

**Evaluasi Pengujian Kekerasan Material Aisi 4140 Menggunakan
Full Factorial Design Of Experiment****Weriono^{*}, Rinaldi^{**}, Sepfitrah^{***}**

Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, JL Dirgantara Pekanbaru

*e-mail: weriono@gmail.com; **rinaldiyds@gmail.com; ***sepfitrah@gmail.com;

ABSTRACT

Experiment is looking at the influence of dimensions, heat treatment temperature and cooling media effect linearly on hardness, tensile strength steel AISI 4140 so that the level comparison of the hardness of influence on the diameter variation (input effects the response). The Full Factorial Design of Experiment Method is used to assess the results of the hardness test in accordance with the testing hypothesis. Design of Experiment (DOE) has been widely used to determine design factors that significantly influence target responses and build empirical models that represent relationships between significant factors. Reviewing the literature revealed that the majority of researchers explored various DOE. Response Tempering heat treatment with Quenching Oil media, this study used AISI 4140 material with a diameter of 29 mm, 33 mm and 35 mm. Results AISI 4140 of commercial production by partial cutting are then taken for hardness testing. The Full Factorial Design of Experiment Method is used to assess the results of the hardness test in accordance with the hypothesis according to the analysis of variance (Anova). The response of the hardness test data input in the 30^0 & 90^0 direction is not influenced by the AISI 4140 material dimensions and the direction of the test surface data retrieval. $F_0, 5\%, 2.15 = 3.68$, then $F_0 = 50.11 > 3.68$ in the 30^0 test direction and $F_0, 5\%, 2.15 = 3.68$, then $F_0 = 70.79 > 3, 68$, in the 90^0 test direction where H_0 cannot be accepted while H_1 is accepted.

Key words : Tempering, AISI 1045, hardness, Full Factorial Design of Experimentl**PENDAHULUAN**

Proses produksi pada industri baja yang memproduksi produk sesuai spesifikasi standard terkadang proses produksinya perlu dilakukan proses *quality control* secara keseluruhan dan untuk penggunaan kekhususan perlu dilakukan proses *tempering* produk komersial untuk mendapatkan spesifikasi yang diinginkan.

Dalam aplikasi pemakaian yang diinginkan semua baja akan terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan tarik, tekan maupun gaya geser sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk. Usaha menjaga baja agar lebih tahan gesekan, tarikan atau tekanan adalah dengan cara perlakuan panas baja tersebut yaitu salah satunya dengan perlakuan panas (*heat treatment*) *Tempering* [1].

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, 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 linear terhadap kekerasan, kekuatan tarik baja AISI 4140 sehingga diketahui tingkat perbandingan kekerasan serta pengaruhnya pada variasi diameter (input mempengaruhi respon) yang kesesuaiannya terhadap spesifikasi kegunaannya maka dapat diambil

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

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 diameter 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, analisis varians (ANOVA) adalah banyak digunakan untuk menentukan faktor yang paling signifikan dalam proses. 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) [3,4]. 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].

METODELOGI

Material AISI 4140

Untuk mendapatkan respon kekerasan terhadap perlakuan panas Tempering dengan media *Quenching Oil* sehingga pada penelitian ini digunakan material AISI 4140 diameter 29 mm, 33 mm dan 35 mm. AISI 4140 hasil produksi komersial dengan memotong sebagian kemudian diambil untuk dilakukan pengujian kekerasan sedangkan komposisi material ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi AISI 4140

Unsur	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Mo (%)	P (%)	S (%)
AISI 4140	0,38-0,43	0,2-0,35	0,75-1	0,15-0,25	≤ 0,035	≤ 0,04

Tungku Pemanas

Pemanasan menggunakan tungku pemanas listrik dengan penyetelan suhu 600⁰ C serta ditahan selama 30 menit di dalam tungku dengan proses *tempering*.

Media Pendingin

Media pendingin yang digunakan adalah Oli SAE 10W-30 untuk mencelupkan AISI 4140 setelah dilakukan perlakuan panas.

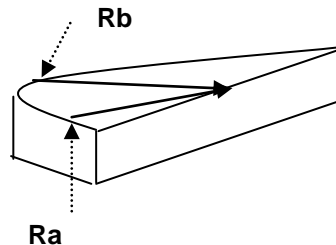
Uji kekerasan dan DOE

Pengujian kekerasan dengan *rockwell test* (HRC) sesudah proses pendinginan. Spesimen pengujian kekerasan (gambar 2.1) mengacu pada Standard pengujian ASTM E18. Spesiemen

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

dipotong berbentuk bulat kemudian dibuat titik daerah pengujian. R_a arah 30° sedangkan R_b arah 90° diameter.



