

PENGARUH MEDIA PENDINGIN DAN SUHU PADA PROSES PEMANAS INDUKSI TERHADAP NILAI KEKERASAN BAJA JIS SUP 9 SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF PAHAT BUBUT HSS

Muhammad Afif Rizkiawan^{1)*}, Romli²⁾, Eka Satria³⁾

¹⁾ Mahasiswa Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya

^{2,3)} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jln. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139 Telp:0711-353414 Fax:0711-453211,
email corresponding: afifm760@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Submitted:
11/07/2020

Accepted:
18/08/2020

Print-Published:
31/08/2020

ABSTRAK

Baja karbon biasanya digunakan untuk Pahat Bubut HSS, masalah yang dihadapi biasanya pahat membentur chuck dan material atau kesalahan setingan akibatnya pahat tersebut akan mengalami kerusakan sehingga tidak dapat digunakan lagi. Oleh karena itu peneliti mencari bahan alternatif dengan proses dan material yang lebih murah namun dapat menghasilkan kualitas yang setara dengan pahat bubut HSS. Heat treatment dilakukan dengan variasi media pendingin dan suhu terhadap nilai kekerasan Baja JIS SUP 9 dilakukan proses hardening pada suhu 750 °C, 800 °C, 850 °C dengan waktu tahan 20 detik. Proses selanjutnya, quenching dengan variasi media pendingin udara, solar dan oli SAE 40. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh media pendingin dan suhu dengan variasi media pendingin udara, solar, oli SAE 40 pada suhu 750 °C, 800 °C, 850 °C terhadap nilai kekerasan baja JIS SUP 9 pada proses pemanas induksi sebagai bahan alternatif pahat bubut HSS. Hasil uji kekerasan tertinggi 60,7 HRC pada suhu pemanasan 800 °C menggunakan media pendingin solar, tingkat kekerasan hampir mendekati jika dibandingkan dengan pahat bubut HSS M2 sebesar 65,6 HRC. Pengaruh media pendingin dan suhu terbukti mampu menamabah kekerasan baja JIS SUP 9 didapat nilai F hitung lebih besar dari nilai F tabel (23,4 > 2,63).

Kata kunci: JIS SUP 9, Pemanas Induksi, quenching, hardening, ANOVA

ABSTRACT

Carbon steel is usually used for the lathe HSS, the problems are usually the tool hitting the chuck and the material or setting error as a result, the tool will be damaged so that it cannot be used anymore. Therefore, researchers are looking for alternative materials with processes and cheaper materials but can produce a quality equivalent to the lathe HSS. Heat treatment is done with a variation of cooling media and temperature against steel hardness value JIS SUP 9 performed the hardening process at a temperature of 750 °C, 800 °C, 850°C with a holding time of 20 seconds. The next process, quenching with a variety of cooling media such as air, diesel fuel and oil SAE 40. The purpose of this study is to determine the effect of cooling media and temperature with a variation of cooling media such as air, diesel fuel, oil SAE 40 at a temperature of 750 °C, 800 °C, 850 °C to the hardness value of JIS SUP 9 steel on the induction heating process as an alternative material lathe HSS. The result of the highest hardness test 60.7 HRC at heating temperature 800 °C using diesel fuel cooling media is almost close compared to the lathe HSS M2 of 65.6 HRC. The effect of cooling media and temperature proved to be able to increase the hardness of steel JIS SUP 9 obtained the value F count greater than the value of F table (23.4 > 2.63).

