

TUGAS AKHIR
MANUFAKTUR DAN BAHAN

**PENGARUH PENDINGINAN UDARA TIUP DIBANDINGKAN
DENGAN PENDINGINAN UDARA BEBAS TERHADAP
KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA PROSES
HARDENING BAJA K 100 SPECIAL**



RSM
671.36
Ari
p-1

1997

| | |
|-----------------|-----------|
| PERPUSTAKAAN | |
| Tgl. Peng.: | 23-6-2000 |
| Barang: | H |
| No. Angk. Dir.: | 21-128 |

Disusun oleh :

EKO DODDY ARISTANTO

Nrp. 2194 030 037

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1997**



**PENGARUH PENDINGINAN UDARA TIUP DIBANDINGKAN
DENGAN PENDINGINAN UDARA BEBAS TERHADAP
KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA PROSES
HARDENING BAJA K 100 SPECIAL**

TUGAS AKHIR

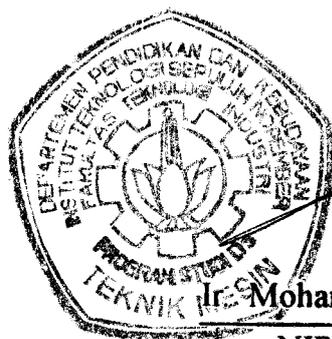
**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik Mesin
Pada**

**Bidang Studi Manufaktur dan Bahan
Program Studi Diploma III
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

SURABAYA, FEBRUARI 1998

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



Mohammad Farid, DEA.

NIP. 131.618.502

ABSTRAK

Pada suatu proses pengerasan baja (hardening), yang menggunakan pendinginan udara bebas dan udara tiup, akan terjadi perbedaan kenaikan kekerasan. Pada penelitian ini akan dilakukan analisa mengenai perbedaan kenaikan kekerasan baja K 100 Special yang mengalami hardening dengan dua metode pendinginan diatas.

Pada penelitian ini digunakan baja jenis cold work tool steel dengan merk Bohler K 100 Special. Adapun kecepatan udara yang dipergunakan 16 m/dt. Spesimen yang digunakan sebanyak 7 spesimen dengan 1 spesimen tetap dibiarkan pada kondisi awal dengan kekerasan 16,10 HRC. 6 spesimen dipanaskan sampai suhu 950° C.

Hasil uji kekerasan, spesimen II dengan holding time 15 menit dan pendinginan udara tiup mempunyai kekerasan yang paling tinggi, yaitu 65,46 HRC.

KATA PENGANTAR

Bismillaahir rahmaanir rahiim

Dengan mengucapkan Alhamdulillah dan puji syukur kepada Allah SWT, akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

PENGARUH PENDINGINAN UDARA TIUP DIBANDINGKAN DENGAN PENDINGINAN UDARA BEBAS TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA PROSES HARDENING BAJA K 100 SPECIAL

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk melengkapi kurikulum pendidikan Program Studi D III Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Soeharto, DEA sebagai Ketua Program Studi D III Teknik Mesin, FTI - ITS.
2. Bapak Ir. Eddy Widiyono, Msc. sebagai koordinator Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Mohammad Farid, DEA. sebagai dosen pembimbing dan dosen wali yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Hari Subiyanto, Msc. yang telah banyak membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir.

5. Semua rekan-rekan penulis di Wisma Permai V/4, Agung, Darminto, Beni, Gigih, Andi, Toni, Indra dan Renno.
6. Semua rekan-rekan mahasiswa angkatan '94 khususnya Nur Efendi, Yusuf, Tri, Rully, Yoyok, Dhani, Putu, Mia dan Mubarak.
7. Rekan-rekan penulis di Pasuruan Kaka, Gunawan, Ujar, Ivo, Deddy, Rokhman, Priyo, Sari dan Mbak Dian di Jember.
8. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dalam kesempatan ini penulis mempersembahkan Tugas Akhir ini kepada :

- Papa dan Mama di Pasuruan yang telah memberikan dorongan semangat dan do'a restunya setiap saat
- adik Yenny.

Pada penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah berusaha semaksimal mungkin, namun penulis juga menyadari banyak kekurangan-kekurangan didalamnya, oleh karena itu sangat diharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca.

Akhir kata, semoga buku ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Januari 1998

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| JUDUL..... | |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | i |
| ABSTRAKSI..... | ii |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR GAMBAR..... | vii |
| DAFTAR TABEL..... | viii |
| | |
| BAB I. PENDAHULUAN | |
| 1.1. Tinjauan Umum..... | 1 |
| 1.2. Latar Belakang..... | 2 |
| 1.3. Perumusan Masalah..... | 3 |
| 1.4. Maksud dan Tujuan Percobaan..... | 4 |
| 1.5. Batasan Masalah..... | 5 |
| 1.6. Metodologi Penelitian..... | 6 |
| 1.6.1. Studi Literatur..... | 7 |
| 1.6.2. Percobaan Laboratorium..... | 7 |
| 1.6.3. Analisa Data dan Pembahasan..... | 8 |
| 1.6.4. Kesimpulan dan Saran..... | 9 |
| | |
| BAB II. DASAR TEORI | |
| 2.1. Klasifikasi Baja..... | 10 |
| 2.2. Pengaruh Unsur Paduan..... | 12 |
| 2.3. Baja Perkakas..... | 15 |
| 2.4. Sifat Baja Perkakas..... | 18 |
| 2.5. Hardening..... | 20 |
| 2.5.1. Temperatur Austenitising..... | 21 |
| 2.5.2. Homogeneity Austenite..... | 23 |
| 2.5.3. Laju Pendinginan..... | 24 |
| 2.5.4. Kondisi Permukaan..... | 24 |
| 2.5.5. Ukuran dan Berat Benda Kerja..... | 25 |

| | |
|---|-----------|
| BAB III. METODOLOGI PENELITIAN | |
| 3.1. Rancangan Percobaan..... | 26 |
| 3.2. Bahan Spesimen Percobaan..... | 27 |
| 3.3. Pelaksanaan Percobaan..... | 27 |
| 3.3.1. Pemotongan Bahan Spesimen Percobaan..... | 27 |
| 3.3.2. Pemanasan Spesimen..... | 29 |
| 3.3.3. Pendinginan Spesimen..... | 31 |
| 3.4. Pelaksanaan Percobaan..... | 33 |
| 3.4.1. Pengujian Kekerasan..... | 33 |
| 3.4.2. Pengujian Metalografi..... | 35 |
| 3.4.2.1. Grinding dan Polishing..... | 35 |
| 3.4.2.2. Etsa Permukaan Material..... | 36 |
| 3.4.2.3. Pengamatan Metalografi..... | 37 |
| | |
| BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1. Indikasi Perubahan Sifat Mekanis..... | 38 |
| 4.2. Kondisi Awal Dari Baja K 100 SPECIAL..... | 39 |
| 4.3. Hasil Pengujian Kekerasan Setelah Hardening..... | 40 |
| 4.4. Hasil Pengamatan Struktur Mikro..... | 42 |
| 4.5. Pembahasan Hasil Pengujian Kekerasan dan Struktur Mikro..... | 45 |
| | |
| BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1. Kesimpulan..... | 49 |
| 5.2. Saran..... | 50 |
| | |
| DAFTAR PUSTAKA..... | ix |

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1. Pengaruh chrom terhadap luas daerah austenite.
- Gambar 2. Penampang diagram fase baja dengan 12 % Cr.
- Gambar 3. Dimensi spesimen percobaan.
- Gambar 4. Mesin oven.
- Gambar 5. Metode pendinginan udara tiup.
- Gambar 6. Mesin uji kekerasan.
- Gambar 7. Foto struktur mikro spesimen awal.
- Gambar 8. Struktur mikro spesimen I setelah proses hardening.
- Gambar 9. Struktur mikro spesimen II setelah proses hardening.
- Gambar 10. Struktur mikro spesimen III setelah proses hardening.
- Gambar 11. Struktur mikro spesimen IV setelah proses hardening.
- Gambar 12. Struktur mikro spesimen V setelah proses hardening.
- Gambar 13. Struktur mikro spesimen VI setelah proses hardening.
- Gambar 14. Diagram pendinginan baja K 100 Special.

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi baja perkakas menurut AISI.

Tabel 2. Komposisi masing-masing type baja perkakas.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Tinjauan umum

Dewasa ini banyak sekali kita jumpai peralatan-peralatan yang terbuat dari logam. Penggunaan logam tersebut tidak terbatas pada industri saja, tetapi menyeluruh pada semua aspek kehidupan manusia. Mulai dari peralatan rumah tangga yang sederhana sampai industri pesawat terbang yang membutuhkan teknologi tinggi.

Adapun digunakannya logam sebagai bahan baku adalah karena logam memiliki beberapa keunggulan yang tidak dimiliki oleh bahan-bahan non logam. Diantara keunggulan-keunggulan dari logam adalah sifat daya hantarnya yang bagus, baik daya hantar panas maupun daya hantar listriknya, mudah didaur ulang kembali, maupun tingkat kekerasannya yang bermacam-macam dari yang paling lunak sampai logam yang mempunyai kekerasan sangat tinggi.

Jika kita perhatikan lebih jauh dari beberapa keunggulan logam diatas, ada hal yang menarik untuk diteliti dan diamati lebih lanjut yaitu mengenai tingkat kekerasan logam yang sangat beragam. Disini logam memiliki kelebihan dari bahan non logam yaitu kemampuannya merubah tingkat kekerasannya. Sehingga dalam satu jenis logam yang mempunyai

komposisi kimia yang sama, akan terdapat bermacam-macam tingkat kekerasan yang tergantung dari proses perlakuannya nanti. Dalam menganalisa permasalahan ini digunakan hardening sebagai dasar, sehingga nantinya dengan dasar hardening ini dapat digunakan untuk menganalisa dan membahas permasalahan.

1.2. Latar belakang

Pada dasarnya untuk mencapai keuntungan yang maksimal baik dari segi manfaat maupun komersial, manusia berusaha melakukan terobosan-terobosan baru yang sekiranya dapat menghasilkan hasil yang maksimal. Tetapi seringkali suatu keuntungan yang satu jika digabungkan dengan keuntungan yang lain akan menghasilkan efek samping yang tidak dikehendaki. Misalnya mengenai kekerasan logam. Dimana jika sifat kekerasan yang dibutuhkan, maka suatu logam harus mempunyai kadar karbon yang tinggi. Tetapi dilain pihak kadar karbon yang tinggi tersebut ternyata juga mempunyai akibat yang jelek pada logam, yaitu misalnya sifat tahan korosinya yang menurun.

Oleh karena itu, manusia melakukan percobaan-percobaan yang sekiranya dapat menaikkan kekerasan logam, tanpa merubah komposisi kimia dari logam tersebut (misalnya dengan penambahan karbon). Salah satunya adalah dengan melakukan proses laku panas yaitu yang biasanya disebut hardening, dimana untuk menaikkan kekerasan logam tidak perlu

merubah komposisi kimia tetapi cukup dengan merubah struktur mikro dari logam tersebut.

Oleh sebab itu studi mengenai analisis dan pembahasan perubahan sifat kekerasan pada logam dengan menggunakan proses hardening sangat dibutuhkan, karena studi ini mungkin dapat dijadikan pertimbangan untuk dapat menaikkan kekerasan logam tanpa menimbulkan efek samping semisal turunnya ketahanan korosi logam tersebut.

1.3. Perumusan masalah

Pada dasarnya banyak sekali logam yang mempunyai kekerasan yang tinggi tetapi dalam studi ini jenis logam yang digunakan adalah baja High-Carbon High-Chromium.

Pada penelitian kali ini, perbedaan kekerasan pada logam sebagai akibat proses hardening dengan pendinginan yang berbeda adalah hal yang perlu diketahui, karena suatu logam jika mengalami proses hardening yang sama tetapi dengan laju pendinginan yang berbeda maka kekerasannya akan berbeda. Juga perlu dipahami perubahan struktur mikro pada laju pendinginan yang berbeda, karena itu pengamatan struktur mikro pada baja jenis cold work tool steel juga dilakukan.

