ANALISA PENGARUH PENDINGIN TERHADAP KEKERASAN BAHAN AISI 1045 PADA PROSES *HEAT TREATMENT*

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Pada Program Studi Teknik Mesin

OLEH :

ZAINAL MUSTOFA
NPM 12.1.03.010033

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NUSANTARA PERSATUAN GURU REPUBLIK INDONESIA

UN PGRI KEDIRI

2016

Skripsi Oleh :

ZAINAL MUSTOFA

NPM : 12.1.03.01.0033

Judul :

ANALISA PENGARUH PENDINGIN TERHADAP KEKERASAN BAHAN AISI 1045 PADA PROSES *HEAT TREATMENT*

Telah dipertahankan di depan
Panitia Ujian/Sidang Skripsi Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Nusantara PGRI Kediri

Pada hari : Jum'at, 5 Agustus 2016

Dan Dinyatakan telah Memenuhi Persyaratan

Panitia Penguji:

1. **Ketua Penguji : Hermin Istiasih, S.T., M.T., M.M.** _____
2. **Penguji I : Fatkur Rohman, M.Pd.** _____
3. **Penguji II : Irwan Setyowidodo, S.Pd., M.Si.** _____

Mengetahui :
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Sutrisno Widodo, M.Pd
NIDN : 0002026403

ii

Skripsi oleh:

ZAINAL MUSTOFA

NPM: 12.1.03.01.0033

Judul:

ANALISA PENGARUH PENDINGIN TERHADAP KEKERASAN BAHAN AISI 1045 PADA PROSES *HEAT TREATMENT*

Telah disetujui untuk diajukan Kepada
Panitia Ujian/Sidang Skripsi Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Nusantara PGRI Kediri

Hari: Selasa, 2 Agustus 2016

Pembimbing I	Pembimbing II
Hermin Istiasih, S.T., M.T., M.M.	**Irwan Setyowidodo, S.Pd., M.Si.**
NIDN : 0014057501	**NIDN : 0701098404**

iii

ANALISA PENGARUH PENDINGIN TERHADAP KEKERASAN BAHAN AISI 1045 PADA PROSES *HEAT TREATMENT*

ZAINAL MUSTOFA
12.1.03.01.0033
TEKNIK – TEKNIK MESIN
Zainalmustofa908@gmail.com
Hermin Istiasih, S.T., M.T., M.M. dan Irwan Setyowidodo, S.Pd., M.Si.
UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

ABSTRAK

Zainal Mustofa, Analisa Pengaruh Pendingin Terhadap Kekerasan Bahan AISI 1045 Pada Proses *Heat Treatment*, Skripsi, Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Nusantara PGRI Kediri, 2016.

Pertumbuhan dan perkembangan teknologi di bidang manufaktur sekarang ini semakin maju dan berkembang pesat, beberapa produksi dengan baja sebagai bahan baku untuk produksi yang banyak digunakan terutama alat perkakas dan komponen otomotif. Dalam penelitian ini dilakukan pengerasan (*hardening)* untuk memperoleh sifat tahan aus dan kekerasan yang tinggi, dengan proses *heat treatment* (perlakuan panas), yang dilanjutkan dengan proses pendinginan *(quenching)*. Dengan menggunakan bahan AISI 1045 kekerasan yang dicapai tergantung pada temperatur pemanasan, *holding time*, dan laju pendingin yang dilakuan pada perlakuan panas.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui : (1) Perbedaan perubahan kekerasan bahan AISI 1045 setelah diberikan perlakuan panas dengan media pendingin *(quenching)* air, minyak goreng, oli SAE 20W yang digunakan kombinasi variasi waktu tahan dengan 5, 10 dan 15 menit lama pendinginan. (2) Menentukan hasil terbaik pengaruh media pendingin pada proses perlakuan panas *(heat treatment)* menggunakan temperatur 900˚C dengan waktu tahan *(holding time)* 60 menit untuk mengetahui peningkatan kekerasan optimum baja AISI 1045.

Pada penelitian proses pengujian ini menggunakan : Pengujian kekerasan *micro Vickers* dan metode penelitian pengolahan data menggunakan metode *Taguchi* yang dibantu dengan *software Minitab 16* untuk mengetahui karakteristik performasi dari parameter permesinan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *heat treatment* dapat meningkatkan nilai kekerasan baja AISI 1045. Peningkatan nilai kekerasan terendah pada *quenching* oli SAE 20W dengan waktu tahan 10 menit mendapatkan hasil nilai kekerasan 183,5 VHN dengan kekerasan material sebelum diproses *heat treatment* sebesar 176,2 VHN, dan pengaruh *quenching* dengan nilai kekerasan yang paling baik adalah media pendingin air dengan waktu tahan 15 menit dengan hasil nilai kekerasan yaitu 583,8 VHN.

Kata Kunci : *Heat Treatment, Metode Taguchi, Kekerasan.*

I. LATAR BELAKANG

Perkembangan produksi manufaktur sekarang ini semakin maju seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi. Beberapa produksi dengan baja sebagai bahan baku untuk produksinya yang banyak digunakan terutama untuk alat-alat perkakas dan komponen-komponen otomotif. Baja karbon sedang banyak digunakan sebagai komponen mesin seperti roda gigi, poros dan komponen lainnya yang diperlukan kekerasan dan ketelitiannya. Permasalahan yang sering timbul yaitu dalam hal pemanfaatan bahan yang sebelum dilakukan perlakuan panas bahan harus sudah dibentuk dengan cara dibubut maupun menggunakan alat *Computer Numerical Control* (CNC) untuk mempermudah penyayatan karena bahan belum terkena proses *heat treatment* dan kegunaan bahan sesuai keperluan yang diinginkan, setelah selesai baru dilakukan proses *heat treatment* untuk menambah kekerasan bahan yang diinginkan.

