

PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP KEKERASAN BAJA KARBON TINGGI BOHLER K460¹⁾

Asmeati, Yanti²⁾

Abstract: Steel is the kind of metal that most widely used in various fields of engineering, particularly for industrial purposes, like building construction, aircraft construction, the manufacture of tooling equipment, and others. The number of usage on the kind metal is not separated from the properties owned, such as: easy to set up, but has strong and tough properties are easily processed by machining. The use of high-carbon steel is mainly used for making springs, and die cutting tools and forming tools. Carbon steel with high strength and hardness has a better after heat treatment. Heat treatment that frequently applied was the process of hardening (quench hardening) and tempering. This research would conducted in the laboratory experiments and is planned to last for 8 (eight) months. The material to be used was of high carbon steel. High carbon steel(Bohler K460) is heated to a temperature variation of 850°C, and 900°C with their respective holding time that used for 24 minutes, then quenched in the salt water. The research data was obtained through the process of tensile testing, hardness testing and metallographic structure. This research aims to determine the properties of hardness determine the effect of heat treatment parameters, namely temperature, holding time and cooling medium to high carbon steels violence at the time of quenching and to analyze the mechanical properties of high carbon steels as a result of variations in heat treatment. The results indicate that the variation of heat treatment parameters (i.e. temperature, holding time, and cooling media) against the carbon steel of high hardness makes a difference significant influence on the hardness after quenching process. With a temperature difference, 850°C and 900°C temperature and holding time for 24 minutes and then do the quenching process results in changes in the value of the highest hardness of 64.8 HRC was obtained after quenching process at a temperature of 900°C.

Keywords: Heat treatment, Hardness, High Carbon Steel.

I. PENDAHULUAN

Baja merupakan jenis logam yang paling banyak digunakan diberbagai bidang teknik, terutama untuk keperluan industri, seperti konstruksi bangunan, konstruksi pesawat terbang, pembuatan alat-alat perkakas, dan lain-lain. Banyaknya pemakaian pada jenis logam ini tidak terlepas dari sifat-sifat yang dimiliki, diantaranya adalah : mudah dibentuk, mempunyai sifat liat tapi kuat dan mudah diproses dengan permesinan. Baja dalam pemakaiannya dibagi menjadi baja karbon rendah, baja karbon sedang dan baja karbon tinggi. Penggunaan baja karbon tinggi terutama digunakan untuk membuat per, die dan perkakas potong serta perkakas pembentuk. Baja dengan

¹⁾ Penelitian Dosen Muda, Ditbinlitabmas, Dikti, 2013

²⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Fajar

karbon tinggi mempunyai kekuatan dan kekerasan yang lebih baik setelah perlakuan panas. Perlakuan panas yang sering diterapkan adalah proses pengerasan (*quench hardening*) dan penemperan (*tempering*). Proses ini dilakukan dengan cara mengubah struktur mikro dengan cara memanaskan material pada temperatur tertentu dan mengatur laju pendinginannya. Struktur mikro yang berubah menyebabkan sifatnya pun berubah. Proses Perlakuan Panas dapat mengubah sifat menjadi lunak yang sebelumnya keras, maupun sebaliknya. Baja yang telah dikeraskan (kuens) bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan, akibat pengejutan akan menjadisingat keras (sekeras gelas) dan getas. Melalui proses temperkekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan karena beban yang kecil saja akan mengakibatkan pecah. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan baja yang keras dan ulet atau tercapainya keuletan setinggi-tingginya pada kekerasan yang memadai, sebab sebagian kekerasan baja akan berkurang oleh proses pemanasan, contohnya pada pahat, palu, mata bor, tap dan sebagainya (Yudiono dan Heri, 2006). Setiap proses perlakuan panas akan terjadi transformasi fasa dimana selalu diikuti oleh perubahan volume. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perlakuan panas, yaitu suhu pemanasan, waktu yang diperlukan pada suhu pemanasan, laju pendinginan dan lingkungan atmosfer.

Berdasarkan uraian di atas maka, penelitian ini diarahkan untuk mengetahui pengaruh parameter perlakuan panas yaitu temperatur, waktu tahan, dan media pendingin terhadap kekerasan pada baja karbon tinggi pada waktu pencelupan (kuens) dan untuk menganalisis sifat mekanik baja karbon tinggi akibat variasi perlakuan panas.

