

## PENGARUH PROSES *HEAT TREATMENT* PADA KEKERASAN MATERIAL *SPECIAL K (K100)*

Hera Setiawan  
Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus  
Kampus Gondang Manis, Bae PO. Box : 53 Kudus, 59352  
Telp. (0291) 443844 Fax. : (0291) 437198  
Email : [herasetiawan.umk@gmail.com](mailto:herasetiawan.umk@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh proses perlakuan panas (*heat treatment*) terhadap kekerasan material *special K (K 100)*. Material *Special K (K100)* dengan ukuran 25 mm x 20 mm x 50 mm dilakukan proses *heat treatment* sesuai dengan *instruction for treatment BOHLER STEEL MANUAL*, yaitu *hardening* dengan temperatur 950°C dan *quenching* dengan media pendingin oli, kemudian dilanjutkan *tempering* dengan temperatur 200 °C dan holding time 60 menit. Kekerasan sebelum dan sesudah proses *heat treatment* diperiksa dan dibandingkan. Hasilnya menunjukkan bahwa harga kekerasan rata-rata *raw material Special K (K100)* adalah 20 HRC, setelah proses *hardening dan quenching* 64 HRC, dan setelah *tempering* adalah 62 HRC.

**Kata kunci :** *heat treatment, special K (K100), BOHLER, kekerasan.*

### Abstract

The aim of this work is to study the effects of heat treatment process on the hardness of special K (K100) materials. The size of : 25 mm x 20 mm x 50 mm bar of special K (K100) materials was processed heat treatment as according to instruction for treatment BOHLER STEEL MANUAL, that is hardening with temperature at 950 °C and quenching with oil refrigerators media, then continued tempering with temperature at 200 °C and holding time 60 minutes. The hardness before and after process heat treatment was inspected and compared. The results of this study show that the hardness of raw material special K (K100) 20 HRC, after process hardening and quenching 64 HRC, and after tempering 62 HRC.

**Key Words :** *heat treatment, special K (K100), BOHLER, hardness.*

### 1. Pendahuluan

Material untuk *cutting tools (punching tools)* dan *forming tools (non cutting tools)* adalah jenis material yang mempunyai kekerasan dan keuletan yang baik. Hal ini dapat dicapai dengan perlakuan panas pada material *dies* dan *punch* (Oestwald dan Munoz, 1996).

Sebelum pengerjaan pembuatan *punch* dan *die* dengan mesin *wire cut* dilakukan, material *tools (punch dan die)* di *heat treatment (hardening dan tempering)* terlebih dahulu untuk memperoleh nilai kekerasan yang lebih tinggi dari material benda kerja, karena syarat kekerasan *tools* untuk pemotongan adalah nilai kekerasan *tools* harus lebih tinggi dari pada nilai kekerasan dari material benda yang akan dipotong ([www.bohler-edelstahl.com](http://www.bohler-edelstahl.com)).

Untuk proses *heat treatment* yang dikerjakan, harus sesuai dengan *instructions for treatment* yang dianjurkan agar di dapat hasil yang baik.

Umur pemakaian yang pendek pada *punch* dan *die* menimbulkan kerugian pada proses produksi, sehingga permasalahan *punch* dan *die* yang mudah pecah, cepat tumpul dan tidak dapat memotong dengan baik harus segera diatasi (Oestwald dan Munoz, 1996).

Berdasarkan BOHLER STEEL MANUAL P.T. BOHLINDO BAJA, kekerasan material *Special-K (K100)* setelah mendapatkan *treatment* idealnya memiliki umur pemakaian yang panjang, karena memiliki kekerasan yang tinggi.

Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh penulis diketahui bahwa proses *ECAP* (*equal channel angular pressing*) dapat meningkatkan kekerasan bahan (aluminium 1050) sebesar 38%, dari 21,60 BHN menjadi 29,82 BHN (Setiawan, 2008).

Perlu dilakukan penelitian tentang proses dan pengaruh *heat treatment* terhadap sifat atau karakteristik material *Special-K* (*K 100*) baik sebelum maupun sesudah proses *heat treatment* sehingga diketahui kekuatannya.