Kebanyakan baja karbon yang tersedia dipasaran mempunyai sifat kelelahan yang terbatas, kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa kehilangan fungsi pada suatu mesin disebabkan oleh kerusakan pada permukaan berupa keausan, retak maupun korosi. Apabila sifat permukaan suatu komponen dapat dimodifikasi, maka umur pakai komponen dapat bertambah.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan sifat-sifat permukaan yaitu dengan cara proses perlakuan panas yang sering diasosiasikan sebagai cara untuk menaikkan kekerasan material, sebenarnya dapat digunakan untuk mengubah sifat tertentu yang berguna atau dengan tujuan tertentu untuk kepentingan manufakturnya, seperti : menaikkan sifat *machining*, menaikkan sifat mudah dibentuk, mengembalikan elastisitas setelah operasi *cold work*. Bahkan perlakuan panas bukan hanya sebagai penolong sifat manufaktur, tetapi juga dapat meningkatkan performa material dengan meningkatnya kekuatan atau karakteristik tertentu dari material yang telah diproses laku panas tadi.

Sebuah rangkuman yang ditulis oleh Avner (1974: 676) menyatakan bahwa perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat mekaniknya. Baja dapat dikeraskan sehingga tahan aus dan kemampuan memotong meningkat atau dapat dilunakan untuk memudahkan proses pemesinan lanjut. Melalui perlakuan panas yang cepat, tegangan dalam dapat dihilangkan, ukuran butir dapat diperbesar atau

diperkecil. Selain itu ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet. Untuk memungkinkan perlakuan panas tepat, komposisi kimia baja harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, khususnya karbon dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat fisis. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kekerasan dalam perlakuan panas antara lain: komposisi kimia, langkah perlakuan panas, cairan pendinginan, temperatur pemanasan, dan lain-lain. Proses *hardening* cukup banyak dipakai di Industri logam atau bengkel-bengkel logam lainnya. Baja yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis baja karbon sedang yaitu baja *American Iron and Steel Insitute* (AISI) 1045.

Baja *American Iron and Steel Insitute* (AISI) 1045 merupakan baja yang tidak terlalu keras dan tidak terlalu lunak. Baja *American Iron and Steel Insitute* (AISI) 1045 mempunyai sifat-sifat pengerjaan dan kekuatan yang sangat baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat perbandingan, tingkat kekerasan baja *American Iron and Steel Insitute* (AISI) 1045 dan analisa pengaruh pendingin terhadap kekerasan bahan *American Iron and Steel Insitute* (AISI) 1045 setelah dilakukan proses *heat treatment.*

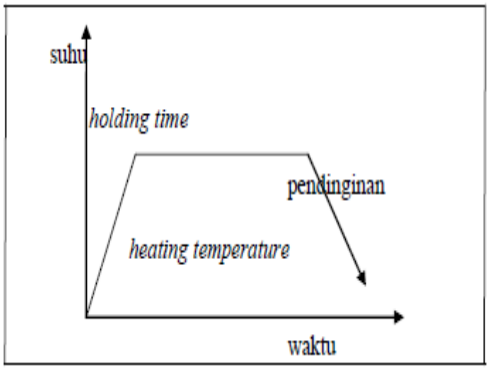
II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode taguchi dengan rancangan percobaan berupa ortogonal yang digunakan $L_{9.}$ Metode Taguchi diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taguchi yang merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses, dengan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Pengambilan data yang dilakukan adalah dengan mengukur kekerasan material dan dibantu dengan shoftware aplikasi minitab pada proses *Heat Treatment* dengan variasi pendingin.

Proses Heat Teatment

Proses perlakuan panas pada umumnya untuk memodifikasi struktur mikro baja sehingga meningkatkan sifat mekanik, salah satunya yaitu kekerasan (Smallman and Bishop, 1999). Perlakuan panas (*heat treatment*) adalah suatu proses mengubah sifat mekanis logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa mengubah komposisi kimia. Tujuan proses perlakuan panas untuk menghasilkan sifat-sifat logam yang diinginkan. Perubahan sifat setelah perlakuan panas dapat mencakup keseluruhan bagian logam atau sebagian dari logam (Mizhar dan

Suherman, 2011). Perlakuan panas biasanya menggunakan pemanasan dan pendingian hingga suhu ekstrim, untuk mencapai hasil yang diinginkan seperti pengerasan atau pelunakan baja. Perlakuan panas yang umum digunakan yaitu normalisasi, *hardening*, *tempering*, dan lain-lain (Choudhury *et al*., 2001). Pengerasan baja dilakukan dengan proses pemanasan dan pendinginan. Pada saat pendinginan mengalami transformasi martensit yang dapat meningkatkan kekerasan. Proses pengerasan ini tanpa mempengaruhi sifat-sifat yang lain (Zinn and Semiatin,1988). Skema pada proses ini secara sederhana dapat digambarkan melalui diagram temperatur terhadap waktu seperti Gambar 1.



Gambar 1. Diagram temperatur terhadap waktu **(**Karmin dan Ginting. 2012).

