,1				

Variance Between Means :

$$S^2 \bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^k (\bar{X}_j - \bar{\bar{X}})^2}{k-1}$$

$$S^2 \bar{X} = \frac{(705,8-867,1)^2 + (679,1-867,1)^2 + \dots + (971,2-867,1)^2}{5-1}$$

$$S^2 \bar{X} = 25615,5475$$

$$\sigma^2 = n \times S^2 \bar{X} = 3 \times 25615,5475 = 76846,64$$

Variance Within Group :

$$S^2 \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (\bar{X}_{ij} - \bar{X}_j)^2}{k(n-1)}$$

$$= \frac{(803,1 - 705,8)^2 + (766,9 - 705,8)^2 + \dots + (910,0 - 971,2)^2}{5(3-1)}$$

$$= 8609,4$$

$$F_{hitung} = \frac{76846,64}{8609,4} = 8,92$$

Hasil Analisa : oleh karena Nilai F_{hitung} yang diperoleh dari hasil analisis H_1 diterima dan H_0 ditolak karena $8,92 > 3,48$, sehingga ada perbedaan nilai kekerasan baja carbon ST 60 sesudah proses carburizing dengan variasi holding time 90 menit, 75 menit, 60 menit, 45 menit dan 30 menit, yaitu dengan holding time 90 menit nilai kekerasan rata-rata 971,2 HVN, 75 menit 968,3 HVN, 60 menit 1008,6 HVN, 45 menit 679,1 HVN dan diholding time 30 menit kekerasan rata – rata 705,8 HVN.

Analisa dengan Uji t

Uji t antara Holding Time 30 Menit dan 45 Menit

$$\bar{X}_1 = 705,8 \text{ HVN}$$

$$\bar{X}_2 = 679,1 \text{ HVN}$$

$$s_1^2 = \sqrt{\text{variance}} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_1 - \bar{X}_1)^2}{n-1} = \frac{35790,49}{3-1} = 17895,2$$

$$s_2^2 = \sqrt{\text{variance}} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_2 - \bar{X}_2)^2}{n-1} = \frac{25856,1}{3-1} = 12928,05$$

$$t_{hitung} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left\{ \frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2} \right\} \left\{ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right\}}}$$

$$t_{hitung} = \frac{705,8 - 679,1}{\sqrt{\left\{ \frac{(3-1)(17895,2) + (3-1)(12928,05)}{3+3-2} \right\} \left\{ \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right\}}}$$

$$t_{hitung} = \frac{26,7}{\sqrt{\{15411,6\} \{0,67\}}} = \frac{26,7}{101,61}$$

$$t_{hitung} = 0,262$$

Hasil Analisa : oleh karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ ($0,262 > -2,132$) maka H_1 ditolak berarti H_0 diterima, maka tidak ada perbedaan signifikan nilai kekerasan baja carbon ST 60 sesudah proses carburizing dengan variasi holding time 30 menit lebih besar dibandingkan dengan holding time 45 menit, yaitu dengan holding time 30 menit nilai kekerasan rata-rata 705,8 HVN sedangkan yang diholding time 45 menit 679,1 HVN

Uji t antara Holding Time 45 Menit dan 60 Menit

$$\bar{X}_1 = 679,1 \text{ HVN}$$

$$\bar{X}_2 = 1008,67 \text{ HVN}$$

$$s_1^2 = \sqrt{\text{variance}} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_1 - \bar{X}_1)^2}{n-1} = \frac{25856,1}{3-1} = 12928,05$$

$$s_2^2 = \sqrt{\text{variance}} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_2 - \bar{X}_2)^2}{n-1} = \frac{7768,9}{3-1} = 3884,45$$

$$t_{hitung} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left\{ \frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2} \right\} \left\{ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right\}}}$$

$$t_{hitung} = \frac{679,1 - 1008,67}{\sqrt{\left\{ \frac{(3-1)(12928,05) + (3-1)(3884,45)}{3+3-2} \right\} \left\{ \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right\}}}$$

$$t_{hitung} = \frac{-329,57}{\sqrt{\{8406,25\}\{0,67\}}} = \frac{-329,57}{75,04}$$

$$t_{hitung} = -4,39$$

Hasil Analisa : oleh karena $t_{hitung} < t_{tabel}$ ($-4,39 < -2,132$) maka H_0 ditolak berarti H_1 diterima, maka ada perbedaan nilai kekerasan baja carbon ST 60 sesudah proses *carburizing* dengan variasi *holding time* 60 menit lebih besar dibandingkan dengan *holding time* 45 menit, yaitu dengan *holding time* 45 menit nilai kekerasan rata-rata 679,1 HVN sedangkan yang *diholding time* 60 menit 1008,67 HVN.