Keywords: JIS SUP 9, induction heating, quenching, hardening, ANOVA

© 2020 The Authors. Published by
Machinery: Jurnal Teknologi Terapan

doi:
<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.4540914>

1. PENDAHULUAN

Baja karbon biasanya digunakan untuk Pahat Bubut HSS, masalah yang dihadapi biasanya pahat membentur *chuck* dan material atau kesalahan setingan akibatnya pahat tersebut akan mengalami kerusakan pada bagian ujung mata pahat yang bisa berupa pecahan ataupun pahat yang patah sehingga tidak mungkin untuk digunakan kembali. Oleh sebab itu dibutuhkan cadangan Pahat HSS untuk mengatasi hal demikian, karena pahat bubut HSS yang asli harganya mahal atau lumayan tinggi sehingga dibutuhkan alternatif material pahat yang murah dan mempunyai kualitas seperti pahat yang asli. Pada penelitian ini peneliti akan mencari alternatif material pahat untuk menggantikan pahat bubut HSS dengan menggunakan material dan proses yang lebih murah namun dapat menghasilkan material pahat yang setara dengan pahat bubut HSS. Dalam pembuatan material pahat bubut pada penelitian kali ini, peneliti akan menggunakan material baja pegas daun JIS SUP 9 yang merupakan baja karbon tinggi, sehingga dapat langsung dilakukan proses *hardening* karena mempunyai kadar karbon yang cukup. Proses *heat treatment* yang dilakukan adalah dengan proses *hardening* dengan variasi media pendingin yaitu udara, solar, oli SAE 40 dan variasi suhu 750 °C, 800 °C, 850 °C. Proses pemanasan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan pemanas induksi yang telah banyak dikembangkan pada berbagai aplikasi industri.

Pada pemanas induksi, timbulnya panas pada logam akibat terkena induksi dari medan magnet, yang disebabkan oleh timbulnya arus Eddy pada logam atau adanya arus pusar yang melingkar dan melingkupi medan magnet. Penyebab terjadinya arus pusar sebagai akibat dari adanya induksi medan magnet yang kemudian menimbulkan fluks magnetik yang dapat menembus logam, akibatnya menimbulkan panas pada logam. Induksi magnet sendiri adalah kuat dari medan magnet sebagai akibat munculnya arus listrik yang mengalir pada konduktor. Jenis pemanasan induksi dapat juga dikatakan sebagai proses pemanasan induksi non-kontak dengan menggunakan arus listrik berfrekuensi tinggi untuk dapat menghasilkan panas yang konduktif secara elektrik (Utomo, 2018).

Secara umum *heat treatment* bisa dilakukan dengan banyak cara, misalnya saja pemanasan sampai suhu tertentu dengan kecepatan tertentu dan mempertahankannya (*holding time*) untuk waktu tertentu sehingga temperturnya merata, lalu didinginkan dengan media pendingin (proses *quenching*). Media *quenching* yang dapat digunakan udara dan minyak. Jenis fluida minyak yang dapat digunakan sebagai media *quenching* adalah oli dan solar. Menurut Palupi (2016), Penggunaan pelumas oli dan solar sebagai media pendingin dalam proses perlakuan panas akan menyebabkan timbulnya lapisan karbon pada bagian permukaan sampel yang akan mempengaruhi sifat mekanis sampel. Pendinginan udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat yang memungkinkan logam untuk membentuk Kristal-kristal dan mengikat unsur-unsur lain yang ada di udara sehingga mempengaruhi kekerasan logam (Ardiansyah, 2016).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh media pendingin dan suhu dengan variasi media pendingin udara, solar, oli SAE 40 pada suhu 750 °C, 800 °C, 850 °C terhadap nilai kekerasan baja JIS SUP 9 pada proses pemanas induksi sebagai bahan alternatif pahat bubut HSS .

2. BAHAN DAN METODA

Bahan dan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.1 Material Baja Pegas Daun JIS SUP 9

Material ini merupakan baja karbon tinggi yang banyak dijual di pasaran. Pada pengujian ini diperlukan 9 buah material Baja JIS SUP 9 yang dibentuk menjadi ukuran 30 x 59 x 5 mm. Pembuatan material uji ini adalah dengan proses pemotongan menggunakan mesin pemotong besi.



Gambar 1. Proses Pemotongan Baja



Gambar 2. Material Baja JIS SUP 9

Tabel 1. Komposisi Kimia Baja JIS SUP 9

Komposisi Kimia (%)	C	Mn	P	Si	Cr	S
	0,52-0,60	0,65-0,95	0,030	0,15-0,35	0,65-0,95	0,035

(Sumber:Daftar Pustaka Nomor 8)

Dari tabel komposisi terlihat bahwa baja yang digunakan adalah baja karbon tinggi, sehingga dapat dilakukan *hardening* secara langsung. Apabila kadar karbonnya rendah maka diperlukan penambahan unsur karbon dengan proses karburising.

