

## **ANALISA PENGARUH PROSES *TEMPERING* TERHADAP KEKERASAN PADA BAJA AISI 4337 DENGAN VARIASI *HOLDING TIME***

**Tarmizi Husni\*, Rita Djunaidi\*, Reny Afriany\*, Ferdiansyah\*\***

\*Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA

\*\* Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA

*Email: Star\_silber@yahoo.co.id*

### **ABSTRAK**

Dalam perkembangan industri yang sangat pesat sekarang ini, kebutuhan dan pemakaian material yang memiliki keuletan dan ketangguhan semakin banyak dipergunakan orang dalam rangka untuk menjadikan material dengan sifat yang keras dan getas. Perlakuan panas (*heat treatment*) didefinisikan sebagai kegiatan pengolahan material dengan pemanasan dan pendinginan yang terkontrol untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu. Guna mendapatkan keinginan tersebut suatu proses yang lazim dipergunakan adalah proses tempering. Proses tempering memiliki tujuan untuk menghilangkan kegetasan dan menciptakan material menjadi ulet dan tangguh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lamanya waktu tunda pada saat proses tempering dengan lamanya waktu yang ditentukan yaitu dengan variasi waktu selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam, proses ini dilakukan dengan temperatur 660 °C, kemudian dilanjutkan dengan pengujian terhadap kekerasan terhadap baja tersebut dengan menggunakan metode Vickers. Dalam proses penelitian ini dipergunakan bahan berupa baja paduan rendah yang mengandung kadar C = 0,30 – 0,38 %, Si = 0,10 – 0,350 %, dan Mn = 0,45 – 0,70 %. Kemudian bahan diberi perlakuan berupa pemanasan dengan suhu temper 660°C. Dalam proses pengujian ini spesimen diberlakukan pengujian adalah pada bagian tengah, pinggir dan bagian yang paling dekat dengan kulit. Dari hasil pengujian yang mempergunakan alat uji kekerasan berupa Vickers ternyata didapatkan bahwa kekerasan baja yang sangat signifikan terdapat pada spesimen dengan waktu tunda selama 3 (tiga) jam sebesar 22 %, sedangkan pada saat waktu tunda selama 1 (satu) dan 2 (dua) jam nilai kekerasan pada spesimen memberikan perubahan secara berkala dengan prosesntase yang sama besar.

Kata Kunci: Heat Treatment, Proses Tempering, Kekerasan, Holding Time, Baja AISI.

### **1. PENDAHULUAN**

#### **1.1. Permasalahan**

Seiring dengan perkembangan dunia industri yang semakin pesat dewasa ini, telah mendorong para pelaku industri untuk meningkatkan penggunaan baja hasil pengerasan sesuai dengan keinginan yang diminta para konsumen. Proses yang dapat dilakukan guna mendapatkan baja yang keras dan ulet serta mengurangi tingkat kerapuhannya adalah dengan proses pengolahan material melalui pemanasan sampai suhu diatas daerah kritis disusul dengan proses pendinginan yang cepat yang dinamakan dengan proses quench, kemudian material dilakukan proses pemanasan ulang yang dibuat dengan proses tempering. Dalam proses tempering akan dipengaruhi oleh suhu temper dan lamanya waktu yang digunakan, keadaan ini akan menurunkan tingkat kekerasan dari logam. Kekerasan merupakan sifat ketahanan bahan terhadap tekanan.

Baja AISI 4337 banyak dipergunakan dalam bidang teknik dan proses industri, baja ini memiliki kekerasan yang tinggi sehingga cocok untuk dipergunakan pada komponen yang membutuhkan kekerasan, keuletan, maupun ketahanan terhadap gesekan.

#### **1.2. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini memiliki tujuan antara lain;

- a. Guna mengetahui berapa besar pengaruh lama waktu tunda pemanasan terhadap kekerasan bada baja AISI 4337.
- b. Guna mengetahui kekerasan masing-masing spesimen yang dilakukan proses pengujian

## 2. DASAR TEORI

Baja dapat dikatakan sebagai logam paduan dan didefinisikan sebagai suatu campuran dari besi (Fe) dan karbon (C) dimana unsur C menjadi dasar campurannya, kandungan karbon didalam baja berkisar antara 0,1 sampai 1,7 %, Dalam proses pembuatannya juga terdapat campuran lain berupa sulfur, fosfor, silikon dan mangan yang persentase campurannya dibatasi. Dalam prakteknya berdasarkan komposisi baja terdiri dari beberapa macam baja Carbon (*Carbon Steel*) dan baja paduan (*Alloy steel*).