A. Baja

Baja adalah merupakan suatu campuran dari besi (Fe) dan karbon (C), dimana unsur karbon (C) menjadi dasar. Disamping unsur Fe dan C, baja juga mengandung unsur campuran lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi. Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon antara 0,1% - 1,7%. Istilah "baja karbon" mungkin juga dapat digunakan dalam referensi baja yang tidak termasuk dalam kelompok "stainless steel" (baja tahan karat). Baja dengan kandungan karbon rendah memiliki sifat mirip dengan besi. Ketika unsure karbon naik, logam menjadi lebih keras dan kuat tetapi kurang ulet dan lebih sulit untuk dilakukan pengelasan. Kandungan karbon dapat mempengaruhi kekuatan luluh baja karena atom karbon. Baja dapat diklasifikasikan menjadi baja karbon dan baja paduan. Untuk baja yang mengandung 0,2% C sampai 1,5% C dikenal sebagai baja karbon. Jenis ini berdasarkan kandungan karbonnya dapat dibedakan atas:

1. Baja karbon rendah, terdiri (low carbon steel): %C < 0,15% C, dan (mild carbon steel): 0,15% C %C < 0,29% C. Baja karbon rendah dalam perdagangan dibuat dalam bentuk pelat, profil, batangan untuk keperluan tempa, pekerjaan mesin, dan lain-lain.

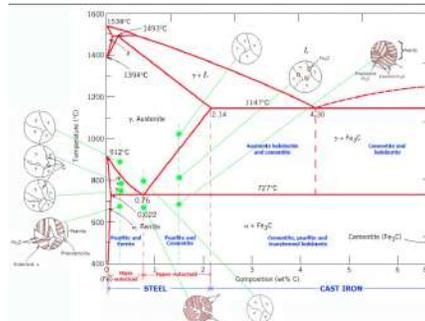
2. Baja karbon sedang (Medium Carbon Steel). Baja ini mengandung karbon antara 0,30% – 0,59 %. Didalam perdagangan biasanya dipakai sebagai alat-alat perkakas, baut, poros engkol, roda gigi, ragum, pegas dan lain-lain.
3. Baja karbon tinggi (High Carbon Steel). Baja karbon tinggi ialah baja yang mengandung karbon 0,6% - 1%. Baja ini biasanya digunakan untuk keperluan alat-alat konstruksi yang berhubungan dengan panas yang tinggi atau dalam penggunaannya akan menerima atau mengalami panas, misalnya landasan, palu, gergaji, pahat, kikir, bor, bantalan peluru, dan sebagainya.
4. Baja paduan rendah (Low Alloy Steel), Baja tahan karat (Stainless steel), baja mangan (manganese steel) dan baja perkakas (tool steel), dengan kisaran komposisi dari beberapa unsur paduannya adalah Mn-steel (10% - 18% Mn), Si-steel (1% - 5% Si) dan Ni steel (2% - 4% Ni).

B. Diagram Keseimbangan Besi – Karbon (*Fe-C*)

Menurut George Krauss (1995), diagram keseimbangan besi karbon dapat digunakan sebagai dasar untuk melaksanakan perlakuan panas. Penggunaan diagram ini relatif terbatas karena beberapa metode perlakuan panas digunakan untuk menghasilkan struktur yang non-equilibrium. Akan tetapi pengetahuan mengenai perubahan fasa pada kondisi seimbang memberikan ilmu pengetahuan dasar untuk melakukan perlakuan panas. Bagian diagram Fe-C yang mengandung karbon dibawah 2 % menjadi perhatian utama untuk perlakuan panas baja.

Metode perlakuan panas baja didasarkan pada perubahan fasa austenit pada sistem Fe-C. Transformasi austenit selama perlakuan panas ke fasa lain akan menentukan struktur mikro dan sifat yang didapatkan pada baja.

Besi merupakan logam alotropik, artinya besi akan berada pada lebih dari bentuk kristal tergantung dari temperturnya. Pada suhu kurang dari 912 0C (1674 0F) berupa besi alfa (α). Besi gamma (γ) pada suhu antara 912-1394 0C (1674-2541 0F). Besi delta (δ) berada pada suhu 1394°C – 1538°C (2541°F – 1538°F). Penambahan unsur karbon ke besi memberikan perubahan yang besar pada fasa-fasa yang ditunjukkan oleh diagram keseimbangan besi karbon. Selain Karbon pada baja terkandung juga unsur-unsur lain seperti Si, Mn dan unsur pengotor lain seperti P, S dan sebagainya. Unsur-unsur ini tidak memberikan pengaruh utama kepada diagram fasa sehingga diagram tersebut dapat digunakan tanpa menghiraukan adanya unsur-unsur tersebut. (Surdia dan Saito, 1992).

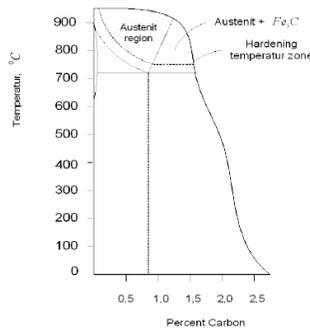


Gambar 1. Diagram kesimbangan besi karbon (Japrie, 1991)

C. Proses Hardening

Hardening atau pengerasan dan disebut juga penyepuhan merupakan salah satu proses perlakuan panas yang sangat penting dalam produksi komponen-komponen mesin. Untuk mendapatkan struktur baja yang halus, keuletan, kekerasan yang diinginkan, dapat diperoleh melalui proses ini. Menurut Kenneth Budinski (1999: 167), pengerasan baja membutuhkan perubahan struktur kristal dari body-centered cubic (BCC) pada suhu ruangan ke struktur kristal face-centered cubic (FCC). Dari diagram keseimbangan besi karbon dapat diketahui besarnya suhu pemanasan logam yang mengandung karbon untuk mendapatkan struktur FCC. Logam tersebut harus dipanaskan dengan sempurna sampai daerah austenit. Gambar 2 menunjukkan daerah temperatur pengerasan untuk baja karbon.