2.2 Pahat Bubut HSS

Pahat bubut yang digunakan pada penelitian ini adalah pahat bubut HSS M2 sebanyak 1 buah, kemudian dilakukan pengujian kekerasan sebagai perbandingan dengan material yang telah melalui proses *heat treatment*. Berikut ini adalah komposisi kimia Pahat bubut HSS M2:

Tabel 2. Komposisi Kimia Pahat HSS M2

Komposisi Kimia (%)	C	W	Mo	Cr	V	Co
	0,85	6,0	5,0	4,0	2,0	-

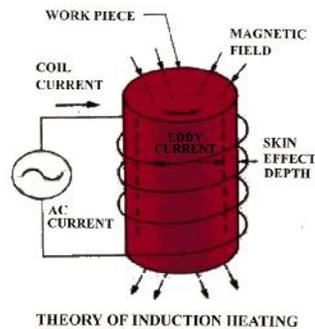
(Sumber: Daftar Pustaka Nomor 9)

2.3 Pemanas Induksi

Suatu pemanas induksi dapat kita bayangkan bagian dari suatu trafo dengan pengisian arus terjadi pada lilitan kumparan. Setelah sumber AC dihubungkan dengan kumparan maka arus bolak balik akan mengalir pada semua bagian konduktor dan akan timbul medan magnet disekitar kumparan induksi tersebut. Apabila pada komponen tersebut ditempatkan suatu bahan konduktif, maka akan timbul arus eddy dalam bahan tersebut. Karena arus eddy dalam mengambil energinya dalam bentuk panas sedangkan magnet dalam bentuk lingkaran, maka panas yang dihasilkan dari pemanasan akan berubah apabila terjadi perubahan frekuensi (Rachmadona, 2015). Alat ini mempunyai daya sebesar 1800 Watt untuk kekuatan maksimum nya.



Gambar 3. Alat pemanas induksi



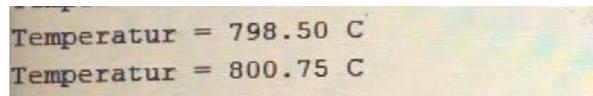
Gambar 4. Prinsip kerja pemanas induksi
(Sumber: Rachmadona, 2015)

2.4 Proses *Hardening*

Proses *hardening* dilakukan dengan memanaskan material ke dalam koil pemanas induksi pada suhu yang telah ditentukan dengan waktu tahan selama 20 detik kemudian ukur suhu menggunakan sensor *thermocouple* yang akan nampak pada layar laptop. Menurut Sumpena dan wardoyo (2018) *hardening* dilakukan untuk mendapatkan struktur *austenitnya* yang mana suhu *austenite* dicapai tergantung dari kandungan karbon pada baja tersebut, kemudian didinginkan cepat sehingga menimbulkan suatu susunan yang keras. *Hardening* bertujuan untuk meningkatkan kekerasan, ketahanan aus dan ketangguhan dengan kombinasi kekerasan.



Gambar 5. Proses *Hardening*



Gambar 6. Pembacaan suhu

2.5 Proses *Quenching*

Proses *quenching* atau pengerasan baja adalah suatu proses pemanasan logam sehingga mencapai batas *austenit* yang homogen. Untuk mendapatkan kehomogenan ini maka *austenit* perlu waktu pemanasan yang cukup. Selanjutnya secara cepat baja tersebut dicelupkan ke dalam media pendingin, tergantung pada kecepatan pendingin yang kita inginkan untuk mencapai kekerasan baja (Yusman, 2018). Berikut ini Media Pendingin yang digunakan dalam penelitian:

- Udara
Pendinginan udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan kepada logam untuk membentuk kristal-kristal dan kemungkinan mengikat unsur-unsur lain dari udara (Ardiansyah, 2016).
- Solar
Solar dapat memberikan lapisan karbon pada kulit (permukaan) benda kerja yang diolah (Ardiansyah, 2016). Proses *quenching* yaitu tuangkan 1 liter solar kedalam bak pendingin, setelah material dipanaskan di dalam coil pemanas induksi kemudian angkat menggunakan tang penjepit lalu masukan kedalam bak pendingin.
- Oli SAE 40
Penggunaan pelumas sebagai media pendingin dalam proses perlakuan akan menyebabkan timbulnya lapisan karbon pada bagian permukaan spesimen yang akan mempengaruhi sifat mekanis spesimen (Palupi, 2016). Proses *quenching* yaitu tuangkan 1 liter oli kedalam bak pendingin, setelah material dipanaskan di dalam coil pemanas induksi kemudian angkat menggunakan tang penjepit lalu masukan kedalam bak pendingin