### 2.1. Klasifikasi Baja Karbon

Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan kandungan karbonnya, antara lain,<sup>3</sup>

- a. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)  
Baja ini disebut dengan baja lunak (*mild Steel*), baja karbon rendah bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya (0,1 % – 0,25 %).
- b. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)  
Baja karbon medium mengandung kadar karbon (0,25 % - 0,55 %) dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja ini untuk dipergunakan pada pekerjaan dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai.
- c. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)  
Baja karbon tinggi mengandung kadar karbon sekitar (0,55 % - 1,00 %), Baja ini memiliki tegangan tarik yang tinggi dan biasa digunakan untuk keperluan pembuatan perkakas potong seperti; pahat bubut, mata bor, gergaji, dan lain-lain.

### 2.2. Baja AISI 4337

Baja AISI 4337 merupakan baja karbon medium dengan kadar karbon sebesar 0,30 %, yang memiliki ruang pemakaian sangat luas seperti sebagai baja konstruksi umum, profil bangunan, tulangan beton, mur, baut, pelat, pipa dan lain-lain. Baja AISI 4337 memiliki struktur yang terdiri dari *Ferrit* dan *Pearlite*, sehingga memiliki kekuatan yang relatif rendah, lunak serta memiliki keuletan yang tinggi sehingga mudah dibentuk dan di *machining*.

### 2.3. Sifat Mekanik Baja

Dalam menentukan kualitas baja biasa di hubungkan dengan sifat mekaniknya, sifat mekanik ini merupakan kemampuan material dalam menahan beban yang dikenakan kepadanya. Beban ini terdiri dari beberapa macam, misalnya beban tekan, beban geser, beban tarik, beban puntir, beban bengkok atau kombinasi dari beberapa beban.

Adapun sifat-sifat mekanik material yang terpenting antara lain adalah:

- a. Kekuatan (*Strength*) merupakan kemampuan material dalam menerima tegangan yang diberikan kepadanya. Kekuatan ini terdiri dari beberapa macam yang tergantung dari beban yang bekerja padanya, seperti kekuatan geser, kekuatan tarik, kekuatan puntir atau kekuatan bengkok.
- b. Kekerasan (*Hardness*) merupakan sifat mekanik yang menunjukkan kemampuan material dalam bertahan terhadap goresan, pengikisan, penertrasi.
- c. Kekenyalan (*Elasticity*) merupakan kemampuan material dalam menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadi perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan.
- d. Kekakuan (*Stiffness*) merupakan kemampuan material dalam menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) atau defleksi.
- e. Plastisitas (*Plasticity*) merupakan kemampuan material dalam menerima deformasi plastis yang permanen tanpa terjadi kerusakan.
- f. Ketangguhan (*toughness*) merupakan kemampuan material dalam menyerap energi tanpa terjadinya kerusakan.
- g. Keretakan (*Creep*) merupakan kecenderungan material untuk mengalami deformasi plastis yang besarnya merupakan fungsi waktu.

#### **2.4. Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)**

*Heat Treatment* (perlakuan panas) adalah suatu proses pemanasan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fisis logam tersebut. Baja dapat dikeraskan sehingga tahan aus dengan kemampuan memotong yang meningkat, atau baja dapat dilunakkan untuk memudahkan proses permesinan lebih lanjut melalui perlakuan panas yang tepat dan tegangan dalam dapat dihilangkan. Proses perlakuan panas pada dasarnya terdiri dari beberapa tahapan yang dimulai dari pemanasan sampai ke temperatur tertentu, lalu diikuti dengan penahanan selama beberapa saat, baru kemudian dilakukan proses pendinginan dengan kecepatan tertentu.<sup>1</sup>

Dengan adanya pemanasan atau pendinginan dengan kecepatan tertentu maka bahan-bahan logam dan paduan akan memperlihatkan perubahan strukturnya. Perlakuan panas adalah proses kombinasi antara proses pemanasan atau pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu.