Gambar 2.1 Daerah pengujian

Tujuan pengujian ini adalah mengumpulkan data kekerasan bahan sesudah dilakukan penemperan. Awal prosedur rockwell test dilakukan pengambilan nilai kalibrasi dengan menguji kalibrator untuk dapat mengkoreksi nilai pengujian bahan. Metode *Full Factorial Design of Experiment* digunakan untuk mengkaji hasil uji kekerasan sesuai dengan hipotesa sesuai analisis varians (Anova).

HASIL DAN PEMBAHASAN

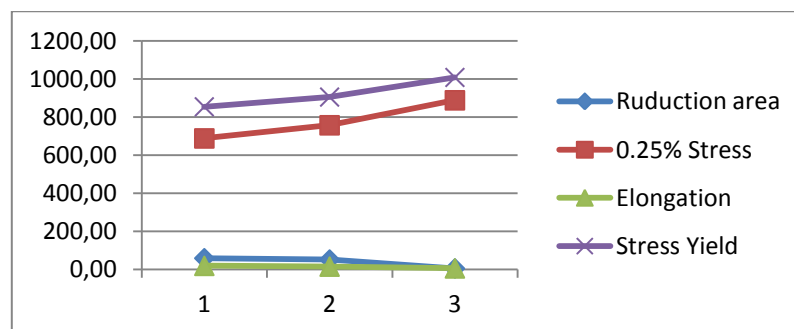
Hasil uji tarik AISI 4140

Hasil pengujian tarik dengan *tensile test machine* untuk pengambilan data diameter 29 mm, 33 mm dan 35 mm material AISI 4140 setelah dilakukan perlakuan panas *quench tempering* dengan standard pengujian ASTM E9 sesuai Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Uji tarik dan kekerasan sebelum proses *tempering*

Diameter (mm)	0,25 % Stress Yield (N/mm ²)	Stress Yield (N/mm ²)	Reduction Area (%)	Elongation
29	688	854	59,30	19,36
33	757	905	52,39	15,44
35	888	1008	52,63	15,92

Tabel 3.1 dan gambar 3.1 menunjukkan adanya peningkatan *stress yield* dengan peningkatan dimensi diameter material sedangkan *reduction area* dan *elongation* adanya penurunan dengan bertambahnya dimensi diameter material.



Gambar 3.1 Hasil uji tarik (1) 29 mm, (2) 33 mm, (3) 35 mm

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

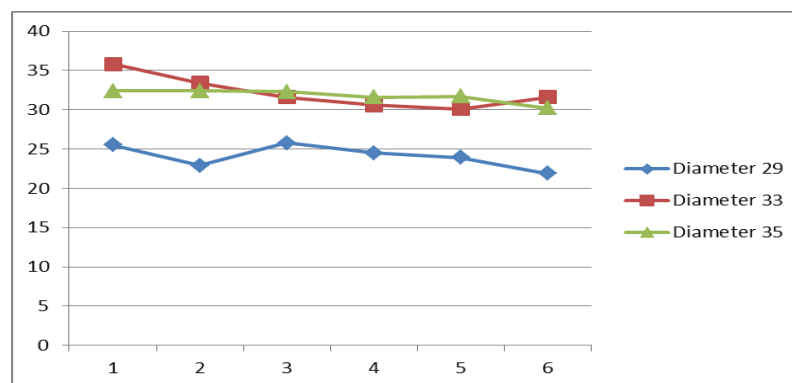
Hasil uji kekerasan

Hasil uji kekerasan setelah proses *quench tempering* dengan media pendingin oli pada suhu 600°C sesuai Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Uji kekerasan arah 30° (Ra)

Sample Pengulangan	Pengujian arah 30°		
	Diameter 29 mm (HRC)	Diameter 33 mm (HRC)	Diameter 35 mm (HRC)
1.	25,5	35,8	32,4
2.	22,9	33,4	32,4
3.	25,8	31,6	32,3
4.	24,5	30,6	31,6
5.	23,9	30,1	31,7
6.	21,9	31,6	30,2
Ti	144,5	193,1	190,6
Yi	24,08	32,18	31,77

Standard kekerasan AISI 4140 antara harga 23 – 34 HRC kemudian pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 dapat dilihat rata – rata kekerasannya yang merupakan respon masih di dalam standard dari pengukuran arah radius tegak dan radius pengukuran sudut 30° dari 90° radius tegak.



Gambar 3.2 Hasil uji kekerasan 30° (Ra)

$$CF \text{ (Corection Factor) } 30^{\circ} = \frac{\sum T^2}{N}$$

Bedasarkan Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 maka kita dapat menghitung nilai dari masing – masing CF dari data kekerasan dengan pengulangan pengujian 6 kali, 2 level dan 1 faktor parameter.