Material *Special K* (*K 100*) adalah jenis material yang mempunyai kekerasan dan keuletan yang baik, termasuk *cold work tool steel* (baja untuk proses pengerjaan dingin). Biasa digunakan pada proses *blanking*, *punching* dan *shearing*. Komposisi kimia material *Special K* (*K 100*) adalah 2% C; 0,25% Si; 0,35% Mn; 11,5% Cr ([www.bohler-edelstahl.com](http://www.bohler-edelstahl.com)).

Sifat mekanik tidak hanya tergantung pada komposisi kimia suatu bahan, tetapi juga tergantung pada struktur mikronya. Suatu bahan dengan komposisi kimia yang sama dapat memiliki struktur mikro yang berbeda, dan sifat mekaniknya akan berbeda. Struktur mikro tergantung pada proses pengerjaan yang dialami, terutama proses *heat treatment* yang diterima selama proses pengerjaan (Callister, 2000).

*Heat treatment* (perlakuan panas) adalah proses pemanasan dan pendinginan yang terkontrol dengan maksud mengubah sifat fisik dari logam. Prosedur dari perlakuan panas tersebut adalah berbeda-beda tergantung tujuan dari pemberian proses perlakuan tersebut, yang biasanya mengacu pada sifat-sifat mekanik dari pada material benda kerja. Langkah pertama dalam proses *heat treatment* adalah pemanasan logam atau paduan dalam temperatur yang berbeda-beda dan dengan atau tanpa memberikan waktu penahanan (*holding time*), yang kemudian dilanjutkan dengan mendinginkannya dengan laju pendinginan yang diinginkan. Temperatur pengerasan sangat tergantung pada kadar karbon, dan temperatur pengerasan turun jika kadar karbon naik. Ada beberapa proses *heat treatment*, diantaranya adalah *annealing*, *normalizing*, *hardening*, dan *tempering* (Callister, 2000 ; Surdia dan Saito, 2000).

*Hardening* dilakukan untuk memperoleh kekerasan dan sifat tahan aus yang tinggi, kekuatan dan *fatigue limit* atau *strength* yang lebih baik. Kekerasan yang dapat dicapai tergantung pada kadar karbon dalam baja, dan kekerasan yang terjadi akan tergantung pada temperature pemanasan (*temperature austenitising*), *holding time* dan laju pendinginan yang dilakukan.

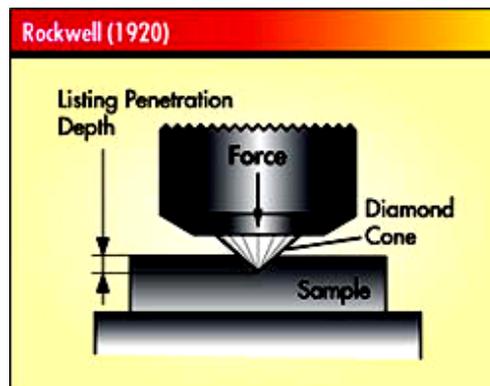
*Quenching* (celup cepat) adalah salah satu perlakuan panas dengan laju pendinginan cepat yang dilakukan dalam suatu media pendingin misal air atau oli. Untuk memperoleh sifat mekanik yang lebih keras. Untuk baja karbon rendah dan baja karbon sedang lazim dilakukan pencelupan dengan air. Untuk baja karbon tinggi dan baja paduan biasanya digunakan minyak (oli) sebagai media pencelupan, pendinginannya tidak secepat air. Tersedia berbagai jenis minyak, seperti minyak mineral dengan kecepatan pendinginan yang berlainan sehingga dapat diperoleh baja dengan berbagai tingkat kekerasan. Untuk pendinginan yang cepat dapat digunakan air garam atau air yang disemprotkan. Beberapa jenis logam dapat dikeraskan melalui pendinginan udara terlalu lambat. Benda yang agak besar biasanya dicelup dalam minyak. Suhu media celup harus merata agar dapat dicapai pendinginan yang merata pula.

Tujuan *tempering* adalah menghilangkan tegangan sisa akibat *hardening* yang bisa menimbulkan retak dan untuk mengembalikan ketangguhan bahan, yaitu dengan cara memanaskan sampai temperature tertentu yang lebih rendah dari temperatur *hardening*. Pada material *special K* (*K 100*) untuk mendapatkan nilai kekerasan dibutuhkan temperatur 200°C, ditahan selama 60 menit pada temperatur tersebut, kemudian didinginkan pada dapur itu sendiri dengan mematikan sumber panas sampai temperatur mencapai temperatur kamar.