Pengerasan meliputi pekerjaan pendinginan yang menyebabkan karbon terbentuk dalam struktur kristal. Pendinginan dilakukan dengan mengeluarkan dengan cepat logam dari dapur pemanas (setelah direndam selama waktu yang cukup untuk mendapatkan temperatur yang dibutuhkan) dan mencelupkan kedalam media pendingin air atau oli.



Gambar 2. Temperatur pengerasan pada diagram Fe-C (Budinski, 1991)

a. *Quenching*

Quenching merupakan proses pencelupan baja yang telah berada pada temperatur pengerasannya (temperatur austenisasi), dengan laju pendinginan yang sangat tinggi (*quenching*) agar diperoleh kekerasan yang diinginkan. Hal ini dilakukan untuk melarutkan sementit dalam austenisasi kemudian dilakukan proses quench. Pada tahap ini karbon yang terperangkap akan menyebabkan tergesernya atom-atom sehingga terbentuk struktur body center tetragonal. Atom-atom yang tergeser dan terperangkap akan menimbulkan struktur sel satuan yang tidak seimbang (memiliki tegangan tertentu). Struktur yang bertegangan ini disebut martensit dan bersifat sangat keras dan rapuh. Biasanya baja yang dikeraskan diikuti dengan proses penemperan untuk menurunkan tegangan yang ditimbulkan akibat kuens karena adanya pembentukan martensit (Suratman dalam Anrinal, 1996). Nugroho dan Haryadi (2005) mengungkapkan bahwa proses kuens (*quenching*) melibatkan beberapa factor yang saling berhubungan. Pertama yaitu jenis media pendingin dan kondisi proses yang digunakan, yang kedua adalah komposisi kimia dan hardendility dari logam.

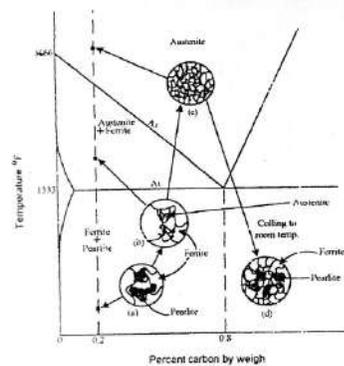
Selama pendinginan, panas harus diserap oleh media yang kontak dengan baja dengan laju yang sangat cepat. Martensit hasil pendinginan cepat memiliki kekerasan yang cukup tinggi. Kekerasan struktur martensit dipengaruhi jumlah karbon yang dikandungnya. Semakin besar kandungan karbon maka kekerasan martensit akan meningkat. Namun untuk kandungan karbon lebih besar dari 0,9% mengakibatkan terbentuknya austenit sisa yang akan mengurangi kekerasan martensit.

Tujuan utama dari proses pengerasan adalah agar diperoleh struktur martensit yang keras, sekurang-kurangnya di permukaan baja. Hal ini hanya dapat jika menggunakan media kuens yang efektif sehingga sehingga baja dapat didinginkan pada suatu laju yang dapat mencegah timbulnya struktur yang lebih lunak yaitu perlit atau bainit. Dalam proses kuens, terdapat beberapa medium yang digunakan sebagai media kuens. Media kuens yang lazim digunakan adalah: Brine, air dan oli.

b. **Batas Butiran**

Baja dengan butiran yang kasar memiliki sifat kurang tangguh dan kecenderungan untuk *distorsi* atau retak. Baja yang berbutir halus disamping lebih halus juga lebih ulet dan kurang peka terhadap *distorsi* atau retak sewaktu perlakuan panas.

Besar butir dapat dikendalikan melalui komposisi pada waktu proses pembuatan akan tetapi setelah baja jadi, pengendalian dilakukan melalui perlakuan panas. Jika logam dipanaskan sampai temperatur sekitar 723°C, tidak akan terjadi perubahan fasa maupun perubahan pada ukuran butiran. Di atas garis A1 akan terjadi proses rekristalisasi atau terbentuknya butiran baru. Butiran baru tersebut terbentuk karena transformasi fasa membentuk fasa baru yaitu fasa austenit. Pada saat garis A3 proses rekristalisasi berhenti, hasil akhirnya adalah fasa austenit dan fasa ferit dengan ukuran butiran yang minimum. Jika pemanasan diteruskan diatas garis A3 maka akan terjadi pertumbuhan butiran, ukuran butiran austenit ini akan menentukan besar butiran setelah pendinginan.



