

**THE INFLUENCE OF QUENCHING BY WATER COOLER
MEDIA TO ST 42**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat sarjana S-1

Program Studi Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin



Diajukan Oleh :

ANTONIUS DHANIS PRASETYOTOMO

NIM : 995214128

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA**

2005

TUGAS AKHIR
THE INFLUENCE OF QUENCHING BY WATER COOLER MEDIA
TO St 42

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
NAMA : Antonius Dhanis Prasetyotomo
NIM : 995214128
Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Pada tanggal 6 Januari 2005

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama

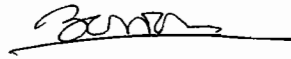


Budi Setyahandana, S.T., M.T.

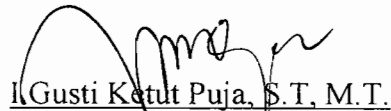
Anggota Dewan Penguji



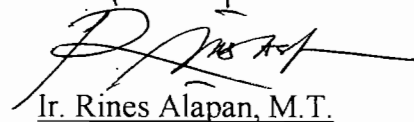
Budi Sugiharto, S.T, M.T.



Wibowo Kusbandono, S.T, M.T.



Gusti Ketut Puja, S.T, M.T.



Ir. Rines Alapan, M.T.

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Yogyakarta, 25 Januari 2005
Fakultas Teknik
Universitas Sanata Dharma
Yogyakarta
Dekan



Ir. Greg Heliarko, S.J., SS., B.ST., M.A., M.Sc.



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SANATA DHARMA
Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman -Yogyakarta
Telp.(0274) 883037, 883968, 886530; Fax.(0274) 886529; Email :teknik@staff.usd.ac.id

TUGAS AKHIR/SKRIPSI PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIV. SANATA DHARMA YOGYAKARTA

No: 469 / FT .USD / TM / Oktober / 2004

NAMA : Antonius Dhanis P.

NIM : 995214128

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik , Univ. Sanata Dharma Yogyakarta

Judul TGA :

Selidiki Pengaruh Quench dengan media Air pad Baja Karbon Rendah
Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Keliatannya.

Tanggal dimulai : 15 Pebruari 2004

Pembimbing II

Yogyakarta , 13 Oktober 2004

Pembimbing I

Budi Setyahandana, S.T.,M.T.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Desember 2004

Antonius Dhanis Prasetyotomo
99 5214 128

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

- ♥ *Tuhan Yang Maha Kasih*
- ♥ *Bapak & Ibuku*
- ♥ *Kakak & Adikku*
- ♥ *Teman-temanku semuanya*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Kasih atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk dapat mencapai gelar kesarjanaan di Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada beberapa pihak atas bantuan, bimbingan serta nasehat-nasehat yang telah diberikan. Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada :

1. Romo Dr. Paul Suparno, S.J., MST, Rektor Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
2. Romo Ir. Greg. Heliarko, S.J., SS., B.ST., MM., M.Sc., Dekan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma.
3. Bapak Yosef Agung Cahyanta, S.T., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.
4. Bapak Budi Setyahandana, S.T., M.T., Dosen Pembimbing Utama Tugas Akhir.
5. Bapak I Gusti Ketut Puja, S.T., M.T., Dosen dan Kepala Laboratorium Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma.
6. Bapak Ir. Rines Alapan, M.T., Dosen dan Kepala Laboratorium Teknologi Mekanik Universitas Sanata Dharma.

7. Bapak Martono dan Bapak Intan, selaku Laboran Ilmu Logam dan Laboran Teknologi Mekanik Tenik Mesin.
8. Segenap dosen dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta
9. Kedua orang tuaku serta kakak dan adikku yang telah memberikan dukungan dan doa.
10. Teman-temanku dan semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan sehingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini belum sempurna, penulis mengharapkan komentar atau saran membangun agar tulisan ini lebih sempurna. Semoga penulisan Tugas Akhir ini dapat berguna dan digunakan dengan baik.

Yogyakarta, Desember 2004

Penulis

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh quenching dengan variasi suhu air sebagai media pendinginan terhadap kekerasan, kekuatan tarik, kekuatan dampak dan analisis struktur mikro.

Baja karbon St 42 dipanaskan dalam oven hingga suhu 900°C dan dipertahankan selama 60 menit kemudian didinginkan secara tiba-tiba ke dalam air yang bersuhu 27°C, 50°C dan 80°C. Baja karbon St 42 yang di quenching kemudian di uji kekerasan, uji tarik, uji dampak dan analisis struktur mikro.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa baja karbon St 42 yang di quenching dengan variasi suhu air sebagai media pendingin mengalami penurunan kekerasan seiring dengan semakin besarnya suhu media pendingin. Sedangkan kekuatan tarik dan harga tenaga patah mengalami peningkatan seiring dengan semakin besarnya suhu media pendingin. Gambar struktur mikro baja karbon St 42 yang di quenching dengan variasi suhu air sebagai media pendingin tidak menunjukkan perbedaan yang jelas/significant.

ABSTRACT

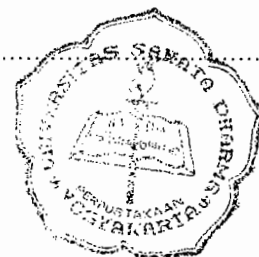
The aim of this research is to know the influence of quenching with the variation of water temperature as a cooler media toward the hardness, tensile strength, impact strength and the analysis of micro structure.

Carbon steel St 42 was heated in the oven until temperature of 900°C and handled for 60 minutes, then made cool suddenly into water which had temperature 27°, 50° and 80°C. On the carbon steel St 42 quenched, then examined its hardness, tensile, impact and the analysis of micro structure.

The result of the research shows that the carbon steel St 42 quenched with the variation of water temperature as cooler media undergone the hardness degradation, together with the improvement of cooler media temperature. While , the tensile strength and the value of broken energy increased together with the improvement of cooler media temperature. The picture of micro structure carbon steel St 42 which was quenched with the variation of water temperature as a cooler media did not show the clearly or significant difference.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Soal	iii
Halaman Pernyataan	iv
Halaman Persembahan	v
Kata Pengantar	vi
Intisari	viii
Abstrack	ix
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Pembatasan Masalah	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Baja Karbon	5
2.2. Klasifikasi Baja Karbon	5
2.3. Sifat-sifat Baja	9



2.4. Pengujian-Pengujian Yang Dilakukan	11
2.5. Perlakuan Panas	11
2.5.1. Normalising	12
2.5.2. Quenching	13
2.6. Pengujian Kekerasan Brinell	15
2.7. Pengujian Tarik	17
2.7.1. Modulus Elastisitas	21
2.7.2. Batas Proporsional	22
2.7.3. Tegangan Luluh	23
2.8. Pengujian Impak	24
2.9. Struktur Mikro	27
BAB III. PELAKSANAAN PENELITIAN	35
3.1. Skema Jalannya Penelitian	35
3.2. Pmilihan Bahan	36
3.3. Komposisi Kimia	36
3.4. Alat-Alat Yang Digunakan	36
3.5. Pembuatan Sampel Benda Uji	37
3.6. Proses Normalising	38
3.7. Proses Quenching	38
3.8. Pengujian Kekerasan Brinell	39
3.9. Pengujian Tarik	40
3.10. Pengujian Impak	41
3.11. Analisis Struktur Mikro.....	42

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	44
4.1. Data Komposisi Kimia	44
4.2. Hasil Pengujian Kekerasan Brinell	45
4.3. Hasil Pengujian Tarik	48
4.4. Hasil Pengujian Impak	53
4.5. Hasil Analisis Struktur Mikro	56
BAB V. KESIMPULAN DAN PENUTUP	60
Daftar Pustaka	62
Lampiran	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Daerah normalising.....	12
Gambar 2.2.	Hubungan suhu dan waktu pada laju pendinginan / pemanasan ...	13
Gambar 2.3	Daerah quenching	14
Gambar 2.4	Perbandingan dimensi penekanan pada berbagai pengujian kekerasan	15
Gambar 2.5.	Sampel benda uji tarik	18
Gambar 2.6.	Hubungan tegangan dan regangan uji tarik	21
Gambar 2.7.	Hubungan tegangan-regangan pada bahan yang mulur kontinu dan cara memperoleh kekuatan mulur 0,2%	23
Gambar 2.8.	Sketsa pembebanan uji impak	24
Gambar 2.9.	Kurva peralihan untuk dua jenis baja	25
Gambar 2.10.	Diagram keseimbangan besi-karbon	31
Gambar 2.11.	Diagram struktur mikro baja karbon.....	32
Gambar 3.1.	Profil bahan uji untuk pengujian tarik	37
Gambar 3.2.	Profil bahan uji untuk pengujian impak.....	38
Gambar 3.3.	Profil bahan uji untuk pengujian kekerasan brinell dan analisis struktur mikro	38
Gambar 3.4.	Cara pengujian dari kekerasan Brinell	40
Gambar 4.1.	Grafik uji kekerasan brinell	46
Gambar 4.2.	Grafik uji kekuatan tarik	52
Gambar 4.3.	Grafik uji impak.....	55

Gambar 4.4. Foto struktur mikro baja St 42 setelah dinormalising	56
Gambar 4.5. Foto struktur mikro baja St 42 diquenching dengan air suhu 27°C...	57
Gambar 4.6. Foto struktur mikro baja St 42 diquenching dengan air suhu 50°C...	57
Gambar 4.7. Foto struktur mikro baja St 42 diquenching dengan air suhu 80°C...	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tata nama baja menurut SAE dan AISI	7
Tabel 2.2. Pengaruh unsur-unsur pada baja	8
Tabel 2.3. Karakteristik pengujian kekerasan	15
Tabel 2.4. Tabel benda dan diameter penetrator	16
Tabel 2.5. Harga modulus elastisitas pada baja	22
Tabel 2.6. Fasa yang ada pada baja	34
Tabel 4.1. Data komposisi kimia.....	44
Tabel 4.2. Hasil pengujian kekerasan normalising.....	45
Tabel 4.3. Hasil pengujian kekerasan diquenching dengan air suhu 27°C	45
Tabel 4.4. Hasil pengujian kekerasan diquenching dengan air suhu 50°C.....	46
Tabel 4.5. Hasil pengujian kekerasan diquenching dengan air suhu 80°C.....	46
Tabel 4.6. Hasil pengukuran benda uji normalising dan quenching	59
Tabel 4.7. Hasil pengujian tarik normalising	50
Tabel 4.8. Hasil pengujian tarik diquenching dengan air suhu 27°C	50
Tabel 4.9. Hasil pengujian tarik diquenching dengan air suhu 50°C	51
Tabel 4.10. Hasil pengujian tarik diquenching dengan air suhu 80°C	51
Tabel 4.11. Hasil pengujian impact normalising.....	53
Tabel 4.12. Hasil pengujian impact diquenching dengan air suhu 27°C.....	54
Tabel 4.13. Hasil pengujian impact diquenching dengan air suhu 50°C.....	54
Tabel 4.14. Hasil pengujian impact diquenching dengan air suhu 80°C.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Kebutuhan logam yang akan digunakan untuk membuat komponen-komponen mesin sangat bervariasi, dengan beragam kegunaan dan kekuatan. Penelitian bahan logam dalam membuat suatu komponen mesin dipengaruhi oleh berbagai faktor agar nantinya dapat digunakan seoptimal mungkin. Faktor yang dapat diperhitungkan dalam pemilihan bahan, antara lain : faktor beban mesin, kekuatan bahan, harga bahan dan sebagainya. Dengan memilih bahan yang sesuai dengan penerapannya akan dapat memperpanjang umur komponen dan dapat menghemat biaya.

Pengetahuan secara luas tentang bahan sangat diperlukan dalam pembuatan suatu komponen mesin, seperti dalam industri peralatan pertanian, transportasi, konstruksi dan industri-industri lainnya agar bahan yang dipilih sesuai dengan yang diharapkan. Sebagai contoh yaitu baja. Berbagai macam dan bentuk baja banyak sekali diaplikasikan dalam dunia teknik. Baja yang akan digunakan tentunya harus memenuhi persyaratan untuk mendukung kemampuan mesin tersebut.

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, maka diperlukan penelitian tentang bahan khususnya bahan logam, agar dapat diaplikasikan dalam pembuatan komponen mesin dan sesuai dengan yang dikehendaki. Misalnya baja yang akan digunakan untuk pembuatan poros

perlu penelitian agar memenuhi syarat-syarat tertentu. Baja tersebut harus mempunyai ketahanan terhadap beban tarik, beban tumbukan (impak) maupun kekerasan.

1.2 Perumusan Masalah

Baja jenis ini aplikasi utama yaitu sebagai *axle* (gandar), poros, pin, atau untuk komponen tegangan rendah, berbagai jenis peralatan tangan dan peralatan pertanian.

Untuk memperoleh kualitas baja yang diinginkan guna pembuatan komponen-komponen tersebut maka perlu dilakukan perlakuan panas salah satunya yaitu quenching.

Untuk itu penyusun dalam penelitian ini mengambil judul "*The Influence of Quenching By Water Cooler Media To St 42*".

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada material sebelum dan sesudah mendapatkan perlakuan panas (*heat treatment*) quenching.

Dalam penulisan ini penyusun bertujuan mengetahui :

1. Pengaruh variasi suhu air sebagai media pendingin quenching terhadap kekerasan baja St 42
2. Pengaruh variasi suhu air sebagai media pendingin quenching terhadap kekuatan tarik baja St 42

3. Pengaruh variasi suhu air sebagai media pendingin quenching terhadap uji impak baja St 42
4. Pengaruh variasi suhu air sebagai media pendingin quenching terhadap struktur mikro baja St 42

1.4 Pembatasan Masalah

Agar tujuan penyusunan Tugas Akhir tercapai dan konsep penyusunan lebih terarah, maka diberikan batasan-batasan masalah, sebagai berikut :

- a. Obyek penelitian yaitu baja karbon St 42
- b. Perlakuan panas pada baja St 42 yang digunakan quenching
- c. Pengujian sifat mekanis bahan meliputi pengujian kekerasan, pengujian tarik, pengujian impak dan analisis struktur mikro

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk mengetahui materi dan cara pengumpulan data serta pembahasan masalah, penyusun menggunakan metode sebagai berikut :

1. Metode studi literatur

Data-data yang diperoleh dari buku-buku, bahan kuliah sebagai dasar acuan dan referensi penelitian, diantaranya mencakup dasar teori, gambar, tabel, grafik dan segala sesuatu yang berhubungan dengan penelitian. Persamaan untuk perhitungan atau rumus yang berkaitan dengan data diambil sebagai bahan pembahasan agar tidak menyimpang dari teori-teori yang ada.

2. Metode Konsultasi

Pengambilan data maupun hasil analisa data dan pembahasan diperlukan kontrol pada saat berkonsultasi pada dosen pembimbing. Karena pada penelitian ini segala sesuatu yang berkaitan dengan data dan pembahasan harus dapat dipertanggung jawabkan secara benar.

3. Metode Uji Laboratorium

Data yang diperoleh dari hasil pengujian bahan di laboratorium berdasarkan standar benda uji yang ditetapkan dan mesin uji yang ada. Hal ini di lakukan untuk menghindari kesalahan proses maupun analisa data.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon (Fe-C), dengan sedikit unsur-unsur Si, Mn, P, S dan Cu. Sifat baja sangat tergantung pada kadar karbon. Karbon merupakan unsur penguat besi yang efektif dan murah, oleh karena itu sebagian baja komersial hanya mengandung karbon dengan sedikit paduan unsur lain.

2.2 Klasifikasi Baja Karbon

Baja karbon dapat dikelompokkan ke dalam beberapa kelompok atau bagian antara lain sebagai berikut :

a. Baja karbon rendah (*low carbon steel*)

Baja karbon rendah adalah baja dengan kandungan karbon di dalamnya kurang dari 0,30%, sedangkan kelasnya terdiri dari baja lunak khusus, baja sangat lunak dan baja lunak. Baja ini dalam perdagangannya atau dapat kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari dalam bentuk plat-plat baja dan dalam bentuk batangan.

Baja karbon rendah memiliki sifat-sifat antara lain mudah dikerjakan dengan mesin dan ditempa sehingga juga disebut sebagai baja tempa atau baja mesin.

b. Baja karbon sedang (*medium carbon steel*)

Baja karbon sedang merupakan baja dengan kandungan karbon antara 0,30%-0,7% baja karbon sedang banyak digunakan dalam industri sebagai alat-alat perkakas dan bagian-bagian mesin. Dalam perdagangan atau bentuk jadi dari bahan baja karbon sedang yang sering kita jumpai dibuat dalam bentuk mur, baut, poros engkol, roda gigi, pegas dan cetakan-cetakan bahan plastik.

c. Baja karbon tinggi (*high steel carbon*)

Baja karbon tinggi merupakan baja dengan kandungan karbon antara 0,7%-1,4%. Baja ini banyak digunakan untuk keperluan yang mengalami perlakuan panas. Baja ini dalam penggunaannya banyak digunakan untuk bahan pegas, untuk pembuatan kikir, pisau, gergaji, alat perkakas dan untuk bahan peluru.