Uji t antara Holding Time 75 Menit dan 60 Menit

$$\bar{X}_1 = 968,36 \text{ HVN}$$

$$\bar{X}_2 = 1008,67 \text{ HVN}$$

$$s_1^2 = \sqrt{\text{variance}} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_1 - \bar{X}_1)^2}{n-1} = \frac{9051,5}{3-1} = 4525,75$$

$$s_2^2 = \sqrt{\text{variance}} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_2 - \bar{X}_2)^2}{n-1} = \frac{7768,9}{3-1} = 3884,45$$

$$t_{hitung} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left\{ \frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right\} \left\{ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right\}}}$$

$$t_{hitung} = \frac{968,36 - 1008,67}{\sqrt{\left\{ \frac{(3-1)(3884,45) + (3-1)(4525,75)}{3+3-2} \right\} \left\{ \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right\}}}$$

$$t_{hitung} = \frac{-40,31}{\sqrt{\{4205,1\}\{0,67\}}} = \frac{-40,31}{53,07}$$

$$t_{hitung} = -0,75$$

Hasil Analisa : oleh karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ ($-0,75 > -2,132$) maka H_1 ditolak berarti H_0 diterima, maka tidak ada perbedaan signifikan nilai kekerasan baja carbon ST 60 sesudah proses *carburizing* dengan variasi *holding time* 60 menit lebih besar dibandingkan dengan *holding time* selama 75 menit, yaitu dengan *holding time* 60 menit nilai kekerasan rata-rata 1008,67 HVN sedangkan yang *diholding time* 75 menit 968,36 HVN.

Uji t antara Holding Time 75 Menit dan 90 Menit

$$\bar{X}_1 = 968,36 \text{ HVN}$$

$$\bar{X}_2 = 971,23 \text{ HVN}$$

$$s_1^2 = \sqrt{\text{variance}} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_1 - \bar{X}_1)^2}{n-1} = \frac{9051,5}{3-1} = 4525,75$$

$$s_2^2 = \sqrt{\text{variance}} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_2 - \bar{X}_2)^2}{n-1} = \frac{7627,6}{3-1} = 3813,8$$

$$t_{hitung} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left\{ \frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right\} \left\{ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right\}}}$$

$$t_{hitung} = \frac{968,36 - 971,23}{\sqrt{\left\{ \frac{(3-1)(3813,8) + (3-1)(4525,75)}{3+3-2} \right\} \left\{ \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right\}}}$$

$$t_{hitung} = \frac{-2,87}{\sqrt{\{4169,7\}\{0,67\}}} = \frac{-2,87}{52,85}$$

$$t_{hitung} = -0,054$$

Hasil Analisa : oleh karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ ($-0,054 > -2,132$) maka H_1 ditolak berarti H_0 diterima, maka tidak ada perbedaan signifikan nilai kekerasan baja carbon ST 60 sesudah proses *carburizing* dengan variasi *holding time* 90 menit lebih besar dibandingkan dengan *holding time* 75 menit, yaitu nilai kekerasan rata-rata yang *diholding time* 90 menit 971,23 HVN sedangkan 75 menit 968,36 HVN.

Pembahasan



Gambar 4 Grafik Uji Nilai Kekerasan (HVN)

Berdasarkan dari proses pengujian kekerasan *vickers*, telah diperoleh data pengujian dan dianalisis menggunakan Anova kesimpulannya bahwa ada

perbedaan kekerasan pada baja ST 60 sesudah proses *carburizing* terhadap variasi *holding time* yaitu : tanpa proses *carburizing* nilai rata-rata kekerasannya 244,16 HVN kemudian naik 65,4% sesudah proses *carburizing* dengan *holding time* 30 menit nilai rata-rata kekerasannya 705,8 HVN kemudian turun 3,7% setelah *diholding time* 45 menit menjadi 679,1 HVN kemudian naik 32,6% setelah *diholding time* 60 menit menjadi 1008,6 HVN kemudian setelah *diholding time* 75 menit mengalami penurunan 3,9% menjadi 968,3 HVN dan *diholding time* 90 menit naik 0,29% kekerasan rata – rata menjadi 971,2 HVN. Sedangkan dianalisis dengan uji t yang bertujuan untuk melihat perbedaan dua perlakuan dan pada grafik nilai kekerasan juga menunjukkan bahwa nilai kekerasan yang optimal pada saat *diholding time* 60 menit dengan nilai rata-rata kekerasannya 1008,6 HVN.