Gambar 3. Skema perubahan struktur mikro selama pemanasan pada baja

D. Pengujian sifat Mekanis Bahan

Proses pengujian untuk mengetahui sifat mekanis dari suatu material dilakukan dengan pengujian antara lain sebagai berikut:

a. Pengujian tarik

Tujuan pengujian tarik untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dan perubahan-perubahan dari suatu logam terhadap pembebanan tarik. Kekuatan tarik maksimum (*Ultimate tensile strength*) adalah beban maksimum dibagi luas penampang lintang awal benda uji (spesimen)

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(1)

Sedangkan untuk menghitung regangan yang terjadi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

(2)

Modulus elastic

$$E = \frac{F_n/A_0}{\Delta L/L_0} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(3)

dimana:

σ = Kekuatan tarik {N/mm²}

F = beban maksimum waktu pengujian (kg)

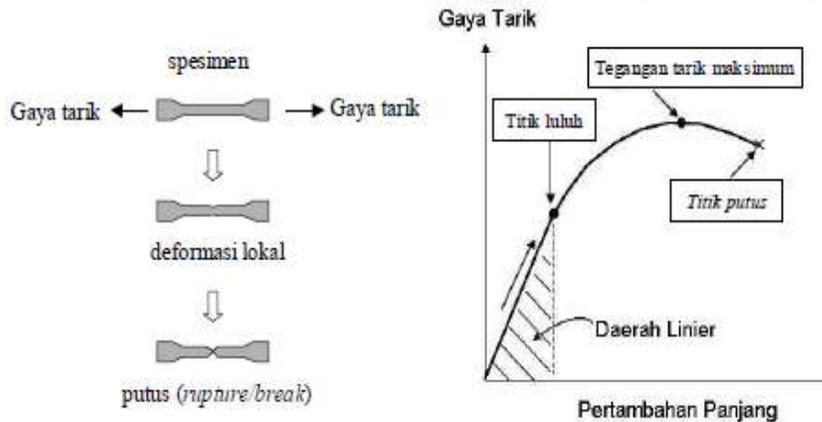
A₀ = luas penampang mula-mula (mm²)

ε = regangan patah (%)

l₀ = panjang ukur mula-mula (mm)

ΔL = pertambahan panjang (mm)

Saat spesimen mengalami patah, maka akan terbentuk suatu penampang patah yang bentuknya dapat diklasifikasikan menurut bentuk teksturnya. Jenis-jenis perpatahan menurut bentuknya adalah simetri, kerucut mangkok (*cup cone*), rata dan tak teratur bermacam-macam bentuk tekstur adalah *silky* (seperti sutera), butir halus, butir kasar atau *granular*, berserat (*fibrous*), kristalin, *glassy* (seperti kaca) dan pudar.



Gambar 4. Diagram uji tarik

b. Pengujian Kekerasan

Sifat kekerasan adalah kemampuan suatu material dalam menahan terjadinya deformasi akibat pembebanan yang diberikan. Cara menentukan kekerasan :

- Cara goresan, dilakukan dengan cara menggoreskan bahan keras pada bahan yang lunak, atau dikenal dgn cara Mohr. Mohr membuat skala yang terdiri dari sepuluh standar mineral yang disusun menurut kekerasannya. Mulai dari bahan yang terluak dengan skala 1.
- Cara Dinamik dilakukan dengan menjatuhkan bola baja pada permukaan logam, dimana tinggi permukaan bola menggunakan energi pantulan sebagai penentu kekerasan.
- Cara Penekanan dilakukan dengan cara menekan suatu bahan seperti kerucut intan pada benda uji. Bekas dari penekanan inilah yang akan diukur kedalamannya sebagai penentu kekerasannya. Cara ini terbagi lagi atas 3 bagian, yaitu :

1) Cara Brinell

Penentuan kekerasan dengan cara menekan bola baja ke permukaan benda uji dengan gaya tertentu. Pada waktu bola ditekan, maka pada permukaan logam akan terdapat bekas. Untuk logam yang memiliki kekerasan tinggi cara ini tidak dapat digunakan, karena akan mengakibatkan perubahan bentuk pada logam itu sendiri, hingga bekas penekanan tidak berupa bidang bola lagi.

$$BHN = \frac{2P}{(\pi D)(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (4)$$

dimana P adalah beban (kg), D diameter indenter (mm) dan d diameter jejak (mm).

