



Terbit online pada laman web jurnal : <http://jurnal.sttp-yds.ac.id>

SAINSTEK
(e-Journal)

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



INVESTIGASI KEKERASAN MATERIAL AISI 1045 PENGARUH PROSES *FULL ANNEALING* MENGGUNAKAN *FULL FACTORIAL DESIGN*

Weriono¹, Rinaldi²

1. Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, JL Dirgantara, Pekanbaru

2. Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, JL Dirgantara, Pekanbaru

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel : Sub. 11 April 2020

Diterima Redaksi : 29 April 2020

Revisi Akhir : 25 Juni 2020

Diterbitkan Online : 30 Juni 2020

KATA KUNCI

Full annealing

AISI 4140

Kekerasan,

Full Factorial Design of Experimental

KORESPONDENSI

Telepon : 08116356924

E-mail: weriono@gmail.com; rinaldiyds@gmail.com;

ABSTRACT

Pendinginan merupakan faktor yang menentukan kekerasan suatu material. Ada dua media *quench* yang sering digunakan yaitu media oli dan air. *Quench* oli adalah pendinginan yang lebih perlahan sehingga mencegah retak akibat kecepatan ekspansi material dibandingkan dengan *quench* air. Pemaparan fenomena yang terjadi di lapangan untuk penggunaan elemen mesin yang terbuat dari baja karbon sedang AISI 1045 dibatasi pada kegagalan elemen mesin yang diakibatkan oleh beban personal atau beban mekanik. Metode *Full Factorial Design of Experiment* digunakan untuk mengkaji hasil uji kekerasan sesuai dengan hipotesa pengujian. *Design of Experiment* (DOE) telah banyak digunakan untuk menentukan faktor desain yang signifikan mempengaruhi respons target dan membangun empiris model yang mewakili hubungan antara faktor signifikan.

Untuk mendapatkan respon kekerasan terhadap perlakuan panas *full annealing* dengan media *Quenching Oil* dan air sehingga pada penelitian ini digunakan material AISI 1045 dengan variasi temperatur 750⁰ C, 800⁰ C dan 850⁰ C. AISI 1045 hasil produksi komersial dengan memotong sebagian kemudian diambil untuk dilakukan pengujian kekerasan Metode *Full Factorial Design of Experiment* digunakan untuk mengkaji hasil uji kekerasan sesuai dengan hipotesa sesuai analisis varians (Anova).

Respon input data *full factorial design* pengujian kekerasan dipengaruhi media pendingin dan temperatur proses *full annealing* pada material AISI 1045. Pengaruh media pendingin menghasilkan $F_{0,5\%, 2,18} = 3,55$, maka $F_0 = 26,73 > 3,55$ menunjukkan pengaruh media pendingin berpengaruh terhadap kekerasan AISI 1045 sedangkan pengaruh temperatur menghasilkan $F_{0,5\%, 2,18} = 3,55$, maka $F_0 = 31,74 > 3,55$ menunjukkan pengaruh temperatur berpengaruh terhadap kekerasan AISI 1045. Pengaruh interaksi media pendingin terhadap temperatur menghasilkan $F_{0,5\%, 1,18} = 3,55$, maka $F_0 = 6,58 > 4,41$ menunjukkan pengaruh media pendingin berinteraksi temperatur berpengaruh terhadap kekerasan.

1. PENDAHULUAN

Proses *full annealing quench* oli dan air yang dilakukan untuk mendapatkan kekerasan, kekuatan tarik dan impak sesuai sifat material standard sehingga material yang akan digunakan untuk suatu produk

husus dapat terkendali kualitasnya. Tujuan dari *full annealing* adalah pelunakan untuk mengurangi kekerasan material, adapun proses dilakukan yaitu perlakuan panas kemudian pendinginan dengan media oli atau air dilakukan secara perlahan di dalam

tungku pembakaran [1,10]. Pendinginan merupakan faktor yang menentukan kekerasan suatu material. Ada dua media *quench* yang sering digunakan yaitu media oli dan air. *Quench* oli adalah pendinginan yang lebih perlahan sehingga mencegah retak akibat kecepatan ekspansi material dibandingkan dengan *quench* air [1]. Pemaparan fenomena yang terjadi di lapangan untuk penggunaan elemen mesin yang terbuat dari baja AISI 1045 dibatasi pada kegagalan elemen mesin yang diakibatkan oleh beban personal atau beban mekanik.