Kekerasan suatu bahan (baja) dapat diketahui dengan pengujian kekerasan memakai mesin uji kekerasan (*hardness tester*) menggunakan tiga metoda atau teknik yang umum dilakukan yaitu metoda *Brinell*, *Rockwell* dan *Vickers* (Callister, 2000 ; Dieter, 1996)

Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number <sup>a</sup>
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			P	$HV = 1.854P/d_1^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P	$HK = 14.2P/l^2$
Rockwell and Superficial Rockwell	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diamond cone</li> <li><math>\frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}</math> in. diameter</li> <li>steel spheres</li> </ul>	 	 	<ul style="list-style-type: none"> <li>60 kg</li> <li>100 kg</li> <li>150 kg</li> <li>15 kg</li> <li>30 kg</li> <li>45 kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rockwell</li> <li>Superficial Rockwell</li> </ul>

Gambar 1. Teknik pengujian kekerasan (Callister, 2000)



Gambar 2. Pengujian kekerasan dengan metoda Rockwell (Callister, 2000)

Uji kekerasan *Rockwell* sering dipakai untuk material yang keras. Hal ini disebabkan oleh sifat-sifatnya yaitu cepat, bebas dari kesalahan manusia, mampu untuk membedakan perbedaan kekerasan yang kecil pada baja yang diperkeras, dan ukuran lekukannya kecil, sehingga bagian bagian yang mendapatkan perlakuan panas yang lengkap, dapat diuji kekerasannya tanpa menimbulkan kerusakan (Callister, 2000 ; Surdia dan Saito, 2000).



Gambar 3. Alat Pengujian Kekerasan *Rockwell*

Prinsip pengujian pada metoda *Rockwell* adalah dengan menekan *penetrator* ke dalam benda kerja dengan pembebanan dan kedalaman *indentasi* akan memberikan harga kekerasan yaitu perbedaan kedalaman *indentasi* yang didapatkan dari beban mayor dan minor.

Pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda uji (spesimen) yang berupa bola baja (HRB) ataupun kerucut intan (HRC) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Pengukurannya dapat dilakukan dengan bantuan sebuah kerucut intan dengan sudut puncak 120° dan ujungnya yang dibulatkan sebagai benda pendesak (*indenter*).

Penelitian ini bertujuan melihat pengaruh proses *heat treatment* pada kekerasan material *special K (K 100)* dan membandingkan hasilnya dengan BOHLER STEEL MANUAL P.T. BOHLINDO BAJA.

Penelitian ini diharapkan dapat :

1. Memberikan kontribusi positif bagi ilmu pengetahuan dan teknologi untuk meningkatkan kekuatan bahan dengan proses *heat treatment*.
2. Menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya sehingga didapatkan bahan dengan sifat yang lebih baik dan sesuai dengan kebutuhan.

## 2. Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan menguji dan menganalisa sifat mekanis, yaitu kekerasan material sebelum dan sesudah proses *heat treatment*. Dari hasil penelitian ini akan dibandingkan dengan BOHLER STEEL MANUAL P.T. BOHLINDO BAJA.

### Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua batang material *Special K (K100)* dengan ukuran 25 mm x 20 mm x 50 mm.

### Alat-alat yang digunakan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Mesin pemotong,
2. Mesin gerinda,
3. Mesin poles,
4. Amplas (kertas gosok SiC),
5. *Metal polish* (Autosol), kain halus dan kertas tissue, untuk menghaluskan bahan,
6. *Heat Treatment Furnace* (dapur listrik)
7. Alat uji kekerasan *Rockwell*,
8. Sarung tangan,
9. Tang penjepit,
10. Oli.