Pendinginan *(Quenching)*

Merupakan pendinginan secara cepat suatu logam dengan pencelupan pada media pendingin. Kekerasan maksimum dapat terjadi dengan mendinginkan secara mendadak sampel yang telah dipanaskan sehingga mengakibatkan perubahan struktur mikro. Laju *quenching* tergantung pada beberapa faktor yaitu temperatur medium, panas spesifik, panas pada penguapan, konduktivitas termal medium, viskositas, dan agritasi (aliran media pendingin). Kecepatan pendinginan dengan air lebih besar dibandingkan pendinginan dengan oli. Pendinginan dengan udara memiliki kecepatan yang paling kecil (Syaefudin, 2001). Media pendingi yang digunakan antara lain 1. Air 2. Minyak Goreng 3. Oli SAE 20.

Uji Kekerasan *Micro Vickers*

Pada uji kekerasan ini menggunakan indikator berbentuk piramida intan dengan berbentuk dasar bujur sangkar dengan dengan besar sudut 136^0 derajat terhadap kedua sisi yang berhadapan, besar sudut ini digunakan karena merupakan perkiraan rasio terideal indentasi diameter bola pada uji *brinell*, besar beban indentor bervariasi anatara 1 kg sampai 120 kg yang disesuaikan dengan tingkat kekerasan material spesimen. Angka kekerasan *vickres (VHN)* didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan (Diameter, 1987) bisa juga prinsip kerja uji kekerasan *micro vickers* adalah besar beban dibagi dengan luas daerah indentasi atau dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{L^2} = \frac{1{,}854P}{L^2}$$

Dengan :

P = beban yang detetapkan.

L = panjang diagonal rata – rata, µm.

Θ = sudut antara bidang yang berhadapan pada intan 136^0.

Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 termasuk baja karbon sedang. Hal ini dapat diketahui dari kandungan unsur karbon yang ditunjukkan pada kode penamaannya berdasarkan AISI yang merupakan badan standarisasi baja *American Iron and Steel Institude* dengan kode 1045 dimana angka 10xx menyatakan karbon steel sedangkan angka 45 menyatakan kadar karbon dengan persentase 0,45 %. Baja AISI 1045 umumnya memiliki nilai kekuatan tarik antara 570 hingga 700 MPa, dan nilai kekerasan antara 170 hingga 210 brinell. Baja AISI 1045 mempunyai Austenitic 820˚ C - 860˚ C dan juga memiliki karakter dengan kemampuan las yang baik, mampu mesin yang baik, serta memiliki kamampuan menyerap beban impak yang cukup baik.

Diagram Alir Penelitian

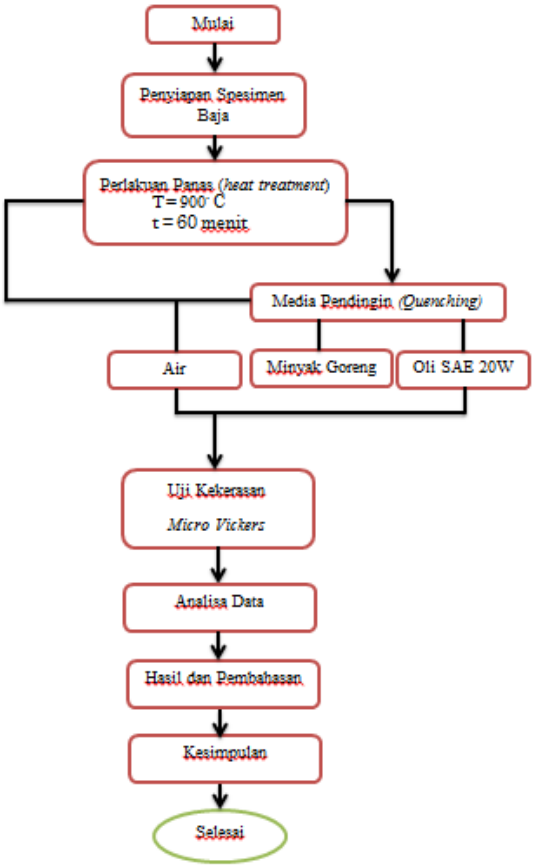


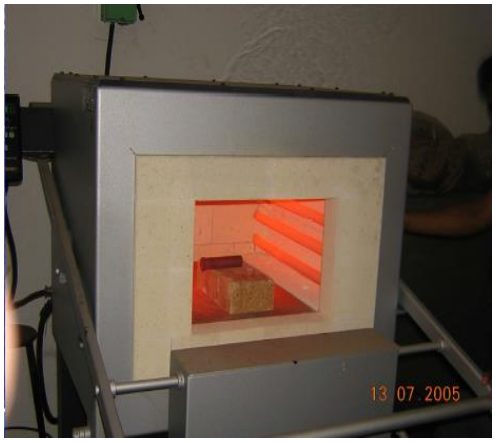
Diagram alir Gambar 2.

Alat dan Bahan

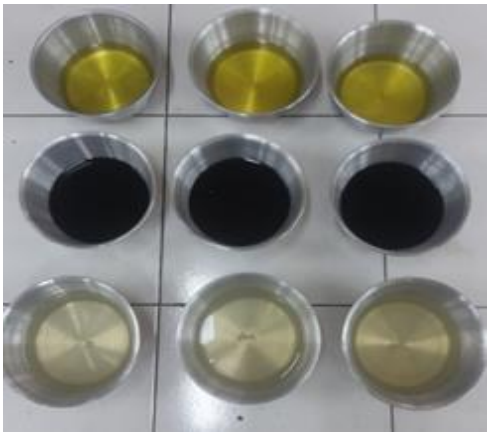
a. Mesin Amplas digunakan untuk menghaluskan spesimen yang akan diuji kekerasannya.
b. Tungku/Pemanas Logam digunaka untuk proses *Heat Treatment*.
c. Tangki pendinginan berupa bak (ember besi) dan di isi dengan pendingin air, pendingin minyak, pendingin oli
d. Alat Uji Kekerasan *Mikro Vickres Tester Model ESEWAY EW-412AAT* digunakan untuk menguji kekerasan bahan AISI 1045.

e. Baja karbon Menengah AISI 1045
f. Amplas dengan grade 200 sampai 1500
g. Autosol.