AISI (*American Iron and Steel Institute*) dan SAE (*Society of Automotive Engineers*) memberi kode untuk baja karbon biasa dengan seri 10xx. Dua angka terakhir menunjukkan kandungan karbon (C) dalam baja tersebut. Sebagai contoh : seri 1050 berarti baja karbon dengan kandungan C sebesar 0,50% berat. Seri 1080 berarti baja karbon dengan kandungan C sebesar 0,80% berat.

Tabel 2.1 Tata nama baja menurut SAE dan AISI
(Sumber: Viktor Malau, Diktat Bahan Teknik Manufaktur)

Seri	Elemen Tambahan	Seri	Elemen Tambahan
10xx	Baja karbon tanpa S dan P	48xx	Ni : 3.50 % Mo : 0.25 %
11xx	Baja karbon dengan S	51xx	Cr : 0.8%
12xx	Baja karbon dengan S dan P	514xx	Corrosion and resisting steels
13xx	Mn : 1.6-1.9 %	515xx	Corrosion and resisting steels
23xx	Ni : 3.50 %	52xx	Cr : 1.5 %
25xx	Ni : 5.00 %	61xx	Cr : 0.78 % V : 0.13 %
31xx	Ni : 1.25 % Cr : 0.60 %	86xx	Ni : 0.55 % Cr : 0.50 % Mo : 0.20 %
32xx	Ni : 1.75 % Cr : 0.60 %	87xx	Ni : 0.55 % Cr : 0.50 % Mo : 0.25 %
33xx	Ni : 3.50 % Cr : 1.50 %	88xx	Ni : 0.55 % Cr : 0.50 % Mo : 0.25 %
34xx	Ni : 3.50 % Cr : 1.50 %	92xx	Mn : 0.80 % Si : 2.00 %
303xx	Corrosion and heat resisting steels	93xx	Ni : 3.25 % Cr : 1.20 % Mo : 0.12 %
40xx	Mo : 0.25 %	94xx	Mn : 0.95-1.25 % Ni : 0.45 % Cr : 0.40 % Mo : 0.20 %
41xx	Cr : 1.00 % Mo : 0.2 %	97xx	Ni : 0.55 % Cr : 0.17 % Mo : 0.20 %
43xx	Ni : 1.83 % Cr : 0.80 % Mo : 0.25 %	98xx	Ni : 1.00 % Cr : 0.80 % Mo : 0.25 %
46xx	Ni : 1.75 % Mo : 0.25 %		

Pada umumnya baja memiliki :

1. Keuletan yang tinggi tanpa pengurangan kekuatan tarik
2. Kemampuan kekerasan sewaktu dicelup dalam minyak atau udara, dan dengan demikian kemungkinan retak atau distorsinya kurang.

3. Tahan terhadap korosi dan keausan, tergantung pada jenis paduannya.
4. Tahan terhadap perubahan suhu, ini berarti bahwa sifat fisisnya tidak banyak berubah.
5. Memiliki kelebihan dalam sifat-sifat metalurgi, seperti butir halus

Pengaruh spesifik unsur paduan pada baja dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Pengaruh unsur-unsur pada baja
(Sumber : Tata Surdia, Shinroku Saito, Pengetahuan Bahan Teknik)

Unsur-unsur paduan	Pengaruh pada baja
S (Sulfur) dan P (Phospor)	Semua baja mengandung S dan P. Unsur-unsur ini sebagian berasal dari kotoran terbawa biji besi sebelum diolah dalam dapur tinggi. Kadar S dan P akan menurunkan kualitas baja. Kadar S dalam jumlah banyak menjadikan baja rapuh pada suhu tinggi (panas) sedang P menjadikan baja rapuh pada suhu rendah (dingin). Kadang-kadang unsur p perlu ditambahkan pada baja agar mudah dikerjakan dengan mesin perkakas dan juga untuk mendapatkan ukuran tatal lebih kecil ketika dikerjakan dengan mesin otomatis (Pb membawa pengaruh seperti P)
Mn (Mangan)	Semua baja mengandung Mn karena diperlukan dalam proses pembuatan baja. Kadar Mn lebih kecil dari 0,6% tidak dianggap sebagai unsur paduan karena tidak mempengaruhi sifat baja secara menyolok. Unsur Mn dalam proses pembuatan baja berfungsi sebagai deoksidator (pengikat O ₂) sehingga proses peleburan dapat berlangsung baik. Kadar Mn rendah dapat juga menurunkan kecepatan pendinginan kritis.
Ni (Nikel)	Unsur Ni memberikan pengaruh sama seperti Mn, yaitu menurunkan suhu kritis dan kecepatan pendinginan kritis. Kadar Ni cukup banyak menjadikan baja austenit pada suhu kamar, Ni membuat struktur butiran halus dan menaikkan keuletan baja.
Si (Silikon)	Unsur Si selalu terdapat pada baja. Unsur ini menurunkan laju perkembangan gas sehingga mengurangi sifat berpori baja. Si akan menaikkan tegangan tarik, menurunkan kecepatan pendinginan kritis. Unsur Si harus selalu ada dalam baja walaupun dalam jumlah kecil untuk memberikan sifat mampu las dan mampu tempa pada baja.

Tabel 2.2 Lanjutan

Cr (Chromium)	Cr dapat memindahkan titik eutektik kekiri. Cr dan C akan membentuk carbide yang akan menaikkan kekerasan baja. Cr akan meningkatkan kemampuan potong dan daya tahan alat perkakas, tetapi menurunkan keuletan. Cr akan menurunkan kecepatan pendinginan kritis dan menaikkan suhu kritis baja.
Co (Cobalt)	Biasanya unsur Co digunakan bersama-sama dengan paduan lainnya. Co menaikkan daya tahan aus dan menghalangi pertumbuhan butiran.
W (Tungsten) Mo (Molibden) V (Vanadium)	Scperti unsur Cr, unsur-unsur ini akan membentuk carbide dalam baja yang akan menaikkan kekerasan, kemampuan potong dan daya tahan aus baja. Unsur-unsur ini juga memberikan daya tahan panas pada alat perkakas yang bekerja dengan kecepatan tinggi. Unsur ini tidak begitu mempengaruhi kecepatan pendinginan baja tetapi menaikkan titik eutektik baja. Unsur paduan ini terutama digunakan pada pahat baja HSS (High Speed Steel)

2.3 Sifat-Sifat Baja

1. Malleability / dapat ditempa

Adalah kemampuan suatu logam untuk dapat dibentuk dengan mudah, baik dalam keadaan dingin maupun panas tanpa terjadi retak (misal menggunakan hammer atau dirol).

2. Ductility / ulet

Adalah kemampuan suatu logam untuk dapat dibentuk dengan tarikan tanpa menunjukkan gejala putus.

3. Toughness / ketangguhan

Adalah kemampuan suatu logam untuk dibengkokkan beberapa kali tanpa mengalami retak

4. Hardness / kekerasan

Adalah kemampuan suatu logam untuk dapat menahan penetrasi logam lain

5. Strength / kekuatan

Adalah kemampuan suatu logam untuk dapat menahan gaya yang bekerja atau kemampuan untuk menahan deformasi

6. Weldability / mampu las

Adalah kemampuan suatu logam untuk dapat mudah dilas, baik menggunakan las listrik, karbit atau gas.

7. Corrosion resistance / tahan korosi

Adalah kemampuan suatu logam untuk dapat menahan korosi atau karat akibat kelembaban udara, zat-zat kimia, dan lain-lain.

8. Machinability / mampu mesin

Adalah kemampuan suatu logam untuk dapat dikerjakan dengan mesin (misal mesin bubut, frais, dan lain-lain).

9. Elasticity / kelenturan

Adalah kemampuan suatu logam untuk kembali ke bentuk semula tanpa mengalami deformasi plastis yang permanen.

10. Brittleness / kerapuhan

Adalah sifat logam yang mudah retak dan pecah. Sifat ini berhubungan dengan kekerasan dan merupakan kebalikan dari ductility.

2.4 Pengujian-Pengujian Yang Dilakukan

Dalam hal ini, pengujian-pengujian yang akan dilakukan untuk baja karbon rendah adalah sebagai berikut: :

1. Normalising
2. Quenching
3. Pengujian kekerasan
4. Pengujian tarik
5. Pengujian impak
6. Analisis struktur mikro

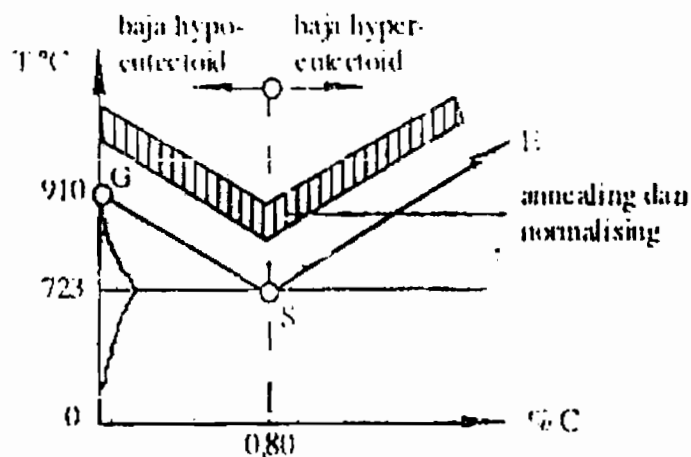
2.5 Perlakuan Panas

Perlakuan panas pada baja merupakan proses pemanasan baja sampai suhu tertentu dan dalam waktu tertentu serta kemudian didinginkan dengan cara tertentu pula. Tujuannya adalah untuk memberikan sifat-sifat lebih baik pada baja. Sifat yang berhubungan dengan maksud dan tujuan perlakuan panas tersebut meliputi: meningkatnya kekuatan, kekerasan, melunakkan, mengembalikan pada kondisi normal akibat pengaruh pekerjaan sebelumnya dan menghaluskan butir kristal yang berpengaruh terhadap keuletan bahan. Untuk melakukan perlakuan panas yang tepat susunan kimia (kadar karbon) dari baja harus diketahui, karena dengan mengetahui kadar karbon maka dapat menentukan suhu dalam proses perlakuan panas.

2.5.1 Normalising

Proses normalising adalah pemanasan baja pada suhu 30° - 50° C diatas daerah kritis dan dalam waktu tertentu kemudian didinginkan dalam udara. Proses ini biasa diterapkan pada baja karbon rendah, sedang atau baja paduan yang bertujuan agar struktur butiran lebih merata, untuk menghilangkan tegangan dalam dan untuk memperoleh sifat-sifat fisis ulang. Umumnya setelah digiling, ditempa, dipres, dicor baja mengalami proses normalisasi.

Baja hypoeutektoid setelah dinormalisasi akan memperoleh struktur perlit dan perlit, sedang baja Hypereutektoid setelah dinormalisasi akan memperoleh struktur perlit dan sementit.

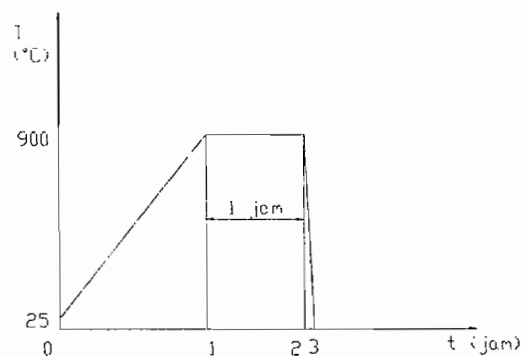


Gambar 2.1 Daerah normalising
(Sumber : Viktor Malau, Diktat Bahan Teknik Manufaktur)

2.5.2 Quenching

Baja dipanaskan pada suhu tertentu dan dalam waktu tertentu, kemudian didinginkan dengan cepat sehingga menimbulkan struktur yang keras. Perlakuan panas dengan cara ini bertujuan untuk membuat baja menjadi lebih keras. Pada setiap proses perlakuan panas, laju pemanasan merupakan faktor yang penting. Panas merambat dari luar kedalam dengan kecepatan tertentu. Apabila pemanasan terlalu cepat maka distribusi suhu pada bahan yang mendapat perlakuan panas tidak merata, sehingga diperoleh pembentukan struktur mikro yang tidak merata.

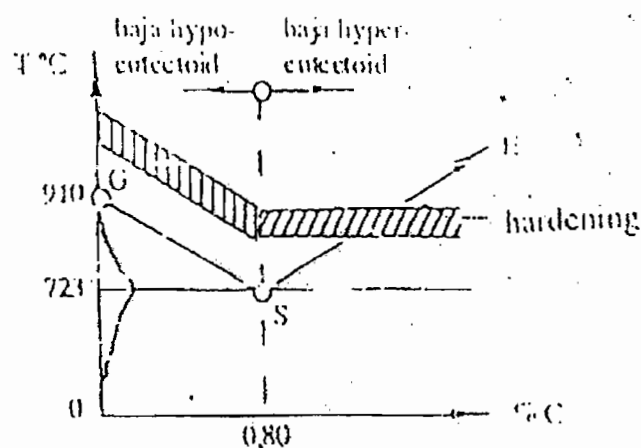
Pencelupan atau pendinginan untuk baja karbon rendah dan baja karbon sedang pada umumnya digunakan media air atau minyak. Laju pendinginannya cukup cepat sehingga terbentuk martensit. Sedangkan untuk baja dengan kadar karbon tinggi dan baja paduan biasanya digunakan minyak sebagai media pencelupan. Hubungan laju pemanasan/pendinginan dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Hubungan suhu dan waktu pada laju pendinginan/pemanasan

Gambar 2.2 menunjukkan dan menjelaskan proses pelaksanaan quenching bahan baja St 42. Suhu awal dari bahan sesuai dengan suhu kamar pada waktu 0 menit, setelah pemanasan dilakukan suhu oven akan naik bersamaan dengan bertambahnya waktu hingga suhu 900°C . Pada saat suhu telah mencapai suhu 900°C , dipertahankan tetap pada suhu tersebut hingga 60 menit. Setelah cukup waktu pada suhu yang stabil hingga 60 menit, proses yang harus dilakukan adalah mendinginkan bahan yang dipanaskan dalam oven secara cepat dengan media yang sesuai dengan ketentuan yang diizinkan. Untuk media pendinginan baja St 42 disini digunakan media air.

Pada saat pemanasan dilakukan dalam oven hingga suhu 900°C ferit dan perlit berubah menjadi austenit. Sedang pada proses pendinginan cepat austenit berubah menjadi martensit yang bersifat keras.



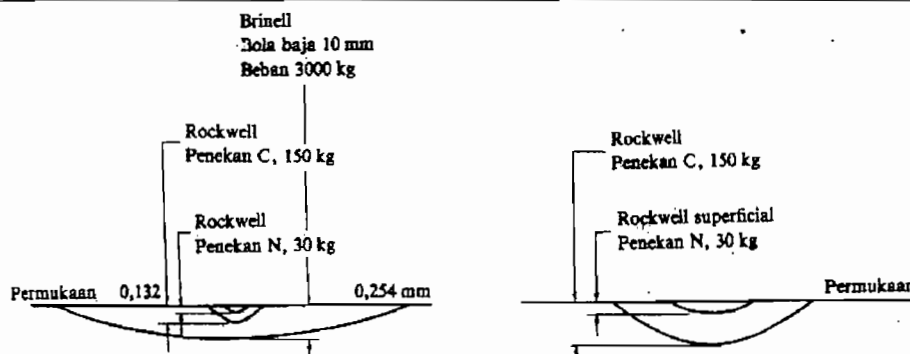
Gambar 2.3 Daerah quenching
(Sumber : Viktor Malau, Diktat Bahan Teknik Manufaktur)

2.6 Pengujian Kekerasan Brinell

Pengujian kekerasan yang dilakukan adalah dengan menggunakan pengujian kekerasan Brinell. Pengujian ini dilakukan dengan cara penekanan sampai melebihi batas elastis benda uji sehingga terjadi lekukan permanen pada logam. Jika yang diuji mempunyai kekerasan yang sangat tinggi maka bekas injakan pada permukaan logam akan semakin kecil. Untuk beban injakan atau penekanan ditunjukkan pada tabel 2.3 yaitu karakteristik pengujian kekerasan.

