

PENGARUH VARIABEL TEMPERATUR MEDIA PENDINGIN AIR PADA PROSES QUENCHING TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN KEKUATAN IMPAK BAJA EMS-45¹⁾

Syahrudin Rasyid, Abram Tangkemanda,
Yosrihard Basongan, Arman, Baso Nasrullah²⁾

Abstrak: Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh variabel temperatur media pendingin air pada proses quenching terhadap nilai kekerasan dan kekuatan impact baja EMS-45. Metode penelitian yang digunakan adalah spesimen Baja EMS-45 dipanaskan pada suhu 850OC di dalam tungku listrik selama 4 jam. Setelah dilaku panas kemudian spesimen dicelup ke dalam air pada suhu masing-masing 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°, 100°C. Spesimen yang telah dicelup kemudian diuji kekerasan dan kekuatan impact. Data-data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa telah terjadi kenaikan nilai kekerasan pada Baja EM-45 dengan adanya variasi temperatur media pendingin. Kekerasan terbesar terjadi pada suhu 0OC sebesar 62,5 HRC dan nilai kekerasan semakin menurun dengan naiknya suhu media pendingin. Nilai kekuatan impact berbanding terbalik dengan nilai kekerasan dengan naiknya temperatur media pendingin. Nilai impact Baja EMS-45 pada suhu 0OC sebesar 250,07 N.m dan mengalami kenaikan kekuatan impact sejalan dengan naiknya suhu media pendingin.

Kata kunci: Proses Quenching, Kekerasan, Kekuatan Impact, dan Baja EMS-45.

I. PENDAHULUAN

Dalam bidang material, terdapat dua cara atau perlakuan untuk meningkatkan nilai kekerasan baja, yaitu perlakuan panas (heat treatment) dan deformasi plastis. Baja karbon yang dipanaskan hingga mencapai suhu austenit kemudian didinginkan secara cepat akan terbentuk struktur martensit yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari struktur perlit maupun ferit, proses ini biasa dikenal dengan quenching.

Menurut Kramer (1994), pembentukan martensit hanya terjadi apabila dicapai kecepatan pendinginan kritis. Kecepatan pendinginan kritis ini sangat tergantung pada kadar karbon. Besar kecepatan kritis pada baja dengan kandungan karbon 0,2 s/d 1,2 % adalah 1100°C s/d. 500°C. Untuk kecepatan pendinginan berlaku 500 °C/s dalam air es, 450 °C/s dalam air hangat bersuhu 20 °C/s, 200 °C/s dalam oli, 35 °C/s dalam udara tekan, dan 5 °C/s dalam udara bebas yang tak bergerak.

¹ Dibiayai dari Dana Rutin Politeknik Negeri Ujung Pandang

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

Pada proses quenching terjadi perpindahan panas dari spesimen baja ke larutan pendingin yang ditandai dengan terjadinya pembentukan gelembung-gelembung udara yang kemudian berlanjut dengan terbentuknya selubung udara pada permukaan spesimen tersebut. Adanya selubung udara ini dapat membuat laju pendinginan menjadi lebih kecil daripada laju pendinginan kritis. Laju pendinginan yang kecil ini dapat menyebabkan tidak tercapainya pembentukan fasa martensit. Oleh karena itu, untuk mempersingkat waktu terbentuknya selubung udara atau meningkatkan laju pendinginan, maka diperlukan medium air quenching dengan temperatur yang lebih rendah dari suhu kamar atau dengan mensirkulasikan air pendingin.

Baja K-945 EMS 45 adalah salah satu jenis baja paduan yang diproduksi oleh PT. BOHLER dan mempunyai komposisi kandungan (% berat) C 0,48%, Si 0,30%, dan Mn 0,70%. Baja ini merupakan baja karbon sedang yang mempunyai kekuatan tarik 60-70 Kg/mm² (BOHLER). Kekerasan pada baja ini dapat ditingkatkan melalui proses quenching dengan menggunakan media pendingin air. Berdasarkan buku panduan Bohler, kekerasan yang dapat dicapai Baja EMS-45 bila diquenching pada media pendingin air (suhu kamar) adalah 58 HRC.

Purnomo (2009) telah melakukan penelitian pada baja AISI 4337 dengan metode quenching air tersirkulasi. Nilai kekerasan tertinggi pada pengujian ini adalah 740 HV atau setara dengan 61,1 HRC. Jenis baja AISI 4337 yang diteliti oleh Purnomo (2009) memiliki kesamaan komposisi dengan Baja EMS-45, terutama persentase kandungannya.

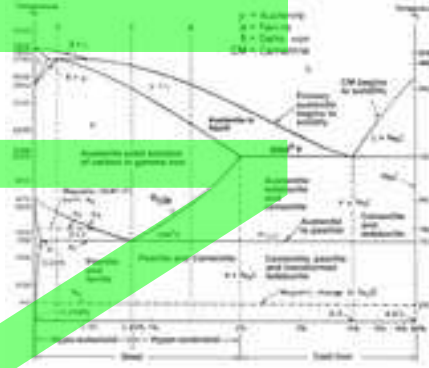
Studi eksperimen dan referensi yang berhubungan dengan variabel temperatur media pendingin pada proses quenching masih sangat terbatas. Umumnya proses quenching dilakukan dengan memvariasikan media pendingin seperti air garam, air, dan minyak pada suhu kamar. Sehingga tim peneliti tertarik untuk melakukan kaji eksperimen yang lebih mendalam mengenai perubahan temperatur media pendingin air (metode quenching air tanpa sirkulasi) pada proses quenching dalam mengubah karakteristik kekerasan dan kekuatan impak. Hipotesa yang digunakan adalah laju pendinginan dapat mempengaruhi terbentuknya struktur martensit yang keras pada baja karbon pada proses quenching. Metode yang digunakan adalah dengan memvariasikan temperatur media pendingin air pada suhu 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90°, dan 100° C.