#### **2.5. Pengerasan (*Hardening*)**

Pengerasan adalah proses pemanasan baja sampai pada suhu di daerah kritis atau di atas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat. Bila kadar karbon diketahui, suhu pemanasannya dapat dibaca, dengan diperoleh suhu yang tepat akan terjadi perubahan kekerasan dan sifat-sifat yang lainnya. Pada setiap operasi perlakuan panas, laju pemanasan merupakan faktor penting, panas merambat dari luar ke dalam dengan kecepatan tertentu. Bila pemanasan terlalu cepat, bagian luar akan jauh lebih panas dari bagian dalam, sehingga tidak didapat struktur yang merata. Bila bentuk benda tidak teratur, benda harus dipanaskan secara perlahan-lahan agar tidak mengalami distorsi atau retak. Makin besar potongan benda akan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh hasil yang nyata. Benda dengan ukuran yang lebih besar umumnya akan menghasilkan permukaan yang kurang keras meskipun kondisi perlakuan panas tetap sama.<sup>1</sup>

#### **2.6. Proses Tempering**

Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan kurang cocok digunakan melalui temper. Kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi syarat penggunaan. Proses temper terdiri dari pemanasan kembali baja yang telah dipanaskan atau dikeraskan pada suhu yang berada dibawah suhu kritis dan disusul dengan pendinginan.

Struktur logam yang tidak stabil dan tidak berguna untuk tujuan tertentu karena dapat mengakibatkan terjadinya pecah. Dengan penemperan, tegangan dan kegetasan diperlunak serta kekerasan sesuai dengan penggunaan. Ketinggian suhu penemperan dan waktu penghentian benda kerja tergantung pada jenis baja dan kekerasan yang dikehendaki. Dalam penemperan benda kerja atau material ditemper sampai sejauh tercapainya keuletan setinggi-tingginya pada kekerasan yang memadai. Penemperan harus dilakukan se segera mungkin setelah pengejukan karena tegangan kekerasan pada umumnya baru timbul beberapa saat setelah pengejukan. Apabila penemperan tidak langsung mengikuti pengejukan, bahaya keretakan dapat dikurangi dengan jalan memasukkan material ke dalam air yang mendidih selama beberapa jam. Selanjutnya material dengan cepat dicelupkan ke dalam media pendingin, dalam hal ini kekerasan baja yang diinginkan dapat dicapai dengan bergantung pada proses kecepatan pendinginan.

Pada dasarnya baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan. Melalui proses temper, kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan. Kekerasan dan kekuatan tarik akan turun sedangkan keuletan dan ketangguhan akan meningkat. Pada saat proses tempering dilaksanakan akan terjadi proses difusi yaitu proses dimana karbon dapat melepaskan diri dari *martensit* yang berarti keuletan baja akan naik (*ductility*) dan dalam keadaan demikian akan menurunkan kekuatan tarik serta kekerasannya. Sifat-sifat mekanik baja yang telah dicelup dan ditemper dapat diubah dengan cara mengubah temperatur temperingnya.<sup>5</sup>

## 2.7. Pengujian Kekerasan

Kekerasan merupakan salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari material logam. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami pergesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis.

Deformasi plastis sendiri merupakan keadaan suatu material ketika material tersebut diberikan gaya sehingga struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asalnya, artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuk semula.<sup>2</sup>

Pengujian kekerasan dapat dilakukan dengan bermacam cara, dalam hal ini yang akan dikemukakan hanya dengan metode *Vickers*.

Metode *Vickers* dikembangkan di Inggris tahun 1925-an dan dikenal juga sebagai *Diamond Pyramid Hardness Test* (DPH). Uji kekerasan *Vickers* menggunakan indenter piramida intan, besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan sebesar 136 °C membentuk seperti sudut layang-layang, sedangkan besar beban tekan uji *Vickers* antara 1 – 120 kgf.<sup>4</sup>

Metode *Vickers* memiliki kelebihan antara lain ;

1. Dengan benda penekan yang sama kekerasan dapat ditentukan tidak hanya untuk bahan yang lunak akan tetapi dapat juga untuk bahan yang keras.
2. Dengan bekas tekanan yang kecil dapat merusak bahan percobaan atau material uji lebih sedikit.
3. Pengukuran kekerasan dapat lebih teliti.
4. Kekerasan benda kerja atau material uji yang amat tipis atau lapisan permukaan yang tipis dapat diukur dengan gaya yang kecil.

Kekeurangan dari metode *Vickers*;

1. Dengan bekas tekanan yang kecil kekerasan rata-rata bahan uji yang tidak homogen tidak dapat ditentukan, misalnya terhadap besi tuang.
2. Penentuan kekerasan membutuhkan banyak waktu, oleh karena itu penekanan piramida dan pengukuran diagonal bekas tekanan adalah dua pelaksanaan yang berbeda.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1. Bahan dan Spesimen Pengujian