Semua elemen mesin yang digunakan dalam pengoperasiannya akan menerima gaya luar yang antara lain tegangan tarik, tekan maupun gaya geser sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk [11]. Usaha menjaga material baja agar lebih tahan gesekan, tarikan atau tekanan adalah dengan cara perlakuan panas pada baja [1,4].

Proses ini meliputi pemanasan baja pada suhu tertentu, dipertahankan pada waktu tertentu dan didinginkan pada media pendingin tertentu pula. Perlakuan menghilangkan tegangan internal, menghaluskan butir kristal atom, meningkatkan kekerasan, meningkatkan tegangan tarik logam dan sebagainya [7,8]. Tujuan ini akan tercapai seperti apa yang diinginkan jika memperhatikan parameter yang mempengaruhinya seperti suhu

pemanasan dan media pendingin yang digunakan.

Dalam penelitian ini melihat sejauh mana pengaruh dimensi, temperatur perlakuan panas dan media pendingin mempengaruhi sifat linear terhadap kekerasan, kekuatan tarik baja AISI 1045 sehingga diketahui tingkat perbandingan kekerasan serta pengaruhnya pada variasi diameter (input mempengaruhi respon) [9]. Kesesuaian pengujian terhadap spesifikasi kegunaannya maka dapat diambil suatu keputusan untuk melakukan proses lebih lanjut maupun tidak dilakukan proses kembali setelah *perlakuan panas* sehingga menghemat waktu dan biaya produksi.

Pengkajian lebih lanjut dampak dari faktor perbedaan variasi media pendingin dan temperatur perlakuan panas pada material yang ada dilakukan untuk mendapatkan hasil pengujian kekerasan yang sesuai dengan dikurangi kesalahan – kesalahan pengujian. Metode *Full Factorial Design of Experiment* digunakan untuk mengkaji hasil uji kekerasan sesuai dengan hipotesa. *Design of Experiment* (DOE) telah banyak digunakan untuk menentukan faktor desain yang signifikan mempengaruhi respons target dan membangun empiris model yang mewakili hubungan antara faktor signifikan. Meninjau ulang literatur mengungkapkan bahwa mayoritas peneliti mengeksplorasi berbagai metode DOE untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan properti.

Sementara itu dipakai analisis varians (ANOVA) dapat digunakan untuk menentukan faktor yang paling signifikan dalam proses pengujian hasil. ANOVA adalah satu-satunya alat statistik yang digunakan dalam penelitian. DOE adalah metode sistematis untuk menentukan hubungan antar faktor mempengaruhi suatu proses dan hasilnya [2]. Biasanya, metode DOE dapat dibagi dalam desain faktorial penuh (FFD) dan desain faktorial fraksional dikenal juga sebagai desain *eksperimental* Taguchi (TED) [3]. Dalam FFD desain semua kombinasi level parameter diuji untuk menganalisis hasil. Di samping itu, dalam desain faktorial pecahan TED, hanya sebagian dari level yang dipilih yang digunakan dalam analisis.

Sejumlah peneliti menerapkan metode DOE faktorial penuh dan fraksional dalam penelitian mereka, oleh karena itu sangat penting untuk memilih desain yang sesuai dari mana percobaan akan ditentukan untuk mendapatkan lebih memahami proses dan menentukan bagaimana input mempengaruhi respon [5,6].

2. METODOLOGI

2.1 Material AISI 1045

Pada penelitian ini digunakan material AISI 1045 dengan diameer 19 mm dengan komposisi unsur kimia sesuai spesifikasi standard seperti pada Tabel 2.1. AISI 1045 hasil produksi komersial industri yang berstandar dengan memotong

sebagian material spesiemen kemudian diambil untuk dilakukan pengujian.