A. Baja Karbon

Dalam dunia perancangan, material baja paling banyak digunakan, selain jenisnya bervariasi, dapat diolah atau dibentuk menjadi berbagai macam bentuk yang diinginkan serta kuat. Salah satu jenis baja adalah baja karbon. Baja karbon adalah baja yang mempunyai kandungan unsur paduan utamanya adalah karbon. Gambar 1 menunjukkan diagram fasa Fe₃-C untuk kandungan karbon hingga 6,7%. Baja merupakan paduan dari besi, karbon dan elemen-elemen lain, yang kandungan karbonnya kurang dari 2%. Wilayah pada diagram dengan kadar karbon dibawah 2%

109 Syaharuddin Rasyid, Abram Tangkemanda, Yosrihard Basongan, Arman, Baso Nasrullah, Pengaruh Variabel Temperatur Media Pendingin Air pada Proses Quenching terhadap Nilai Kekerasan dan Kekuatan Impak Baja EMS-45

menjadi perhatian utama untuk proses heat treatment pada baja. Diagram fasa hanya berlaku untuk perlakuan panas pada baja hingga mencair, dengan proses pendinginan perlahan-lahan, sedangkan pada proses pendinginan cepat, menggunakan diagram CCT (Continuous Cooling Temperature).

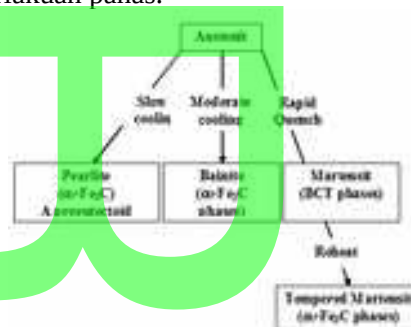


Gambar 1. Diagram Fasa Fe₃-C

B. Proses Perlakuan Panas

Proses perlakuan panas secara umum merupakan operasi pemanasan dengan pendinginan secara terkontrol untuk mendapatkan struktur mikro khusus yang merupakan kombinasi dari penyusunnya. Elemen pokok dari beberapa perlakuan panas adalah siklus pemanasan (Heating Cycle), temperatur penahanan (Holding temperature), waktu dan siklus pendinginan (Cooling cycle). Waktu pendinginan, akan mempengaruhi terjadinya perubahan struktur mikro dalam baja paduan. Berikut merupakan diagram waktu pendinginan.

Diagram di atas menggambarkan tahapan-tahapan transformasi untuk menghasilkan berbagai variasi struktur mikro yang terbentuk. Disini, diasumsikan bahwa perlit, bainit dan martensit terbentuk dari perlakuan pendinginan yang berlanjut. Selanjutnya pembentukan bainit hanya dapat untuk baja paduan (bukan untuk jenis baja karbon biasa). Dan martensit serta martensit temper digunakan untuk teknik penguatan dan perlakuan panas.



Gambar 2. Diagram Proses Pendinginan Fasa Austenit (Callister, 1994).

Sebagian besar perlakuan panas untuk baja melibatkan pendinginan berlanjut dari spesimen menuju temperatur ruang. Diagram transformasi isothermal berlaku hanya untuk kondisi dimana temperatur transformasinya adalah konstan, sehingga diagram tersebut harus diubah untuk transformasi yang berlangsung seiring dengan perubahan temperatur. Untuk pendinginan berlanjut, waktu yang dibutuhkan untuk permulaan dan akhir dari reaksi mengalami penundaan. Maka diagram transformasi isothermal digeser ke arah waktu yang lebih lama dan temperatur yang lebih rendah. Diagram transformasi yang mengandung kurva perubahan dan akhir dari reaksi disebut sebagai diagram transformasi berlanjut atau continuous cooling transformation diagram (CCT diagram). (Callister. 1994).

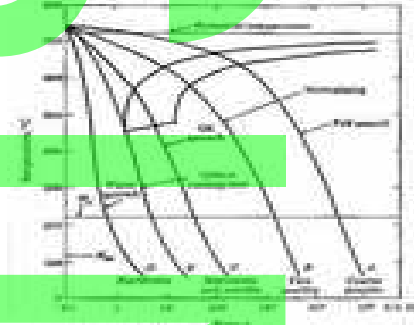
Kedua jenis diagram tersebut (diagram IT dan diagram CCT) merupakan diagram fasa dimana parameter waktu dimasukkan di dalamnya, serta bentuk diagramnya ditentukan secara spesifik oleh komposisinya serta variabel waktu dan temperatur. Diagram-diagram tersebut memberikan perkiraan dari struktur mikro yang terbentuk pada suatu periode perlakuan panas pada temperatur konstan serta diikuti dengan pendinginan yang berlanjut.