Gambar 3. Mesin Amplas



Gambar 4. Oven Pemanas Logam



Gambar 5. Wadah Pendingin

Gambar 6. Micro Vickers

Rancangan Percobaan

1. Rancangan eksperimen ini diawali dengan pemilihan matriks ortogonal yang tergantung dari banyaknya variabel kontrol dan level dari masing-masing variabel tersebut. Tabel 1 menunjukkan jenis variabel bebas, jumlah level dan nilai dari variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini.

Variabel Bebas		Level 1	Level 2	Level 3
A.	Media Pendingin	Air	Minyak	Oli
B.	Waktu Penahanan Pendingin	5 Menit	10 Menit	15 Menit

Tabel 1. Variabel bebas dan pengaturan level

Variabel Bebas	Level	Nilai Variabel		
Waktu Pendinginan	3	5	10	15
Media Pendingin	3	Air	Minyak Goreng	Oli SAE 20

Tabel 2. Variabel Bebas Penelitian

2. Matrik ortogonal yang akan digunakan harus memiliki derajat kebebasan yang sama atau lebih besar daripada total derajat kebebasan faktor dan level yang telah ditetapkan. Tabel 2. menunjukkan jenis variabel bebas, jumlah level dan nilai dari variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini.

3. Pengambilan data dilakukan secara acak dengan kombinasi parameter mengacu pada rancangan percobaan yang sesuai dengan matriks penelitian Tabel 3. Pengacakan ini dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak minitab 16.

Tabel 3. Matrik Penelitian

No	Parameter Perlakuan Panas	
	Media Pendingin	Pendengin
1	Air	5
2	Air	10
3	Air	15
4	Minyak	5
5	Minyak	10
6	Minyak	15
7	Oli	5
8	Oli	10
9	Oli	15

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel diatas, digunakan pada rancangan percobaan adalah L_9 (3^4). Matrik ortogonal jenis L_9 memiliki 4 kolom dan 9 baris yang mampu digunakan untuk empat buah variabel bebas yang masing-masing memiliki 3 level. Rancangan eksperimen untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4. berikut ini.

Tabel 4. Rancangan Percobaan

No	Waktu	Media	Kekerasan
1	1	1	Y_1
2	2	2	Y_2
3	3	3	-
4	1	1	-
5	2	2	-
6	3	3	-
7	1	1	-
8	2	2	-
9	3	3	-

Pengambilan data eksperimen dilakukan secara acak dengan kombinasi parameter mengacu pada rancangan percobaan yang sesuai dengan matrik ortogonal pada Tabel 4. Pengacakan ini dilakukan dengan menggunakan bantuan lunak perangkat *Minitab 16*. Pada setiap kombinasi parameter, eksperimen akan dilakukan dengan pengulangan sebanyak dua kali untuk mewakili pengujian kevalidan data.

Prosedur Percobaan

Langkah – langkah eksperimen yang akan dilakukan pada penelitian ini untuk mendapat kekerasan permukaan bahan adalah sebagai berikut :

a. Menyiapkan spesimen uji yang meliputi : penyesuaian ukuran bahan yang ditentukan, pembersihan bahan dari kerak atau kotoran yang dapat mengganggu proses *heat treatment.*

b. Pemotongan bahan AISI 1045 dengan ukuran panjang 2 cm dengan diameter 3 cm yang sudah di tentukan, jumlah pemotongan bahan 18 buah bagian yang menjadi bahan penelitian benda uji.
c. Menyiapkan mesin amplas yang berguna untuk menghaluskan permukaan bahan AISI 1045.
d. Memasang kertas amplas pada mesin penghalus amplas dengan kekasaran 200, bertahap sesuai keinginan tingkat kehalusan bahan hingga sampai 1500 kekasaran amplas.
e. Menyalakan mesin penghalus bahan dengan putaran yang disesuaikan dengan keinginan.
f. Mesin sudah siap selanjutnya arahkan bahan spesimen ke putaan mesin yang sudah di pasang amplas dan tekan seperlunya agar sedikit cepat dalam proses penghalusannya, penghalusan bahan pada salah satu sisi saja dengan parameter bahan sampai halus tanpa ada goresan yang dalam.
g. Selanjutnya bahan dimasukkan ke wadah kecil untuk spesimen dan setelah itu dimasukan kedalam tungku pemanas untuk proses heat treatment dengan suhu 900 ˚C dengan penahanan *holding time* sampai 60 menit
h. Selesai proses *heat treatment* spesimen dikeluarkan dan langsung dimasukkan kedalam wadah yang berisi pendinginan *(quenching)* oli, air, dan minyak goring.
i. Dengan durasi lama pendinginan 5 menit, 10 menit, 15 menit yang sudah divariasikan, setelah selesai angkat bahan dari wadah dan keringkan bahan dengan menggunakan kain bekas.
j. Setelah semua spesimen selesai didinginkan selanjutnya adalah menghaluskan lagi permukaan bahan yang kotor karna proses pembakaran, sampai dengan halus seperti penghalusan pertama. Pengujian kekerasan Pengujian kekerasan ini menggunakan alat uji kekerasan mikro Vickers dan menggunakan standar pengujian. Adapun langkah-langkah pengujian kekerasaannya sebagai berikut:
   1. Menghidupkan alat uji mikro vickers.
   2. Memasang spesimen sedatar mungkin.
   3. Memfokuskan lensa sehingga struktur mikro spesimen terlihat pada monitor untuk memilih tempat yang akan di indensi.