Dari permasalahan diatas maka perlu dilakukan uji kekerasan untuk mengetahui perbedaan kenaikan kekerasan sebagai akibat hardening dengan laju pendinginan yang berbeda.

1.4. Maksud dan tujuan percobaan

Maksud dari percobaan ini adalah untuk mempelajari dan membuktikan adanya perbedaan kenaikan kekerasan pada baja cold work tool steel yang mengalami hardening dengan laju pendinginan yang berbeda.

Dalam percobaan ini digunakan baja jenis cold work tool steel dengan merk Bohler K 100 SPECIAL. Adapun digunakannya baja ini dalam percobaan karena baja ini digunakan sebagai standard grade of high-carbon high-chromium dengan kadar karbon mencapai 2 % yang tentunya sangat cocok apabila memerlukan kekerasan yang tinggi. Disamping itu baja ini juga mempunyai spesifikasi komposisi kimia yang diterbitkan oleh perusahaan pembuat.

Dalam percobaan ini ditekankan pada analisa dan pembahasan perbedaan kekerasan yang dialami baja K 100 SPECIAL sebagai akibat laju pendinginan yang berbeda, yaitu dengan menggunakan udara bebas dan menggunakan udara tiup (blower) dengan kecepatan 16 m / s.

Adapun secara menyeluruh tujuan dari percobaan ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengamatan struktur mikro pada baja K 100 SPECIAL yang mengalami hardening dengan laju pendinginan yang berbeda dan membandingkannya dengan struktur mikro baja K 100 SPECIAL pada kondisi awal, dengan tujuan untuk mengetahui perubahan struktur mikro yang terjadi pada baja tersebut.

2. Melakukan pengujian kekerasan terhadap baja K 100 SPECIAL setelah mengalami hardening dengan laju pendinginan yang berbeda, kemudian membandingkannya antara pendinginan udara bebas dan udara tiup. Setelah itu dibandingkan dengan kondisi awal, dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar kenaikan kekerasan dengan dua pendinginan tersebut.

1.5. Batasan masalah

Dalam percobaan mengenai pengerasan (hardening) yang dilanjutkan dengan laju pendinginan yang berbeda tentu terdapat banyak masalah yang timbul, maka untuk mencapai maksud dan tujuan yang ditentukan maka diperlukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Sampel percobaan dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - Baja cold work tool steel dengan merk Bohler K 100 SPECIAL.
 - Komposisi kimia : C 2 %, Cr 11,5 %, Mn 0,3 %, Si 0,25 %.
 - Dimensi : diameter 25 mm, panjang 30 mm.
2. Pada penelitian ini, baja menerima pemanasan dalam oven.
3. Temperatur baja selama pemindahan dari dalam oven ke tempat pendinginan dianggap konstan.
4. Pemanasan dalam oven dilakukan pada temperatur 950° C dengan lamanya holding time yang berbeda-beda yaitu :

Spesimen I : holding time 15 menit dengan pendinginan udara bebas.

- Spesimen II : holding time 15 menit dengan pendinginan udara tiup.
- Spesimen III : holding time 30 menit dengan pendinginan udara bebas.
- Spesimen IV : holding time 30 menit dengan pendinginan udara tiup.
- Spesimen V : holding time 45 menit dengan pendinginan udara bebas.
- Spesimen VI : holding time 45 menit dengan pendinginan udara tiup.
5. Udara tiup yang digunakan berasal dari blower dengan kecepatan udara 16 m/s.
6. Pengujian yang dilakukan pada semua spesimen meliputi pengujian metalografi (struktur mikro) dan pengujian kekerasan.
7. Analisa perpindahan panas yang terjadi pada spesimen selama pendinginan tidak dipelajari, mengingat dalam percobaan ini yang di tekankan adalah pengamatan perbedaan kenaikan kekerasan.

1.6. Metodologi Penelitian

Secara menyeluruh metodologi yang dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur.
2. Percobaan di laboratorium.
3. Analisa data dan pembahasan.
4. Kesimpulan dan saran.

1.6.1. Studi Literatur

Studi literatur adalah mempelajari beberapa teks book untuk memperkuat dasar teori tentang hardening dan laju pendinginan.

1.6.2. Percobaan Laboratorium

Langkah pertama yang dilakukan adalah pemotongan spesimen. Dimana baja pada awalnya berbentuk silinder pejal dengan diameter 25 mm dan dipotong dengan ukuran diameter 25 mm dan panjang 30 mm sebanyak 7 spesimen.

Langkah berikutnya setelah pemotongan adalah pengerasan baja (hardening) dengan memanaskan spesimen dalam oven. 6 spesimen dimasukkan dalam oven, dan dilakukan pemanasan sampai suhu 950° C dengan holding time yang berbeda-beda. Spesimen I dan II dengan holding time 15 menit, spesimen III dan IV dengan holding time 30 menit, spesimen V dan VI dengan holding time 45 menit. Cara pendinginan pada tiap spesimen juga berbeda-beda yaitu spesimen I, III dan V dengan pendinginan udara bebas, sedangkan spesimen II, IV dan VI pendinginan dengan menggunakan udara tiup yang diperoleh dari blower. Adapun kecepatan udara yang dipergunakan pada pendinginan ini adalah 16 m/s. Dalam percobaan ini terdapat 1 spesimen yang memang tidak ikut dipanaskan dalam oven karena spesimen ini akan digunakan sebagai pembanding dengan spesimen yang mengalami hardening.

Langkah berikutnya adalah melakukan pengujian pada 7 spesimen. Pengujian yang dilakukan pada 7 spesimen meliputi pengujian kekerasan dan pengujian struktur mikro. Pemanasan dalam oven dan pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium D III Teknik Mesin ITS, sedangkan pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Surabaya.

1.6.3. Analisa Data dan Pembahasan

Setelah semua data yang diperlukan didapat, maka data tersebut dianalisa sesuai dengan dasar teori yang ada. Data-data tersebut dianalisa sesuai dengan dasar teori yang ada. Data-data tersebut meliputi data kekerasan dan data struktur mikro yang dilengkapi dengan foto hasil pengamatan struktur mikro dari 7 spesimen.

Langkah berikutnya setelah data dianalisa adalah pembahasan masalah dari hardening dengan lama holding time dan laju pendinginan yang berbeda-beda. Tujuan yang hendak dicapai adalah untuk mengetahui seberapa besar kenaikan kekerasan yang dapat dicapai oleh baja K 100 SPECIAL dengan proses hardening dengan menggunakan pendinginan udara bebas dan pendinginan udara tiup.

1.6.4. Kesimpulan dan Saran

Dari keseluruhan langkah-langkah percobaan yang telah dilakukan, kemudian ditarik suatu kesimpulan tentang maksud dan tujuan yang dikemukakan dari pelaksanaan percobaan.

Saran-saran berguna untuk menyempurnakan data dan menggali permasalahan baru yang timbul selama percobaan. Dengan demikian percobaan menjadi berkelanjutan dan berkembang terus.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Klasifikasi baja

Baja adalah paduan yang paling banyak digunakan oleh manusia dimana jenis dan bentuknya sangat banyak. Karena penggunaannya yang sangat luas maka berbagai pihak sering membuat klasifikasi menurut keperluan masing-masing. Ada beberapa cara mengklasifikasikan baja , antara lain :

- menurut cara pembuatannya : baja Bessemer, baja Siemens - Martin (open hearth), baja listrik, dan lain-lain.
- menurut penggunaannya : baja konstruksi, baja mesin, baja pegas, baja ketel, baja perkakas, dan lain-lain.
- menurut kekuatannya : baja kekuatan lunak, baja kekuatan tinggi.
- menurut struktur mikronya : baja eutektoid, baja hypoeutektoid, baja hypereutektoid, baja austenitik, baja ferritik, baja martensitik, dan lain-lain.
- menurut komposisi kimianya : baja karbon, baja paduan rendah, baja paduan tinggi, dan lain-lain.

Untuk mempermudah dalam mempelajari baja sebagai obyek pembahasan dalam ilmu logam , maka biasanya baja diklasifikasikan

menurut komposisi kimianya atau struktur mikronya. Menurut komposisi kimianya baja dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu baja karbon dan baja paduan. Baja karbon bukan berarti baja yang sama sekali tidak mengandung sejumlah unsur lain selain besi dan karbon. Baja karbon masih mengandung sejumlah unsur lain, tetapi masih dalam batas-batas tertentu yang tidak berpengaruh terhadap sifatnya. Unsur- unsur ini biasanya merupakan ikutan yang berasal dari proses pembuatan baja, seperti mangan dan silikon, dan beberapa unsur pengotoran, seperti belerang, phosphor, oksigen, nitrogen dan lain-lain yang biasanya ditekan sampai kadar yang sangat kecil.

Baja dengan kadar mangan kurang dari 0,8 %, silikon kurang dari 0,5 % dan unsur lain sangat sedikit, dapat dianggap sebagai baja karbon. Mangan dan silikon sengaja ditambahkan dalam proses pembuatan baja sebagai deoksidiser, untuk mengurangi pengaruh buruk dari beberapa unsur pengotoran. Baja paduan mengandung unsur-unsur paduan yang sengaja ditambahkan untuk memperoleh sifat-sifat tertentu.

Low carbon steel, dengan kadar karbon sampai 0,25 % sangat luas penggunaannya, sebagai baja konstruksi umum, untuk baja profil, rangka bangunan, baja tulangan beton, rangka kendaraan, mur baut, pelat pipa dan lain-lain. Baja ini kekuatannya relatif rendah, lunak, tetapi keuletannya tinggi, mudah dibentuk dan dimachining,

Medium carbon steel, kadar karbon 0,25 % - 0,55 %, dimana baja ini lebih kuat dan keras dan dapat dikeraskan. Penggunaannya hampir sama

dengan low carbon steel digunakan untuk yang memerlukan kekuatan dan ketangguhan yang lebih tinggi. Juga banyak digunakan sebagai baja konstruksi mesin, untuk poros, roda gigi, rantai dan lain-lain.

High carbon steel, kadar karbon lebih dari 0,55 %, lebih kuat dan lebih keras lagi, tetapi keuletan dan ketangguhannya rendah. Baja ini terutama digunakan untuk perkakas yang biasanya memerlukan sifat tahan aus, misalnya untuk mata bor, reamer, tap dan perkakas tangan yang lain.

Low alloy steel, baja paduan dengan kadar unsur paduan rendah (kurang dari 10 %), mempunyai kekuatan dan ketangguhan yang lebih tinggi daripada baja karbon dengan kadar karbon yang sama, atau mempunyai keuletan yang lebih tinggi daripada baja karbon dengan kekuatan yang sama. Hardenability dan sifat tahan korosi pada umumnya lebih baik. Banyak digunakan sebagai baja konstruksi mesin.

High alloy steel, baja paduan dengan kadar unsur paduan tinggi, mempunyai sifat khusus tertentu, baja tahan karat (stainless steel), baja perkakas (tool steel, misalnya HSS), baja tahan panas (heat resisting steel) dan lain-lain.

2.2. Pengaruh unsur paduan

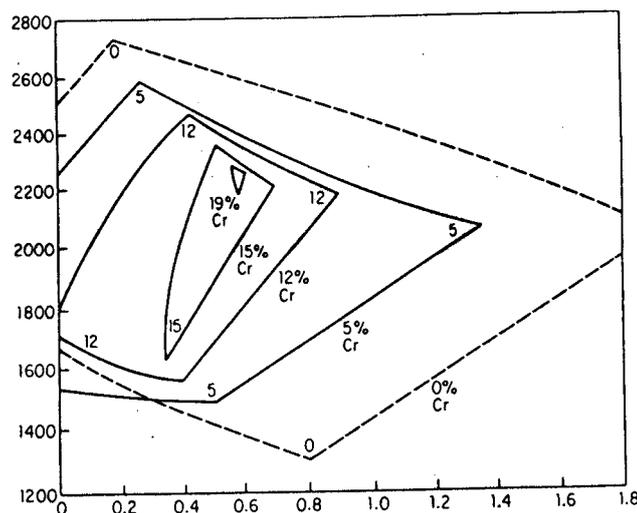
Unsur paduan sengaja ditambahkan ke dalam baja dengan tujuan untuk mencapai salah satu atau beberapa dari tujuan berikut :

- menaikkan hardenability.