KESIMPULAN

1. Nilai kekerasan pada proses *carburizing* dengan variasi *holding time* 30, 45, 60, 75 dan 90 menit yaitu variasi *holding time* 30 menit dengan rata-rata kekerasannya 705,8 HVN, variasi *holding time* 45 menit dengan rata-rata kekerasan 679,1 HVN, variasi *holding time* 60 menit dengan kekerasan rata-rata 1008,6 HVN, variasi *holding time* 75 menit dengan rata-rata kekerasan 968,3 HVN dan variasi *holding time* 90 menit dengan rata-rata kekerasan 971,2 HVN. Nilai kekerasan optimal pada proses *carburizing* terdapat pada variasi *holding time* 60 menit dengan kekerasan rata-rata 1008,6 HVN, dan nilai kekerasan terendah terdapat pada variasi *holding time* 45 menit dengan kekerasan rata-rata 679,1 HVN.

Perhitungan analisa statistik anova dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan pada baja carbon ST 60 sesudah proses *carburizing* dengan variasi *holding time* 30, 45, 60, 75 dan 90 menit terdapat perbedaan dikarenakan didapat nilai dari $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($8,92 > 3,48$).

Metoda pengujian uji t untuk membandingkan nilai kekerasan setelah proses *carburizing* dengan variasi *holding time* 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit dan 90 menit yaitu :

- a) Pada *holding time* 30 menit dan 45 menit : $t_{hitung} 0,262 > t_{tabel} -2,132$ maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara *holding time* 30 menit dan 45 menit yaitu dengan rata-rata nilai kekerasan 705,8 HVN dan 679,1 HVN.
- b) Pada *holding time* 45 menit dan 60 menit : $t_{hitung} -4,39 < t_{tabel} -2,132$ maka terdapat perbedaan yang signifikan antara *holding time* 45 menit dan 60 menit yaitu dengan rata-rata nilai kekerasan 679,1 HVN dan 1008,6 HVN.
- c) Pada *holding time* 60 menit dan 75 menit : $t_{hitung} -0,75 < t_{tabel} -2,132$ maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara *holding time* 60 menit dan 75 menit yaitu dengan rata-rata nilai kekerasan 1008,6 HVN dan 968,3 HVN.
- d) Pada *holding time* 75 menit dan 90 menit : $t_{hitung} -0,054 > t_{tabel} -2,132$ maka tidak terdapat perbedaan antara

holding time 75 menit dan 90 menit yaitu dengan rata-rata nilai kekerasan 968,3 HVN dan 971,2 HVN.

2. Pengaruh *holding time* terhadap nilai kekerasan baja ST 60 pada proses *carburizing* adalah semakin lama *holding time* pada proses *carburizing* akan menyebabkan unsur karbon berdifusi ke dalam spesimen. Hal ini menyebabkan nilai kekerasan permukaan spesimen menjadi rendah karena pengaruh *holding time* yang lama.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bahtiar, Muhammad Iqbal, & Defri Arisandi. (2017). Analisis Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja Komersil Yang Mendapatkan Proses Pack Carburizing Dengan Arang Cangkang Kelapa Sawit. Jurnal Mekanikal. 8(1). 686-696.
2. Zulfiqar Andhika Suprayogi, Saufik Luthfianto, & Drajat Samyono. (2017). Pengaruh Variasi Media Quenching Terhadap Sifat Mekanis Rantai Elevator Fruit Kelapa Sawit. Jurnal Sains dan Teknologi. 6(1). 21-30.
3. Muhammad Sadat Hamzah & Muh. Iqbal. (2008). Peningkatan Ketahanan Aus Baja Karbon Rendah Dengan Metode Carburizing. Jurnal SMARTek. 6(3). 169-175.