Tabel 2.3 Karakteristik pengujian kekerasan
(Sumber : Tata Surdia, Shinroku Saito, Pengetahuan Bahan Teknik)

Cara pengujian	Brinell (H _B)	Rockwell (H _R A, H _R C etc.)	Rockwell (H _R 30T, H _R 30N etc.)	Vickers (H _V)	Kekerasan mikro (H _V)	Shore (H _S)
Penekanan	Bola baja 10 mm Ø Karbida	Kerucut intan 120°; Bola baja 1/16"-1/2"	Kerucut intan 120°; Bola baja 1/16"-1/2"	Piramida intan sudut bidang berhadapan 136°	Jenis Vickers jenis Knoop sudut 130°, 172°	Palu intan 3 g
Beban	500-3.000 kg	Beban mula 10 kg beban total 60, 100, 150 kg	Beban mula 3 kg, beban total 15, 30 dan 45 kg	1-120 kg	1-500 kg	
Kekerasan	$\frac{\text{Beban}}{\text{Luas penekanan}}$	Dalamnya penekanan	Dalamnya penekanan	$\frac{\text{Beban}}{\text{Luas penekanan}}$	$\frac{\text{Beban}}{\text{Luas penekanan}}$	Tinggi pantulan 6,5" dari 10" tinggi pantulan asal adalah 100



Gambar 2.4 Perbandingan dimensi penekanan pada berbagai pengujian kekerasan

(Sumber : Tata Surdia, Shinroku Saito, Pengetahuan Bahan Teknik)

Sebagai dasar pengukuran kekerasan digunakan deformasi yang terjadi oleh penetrator kedalam benda uji. Dalam hal ini digunakan penetrator bola baja yang telah dikeraskan dan ditekan masuk kedalam benda uji dengan beban dan waktu tertentu. Kekerasan Brinell disingkat dengan BH dan BHN (Brinell Hardness Number), yang besarnya dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$HB = \frac{\text{Gaya bekerja pada penetrator (kg, N)}}{\text{luas penampang bekas injakan (mm}^2\text{)}}$$

$$HB = \frac{P}{\frac{\pi}{2}D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

- P : Gaya yang bekerja pada penetrator (kg)
- D : Diameter penetrator (mm)
- d : Diameter bekas injakan (mm)

Besar beban yang bekerja pada penetrator tergantung pada :

1. Diameter penetrator
2. Jenis logam benda uji

Diameter penetrator yang digunakan tergantung pada tebal benda uji seperti pada tabel 2.4 berikut :

Tabel 2.4 Tabel benda dan diameter penetrator

Tebal benda uji (mm)	Diameter penetrator (mm)
1 – 3	D = 2,5
3 – 6	D = 5
> 6	D = 10

HB rata-rata	$\frac{P}{D^2}$	Bahan
160	30	Baja, besi cor
150 – 80	10	Kuningan, logam campur Cu
80 – 20	5	Aluminium, tembaga

Diameter Penetrator D (mm)	$\frac{P}{D^2} = 5$	$\frac{P}{D^2} = 10$	$\frac{P}{D^2} = 30$
	Gaya (Kg)		
2,5	31,25	62,5	187,5
5	125	250	750
10	500	1000	3000

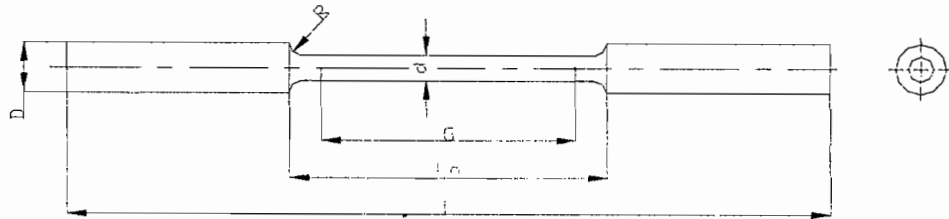
Catatan : Diameter bekas injakan harus terletak antara 0,25 dan 0,50 dari diameter penetrator.

2.7 Pengujian Tarik

Uji tarik dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada pengujian uji tarik benda uji diberikan beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji.

Tujuan dari uji tarik ini adalah untuk menentukan sifat-sifat mekanis material tegangan luluh, kekuatan tarik, regangan, kontraksi, besarnya modulus elastis dan lain-lain dari baja tersebut, dibawah ini merupakan contoh benda uji yang akan diuji tarik.

Gambar sampel uji tarik dari bahan baja St 42 dapat dilihat seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.5 Sampel benda uji tarik

Pada saat patah maka beban maksimum bahan dapat diketahui.

- Kekuatan tarik dari bahan dapat diketahui dengan rumus :

$$\sigma_U = \frac{F}{A_0} \left(\frac{kg}{mm^2} \right) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

σ_U : Kekuatan tarik (kg/mm^2)

F : Beban tarik maksimal (kg)

A_0 : Luas penampang awal benda uji (mm^2)

- Tegangan patah benda uji :

$$\sigma_B = \frac{F_p}{A_0} \left(\frac{kg}{mm^2} \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

σ_B : Tegangan patah (kg/mm^2)

F_B : Beban tarik saat patah (kg)

A_0 : Luas penampang awal benda uji (mm)

- Perbandingan antara pertambahan panjang (ΔL) dengan panjang awal benda kerja uji (L_0) disebut regangan (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :

ϵ : Regangan (%)

ΔL : Pertambahan panjang benda uji (mm)

L_0 : Panjang awal benda uji (mm)

- Perbandingan antara perubahan penampang setelah pengujian dan penampang awal (sebelum pengujian) disebut kontraksi (ψ), rumus yang digunakan adalah :

$$\psi = \left(\frac{A_0 - A_i}{A_0} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan :

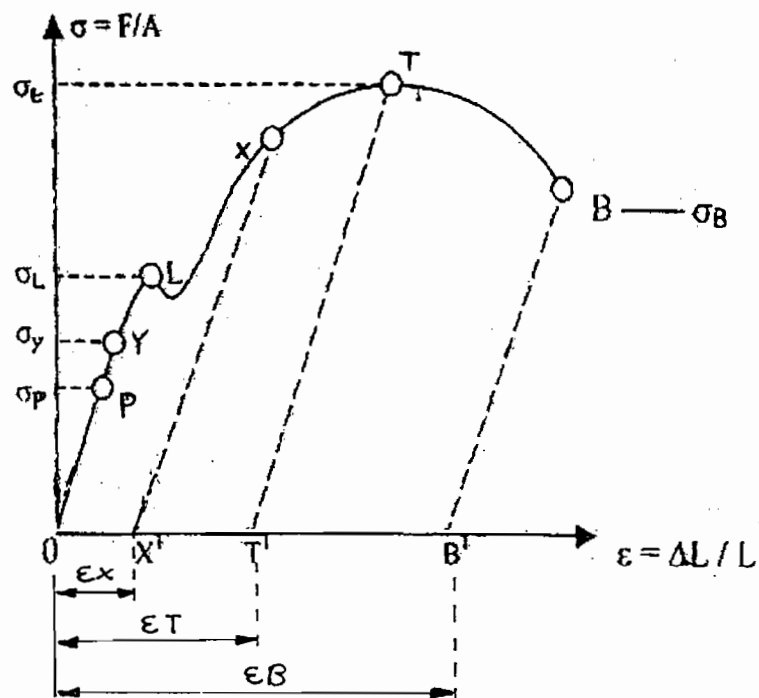
ψ : Kontraksi

A_0 : Luas penampang awal benda uji (mm²)

A_i : Luas penampang akhir benda kerja (mm²)

Hubungan antara tegangan yang timbul ($\sigma = F/A$) dan regangan yang timbul (ϵ) selama pengujian dapat digambarkan seperti grafik dibawah ini, dimana tegangan pada titik P disebut tegangan batas proporsional (σ_p) yaitu tegangan tertinggi dimana hukum Hooke masih berlaku. Apabila beban tarik diperbesar sampai titik Y (ada pertambahan panjang ΔL), kemudian beban diturunkan sampai ke titik O atau beban diiadakan, maka benda uji akan kembali ke panjang semula. Tetapi bila pembebanan sudah berada diatas titik Y kemudian diturunkan sampai ke titik O, maka benda uji tidak akan kembali ke panjang semula. Dalam hal ini benda uji telah mempunyai regangan permanen atau regangan plastis. Kondisi ini dapat disimpulkan bahwa titik Y merupakan titik batas elastis benda uji dan tegangan pada titik Y disebut tegangan elastis bahan (σ_y).

Tegangan maksimum (σ_t) disebut juga tegangan tarik yang merupakan tegangan tertinggi yang dimiliki benda uji sebagai reaksi terhadap beban yang diberikan. Setelah titik T, tegangan turun dan benda uji akhirnya putus pada saat tegangan σ_B . Selama pembebanan berlangsung dari titik O sampai ke titik T, diameter benda uji mengecil secara seragam (terjadi pertambahan panjang). Selama pembebanan berlangsung dari titik T sampai titik B, diameter benda uji berubah tidak seragam melainkan terjadi pengecilan tempat lebih cepat dibandingkan dengan tempat-tempat lain. Pengecilan diameter setempat ini disebut necking dan pada akhirnya benda uji putus pada daerah necking tersebut.



Gambar 2.6 Hubungan tegangan dan regangan uji tarik
(Sumber : G.E. Dieter. Metalurgi Mekanik)

2.7.1 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah ukuran kekuatan sesuatu bahan. Makin besar modulus, makin kecil regangan elastik yang dihasilkan akibat pemberian tegangan. Modulus elastis suatu bahan ditentukan oleh gaya ikat antar atom pada bahan tersebut. Karena gaya-gaya ini tidak dapat diubah tanpa terjadi perubahan mendasar sifat bahannya, maka modulus elastis merupakan salah satu dari sekian banyak sifat mekanik yang tidak mudah diubah. Sifat ini hanya sedikit berubah oleh adanya penambahan paduan, perlakuan panas atau pengerjaan dingin, nilai-nilai modulus elastis untuk logam teknik dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Harga modulus elastisitas pada baja
(Sumber : G.E. Dieter. Metalurgi Mekanik)

Bahan	SG (Specific gravity)	TS (TensileStrength) Mpa	E (Elastic Modulus) Gpa
Baja lunak	7,87	345	207
Baja paduan (dengan perlakuan panas)	7,87	3450	207
Aluminium paduan (dengan perlakuan panas)	2,70	415	69

Pada tegangan tarik rendah terdapat hubungan linier antara tegangann dan regangan pada daerah elastik. Pada daerah ini berlaku hukum Hooke. Pada baja karbon rendah, sifat elastis terjadi hingga mencapai titik luluh (yield point), pada baja modulus elastisitasnya sebesar 207 GPa.

2.7.2 Batas Proporsional

Batas proporsional adalah tegangan maksimum elastis lahan, sehingga apabila tegangan-tregangan yang diberikan melebihi batas proporsional, bahan tidak mengalami deformasi dan akan kembali kebentuk semula. Pada baja perubahan plastis-plastis terjadi karena modulus elastisitasnya adalah kira-kira 207 Gpa.

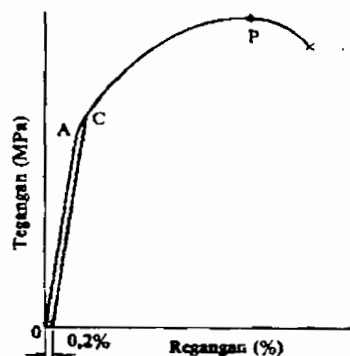
Tegangan tarik maksimum adalah beban tarik maksimum yang dapat ditahan material sebelum putus. Tegangan tarik maksimum dari baja lunak berkisar antara 125 GPa sampai dengan 345 MPa.

2.7.3 Tegangan Luluh

Tegangan luluh adalah tegangan dimana deformasi Plastis atau batas luluh mulai teramati. Sebagian besar bahan mengalami perubahan sifat dari elastis menjadi plastis yang berlangsung sedikit demi sedikit, medan titik dimana deformasi plastis mulai terjadi sukar ditentukan secara teliti.

Kekuatan luluh adalah tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis yang ditetapkan. Definisi yang tepat untuk masalah ini adalah kekuatan luluh offset ditentukan oleh tegangan yang berkaitan dengan perpotongan antara kurva tegangan-regangan dengan garis sejajar dan elastis offset kurva oleh tegangan tertentu.

Cara yang baik untuk mengalami kekuatan luluh offset adalah setelah benda uji diberikan pembebanan hingga 0,2% kekuatan luluh offset dan pada saat beban ditiadakan maka benda ujinya bertambah panjang sampai dengan 0,2% lebih panjang dari pada keadaan sebelum dilakukan pengujian.

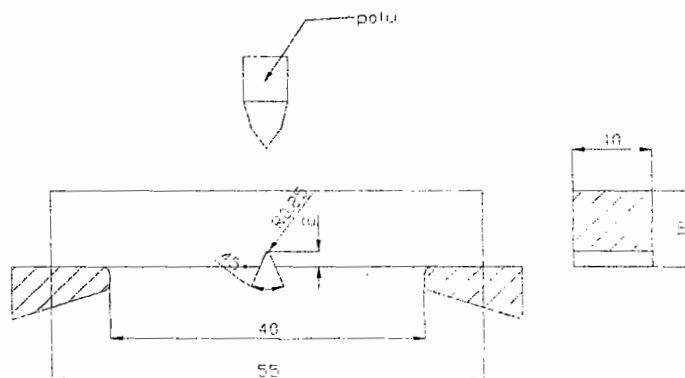


Gambar 2.7 Hubungan tegangan-regangan pada bahan yang mulur kontinu, dan cara memperoleh kekuatan mulur 0,2%

(Sumber : Tata Surdia, Shinroku Saito, Pengetahuan Bahan Teknik)

2.8 Pengujian Impak

Berbagai jenis pengujian impak batang bertakik telah digunakan untuk menentukan kecenderungan bahan untuk bersifat getas. Dengan jenis ini dapat diketahui perbedaan sifat bahan yang tidak teramati dalam uji tarik. Hasil yang diperoleh dari uji batang bertakik tidak dengan sekaligus memberikan besaran rancangan yang dibutuhkan, karena tidak mungkin mengukur komponen tegangan tiga sumbu pada takik. Benda uji Charpy mempunyai luas penampang (10×10 mm) dan mengandung takik V-45°, dengan jari-jari dasar 0,25 mm dan kedalaman 2 mm.

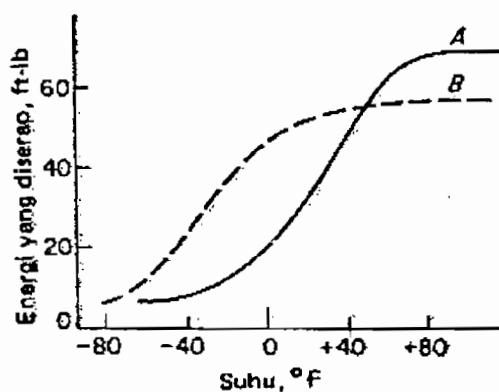


Gambar 2.8 Sketsa pembebanan uji impak

Benda uji diletakkan pada tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian yang tak bertakik diberi beban impak dengan ayunan bandul. Benda uji akan melenkung dan patah pada laju regangan yang tinggi. Pengukuran lain dari uji Charpy yang biasanya dilakukan adalah penelaahan permukaan patahan untuk menentukan jenis patahan yang terjadi, patahan yang berserat (patahan geser),

granular (patahan belah), atau campuran dari keduanya. Bentuk patahan yang berbeda-beda ini dapat ditentukan dengan mudah, walaupun pengamatan permukaan patahan tidak menggunakan perbesaran. Facet permukaan belah yang datar memperlihatkan daya pemantul cahaya yang tinggi serta penampilan yang berkilat. Sementara permukaan patahan ulet berserat yang berbentuk dimpel menyerap cahaya serta penampilan yang buram. Biasanya dibuat suatu perkiraan berapa persen patahan permukaan yang terjadi berupa patahan belah (serat).

Uji impak batang bertakik sangat bermanfaat apabila dilakukan pada berbagai suhu sedemikian hingga besarnya suhu peralihan ulet getas dapat ditentukan. Pada gambar 2.9 tampak jenis kurva yang dapat diperoleh. Besarnya energi yang diserap akan berkurang apabila suhunya turun, tetapi pada beberapa jenis bahan, penurunan nilai tersebut tidak terjadi pada nilai temperatur tertentu. Dalam pemilihan bahan berdasarkan ketangguhan terhadap takik atau kecenderungan untuk mengalami patah getas, maka faktor yang menentukan adalah suhu peralihan.



Gambar 2.9 Kurva peralihan untuk dua jenis baja
(Sumber : G.E. Dieter. Metalurgi Mekanik)



Uji impak batang bertakik menghasilkan sebaran hasil percobaan yang cukup besar, khususnya pada daerah suhu peralihan. Penyebab utama penebaran tersebut adalah perbedaan setempat dari sifat baja, sedangkan penyebab yang lain adalah kesulitan untuk mempersiapkan takik yang seragam. Baik bentuk maupun kedalaman takik merupakan besaran yang kritis, demikian pula peletakan.

Benda uji berbentuk persegi panjang dengan ukuran standar. Palu dengan berat (G) dijatuhkan dengan sudut α dan sisi pisau mengenai benda uji oleh karenanya benda uji akan patah kemudian palu akan berayun dengan sudut ayun β . Dengan menggunakan rumus :

$$\text{Tenaga patah } W = G.R (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (\text{Joule}) \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan :

G : berat palu (N)

R : jarak putar palu sampai ketitik berat palu (m)

$$\text{Keliatan bahan} = \frac{\text{Tenaga patah (joule)}}{\text{Luas penampang patahan (mm}^2\text{)}} \dots \dots \dots (2.7)$$

Harga keliatan suatu bahan dipengaruhi oleh beberapa hal seperti :

- a. Temperatur
- b. Bentuk benda uji
- c. Bentuk alur

Adanya alur pada benda uji menyebabkan :

- a. Konsentrasi tegangan tinggi

- b. Terjadinya lokalisasi energi patah
- c. Keliatan berkurang dan timbulnya sifat getas pada benda uji

Standar deviasi yang digunakan untuk semua perhitungan adalah:

$$\text{Standar deviasi : } \sigma = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}{n-1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan :

- x_i : Data
- x_m : Data rata-rata
- n : Banyaknya data

2.9 Struktur Mikro

Besi dan baja paling banyak dipakai sebagai bahan industri yang merupakan sumber sangat besar, dimana sebagian ditentukan oleh nilai ekonomisnya, tetapi yang paling penting karena sifat-sifatnya yang bervariasi, yaitu bahwa bahan tersebut mempunyai berbagai sifat dari yang paling lunak dan mudah dibuat sampai yang paling keras. Dari unsur besi berbentuk struktur logam dapat dibuat, itulah sebabnya mengapa besi dan baja disebut bahan yang kaya dengan sifat-sifat. Pembahasan dimulai dengan struktur mikro dari besi dan baja, dimana unsur paduan utamanya adalah karbon.