4. Menentukan beban yang akan digunakan yaitu 200 gf.
5. Mengukur jarak indensi, masing-masing spesimen dengan jarak 0.2, 0.4 dan 0.6 mm. Seperti terlihat pada gambar 3.8.
6. Menekan tombol star.
7. Mengukur panjang diagonal bekas indensi yang berbentuk segi empat. Semakin mendekati panjang kedua diagonal semakin baik hasil uji kekerasannya.
8. Mencatat nilai kekerasan mikro Vickers.

III. HASIL DAN KESIMPULAN

Pelaksanaan eksperimen penelitian dilakukan dengan mengkombinasikan hasil faktor – faktor yang paling baik dengan menggunakan alat penguji kekerasan *Micro Vickers Tester Model ESEWAY EW-412AAT,* dengan variabel – variabel proses *heat treatment* 900 ˚C penahanan *holding time* hingga 60 menit dengan pendinginan *(quenching) oli, air, dan minyak goreng* disertai variasi waktu 5 menit, 10 menit, 15 menit dan sangatlah diperlukan juga untuk memastikan kevalidan atau menambah ketelitian dari hasil sebuah eksperimen penelitian dengan pengulangan kembali penelitian atau *replikasi* dalam sebuah percobaan untuk mendapatkan ketelitian yang lebih tinggi.

Dari data hasil eksperimen yang diambil pada penelitian ini adalah tingkat kekerasan yang paling baik setelah proses *heat treatment* dan mengetahui waktu pendingian bahan AISI 1045 yang paling maksimal, rincian tentang hasil data perlakuan panas dan pendingin masing – masing dapat dilihat pada lampiran. Hasil eksperimen secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 5.

NO	VARIABEL PROSES				VARIBEL RESPON KEKERASAN		
-	M	W	MEDIA	WAKTU	REPLIKASI I	REPLIKASI II	RATA - RATA
1	1	1	AIR	5	518,2 VHN	596,0 VHN	557,1 VHN
2	1	2	AIR	10	391,4 VHN	236,6 VHN	302,8 VHN
3	1	3	AIR	15	445,6 VHN	722,0 VHN	583,8 VHN
4	2	1	MINYAK	5	178,7 VHN	194,6 VHN	186,6 VHN
5	2	2	MINYAK	10	178,6 VHN	193,1 VHN	185,9 VHN
6	2	3	MINYAK	15	209,4 VHN	202,6 VHN	206,0 VHN
7	3	1	OLI	5	188,3 VHN	195,3 VHN	191,8 VHN
8	3	2	OLI	10	176,2 VHN	205,2 VHN	183,5 VHN
9	3	3	OLI	15	185,0 VHN	198,0 VHN	191,5 VHN

Tabel 5. Data Hasil Penelitian

Pengambilan data dalam pengujian penelitian kekerasan ini dilakukan sebanyak dua pengulangan atau replikasi dengan menggunakan spesimen yang berbeda untuk setiap pengulangannya jadi total jumlah penelitian delapan belas (18) spesimen.

Analisa Variasi

Analisa variasi adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis data yang telah disusun dalam desain secara statistik. Data dari hasil eksperimen diuji

secara statistik untuk mengetahui variabel proses mana yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon, Analisa variasi (ANAVA) digunakan untuk mengetahui apakah *quenching* dan waktu penahanan pendingin memiliki pengaruh yang signifikan pada proses *heat treatment* terhadap kekerasan bahan AISI 1045. Tabel analisa variasi (ANAVA) untuk hasil kekerasan yang disusun berdasarkan perhitungan ditunjukan pada Tabel 6.

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Media	2	168629	168629	84315	11,29	0,023
Waktu	2	18552	18552	9276	1,24	0,380
Error	4	29867	29867	7467		
Total	8	217048				

Tabel 6. Analisa Variasi (ANAVA) Variabel Proses Pada Kekerasan.

Tabel 6. di atas adalah tampilan pengolahan data dengan menggunakan program minitab dan dapat kita tarik kesimpulkan jika nilai P < 0,05 berarti ada faktor yang paling signifikan terhadap pengaruh pada kekerasan bahan dan hasil data tabel diatas variasi faktor media P - Value 0,023 < 0,05 yang berarti signifikan atau berpengaruh terhadap kekerasan bahan, sedangkan variasi waktu P – Value 0,380 nilai F paling besar dari dua faktor yang di uji adalah media pendingin dengan hasil yaitu 11,29 artinya media pendingin memberikan pengaruh yang paling besar terhadap kekerasan bahan. Berdasarkan uji hipotesis distribusi F, maka variabel proses yang mempunyai pengaruh secara signifikan terhadap kekerasan bahan adalah tipe media, sedangkan waktu tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan bahan. Kesimpulan pengaruh untuk masing – masing variabel proses terhadap kekerasan ditunjukkan pada tabel 7. sebagai berikut :

Sumber Variasi	Kesimpulan
Media	Berpengaruh
Waktu	Tidak Perpengaruh

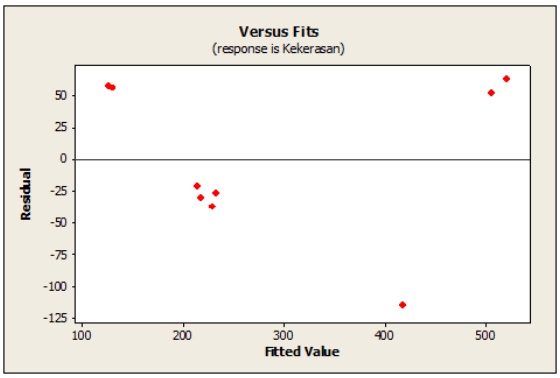
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 7. Kesimpulan pengaruh variabel proses terhadap kekerasan bahan.