- memperbaiki kekuatan pada temperatur biasa.
- memperbaiki sifat mekanik pada temperatur rendah atau tinggi.
- memperbaiki ketangguhan pada tingkat kekuatan atau kekerasan tertentu.
- menaikkan sifat tahan aus.
- menaikkan sifat tahan korosi.
- menaikkan sifat kemagnitan.

Pengaruh unsur paduan terhadap baja banyak dipengaruhi oleh cara penyebarannya di dalam baja itu sendiri. Pada dasarnya semua unsur paduan, sedikit atau banyak, dapat larut di dalam ferrite, dan austenite pada umumnya dapat melarutkan unsur paduan dalam kadar yang lebih tinggi. Sebagian dari unsur-unsur paduan dalam baja cenderung akan membentuk karbida, ada yang kecenderungannya tinggi ada pula yang rendah, bahkan ada yang tidak pernah dijumpai membentuk karbida. Unsur yang mempunyai kecenderungan kuat untuk larut dalam ferrite biasanya tidak membentuk karbida. Sebaliknya yang mempunyai kecenderungan kuat untuk membentuk karbida kelarutannya dalam ferrite lebih terbatas.

Unsur paduan selain mungkin dapat larut dalam ferrite dan austenite, dan membentuk karbida juga ada yang dapat membentuk nitrida. Gambar berikut ini memperlihatkan pengaruh kadar unsur chromium dalam diagram fase suatu baja, dimana unsur ini termasuk dalam ferrite stabilizer.



Gambar 1. Pengaruh chrom terhadap luas daerah austenite

Unsur-unsur paduan dalam baja K 100 SPECIAL yaitu :

- Chrom

Chrom dapat larut dalam ferrite maupun austenite sehingga ini akan menaikkan kekuatan dan ketangguhan . Baja dengan chrom lebih dari 10 % akan mempunyai sifat tahan korosi sangat baik (stainless steel). Chrom dapat membentuk karbida bila terdapat cukup karbon, sehingga akan menaikkan sifat tahan aus. Dengan kadar karbon tinggi baja menjadi keras dan sangat tahan aus.

- Mangan

Mangan adalah salah satu unsur paduan yang paling murah, selalu ada dalam baja dan digunakan sebagai deoxidizer. Baja dikatakan sebagai baja paduan bila mengandung Mn lebih dari 0,8 % . Mangan menaikkan kekuatan dan kekerasan , dan ini akan lebih efektif pada karbon yang lebih tinggi.

Mn adalah unsur paduan yang austenite stabiliser, yaitu dapat membuat austenite menjadi lebih stabil pada temperatur yang lebih rendah.

- Silicon

Seperti mangan, silicon juga deoxidizer yang murah, selalu terdapat dalam baja. Baja dianggap baja paduan bila mengandung silikon lebih dari 0,6 %. Silicon juga larut dalam ferrite dan ini akan menaikkan ketangguhan dan kekuatan.

2.3. Baja perkakas

Dalam pembahasan ini yang dimaksud dengan baja perkakas biasanya adalah baja khusus, berkualitas tinggi, yang dipakai untuk membuat perkakas perautan (Cutting) maupun pembentukan (forming). Klasifikasi baja perkakas didasarkan atas beberapa hal yaitu quenching media pada proses pengerasannya, kadar paduannya maupun pemakaiannya.

AISI mengklasifikasikan baja perkakas ke dalam 7 group yang masing-masing group dan subgroup diberi kode huruf, seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Klasifikasi baja perkakas menurut AISI

| Group | Symbol | Type |
|-------------------|--------|-------------------------------|
| Water - hardening | W | |
| Shock - resisting | S | |
| Cold - Work | O | Oil - hardening |
| | A | Medium alloy air - hardening |
| | D | High - carbon high - chromium |
| Hot - work | H | H1 - H19, chromium - base |
| | | H1 - H39, tungsten - base |
| | | H40 - H 59, molybdenum - base |
| High - speed | T | Tungsten - base |
| | M | Molybdenum - base |
| Mold | P | P1 - P19, low carbon |
| | | P20 - P39, other type |
| Special purpose | L | Low - alloy |
| | F | Carbon - tungsten |

Tabel 2. Komposisi masing- masing type baja perkakas.

| IDENTIFYING ELEMENTS, % | | | | | | | | | | |
|--|------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| Type | C | Mn | Si | Cr | Ni | V | W | Mo | Co | Al |
| WATER-HARDENING TOOL STEELS SYMBOL W | | | | | | | | | | |
| W1 | 0.60/1.40† | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| W2 | 0.60/1.40† | ... | ... | ... | ... | 0.25 | ... | ... | ... | ... |
| W5 | 1.10 | ... | ... | 0.50 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| SHOCK-RESISTING TOOL STEELS SYMBOL S | | | | | | | | | | |
| S1 | 0.50 | ... | ... | 1.50 | ... | ... | 2.50 | ... | ... | ... |
| S2 | 0.50 | ... | 1.00 | ... | ... | ... | ... | 0.50 | ... | ... |
| S5 | 0.55 | 0.80 | 2.00 | ... | ... | ... | ... | 0.40 | ... | ... |
| S7 | 0.50 | ... | ... | 3.25 | ... | ... | ... | 1.40 | ... | ... |
| COLD-WORK TOOL STEELS SYMBOL O, OIL-HARDENING TYPES | | | | | | | | | | |
| O1 | 0.90 | 1.00 | ... | 0.50 | ... | ... | 0.50 | ... | ... | ... |
| O2 | 0.90 | 1.60 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| O6† | 1.45 | ... | 1.00 | ... | ... | ... | ... | 0.25 | ... | ... |
| O7 | 1.20 | ... | ... | 0.75 | ... | ... | 1.75 | ... | ... | ... |
| SYMBOL A, MEDIUM ALLOY AIR HARDENING TYPES | | | | | | | | | | |
| A2 | 1.00 | ... | ... | 5.00 | ... | ... | ... | 1.00 | ... | ... |
| A3 | 1.25 | ... | ... | 5.00 | ... | 1.00 | ... | 1.00 | ... | ... |
| A4 | 1.00 | 2.00 | ... | 1.00 | ... | ... | ... | 1.00 | ... | ... |
| A6 | 0.70 | 2.00 | ... | 1.00 | ... | ... | ... | 1.00 | ... | ... |
| A7 | 2.25 | ... | ... | 5.25 | ... | 4.75 | 1.00 | 1.00 | ... | ... |
| A8 | 0.55 | ... | ... | 5.00 | ... | ... | 1.25 | 1.25 | ... | ... |
| A9 | 0.50 | ... | ... | 5.00 | 1.50 | 1.00 | ... | 1.40 | ... | ... |
| A10† | 1.35 | 1.80 | 1.25 | ... | 1.80 | ... | ... | 1.50 | ... | ... |

Tugas Akhir (ME 4704)

| IDENTIFYING ELEMENTS, % | | | | | | | | | | |
|---|------------|-----|-----|-------|------|------|-------|------|-------|----|
| Type | C | Mn | Si | Cr | Ni | V | W | Mo | Co | Al |
| SYMBOL D, HIGH-CARBON HIGH-CHROMIUM TYPES | | | | | | | | | | |
| D2 | 1.50 | ... | ... | 12.00 | ... | ... | ... | 1.00 | | |
| D3 | 2.25 | ... | ... | 12.00 | ... | ... | ... | | | |
| D4 | 2.25 | ... | ... | 12.00 | ... | ... | ... | 1.00 | | |
| D5 | 1.50 | ... | ... | 12.00 | ... | ... | ... | 1.00 | 3.00 | |
| D7 | 2.35 | ... | ... | 12.00 | ... | 4.00 | ... | 1.00 | | |
| HOT-WORK TOOL STEELS SYMBOL H | | | | | | | | | | |
| H1-H19, INCL., CHROMIUM-BASE TYPES | | | | | | | | | | |
| H10 | 0.40 | ... | ... | 3.25 | ... | 0.40 | ... | 2.50 | | |
| H11 | 0.35 | ... | ... | 5.00 | ... | 0.40 | ... | 1.50 | | |
| H12 | 0.35 | ... | ... | 5.00 | ... | 0.40 | 1.50 | 1.50 | | |
| H13 | 0.35 | ... | ... | 5.00 | ... | 1.00 | ... | 1.50 | | |
| H14 | 0.40 | ... | ... | 5.00 | ... | ... | 5.00 | | | |
| H19 | 0.40 | ... | ... | 4.25 | ... | 2.00 | 4.25 | ... | 4.25 | |
| H20-H39, INCL., TUNGSTEN-BASE TYPES (H27-H39 UNASSIGNED) | | | | | | | | | | |
| H21 | 0.35 | ... | ... | 3.50 | ... | ... | 9.00 | | | |
| H22 | 0.35 | ... | ... | 2.00 | ... | ... | 11.00 | | | |
| H23 | 0.30 | ... | ... | 12.00 | ... | ... | 12.00 | | | |
| H24 | 0.45 | ... | ... | 3.00 | ... | ... | 15.00 | | | |
| H25 | 0.25 | ... | ... | 4.00 | ... | ... | 15.00 | | | |
| H26 | 0.50 | ... | ... | 4.00 | ... | 1.00 | 18.00 | | | |
| H40-H59, INCL., MOLYBDENUM-BASE TYPES (H40, H44-H59 UNASSIGNED) | | | | | | | | | | |
| H41 | 0.65 | ... | ... | 4.00 | ... | 1.00 | 1.50 | 8.00 | | |
| H42 | 0.60 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | 6.00 | 5.00 | | |
| H43 | 0.55 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | ... | 8.00 | | |
| HIGH-SPEED TOOL STEELS SYMBOL T, TUNGSTEN-BASE TYPES | | | | | | | | | | |
| T1 | 0.70 | ... | ... | 4.00 | ... | 1.00 | 18.00 | ... | | |
| T2 | 0.80 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | 18.00 | ... | | |
| T4 | 0.75 | ... | ... | 4.00 | ... | 1.00 | 18.00 | ... | 5.00 | |
| T5 | 0.80 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | 18.00 | ... | 8.00 | |
| T6 | 0.80 | ... | ... | 4.50 | ... | 1.50 | 20.00 | ... | 12.00 | |
| T8 | 0.75 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | 14.00 | ... | 5.00 | |
| T15 | 1.50 | ... | ... | 4.00 | ... | 5.00 | 12.00 | ... | 5.00 | |
| SYMBOL M, MOLYBDENUM-BASE TYPES | | | | | | | | | | |
| M1 | 0.80 | ... | ... | 4.00 | ... | 1.00 | 1.50 | 8.00 | | |
| M2 | 0.85/1.00† | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | 6.00 | 5.00 | | |
| M3 | 1.05 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.40 | 6.00 | 5.00 | | |
| M4 | 1.30 | ... | ... | 4.00 | ... | 4.00 | 5.50 | 4.50 | | |
| M6 | 0.80 | ... | ... | 4.00 | ... | 1.50 | 4.00 | 5.00 | 12.00 | |
| M7 | 1.00 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | 1.75 | 8.75 | | |
| M10 | 0.85 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | ... | 8.00 | | |
| M30 | 0.80 | ... | ... | 4.00 | ... | 1.25 | 2.00 | 8.00 | 5.00 | |
| M34 | 0.90 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | 2.00 | 8.00 | 8.00 | |
| M36 | 0.80 | ... | ... | 4.00 | ... | 2.00 | 6.00 | 5.00 | 8.00 | |
| M41 | 1.10 | ... | ... | 4.25 | ... | 2.00 | 6.75 | 3.75 | 5.00 | |
| M42 | 1.10 | ... | ... | 3.75 | ... | 1.15 | 1.50 | 9.50 | 8.00 | |
| M43 | 1.20 | ... | ... | 3.75 | ... | 1.60 | 2.75 | 8.00 | 8.25 | |
| M44 | 1.50 | ... | ... | 4.25 | ... | 2.25 | 5.25 | 6.25 | 12.00 | |
| M46 | 1.25 | ... | ... | 4.00 | ... | 3.20 | 2.00 | 8.25 | 8.25 | |
| M47 | 1.10 | ... | ... | 3.75 | ... | 1.25 | 1.50 | 9.50 | 5.00 | |
| SPECIAL-PURPOSE TOOL STEELS SYMBOL L, LOW-ALLOY TYPES | | | | | | | | | | |
| L2 | 0.50/1.10† | ... | ... | 1.00 | ... | 0.20 | | | | |
| L3 | 1.00 | ... | ... | 1.50 | ... | 0.20 | | | | |
| L6 | 0.70 | ... | ... | 0.75 | 1.50 | ... | | 0.25 | | |
| SYMBOL F, CARBON-TUNGSTEN TYPES | | | | | | | | | | |
| F1 | 1.00 | ... | ... | ... | ... | ... | 1.25 | | | |
| F2 | 1.25 | ... | ... | ... | ... | ... | 3.50 | | | |

2.4. Sifat baja perkakas

Ada beberapa sifat yang harus dimiliki baja perkakas, yaitu kekerasan, ketangguhan, tahan aus, red - hardness, dekarburisasi, hardenability, parameter pada proses laku panasnya dan machinability.