2.6 Pengujian Kekerasan Rockwell

Pembacaan nilai kekerasan dapat diketahui dengan hanya melihat dial indikator yang terdapat pada mesin uji kekerasan *Rockwell*. Pengujian metode rockwell C dilakukan dengan cara menekan indenter kerucut dengan sudut puncak 120° pada permukaan benda kerja yang akan diuji dengan beban awal (F_0) sebesar 10 kg maka ujung indenter masuk sedikit ke dalam benda uji, kemudian pengukuran ke dalam diatur pada posisi nol dengan demikian pengaruh alas uji dan kelonggaran instrumen uji ditiadakan, maka jarum penunjuk yang menunjukkan kedalaman penetrasi t_0 , selanjutnya diberi beban penambahan F_1 sebesar 140 kg sehingga beban total menjadi 150 kg, maka kedalaman penetrasi bertambah dalam t_1 dan proses ini dapat dilihat pada alat pengukurnya. Setelah penurunan beban dari F ke F_0 kedalaman penetrasi menjadi t_b yang merupakan kedalaman tetap yang dinyatakan dalam harga 0,002 mm waktu penekanan antara 5-8 detik. Pada spesimen yang telah di-*hardening* dilakukan pengujian kekerasan 5 titik pada bagian permukaan 9 spesimen JIS SUP 9 yang telah melalui proses *heat treatment*, 1 spesimen JIS SUP 9 yang tidak melalui proses *heat treatment*, dan 1 spesimen pahat HSS M2.



Gambar 7. Proses pengujian kekerasan

2.7 Hipotesa

Berdasarkan variabel yang digunakan dalam penelitian ini, maka dapat dibuat hipotesa sebagai berikut :

- H_0 = Tidak ada pengaruh variasi media pendingin dan suhu terhadap tingkat kekerasan suatu material pada proses pemanas induksi. jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_1 ditolak.
- H_1 = ada pengaruh variasi media pendingin dan suhu terhadap tingkat kekerasan suatu material pada proses pemanas induksi . jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan:

3.1 Hasil Uji Kekerasan Rockwell

setelah melakukan pengujian maka didapatkan hasil uji kekerasan sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan Baja JIS SUP 9 tanpa perlakuan

Spesimen	Titik pengujian	Indent or	P(Kg)	HRC	HRC Rata-rata
JIS SUP 9	1	Intan 120°	150	31	31
	2			33	
	3			32.5	
	4			28	
	5			29	

Tabel 4. Hasil Uji Kekerasan Pahat HSS M2

Spesimen	Titik pengujian	Indent or	P(Kg)	HRC	HRC Rata-rata
HSS M2	1	Intan 120°	150	65	65,6
	2			66	
	3			66	
	4			65	
	5			66	

Tabel 5. Data Hasil Pengujian setelah dilakukan *quenching*

Media pendingin	Kekerasan Pada Suhu		
	750 °C	800 °C	850 °C
Udara	21	31,5	35,5
	20,5	32,5	35
	23	36	35
	22	39,5	32
	22,5	31	32
Solar	53	60,5	58
	57	61	60
	59	60,5	58
	60	61,5	60
	59	60	60
Oli SAE 40	46,5	54	55
	45	55	51
	51,5	56	51
	50	56,5	52,5
	52,5	55,5	51,5

Tabel 6. Kekerasan rata-rata Pahat HSS M2 dan Material Alternatif Pahat HSS

Spesimen	Kadar karbon (%)	Hasil kekerasan rata-rata (HRC)
Pahat HSS M2	0,85	65,6
<i>Quenching udara</i>	0,52-0,60	29,93
<i>Quenching solar</i>	0,52-0,60	59,13
<i>Quenching oli</i>	0,52-0,60	52,33

Dari tabel di atas terlihat bahwa *quenching udara*, *quenching oli* nilai kekerasan masih jauh dibandingkan dengan Pahat HSS. Ketika menggunakan *quenching solar* nilai kekerasan material alternatif pahat HSS hampir mendekati nilai kekerasan pahat HSS.

