

## Optimasi Hardening Baja Karbon Sedang dengan Fluida Getah Pohon Pisang Menggunakan Metode *Taguchi*

Roymons Jimmy Dimu, Denny Widhiyanuriyawan, Sugiono  
 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang  
 Jl. MT Haryono 167 Malang 65145  
 Phone: +62-341-587711, Fax: +62-341-554291  
 E-mail: roy28\_punk@yahoo.com

**Abstract**

*The aim of this research is to increase the hardness of the material with hardening process. Factors that influence the hardening process are the raw material, the heating temperature, holding time and cooling medium. To obtain the optimum combination of factors hardening process, this research adopted the Taguchi experimental design method. The type used were orthogonal array L9 (34) which generates a combination of 4 factors with each factor has 3 levels. Raw materials used were retrieved from the leaf springs trucks, jeeps and minibuses which are medium carbon steels with different chemical compositions. Based on the heating temperature recommended for medium carbon steel hardening process is between 723 - 900°C then the heating temperature used 723°C, 800°C, 850°C. Whereas for the holding time that carbon steel is recommended for 5-10 minutes, then the holding time used were 5, 7.5, 10 min. For the cooling medium used in this research are banana tree sap fluid and also water and oil as a comparison. In this research presented the results of hardness test hardening process with a combination of treatments truck spring steel material, temperature 850°C, 10 min holding time and cooling medium with banana tree sap fluid in order to get the highest hardness worth HRC 63.03. Based on the analysis of Taguchi method can be seen that the four factors the most influence on hardness of material is temperature, holding time, cooling medium, and the smallest is the material.*

**Keywords:** *Hardening, Banana Tree Sap Fluid, Taguchi*

**PENDAHULUAN**

Baja karbon sedang (pegas daun mobil) adalah bahan baku yang biasa digunakan oleh pengerajin pandai besi untuk pembuatan produk pisau. Proses pembuatan produk pisau sendiri oleh pandai besi masih dilakukan secara penempaan konvensional, sehingga terjadi kekerasan tidak merata pada produk pisau. Suatu cara untuk meningkatkan atau memperbaiki kekerasan yang tidak merata pada produk pisau yaitu dengan proses perlakuan panas atau *hardening*.

Proses *hardening* mempunyai tujuan untuk, menghilangkan tegangan internal, menghaluskan butir kristal dan meningkatkan kekerasan. Tujuan ini akan tercapai seperti apa yang diinginkan jika memperhatikan faktor - faktor pada tahapan proses *hardening*, seperti pemilihan bahan baku, suhu pemanasan, waktu penahanan, dan media pendingin yang digunakan [1].

Pada umumnya proses *hardening* pisau yang dilakukan oleh pandai besi yaitu pisau dipanaskan sampai pada temperatur tertentu ditahan pada waktu tertentu dan didinginkan pada media pendingin tertentu pula. Pandai besi lokal yang berada di desa Camplong kabupaten Kupang, biasanya menggunakan beberapa media pendingin untuk proses *hardening* produk pisau yaitu: air, oli, udara, dan batang pohon pisang. Komposisi kimia batang pohon pisang.

**Tabel 1.** Komposisi kimia batang pohon pisang (berat %).

	H.						
	Kalori	Protein	Arang	Ca	P	Fe	Air
Basah	43	0.6	11.6	15	60	0.5	86
Kering	245	3.4	66.2	60	150	2	20

Sumber : Muslim (2008)

Berdasarkan komposisi kimia, batang pohon pisang dapat dipergunakan sebagai media pendingin dalam proses *hardening*, karena batang pohon pisang cukup banyak mengandung air (86 %) memiliki kemampuan menyerap panas yang baik. Selain itu mengandung juga unsur campuran pada baja seperti hidrat arang atau carbon (11,6 %), Fe (0,5 %), yang mungkin juga akan mempengaruhi sifat mekanik hasil *hardening* bahan produk pisau.

Dari uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian bagaimana kekerasan baja karbon sedang (pegas daun mobil) yang *dihardening* dengan *fluida* getah pohon pisang dibandingkan dengan air dan oli. Dan untuk mengetahui faktor-faktor yang paling dominan mempengaruhi kekerasan baja karbon sedang pada proses *hardening* maka penelitian ini akan mengadopsi *Design of Experiment* (DOE) dengan Metode *Taguchi*. Metode ini dipilih juga karena memiliki tingkat keefektifan yang tinggi dan jumlah eksperimen yang sedikit sehingga menghemat waktu dan biaya [2].