1. Non - deforming property

Pada pemanasan dan pendinginan baja akan mengalami pemuaian dan penyusutan, dan ini akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk dan ukuran benda kerja. Mungkin juga terjadi distorsi bahkan retak. Baja yang mempunyai sifat nondeforming yang baik tidak banyak menimbulkan perubahan bentuk dan dimensi. Hal ini sangat penting bagi perkakas yang mempunyai bentuk kompleks. Biasanya air - hardening steel mempunyai sifat non - deforming paling baik.

2. Depth of hardening

Suatu perkakas seringkali memerlukan kekuatan / kekerasan pada seluruh penampang. Dalamnya penetrasi ini berkait erat dengan hardenability. Semua unsur paduan menaikkan hardenability, kecuali cobalt.

3. Ketangguhan

Dalam pembahasan mengenai baja perkakas, istilah ketangguhan hendaknya diartikan sebagai kemampuan menahan beban tanpa menjadi patah, bukan kemampuan menyerap energi selama deformasi sebagaimana pengertian biasanya. Perkakas harus kaku, tidak boleh

terjadi deformasi plastik sedikitpun. Cold - work tool steel , yang kadar karbonnya tinggi, cenderung agak getas dan dikatakan ketangguhannya rendah.

4. Wear resistance

Wear resistance (sifat tahan aus) yang dapat didefinisikan sebagai ketahanan terhadap abrasi sebenarnya dimiliki oleh semua baja perkakas, tetapi beberapa diantaranya memiliki sifat tahan aus yang sangat baik, terutama yang mengandung partikel-partikel karbida yang tak terlarut.

5. Red - hardness

Red - hardness sering juga disebut hot - hardness, dapat dikatakan sebagai kekerasan pada temperatur tinggi. Hal ini banyak berkaitan dengan ketahanan terhadap tempering dari suatu baja. Sifat ini terutama diperlukan pada perkakas potong kecepatan tinggi dan perkakas untuk hot - working yang bekerja pada temperatur lebih dari 485° C. Unsur paduan carbide former, seperti chrom, tungsten dan molybdenum sangat memperbaiki sifat ini. Baja dengan kandungan unsur-unsur tersebut dalam jumlah besar akan mempunyai sifat red - hardness yang sangat baik.

6. Machinability

Sifat ini menyatakan kemampuan suatu bahan untuk dapat dimachining dengan mudah dan menghasilkan permukaan yang halus. Pada baja perkakas faktor yang berpengaruh terhadap machinability terutama kekerasan pada kondisi annealed, struktur mikro dan banyaknya eksese

karbida. Dibandingkan dengan baja konstruksi, baja perkakas pada umumnya lebih sulit dimachining. Machining dan workability secara umum akan berkurang dengan makin tingginya kadar karbon dan paduan. Adanya carbide forming elements yang kuat, seperti chrom, vanadium dan molybden akan menurunkan machinability, karena terbentuknya sejumlah besar partikel karbida sesudah annealing

7. Resistance to decarburization

Dekarburisasi yaitu keluarnya karbon dari baja, dapat terjadi selama baja dipanaskan di atas 700° C. Bila hal ini terjadi maka kekerasan yang diharapkan tidak akan tercapai. Dekarburisasi dapat dicegah dengan beberapa cara perlindungan, karena itu sifat baja perkakas terhadap dekarburisasi ikut menentukan cara dan peralatan untuk heat treatmentnya. Carbon tool steel paling baik ketahanannya terhadap dekarburisasi.

2.5. HARDENING

Hardening adalah salah satu laku panas dengan kondisi non-equilibrium, yaitu laku panas yang pendinginannya berlangsung pada kondisi non-equilibrium (pendinginan yang sangat cepat), sehingga struktur mikro yang akan diperoleh juga adalah struktur mikro yang tidak equilibrium. Hardening dilakukan dengan memanaskan baja hingga mencapai temperatur austenite, dipertahankan beberapa saat pada temperatur tersebut,

lalu didinginkan dengan cepat sehingga akan diperoleh martensite yang keras. Biasanya sesudah proses hardening selesai, segera diikuti dengan proses tempering.

Kekerasan maksimum yang dapat tercapai setelah proses hardening banyak tergantung pada karbon, makin tinggi kadar karbon makin tinggi kekerasan maksimum yang dapat dicapai, tetapi sampai batas tertentu terhenti (sekitar 0,4 % C), kenaikan kekerasan ini mulai menurun. Hal ini dapat terjadi karena dengan kadar karbon dalam austenite yang makin tinggi, akan menyebabkan retained austenite makin banyak sehingga akan mengurangi kekerasan.

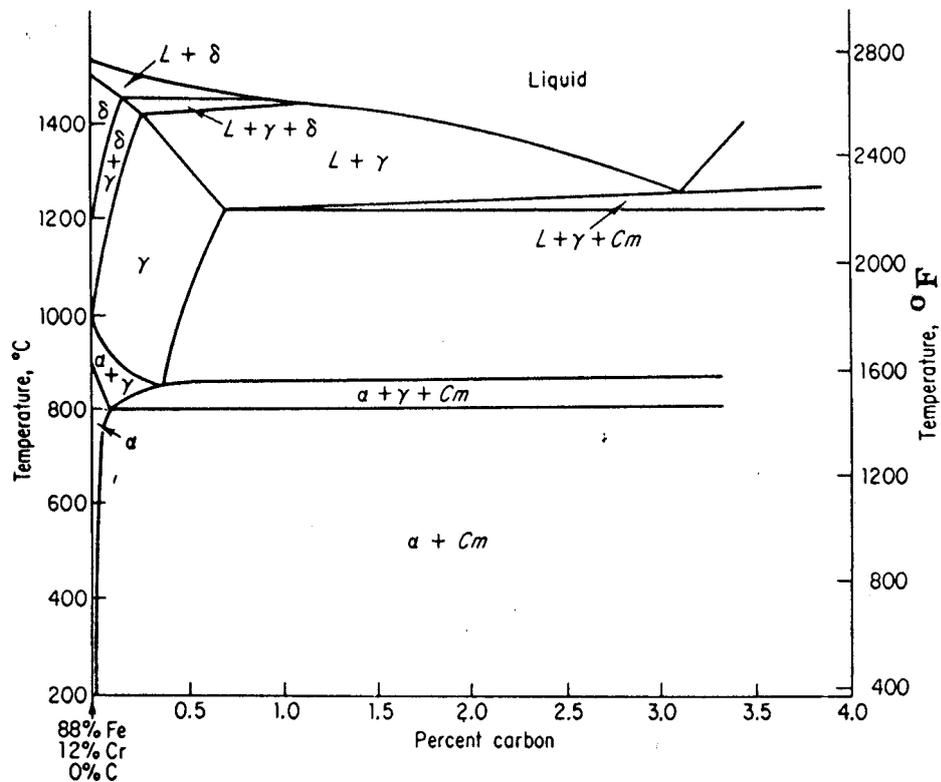
Pada suatu kondisi pemanasan belum tentu semua karbon dalam baja akan larut dalam austenite, tergantung juga pada tingginya temperatur austenitising, homogeneity dari austenite, laju pendinginan, kondisi permukaan benda kerja yang dikeraskan dan hardenability dari baja itu sendiri.

2.5.1. TEMPERATUR AUSTENITISING

Temperatur austenitising yang dianjurkan untuk melakukan hardening adalah 25° - 50° C di atas temperatur kritis A_3 untuk baja hypoeutektoid dan 25° - 50° C di atas temperatur kritis bawah A_1 untuk baja hypereutektoid. Dalam percobaan ini karena yang digunakan adalah baja High-Carbon High-Chromium, maka pengaruh unsur chrom yang

cukup tinggi pada baja (sekitar 12 %) akan merubah diagram fase.

Sehingga tentunya akan merubah pula daerah temperatur austenitising.



Gambar 2. Penampang diagram fase baja dengan 12 % Cr.

Pemanasan dilakukan sampai terjadi austenite, karena yang dapat bertransformasi menjadi martensite hanya austenite. Pemanasan yang hanya sampai temperatur A_1 dan A_3 sebenarnya sudah menghasilkan austenite, tetapi masih ada ferrite, yang bila didinginkan kembali, ferrite ini masih berupa ferrite yang lunak. Bila pemanasan diteruskan ke

temperatur yang lebih tinggi, maka akan diperoleh austenite dengan butiran yang terlalu besar / kasar, sehingga bila didinginkan kembali akan ada kemungkinan terjadi struktur yang terlalu getas.

Untuk baja hypereutektoid, bila temperatur pemanasan terlalu tinggi, maka kadar karbon dalam austenite akan terlalu besar, sehingga pada pendinginan kembali mungkin akan banyak tersisa austenite yang tidak bertransformasi, yang akan mengakibatkan tidak tercapainya kekerasan maksimum dan kemungkinan terjadinya distorsi / retak.

2.5.2. HOMOGENITY AUSTENITE

Pada pemanasan yang cepat, difusi yang terjadi masih belum sempurna, sehingga keadaan yang homogen masih belum tercapai. Bila keadaan yang homogen terjadi pada austenite maka bila austenite ini didinginkan cepat akan diperoleh martensite dengan kekerasan yang berbeda-beda

Untuk membuat austenite menjadi lebih homogen maka perlu diberi kesempatan pada atom-atom untuk berdifusi secara sempurna, artinya pada saat pemanasan perlu diberi holding time yang cukup untuk dapat mencapai austenite yang homogen. Lamanya holding time ini banyak tergantung pada laju pemanasan, makin tinggi laju pemanasan, maka makin panjang holding time yang harus diberikan. Dalam beberapa panduan disebutkan untuk baja yang tergolong dalam High Alloy Chrom

Steel seperti halnya baja K 100 SPECIAL ini lamanya holding time yang diberikan sekitar 0,5 menit per milimeter tebal benda.

2.5.3. LAJU PENDINGINAN

Untuk dapat memperoleh struktur yang sepenuhnya martensite maka laju pendinginan harus dapat mencapai laju pendinginan kritis (critical cooling rate - CCR). Dengan laju pendinginan yang kurang dari CCR akan mengakibatkan adanya sebagian austenite yang tidak bertransformasi menjadi martensite tetapi menjadi struktur yang lain.

Laju pendinginan yang terjadi pada suatu benda kerja tergantung pada beberapa faktor, terutama :

- Jenis media pendinginnya.
- Temperatur media pendingin.
- Kuatnya sirkulasi / olakan pada media pendingin.