### Langkah-langkah Penelitian

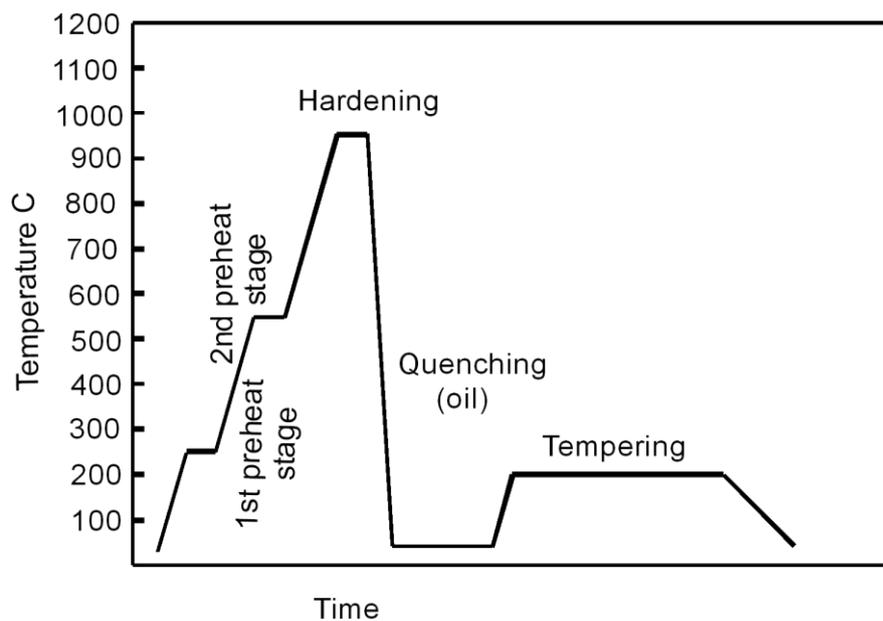
Adapun langkah-langkah yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan Spesimen
2. Memotong material *Special K (K 100)* sesuai dengan ukuran dan jumlah yang diperlukan, yaitu dua buah spesimen dengan ukuran 25 mm x 20 mm x 50 mm.
3. *Pre Treatment*  
Proses ini meliputi proses perataan permukaan untuk menghilangkan karat dan kotoran, proses penghalusan permukaan dengan mesin gerinda dan mesin poles hingga terlihat mengkilat.
4. Proses *Heat Treatment*  
Spesimen *heat treatment* adalah material *Spesial-K (K 100)* yang mendapatkan perlakuan yaitu :  
*Hardening* dengan temperatur *hardent* 950°C dengan pencapaian suhu maksimum melalui 3 kali langkah, dari temperatur ruangan atau temperatur awal *raw material*, seperti yang terlihat pada gambar 4, yaitu :  
± 250 °C (*1st preheat stage*)  
± 550 °C (*2nd preheat stage*)

$\pm 950\text{ }^{\circ}\text{C}$  (*Hardening*)

*Quenching* dengan media pendingin oli

5. Membersihkan spesimen dari kerak sisa minyak yang terbakar dengan air.
6. Memotong spesimen hasil proses *heat treatment* menjadi 2 bagian sama besar, menghaluskan permukaan dengan mesin poles hingga terlihat mengkilat.
7. Hasil potongan yang satu (spesimen B1) disimpan untuk selanjutnya dilakukan uji kekerasan hasil proses *hardening* dan *quenching*.
8. Potongan yang lain (spesimen B2) dilanjutkan dengan proses *tempering* dengan suhu  $200^{\circ}\text{C}$  dengan waktu penahanan selama 60 menit, dan didinginkan perlahan-lahan dengan cara dibiarkan dalam dapur sehingga mencapai temperatur ruangan.
9. Membersihkan spesimen hasil proses *tempering* dengan mesin poles, dilanjutkan pengujian kekerasan.



**Gambar 4.** Proses *Heat Treatment* pada material K 100 (Bohlindo Baja, 2000)

#### **Pengujian kekerasan**

Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen sebelum dan sesudah proses *heat treatment* dengan alat uji kekerasan *Rockwell*.