#### a. Bahan dan Alat

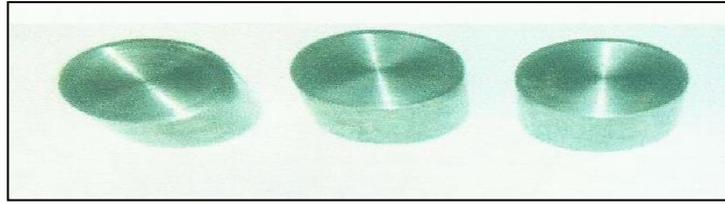
Baja merupakan paduan antara besi dan karbon dengan unsur paduan lainnya. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting Karena dapat meningkatkan Kekerasan dan kekuatan baja. Berdasarkan unsur paduannya klasifikasi baja mengikuti SAE dan AISI dalam hal ini baja karbon sebagai bahan dasar atau spesimen pengujian. Adapun spesimen pengujian ini terdiri dari spesimen dengan diameter 20 mm dan panjang 200 mm.

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa baja karbon medium atau menengah jenis AISI 4337, komposisi kimia spesimen terdiri dari;

Tabel 1. Komposisi Kimia Baja Karbon Medium AISI 4337

Spesimen Pengujian	Komposisi Kimia (%)			
	C	Cr	Ni	Mo
Baja AISI 4337	0,30 – 0,38	1,30 – 1,70	1,30 – 1,70	0,15 – 0,30

Adapun spesimen yang dipergunakan dalam penelitian dapat diikuti melalui gambar 1 dibawah ini;



Gambar 1. Bentuk Spesimen Yang Dipergunakan Dalam Penelitian

**b. Alat-alat yang digunakan**

Adapun alat-alat yang digunakan selama penelitian ini antara lain adalah;

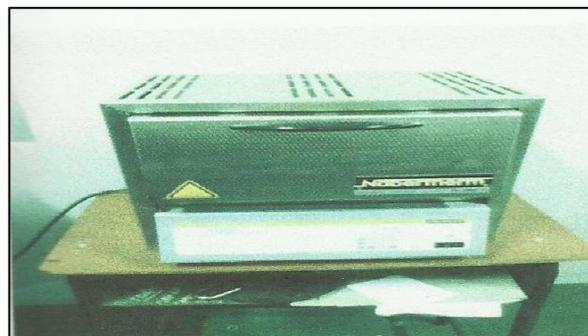
1. Jangka sorong
1. Mesin bubut
2. Tungku pemanas
3. Penjepit spesimen
4. Tempat oli
5. Alat uji kekerasan *Vickers*

Mesin Bubut dipergunakan untuk mengolah material, pembubutan dilakukan untuk meratakan permukaan material dari proses pemotongan yang tidak rata. Jenis mesin bubut yang dipergunakan dalam penelitian ini sebagaimana yang diperlihatkan dalam gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Jenis Mesin Bubut Yang Di Gunakan Dalam Penelitian

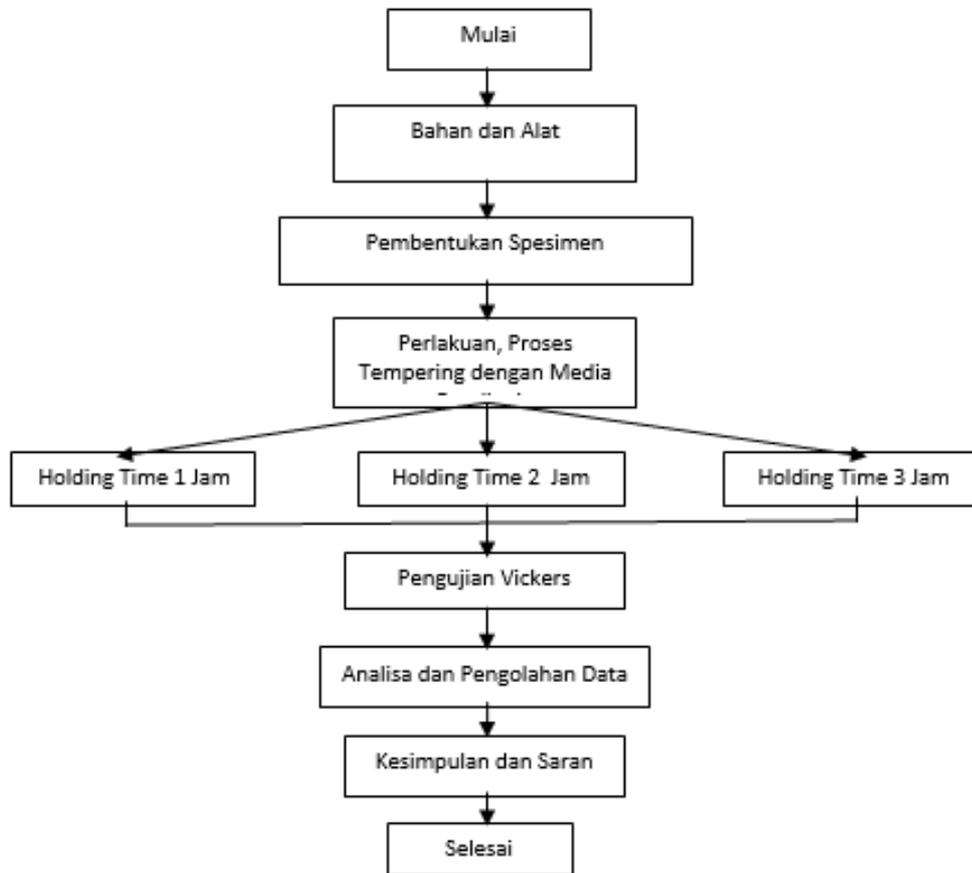
Sedangkan jenis tungku tempering yang dipergunakan sebagaimana yang diperlihatkan melalui gambar 3 berikut,