C. Austenisasi Pada Perlakuan Panas

Tujuan proses austenisasi adalah untuk mendapatkan struktur austenit yang homogen. Keseimbangan kadar karbon austenit akan bertambah dengan naiknya suhu austenisasi, ini mempengaruhi karakteristik isothermal. Bila kandungan karbon meningkat maka temperatur M_s menjadi rendah, selain itu kandungan karbon akan meningkat pula jumlah grafit akan membentuk senyawa karbida yang semakin banyak. Proses perlakuan panas selalu diawali dengan transformasi dekomposisi austenit menjadi struktur mikro yang lain. Struktur mikro yang dihasilkan lewat transformasi tergantung pada parameter proses perlakuan panas yang diterapkan dan jenis proses perlakuan panas. Struktur mikro yang berubah melalui transformasi dekomposisi austenit menjadi struktur mikro yang lain, dimaksudkan untuk memperoleh sifat mekanik dan fisik yang diperlukan untuk suatu aplikasi proses pengerjaan logam. Proses selanjutnya setelah fasa tunggal austenit terbentuk adalah pendinginan, dimana mekanismenya dipengaruhi oleh temperatur, waktu, serta media yang digunakan. Pada pendinginan secara perlahan-lahan perubahan fasa berdasarkan mekanisme difusi, dimana kehalusan dan kekasaran struktur yang dihasilkan tergantung pada kecepatan difusi.

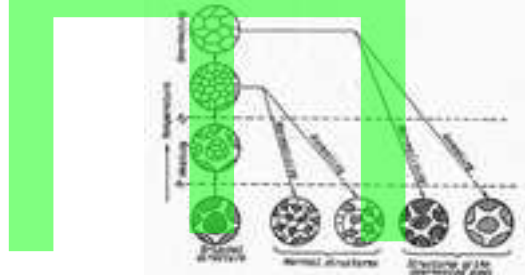
Bila pendinginan dilakukan secara cepat, maka perubahan fasanya berdasarkan mekanisme geser menghasilkan struktur mikro dengan sifat mekanik yang keras dan getas. Perubahan struktur mikro selama proses pendinginan dapat merupakan paduan dari mekanisme difusi dan mekanisme geser. Variasi dari pembentukan struktur mikro yang merupakan fungsi dari kecepatan pendinginan pada baja dari temperatur eutektoid, dapat dilihat pada gambar dibawah.

- 111 Syaharuddin Rasyid, Abram Tangkemanda, Yosrihard Basongan, Arman, Baso Nasrullah, Pengaruh Variabel Temperatur Media Pendingin Air pada Proses Quenching terhadap Nilai Kekerasan dan Kekuatan Impak Baja EMS-45



Gambar 3. Penggabungan kurva laju pendinginan sedang dan lambat ke dalam diagram transformasi pendinginan berlanjut untuk paduan baja karbon eutektoid. (Callister. 1994).

Menurut Kramer (1994), pembentukan martensit hanya terjadi apabila dicapai kecepatan pendinginan kritis. Kecepatan pendinginan kritis ini sangat tergantung pada kadar karbon dan berjumlah sekitar $1100\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ pada baja dengan kandungan karbon 0,2%, dan sekitar $500\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ pada baja dengan kandungan karbon 1,2% karbon. Untuk kecepatan pendinginan berlaku $500\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ dalam air es, $450\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ dalam air hangat bersuhu $20\text{ }^{\circ}\text{C/s}$, $200\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ dalam oli, $35\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ dalam udara tekan, dan $5\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ dalam udara bebas yang tak bergerak.



Gambar 4. Skema pengaruh temperatur austenisasi yang menunjukkan perubahan struktur baja dalam proses annealing dan normalizing

Temperatur pemanasan austeni-sasi yang semakin tinggi (*super heating*) diatas garis A_3 akan menghasilkan pertumbuhan butir austenit yang semakin besar, sehingga pada saat pendinginan yang lambat akan menghasilkan butir ferit dan perlit yang semakin kasar. Pada Gbr.dapat dilihat skema pengaruh temperatur austenisasi pada struktur mikro baja hasil proses *annealing* dan *normalizing*.

Temperatur pemanasan yang sangat tinggi (*overheating*) pada proses *annealing* dan *normalizing* ini sedikit berpengaruh pada kekuatan luluh, kekuatan tarik dan kekerasan suatu baja. Persentase perpanjangan, reduksi dan kekuatan impak akan meningkat dengan semakin meningkatnya besar butir.

D. Proses Hardening

Proses ini berguna untuk memperbaiki kekerasan dari baja tanpa dengan mengubah komposisi kimia secara keseluruhan. Proses ini mencakup proses pemanasan sampai pada austenisasi dan diikuti oleh pendinginan dengan kecepatan tertentu untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan. Temperatur yang dipilih tergantung pada jenis baja yang diproses, dimana temperatur pemanasan $50^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ di atas garis A_3 untuk baja *hypoeutektoid*. Sedangkan proses pendinginannya bermacam-macam tergantung pada kecepatan pendinginan dan media quenching yang dikehendaki. Untuk pendinginan yang cepat akan didapatkan sifat logam yang keras dan getas sedangkan untuk pendinginan yang lambat akan didapatkan sifat yang lunak dan ulet.

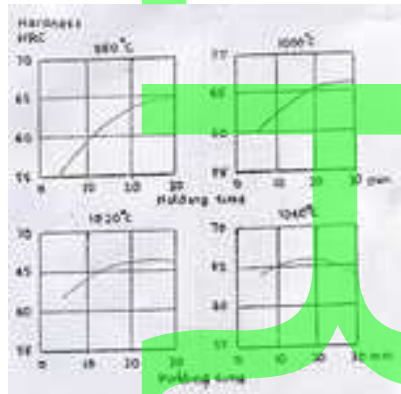
Pada baja *hypoeutektoid* temperatur diatas garis Ac_3 , struktur baja akan seluruhnya berkomposisi butir austenit, dan pada saat pendinginan cepat akan menghasilkan martensit. Quenching baja *hypoeutektoid* dari temperatur diatas temperatur optimum akan menyebabkan terjadinya *overheating*. *Overheating* dalam *hardening* akan menghasilkan butir martensit kasar yang mempunyai kerapuhan yang tinggi.