1. Diagram fasa besi karbon

Gambar 2.10 menunjukkan diagram keseimbangan besi–karbon sebagai dasar dari bahan yang berupa besi baja. Selain karbon pada besi terkandung kira-kira 0,25% Si, 0,3–1,5 % Mn dan unsur pengotor lain seperti P, S, dsb. Karena unsur-unsur ini tidak memberikan pengaruh utama kepada diagram fasa, maka diagram fasa tersebut dapat dipergunakan tanpa menghiraukan adanya unsur-unsur tersebut.

Pada paduan besi karbon terdapat fasa karbida yang disebut sementit dan juga grafit, grafit lebih stabil dari pada sementit.

Titik-titik penting pada diagram fasa ini adalah :

- A : Titik cair besi
- B : Titik pada cairan yang ada hubungannya dengan reaksi peritektik
- H : Larutan padat δ yang ada hubungan dengan reaksi peritektik. Keluaran karbon maksimum adalah 0,10%
- J : Titik peritektik. Selama pendinginan austenit pada komposisi J, fasa γ terbentuk dari larutan padat δ pada komposisi H dan cairan pada komposisi B
- N : Titik dari besi $\delta \leftrightarrow$ besi γ , titik transformasi A_4 dari besi murni
- C : Titik eutektik. Selama pendinginan fasa γ , dengan komposisi E dan sementit pada komposisi F (6,67% C) terbentuk dari cairan pada komposisi C. Fasa eutektik ini disebut ledeburit.

- E : Titik yang menyatakan fasa γ ada hubungan dengan reaksi eutetik. Kelarutan maksimum dari karbon 2,14%. Pada besi karbon sampai pada komposisi disebut baja.
- G : Titik transformasi besi $\delta \leftrightarrow$ besi α . Titik transformasi A_3 untuk besi.
- P : Titik yang menyatakan ferit, fasa α , ada hubungan dengan reaksi eutetoid. Kelarutan maksimum dari karbon kira – kira 0,02%.
- S : Titik eutektoid. Selama pendinginan, ferit pada komposisi P dan sementit pada komposisi K (sama dengan F) terbentuk simultan dari austenit pada komposisi S. Reaksi eutektoid ini dinamakan perlit.
- GS : Garis yang menyatakan hubungan antara temperatur dengan komposisi, dimana mulai terbentuk ferit dan austenit, garis ini disebut garis A_3 .
- ES : Garis yang menyatakan hubungan antara temperatur dan komposisi, dimana mulai terbentuk sementit dan austenit, dinamakan garis A_{cm} .
- A_2 : Titik transformasi magnetik untuk besi atau ferit.
- A_0 : Titik transformasi magnetik untuk sementit

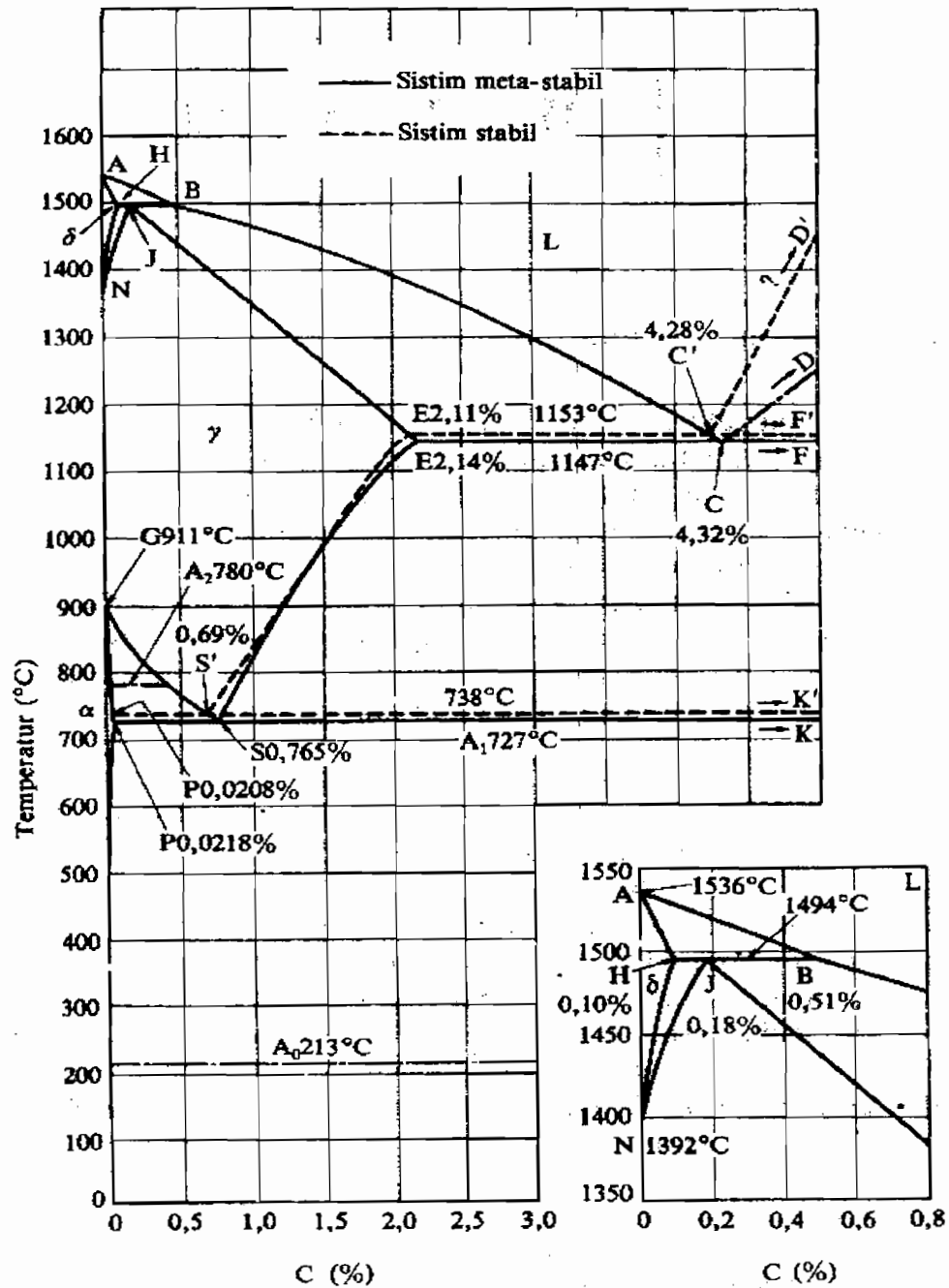
Baja yang berkadar karbon sama dengan komposisi eutektoid dinamakan baja eutektoid, yang berkadar karbon kurang dari komposisi eutektoid disebut baja hipoeutektoid, dan yang berkadar karbon lebih dari komposisi eutektoid disebut baja hipereutektoid. Gambar 2.11 menunjukkan struktur mikro baja apabila

baja didinginkan perlahan-lahan dari 50-100°C diatas GS (A_3) dan garis SE (A_{cm}) pada gambar 2.10.

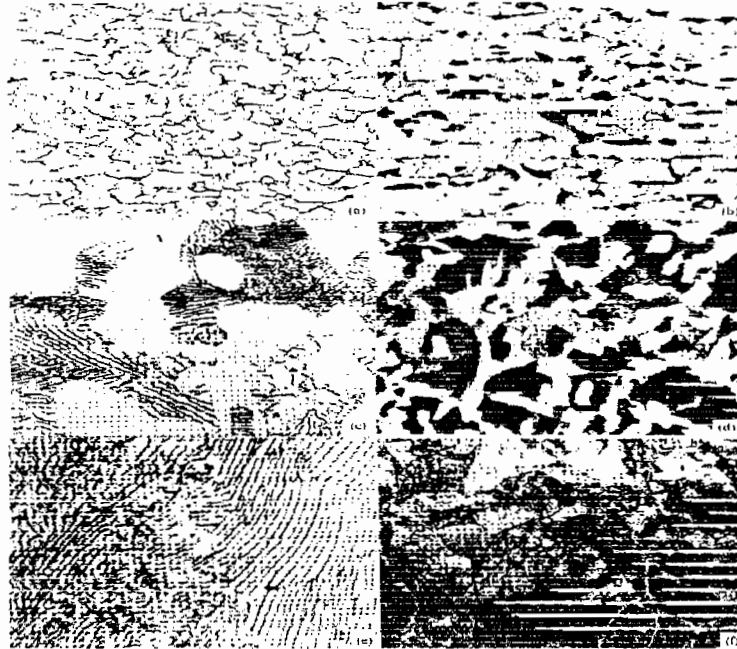
Diagram Fe-Fe₃C dapat di bagi menjadi 12 zona, yaitu :

- I : Zona larutan Fe₃C cair
- II : Zona austenit + Fe₃C
- III : Zona sementit primer + Fe₃C cair
- IV : Zona austenit 100%
- V : Zona austenit + sementit sekunder
- VI : Zona austenit + sementit sekunder + ledeburit
- VII : Zona sementit primer + ledeburit
- VIII : Zona ferrit + austenit
- IX : Zona ferrit + perlit (perpaduan kristal Fe dan sementit)
- X : Zona sementit sekunder + perlit
- XI : Zona sementit sekunder + perlit + ledeburit
- XII : Zona sementit primer + ledeburit

Pada baja eutektoid transformasi terjadi pada titik tetap S, menjadi struktur yang disebut perlit. Pada baja hipoeutetoid terbentuk fasa ferrit mendekati besi murni yang komposisinya sama dengan P dan perlit, sedangkan pada hipereutektoid terbentuk perlit dan sementit pada batas butir.



Gambar 2.10 Diagram keseimbangan besi – karbon
(Sumber : Tata Surdia, Shinroku Saito, Pengetahuan Bahan Teknik)



Gambar 2.11 Diagram struktur mikro baja karbon
(Sumber : Tata Surdia, Shinroku Saito, Pengetahuan Bahan Teknik)

Keterangan gambar :

Struktur mikro baja karbon. a: 0,06%C, besar butir medium (ASTM No.7)×100; b: 0,25% C baja dinormalkan pada 930°C×500; c: 0,30%C baja diaustenitkan pada 930° C ditransformasikan isothermal pada 700°C, ferit dan perlit kasar × 1000; d: 0,45%C baja dinormalkan pada 840°C, ferit dan perlit×500; e: 0,80%C baja diaustenitkan pada 1150°C, didinginkan ditungku×2000; f: 1,0%C baja dirol panas pada 1050°C, pendinginan udara, matriks perlit, sementir pada batas butir (garis putih)×500

a : Dituakan pada 150°C selama 30 menit, zona GP (1) 200.000 kali

b : Dituakan selama 48 jam, zona GP (2) 200.000 kali

2. Perubahan struktur pada perlakuan panas

Besi dan baja diharapkan mempunyai kekuatan statik dan dinamik, ulet, mudah diolah, tahan korosi dan mempunyai sifat elektromagnetik agar dapat dipakai sebagai bahan untuk konstruksi dan mesin-mesin. Dilihat dari transformasi ada tiga macam baja yaitu :

1. Baja dengan titik transformasi A_1 , berupa ferit A_1 , dan austenit pada A_3 atau diatas A_1 .
2. Baja dengan titik transformasi A_1 dibawah temperatur kamar, berupa austenit pada temperatur kamar.
3. Baja dengan daerah austenit yang kecil, berupa ferit sampai temperatur tinggi pada daerah komposisi tertentu.

Baja yang tergolong pada macam 1 berupa ferit pada tempertur kamar (dalam keseimbangan), dapat diproses menjadi berbagai struktur dengan jalan perlakuan panas. Struktur tersebut diikhtisarkan pada tabel 2.6. Fasa-fasa tersebut memiliki sifat-sifat khas. Ferit mempunyai sel satuan kubus pusat badan atau Body Centered Cubic (BCC), menunjukkan titik mulur yang jelas dan menjadi getas pada temperatur rendah. Austenit mempunyai satu satuan kubus pusat atau Face Centerit Cubic (FCC) menunjukkan titik mulur yang jelas tanpa kegetasan pada keadaan dingin. Akan tetapi kalau berupa fasa metastabil bisa berubah menjadi α temperatur rendah dengan pengerjaan.

Martensit adalah fasa larutan lewat jenuh dari karbon dalam sel satuan tetragonal pusat badan atau *body centered tetrogonal (bct)*. Makin tinggi derajat

lewat jenuh karbon, makin besar perbandingan satuan sumbu sel satuannya dan makin keras serta makin keras martensit tersebut. Bainit mempunyai sifat – sifat antara martensit dan ferit.

Sesuai dengan keaneka ragam strukturnya maka dapat diperoleh berbagai sifat baja termasuk kekuatan dan ketelitian. Faktor-faktor yang menentukan sifat-sifat mekanik adalah macam fasa, banyak fasa, ukuran dan bentuk senyawa. Untuk mendapatkan sifat-sifat mekanik yang diinginkan perlu mendapatkan struktur yang cocok dengan komposisi kimia dan perlakuan panas yang tepat.

Tabel 2.6. Fasa yang ada pada baja

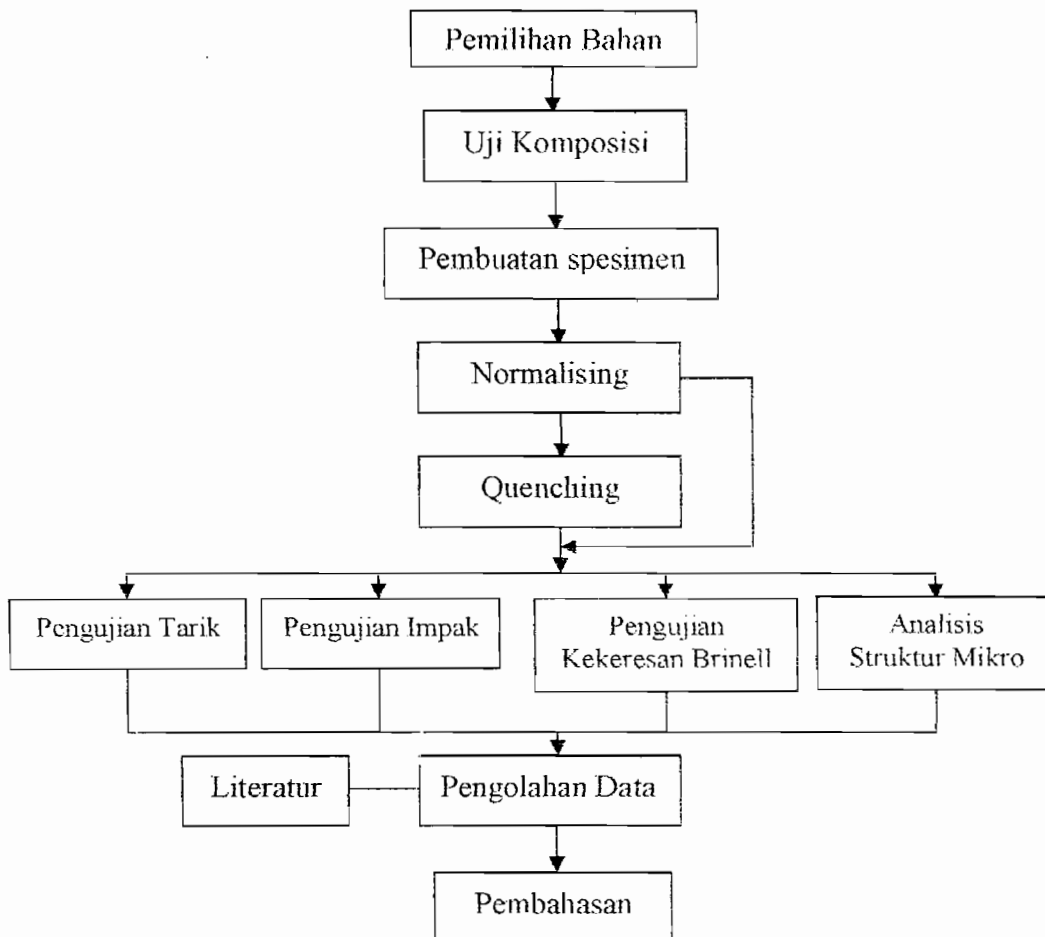
(sumber : Tata Surdia, Shinroku Saito, Pengetahuan Bahan Teknik)

	Fasa dan simbol	Struktur	Pengelasan
<i>Menurut kristal</i>	Austenit (γ)	Fcc	Paramagnetik dan stabil pada temperatur tinggi
	Ferit (α)	Bcc	Stabil pada temperatur rendah, kelarutan padat terbatas, dapat berada bersama Fe_3C (sementit) atau lainnya
	Bainit (α)	Bcc	Austenit metastabil didinginkan dengan laju pendinginan cepat tertentu. Terjadi hanya presipitasi Fe_3C . Unsur paduan lainnya tetap larut.
	Martensit (α')	Bcc	Fasa metastabil terbentuk dengan laju pendinginan cepat. Semua unsur paduan masih larut pada keadaan padat.
<i>Menurut keadaan</i>	Perlit		Lapisan ferit Fe_3C
	Widmanstaetten		γ dan α dalam orientasi pada persipitasi ferit bentuk cabang-cabang seperti pohon, struktur ini terbentuk karena segregasi karbon pada pembekuan
	Sorbit		Sorbit adalah perlit halus dan trostit adalah bainit
	Trostit		Nama ini tidak banyak dipakai

BAB III
PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Skema Jalannya Penelitian

Agar penelitian yang dilakukan dapat dilakukan secara berurutan, maka perlu dibuat suatu alur yang menerangkan jalannya penelitian tersebut. Urut-urutan penelitian yang dimaksud adalah sebagai berikut :



3.2 Pemilihan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja permesinan St 42 (*Steel 42*). Bahan ini dipilih karena mudah didapatkan di pasaran. Bentuk bahan tersebut adalah batangan bulat.