2.5.4. KONDISI PERMUKAAN

Bila baja berhubungan dengan atmosfer yang oxydising, karena adanya uap air atau oksigen di dalam dapur pemanas maka akan terbentuk lapisan kulit yang terdiri dari oksida besi yang disebut scale. Dengan adanya scale ini pendinginan akan terhambat, sehingga mungkin menyebabkan tidak tercapainya CCR. Juga ada kecenderungan dari scale ini untuk pecah dan terlepas, sehingga menyebabkan laju pendinginan

antar permukaan tidak sama, yang tentunya akan menghasilkan kekerasan yang berbeda-beda.

2.5.5. UKURAN DAN BERAT BENDA KERJA

Ratio antara luas permukaan dengan berat benda kerja akan menjadi faktor penting yang ikut menentukan laju pendinginan benda kerja. Ratio yang besar akan menjadikan laju pendinginan benda kerja tinggi. Benda kerja yang berbentuk pelat akan lebih cepat menjadi dingin daripada yang berbentuk bola, karena pelat mempunyai angka perbandingan (ratio) luas permukaan per berat yang lebih besar.

Bentuk yang sama dengan ukuran yang lebih besar akan memperkecil angka perbandingan luas permukaan dan berat. Dengan demikian bila didinginkan dalam media pendingin yang sama laju pendinginan yang terjadi akan lebih rendah. Dimana benda kerja yang lebih kecil lebih mudah menjadi martensite.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Rancangan percobaan

Rancangan percobaan dibuat dengan tujuan mengarahkan pelaksanaan penelitian agar maksud dari penelitian untuk mengetahui kenaikan sifat kekerasan pada baja K 100 SPECIAL sebagai akibat proses hardening bisa tercapai.

Dalam percobaan ini, nantinya akan digunakan 7 buah spesimen. Dimana 1 spesimen dibiarkan pada kondisi awal yang akan digunakan sebagai pembanding dengan 6 spesimen yang akan mengalami proses hardening dengan variasi holding time dan metode pendinginan yang berbeda-beda.

Setelah seluruh proses tersebut selesai dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah pelaksanaan pengujian terhadap semua spesimen. Pengujian ini nantinya akan meliputi pengujian kekerasan dan pengujian metalografi (foto struktur mikro). Dari hasil pengujian ini nantinya akan dapat diambil suatu kesimpulan yaitu bagaimanakah proses hardening yang sebaiknya dilakukan terhadap baja K 100 SPECIAL untuk mendapatkan

kekerasan yang maksimum dengan media quenching yang murah (dalam hal ini udara).

3.2. Bahan spesimen percobaan

Bahan spesimen percobaan adalah baja cold work tool steel dengan perincian sebagai berikut :

- Merk : Bohler K 100 SPECIAL
- Bentuk : Silinder pejal
- Komposisi kimia unsur paduan : C 2 % , Cr 11,5 % , Mn 0,3 % ,
Si 0,25 %.
- Dimensi : diameter 25 mm, panjang 30 mm.

Bahan spesimen yang diperlukan dalam percobaan ini sebanyak 7 buah spesimen.

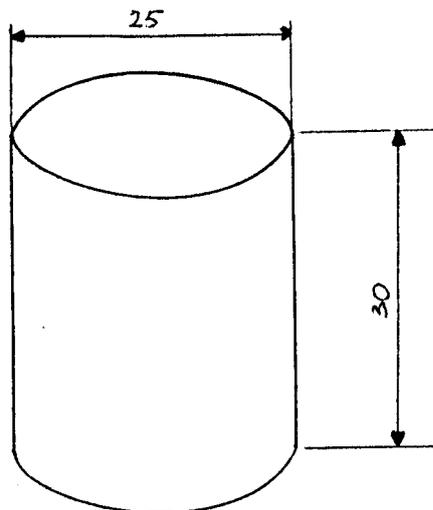
3.3. Pelaksanaan percobaan

3.3.1. Pemotongan bahan spesimen percobaan

Setelah bahan spesimen percobaan diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah memotong bahan spesimen menjadi 7 buah spesimen uji.

Adapun langkah-langkah pemotongan adalah sebagai berikut :

- Menyiapkan bahan spesimen uji yang akan dipotong, mesin gergaji sebagai peralatan pemotong dan cairan pendingin yang akan digunakan sebagai pendingin dalam proses pemotongan nanti.
- Bahan spesimen percobaan yang sudah disiapkan harus dicekam dengan kuat selama proses pemotongan berlangsung.
- Langkah berikutnya adalah operasi pemotongan dengan menghidupkan mesin gergaji. Pada saat pemotongan berlangsung bahan spesimen harus diberi cairan pendingin secara kontinyu untuk menjaga agar struktur mikro tidak berubah.



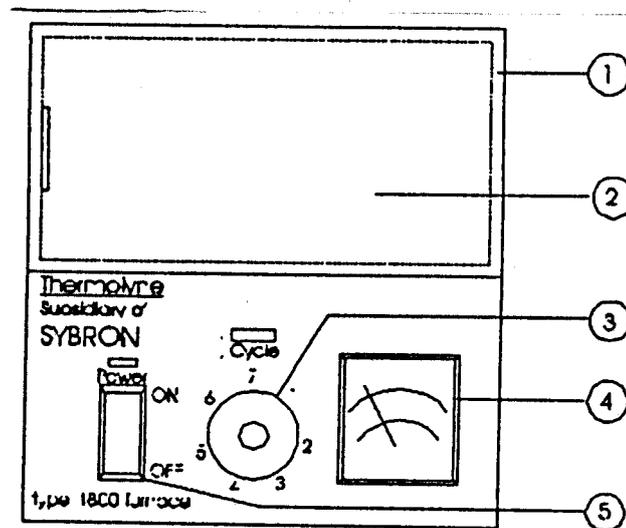
Gambar 3. Dimensi spesimen percobaan.

3.3.2. Pemanasan spesimen

Setelah pemotongan bahan spesimen percobaan selesai dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah pemanasan spesimen uji dalam dapur pemanas (oven). Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- Menyiapkan peralatan untuk pemanasan spesimen, yaitu :

- * mesin oven merk Thermolyne
- * alat penjepit spesimen uji
- * penunjuk waktu



Gambar 4. Mesin oven

Keterangan :

1. Lapisan batu tahan api.
2. Ruang oven.
3. Saklar cycle.
4. Penunjuk kenaikan temperatur.
5. Saklar power

- Menyiapkan alas yang akan digunakan dalam pemanasan di dalam oven.
- Menempatkan spesimen uji diatas alas dengan kondisi tegak dengan mengatur jarak antar spesimen sedemikian rupa agar dalam pengambilan spesimen nanti tidak mengalami kesulitan.
- Menancapkan jack kabel pada stop kontak agar oven memperoleh aliran listrik untuk pemanasan.
- Mengatur penunjuk waktu untuk menentukan waktu dimulainya pemanasan.
- Saklar power untuk menghidupkan dan mematikan mesin ditekan pada posisi ON, apabila lampu diatas power menyala hijau menunjukkan bahwa mesin siap untuk memanaskan spesimen uji.
- Melihat pengatur waktu, begitu waktu mulai pemanasan tiba saklar cycle diputar sesuai dengan skala yang diinginkan untuk menunjukkan mesin mulai bekerja.
- Selama pemanasan kenaikan derajat temperatur pemanasan dan waktu penahanan pada saat pemanasan harus diperhatikan. Dalam percobaan ini laju pemanasan yang digunakan sekitar $485^{\circ} \text{C} / \text{jam}$. Sehingga dalam percobaan ini dibutuhkan waktu $\pm 117,5$ menit untuk mencapai temperatur austenitising.
- Pengambilan terhadap 6 spesimen uji dari dalam furnace dilakukan setelah masing-masing spesimen diberi holding time sesuai dengan ketentuan sebagai berikut :
 - * Spesimen I dan II : temperatur pemanasan 950°C dan holding time 15 menit.

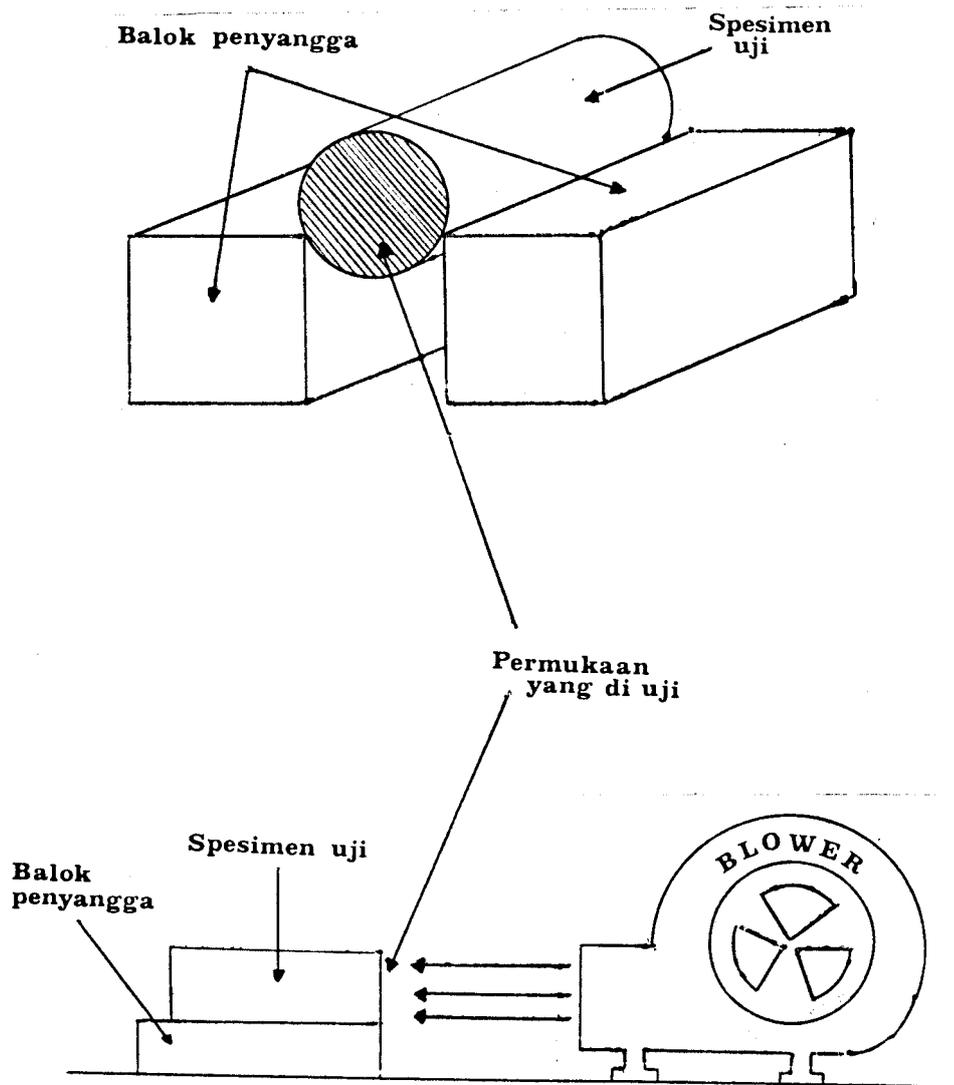
- * Spesimen III dan IV: temperatur pemanasan 950 ° C dan holding time 30 menit.
- * Spesimen V dan VI : temperatur pemanasan 950 ° C dan holding time 45 menit.