Gambar 3. Jenis Tungku Tempering yang dipergunakan

#### 4. Diagram Alir Penelitian

Guna melaksanakan proses penelitian ini dibuat rangkaian kegiatan yang dilakukan dengan berdasarkan pada diagram alir sebagai berikut;



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

#### c. Metode Pengujian

Pengujian dilakukan dengan alat uji Vickers. Selama pengujian berlangsung dari sebelum perlakuan panas hingga diberlakukannya proses temper terhadap semua spesimen tersebut, pengujian kekerasan merupakan faktor sangat penting untuk mengetahui tingkat kekerasan spesimen akibat proses temper dengan menahan waktu pemanasan. Untuk melakukan pengujian kekerasan dari spesimen tersebut dibutuhkan alat penguji kekerasan yaitu mesin uji kekerasan *Vickers (Mitutoyo Micro Vickers hardness Testing Machine MH 200. Standar JIS B &&25 / ISO 6507-2 / ASTM E 384)*.

#### d. Proses Pengujian

Dalam memenuhi proses penelitian dilakukan tahapan-tahapan yang dilaksanakan untuk memperoleh data-data hasil penelitian yang mencakup sebelum dan sesudah proses perlakuan panas (*tempering*) sebagai berikut;

1. Sebelum dilakukan proses temper, spesimen dari baja karbon medium tersebut dilakukan perlakuan panas hardening terlebih dahulu dengan suhu 850 °C dengan lama waktu penahanan selama  $\pm 30$  menit.
2. Lakukan proses tempering, dengan tiga tahapan yaitu 1 jam, 2 jam dan 3 jam, temperatur tempering ini terjadi pada suhu antara 550 °C – 660°C. Ketika mencapai suhu 660 °C

penahanan waktu dimulai dari waktu 60 menit untuk spesimen pertama, 120 menit untuk spesimen kedua dan 180 menit untuk spesimen ke tiga. Setelah sampai pada waktu yang ditentukan masing-masing spesimen langsung di celupkan pada media pendingin berupa oli.

3. Setelah dilakukan proses temper langkah selanjutnya adalah dengan melakukan pengujian kekerasan terhadap benda uji melalui proses pada mesin *Vickers*.

Untuk melakukan pengujian kekerasan terhadap spesimen dipergunakan alat uji kekerasan berupa mesin uji kekerasan *Vickers (Mitutoyo Micro Vickers Hardnes Testing Machines) HM-200*. Standar JIS B 7725/ISO 6507 – 2 /ASTM E 384 sebagaimana yang hdiperligatkan melalui gambar 4 dibawah ini;



Gambar 4 : Mesin Uji *Vickers*

Langkah-langkah kerja pengujian meliputi;