3.3 Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dari baja St 42 dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur dari spesimen. Pengujian ini telah dilakukan di Laboratorium Logam Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten.

3.4 Alat-Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa :

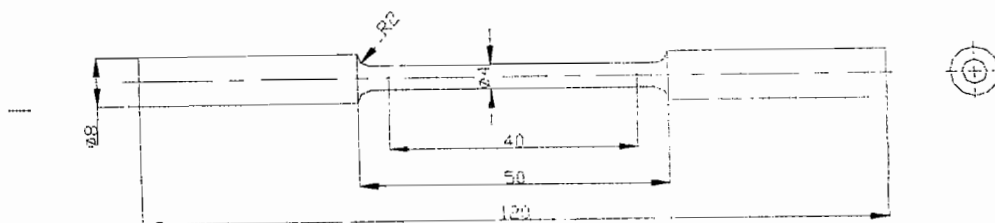
- a. Mesin uji tarik milik Laboratorium Ilmu Logam, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta
- b. Mesin uji impak Charpy di Laboratorium Gana Material Test Jurusan Teknik Mesin Program Diploma Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- c. Mesin uji kekerasan Brinell (*Brinell Hardness Tester MOD type 100 MR*) milik Laboratorium Ilmu Logam, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta
- d. Mikroskop dan foto stuktur mikro milik Laboratorium Ilmu logam, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta

- e. Mesin bubut milik Laboratorium Teknologi Mekanik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta
- f. Oven untuk memanaskan benda uji milik Laboratorium Ilmu logam, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta
- g. Amplas dan autosol

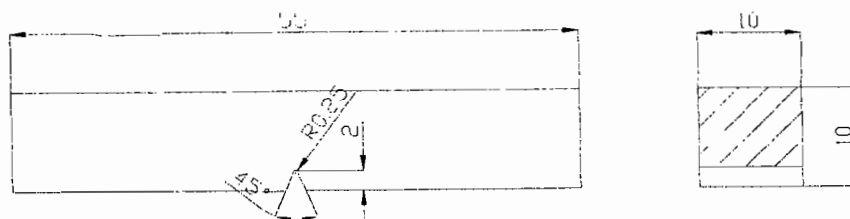
3.5 Pembuatan Sampel Benda Uji

Sampel benda uji baja karbon rendah ini berbentuk silinder dengan diameter $D = 15$ mm, ukuran sampel sama dengan 4 jenis pengujian. Pemotongan bahan uji dilakukan di Laboratorium Teknologi Mekanik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Perlakuan panas yang dilakukan terdiri dari normalising 4 sampel dan quenching dengan menggunakan media pendingin air suhu 27°C 4 sampel, suhu 50°C 4 sampel dan suhu 80°C 4 sampel.

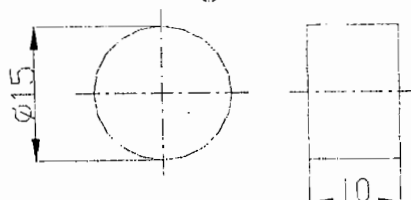
Bahan Uji



Gambar 3.1 Bentuk dan geometri benda uji tarik



Gambar 3.2 Gambar dan geometri benda uji impact



Gambar 3.3 Gambar dan geometri benda uji kekerasan brinell dan uji struktur mikro

3.6 Proses Normalising

Pada proses ini pemanasan dilakukan dengan memanaskan baja pada suhu 900°C dan dilakukan waktu penahanan selama 1 jam. Kemudian didinginkan dalam oven sampai mencapai suhu kamar.

3.7 Proses Quenching

Pada proses ini pemanasan dilakukan sampai temperatur 900°C , setelah mencapai temperatur 900°C dilakukan waktu penahanan (*holding time*) selama 1 jam. Kemudian dilakukan pendinginan dengan cepat menggunakan media pendingin air.

3.8 Pengujian Kekerasan Brinell

Kekerasan adalah sifat yang dapat diandalkan sebagai pengganti kekuatan bahan. Pengukuran kekerasan tidaklah begitu rumit, sehingga banyak dilakukan dalam pemilihan bahan. Pada pengujian kekerasan dengan metode Brinell, sebuah peluru bola baja ditekan pada permukaan bahan uji yang licin dengan suatu gaya tertentu. Bahan uji itu harus didukung secara merata oleh bidang pendukung yang cukup tebal.

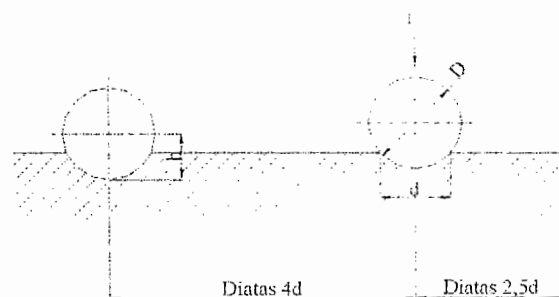
Sebagai dasar pengukuran kekerasan maka digunakan deformasi yang terjadi oleh penetrator pada keadaan bahan uji. Dalam hal ini digunakan penetrator bola baja yang telah dikeraskan dan ditekan ke dalam bahan uji dengan beban dan waktu tertentu.

Prosedur pengujian kekerasan ini adalah sebagai berikut :

1. Memotong baja St 42, menjadi 4 benda uji dengan ukuran yang sama.
2. Meratakan permukaan potongan-potongan baja tersebut dengan menggunakan amplas dari ukuran 100, 150, 400, 1000, 1500 dan kemudian dilakukan pemolesan dengan menggunakan autosol atau batu hijau, agar didapatkan permukaan yang lebih baik
3. Permukaan yang sudah rata dan halus diletakkan sejajar dengan alat uji kemudian dilakukan penekanan dengan cara memutar handel penekan selama 15 detik, bola baja dengan diameter 2,5 mm dan pembebanan 187,5 kg pada empat titik disetiap permukaan.

4. Melakukan pengukuran diameter bekas injakan bola baja tersebut dengan menggunakan alat yaitu loop berskala.
5. Mencatat semua hasil pengamatan dan kemudian dilakukan perhitungan kekerasan Brinell.

Pengujian kekerasan ini diukur dengan mempergunakan alat pengukur kekerasan Brinell. Cara pengukuran ditunjukkan dalam gambar 3.4.



Gambar 3.4 Cara pengujian kekerasan Brinell

Keterangan :

D = Diameter indenter (mm)

d = Diameter lubang bekas injakan (mm)

3.9 Pengujian Tarik

Pengujian tarik digunakan dengan tujuan untuk menarik bahan uji terus menerus dengan gaya yang bertambah besar sampai bahan uji tersebut putus. Tujuan dari pengujian tarik adalah untuk menentukan sifat-sifat mekanik material

tegangan luluh, kekuatan tarik, regangan dan lain-lain dari baja karbon rendah St 42.

Prosedur dari pengujian tarik :

1. Membentuk dengan ukuran sampel dari benda uji yang telah dibuat, dipasang pada penjepit (grip) atas dan bawah pada mesin uji tarik. Menaikkan dan menurunkan grip bawah dengan kecepatan lambat (10 mm/menit) sehingga penjepitan bahan uji dalam posisi yang tepat, diusahakan agar kedudukan dari bahan uji betul-betul vertikal. Kencangkan kedua penjepit secukupnya.
2. Melakukan uji tarik dengan cara memasang kedua ujung spesimen tersebut pada alat pemegangan yang terdapat pada mesin tersebut, dan kemudian dilakukan uji tarik dengan menggunakan alat uji, serta mencatat data-data yang diperlukan, seperti batas mulur, patah, beban, pada saat patah,
3. Mencatat kekuatan tarik maksimum hingga beban maksimum setelah bahan uji putus.
4. Melakukan pengukuran pertambahan panjang benda uji.

3.10 Pengujian Impak

Pengujian tumbuk menggunakan beban yang tiba-tiba dengan Metode Charpy. Sebagian energi akan diserap. Bahan yang ulet menunjukkan harga impak.

Prosedur pengujian impak adalah sebagai berikut :

1. Membentuk dengan ukuran sampel dari benda uji yang telah dibuat sesuai dengan ukuran standar.
2. Memasang pada tempat tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian tak bertakik diberi beban impak dengan ayunan bandul
3. Mencatat kekuatan tumbukan beban maksimum setelah bahan uji patah.

3.11 Analisis Struktur Mikro

Dalam pengujian ini, kualitas bahan ditentukan dengan mengamati struktur mikro dengan menggunakan mikroskop, disamping itu dapat pula mengamati cacat dan bagian yang tidak teratur. Mikroskop yang digunakan adalah mikroskop logam. Dalam hal tertentu dipakai alat khusus yaitu mikroskop pirometri untuk bisa mengamati perubahan-perubahan yang disebabkan oleh perubahan temperatur, atau juga dipakai alat penganalisa mikro yang dapat menganalisa kotoran kecil dalam struktur. Permukaan logam uji di polis dan diperiksa langsung dibawah mikroskop atau dilakukan etsa baru amati. Gambar dari struktur mikro dapat diperoleh dari pemotretan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop.

Prosedur pengujian struktur mikro adalah sebagai berikut :

1. Sama seperti pada uji kekerasan, uji struktur mikro diawali dengan meratakan permukaan yang akan digunakan untuk pengamatan dengan mikroskop logam.

2. Melakukan etsa pada permukaan yang akan diamati, etsa yang digunakan adalah HNO_3 (5%) sebentar sampai ada perubahan (kabur), kemudian dicuci dengan alkohol (95%) dan kemudian dilap dengan kain yang bersih.
3. Setelah dietsa kemudian dilakukan pengamatan dengan menggunakan mikroskop dan dilakukan pengambilan gambar dengan pemotretan.

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Komposisi Kimia

Tabel 4.1 Data Komposisi Kimia.

No	Komposisi Kimia	Prosentasi %
1	Fe ₂	97,48
2	C	0,104
3	Si	0,456
4	Mn	0,471
5	P	0,022
6	S	0,036
7	Cr	0,258
8	Mo	0,077
9	Ni	0,111
10	Al	0,00
11	B	0,0046
12	Co	0,006
13	Cu	0,245
14	Nb	0,068
15	Pb	0,0051
16	Sn	0,024
17	Ti	0,078
18	V	0,123
19	W	0,223

Data komposisi ini sesuai dengan laporan pengujian yang dilakukan di Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten.

4.2 Hasil Pengujian Kekerasan Brinell

Harga kekerasan brinell dapat dicari dengan menggunakan rumus (2.1)

Sebagai contoh :

$$HB = \frac{187,5}{\frac{3,14}{2} \cdot 2,5 \left(2,5 - \sqrt{(2,5)^2 - (1,30)^2} \right)}$$

$$HB = 131,03 \text{ kg/mm}^2$$

Hasil dari keseluruhan perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Hasil pengujian kekerasan normalising

No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	1,30	131,03
2	187,5	2,5	1,30	131,03
3	187,5	2,5	1,31	128,86
4	187,5	2,5	1,30	131,03
Rata-rata				130,48
Standar deviasi				± 1,08

Tabel 4.3 Hasil pengujian kekerasan diquenching dengan air suhu 27°C

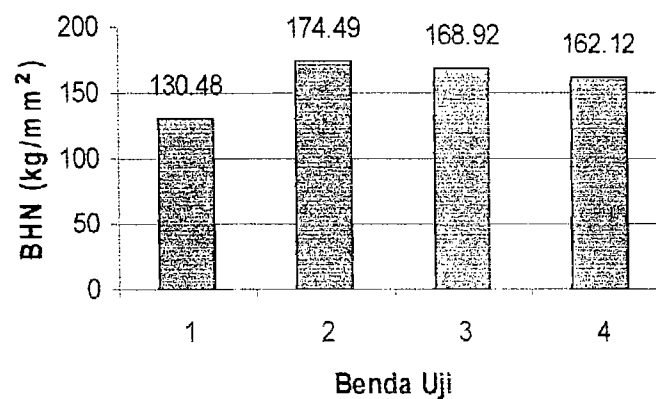
No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	1,14	173,68
2	187,5	2,5	1,14	173,68
3	187,5	2,5	1,14	173,68
4	187,5	2,5	1,13	176,95
Rata-rata				174,49
Standar deviasi				± 1,64

Tabel 4.4 Hasil pengujian kekerasan diquenching dengan air suhu 50°C

No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	1,16	167,37
2	187,5	2,5	1,15	170,48
3	187,5	2,5	1,15	167,37
4	187,5	2,5	1,16	170,48
Rata-rata				168,92
Standar deviasi				± 1,79

Tabel 4.5 Hasil pengujian kekerasan diquenching dengan air suhu 80°C

No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB(kg/mm ²)
1	187,5	2,5	1,18	161,38
2	187,5	2,5	1,18	161,38
3	187,5	2,5	1,17	164,34
4	187,5	2,5	1,18	161,38
Rata-rata				162,12
Standar deviasi				± 1,48



Gambar 4.1 Grafik uji kekerasan Brinell

Keterangan gambar 4.1 :

1. Benda uji normalising
2. Benda uji di quenching dengan air suhu 27° C
3. Benda uji di quenching dengan air suhu 50° C
4. Benda uji di quenching dengan air suhu 80° C

Dalam pengujian baja St 42 ini nilai kekerasan rata-rata untuk kondisi mula-mula benda uji adalah 130,48 kg/mm². Untuk kondisi diquenching dengan media air suhu 27°C nilai kekerasannya adalah 175,31 kg/mm². Untuk kondisi diquenching dengan media air suhu 50°C nilai kekerasannya adalah 168,92 kg/mm². Untuk kondisi diquenching dengan media air suhu 80°C nilai kekerasannya adalah 162,12 kg/mm².

Dari hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa baja yang mendapat proses quenching nilai kekerasannya akan meningkat dibandingkan sebelum perlakuan panas (normalising). Hal ini disebabkan karena pada saat proses perlakuan panas sampai suhu 900°C dalam oven akan terjadi perubahan struktur dalam bahan dari perlit dan ferit menjadi austenit kemudian dilanjutkan dengan pendinginan secara mendadak maka akan terbentuk martensit yang sifatnya keras.

Pendinginan dengan media yang berbeda-beda suhu (27°C, 50°C dan 80°C) akan mempengaruhi tingkat kekerasan bahan. Bila media pendingin yang digunakan bersuhu rendah maka akan semakin cepat proses pendinginannya, karena suhu yang rendah cepat membuang panas. Sedangkan media pendingin

yang digunakan bersuhu tinggi maka akan semakin lambat proses pendinginannya, karena suhu yang tinggi kurang cepat membuang panas dan menyebabkan kekerasan yang didapatkan lebih rendah.

4.3 Hasil Pengujian Tarik

Sebagai contoh:

- Kekuatan tarik (σ_u) = $\frac{513,2}{12,56}$
= 40,86 kg/mm²
- Tegangan patah (σ_{11}) = $\frac{358,8}{12,56}$
= 27,69 kg/mm²
- Regangan (ϵ) = $\frac{9,4}{40} \times 100\%$
= 23,50 %
- Kontraksi (ψ) = $\frac{12,56 - 3,79}{12,56} \times 100\%$
= 69,82 %

Tabel 4.6. Hasil pengukuran benda uji normalising dan quenching.