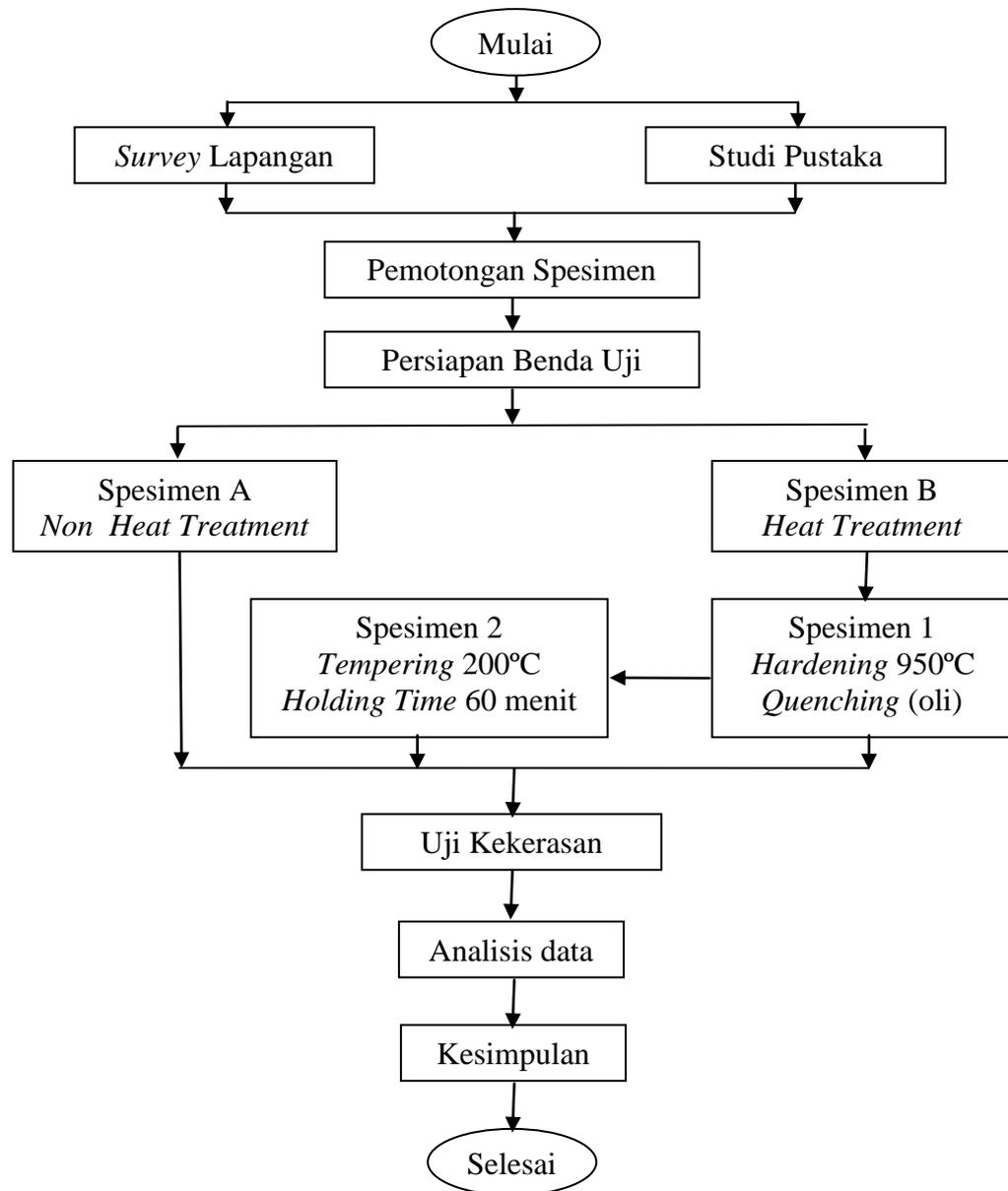
**Gambar 5.** Pengujian kekerasan dengan metoda *Rockwell*

Cara pengukuran kekerasan dengan metode HRC (*hardness rockwell cone*) :

1. Memilih pada permukaan yang rata untuk bagian yang akan ditekan dengan penetrator,
2. Memasang landasan rata untuk benda uji pada dudukannya,
3. Menggerakkan tuas pada posisi 1,
4. Memasang penetrator (kerucut intan  $120^\circ$ ) pada pemegangnya, kemudian memasukkan pemegang pada dudukannya dengan mengencangkan baut dengan kunci L,
5. Memilih beban utama dengan cara memutar roda pengatur landasan,
6. Menjepit benda uji dengan memutar roda pengatur landasan,
7. Menggerakkan tuas ke posisi 2 secara perlahan-lahan dengan selalu melihat penetratornya untuk menjamin tidak terjadi benturan dengan benda uji. Jika permukaan benda uji sedikit miring, posisikan bagian yang rendah di depan. Pada posisi 2 ini jarum indikator telah berputar,
8. Menggerakkan tuas ke posisi 3 secara perlahan-lahan sebagai pembebanan awal. Mengatur jarum penunjuk pada dial indikator pada posisi 0 untuk menghilangkan beban awal sesuai dengan metoda yang digunakan. Pada mesin ini hanya tersedia metode *Rockwell B* dan *Rockwell C*. Gunakan skala bagian luar untuk *Rockwell C*,
9. Menggerakkan tuas ke posisi 4 secara perlahan-lahan sebagai pembebanan utama. Jarum pada peraga akan bergerak, menunggu hingga jarum berhenti lagi (kira-kira 20 detik)
10. Menggerakkan tuas pada posisi 3 perlahan-lahan, membaca angka kekerasannya pada angka yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk.
11. Mengembalikan tuas pada posisi 2, dan posisi 1 secara perlahan-lahan.
12. Pengujian dilakukan 5 kali dengan cara menggeser benda uji.