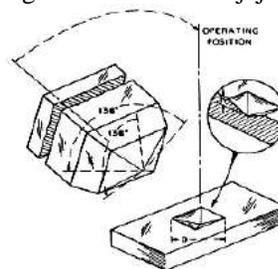
Prosedur standar pengujian mensyaratkan bola baja dengan diameter 10 mm dan beban 3000 kg untuk pengujian logam-logam ferrous, atau 500 kg untuk logam-logam non ferrous. Untuk logam-logam ferrous, waktu indentasi biasanya sekitar 10 detik sementara untuk logam-logam non-ferrous sekitar 30 detik. Walaupun demikian pengaturan beban dan waktu indentasi untuk setiap material dapat pula ditentukan oleh karakteristik alat penguji. Nilai kekerasan suatu material yang dinotasikan dengan 'HB' tanpa tambahan angka di belakangnya menyatakan kondisi pengujian standar dengan indenter bola baja 10 mm, beban 3000 kg selama waktu 1—15 detik. Untuk kondisi yang lain, nilai kekerasan HB diikuti angka-angka yang menyatakan kondisi pengujian.

2) Cara Vickers

Pada cara ini digunakan sebuah intan berbentuk limas segi empat dengan sudut puncak 36° ditekan pada bahan dengan suatu gaya tertentu, sehingga pada benda tersebut terdapat jejak dari intan ini. Seperti pada Brinell, kekerasan Vickers dihitung dari perbandingan gaya dan luas dari pendesakan limas.

$$VHN = \quad (5)$$

Dimana d adalah panjang diagonal rata-rata dari jejak berbentuk bujur sangkar



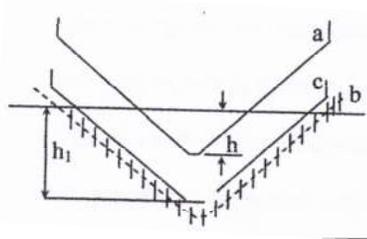
Gambar 5. Skematis prinsip indentasi dengan metode Vickers

3) Cara Rockwell

Cara ini berbeda dengan cara terdahulu, prinsip pengukuran didasarkan pada kedalaman masuknya. Makin dangkal penekanan benda uji, maka makin keras pula material dari bahan tersebut. Kerucut intan dan bola yang sering dipakai berdiameter 1/16, 1/8, 1/2 inci. Variasi dalam beban dan indetor yang digunakan membuat metode ini memiliki banyak macamnya. Metode yang paling umum dipakai adalah Rockwell B (dengan indetor bola baja berdiameter 1/6 inci dan beban 100 kg) dan Rockwell C (dengan indetor intan dengan beban 150 kg). Kekerasan Rockwell adalah perbedaan kedalaman bekas penekanan yang terjadi pada pembebanan permulaan dan pembebanan total (P_0 - P) adalah :

Angka kekerasan Rockwell

$$RC = \frac{k - (h_1 - h)}{c} \quad (6)$$



dimana :

k = konstanta yaitu

k = 0,20 untuk kerucut intan (brale)

k = 0,26 untuk bola baja (ball)

h_1 = kedalaman penekanan dari penekanan (penetration) dari bola baja atau kerucut intan (mm) setelah beban tambahan dihilangkan.

h = kedalaman (mm) akibat penekanan kekerasan beban permulaan (P_0)

c = harga pembagian skala (scale division) = 0,002 mm

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

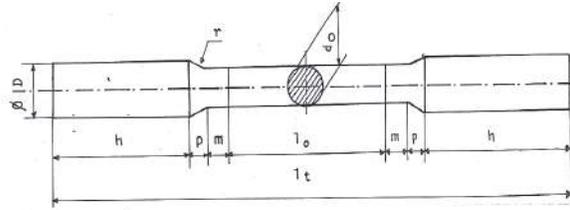
Tempat penelitian yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mesin Program Studi Teknik Mesin Universitas Fajar Makassar dan Laboratorium Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

B. Bahan dan Peralatan

- a. Peralatan dan perlengkapan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :
 1. Mesin perkakas untuk pembuatan specimen bahan pengujian.
 2. Dapur pemanas yang digunakan untuk proses perlakuan panas
 3. Air garam sebagai media kuens.
 4. Jangka sorong untuk pengukuran bahan penelitian
 5. Mesin uji tarik untuk memperoleh data observasi yang sebenarnya.
 6. Mesin uji kekerasan untuk mengetahui kekerasan bahan penelitian
 7. Mikroskop optic dengan perbesaran 400 x untuk melihat perubahan struktur permukaan pada bahan penelitian dengan memakai Cairan etsa berupa zat kimia (Nital).
 8. Kamera digital untuk merekam gambar yang didapat dari mikroskop optic dengan perbesaran 3x zoom.

133 Asmeati, Yanti, Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan Baja Karbon Tinggi Bohler K460

9. Bahan yang dipakai pada penelitian ini adalah baja karbon tinggi (BOHLER K460 dengan komposisi 0.95%C, 0.25%Si, 0.55%Cr, 1.10%Mn, 0.10%V, 0.55%W dan max. 220 HB)



Gambar 6. Uji Tarik

Tabel 1. Ukuran specimen uji tarik

D	D_{min}	h_{min}	M	P	r	L_o	L_o+2m	$L_{t_{min}}$
10	12	35	5	3	5	100	110	186

C. Tahapan Pelaksanaan Pengambilan Data Penelitian

1. Tahap persiapan

Pada tahapan ini dilakukan persiapan yang berhubungan dengan kebutuhan penelitian yang terdiri dari pemilihan dan pengadaan bahan, peralatan pengujian, dan alat-alat bantu lainnya.