Heat Treatment	No	D_0 (mm)	A_0 (mm ²)	D_i (mm)	A_i (mm ²)	L_0 (mm)	ΔL (mm)
Normalising	1	4,00	12,56	2,20	3,79	40	9,4
	2	4,00	12,56	2,10	3,46	40	10,2
	3	4,00	12,56	2,10	3,46	40	9,1
	4	4,00	12,56	2,10	3,46	40	9,7
Quenching air 27°C	1	4,00	12,56	2,20	3,79	40	4,45
	2	4,00	12,56	2,22	3,87	40	5,90
	3	4,00	12,56	2,20	3,79	40	5,05
	4	4,00	12,56	2,16	3,66	40	5,55
Quenching air 50°C	1	4,01	12,62	2,18	3,73	40	5,70
	2	4,00	12,56	2,16	3,66	40	5,35
	3	4,00	12,56	2,18	3,73	40	5,50
	4	4,00	12,56	2,20	3,79	40	4,65
Quenching air 80°C	1	4,00	12,56	2,10	3,46	40	6,31
	2	4,01	12,62	2,16	3,66	40	5,10
	3	4,00	12,56	2,16	3,66	40	7,00
	4	4,00	12,56	2,14	3,59	40	7,25

Hasil dari keseluruhan perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.7. Hasil pengujian tarik normalising

No	Beban maksimal F (kg)	Beban patah F _B (kg)	Kekuatan tarik σ_u (kg/mm ²)	Tegangan patah σ_B (kg/mm ²)	Regangan ϵ (%)	Kontraksi Ψ (%)
1	513,2	358,8	40,86	27,69	23,50	69,82
2	501,1	343,2	39,89	27,32	25,50	72,45
3	510,5	327,24	40,64	26,05	22,75	72,45
4	517,4	332,61	41,19	26,48	24,25	72,45
Rata-rata			40,65	27,10	24,00	71,79
Standar Deviasi			+ 0,55	+ 0,79	+ 1,17	+1,32

Tabel 4.8. Hasil pengujian tarik diquenching dengan air suhu 27°C

No	Beban maksimal F (kg)	Beban patah F _B (kg)	Kekuatan tarik σ_u (kg/mm ²)	Tegangan patah σ_B (kg/mm ²)	Regangan ϵ (%)	Kontraksi Ψ (%)
1	633,5	437,42	50,44	34,82	11,12	69,82
2	647,2	418,78	51,53	33,34	14,75	68,39
3	634,5	455,34	50,52	36,25	12,62	69,83
4	663,4	455,12	52,82	36,24	13,87	70,85
Rata-rata			51,33	35,16	13,07	69,66
Standar Deviasi			± 1,12	± 1,39	± 1,68	± 0,75

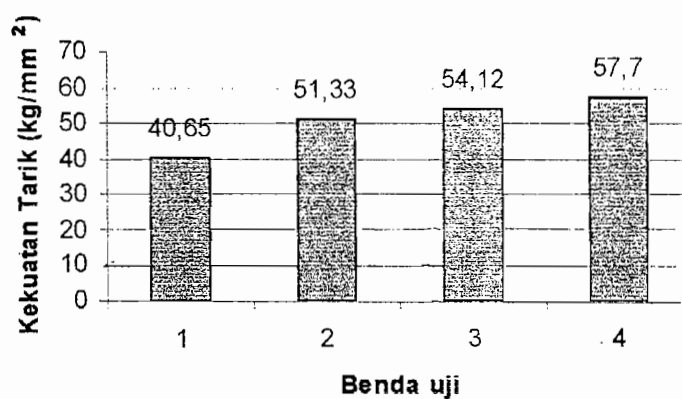


Tabel 4.9. Hasil pengujian tarik diquenching dengan air suhu 50°C

No	Beban maksimal F (kg)	Beban patah F _B (kg)	Kekuatan tarik σ_u (kg/mm ²)	Tegangan patah σ_B (kg/mm ²)	Regangan ϵ (%)	Kontraksi ψ (%)
1	683,6	432,16	53,17	34,24	14,25	70,44
2	677,3	443,47	53,93	35,31	13,37	70,85
3	702,3	467,20	55,93	37,27	13,75	70,30
4	680,6	459,01	54,19	36,55	11,62	69,82
Rata-rata			54,12	36,30	13,25	70,35
Standar deviasi			± 1,05	± 1,44	± 13,25	± 0,42

Tabel 4.10. Hasil pengujian tarik diquenching dengan air suhu 80°C

No	Beban maksimal F (kg)	Beban patah F _B (kg)	Kekuatan tarik σ_u (kg/mm ²)	Tegangan patah σ_B (kg/mm ²)	Regangan ϵ (%)	Kontraksi ψ (%)
1	724,8	533,28	57,71	42,46	15,32	72,45
2	754,1	515,56	59,75	40,89	12,75	70,99
3	735,2	501,27	58,54	39,91	17,50	70,86
4	721,5	508,32	57,44	40,47	18,12	71,42
Rata-rata			57,70	40,91	16,02	71,46
Standart deviasi			± 1,29	± 1,10	± 2,43	± 0,72



Gambar 4.2 Grafik uji tarik

Keterangan Gambar 4.2 :

1. Benda uji normalising
2. Benda uji di quenching dengan air suhu 27° C
3. Benda uji di quenching dengan air suhu 50° C
4. Benda uji di quenching dengan air suhu 80° C

Dalam pengujian baja St 42 ini nilai kekuatan tarik rata-rata untuk kondisi mula-mula benda uji adalah 40,65 kg/mm². Untuk kondisi diquenching dengan media air suhu 27°C nilai kekuatan tariknya adalah 51,33 kg/mm². Untuk kondisi diquenching dengan media air suhu 50°C nilai kekuatan tariknya adalah 54,12 kg/mm². Untuk kondisi diquenching dengan media air suhu 80°C nilai kekuatan tariknya adalah 57,70 kg/mm².

Dari hasil pengujian diatas dapat diketahui bahwa baja apabila dipanaskan sampai dengan suhu tertentu, dan dilanjutkan dengan pendinginan kejut maka

akan mengalami peningkatan atau kenaikan nilai kekuatan tarik. Baja yang quenching dengan pendingin air suhu 27°C, ferit dan perlit yang berubah menjadi martensit yang terbentuk lebih besar. Hal ini menyebabkan bahan lebih getas sehingga kekuatan tariknya lebih kecil dari pada suhu pendinginan yang lebih tinggi dalam hal ini suhu pendinginan 50°C dan 80°C.

4.4 Hasil Pengujian Impak

Sebagai contoh :

- $W = 20.0,8 (\cos 104 - \cos 151)$

$$= 10,12 \text{ Joule}$$

- $\text{Keliatan} = \frac{10,12}{80}$

$$= 0,13 \text{ Joule/mm}^2$$

Hasil keseluruhan dari perhitungan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.11 Hasil pengujian impak normalising

No	G.R (kg.m)	Sudut β (°)	Sudut α (°)	A (mm ²)	Tenaga patah (Joule)	Keliatan bahan (joule/mm ²)
1	16	104	151	80	10,12	0,1265
2	16	103	151	80	10,39	0,1298
3	16	103	151	80	10,39	0,1298
4	16	102	151	80	10,67	0,1334
Rata-rata					10,39	0,1298
Standar deviasi					± 0,22	± 0,0028

Tabel 4.12 Hasil pengujian impact diquenching dengan air suhu 27°C

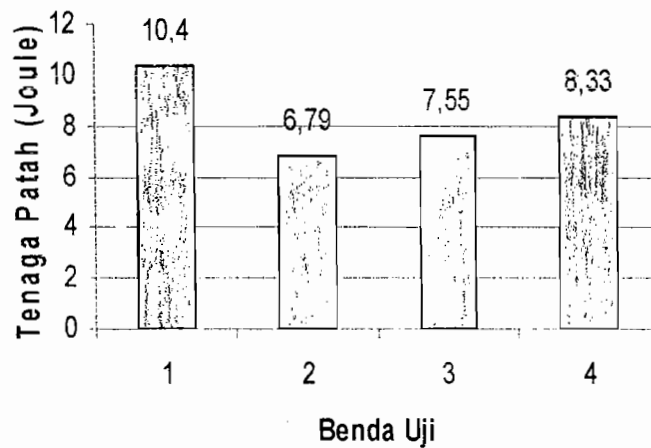
No	G.R (kg.m)	Sudut β ($^{\circ}$)	Sudut α ($^{\circ}$)	Λ (mm ²)	Tenaga patah (Joule)	Keliatan bahan (joule/mm ²)
1	16	118	151	80	6,48	0,0810
2	16	116	151	80	6,98	0,0872
3	16	116	151	80	6,98	0,0872
4	16	117	151	80	6,73	0,0841
Rata-rata					6,79	0,0848
Standar deviasi					$\pm 0,24$	$\pm 0,0028$

Tabel 4.13 Hasil pengujian impact diquenching dengan air suhu 50°C

No	G.R (kg.m)	Sudut β ($^{\circ}$)	Sudut α ($^{\circ}$)	A (mm ²)	Tenaga patah (Joule)	Keliatan bahan (joule/mm ²)
1	16	113	151	80	7,74	0,0967
2	16	114	151	80	7,48	0,0935
3	16	115	151	80	7,23	0,0904
4	16	113	151	80	7,74	0,0967
Rata-rata					7,55	0,0943
Standar deviasi					$\pm 0,24$	$\pm 0,0046$

Tabel 4.14 Hasil pengujian impact diquenching dengan air suhu 80°C

No	G.R (kg.m)	Sudut β ($^{\circ}$)	Sudut α ($^{\circ}$)	A (mm ²)	Tenaga patah (Joule)	Keliatan bahan (joule/mm ²)
1	16	109	151	80	8,78	0,1097
2	16	112	151	80	8,00	0,1000
3	16	110	151	80	8,52	0,1065
4	16	112	151	80	8,00	0,1000
Rata-rata					8,33	0,1041
Standar deviasi					$\pm 0,38$	$\pm 0,0046$



Gambar 4.3 Grafik uji Impak

Keterangan Gambar 4.3 :

1. Benda uji normalising
2. Benda uji di quenching dengan air suhu 27°C
3. Benda uji di quenching dengan air suhu 50°C
4. Benda uji di quenching dengan air suhu 80°C

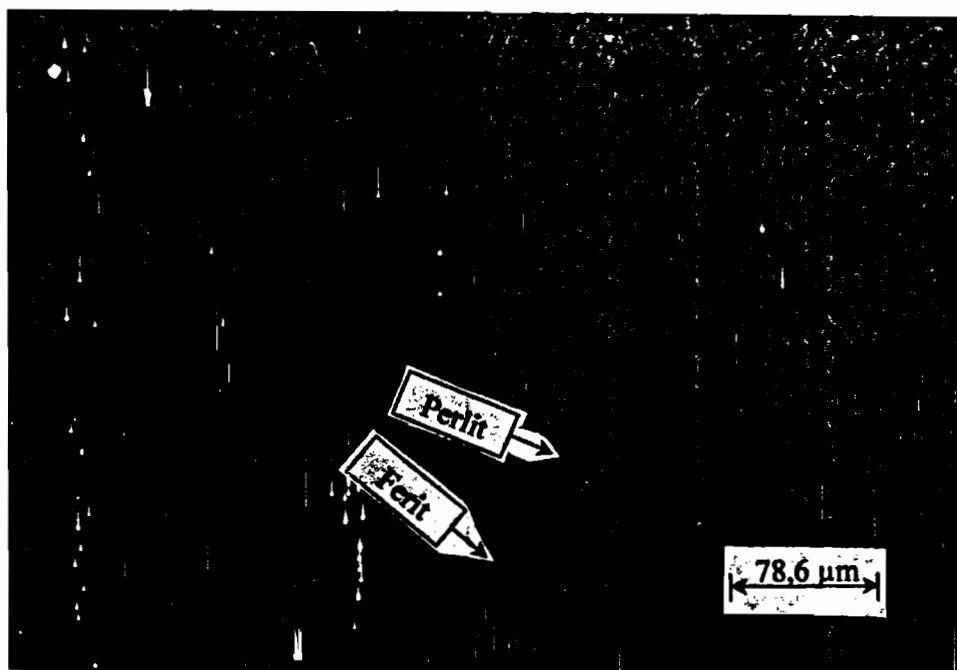
Dalam pengujian baja St 42 ini tenaga patah rata-rata untuk kondisi mula-mula benda uji adalah 10,40 Joule. Untuk kondisi diquenching dengan media air suhu 27°C tenaga patahnya adalah 6,79 Joule. Untuk kondisi diquenching dengan media air suhu 50°C tenaga patahnya adalah 7,55 Joule. Untuk kondisi diquenching dengan media air suhu 80°C tenaga patahnya adalah 8,33 Joule.

Dari hasil pengujian menunjukkan suatu bahan bila diquenching dengan media pendingin bersuhu tinggi akan mengalami kenaikan ketahanan bahan,

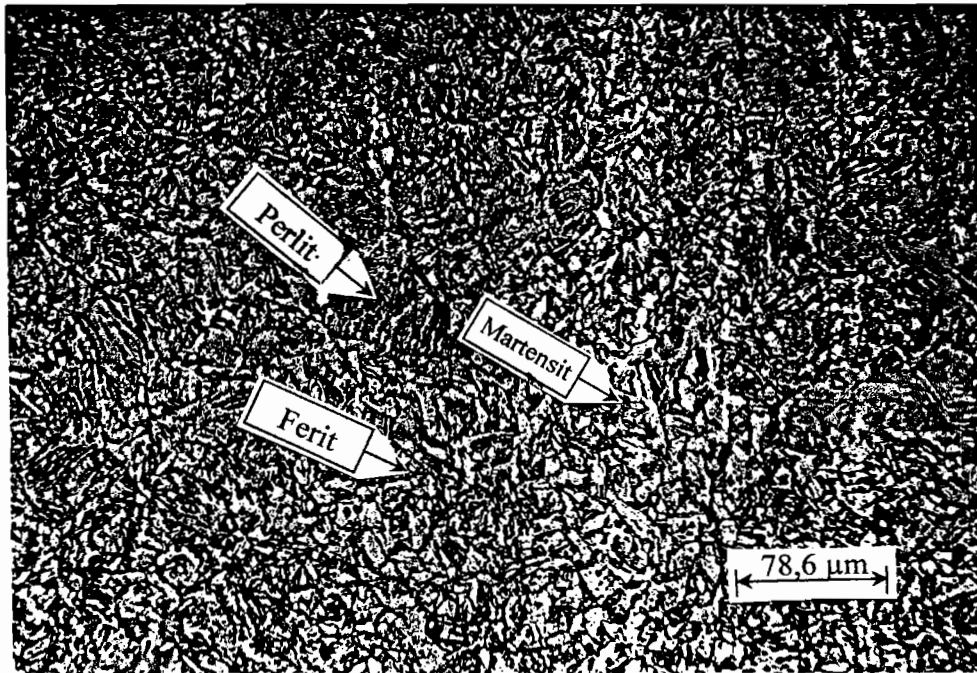
karena semakin tinggi suhu pendinginan maka bahan akan semakin kuat. Sedangkan media pendingin bersuhu rendah akan menurunkan keliatan bahan dan menjadikan bahan getas, hal ini disebabkan oleh jumlah martensitnya yang bertambah besar. Semakin banyak jumlah martensit menunjukkan bahan semakin keras

4.5 Hasil Analisis Struktur Mikro

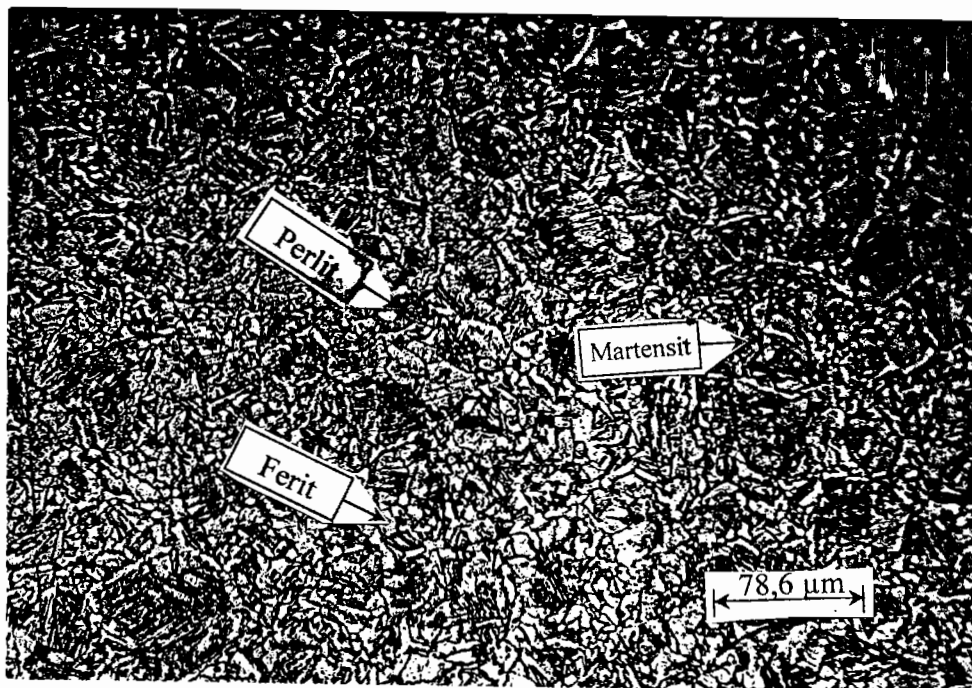
Hasil foto struktur mikro pada Baja St 42 sebelum perlakuan panas (normalising) dan diquenching dengan media pendingin air suhu 27°C, 50°C dan 80°C. Foto struktur mikro ini diperoleh dari pemotretan yang menggunakan mikroskop foto dengan perbesaran 200 ×.