Proses ini sangat dipengaruhi oleh parameter tertentu seperti :

- Temperatur pemanasan, yaitu temperatur austenisasi yang dikehendaki agar dicapai transformasi yang seragam pada material.
- Waktu pemanasan, yaitu lamanya waktu yang diperlukan untuk mencapai temperatur pemanasan tertentu (temperatur austenisasi).
- Waktu penahanan, yaitu lamanya waktu yang diperlukan agar didapatkan distribusi temperatur yang seragam pada benda kerja.

Waktu pemanasan ini merupakan fungsi dari dimensi dan daya hantar panas benda kerja. Lamanya waktu penahanan akan menimbulkan pertumbuhan butir yang dapat menurunkan kekuatan material.

Pada gambar berikut dapat dilihat pengaruh parameter tersebut di atas, dengan kekerasan yang dihasilkan.



Gambar 5. Grafik pengaruh parameter pengerasan.

113 Syaharuddin Rasyid, Abram Tangkemanda, Yosrihard Basongan, Arman, Baso Nasrullah, Pengaruh Variabel Temperatur Media Pendingin Air pada Proses Quenching terhadap Nilai Kekerasan dan Kekuatan Impak Baja EMS-45

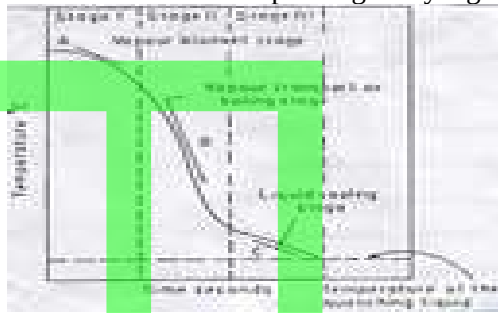
Berdasarkan faktor-faktor tadi maka selanjutnya pembentukan austenit dan pengontrolan butiran austenit merupakan aspek penting dalam proses hardening, karena transformasi austenit dan sifat mekanis dari struktur mikro yang terbentuk ditentukan oleh ukuran butir austenit.

E. Quenching

Untuk memperoleh kekerasan yang diinginkan, maka dilakukan proses quenching. Media quech yang biasa dipergunakan diantaranya :

- Larutan Garam
- Air
- Oli

Pemilihan media quech untuk mengeraskan baja tergantung pada laju pendinginan yang diinginkan agar dicapai kekerasan tertentu. Untuk lebih memahami laju pendinginan dari setiap media queching, perlu memeriksa kurva pendinginan seperti terlihat pada Gbr.2.6. Kurva ini menyatakan perubahan temperatur benda kerja pada saat didinginkan atau di quench dari temperatur pengerasannya. Pada pendinginan tersebut terjadi dalam 3 tahap berbeda yang ditandai A, B, C, dimana masing-masing tahap memiliki karakteristik pendinginan yang berbeda-beda.



Gambar 6. Tahapan dari pendinginan selama quenching.

Jika suatu benda kerja diquench ke dalam medium queching, lapisan cairan disekeliling benda kerja akan segera terpanasi sehingga mencapai titik didihnya dan berubah menjadi uap. Pada tahap ini (tahap A) benda kerja akan segera dikelilingi oleh lapisan uap yang terbentuk dari cairan pendingin yang menyentuh permukaan benda kerja. Uap yang terbentuk menghalangi cairan pendingin menyentuh permukaan benda kerja. Sebelum terbentuk lapisan uap, permukaan benda kerja mengalami pendinginan yang sangat intensif. Dengan adanya lapisan uap, akan menurunkan laju pendinginan, karena lapisan terbentuk dan akan berfungsi sebagai isolator.

Pendinginan dalam hal ini terjadi efek radiasi melalui lapisan uap ini lama-kelamaan akan hilang oleh cairan pendingin yang mengelilinginya. Kecepatan menghilangkan lapisan uap makin besar jika viskositas cairan makin rendah.

Jika benda kerja didinginkan lebih lanjut, panas yang dikeluarkan oleh benda kerja tidak cukup untuk tetap menghasilkan lapisan uap, dengan demikian tahap B dimulai. Pada tahap ini cairan pendingin dapat menyentuh permukaan benda kerja sehingga terbentuk gelembung-gelembung udara dan menyingkirkan lapisan uap sehingga laju pendinginan menjadi bertambah besar.

Tahap C dimulai jika pendinginan cairan pendingin sudah berlalu sehingga cairan pendingin tersebut pada tahap ini sudah mulai bersentuhan dengan seluruh permukaan benda kerja. Pada tahap ini pula pendinginan berlangsung secara konveksi karena itu laju pendinginan menjadi rendah pada saat temperatur benda kerja turun. Untuk mencapai struktur martensit yang keras dari baja karbon dan baja paduan, harus diciptakan kondisi sedemikian sehingga kecepatan pendinginan yang terjadi melampaui kecepatan pendinginan kritis dari benda kerja yang diquench, sehingga transformasi ke perlit atau bainit dapat dicegah.

Fluida yang ideal untuk media quench agar diperoleh struktur martensit, harus bersifat :

- o Mengambil panas dengan cepat di daerah temperatur yang tinggi.
- o Mendinginkan benda kerja relatif lambat di daerah temperatur yang rendah, misalnya di bawah temperatur 350°C agar distorsi atau retak dapat dicegah.