1. Periksa kondisi mesin
2. Hidupkan mesin *Micro Vickers* pada *switch on*
3. Hidupkan layar *display Camera*
4. Siapkan benda uji yang akan diuji, diusahakan dengan permukaan rata
5. Setting beban (F) dan waktu pada mesin *Micro Vickers* sesuai kebutuhan pengujian dalam hal ini beban yang diberikan  $F = 1$  Kgf, waktu 5 detik untuk indenter turun, 5 detik indenter menekan dan menahan, 5 detik terakhir indenter mengangkat.
6. Pada layar display akan muncul permukaan benda yang akan diuji, aturlah fokus kamera
7. Jika semua sudah diatur lalu lakukan pengujian dengan menekan indenter
8. Tunggu sampai proses indenter selesai (*finish*)
9. Pada layar display akan muncul gambar hasil pengujian
10. Pada bagian mesin *Micro Vickers* terdapat pengatur lensa yang akan mengatur ukuran diagonal hasil pengujian
11. Pertama setting lensa secara vertikal lalu rapatkan lensa hingga membentuk satu garis hitam, lalu tekan reset pada layar mesin (setting nol kembali)
12. Kemudian ukuran benda (dalam hal ini diagonal 1) dengan memutar handel lensa hingga terdapat dua garis pada dua sisi sudut hasil pengujian lalu tekan OK (tombol warna biru pada lensa)
13. Putar lensa sehingga membentuk garis horizontal, lalu lakukan hal yang sama seperti langkah pada urutan nomor 12, dalam hal ini diagonal 2 yang dihitung
14. Hasil kekerasan akan muncul pada layar mesin uji *micro Vickers*
15. Apabila telah selesai bersihkan mesin dan matikan mesin

Adapun perhitungan-perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan perumusan sebagai berikut;

**a. Pengujian Kekerasan Vickers**

$$VHN = \frac{1,854 \times P}{d^2}$$

Dimana;

VHN = *Vickers Hardness Number*

P = Beban yang diberikan (Kgf)

D = Panjang diagonal rata hasil identifikasi

**b. Perhitungan  *Holding Time***

$$\Sigma d = \frac{d1 \times d2}{2}$$

**c. Rata-rata Kekeasan**

$$X \text{ Rata - rata} = \frac{\Sigma \text{ nilai kekerasan}}{n}$$

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Data Hasil Pengujian

Dari pengujian yang dilakukan dengan menggunakan alat uji *Vickers* setelah proses *tempering* dengan variasi waktu tunda didapatkan data-data pengujian sebagai mana yang diperlihatkan melalui tabel 2 berikut;

Tabel 2 : Data Hasil Penelitian Kekerasan

No.	Waktu Tunda Pemanasan	Kekerasan			Rata-rata
		Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	
1	1 Jam	325,6	323,3	324,8	324,6
		347,2	326,5	330,8	334,8
		317,2	327,5	330,8	325,2
		<b>330</b>	<b>325,8</b>	<b>328,8</b>	328,2
2	2 Jam	311,5	310,8	303,7	308,6
		312,9	303,9	317,9	311,6
		314,5	307,1	308,3	310,0
		<b>313</b>	<b>307,3</b>	<b>310</b>	310,1
3	3 Jam	303	289,7	296,3	296,3
		302,9	301,8	304,5	303,1
		304,3	308	316,3	309,5
		<b>303,4</b>	<b>299,8</b>	<b>305,7</b>	303,0



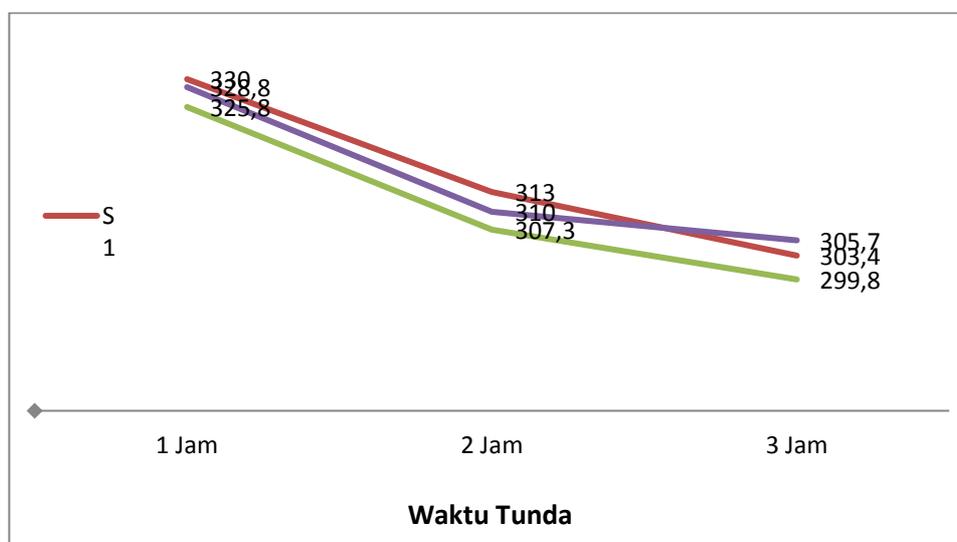
Gambar 5. Data Nilai Kekerasan Pada Mesin Untuk Speseimen 1