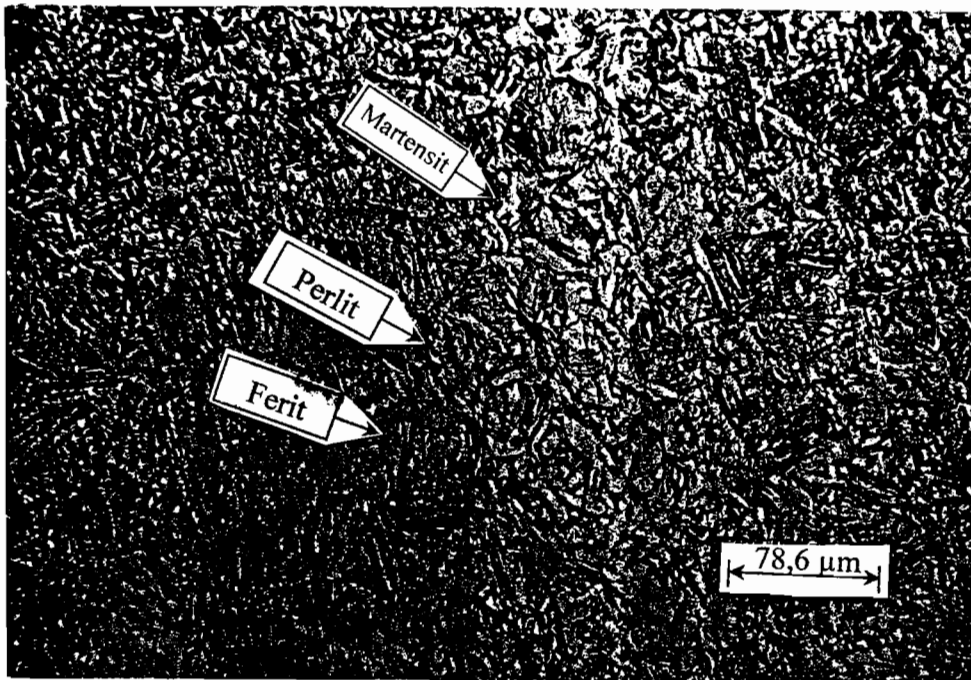
Gambar 4.4 Foto struktur mikro baja St 42 setelah dinormalising



Gambar 4.5 Foto struktur mikro baja St 42 diquenching dengan air suhu 27°C



Gambar 4.6 Foto struktur mikro baja St 42 diquenching dengan air suhu 50°C



Gambar 4.7 Foto struktur mikro baja St 42 diquenching dengan air suhu 80°C

Dari hasil pengujian struktur mikro baja St 42 tanpa perlakuan panas (normalising) terlihat adanya komposisi ferrit dan perlit. Ferit memberikan sifat yang liat, sedangkan perlit memberikan sifat yang lebih getas dan keras. Ferit atau besi murni ditunjukkan oleh butiran yang berwarna putih. Sedangkan perlit ditunjukkan oleh butiran yang berwarna hitam. Warna hitam ini juga menunjukkan kadar karbon yang terkandung di dalamnya. Dan jika diamati, butiran yang berwarna hitam lebih sedikit dibandingkan dengan butiran yang berwarna putih. Kondisi ini sesuai dengan data yang didapat dari uji komposisi kimia yang menyatakan presentasi kandungan karbon sebesar 0,104 % dari keseluruhan kandungan komposisi kimia bahan.

Hasil pengujian struktur mikro baja St 42 yang diquenching dengan air didapat adanya komposisi ferrit, perlit dan martensit yang memberikan sifat keras dan getas pada permukaannya. Quenching dengan media pendingin air dengan variasi suhu 27°C, 50°C dan 80°C bentuk susunan struktur mikronya tidak menunjukkan perbedaan yang jelas.

BAB V

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin tinggi suhu pendinginan (27°C , 50°C dan 80°C) yang digunakan dalam perlakuan panas pada baja St 42, kekerasan bahan menjadi turun/rendah. Quenching dengan suhu pendinginan 27°C BHN sekitar 175 kg/mm^2 , quenching dengan suhu pendinginan 50°C BHN sekitar 170 kg/mm^2 dan quenching dengan suhu pendinginan 80°C BHN sekitar 160 kg/mm^2 .
2. Semakin tinggi suhu pendinginan (27°C , 50°C dan 80°C) yang digunakan dalam perlakuan panas pada baja St 42, kekuatan tarik bahan mengalami peningkatan. Quenching dengan suhu pendinginan 27°C diperoleh kekuatan tarik sekitar 50 kg/mm^2 , quenching dengan suhu pendinginan 50°C diperoleh kekuatan tarik sekitar 55 kg/mm^2 dan quenching dengan suhu pendinginan 80°C diperoleh kekuatan tarik sekitar 58 kg/mm^2 .
3. Semakin tinggi suhu pendinginan (27°C , 50°C dan 80°C) yang digunakan dalam perlakuan panas pada baja St 42, keliatan bahan mengalami peningkatan. Quenching dengan suhu pendinginan 27°C W sekitar 6 Joule, quenching dengan suhu pendinginan 50°C W sekitar 7 Joule dan quenching dengan suhu pendinginan 80°C W sekitar 8 Joule.

4. Pada benda uji normalising struktur mikronya terdiri dari ferit yang memberikan sifat liat dan perlit yang memberikan sifat keras. Sedangkan pada benda uji yang telah mengalami proses quenching, terdapat martensit yang memberikan sifat keras dan getas pada permukaannya.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM, 1985 *Metallography and Microstructures*, Metal Handbook Ninth Edition.

Dieter, G.E., 1988, *Metalurgi Mekanik*, edisi ketiga jilid I dan II, Erlangga, Jakarta.

Holman, J.P., 1985, *Metode Pengukuran Teknik*, edisi keempat, Erlangga, Jakarta.

Jutz, H., Scharkus, E., 1962, *Westermann Tables For The Metal Trade*, Wiley Eastern Limited, New Delhi, Bangalore.

Surdia, T., Saito, S., 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*, P.T Pradnya Paramita, Jakarta.

Lampiran



POLITEKNIK MANUFAKTUR CEPER

LABORATORIUM LOGAM CEPER

Batur, Tegalrejo, Ceper, Klaten 57465 Telp. / Fax (0272) 552968

LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 124/UJI/SP/2004 Jenis Pengujian : Komposisi Kimia
 Pelanggan : 1. ARDOYO WAHYU Metode Pengujian : ASTM 212 - 66
 2. ANTONIUS DANIS Suhu : 28°C
 3. BAYU SURYO Tanggal Diterima : 24 Maret 2004
 Universitas Sanata Dharma Tanggal Pengujian : 26 Maret 2004
 Yogyakarta

Ket. Contoh : Langsung dari produk .

Hasil :

UNSUR (%)	CONTOH UJI	
	EKO 2004-SP264	Standart Deviasi (%)
Fe2	97.48	0.0231
C	0.104	0.0128
Si	0.456	0.0033
Mn	0.471	0.0024
P	0.022	0.0003
S	0.036	0.0019
Cr	0.258	0.0013
Mo	0.077	0.0051
Ni	0.111	0.0008
Al	0.000	0.0005
B	0.0046	0.0001
Co	0.006	0.0001
Cu	0.245	0.0036
Nb	0.068	0.0008
Pb	0.0051	0.0003
Sn	0.024	0.0007
Ti	0.078	0.0013
V	0.123	0.0006
W	0.228	0.0020

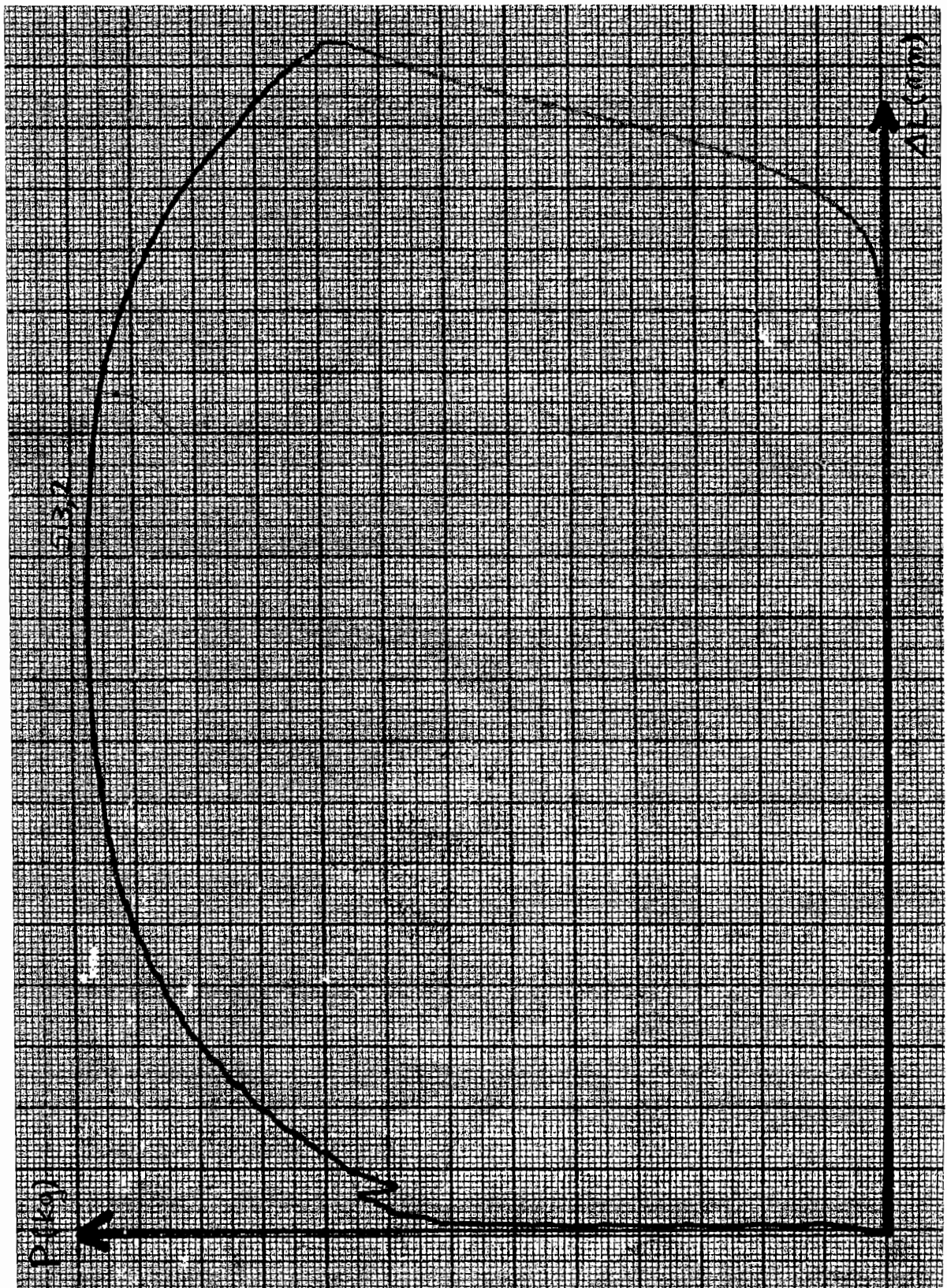
Klaten, 27 Maret 2004

Manajer Teknik

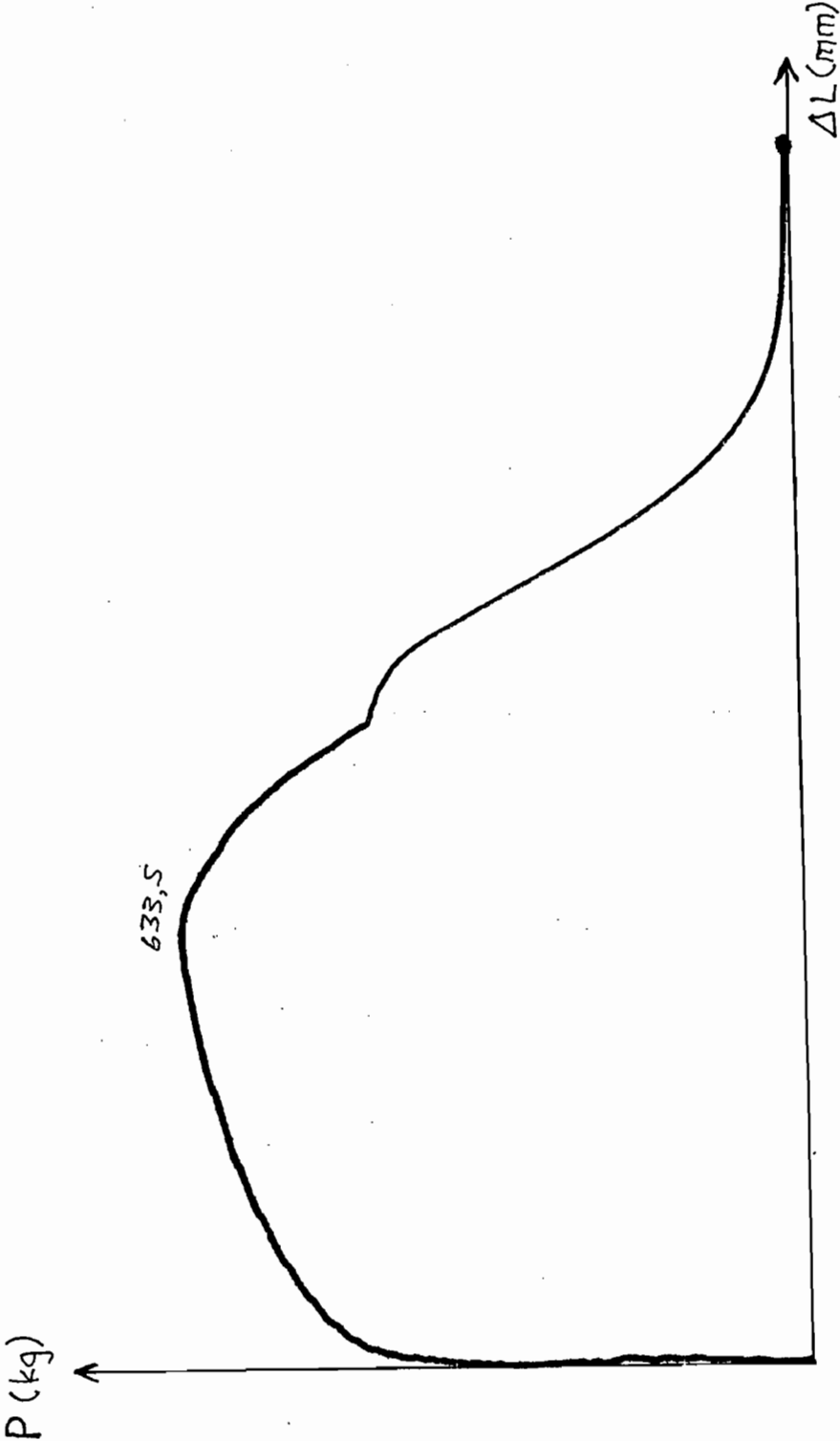


Laporan Pengujian ini merupakan dokumen rahasia

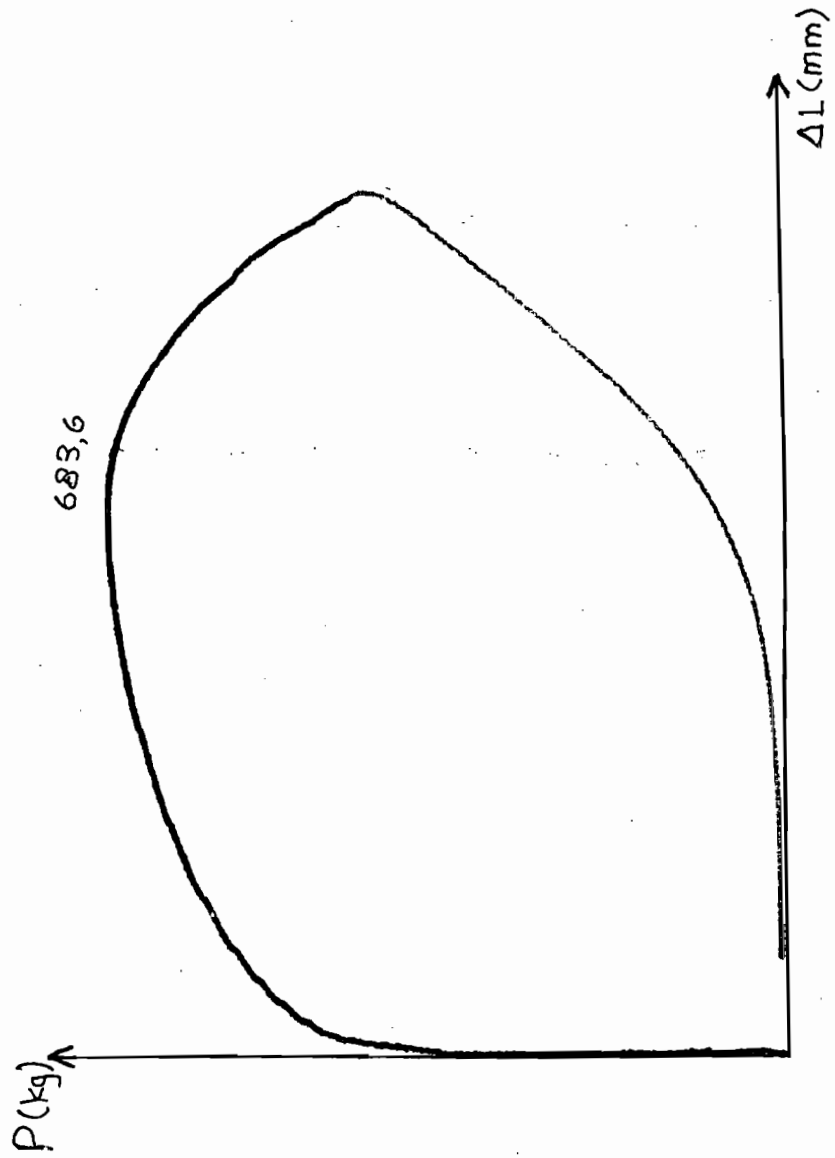
Lampiran 2. Grafik uji tarik normalising