F. Baja EMS-45

Baja karbon biasa (plain-carbon steel) dapat digunakan dengan baik pada keadaan normal dan tidak ada kejadian atau keadaan luar biasa yang dapat mempengaruhi sifat-sifat baja karbon tersebut, misalnya diletakkan pada tempat yang sangat korosif atau digunakan pada suhu yang tinggi. Pada beberapa kasus tertentu, baja karbon digunakan merupakan hasil dari perlakuan panas martensitik. Akibatnya, baja karbon biasa seperti ini tidak dapat dipakai pada temperatur tinggi, karena akan mengalami proses tempering sehingga menjadi lebih lunak.

Oleh karena itu, keterbatasan yang ada pada baja karbon biasa, dapat diganti dengan baja paduan (alloy steel). Pada dasarnya, unsur paduan ditambahkan dengan tujuan untuk :

- a) Meningkatkan kemampukerasan.
- b) Meningkatkan kekuatan pada temperatur normal.
- c) Meningkatkan sifat mekanik pada temperatur tinggi dan rendah.
- d) Meningkatkan ketangguhan pada nilai kekerasan atau ketangguhan minimum.
- e) Meningkatkan ketahanan terhadap keausan.

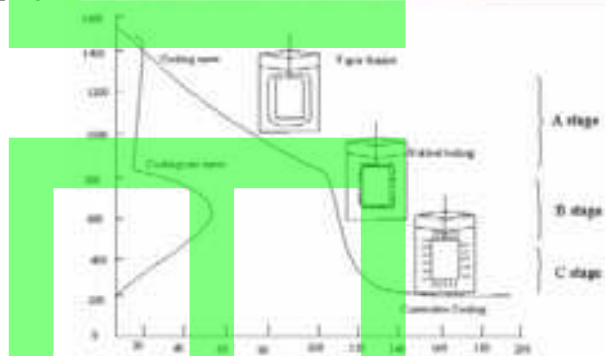
Baja K-945 EMS 45 ini adalah baja dengan komposisi kandungan (% berat) C 0,48%, Si 0,30%, Mn 0,70%. Baja ini banyak digunakan dalam pengerjaan permesinan misalnya pembuatan tanggem, bantalan mesin, konstruksi pada kapal. Baja ini merupakan baja karbon sedang yang mempunyai kekuatan tarik 60-70 Kg/mm² (BOHLER). Kekerasan yang dapat dicapai Baja EMS-45 bila diquenching pada media pendingin air (suhu kamar) adalah 58 HRC.

115 Syaharuddin Rasyid, Abram Tangkemanda, Yosrihard Basongan, Arman, Baso Nasrullah, Pengaruh Variabel Temperatur Media Pendingin Air pada Proses Quenching terhadap Nilai Kekerasan dan Kekuatan Impak Baja EMS-45

Baja EMS-45 dengan kandungan karbon 0,48% akan terbentuk struktur martensit pada saat dicapainya kecepatan pendinginan kritis. Akan tetapi jika kecepatan pendinginan itu lebih rendah, dapat terbentuk perlit bergaris sangat halus. Dengan pendinginan yang lebih cepat, kelambanan atom mengakibatkan bergesernya titik-titik transformasi A_{r3} dan A_{r1} kesuhu yang lebih rendah, demikian juga karena pengaruh elemen-elemen paduan. Pada baja dengan kandungan 0,4 persen, martensit terbentuk antara 360 °C dan 180 °C.

G. Perancangan Sistem Quenching

Pada perlakuan quenching terjadi percepatan pendinginan dari temperatur akhir perlakuan dan mengalami perubahan dari austenite menjadi bainite dan martensite untuk menghasilkan kekuatan dan kekerasan yang tinggi. Perkerasan maksimum yang dapat dicapai baja yang diquench hampir sepenuhnya ditentukan oleh konsentrasi karbon dan kecepatan pendinginan yang sama atau lebih tinggi dengan kecepatan pendinginan kritis untuk paduan tersebut. Media quenching meliputi: air, air asin, oli, air – polymer, dan beberapa kasus digunakan inert gas.



Gambar 7. Mekanisme pendinginan pada spesimen yang diquench (Totten,1993)

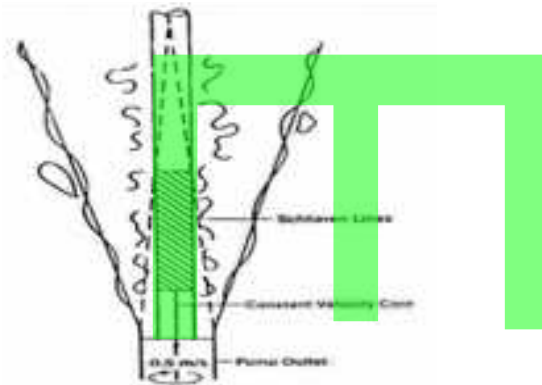
Gambar 7 memperlihatkan laju pendinginan panas dari logam sebagai fungsi dari temperatur permukaan logam. Awal pencelupan (Tahap A), logam akan diselubungi oleh selubung uap, yang akan pecah saat logam mendingin. Perpindahan panas saat terbentuknya selubung uap ini buruk, dan logam akan mendingin dengan lambat pada tahap ini. Stabilitas dan lamanya proses pendinginan tahap A sangat dipengaruhi oleh agitasi, umumnya waktu pendinginan tahap ini berkurang dengan peningkatan agitasi. (Totten, 1993)

Tahap B dari kurva pendinginan dinamakan tahap didih nukleat dan pada tahap ini terjadi perpindahan panas yang cepat karena logam langsung bersentuhan dengan air. Pada tahap ini, logam masih sangat panas dan air akan mendidih dengan hebatnya. Kecepatan pembentukan uap air menunjukkan sangat tingginya laju

perpindahan panas (Totten, 1993). Selanjutnya perpindahan panas pada pendinginan tahap ini dapat ditingkatkan dengan peningkatan agitasi. (Totten, 1993)