3.3.3. Pendinginan spesimen

Setelah setiap spesimen di holding time sesuai dengan ketentuan diatas maka spesimen diambil dari dalam furnace selanjutnya didinginkan dengan metode pendinginan udara bebas dan udara tiup. Adapun cara dua pendinginan tersebut yaitu :

- Spesimen dengan pendinginan udara bebas dengan cara meletakkan spesimen di tempat terbuka diluar furnace sampai mencapai suhu kamar sekitar $\pm 28^{\circ}$ C. Pendinginan ini digunakan pada spesimen I, III dan V. Untuk mencapai suhu kamar dengan menggunakan pendinginan ini spesimen I, III dan V membutuhkan waktu ± 77 menit.
- Spesimen dengan pendinginan udara tiup dengan cara memberikan tiupan udara yang berasal dari blower. Kecepatan udara tiup yang digunakan adalah 16 m / s. Cara meletakkan spesimen selama pendinginan ini harus sedemikian rupa, sehingga pada permukaan yang nanti akan diuji kekerasan dan metalografi kecepatan udara tiup sebesar 16 m / s. Disini spesimen ditopang dengan menggunakan dua buah balok besi dengan tujuan agar titik kontak antara spesimen dan penopang sangat kecil

sehingga dapat menghambat panas yang mengalir ke penopang secara maksimal. Pendinginan ini digunakan pada spesimen II, IV dan VI. Dengan menggunakan pendinginan ini waktu yang dibutuhkan oleh spesimen II, IV dan VI untuk mencapai suhu kamar selama ± 17 menit. Gambar berikut menerangkan cara pendinginan udara tiup.



Gambar 5. Metode pendinginan udara tiup

3.4. Pelaksanaan pengujian

Pelaksanaan pengujian terhadap 7 spesimen uji meliputi pengujian kekerasan dan pengujian metalografi (foto struktur mikro).

3.4.1. Pengujian kekerasan

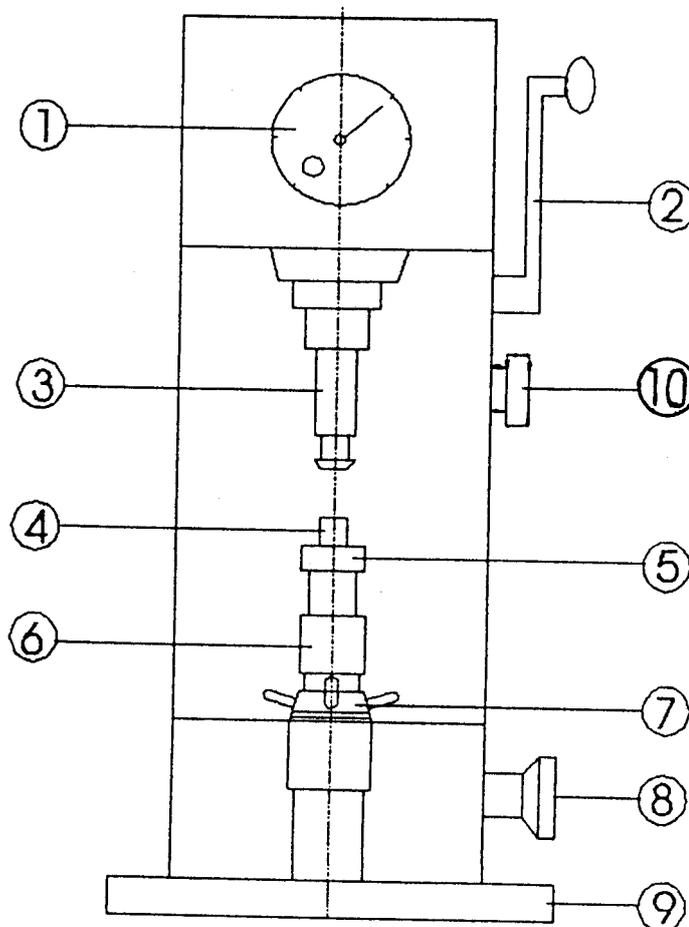
Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Diploma III Jurusan Teknik Mesin ITS. Pengujian kekerasan ini menggunakan standart ASTM. Setiap spesimen diambil 8 titik untuk mendapatkan nilai kekerasan yang cukup akurat. Metode yang dipakai dalam pengujian kekerasan ini adalah sebagai berikut :

- Metode : Rockwell skala C.
- Beban : 150 kg.
- Indentor : Kerucut intan sudut 120° C.
- Mesin : Universal Hardnes Tester merk Gnehm Horgen.

Adapun langkah-langkah dari percobaan ini adalah sebagai berikut:

- Spesimen dibersihkan permukaannya, digosok sampai halus pada kedua penampang. Permukaan penampang atas dan bawah harus paralel.
- Indentor dipasang pada pemegang indentornya.
- Menempatkan beban yang sesuai dengan skala.
- Spesimen uji diletakkan pada meja mesin.
- Meja mesin dinaikkan dengan memutar hand wheel sampai permukaan spesimen uji menekan ujung indentor. Penekanan berjalan terus sampai

- jarum kecil menunjukkan titik merah (angka 3), dan secara otomatis jarum penunjuk besar berada pada angka 0 skala HRC.
- Beban awal diberikan dengan menarik handle beban awal, jarum penunjuk besar akan berputar kembali (c,c,w) sampai berhenti. Setelah berhenti, handle beban utama dinaikkan untuk memberikan beban utama. Pada saat ini jarum penunjuk besar akan berputar searah jarum jam (c,w) dan berhenti. Tempat posisi jarum penunjuk besar berhenti menunjukkan nilai kekerasan pada skala.



Gambar 6. Mesin uji kekerasan

Keterangan gambar :

- | | |
|------------------------------------|----------------------|
| 1. Skala pembaca turunnya indenter | 6. Elevating screw |
| 2. Handle beban utama | 7. Hand wheel |
| 3. Indenter | 8. Handle beban awal |
| 4. Spesimen uji | 9. Base |
| 5. Meja mesin | 10. Pengatur beban |

3.4.2. Pengujian metalografi

3.4.2.1. Grinding dan polishing

Grinding dilakukan untuk mendapatkan permukaan spesimen yang benar-benar halus dan rata. Proses ini dilakukan dengan menggosok spesimen pada kertas gosok dengan grid 120, 180, 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200 dan 1500. Pada proses grinding ini ,cara penggosokannya saling tegak lurus antara grid yang satu dengan yang lainnya. Misalnya pada grid 120 arah penggosokannya mendekat dan menjauhi operator, tetapi pada grid selanjutnya yaitu grid 180 arah penggosokannya harus tegak lurus pada arah gosokan dengan grid 120 tadi. Pada grid 240 arah gosokan seperti pada grid 120 lagi, dan begitu seterusnya sampai pada grid 1500. Yang harus dilakukan selama proses ini adalah mengaliri spesimen dengan air secara kontinyu, hal ini dimaksudkan untuk mencegah berubahnya struktur mikro spesimen

karena over heating. Setelah pada grid 1500 permukaan spesimen dicuci dengan air dan alkohol kemudian dikeringkan dengan soft tissue.

Langkah berikutnya adalah polishing, dimana proses ini dilakukan dengan menelungkupkan dan menekan spesimen pada permukaan piringan yang berputar cepat. Piringan ini dilapisi kain penggosok yang telah ditaburi dengan polishing powder yaitu serbuk alumina dengan kehalusan 0,1 mikron.

Proses ini selesai kalau bekas goresan dari proses grinding dengan grid 1500 telah hilang dan permukaan spesimen telah mengkilap seperti cermin.

3.4.2.2. Etsa permukaan material

Hasil yang didapatkan dari proses grinding dan polishing adalah permukaan spesimen yang mengkilap tanpa goresan. Tetapi sebelum dilakukan pengamatan metalografi permukaan spesimen harus di etsa terlebih dahulu untuk melarutkan struktur mikro yang ada pada permukaan spesimen.

Proses etsa pada spesimen ini dilakukan dengan mencelupkan permukaan spesimen pada larutan kimia yang disebut etching reagent. Dalam percobaan ini, etsa dilakukan dengan etching reagent Nital 2 %, yang terdiri dari 98 % larutan alkohol dan 2 % larutan HNO_3 . Waktu pencelupan yang dilakukan selama ± 5 menit.

3.4.2.3. Pengamatan metalografi

Sesudah proses etsa pada spesimen, selanjutnya dilakukan pengamatan metalografi. Tujuannya untuk mengetahui perubahan struktur mikro pada spesimen setelah mengalami hardening. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop mikro dan selanjutnya difoto dengan kamera. Pengambilan foto metalografi dilakukan dengan pembesaran 200 kali.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Indikasi perubahan sifat mekanis

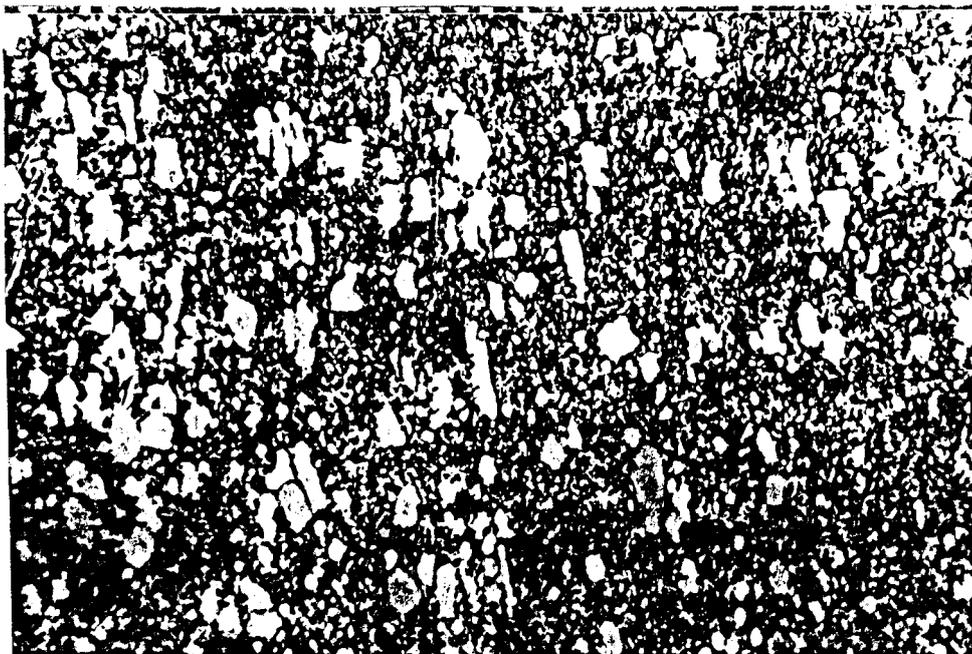
Dalam percobaan ini, akan terjadi perubahan kekerasan pada spesimen yang dikenakan proses hardening. Adapun indikasi yang menunjukkan hal tersebut dapat dilihat pada hasil pengujian kekerasan dan pengujian metalografi (foto struktur mikro) dari 6 spesimen yang telah mengalami proses hardening dibandingkan dengan spesimen yang tidak mengalami proses hardening (kondisi awal). Selanjutnya dari data hasil pengujian kekerasan nanti juga akan terlihat kecenderungan dari beberapa spesimen yang akan mempunyai kekerasan yang lebih merata pada permukaannya jika dibandingkan dengan beberapa spesimen lainnya sebagai akibat dari proses pendinginan yang berbeda.

Untuk dijadikan pembandingan, maka dibawah ini akan diberikan data mengenai kondisi awal spesimen yang meliputi data pengujian kekerasan dan foto struktur mikro.

4.2. Kondisi awal dari baja K 100 SPECIAL

Baja K 100 SPECIAL adalah salah satu baja yang biasanya digunakan sebagai bahan baku pembuatan benda-benda yang memerlukan kekerasan maupun sifat tahan aus yang tinggi. Dibawah ini akan diberikan data-data mengenai kondisi awal dari baja K 100 SPECIAL yang meliputi data kekerasan dan foto struktur mikro dengan pembesaran 200 kali.

- Kekerasan awal spesimen : 16,1 HRC



Gambar 7. Foto struktur mikro spesimen awal.