3.1 Analisa Uji Kekerasan Dengan Metode ANOVA

Untuk mengetahui apakah variabel variasi persentase Media *quenching* dan suhu mempunyai pengaruh terhadap uji kekerasan pada hasil pemanasan induksi baja JIS SUP 9. Maka dilakukan ANOVA dengan nilai signifikan = 5%

Tabel 7. Data Pengamatan ANOVA

Media <i>quenching</i>	Suhu Pemanasan (°C)			Jumlah	Rata-rata
	750	800	850		
Udara	21	31,5	35,5		
	20,5	32,5	35		
	23	36	35		
	22	39,5	32		
	22,5	31	32		
Jumlah	109	170,5	169,5	449	
Rata-rata	21,8	34,1	33,9		29,66
Solar	53	60,5	58		
	57	61	60		
	59	60,5	58		
	60	61,5	60		
	59	60	60		
Jumlah	288	303,5	296	887,5	
Rata-rata	57,5	60,7	59,2		59,13
Oli	46,5	54	55		
	45	55	51		
	51,5	56	51		
	50	56,5	52,5		
	52,5	55,5	51,5		
Jumlah	245,5	277	261	783,5	
Rata-rata	49,1	55,4	52,5		52,33
Jumlah Total	642,5	751	726,5	2120	
Rata-rata total	42,83	50,06	48,43		49,1

Dari data di atas, maka harga-harga yang diperlukan untuk ANOVA adalah:

$$\sum Y^2 = 21^2 + 31,5^2 + 35,5^2 + 20,5^2 + 32,5^2 + \dots + 55,5^2 + 51,5^2 = 107657$$

$$Ry = \frac{2120^2}{3.3.5} = 99875,55556$$

$$Ay = \frac{449^2 + 887,5^2 + 783,5^2}{3.5} - 99875,55556 = 6999,74444$$

$$By = \frac{642,5^2 + 751^2 + 726,5^2}{3.5} - 99875,55556 = 431,74$$

$$Jab = \frac{1}{5} (109^2 + 170,5^2 + \dots + 277^2 + 261^2) - 99875,55556 = 7619,24444$$

$$AB = 7619,24444 - 6999,74444 - 431,74 = 187,76$$

$$Ey = 107657 - 99875,55556 - 6999,74444 - 431,74 - 187,76 = 72,2$$

Dari proses percobaan di atas maka dapat disimpulkan bahwa rancangan percobaan ini bisa dianggap model II atau model acak, sehingga tabel anova untuk data tersebut adalah:

Tabel 8. Daftar Analisis Varian

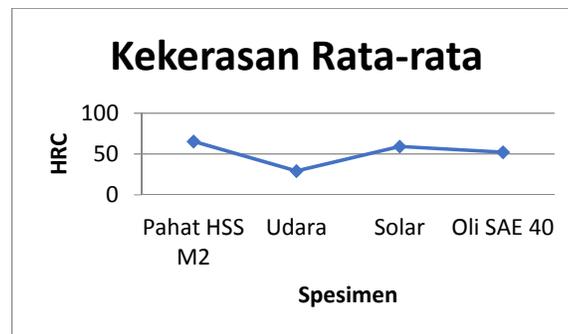
Sumber variasi	dk	JK	RJK	F
Rata-rata perlakuan	1	99875,55556	99875,55556	
A	2	6999,74444	3499,87222	74,56
B	2	431,74	215,87	4,5988
AB	4	187,76	46,94	23,4
Kekeliruan (E)	36	72,2	2,005555556	--
Jumlah	45	107657	--	

Dari tabel nilai F dengan taraf signifikan = 5%, maka faktor :

a. A dengan dk $v_1 = a - 1 = 2$ dan $v_2 = (a - 1)(b - 1) = 4$ didapat nilai F = 6,94. Ini berarti nilai F perhitungan lebih besar dari pada F tabel ($74,56 > 6,94$), sehingga dapat dikatakan bahwa terdapat pengaruh faktor A (media *quenching*) terhadap kekerasan.

b. B dengan dk $v_1 = b - 1 = 2$ dan $v_2 = (a - 1)(b - 1) = 4$ didapat nilai F = 6,94. Ini berarti nilai F perhitungan lebih kecil dari pada F tabel ($4,5988 < 6,94$), sehingga dapat dikatakan bahwa tidak terdapat pengaruh faktor B (suhu pemanasan) terhadap kekerasan.

c. AB dengan dk $v_1 = (a - 1)(b - 1) = 4$ dan $v_2 = ab(n - 1) = 36$ didapat nilai F = 2,63. Ini berarti nilai F perhitungan lebih besar dari pada F tabel ($23,4 > 2,63$), sehingga dapat dikatakan bahwa terdapat pengaruh faktor AB (media *quenching* dan suhu pemanasan) terhadap kekerasan.