Pada tahap C, merupakan tahap pendinginan konveksi dan konduksi, dimana permukaan logam telah bertemperatur di bawah titik didih air. Tahap ini hanya mengalami perpindahan panas melalui konveksi dan konduksi. (Totten, 1993) Perpindahan panas konveksi terdiri dari konveksi alamiah dan konveksi paksa. Konveksi paksa yang terjadi karena gaya luar seperti agitasi secara umum perpindahan panasnya lebih cepat dari pada konveksi alamiah, laju pendinginan meningkat dengan peningkatan agitasi. (Totten, 1993)

Keseragaman kondisi quenchant penting untuk meminimalisir adanya cracking, distorsi, dan ketidakseragaman kekerasan, hal ini berarti bahwa selama proses quenching sebisa mungkin perpindahan panasnya seragam atau dengan kata lain temperatur temperatur larutan pendingin pada bak harus tetap dijaga seragam, sehingga setiap bagian dari spesimen yang diquench tetap didinginkan pada temperatur yang sama. Akibat adanya perpindahan panas dari spesimen baja kelarutan pendingin maka terjadi pembentukan gelembung-gelembung udara yang kemudian berlanjut dengan terbentuknya selubung udara pada permukaan specimen tersebut, selubung udara tersebut perlu segera disingkirkan agar perpindahan panasnya tetap baik.



Gambar 8. Tampilan skematik dari aliran turbulen disekeliling spesimen panas pada proses quenching (Totten. 1993)

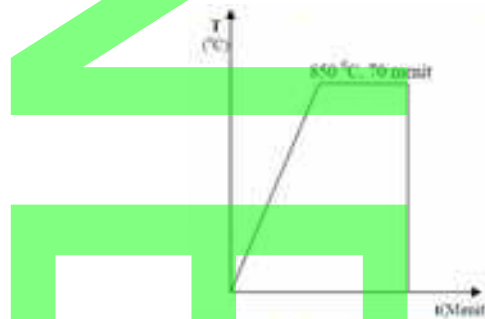
II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilakukan di Laboratorium dan Bengkel Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang dan di Laboratorium Kimia Akademi Teknik Industri Makassar (ATIM) dengan waktu penelitian selama 6 bulan. Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan pelaksanaan, antara lain: studi literatur, persiapan wadah media pendingin, proses perlakuan panas, serta pengujian kekerasan dan kekuatan impak.

117 Syaharuddin Rasyid, Abram Tangkemanda, Yosrihard Basongan, Arman, Baso Nasrullah, Pengaruh Variabel Temperatur Media Pendingin Air pada Proses Quenching terhadap Nilai Kekerasan dan Kekuatan Impak Baja EMS-45

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah mesin gergaji, mesin bubut, mesin frais, mesin gerinda permukaan, tungku heat treatment, termometer air raksa (-10 s.d 110°C), panci pemanas, dan termos sebagai wadah media pendingin. Alat untuk menguji spesimen meliputi; alat uji kekerasan, dan alat uji impak. Bahan yang akan digunakan adalah baja bohler EMS 45 dengan ukuran \varnothing 30 mm, air tawar, dan es batu.

Spesimen yang dibuat terdiri dari 2 jenis yaitu; Spesimen uji kekerasan dan spesimen Uji Impak. Spesimen uji kekerasan dibuat dengan cara baja EMS-45 berdiameter 32 mm dipotong sebanyak 30 buah dengan ukuran 17 mm. Selanjutnya permukaan spesimen diratakan dengan mesin bubut hingga ukuran akhir menjadi 15 mm. Spesimen uji impak dibuat dengan cara baja EMS-45 berdiameter 32 dipotong sepanjang 65 mm sebanyak 15 buah. Kemudian spesimen diratakan dengan mesin frais hingga ukuran akhir menjadi 10x10x65mm. Pada bagian tengah dibuat takikan V sedalam 1 mm.



Gambar 9. Proses quenching baja EMS-45

Spesimen dipanaskan di dalam tungku listrik (furnace) hingga mencapai pada daerah temperatur 830-850°C dengan waktu penahanan 70 menit yang dimaksudkan supaya menghasilkan struktur mikro yang homogen dan siap untuk perlakuan panas selanjutnya. Setelah itu, dilakukan proses pengujian quenching selama 70 detik. Pengujian quenching ini dilakukan dengan menggunakan wadah temperatur terkontrol.

Selanjutnya spesimen diuji kekerasan dan uji impak. Data-data yang telah diperoleh kemudian diolah dan dianalisa dengan melihat sejauh mana dampak perubahan temperatur terhadap nilai kekerasan dan kekuatan impak pada bahan Baja EMS-45.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Kekerasan

Kegiatan pengujian kekerasan material Baja EMS-45 telah dilakukan di Laboratorium Mekanik PS. Teknik Mesin. Metode pengujian kekerasan yang

digunakan adalah metode Rockwell C. Merek/type alat uji kekerasan yang digunakan adalah AFFRY Type MX 206. Hasil Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell dapat terbaca pada layar.



Gambar 10. Alat Uji Kekerasan merek AFFRY MX 206.