2. Tahap pembuatan spesimen

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan pengujian spesifikasi untuk bahan yang telah disiapkan. Bahan yang telah disiapkan dipotong dengan menggunakan mesin gergaji horizontal untuk keperluan uji tarik dan uji impak. Untuk uji tarik dilakukan pemotongan sepanjang 200 mm kemudian dibentuk sesuai dengan spesifikasi dengan mesin bubut. Untuk pengujian kekerasan dipotong sebanyak 12 potong dengan dimensi 10 mm x 10 mm x 10 mm.



(a)

(b)

Gambar 7. (a) Specimen Uji tarik, (b) Proses Pengerjaan specimen

3. Tahap Pengaturan penelitian dan pengujian

- a. Proses perlakuan panas
 - Specimen yang telah dibuat dengan ukuran yang telah ditentukan di masukkan kedalam dapur pemanas, kemudian mengeset dapur pemanas pada temperatur 900°C . Setelah mencapai temperatur 900°C kemudian ditahan selama 24 menit.
 - Setelah tertahan selama 24 menit dalam temperatur 900°C , *specimen* dikeluarkan dari dapur pemanas dan didinginkan dengan mencelup ke air garam hingga mencapai suhu kamar (proses kuens). Proses yang sama dilakukan pada temperatur 850° dengan holding time 24 menit.
 - Kemudian dilanjutkan dengan proses *tempering* yakni dengan langkah awal mengeset tungku pemanas pada temperature 200°C lalu ditahan dengan variasi waktu menit dengan pendinginan udara.
- b. Pengujian mekanis
 - **Pengujian Kekerasan.** Metoda *Rokwell C* menggunakan penetrator dengan Indentor yang digunakan adalah kerucut intan dengan sudut 120°C menggunakan pembebanan 150 Kg. *Specimen* diletakkan pada landasan rata, diarahkan pada posisi penekanan. Selanjutnya dilakukan pembebanan awal sebesar 10 Kg. Layar penunjuk pada ukuran kekerasan material diatur pada posisi 0 (nol), berikutnya pembebanan dilanjutkan sampai mencapai 150 Kg. Setelah tercapai beban maksimum ditunggu 10 detik sebagai waktu pembebanan dan dikembalikan pada beban awal. Pada saat itu kekerasan material bisa dibaca pada layar penunjuk kekerasan material.
 - **Pengujian Metalografi.** Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan teknik metalografi dengan pencitraan dilakukan pada mikroskop optik. Spesimen dipotong, kemudian di *mounting* menggunakan resin dan selanjutnya diampelas dan dipoles untuk menghasilkan permukaan yang rata. Setelah itu untuk spesimen di etsa dengan menggunakan larutan 2 ml HF, 3 ml HCl, 5 ml HNO_2 , 150 ml H_2O dan diberi uap air lalu dikeringkan dengan hair dry. Selanjutnya spesimen disimpan selama 1 hari untuk menguapkan larutan etsa yang menempel pada permukaan logam, kemudian dilakukan pencitraan dengan menggunakan mikroskop optik. Gambar diambil menggunakan kamera digital.
4. **Tahap Pengumpulan data**
Tahap ini terdiri dari pengumpulan data untuk mengetahui karakteristik bahan yang digunakan (uji tarik) dan yang berkaitan langsung dengan sifat mekanis bahan.

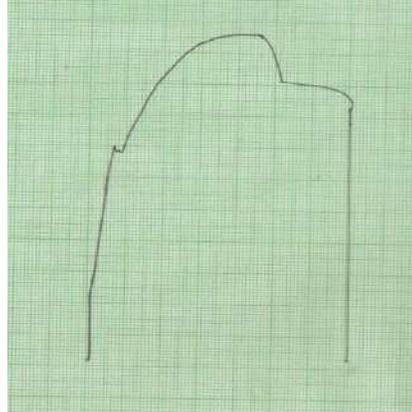
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil Pengujian Tarik

Untuk mengetahui spesifikasi bahan yang digunakan, maka terlebih dahulu dilakukan pengujian tarik. Adapun data awal spesimen pengujian tarik adalah:

Panjang	= 186 mm
Diameter Awal (d)	= 10 mm
Diameter Min (D_{\min})	= 12 mm
Lo	= 100 mm



Gambar 8. Grafik hasil pengujian tarik untuk baja

Keterangan Gambar :

$$F_p = 33400 \text{ N/mm}^2$$

$$F_y = 42500 \text{ N/mm}^2$$

$$F_m = 52000 \text{ N/mm}^2$$

$$F_B = 43200 \text{ N}$$

$$\sigma_m = F_m / A_o = 52000 \text{ N} / 78,54 \text{ mm}^2 = 662,08 \text{ N/mm}^2 = 45.207 \text{ kgf/mm}^2$$

Setelah dilakukan penarikan didapatkan bahwa baja yang telah disiapkan pada awal penelitian mempunyai kekuatan tarik maksimum sebesar $67,51 \text{ kgf/mm}^2$ dan dapat dikategorikan kedalam baja St.70.