CF (30°) = 15.499,74 (lihat Tabel 3.2)

CF (90°) = 16.266,07 (lihat Tabel 3.4)

Dengan menerapkan metode DOE faktorial penuh menggunakan perhitungan Anova pada hasil uji kekerasan arah 30° maka didapat masing – masing nilai sesuai ditunjukkan pada Tabel 3.3

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Tabel 3.3 Anova Full Factorial arah 30⁰

	Sample of square	Degre of fredom	Mean Square	F _o
Treatment	249,63	2	143,31	58,11
Error	36,99	15	2,47	
Total	286,62	17		

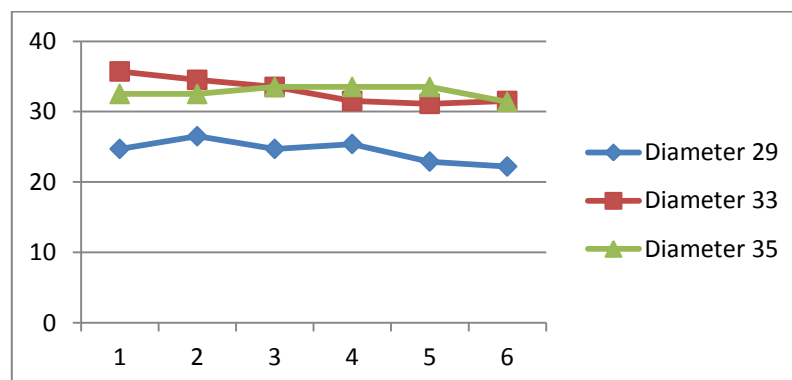
$F_{0, 5\%, 2, 15} = 3,68$, maka $F_0 = 50,11 > 3,68$

Berdasarkan Tabel 3.3 hasil perhitungan Anova dapat dilihat bahwa H_0 tidak dapat diterima sedangkan H_1 diterima. Hasil evaluasi respon dari input data pengujian maka pengujian kekerasan pada arah 30⁰ tidak dipengaruhi dimensi material AISI 4140 dan arah pengambilan data permukaan pengujian.

Tabel 3.4 Uji kekerasan arah 90⁰ (R_b)

Sample Pengulangan	Pengujian arah 90 ⁰		
	Diameter 29 mm (HRC)	Diameter 33 mm (HRC)	Diameter 35 mm (HRC)
1.	24,7	35,7	32,5
2.	26,5	34,5	32,5
3.	24,7	33,5	33,5
4.	25,4	31,5	33,5
5.	22,9	31,1	33,5
6.	22,2	31,5	31,4
Ti	146,4	197,8	196,9
Yi	24,4	32,97	31,82

Dengan menerapkan metode DOE faktorial penuh menggunakan perhitungan Anova pada hasil uji kekerasan arah 90⁰ maka didapat masing – masing nilai sesuai ditunjukkan pada Tabel 3.4



Gambar 3.3 Hasil uji kekerasan 90⁰ (R_b)

Tabel 3.5 Anova Full Factorial arah 90⁰

	Sample of square	Degre of fredom	Mean Square	F _o
Treatment	288,49	2	161,34	70,79
Error	36,99	15	2,28	
Total	322,68	17		

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

$F_{0, 5\%, 2, 15} = 3,68$, maka $F_0 = 70,79 > 3,68$

Berdasarkan Tabel 3.5 hasil perhitungan Anova dapat dilihat bahwa H_0 tidak dapat diterima sedangkan H_1 diterima. Hasil evaluasi respon input data pengujian maka pengujian kekerasan pada arah 90° tidak dipengaruhi dimensi material AISI 4140 serta arah pengambilan data permukaan pengujian.

KESIMPULAN

Respon input data pengujian kekerasan pada arah 30° & 90° tidak dipengaruhi dimensi material AISI 4140 dan arah pengambilan data permukaan pengujian. $F_{0, 5\%, 2, 15} = 3,68$, maka $F_0 = 50,11 > 3,68$ pada arah pengujian 30° dan $F_{0, 5\%, 2, 15} = 3,68$, maka $F_0 = 70,79 > 3,68$, pada arah pengujian 90° dimana H_0 tidak dapat diterima sedangkan H_1 diterima.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shigley (2011), *Element Design* : McGraw-Hill, New York
- [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, 204: 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] GreyRigge Associates Ltd, The Biotech Consultancy, (n.d.). <http://www.greyrigge.com/services/biotech-consulting/design-experiments-doe/>.
- [5] M. Tanco, E. Viles, L. Pozueta, Comparing different approaches for design of experiments (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.
- [8] Avner.H.S 1974, *Introduction to Physical Metallurgy*, 2nd edition, New York, McGraw-Hill International Editions.