**METODE PENELITIAN**

Sebelum melakukan eksperimen, perlu dibuat diagram tulang ikan untuk dapat menentukan faktor-faktor yang diperkirakan dapat mempengaruhi sifat mekanik baja karbon sedang. Faktor-faktor tersebut dibagi menjadi 4 kategori yaitu material, temperatur pemanasan, waktu penahanan, media pendingin.

Kemudian dari diagram tulang ikan tersebut ditentukan variabel eksperimen dan seting level-level faktor terkendali yaitu :

1. Variabel respon : kekerasan baja karbon sedang.
2. Variabel bebas / faktor terkendali, terdiri atas:
  - Material yang digunakan dalam penelitian ini ada 3 jenis yaitu per daun mobil truk (colt 120 PS), per daun mobil jeep (Toyota Hardtop), per daun mobil minibus (Kijang LGX) yang diaplikasikan sebagai produk pisau.
  - Temperatur pemanasan untuk baja karbon sedang adalah 723-900°C, sehingga temperatur pemanasan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu temperatur antara titik kritis bawah

dan titik kritis atas yaitu : 750 °C, 800 °C, 850 °C [3].

- Berdasarkan waktu penahanan (*Holding time*) yang disarankan unuk baja karbon 5-10 menit, maka level - level waktu penahanan yang digunakan pada penelitian ini adalah : 5 menit, 7.5 menit, dan 10 menit. Waktu penahanan dilakukan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur austenitnya homogeny [4].
- Media pendingin : air (PDAM), oli (mesran SAE 40), *fluida* getah pohon pisang (pisang kapuk).

Adapun kode level nilai variabel dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2.** Parameter Eksperimen.

Kode	Faktor	Level		
		I	II	III
A	Jenis material (pergas daun mobil)	Truk	Jeep	Minibus
B	Temperatur pemanasan (°C)	750	800	850
C	Waktu penahanan (menit)	5	7.5	10
D	Media pendingin	air	oli	pisang

*Orthogonal array* merupakan matriks keseimbangan yang menunjukkan penugasan faktor eksperimen. Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam penentuan *orthogonal array* adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung jumlah derajat bebas  
 Total derajat bebas adalah hasil penjumlahan derajat bebas dari tiap faktor. Hasil perhitungan derajat bebas faktor terkendali diuraikan pada Tabel 3 berikut :

**Tabel 3.** Derajat bebas faktor terkendali.

Faktor	Derajat Bebas	Total
A,B,C,D	4 x (3-1)	8
<b>Total Derajat Bebas</b>		<b>8</b>

- b. Memilih suatu *orthogonal array* yang mempunyai derajat bebas minimal kurang satu dari banyak eksperimen.  
 Berdasarkan tabel 3 total derajat bebas yang diperlukan untuk faktor terkendali adalah

sebesar 8, sehingga *orthogonal array* faktor terkendali yang sesuai adalah L9 (3<sup>4</sup>).

c. Mengisikan faktor ke *orthogonal array*.

*Orthogonal array* untuk L9(3<sup>4</sup>) disajikan dalam tabel 4 berikut :

**Tabel 4.** *Orthogonal Array* L9(3<sup>4</sup>) Parameter Eksperimen.

No	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Keterangan:

- Baris no 1 sampai dengan 9 = jumlah eksperimendengan kombinasi level yang diwakili level 1 ,2dan 3 pada masing-masing faktor.
- Kolom 1 sampai dengan 4 = faktor-faktor terkendali (A, B,C, dan D) [5].

Dalam eksperimen ini digunakan 4 faktor dengan rancangan 3 level. Dari jumlah level dan faktor yang ada dapat ditentukan jumlah baris untuk *matriks orthogonal* yaitu 9, yang menunjukkan jumlah percobaan sebanyak 9 *run*. Setiap *run* direplikasi sebanyak 5 kali sehingga total eksperimen sejumlah 45 eksperimen.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian komposisi kimia baja pegas daun mobil dilakukan dengan metode SEM-EDX. Hasil pengujian komposisi kimia dapat dilihat pada Tabel 5 – 7.