Tabel 2.1. Komposisi kimia baja AISI 1045

Unsur	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Mo (%)	P (%)	S (%)
AISI 1045	0,4-0,45	0,1-0,3	0,6-0,9	0,025	0,04 max	0,05 max

2.2 Tungku Pemanas Dan Media Pendingin

Perlakuan panas menggunakan tungku pemanas listrik dengan penyetelan temperatur 750⁰ C, 800⁰ C dan 850⁰ C serta ditahan selama 30 menit pembakaran di dalam tungku dengan proses *full annealing* kemudian dilakukan pendinginan media *quenching* dengan media Oli SAE 10W40 dan media Air.

2.3 Uji Kekerasan Dan DOE

Pengujian kekerasan dengan *rockwell test* (HRC) dilakukan sesudah proses perlakuan panas temperatur 750⁰ C, 800⁰ C dan 850⁰ C dan media pendinginan dilakukan masing - masing 4 kali pengambilan data kekerasan. Spesiemen pengujian kekerasan sesuai pada Standard pengujian ASTM E 18. Spesiemen dipotong berbentuk bulat kemudian dibuat titik daerah pengujian.

Tujuan pengujian penelitian untuk mengumpulkan data kekerasan bahan sesudah dilakukan proses *Full Annealing*. Metode *Full Factorial Design of Experiment* digunakan untuk mengkaji hasil

uji kekerasan sesuai dengan hipotesa sesuai analisis varians (Anova).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Tarik AISI 1045

Hasil pengujian standard dengan *tensile test machine* dan pengujian lainnya untuk pengambilan data standard material AISI 1045 sebelum dilakukan perlakuan panas *full annealing* sesuai standard pengujian diperlihatkan pada Tabel 3.1. Diagram fasa yang merupakan landasan perlakuan panas bagi logam. Terdapat hubungan antara struktur mikro dengan sifat – sifat mekanis suatu material.

Tabel 3.1 Uji tarik dan dampak sebelum proses *full annealing*

Jenis	Nilai
<i>Ultimate Strength</i> (N/mm ²)	818,618
<i>Yield Strength</i> (N/mm ²)	396
Modulus Elastisitas (Gpa)	200
Regangan (%)	19,6
Energi Impak (E)	4,8
Kekuatan Impak	5,536

Sumber : AISI (American Iron and Steel Institute)

3.2 Hasil Uji Kekerasan

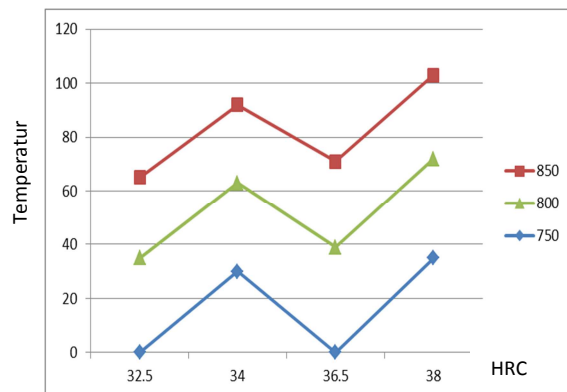
Hasil uji kekerasan dilakukan dengan 4 kali setiap permukaan setelah proses *full annealing* dengan media pendingin oli dan air pada temperatur 750⁰C, 800⁰C dan 850⁰C sesuai Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Uji kekerasan AISI 1045 setelah proses *full annealing*

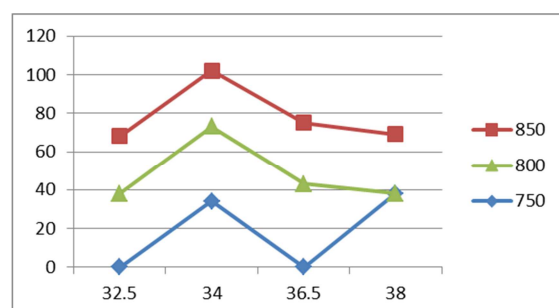
Media Pendingin	Temperatur					
	750 ⁰ (HRC)		800 ⁰ (HRC)		850 ⁰ (HRC)	
Oli	31,5	30	35	33	30	29

	30,5	35	39	37	32	31
	32,5	34	38	39	31	32,5
Air	36,5	38	43	41,5	35	34

Gambar 3.1 Hasil uji kekerasan media pendinginan oli



Pada Tabel 3.2 , Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 memperlihatkan pengujian kekerasan *Rockwell Test* yang dilakukan 4 kali pengujian di permukaan pada logam AISI 1045 sesuai standard pengujian. Pada kenaikan temperatur 850⁰ C dengan media pendingin oli dan media pendingin air, mempunyai nilai kekerasan meningkat dari temperatur 750⁰ C.