### Diagram Alir Penelitian

Gambar 6 dibawah ini menunjukkan diagram alir penelitian yang dilakukan.



Gambar 6. Diagram alir penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Hasil

Dari penelitian yang dilakukan pada material *special K (K100)* didapatkan hasil sebagai berikut.

#### Spesimen

Gambar 7 dibawah ini menunjukkan spesimen *heat treatment* material *special K (K100)*, yaitu *raw material A*, material hasil proses *hardening* dan *quenching B<sub>1</sub>*, dan material hasil proses *hardening* dan *quenching* kemudian dilanjutkan dengan proses *tempering B<sub>2</sub>*.



**Gambar 7.** Spesimen *heat treatment*

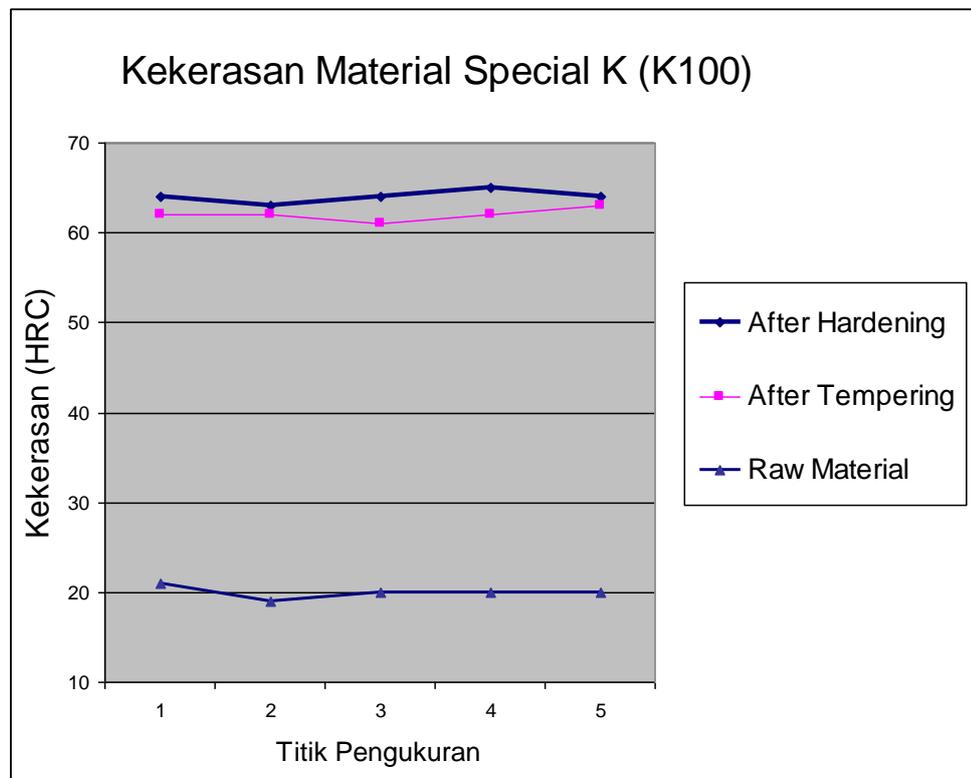
**Kekerasan**

Hasil pengukuran kekerasan (HRC) *special K (K 100)* raw material dan sesudah proses *heat treatment* ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil pengukuran kekerasan material *special K (K 100)*

Spesimen	Kekerasan (HRC)					Rata-rata	Stdev
	1	2	3	4	5		
<i>Raw Material</i>	21	19	20	20	20	20.0	0.707
<i>After Hardening &amp; Quenching</i>	64	63	64	65	64	64.0	0.707
<i>After Tempering 200°C</i>	62	62	61	62	63	62.0	0.707

Dari tabel 1 diatas dapat dibuat grafik kekerasan material *special K (K 100)* seperti yang terlihat pada gambar 8.