4.3. Hasil pengujian kekerasan setelah hardening

Setelah dilakukan pengujian kekerasan pada 6 spesimen yang mengalami proses hardening didapat data-data kekerasan sebagai berikut :

Pendinginan udara bebas

| Jarak dari pusat | Holding time 15 menit | Holding time 30 menit | Holding time 45 menit |
|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0 | 62,5 | 64 | 62,5 |
| 3 | 62,5 | 64 | 62,5 |
| 4 | 64,5 | 64 | 62,5 |
| 5 | 64 | 63 | 63,5 |
| 6 | 64,5 | 64 | 62 |
| 7 | 65 | 63,5 | 63 |
| 8 | 63 | 63,5 | 63 |
| 9 | 64,5 | 62 | 62 |
| | Rata-rata 63,81 | Rata-rata 63,50 | Rata-rata 62,62 |

Pendinginan udara tiup

| Jarak dari pusat | Holding time 15 menit | Holding time 30 menit | Holding time 45 menit |
|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0 | 65,5 | 65 | 64 |
| 3 | 65,5 | 64 | 64 |
| 4 | 65,25 | 65,5 | 63,5 |
| 5 | 65,5 | 63 | 63 |
| 6 | 65,5 | 65,5 | 64 |
| 7 | 65,5 | 65 | 64 |
| 8 | 65,5 | 65,5 | 64 |
| 9 | 65,5 | 64,5 | 64 |
| | Rata-rata 65,46 | Rata-rata 64,75 | Rata-rata 63,81 |

Dari tabel tampak bahwa kenaikan kekerasan cenderung lebih tinggi pada pendinginan udara tiup daripada pendinginan dengan udara bebas. Dan kenaikan kekerasan yang paling tinggi terjadi pada spesimen dengan holding time 15 menit. Disamping itu dari data kekerasan terlihat adanya kecenderungan dari spesimen yang mengalami pendinginan udara tiup pada permukaannya mempunyai angka kekerasan yang merata.

Dengan berdasarkan data pada tabel dapat dianalisa mengenai hal-hal sebagai berikut :

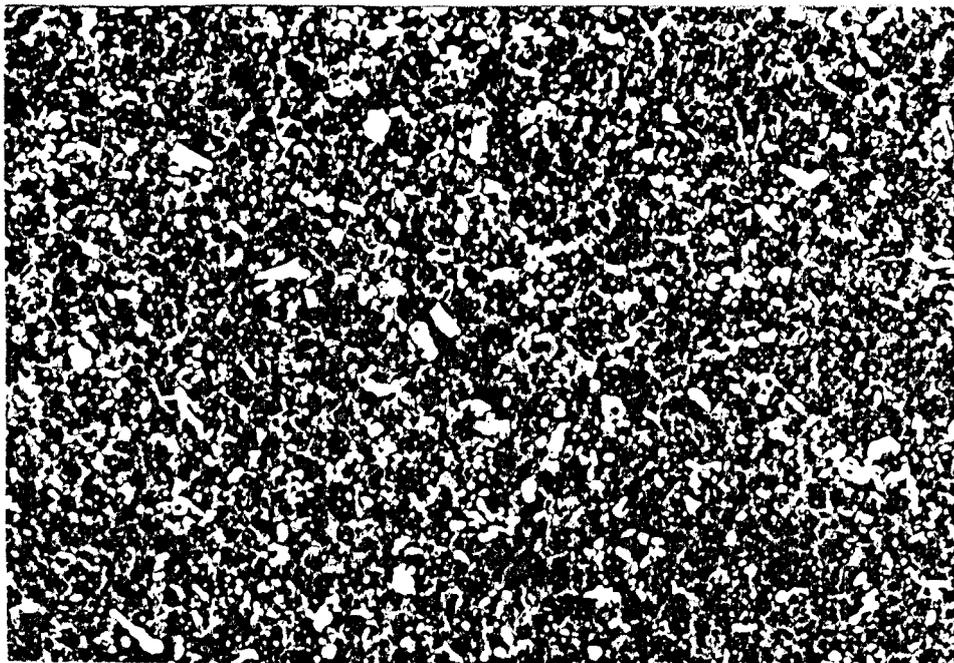
- Jika suatu baja dikenakan proses hardening dengan suhu dan holding yang sama angka kekerasannya akan terlihat lebih tinggi jika menggunakan laju pendinginan yang cepat.
- Kekerasannya pada permukaan spesimen yang mengalami pendinginan dengan media yang beragitasi cenderung lebih merata daripada dengan menggunakan media pendingin yang tidak beragitasi. Hal ini disebabkan karena selama pendinginan di udara bebas pada permukaan baja akan timbul scale (kerak) yang akan menghambat laju pendinginan. Jika scale ini terus menempel pada permukaan baja maka laju pendinginan akan terhambat. Pada kasus pendinginan udara bebas scale pada permukaan baja ada yang tetap menempel pada permukaan dan sebagian akan terlepas. Hal inilah yang menyebabkan tidak meratanya angka kekerasan pada permukaan. Pada pendinginan udara tiup, scale langsung terlepas

dari permukaan baja karena adanya agitasi yaitu udara tiup yang berasal dari blower, sehingga kekerasan pada permukaan spesimen lebih merata.

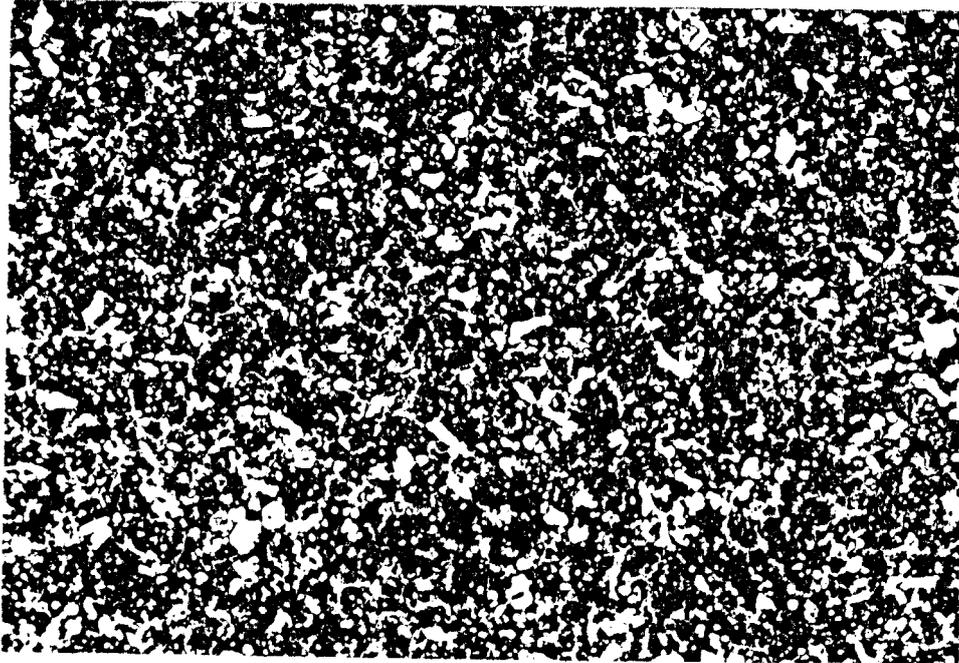
- Pada dasarnya setelah mengalami hardening 6 spesimen mengalami kenaikan kekerasan apabila dibandingkan dengan kondisi awal yang mempunyai kekerasan 16,1 HRC. Akan tetapi kekerasan 6 spesimen tersebut berbeda-beda tergantung pada lamanya holding time dan metode pendinginannya.

4.4. Hasil pengamatan struktur mikro

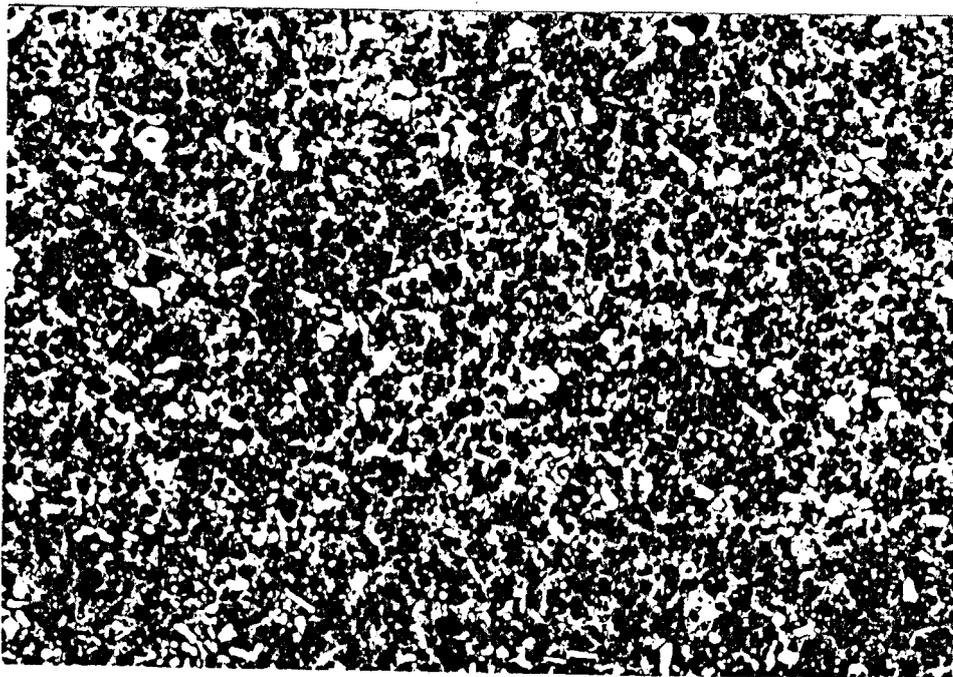
Setelah dilakukan pengambilan gambar dengan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 200 kali pada 6 spesimen, hasilnya tampak seperti gambar dibawah ini :



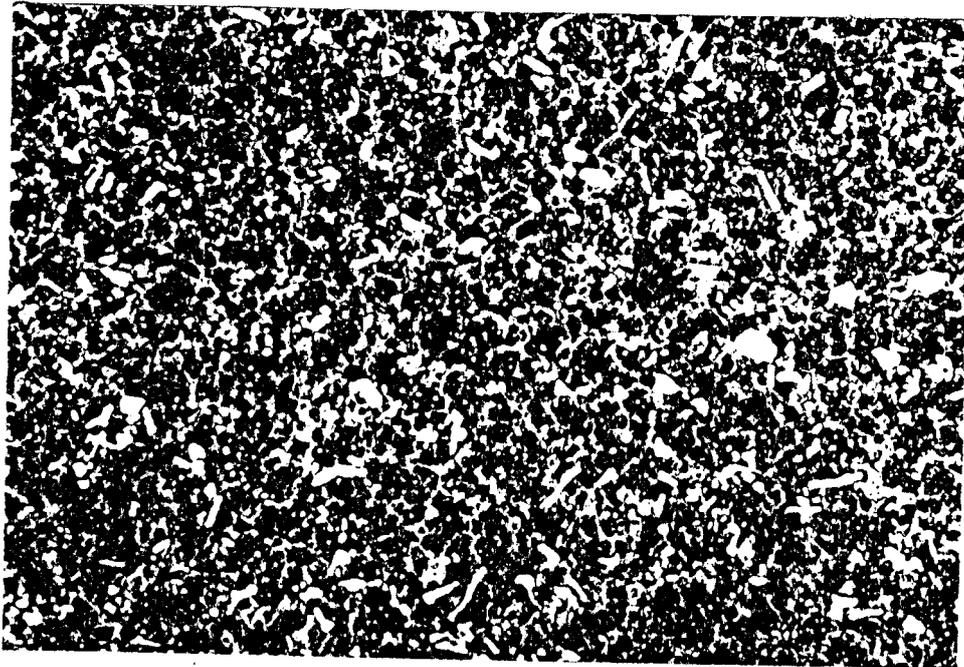
Gambar 8. Struktur mikro spesimen 1 setelah proses hardening.