Berdasarkan hasil pengujian pendahuluan sebelum Baja EMS-45 dilakukan proses quenching telah diperoleh data kekerasan pada material tersebut sebesar 15 HRC. Sedangkan hasil pengujian kekerasan setelah material dilakukan Proses Quenching dengan memvariasikan temperatur media pendingin dapat dilihat pada Tabel di bawah.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekerasan Baja EMS-45

NO	Suhu Media Pendingin (T0)	Nilai Kekerasan (HRC)						Rata-rata
		3	4	5	6	7	8	
1	0	62,4	62,2	62,6	62,8	62,4	62,6	62,5
2	5	60,6	59,1	59,6	60,4	60,2	60,2	60,0
3	10	59,5	60,8	61,6	62,4	62,4	59,2	61,0
4	15	59,5	58,2	57,1	57,6	57,8	58,2	58,1
5	20	57,2	57,1	56,8	57,4	57,2	57,6	57,2
6	25	55,8	57,4	56,8	58	57,2	57,6	57,1
7	30	55,8	56,1	58,1	56,6	55,4	55,6	56,3
8	40	54	60,1	56,6	59	59	57	57,6
9	60	55,2	56,8	51,9	54,3	54,1	56,5	54,8
10	70	47,8	48,8	46,6	50,4	48,5	50,4	48,8
11	80	48	51,4	47,9	46,5	50,2	51,7	49,3
12	90	48,1	48,2	46,8	45,1	45,4	47,2	46,8
13	100	37,1	39,8	39,1	34,8	38,9	28,1	36,3

B. Hasil Pengujian Kekuatan Impak

Kegiatan pengujian kekuatan impak material Baja EMS-45 telah dilakukan di Laboratorium Mekanik PS. Teknik Mesin. Berdasarkan hasil pengujian pendahuluan sebelum Baja EMS-45 dilakukan proses quenching telah diperoleh data pengujian impak yaitu sudut pendulum setelah mematahkan spesimen impak (α_1) adalah 60° . Sedangkan hasil pengujian impak setelah material dilakukan proses quenching dengan beberapa variasi temperatur media pendingin dapat dilihat pada Tabel berikut.

- 119 Syaharuddin Rasyid, Abram Tangkemanda, Yosrihard Basongan, Arman, Baso Nasrullah, Pengaruh Variabel Temperatur Media Pendingin Air pada Proses Quenching terhadap Nilai Kekerasan dan Kekuatan Impak Baja EMS-45

Tabel 2. Data hasil pengujian impact.

NO	Suhu Media Pendingin (T ₀)	Beban Pendulum (N)	Panjang Lengan Pendulum (m)	Sudut		Rata-rata (α _i)	
				Awal (α ₀)	Akhir (α _i)		
1	2	3		4	5	6	7
1	0	1471	1	130	118	118	118
2	5	1471	1	130	116	118	117
3	10	1471	1	130	116	118	117
4	15	1471	1	130	115	115	115
5	20	1471	1	130	111	113	112
6	25	1471	1	130	110	114	112
7	30	1471	1	130	110	110	110
8	40	1471	1	130	113	111	112
9	60	1471	1	130	110	110	110
10	70	1471	1	130	103	105	104
11	80	1471	1	130	106	106	106
12	90	1471	1	130	102	100	101
13	100	1471	1	130	95	95	95

Dengan menggunakan persamaan $W = F_g \cdot (h_0 - h_1)$, maka diperoleh usaha untuk mematahkan spesimen impact (Baja EMS-45) sebelum diquenching adalah 1132,67 N.m. Sedangkan usaha untuk mematahkan spesimen setelah proses quenching untuk beberapa variabel temperatur media pendingin dapat dilihat pada tabel berikut.

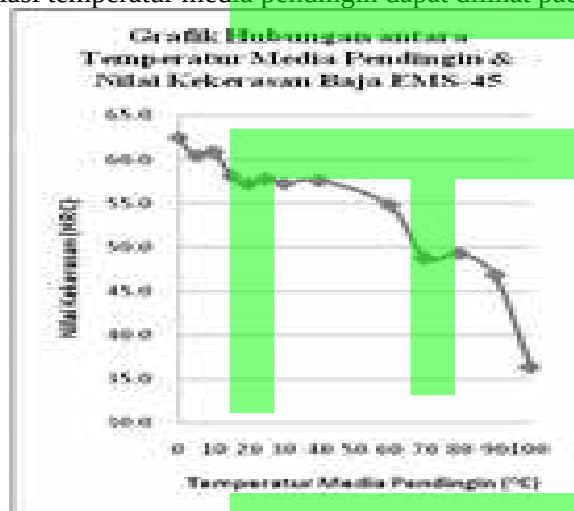
Tabel 3. Usaha untuk mematahkan spesimen impact setelah proses quenching.

NO	Suhu Media Pendingin (T ₀)	Beban Pendulum (N)	Panjang Lengan Pendulum (m)	Tinggi		Usaha (N.m)
				Awal (h ₀)	Akhir (h ₁)	
1	2	3		4	5	6
1	0	1471	1	1,64	1,47	250,07
2	5	1471	1	1,64	1,45	279,49
3	10	1471	1	1,64	1,45	279,49
4	15	1471	1	1,64	1,42	323,62
5	20	1471	1	1,64	1,37	397,17
6	25	1471	1	1,64	1,37	397,17
7	30	1471	1	1,64	1,34	441,3
8	40	1471	1	1,64	1,37	397,17
9	60	1471	1	1,64	1,34	441,3
10	70	1471	1	1,64	1,24	588,4
11	80	1471	1	1,64	1,27	544,27
12	90	1471	1	1,64	1,19	661,95
13	100	1471	1	1,64	1,08	823,76

C. Pembahasan

Telah dilakukan pengujian kekerasan pada Baja EMS-45 dengan variasi temperatur media pendingin mulai dari temperatur 0°C s.d 100°C seperti pada tabel 1. Berdasarkan tabel 1 ini menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan nilai kekerasan dengan adanya variasi temperatur. Kekerasan rata-rata yang dicapai pada temperatur 0°C adalah 62,5 HRC. Bila dibandingkan dengan nilai kekerasan yang dicapai pada temperatur media pendingin secara normal (25 s.d 30°C) menunjukkan peningkatan nilai kekerasan sebesar 5 HRC (62,6-57,5). Fenomena peningkatan kekerasan pada baja EMS-45 akibat penurunan perubahan suhu media pendingin quenching sudah sejalan dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Purnomo (2009). Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Purnomo pada baja AISI 4337 dengan *metode quenching air tersirkulasi*, nilai kekerasan tertinggi pada pengujian ini adalah 740 HV atau setara dengan 61,1 HRC.