Berdasarkan Tabel 5 - 7 hasil uji komposisi kimia pegas daun mobil truk mengandung 0.49 % C, mobil jeep mengandung 0.44 % C, dan mobil minibus mengandung 0.48 % C. berdasarkan landasan teori pengolongan jenis baja karbon dimana baja karbon menengah yaitu baja yang mengandung 0.3 % C - 0.6% C, sehingga dari hasil uji komposisi kimia

menunjukkan bahwa ketiga *raw material* pegas daun mobil termasuk dalam golongan baja karbon sedang.

Pengujian kekerasan untuk ketiga *raw material* dilakukan dengan metode *Rockwell* dengan *indenterdiamond cone* (HRC). Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 8.

**Tabel 5.** komposisi kimia baja pegas daun mobil truk (% berat).

Fe	C	Si	Mn	P	S	Zn
86	0.497	0.05	0.093	0.053	0.01	0.115
Cr	Mo	Ni	Al	Ti	V	Nb
0.069	0.342	0.138	0.022	0.27	0.028	0

**Tabel 6.** komposisi kimia baja pegas daun mobil jeep (% berat).

Fe	C	Si	Mn	P	S	Zn
84	0.448	0.041	0.084	0.032	0.064	0.139
Cr	Mo	Ni	Al	Ti	V	Nb
0.06	0.202	0.124	0.027	0.016	0.052	0.145

**Tabel 7.** komposisi kimia baja pegas daun mobil minibus (% berat).

Fe	C	Si	Mn	P	S	Zn
87	0.48	0.04	0.09	0.03	0.06	0.14
	2	6	1	4	9	9
Cr	Mo	Ni	Al	Ti	V	Nb
0.06	0.22	0.13	0.04		0.05	0.15
6	2	5	4	0	7	8

**Tabel 8.** Hasil uji kekerasan *raw material*.

No	Material pegas daun mobil	(R1)	(R2)	(R3)	Rata – rata
1	Truck	46	46	45.5	45.833
2	Jeep	43	43	43.5	43.167
3	Minibus	44.5	45	44.5	44.667

Hasil uji kekerasan untuk material pegas daun mobil truk 45.83 HRC, mobil jeep 43.16 HRC, dan mobil minibus 44.66 HRC. Berdasarkan hubungan hasil uji komposisi kimia dan kekerasan dari ketiga *raw material* baja pegas daun mobil dapat dilihat bahwa

semakin banyak presentase kadar karbon maka semakin tinggi nilai kekerasan.

Data hasil pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* (HRC) dari variasi faktor dan level proses *hardening* dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** *Ortogonal array* hasil Uji Kekerasan (HRC) Proses *Hardening*.

No	A	B	C	D	R1	R2	R3	R4	R5	Rata-rata
1	Truk	750	5	Air	28.00	28.17	27.83	29.17	29.50	28.53
2	Truk	800	7.5	Oli	45.67	46.00	44.33	45.83	46.00	45.57
3	Truk	850	10	Pisang	61.83	63.67	64.17	63.00	62.50	63.03
4	Jeep	750	7.5	Pisang	28.50	28.67	28.67	29.00	29.00	28.77
5	Jeep	800	10	Air	49.00	49.50	53.50	57.50	57.00	53.30
6	Jeep	850	5	Oli	58.17	57.00	58.50	57.33	57.33	57.67
7	Minibus	750	10	Oli	30.17	31.83	31.83	32.17	31.50	31.50
8	Minibus	800	5	Pisang	47.17	39.83	52.00	46.50	43.27	45.75
9	Minibus	850	7.5	Air	57.33	57.83	58.50	57.50	61.33	58.50

Keterangan:

- Baris 1 sampai dengan 9 = jumlah eksperimen dengan kombinasi level yang diwakili level 1, 2 dan 3 pada masing-masing faktor.
- Kolom 1 sampai dengan 4 = faktor-faktor terkendali (A, B, C dan D).
- R1, R2, R3, R4 dan R5 = hasil eksperimen kekerasan material (HRC) sebanyak 5 replikasi.