**Gambar 8.** Grafik kekerasan material *special K (K 100)*

## Pembahasan

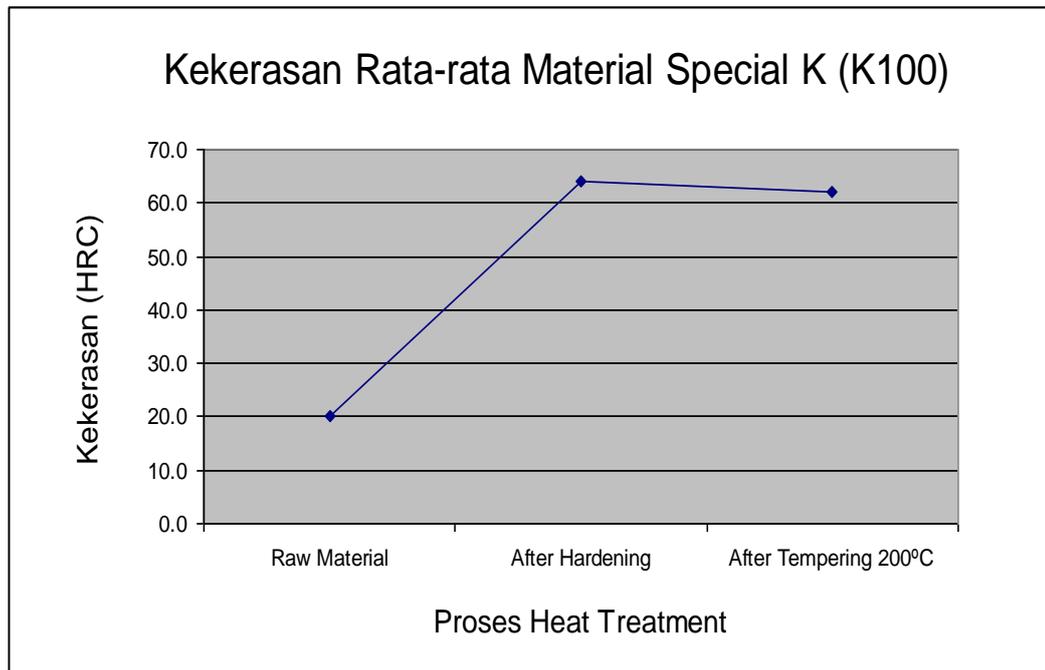
Hasil pengukuran kekerasan material *special K (K 100)* diatas akan diperiksa dan dibandingkan dengan standar kekerasan *BOHLER Steel Manual* PT. Bohlindo Baja seperti yang terlihat pada tabel 2 dibawah.

**Tabel 2.** Kekerasan K 100 *BOHLER Steel Manual* (Bohlindo Baja, 2000)

Material <i>Special K (K100)</i>	Kekerasan (HRC)
<i>Raw Material</i>	20
<i>After Hardening</i>	63-65
<i>After Tempering 100° C</i>	64
<i>After Tempering 200° C</i>	62
<i>After Tempering 300° C</i>	59
<i>After Tempering 400° C</i>	57

### *Raw Material*

*Raw material* adalah *special K (K 100)* dengan kekerasan rata-rata 20 HRC, kekerasan material cukup merata pada setiap titik pengukuran, dengan standar deviasi yang kecil yaitu 0,707. Nilai kekerasan *raw material* ini sesuai dengan standar kekerasan *BOHLER Steel Manual* PT. Bohlindo Baja seperti yang terlihat pada tabel 2 diatas.



**Gambar 9.** Grafik kekerasan rata-rata material *special K (K 100)*

### **After Hardening**

Hasil proses *hardening* dan *quenching* material *special K (K100)* mengalami peningkatan kekerasan yang cukup besar dibandingkan dengan *raw material* yaitu naik 220% dari 20 HRC menjadi 64 HRC. Peningkatan kekerasan ini sesuai dengan standar yang ditetapkan *BOHLER Steel Manual* PT. Bohlindo Baja yaitu 63-65 HRC.