Uji Identik

Kenapa harus menguji IIDN, karena analisa variasi mensyaratkan bahwa residual harus memenuhi tiga asumsi yaitu bersifat identik, independen dan berdistribusi normal dengan mean nol dengan variasi tertantu. Pemeriksaan asumsi *residual* identik dilakukan untuk melihat apakah residual memenuhi asumsi identik. Suatu data dikatakan identik apabila plot residualnya menyebar secara acak dan tidak membentuk suatu pola tertentu atau *residual* tersebar secara acak desekitar harga nol dan tidak membentuk pola tertentu. Nilai varians rata-ratanya

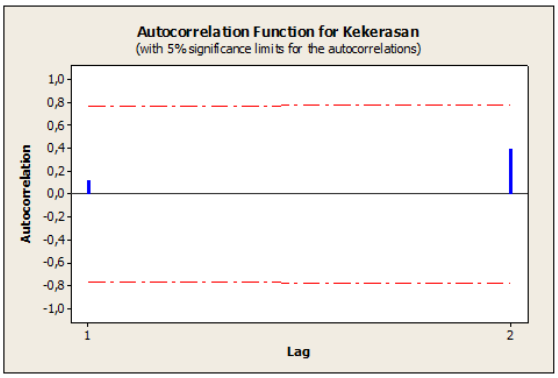
sama antara varians satu dengan yang lainnya dan hasil uji identik dapat dilihat pada : Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Indentik Kekerasan

Uji Independen

Pemeriksaan Asumsi Residual independen dilakukan untuk melihat apakah residual memenuhi asumsi independen. Suatu data dikatakan independen apabila plot residualnya menyebar secara acak dan tidak membentuk suatu pola tertentu. Pengujian independen pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *auto correlation function* (ACF). Berdasarkan *plot* ACF yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8.Uji Independen Kekerasan Bahan

Uji Kenormalan

Pengujian asumsi residual berdistribusi normal dilakukan untuk melihat apakah residual memenuhi asumsi berdistribusi normal atau tidak. Kenormalan suatu data dapat dilihat dari plotnya. Apabila plot sudah mendekati garis linier, dapat dikatakan bahwa data tersebut memenuhi asumsi yaitu berdistribusi normal. Uji kenormalan data juga dapat dilihat dari nilai hitung yang diperoleh dari hasil uji *kolmogorov smirnov*. Nilai hitung dan dibandingkan dengan nilai α. Hipotesisnya adalah sebagai berikut.

H_0 : Residual berdistribusi normal

H_1 : Residual tidak berdistribusi normal

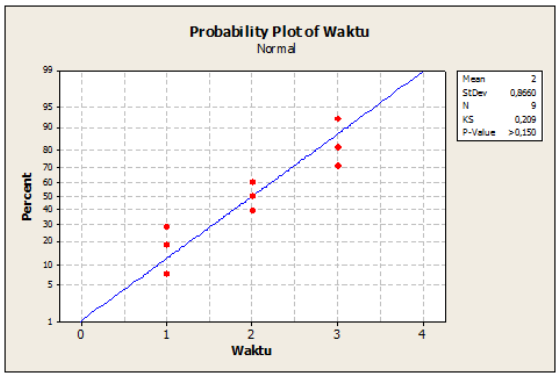
H_0 ditolak jika *p- value* lebih kecil dari α : 0.05.

Pada gambar 9. menunjukkan bahwa dengan uji *kolmogorov smirnov* diperoleh hasil:

1. *P-value* 0,010 yang berarti lebih kecil dari α : 0.05. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa H_0 berhasil atau *residual* berdistribusi normal.
2. *Mean* bernilai 287,7 yang berarti masih sangat besar untuk mendekati nol.

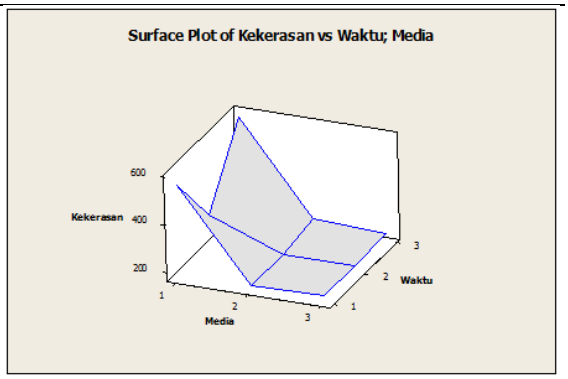
3. Variasi di redidual adalah sebesar $(0,357)^2 = 0,12745$
4. Dengan demikian asumsi residual berdistribusi normal dengan nilai *P-value* 0,010 yang berarti lebih kecil dari α : 0.05 dan memiliki variasi tertentu (sebesar 0,12745) telah terpenuhi.