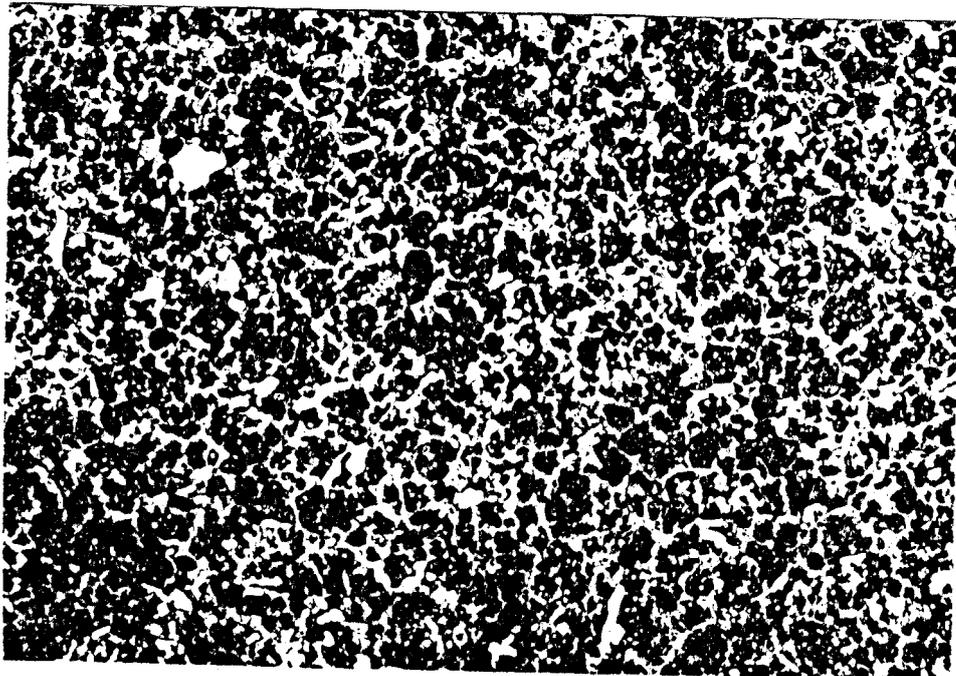
Gambar 9. Struktur mikro spesimen II setelah proses hardening.



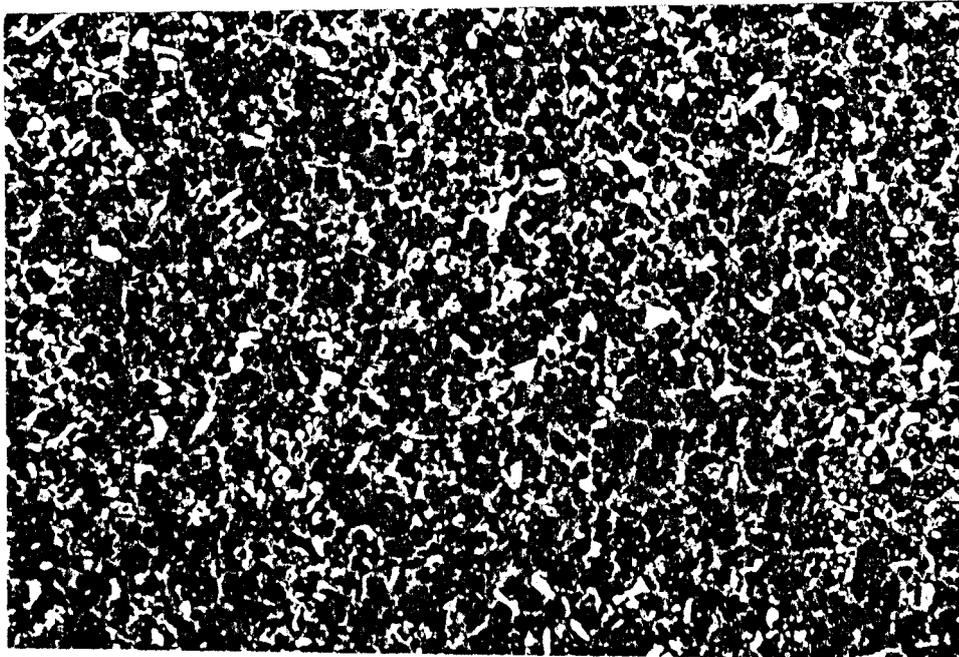
Gambar 10. Struktur mikro spesimen III setelah proses hardening.



Gambar 11. Struktur mikro spesimen IV setelah proses hardening.



Gambar 12. Struktur mikro spesimen V setelah proses hardening.



Gambar 13. Struktur mikro spesimen VI setelah proses hardening.

4.5. Pembahasan hasil pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro

Dalam menganalisa hasil dari uji kekerasan dan perubahan struktur mikro yang tampak dari uji metalografi (foto struktur mikro), ada baiknya kita lihat kembali proses-proses yang terjadi mulai dari awal yaitu pemanasan sampai proses pendinginan spesimen. Hal ini untuk mengetahui fase apakah yang terbentuk selama pemanasan sehingga dari hasil pemanasan nanti dapat diperkirakan fase/struktur yang terbentuk setelah spesimen didinginkan.

Jika kita lihat dari diagram fase suatu baja dengan kandungan karbon 2 % dan chromium 12 %, maka baja ini dapat digolongkan dalam baja hypoeutectic. Hal tersebut disebabkan dengan kandungan chromium yang mencapai 12 % dapat menggeser titik maksimal kemampuan austenite

melarutkan karbon lebih ke kiri, karena chromium termasuk dalam unsur yang ferrite stabiliser. Sehingga dengan komposisi karbon yang mencapai 2 % sudah termasuk dalam kelompok baja hypoeutectic.

Dalam suhu kamar baja ini strukturnya terdiri dari pearlite dan cementide, dimana pearlite ini sendiri merupakan paduan dari ferrite dan cementide. Pada pemanasan baja ini akan mengalami perubahan fase yaitu pearlite ini akan mulai berubah menjadi austenite pada suhu $\pm 810^{\circ} \text{C}$. Austenite yang baru terjadi ini tidak berdiri sendiri tetapi langsung menggabung bersama sebagian cementide sehingga membentuk paduan yang disebut ledeburite. Sehingga pada temperatur ini struktur terdiri pearlite, cementide dan ledeburite. Terjadinya ledeburite ini berlangsung terus dengan semakin naiknya suhu pemanasan. Pada temperatur $\pm 870^{\circ} \text{C}$ semua cementide sudah habis bertransformasi menjadi ledeburite, dan struktur yang terjadi pada temperatur ini terdiri dari pearlite sisa yang belum bertransformasi menjadi austenite dan ledeburite. Jika temperatur dinaikkan lagi sampai temperatur 950°C , pearlite sisa akan bertransformasi menjadi austenite dan struktur terdiri dari austenite dan ledeburite.

Setelah itu setiap dua spesimen diholding time masing-masing 15 menit, 30 menit dan 45 menit dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh homogeneity karbon dalam struktur tersebut.

Langkah selanjutnya adalah pendinginan spesimen yaitu dengan pendinginan udara bebas dan udara tiup. Karena pendinginan ini berlangsung pada kondisi non equilibrium (pendinginan cepat), maka kita akan

pearlite yang terbentuk pada saat pendinginan. Setelah melewati garis M_s akan mulai terbentuk martensite, tetapi tidak seluruh austenite ini habis bertransformasi menjadi martensite. Hal ini karena garis M_f terletak dibawah suhu 0°C sehingga pada suhu kamar yaitu sekitar 28°C masih ada austenite yang belum bertransformasi yang dinamakan austenite sisa. Terbentuknya pearlite ini akan menyebabkan berkurangnya kekerasan dari spesimen.

Pada pendinginan udara tiup, waktu yang diperlukan spesimen untuk mencapai suhu kamar ± 17 menit. Dan setelah dicocokkan dengan diagram pendinginan, maka struktur yang terbentuk adalah cementite, martensite dan austenite sisa. Tidak terbentuknya pearlite disini karena pendinginan ini tidak menyentuh hidung dari diagram. Sehingga akan menyebabkan angka kekerasannya lebih tinggi.

Disini angka kekerasan akan menurun jika holding time ditambah. Hal ini karena dengan makin lamanya holding time maka spesimen akan mengalami dekarburisasi yaitu keluarnya karbon dari spesimen, sehingga kandungan karbon dalam spesimen berkurang yang akan menyebabkan turunnya kekerasan.

Tugas Akhir (ME 4704)

pearlite yang terbentuk pada saat pendinginan. Setelah melewati garis M_s , maka akan mulai terbentuk martensite, tetapi tidak seluruh austenite ini habis bertransformasi menjadi martensite. Hal ini karena garis M_f terletak dibawah suhu 0°C sehingga pada suhu kamar yaitu sekitar 28°C masih ada austenite yang belum bertransformasi yang dinamakan austenite sisa. Terbentuknya pearlite ini akan menyebabkan berkurangnya kekerasan dari spesimen.

Pada pendinginan udara tiup, waktu yang diperlukan spesimen untuk mencapai suhu kamar 17 menit. Dan setelah dicocokkan dengan diagram pendinginan, maka struktur yang terbentuk adalah cementite, martensite dan austenite sisa. Tidak terbentuknya pearlite disini karena pendinginan ini tidak menyentuh hidung dari diagram. Sehingga diagram angka kekerasannya lebih tinggi.

Jika kita cross check dengan angka kekerasan martensite sebesar 65 HRC dan cementite 60,1 HRC maka angka kekerasan spesimen yang terdiri dari martensite dan cementite ini dapat diterima.

Disini angka kekerasan akan menurun jika holding time ditambah. Hal ini karena dengan makin lamanya holding time maka spesimen akan mengalami dekarburisasi yaitu keluarnya karbon dari spesimen, sehingga kandungan karbon dalam spesimen berkurang yang akan menyebabkan turunnya kekerasan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pelaksanaan percobaan adalah sebagai berikut :

- Dari hasil percobaan kekerasan pada spesimen awal menunjukkan adanya kenaikan kekerasan jika dibandingkan dengan spesimen yang telah mengalami perlakuan hardening dengan beberapa variabel diatas.
- Dari data kekerasan yang didapatkan menunjukkan angka kekerasan yang lebih tinggi pada spesimen yang menggunakan pendinginan udara tiup (agitasi) daripada dengan pendinginan udara bebas. Dengan semakin cepat laju pendinginan maka tidak ada kesempatan untuk terbentuknya pearlite, sehingga kekerasannya lebih tinggi.
- Kekerasan tertinggi dapat dicapai oleh spesimen II yaitu dengan holding time 15 menit dan pendinginan udara tiup. Dimana pada saat pemanasan kandungan karbon sudah merata tetapi dekarburisasi yang terjadi pada spesimen ini lebih sedikit jika dibandingkan dengan holding time 30 menit dan 45 menit, sehingga setelah diambil rata-ratanya angka kekerasannya paling tinggi.

5.2. Saran

Pada percobaan ini diketahui bahwa untuk mencapai tingkat kekerasan yang tinggi maka laju pendinginan yang digunakan juga tinggi. Salah satu cara agar pendinginan mempunyai laju yang tinggi adalah dengan melakukan agitasi pada media pendinginnya sehingga panas yang keluar dari spesimen pada saat pendinginan dapat langsung menyebar.

Dilain pihak adanya agitasi pada media pendingin ini ternyata juga mempunyai manfaat yaitu dapat melepaskan scale yang menempel pada permukaan spesimen sehingga pendinginan spesimen tidak terhambat dan yang penting kekerasan pada permukaan spesimen lebih merata.

Pada holding time yang perlu diperhatikan adalah sampai berapa lama holding time yang perlu diberikan pada spesimen yang akan di hardening sehingga nantinya dapat menghasilkan spesimen yang mempunyai kekerasan yang optimum. Karena jika holding time diberikan hanya sebentar maka akan ada kemungkinan tidak meratanya kandungan karbon dalam spesimen yang menyebabkan kekerasan tidak merata. Jika holding time diberikan terlalu lama maka dkuatirkan akan terjadi dekarburisasi yang berlebihan yang menyebabkan kandungan karbon dalam spesimen berkurang sehingga kekerasan tidak optimum.

DAFTAR PUSTAKA

1. Thelning, Karl, E, *Steel and It's Heat Treatment*, Second edition, Butterworths, London, 1985.
2. Avner, Sidney, H, *Introduction to Physical Metallurgy*, Second edition , Mc Graw-Hill International Book Company, Tokyo, 1987.
3. *Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.*