Gambar 3.2 Hasil uji kekerasan media pendingin air

Tabel 3.2 , gambar 3.1 dan gambar 3.2 dapat dilihat kekerasan yang merupakan

respon pengujian masing – masing 4 kali pengujian dengan *rockwell test* di dalam standard pengujian sesudah dilakukan perlakuan panas temperatur 750°C, 800°C dan 850°C serta media pendingin oli serta air.

Tabel 3.3 *Full factorial design* proses *full annealing*

Media Pendingin	Temperatur						
	750 ⁰ (HRC)		800 ⁰ (HRC)		850 ⁰ (HRC)		
Oli	31,5	30	35	33	30	29	
	30,5	35	39	37	32	31	
		127		144		122	
Air	32,5	34	38	39	31	32,5	
	36,5	38	43	41,5	35	34	
		141		161,5		132,5	
Ti		268		305,5		254,5	828

Tabel 3.3 menjelaskan hasil metode *full factorial design* pengaruh efek temperatur dan media pendingin. Interaksi efek adalah kombinasi efek dari kedua faktor atau lebih dalam melakukan pengujian dengan analisis ANOVA. Faktor pada pengujian ini adalah efek dari media pendingin dan temperatur Interaksi efek terjadi bila terdapat perbedaan respon pada kedua level media pendingin ketika terjadi perubahan temperatur.

Jumlah pengujian / observasi (N) = 24

$$CF_{(Corection\ Factor)} = \frac{\sum T^2}{N}$$

$$= 28.566$$

$$SS_{total} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c Y^2 - CF$$

$$= 334,5$$

$$SS_{Media\ Pendingin} = \sum_{j=1}^a \frac{T_j^2}{b.n} - CF$$

$$= 73,5$$

$$SS_{Temperatur} = \sum_{j=1}^b \frac{T_j^2}{a.n} - CF$$

$$= 174,56$$

$$SS_{Media\ Pendingin \times Temperatur} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{T_{ij}^2}{n} - CF$$

$$= 36,19$$

Berdasarkan Tabel 3.3 maka kita dapat menghitung nilai efek dari masing – masing faktor antara lain efek media pendingin, temperatur dan media pendingin terhadap temperatur . Masing – masing CF dari data kekerasan dengan pengulangan pengujian 4 kali, dengan efek media pendingin dan efek temperatur sebagai faktor parameter. Dengan menerapkan metode DOE faktorial penuh menggunakan perhitungan Anova pada hasil uji kekerasan maka didapat masing – masing nilai sesuai pada Tabel 3.3

Berdasarkan Tabel 3.3 hasil perhitungan Anova dapat dihitung untuk melihat H_0 tidak dapat diterima sedangkan H_1 diterima. Hasil evaluasi respon dari input data pengujian maka pengujian kekerasan dipengaruhi media pendingin, temperatur dan media pendingin berinteraksi dengan temperatur pada material AISI 1045 pengambilan data permukaan pengujian. Dengan menerapkan metode DOE faktorial penuh menggunakan perhitungan Anova pada hasil uji kekerasan maka didapat masing – masing nilai sesuai ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. *Anova Full Factorial Kekerasan proses full Annealing*

Source of Variation	Sample of square	Degree of freedom	Mean Square	F _o
Media Pendingin	73,5	1	73,5	26,73
Temperatur	174,56	2	87,28	31,74
Media Pendingin x Temperature	36,19	2	18,09	6,58
Interaction Error	49,54	18	2,75	
Total	333,79	23		

Tabel 3.4 menunjukan data *full factorial design* nilai dari F_0 kemudian dibandingkan dengan data F_0 standard untuk melihat H_0 atau H_1 antara lain :