Jadi suatu data dapat dikatakan baik apabila data tersebut memenuhi semua asumsi IIDN (Identik, Independen, Distribusi Normal), dengan ditunjukkan pada Gambar 9.

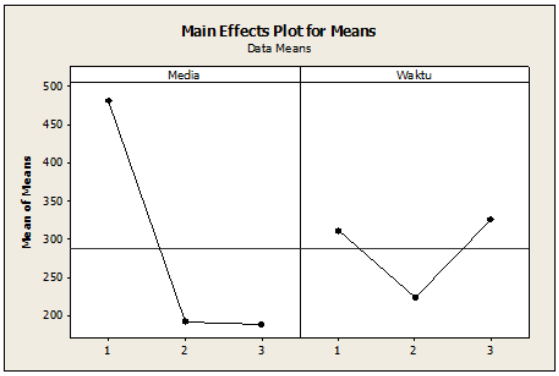


Gambar 9. Plot uji distribusi normal pada respon waktu.

Secara grafik, hubungan antara faktor media dan waktu pada proses *heat treatment* terhadap respon kekerasan permukaan ditunjukkan pada Gambar 10. dan Gambar 11.



Gambar 10 : Grafik *sulface plot* pengukuran pengaruh faktor media dan waktu terhadap respon nilai kekerasan permukaan.



Gambar 11: Grafik *Effects plot for Means* pengaruh faktor pada media dan waktu terhadap respon kekerasan.

Gambar 10. dan Gambar 11. menunjukkan bahwa peningkatan nilai faktor media dan waktu juga akan meningkatkan nilai kekerasan permukaan pada benda kerja hasil eksperimen. Dari gambar grafik *sulface plot* 10. menunjukkan bahwa nilai faktor waktu yang terendah terjadi pada kombinasi waktu faktor 2 dan media faktor 3 dengan nilai kekerasan rata - rata 210 VHN. Nilai kekerasan tertinggi didapatkan dengan

mengkombinasikan waktu faktor 3 dan media faktor 1 dengan hasil nilai kekerasan 405 VHN.

Gambar 11: Grafik *Effects plot for Means* juga menunjukkan bahwa yang paling rendah terjadi pada waktu faktor 2 dan media faktor 3 dengan hasil nilai kekerasan rata - rata 210 VHN dan hasil nilai kekerasan terbaik terdapat pada waktu faktor 3 dan media faktor 1 dengan nilai kekerasan rata-rata 405 VHN.

Pembahasan Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *heat treatment* dapat meningkatkan nilai kekerasan baja AISI 1045. Peningkatan nilai kekerasan terendah pada *quenching* oli SAE 20W dengan waktu tahan 10 menit mendapatkan hasil nilai kekerasan 183,5 VHN dengan kekerasan material sebelum diproses *heat treatment* sebesar 176,2 VHN. Pengaruh faktor – faktor besarnya kontribusi *quenching* dengan nilai kekerasan yang paling baik adalah media pendingin air dengan waktu tahan 15 menit dengan hasil nilai kekerasan yaitu 583,8 VHN. Untuk *quenching* minyak mendapatkan hasil rata-rata 192,8 VHN yang berarti lebih bagus dari pada pendingin oli dan peneliti temukan hasil baru bahwa titik uji kekerasan semakin ketepi hasil kekerasan semakin kecil.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis yang telah dilakukan, maka penelitian yang berjudul Analisa Pendingin Terhadap Kekerasan Bahan AISI 1045 Pada Proses *Heat Treatment* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kombinasi dari variabel – variabel media pendingin yang paling berpengaruh besar dan baik adalah media dengan faktor 1 yaitu air dengan kombinasi waktu dengan faktor 3 yaitu 15 menit dengan hasil kekerasan rata - rata 583,8 VHN. Media pendingin Oli SAE 20W dan Minyak Goreng masih belum bisa menyamai hasil pendinginan atau *quenching* dengan air dari hasil uji kekerasan *micro vikres.* Setelah pengujian kekerasan *micro vikres* bisa disimpulkan bahwa proses *heat treatment* dengan batas panas maksimal 900 ˚C penahanan *holding time* hingga 60 menit dengan pendinginan *(quenching) oli, air, dan minyak goreng* di sertai variasi waktu 5 menit, 10 menit, 15 menit. Kekerasan semakin ketepi spesimen semakin kurang baik untuk nilai kekerasannya.

2. Kekerasan yang terbaik ada di titik tengah diameter bahan AISI 1045.

Kombinasi terendah ada pada percobaan kedelapan dengan waktu faktor 2 yaitu 10 menit waktu pendinginan dan media faktor 3 yaitu pendingin Oli dengan hasil rata - rata 183,5 VHN. Dengan melihat hasil penelitian eksperimen baik dengan prediksi maupun kondisi penggunaan metode perancangan *Taguchi* dapat meminimalkan tingkat kecacatan penelitian dan memperbaiki kualitas produk dan proses dengan biaya seminimal mungkin.

IV. DAFTAR PUSTAKA

Al-Matsany, A. S. A. 2012. Diagram TTT (Time Temperature Transformation).http://blog.ub.ac.id/pertamaxxx/2012/03/12/diagram-ttt-time temperaturetransformation/.

Amanto, H. dan Daryanto. 1999. Ilmu Bahan. Jakarta, Bumi Aksara.