#### 4.2. Pembahasan

Dalam proses pengerasan baja dimana baja dipanaskan sampai pada batas suhu tertentu di daerah kritis atau diatas daerah kritis kemudian disusul dengan pendinginan yang cepat maka akan mempengaruhi dan terjadi perubahan terhadap sifat-sifat dari baja. Dalam pengujian kekerasan ini, dengan bahan baku yang dipergunakan berupa material baja AISI 4337, sehingga dapat diketahui bahwa batas maksimum suhu yang diperkenankan dalam proses temper berkisar antara 550 – 675 °C, sedangkan batas waktu minimum kurang lebih berkisar 30 menit.<sup>4</sup> Dalam penelitian ini dipergunakan suhu untuk proses temper sebesar 660 °C, kemudian lamanya waktu tunda yang dipergunakan bervariasi antara 1 jam, 2 jam dan 3 jam.

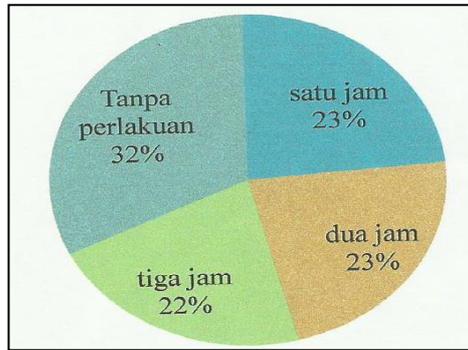
Dari data hasil pengujian sebagaimana yang diperlihatkan melalui Tabel 2 di atas, memperlihatkan bahwa nilai kekerasan yang dihasilkan antara waktu tunda pada waktu yang dipergunakan untuk 1 jam didapatkan data sebesar 330 HV, 325,8 HV dan 328,8 HV untuk spesimen 1, spesimen 2 dan spesimen ke 3.

Kemudian untuk waktu tunda 2 jam didapat data 313 HV, 307,3 HV dan 310 HV, untuk masing-masing spesimen 1, 2 dan 3. Sedangkan dengan waktu tunda selama 3 jam didapatkan data sebesar 303,4 HV, 299,8 HV, 305,7 HV masing-masing untuk spesimen1, 2 dan 3. Data penurunan nilai kekerasan terhadap waktu tunda ini dapat diikuti melalui gambar 6 dibawah ini.



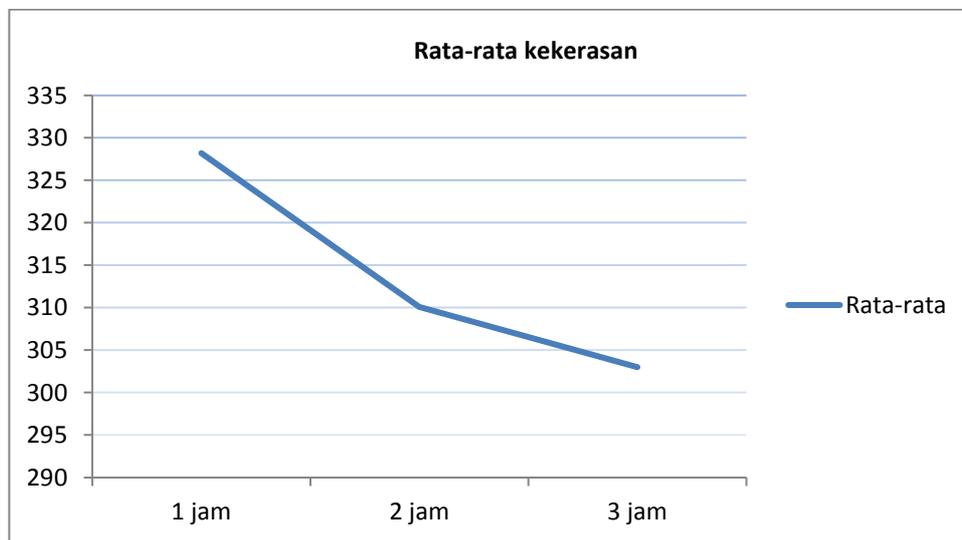
Gambar 6. Grafik Nilai Kekerasan material Terhadap Waktu Tunda Pemanasan

Selanjutnya dari data pada tabel 2 diatas juga didapat nilai prosentase antara waktu tunda dari 1 jam dan 2 jam ternyata memberikan nilai angka yang sama sebesar 23 %, sedangkan dengan waktu tunda sebesar 3 jam didapatkan nilai prosentase sebesar 22 %, keadaan ini didapat berdasarkan perbandingan antara waktu penundaan pemanasan terhadap spesimen dengan tanpa perlakuan panas yang mencapai 32 %, keadaan perbandingan ini dapat diikuti melalui gambar 7 dibawah ini,