Gambar 8. Grafik Kekerasan Rata-rata

Grafik diatas memperkuat hasil pengujian hipotesis, bahwa media pendingin dan suhu pemanasan berpengaruh terhadap hasil kekerasan rata-ratanya. Dan yang hampir mendekati tingkat kekerasan pahat HSS M2 sebagai material alternatif yaitu spesimen yang menggunakan media pendingin solar pada suhu 800 °C Hal ini dikarenakan pada saat baja mencapai suhu austenit dengan waktu tahan 20 detik, baja didinginkan cepat menggunakan media pendingin solar sehingga terbentuk struktur martensit.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan dapat diambil bebrapa kesimpulan yaitu:

1. Variasi media pendingin dan suhu terbukti dapat berpengaruh terhadap tingkat kekerasan baja JIS SUP 9 sebagai bahan alternatif pahat bubut HSS, setelah dilakukan proses pemanasan menggunakan pemanas induksi. Didapat Nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel ($23,4 > 2,63$).

2. Setelah dilakukan proses *quenching*, kekerasan tertinggi sebesar 60,7 HRC pada suhu 800 °C dan *holding time* 20 detik dengan media pendingin solar. Hal ini dikarenakan pada saat baja mencapai suhu austenit dengan waktu tahan 20 detik, baja didinginkan cepat menggunakan media pendingin solar sehingga terbentuk struktur martensit dan proses inilah yang membuat kekerasan baja meningkat. Hasil uji kekerasan dengan media pendingin udara pada suhu 750 °C mengalami penurunan kekerasan menjadi 21,8 HRC, dikarenakan pemanasannya tidak mencapai suhu austenisasi dan pendinginannya yang lambat, Sehingga atom karbon yang terperangkap dan berubah menjadi martensit sangat sedikit. Hasil uji kekerasan dengan media pendingin oli pada suhu 800 °C mengalami peningkatan kekerasan sebesar 55,4 HRC, hal ini dikarenakan pada saat baja mencapai suhu austenit dengan waktu tahan 20 detik, baja didinginkan cepat sehingga terbentuk atom karbon dan berubah menjadi martensit.

Daftar Pustaka

- Ardiansyah, Y. 2016. *Pengaruh Temperatur Proses Hardening Dengan Media Air Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Permukaan Baja karbon Sedang*. (Skripsi). Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. <https://lib.unnes.ac.id/27583/>
- Palupi, B.O. 2016. *Pengaruh Heat Treatment Dengan Variasi Media quenching Oli dan Solar Terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135*.(Skripsi). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, Bandar Lampung. <http://digilib.unila.ac.id/22825/>
- Rachmadona, N. 2015. *Rancang Bangun Alat Inverter Frekuensi Tinggi Aplikasi Pada Pencairan Batubara*. (Skripsi). Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- Sudjana, 1989. *Desain dan Analisis Eksperimen* Edisi ke 3. Bandung : PT. Tarsito, bandung.
- Sumpena dan Wardoyo. 2018. Pengaruh Variasi Temperatur *Hardening* dan *Tempering* Paduan AlMgSi-Fel2% Hasil Pengecoran Terhadap Kekerasan. *Jurnal ENGINE*. Volume 2 No 1. Teknik Mesin Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta. https://ejournal.up45.ac.id/index.php/Jurnal_ENGINE/article/view/357
- Utomo, Y.M. 2018. Peningkatan Nilai Kekuatan Mekanik Pada Baja St 60 dengan Metode Pemanas Induksi Sebagai Bahan Alternatif Pisau Bubut HSS. *Mechanical Engineering National Convergence*, 2018. Tegal, Indonesia. <https://conference.upstegal.ac.id/index.php/metic/metic2018/paper/view/54/24>
- Yusman, F. 2018. *Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Quenching Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja AISI 1045*.(Skripsi). Teknik Mesin Universitas Lampung, Bandar Lampung. <http://digilib.unila.ac.id/30593/>

<http://www.otaisteel.com/products/sup9-spring-steel/> dikunjungi pada 10 juni 2020.

<https://www.otaisteel.com/m2-tool-steel-skh51-1-3343/> Dikunjungi pada 10 juni 2020.