Amstead, B.H., Djaprie, S. (Alih Bahasa), 1995, Teknologi Mekanik, Edisi ke-7, Jilid I, PT. Erlangga, Jakarta

A. Ross, Stephen, Dkk. 2009. Pengantar Keuangan Perusahaan I. Jakarta, Salemba Empat.

Avner, 1974: 676 Heat Treatment, Perlakuan Panas. USA: Maxim Integrated Product Inc.

Beumer Ing, B. J. M., 1994: Ilmu Bahan Logam. Terjemahan B. S. Anwir. Jilid III. Penerbit Bhatara. Jakarta

Budiyanto. 2013. Proses Pembentukan Urine pada Ginjal. Available from: http://budisma.web.id/materi/sma/bilogi-kelasxi/proses-pembentukanurine-pada-ginjal/2013 tanggal 31 Maret 2013

Choudhury, K., D. Saha, and P. Chakraborty. 2001. “Geophysical Study for Saline Water Intrusion in a Coastal Alluvial Terrain”. Journal of Applied Geophysics. 46:189-200.

Dalil, M., Prayitno, A., Inonu, I., 1999. Pengaruh Perbedaan Waktu Penahanan Suhu Stabil (Holding Time) Terhadap Kekerasan Logam. Jurnal Natur Indonesia. Vol. II. No 1. Hal 12-17.

Gary, M. 2011. Heat Tretment. (Makalah Proses Produksi). Universitas Sriwijaya.

Giancoli, D. C. 1999. Fisika Jilid 1 Edisi Kelima. Erlangga. Jakarta.

Halliday, D. dan Resnick, R. 1985. Fisika Jilid 1 Edisi Ketiga. Erlangga. Jakarta.

Haryadi, G. D. 2005. Pengaruh Suhu Tempering Terhadap Kekerasan Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik pada Baja K-460. Jurnal Rotasi. Vol. 7. No. 3. Hal 1-10.

Higgins, R. A. 1999. Engineering Metallurgy, Part I, Applied Physical Metallurgy. Six Edition, Arnold. London.

Karmin dan Ginting, M. 2012. Analis Peningkatan Kekerasan Baja Amutit Menggunakan Media Pendingin Dromus. Jurnal Austenite. Vol. 4. No. 1.

Mitchell J, Clyde. 1961. "The Causes of Labour Migration", dalam Migrant Labour in Africa South of the Sahara. Abidjan: C.C.T.A.

Mizhar, S dan Suherman. 2011. Pengaruh Perbedaan Kondisi Tempering Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Dari Baja AISI 4140. Jurnal Dinamis Jurusan Teknik Mesin. Vol.2. No.8. Hal 21-26.

Montgomery, D. C. 2009. *Design and Analysis of Experimen*. John Wiley & Sons, Inc. New York.

R.E. Smallman, R.J Bishop. 2012, penterjemah Sriati Djaprie Metalurgi fisik modern dan rekayasa material.

Schonmetz, A., Gruber, K., 1985, Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam, PT. Angkasa, Bandung.

Schonmetz, A., Sinnl, P., dan Heuberger, J. 1977. *Fachkunde fur Metallberufe. Metallbearbeitung mit Maschinen, Drehen, Frasen, Schleifen, Hubeln un Stossen, Raumen, Feinstbearbeitung,* BOHMANN VERLAG AG, Wien.

Schonmetz, Gruber. 1985. Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam. Terjemahan Eddy D. Hardjapamekas. Bandung: Angkasa (Anggota IKAPI).

Smallman, R. E. and Bishop, R. J. 1999. Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering. Oxford, Butterworth-Heinemann. Hal 298.

Smith, Paul. R. 1995. Marketing Communication Intergrat. Approach 2nd Ed. Kogan Page, London.

Smith, 1995. Ilmu Bahan Logam. Rathcoole, County Dublin.

Soejanto, Agoes. 2005. Psikologi Perkembangan. Jakarta : Rineka Cipta

Soejanto, I. 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*, Graha Ilmu, Yogyakarta

Soejdono. 1978. Pengetahuan Logam 1. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Stanley Zinn, Lee Semiatin,Elements of Induction Heating Copyright © 1988 ASM International p 1-8 All rights reserved. DOI: 10.1361/eoih1988p001 www.asminternational.org

Sugiyono. 2010. Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D).Bandung : Alfabeta

. Sugiyono. 1995. *Metode Penelitian Bisnis* Bandung : Cv. Alpabeta

Supardi, E. 1999. Pengujian Logam. Aksara. Bandung.

Syaefudin. 2001. Pengerasan Baja Karbon Rendah dengan Metode Nitridasi dan Quenching. (Skripsi). Universitas Diponegoro. Semarang.

Van Vlack, L., 1992: Ilmu dan Teknologi Bahan. Terjemahan Srianti Djaprie. Edisi Kelima. Penerbit Erlangga. Jakarta.

Vlack, V. 1992. Ilmu dan Teknologi Bahan. Erlangga, Jakarta.

Wardoyo, J. T., 2005: Metode Peningkatan Tegangan Tarik Dan Kekerasan Pada Baja Karbon Rendah Melalui Baja Fasa Ganda. http://www.indoskripsi.com

Yogantoro, A. 2010. Penelitian pengaruh variasi temperatur pemanasan Low Tempering, Medium Tempering dan High Tempering pada medium carbon Steel Produksi Pengecoran Batur-klaten Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan ketangguhan. Tugas Akhir pada FPTK Universitas Muhammadiyah Surakarta : tidak diterbitkan.

Zaenal, H., George, B. E., 1997. Aplikasi Metalurgical Spectrometer. Balai Besar Industri Logam dan Mesin. Bandung.