Nilai kekerasan hasil proses *hardening* dan *quenching* cukup merata dengan *standar deviasi* 0,707.

#### After Tempering

Kekerasan hasil proses *tempering* 62 HRC, sesuai dengan standar yang ditetapkan *BOHLER Steel Manual* PT. Bohlindo Baja, dan kekerasannya cukup merata dengan *standar deviasi* 0,707.

Peningkatan kekerasan material *Special K (K 100)* hasil proses *heat treatment* dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3.** Peningkatan kekerasan material *special K (K 100)* hasil proses *heat treatment*

Specimen	Kekerasan (HRC)	Kenaikan dari	
		raw material	Sebelumnya
Raw Material	20.0	0.00%	0.00%
After Hardening	64.0	220.00%	220.00%
After Tempering 200°C	62.0	210.00%	-3.13%

Peningkatan kekerasan hasil proses *hardening* dan *quenching* dibandingkan dengan *raw material* cukup besar, yaitu 220 % dari 20 HRC menjadi 64 HRC, hal ini sesuai dengan tujuan dari proses *hardening* dan *quenching* yaitu untuk memperoleh kekerasan dan sifat tahan aus yang tinggi, kekuatan dan *fatigue limit* atau *strength* yang lebih baik (Callister, 2000 ; Surdia dan Saito, 2000).

Setelah mengalami proses *tempering*, kekerasan ini turun sebesar 3,13 % dari 64 HRC menjadi 62 HRC jika dibandingkan dengan proses sebelumnya yaitu *hardening* dan *quenching*. Jika dibandingkan dengan *raw material*, kekerasan hasil proses *tempering* mengalami kenaikan sebesar 210 % dari 20 HRC menjadi 62 HRC.

Penurunan kekerasan ini merupakan konsekuensi dari tujuan *tempering* yaitu menghilangkan tegangan sisa akibat *hardening* dan *quenching* yang bisa menimbulkan retak dan untuk mengembalikan ketangguhan bahan.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan :

1. Hasil proses *hardening* dan *quenching* material *special K (K 100)* mengalami peningkatan kekerasan yang cukup besar dibandingkan dengan *raw material* yaitu naik 220 % dari 20 HRC menjadi 64 HRC.
2. Setelah mengalami proses *tempering*, kekerasan material *special K (K 100)* ini turun sebesar 3,13 % dari 64 HRC menjadi 62 HRC jika dibandingkan dengan hasil proses sebelumnya yaitu *hardening* dan *quenching*. Jika dibandingkan dengan *raw material*, kekerasan hasil proses *tempering* mengalami kenaikan sebesar 210% dari 20 HRC menjadi 62 HRC
3. Peningkatan kekerasan hasil proses *heat treatment* material *special K (K100)* pada penelitian ini sesuai dengan *BOHLER STEEL MANUAL P.T. BOHLINDO BAJA*.

Saran yang diperlukan untuk penelitian selanjutnya :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui pengaruh proses *heat treatment* terhadap sifat atau karakteristik bahan yang lain.
2. Perlu dilakukan penelitian proses *heat treatment* dengan beberapa variabel proses yang lain dan berbeda-beda.

## Daftar Pustaka

- [1] BOHLINDO BAJA, P.T., 2000, "BOHLER STEEL MANUAL", Jakarta: P.T. BOHLINDO BAJA.
- [2] Callister Jr., W.D., 2000, "Fundamentals of Materials Science and Engineering", Interactive e Text, John Wiley & Sons, Fifth Edition.
- [3] Dieter, G.E., 1996, "Metalurgi Mekanik", Jakarta: Erlangga.
- [4] Oestwald, P.F., and Munoz, J., 1996, "Manufacturing Processes and Systems", Canada: John Wiley & Sons.
- [5] Setiawan, H., 2008, "Pengaruh Proses Equal Channel Angular Pressing (ECAP) Terhadap Kekerasan Aluminium 1050", Laporan Penelitian UMK.
- [6] Surdia, T. dan Saito, S., 1999, "Pengetahuan Bahan Teknik", Cetakan ke-4, Pradnya Paramita, Jakarta, pp. 129 - 142.
- [7] [www.bohler-edelstahl.com](http://www.bohler-edelstahl.com)