Nilai kekerasan Baja EMS-45 pada suhu media pendingin 0°C sebesar 62,5 HRC sudah setara dengan jenis bahan lainnya yang memiliki harga yang lebih tinggi dari baja EMS-45 seperti baja Amutit dan baja VCN. Nilai kekerasan baja EMS-45 pada beberapa variasi temperatur media pendingin dapat dilihat pada Gambar berikut.

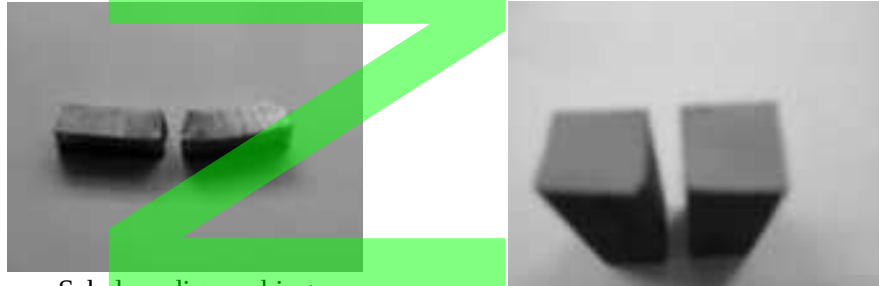


Gambar 11. Grafik hasil pengujian kekerasan baja EMS-45 setelah proses quenching dengan variasi temperatur media pendingin

Dengan naiknya suhu media pendingin quenching maka kekerasan yang terjadi pada baja EMS-45 cenderung menurun, hal ini disebabkan karena laju pendinginan dari fase austenit ke fase martensit mengalami perlambatan atau waktu perubahan struktur logam ke fase martensit melambat. Dimana semakin lambat laju pendinginan, maka struktur martensit yang terjadi pada baja karbon eutektoid berubah menjadi struktur martensit-pearlit yang bersifat lebih lunak (Gambar 3, Callister. 1994).

121 Syaharuddin Rasyid, Abram Tangkemanda, Yosrihard Basongan, Arman, Baso Nasrullah, Pengaruh Variabel Temperatur Media Pendingin Air pada Proses Quenching terhadap Nilai Kekerasan dan Kekuatan Impak Baja EMS-45

Dalam penelitian ini juga dilakukan pengujian impak yang bertujuan untuk mengetahui dampak dari besarnya perubahan nilai kekerasan. Nilai yang diukur pada pengujian impak adalah besarnya usaha yang diperlukan untuk mematahkan spesimen impak. Berdasarkan tabel 2 terlihat bahwa setelah material EMS-45 dilakukan proses quenching maka nilai usaha untuk mematahkan spesimen adalah semakin kecil. Hal ini sudah sesuai dengan sifat bahan bahwa semakin keras suatu bahan maka semakin mudah dipatahkan. Sifat patahan pada bahan yang telah diquenching adalah patah getas dengan tanda-tanda patahan bahan tidak melengkung dan permukaan patahan rata dan halus.



Sebelum diquenching

Setelah diquenching

Gambar 12. Perbandingan sifat patahan sebelum dan sesudah proses quenching.

Usaha untuk mematahkan bahan EMS-45 sebelum proses quenching adalah 1132,67 Nm dan setelah proses quenching adalah 250,02 N.m pada suhu media pendingin 0°C. Perubahan nilai usaha impak terhadap perubahan suhu media pendingin dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 13. Grafik hasil pengujian impak pada baja EMS-45 setelah proses quenching dengan variasi temperatur media pendingin

Berdasarkan gambar 13 terlihat bahwa semakin tinggi temperatur media pendingin, semakin besar usaha untuk mematahkan material Baja EMS-45.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa telah terjadi kenaikan nilai kekerasan pada Baja EM-45 dengan adanya memvariasikan temperatur media pendingin. Kekerasan terbesar terjadi pada suhu 0°C sebesar 62,5 HRC dan nilai kekerasan semakin menurun dengan naiknya suhu media pendingin. Nilai kekuatan impak berbading terbalik dengan nilai kekerasan dengan naiknya temperatur media pendingin. Nilai impak Baja EMS-45 pada suhu 0°C sebesar 250,07 N.m dan mengalami kenaikan kekuatan impak sejalan dengan naiknya suhu media pendingin.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat ditindak lanjuti dengan penelitian berikutnya untuk melihat perubahan struktur yang terjadi pada Baja EMS-45 setelah dilakukan proses quenching.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Bohler. 2005. *Baja dan Spesifikasi Baja Paduan Produk Bohler*. Jakarta, Indonesia.
- Callister, William D. 1994. *Materials Science and Engineering*. John Willey & Sons, Inc. USA.
- Kramer, Hans. 1994. *Pengetahuan Bahan untuk Industri*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Purnomo, Syahrir Dian. 2009. Pengaruh Medium Quenching Air Tersirkulasi terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Baja AISI 4337.
- Totten, GE, Bates, CE, Clinton, NA. 1993. *Handbook of Quenchant and Quenching Technology*. ASM International, USA.