B. Analisis dan Pembahasan

Data-data yang diperoleh dari pengujian ini mencakup tiga kelompok yaitu spesimen raw materials, hasil proses kuens dan kuens-temper.

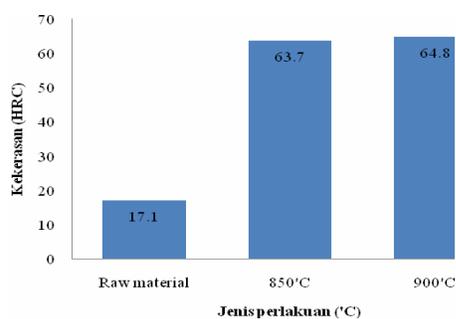
Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode Rockwell kerucutintan, adapun beban yang digunakan adalah 150 Kg. Pada masing-masing spesimen dilakukan pengujian kekerasan dengan metode Rockwell sebanyak 5

titik. Semua data yang terkumpul disajikan dalam bentuk tabel data pengamatan. Data pengamatan hasil uji kekerasan setelah kuens-temper dapat dilihat pada lampiran 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan setelah proses *quenching*

Temp.	Spesimen			HRC
	1	2	3	Rerata
Raw material	16,7	17,3	17,3	17,1
850 ⁰ C	63,8	63,4	63,9	63,7
900 ⁰ C	63,4	65,5	65,5	64,8

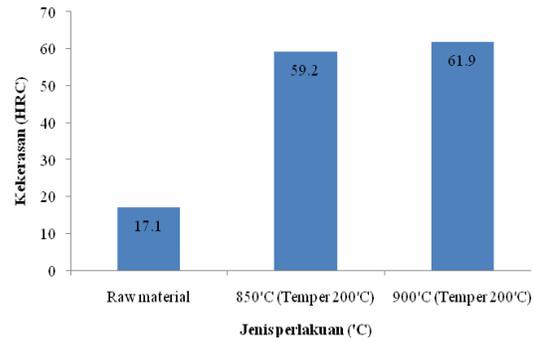


Gambar 9. Grafik antara Temperatur terhadap Hasil Pengujian Kekerasan (HRC) Setelah Proses *quenching*

Spesimen tanpa perlakuan panas mempunyai nilai kekerasan sebesar 17,1 HRC, Pada temperatur 850⁰C nilai kekerasannya sebesar 63,7 HRC mengalami peningkatan sebesar 1,43% dan pada temperatur 900⁰C naik sebesar 1,73% dengan nilai kekerasan sebesar 64,8 HRC. Spesimen yang dicelup ke dalam air garam memiliki kenaikan harga kekerasan seiring bertambahnya temperatur pada saat dipanaskan karena laju panas paling rendah atau dengan pendinginan paling cepat. Dengan penambahan garam dapur 10% efektif untuk mengurangi hambatan thermal (lapisan uap) yang terbentuk ketika pencelupan benda uji dalam keadaan panas ke air. Sehingga transformasi fasa dapat berjalan cepat sekali menuju terbentuknya fasa martensit secara penuh dan dibuktikan dengan tercapainya harga kekerasan paling tinggi. Kenaikan nilai kekerasan tersebut diakibatkan oleh adanya perubahan struktur mikro yang berubah menjadi *martensite*. Juga diakibatkan oleh adanya unsur-unsur paduan pembentuk karbida selain unsur karbon. Seperti *Molibdenum* akan membentuk senyawa karbida (Mo_2C), *krom* (*Cr*) akan membentuk senyawa karbida (Cr_{23}C_6) dan *Vanadium* (*V*) akan membentuk senyawa karbida yang sangat keras (V_4C_3). Pembentukan *martensit* didasari pada proses pergeseran atom yang melibatkan penyusutan dari struktur kristal. Struktur *martensit* merupakan konsekuensi langsung dari tegangan disekitar matriks yang timbul akibat mekanisme geser pada saat transformasi. Transformasi martensit tersebut biasanya dihubungkan sebagai transformasi non *thermal* (*athermal transformation*).