Berdasarkan hasil analisis dengan metode *Taguchi* dapat dirangkingkan berdasarkan faktor dan level proses *hardening* yang berpengaruh terhadap kekerasan. Hasil perangkingan dapat dilihat pada Tabel 10.

Penentuan kombinasi level faktor yang memberikan kondisi optimal untuk nilai rata-rata respon hasil uji kekerasan proses *hardening* dilakukan dengan menghitung rata-rata eksperimental awal untuk setiap level faktor. Dikarenakan karakteristik kualitas respon hasil uji kekerasan proses *hardening* adalah "*larger the better*" maka level faktor yang memiliki nilai rata-rata makin besar yang dipilih sebagai level yang optimal. Berdasarkan *response tabel for means* dan plot grafik pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata data eksperimen awal yang mendekati nilai sesuai karakteristik

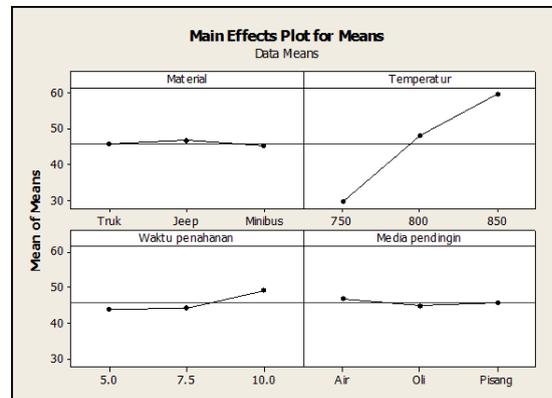
*larger the better* untuk respon hasil uji kekerasan proses *hardening* adalah pada material pegas daun jeep, kondisi temperatur 850°C, kondisi holding time pada 10 menit, dan media pendingin air.

**Tabel 10.** *Response for means*

Level	Material	Temperatur	Holding	Cooling
1	46.71	29.6	43.98	46.78
2	46.58	48.21	44.28	44.91
3	45.25	59.73	49.28	45.85
Delta	1.33	30.13	5.29	1.87
Rank	4	1	2	3

Dari data pada Tabel 10 maka hubungan antara faktor dan level pengujian terhadap kekerasan seperti pada Gambar 1 di bawah ini.

Pada Tabel 10 dapat dilihat perangkingan berdasarkan karakteristik kualitas *larger the better* dimana dari keempat faktor pengujian yang paling mempengaruhi nilai kekerasan dari proses *hardening* adalah yang pertama temperatur, yang kedua waktu penahanan, yang ketiga media pendingin, dan yang keempat material.



**Gambar 1.** Grafik hubungan antara faktor terkendali terhadap kekerasan

**KESIMPULAN**

Hasil uji kekerasan proses *hardening*, kekerasan tertinggi yaitu 63,03 HRC, dengan kombinasi perlakuan, material baja pegas mobil truk, temperatur 850 °C, waktu penahanan 10 menit dan media pendingin *fluida* getah pohon pisang.

Pada hasil analisis metode *taguchi* untuk keempat faktor pengujian yang paling

berpengaruh terhadap kekerasan yang pertama yaitu : temperatur, kedua waktu penahanan, ketiga media pendingin, dan keempat material.

Pada hasil analisis metode *taguchi* dengan karakteristik kualitas *large the better* untuk respon hasil uji kekerasan kombinasi yang optimum yaitu pada material baja pegas daun mobil jeep, temperatur 850 °C, waktu penahanan 10 menit, dan media pendingin air.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Murtiono, Arif., 2012, Pengaruh Quenching dan Tempering Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang Untuk Mata Pisau Pemanen Sawit, *Jurnal.*, Universitas Sumatra Utara.
- [2] Belavendram, 1995, *Quality by Design: Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*. Prentice Hall, London.
- [3] Love, G., 1982, *Teori Dan Praktek Kerja Logam*, Edisi Ketiga, Terjemahan Harun A.R, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [4] Krauss, George., 1990, *Steel: Heat Tretament And Processing Principles*. Ohio: ASM International
- [5] Suparti, Erni., 2008, Penentuan Setting Level Optimal Pada Pemanfaatan Abu Sekam Padi Untuk Meningkatkan Kualitas Paving Block Menggunakan Metode Eksperimen Taguchi. *Jurnal Teknik Industri.*, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