1. $F_{0, 5\%, 2, 18} = 3,55$, maka $F_0 = 26,73 > 3,55$
(Pengaruh media pendingin terhadap kekerasan)
2. $F_{0, 5\%, 2, 18} = 3,55$, maka $F_0 = 31,74 > 3,55$
(Pengaruh temperatur terhadap kekerasan)
3. $F_{0, 5\%, 1, 18} = 3,55$, maka $F_0 = 6,58 > 4,41$
(Pengaruh media pendingin berinteraksi terhadap temperatur kekerasan)

Berdasarkan Tabel 3.4 hasil perhitungan Anova dapat dilihat bahwa H_0 tidak dapat diterima sedangkan H_1 diterima. Hasil evaluasi respon input data pengujian maka pengujian kekerasan dipengaruhi media pendingin dan temperatur perlakuan panas pada material AISI 1045.

4. KESIMPULAN

Respon input data *full factorial design* pengujian kekerasan dipengaruhi media pendingin dan temperatur pada proses *full annealing* terhadap material AISI 1045.

Pengaruh media pendingin menghasilkan antara lain $F_{0, 5\%, 2, 18} = 3,55$, maka $F_0 = 26,73 > 3,55$ menunjukan pengaruh media pendingin berpengaruh signifikan terhadap kekerasan AISI 1045 sedangkan pengaruh temperatur menghasilkan antara lain $F_{0, 5\%, 2, 18} = 3,55$, maka $F_0 = 31,74 > 3,55$ menunjukan pengaruh temperatur berpengaruh signifikan terhadap kekerasan AISI 1045. Pengaruh interaksi media pendingin terhadap temperatur menghasilkan antara lain $F_{0, 5\%, 1, 18} = 3,55$, maka $F_0 = 6,58 > 4,41$ menunjukan pengaruh media pendingin berinteraksi temperatur berpengaruh signifikan terhadap kekerasan AISI 1045. F_0 pengaruh media pendingin, temperatur dan interaksi media pendingin terhadap temperatur memperlihatkan data keseluruhan H_0 tidak dapat diterima sedangkan H_1 dapat diterima.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shigley, *Element Design*, New York, McGraw-Hill, 2011, hal : 204
- [2] Kumar S, SHAN H S, *Optimization of tensile properties of evaporative casting process through Taguchi's method* [J]. *Journal of Materials Science and Technology*, 2008, hal : 59–69.
- [3] S.H. You, J.H. Lee, S.H. Oh, *A Study on Cutting Characteristics in Turning Operations of Titanium Alloy used in Automobile*, Int. J. Precis. Eng. Manuf. 20 (2019) 209–216.
- [4] Weriono, Karakteristik kekuatan Material AISI 4140 Dengan Variasi

Diameter Akibat Proses *Temper Quench*, Jurnal Sainstek 6 (1)
[Vol:]Issue : 2018,hal : 1

- [5] M.Tanco,E.Viles,L.Pozueta,*Comparing different approaches for design of experiment* (DOE), in:Lect. Notes Electr. Eng., 2009. doi:10.1007/978-90-481-2311-7_52.
- [6] T.Menten, M. Phadke, *Quality Engineering Using Robust Design*, Technometrics. (2006).
- [7] Serope Kalpakjian – Steven Schmid , *Manufacturing Engineering And Technology*, 5nd edition, ,2006, Pearson Prentice Hall, hal : 150.
- [8] Avner.H.S 1974, *Introduction to Physical Metallurgy*, 2nd edition, New York, McGraw-Hill *International Editions*, hal : 185
- [9] Weriono, Pengaruh Media Pendingin Dalam Proses Temper Quench Terhadap Kekuatan Impak dan Kekerasan AISI 1045, JMEMME (*Journal of Mechanical Engineering , Manufactures Materials and Engineering*)|Vol :Issue :2019,hal : 1
- [10] Weriono, Karakteristik Proses Full Annealing dengan Variasi Media *Quench* Terhadap Kekuatan Mekanik AISI 10 45 STTDumai, hal :1
- [11] Wahyudin K dan Wahjoe Hidayat, *Pengetahuan Logam 2*, Bandung, 2010,hal:85.