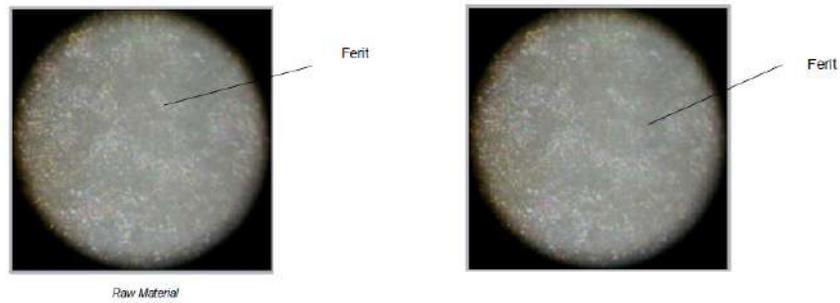
Tabel 3. Hasil Pengujian Kekerasan setelah Proses Temper 200°C

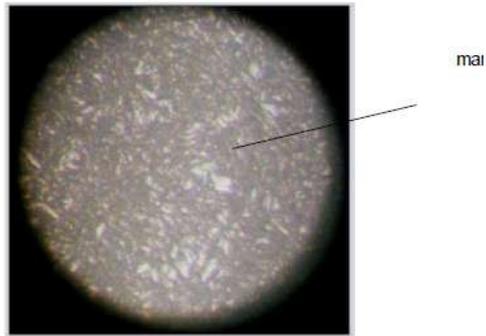
Temp.	Spesimen			HRC
	1	2	3	Rerata
Raw material	16,7	17,3	17,3	17,1
850°C (Temper 200°C)	59,36	58,76	59,46	59,2
900°C (Temper 200°C)	61,4	61,92	62,26	61,9



Gambar 10. Grafik antara Temperatur dengan Hasil Pengujian Kekerasan (HRC) Setelah Proses Temper 200°C

Struktur Mikro Baja Karbon Tinggi





Gambar 11. Bentuk fasa sebelum dan setelah perlakuan panas dengan pembesaran 400X

Gambar 10 memperlihatkan kekerasan spesimen setelah dilakukan proses temper pada 200°C. Ketika baja karbon tinggi dipanaskan sekitar 200°C kekerasannya akan menurun 1-3 HRC akibat adanya penguraian martensit tetragonal menjadi martensit lain (martensit temper) dan karbida epsilon. Setelah dilakukan proses *tempering*, struktur mikro terdiri dari partikel karbida dalam matriks *martensit temper*. Dengan kekerasan sebesar 61,9 HRC karena dengan memanaskan kembali struktur hasil proses *hardening* maka martensit akan bertransformasi sehingga keuletan dan ketangguhannya akan sedikit meningkat dan kekerasannya menjadi berkurang.

IV. KESIMPULAN

Adapun simpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

- Kenaikan temperatur dari 850°C sampai temperatur 900°C dan waktu tahan selama 24 menit kemudian dilakukan proses kuens mengakibatkan perubahan kekerasan ketika dilakukan proses tempering. Sifat-sifat mekanik (kekuatan impak dan kekerasan) dari baja karbon tinggi mengalami perubahan setelah dilakukan proses kuens dibandingkan dengan raw material.
- Nilai kekerasan tertinggi sebesar 64,8 HRC diperoleh setelah proses kuens pada temperatur 900°C.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Bradbur, E, J. 1982. *Dasar Metalurgi untuk Rekayasawan*. Jakarta. Gramedia Pustaka Utama.
- Djaprie.Sriati, 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa material*. Edisi keenam. Penerbit Erlangga. Jakarta

- 139 Asmeati, Yanti, *Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan Baja Karbon Tinggi Bohler K460*
- Dixxon dan masey. 1997. *Pengantar Analisis Statistik*. Yogyakarta.Gadjah mada university Press.
- George Krauss. 1995. Heat Treating, ISIJ International Vol. 35
- Japrie**, Sriati . 1991. Ilmu dan Teknologi Bahan. Erlangga, Jakarta.
- Kreamer dan Scharnagl. 1994. *Pengetahuan bahan untuk Industri*. Jakarta. Penebar swadaya.
- Ndaliman.M.B.An Assessment of Mechanical Properties of Medium Carbon Steel under Different Quenching Media. www.journal.au.edu/au techno/.../journal TechV10N2 aticle06.pdf. Diaksaes 15 Mei 2010
- Schonmetz dan Gruber.1977. *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam*. Bandung. Angkas Bandung.
- Sipayung, K.,E. Fenomena crack pada proses Perlakuan panas pada baja AISI 1015. SCarbon Steel Handbook. [http://www:mydocs.epri.com/docs/public/0000000000 1014670.pdf](http://www.mydocs.epri.com/docs/public/0000000000 1014670.pdf). Diakses tanggal 15 Maret 2010
- Surdia, Tata dan Saito, Shinroku. 1992. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta. Pradnya Paramita
- Walpole, Ronald E., 1995, *Pengantar Statistik*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wibisono, Yusuf., 2005, *Metode Statistik*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Yudiono, Heri. Pengaruh temperature pemanasan terhadap kekuatan Tarik Material Baja Karbon C1045 Akibat Tempering, http://www: eprints.ums.ac.id/54/1/05_Gelagar_april_06.pdf. Diakses 15 mei 2010
- Van Vlack, Lawrence. 1987. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Penerbit Erlangga. Jakarta