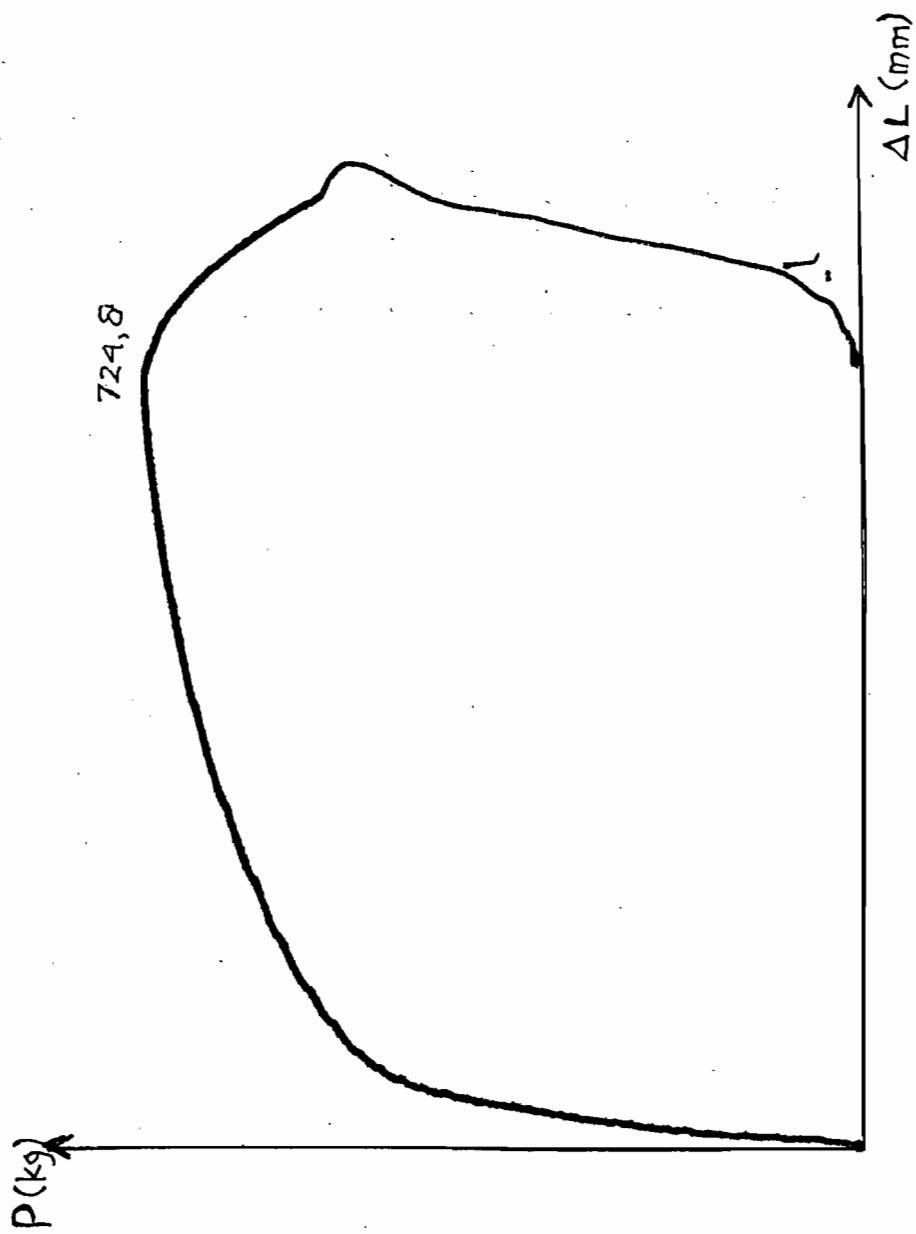
Lampiran 3. Grafik uji tarik quenching dengan air pada suhu 27°C



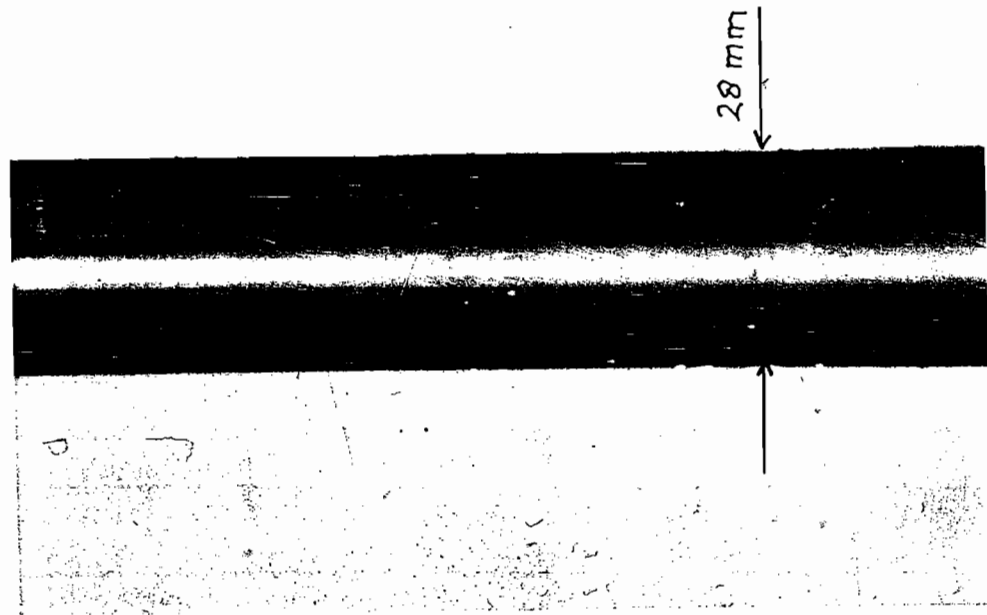
Lampiran 4. Grafik uji tarik quenching dengan air pada suhu 50°C



Lampiran 5. Grafik uji tarik quenching dengan air pada suhu 80°C



Lampiran 6: Perhitungan panjang struktur mikro



Gambar 2. Foto mikro kawat tembaga 110 μm

Dari hasil pemotretan dengan ukuran kertas 3R pada perbesaran $200\times$ dapat cari ukuran sebenarnya. Ukuran tersebut harus dikonversikan dahulu dengan membandingkan foto mikro kawat tembaga 110 μm pada pembesaran $200\times$. Dari foto tersebut diameter kawat tembaga terukur 28 mm, sehingga untuk 1 mm pada cetakan foto sebanding dengan $110 \mu\text{m}/28$. Dari hasil foto mikro kawat tembaga dengan diameter 0,11 mm setara dengan 28 mm.

$$\text{Perbesaran foto} = \frac{28}{0,11} = 254,5 \times,$$

$$\text{misal} = 20 \text{ mm}, \text{ Jarak kalibrasi} = \frac{20}{28} \times 0,11 = 0,0786 \text{ mm}$$

Jarak yang didapat adalah $0,0786 \text{ mm} = 78,6 \mu\text{m}$

Lampiran 7 : Tabel spesifikasi pada struktur dan perlakuan panas baja

Specification on Structural and Heat-treatable Steels								
General structural steels					IS:1977-1969; IS:2062-1969 IS: 226-1969; IS: 961-1962			
Designation of steel	Tensile strength kgf/mm ²	Yield strength for thicknesses up to 20 mm 20-40 mm		Elongation % on gauge length $5.65\sqrt{S_e}$ Min	C% Max	S% Max	P% Max	Typical applications
St 32-O	32-44	—	—	26	—	0.07	0.07	Intended for general engineering purposes.
St 42-O	42-54	26.0	—	23	—	0.07	0.07	
St 42-S	42-54	26.0	24.0	23	0.25	0.055	0.055	Intended for all types of structures weldable upon certain conditions.
St 42-W	42-54	26.0	24.0	23	0.20	0.055	0.055	Can be subjected to fusion welding.
St 58-HT	58 Min	36.0	35.0	20	0.27	0.055	0.055	Intended for use in structures where fabrication is done by methods other than welding.
St 55-HTW	55 Min	36.0	35.0	20	0.20	0.055	0.055	Intended for use in structures where welding is employed for fabrication and where guaranteed weldability is required.
Standard sizes of hot-rolled products made of general structural steels								
IS Number	Product	Page	IS Number	Product	Page			
808	Beam, channel and angle sections	21	1732	Round and square bars	19			
			1863	Bulb plates	—			
1173	Tee bars	22	1864	Unequal angles	21			
1252	Bulb angles	—	3954	Channel sections for general engineering purposes	22			
1730	Plates, sheet and strip	20						
1731	Flats	20						
Case hardening steels IS:4432-1967								
Designation of steel	Case hardened		Temperatures for °C				Typical applications	
	Tensile strength Min kgf/mm ²	Elongation % Min	Carburizing	Softening	Case hardening	Annealing		
C 10, C 14, 19S 11	50	17	900-920	650-680	760-780	—	These steels are used for components requiring high wear resistant surfaces, coupled with tough cores to resist shock loads and strength to give longer service life.	
14 MnSi4, 11 Mn2	60	17	900-930	650-680	760-780	800-920		
15Cr 65	60	13	900-930	650-680	770-800	870-900		
17Mn1 Cr25	80	10	900-930	650-680	810-840	850-880		
20Mn Cr 1	100	8	900-930	650-680	810-840	850-880		
16Ni 80 Cr 60	70	15	880-920	650-680	780-820	850-880		
16Ni 1 Cr 80	85	12	900-930	650-660	780-820	850-880		
13Ni 3 Cr 80	85	12	900-930	620-650	760-780	860-880		
15Ni 4 Cr 1	135	9	900-930	600-630	760-780	860-880		
20Ni 2 Mo 25	85	12	880-920	650-660	760-780	—		
20Ni 55 Cr 20 Mo 20	90	11	880-920	650-660	780-820	—		
15NiCr 1 Mo 12	100	9	900-930	630-650	780-820	860-880		
15Ni 2 Cr 1 Mo 15	110	9	900-930	630-650	780-820	860-880		
16NiCr 2 Mo 20	135	9	900-930	630-650	800-820	850-880		
Flame and induction hardening steels IS:3930-1966								
Designation of steel	Properties in quenched and tempered conditions			Surface hardness obtainable HRC	Hardening temperature		Typical applications	
	Tensile range kgf/mm ²	0.1% proof stress, Min kgf/mm ²	Izod impact Min. kgf.m		For oil quench	For water quench		
C 30	60 to 75	36	5.5	45-50	860-890	860-890	These wrought unalloyed and alloyed steels for flame and induction hardening are used when high core strength and good impact properties are required.	
C 45	70 to 85	44	3.5	55-61	830-860	820-850		
T 70	70 to 85	40	2.8	60-63	810-840	780-810		
37 Mn 2	60 to 75	40	4.8	53-59	850-870	840-860		
40 Mn 2S 12	70 to 85	46	4.8	53-59	850-870	840-860		
35 Mn 2 Mo 45	80 to 95	56	5.5	53-59	840-860	830-850		
50 Cr 1	80 to 95	48	2.8	57-62	850-870	840-860		
50Cr 1 V 23	80 to 95	48	2.8	57-62	850-870	840-860		
40Ni 3	80 to 95	56	5.5	54-60	830-860	840-870		
40Ni 2 Cr 1 Mo 28	90 to 105	66	5.5	54-60	830-840	810-830		
31Ni 3 Cr 65 Mo 55	90 to 105	66	5.5	49-54	850-880	820-840		



Lampiran **B** : Tabel properti material

Symbolic Designation of essential properties of materials (iron and steel) Examples and Explanations				
IS No.	Title	See page	Designation (example)	Explanations
1977	Structural steels	5	St 32—0	St —Steel; 32 kgf/mm ² minimum tensile strength
1977	—do—	5	St 42—0	O —Ordinary quality 42 kgf/mm ² minimum tensile strength
226	—do—	5	St 42—S	S —Standard quality
226	—do—	5	St 42—Sc	c —Copper bearing quality
226	—do—	5	St 42—Kw	K —Special limits for max P and S w —Weldable
2062	—do—	5	St 42—W	W —Fusion welding quality
961	—do—	5	St 55—HTw	HT —High tensile steel w —Fusion weldable
1148	Rivet steels	8	St 42—R	R —Rivet bars
2002	Boiler plates	7	Grade 1	Plates required to be welded, flanged or flame-cut
2002	—do—	7	Grade 2A	Non-flanging quality (low tensile)
2002	—do—	7	Grade 2B	—do— (high tensile)
5517	Heat-treatable steels	6	C 30	C —Carbon 30—Average C contents 0.30%
5517	—do—	6	T 50a	T —Tool steel; a —annealed
5517	—do—	6	C 35 Mn <u>75</u>	C35 —Average carbon content 0.35% Mn <u>75</u> —Average manganese of 0.75%, represented without decimal point, underlined by a bar. (Applicable for alloying element upto 1%)
4432	Case-hardening steels	5	C 10c	C —Carbon; c—case carburized
4432	—do—	5	11 Mn <u>2</u>	Carbon average 0.11%; Manganese average 1.5%. (Average alloy content more than 1% is rounded to the nearest whole number, upto 0.5 rounded down; 0.5 and over rounded up.
3431	Hot Rolled steels for springs	7	55Si2Mn90h	h —Hot rolled
2507	Cold rolled steels strips for springs	7	C 45q	q —Hardened and tempered
4454	High temperature steels for springs	7	1S; 1D	S —Static stressed springs; D—Dynamic stressed
1079	Hot rolled carbon steel sheet and strip	6	0; D; DD; EDD	O —Ordinary; D—Drawn; DD—Deep drawn EDD—Extra deep drawn
513	Cold rolled carbon steel sheets	6	J; J2 J3; J4	J —Bright drawn or bright rolled; J2—Precision ground; J3—descaled; J4—shot blast
513	—do—	6	F; F2 F3; F7	F —Black sheet; F3—Pickled surface; F7—Cold finished; F2—Black sheet for enameling and galvanizing
1030	Steel castings	4	CS 125	CS —Cast steel—unalloyed; 125—Minimum tensile strength 125 kgf/mm ²
210	Grey iron castings	4	FG 15	FG —Grey iron castings; 15—Minimum tensile strength 15 kgf/mm ²
2108	Malleable iron castings	4	BM 35	BM —Black heart malleable iron castings
2640	—do—	4	PM 70	PM —Pearlitic malleable iron castings
2107	—do—	4	WM 42	WM —White heart malleable iron casting. For castings tensile strengths are on 30 mm dia test bars as cast



UJIAN PENDADARAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI
TANGGAL : 6 Januari 2005

AMA Mhs. : ANTONIUS DHANIS PRASETYOTOMO

M : 995214128

DUL :
The Influence of Quenching By Water Cooler Media to St 42

mbimbing Utama : Budi Setyahandana, S.T., M.T.

mbimbing Kedua :

USULAN REVISI DARI DOSEN PENGUJI

1. 1 lembar untuk mahasiswa
2. 1 lembar untuk dosen pembimbing

Ketuh

3. metode penelitian diganti dgn sistematika penulisan
18. gambar 2.5 dimensinya diganti dengan simbol
37. gambar 3.1, ϕ , panjang perlu di tambah
38. gambar 3.2-3.3, perlu penambahan dimensi
41. penyebutan ASTM sesuai standar
- 45 rumus tidak perlu
- data, pembahasan, grafik jadi satu
- 58 keterangan gambar tidak tepat
- daftar Pustaka, judulnya cukup ASTM saja
- ada lampiran, gambar bidang x,y di beri penjelasan

mes

51. simbol beban maksimal = beban patah
- 49 angle teg-patah, torsi = salah

di bingkai

perumusan masalah tidak tepat, penyebutan PT dihilangkan
lampiran hasil uji komposisi hrs ada

Lampiran II. tidak perlu



Acc

10-1-05
Hand

Uibowo

penjelasan bab 3 di perbaiki, termasuk bagan