Gambar 7. Perbandingan Nilai Persentase Pengujian Kekerasan

Dengan memperhatikan rangkaian data tersebut diatas dapat dikatakan bahwa dengan bertambahnya waktu tunda yang diberlakukan dalam proses pendinginan bahan atau material ini memiliki kecenderungan nilai yang semakin menurun, bila diambil secara rata-rata nilai kekerasan untuk masing-masing waktu tunda yang dilakukan adalah 328,2 HV untuk waktu tunda 1 jam, 310,1 HV untuk waktu tunda selama 2 jam dan 303 HV untuk waktu tunda selama 3 jam, sebagaimana yang diperlihatkan melalui gambar 3 grafik di bawah ini.



Gambar 7. Grafik Nilai Rata-rata Kekerasan material Terhadap Waktu Tunda Pemanasan

Penurunan kekerasan ini terjadi sebagai akibat dari proses pencelupan yang dilakukan secara bervariasi dari waktu 1 jam, 2 jam, dan 3 jam yang mana pada saat pendinginan yang cepat merupakan fase *Austenite* yang tidak sempat berubah menjadi *Ferrite* atau *Perlite* karena tidak ada kesempatan bagi atom-atom karbon yang telah larut dalam *Austenite* untuk mengadakan pergerakan difusi dalam bentuk *sementite* oleh karena itu akan terjadi *fase Martensite*. Dalam

fase ini merupakan fase yang sangat keras yang bergantung pada keadaan karbon *Martensite* yaitu fase menstabilkan yang terbentuk dengan laju pendinginan yang cepat.<sup>1</sup>

## 5. PENUTUP

### a. Kesimpulan

1. Terjadi penurunan tingkat kekerasan material akibat proses *tempering* dengan temperatur suhu yang ditetapkan sebesar 660 °C dengan waktu tunda 1jm, 2 jam, 3 jam.
2. Kekerasan yang sangat signifikan terjadi pada saat waktu tunda 3 jam sebesar 22 %, sedangkan saat waktu tunda sebesar 1 jam dan 2 jam terjadi perubahan secara berkala.
3. Semakin lama waktu penahanan pada waktu proses temper akan menyebabkan material menjadi semakin tangguh.

### b. Saran

1. Dalam melakukan proses temper sebaiknya tempat untuk meletakkan media pendingin sedekat mungkin dengan tungku pemanas agar tahap pencelupan akan lebih efisien atau tidak banyak dipengaruhi suhu udara bebas, bila hal ini terjadi maka akan mempengaruhi hasil dari proses temper.
2. Dalam pembuatan spesimen usahakan sisi bawah dari material uji tidak terdapat permukaan yang tidak rata karena akan berpengaruh terhadap proses pengujian yang dilakukan yaitu terjadi penekanan pada spesimen pengujian.

## Daftar Pustaka

Amstead, B.H., F. Ostwald, Philip., Begemen, Myron. L., 1981. *Teknologi Mekanik*, Terjemahan Ir. Sriati Djaprie, Penerbit Erlangga, Ciracas, Jakarta.

Beumer, B.J.M., 1994, *Ilmu Bahan Logam*, Terjemahan B. S. Aswir, Penerbit Bharata, Jakarta.

Basar, Kem Kem Achmad, 2003, *Pengaruh Temperatur Proses Temper Pada Baja Karbon Medium (HQ 705) Terhadap Sifat Mekanik*, Skripsi, Teknik Mesin, FT. UIBA, Palembang.

Schey, Jhon A., 2000, *Proses Manufaktur*, Terjemahan Ir. Rines, Dwiyani Asih, Indah Sri Utami, Basuki Heri Winarno, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Van Vlack, Lawrence, 2001, *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material*, Terjemahan Ir. Sriati Djafrie, Penerbit Erlangga, Ciracas Jakarta.

[http://www.alatuji.com / artical / detail / 3 / what-is-hardness test-uji-kekerasan #.VPNQLIPBCNO](http://www.alatuji.com/artical/detail/3/what-is-hardness-test-uji-kekerasan#.VPNQLIPBCNO) (Di akses 03 April 2016).

[http://www.alatuji.com / artical / detail / 3 / what-is-hardnes-stest-uji-kekerasan #.V08wtDV97IU](http://www.alatuji.com/artical/detail/3/what-is-hardnes-stest-uji-kekerasan#.V08wtDV97IU) (Di akses 03 April 2016)