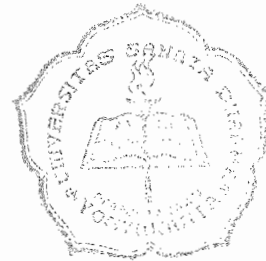


**THE INFLUENCE OF QUENCHING BY FUEL DIESEL
COOLER MEDIA ON THE HARDNESS, TENSILE STRENGTH
AND IMPACT STRENGTH OF ST 42**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat sarjana S-1

Program Studi Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin



Diajukan Oleh :

ARDOYO WAHYU MUJI HARTOKO

NIM : 995214136

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA**

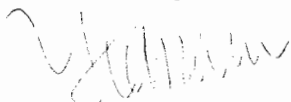
2005

TUGAS AKHIR
THE INFLUENCE OF QUENCHING BY FUEL DIESEL
COOLER MEDIA ON THE HARDNESS, TENSILE STRENGTH AND
IMPACT STRENGTH OF ST 42

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
NAMA : Ardoyo Wahyu Muji Hartoko
NIM : 995214136
Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Pada tanggal : 07 Januari 2005

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama

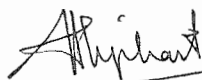


Budi Setyahandana, S.T., M.T.


Anggota Dewan Penguji



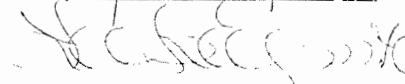
Ir. Rines Alapan, M.T.



Budi Sugiharto, S.T., M.T.



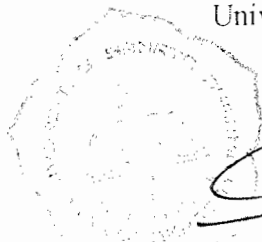
Doddy Purwadianto, S.T., M.T.



Ir. YB. Lukiyanto, M.T.

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

Yogyakarta, 21 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: 463 /FT .USD/TM/ September/2004

NAMA : Ardoyo Wahyu MH

NIM : 995214136

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik , Univ. Sanata Dharma Yogyakarta

Judul TGA :

Selidiki pengaruh quench dengan media solar pada baja karbon rendah terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan kaliaannya.

Tanggal dimulai : 15 Pebruari 2004

Pembimbing II

Yogyakarta , 15 Pebruari 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, Januari 2005

Ardoyo Wahyu M H
NIM : 995214136

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini ku persembahkan untuk :

- Tuhan Yesus Kristus dan Bunda Maria
 - Bapak dan ibuku
 - Adikku
 - Deni
- Temen-temen Teguh, Krist, Tanto, Bayu, Dhanis, Nathan, Jack, Simbah Daryadi, Danang, Arum, Anik, Yeni, Koko, Ida, Icha-Ryant, Mas 'Toko dan Chatingers

“Sebab itu janganlah kuatir akan hari besok, karena hari besok mempunyai kesusahannya sendiri, kesusahan sehari cukuplah untuk sehari”
(matius 6 : 34)

“Janganlah kamu menjadi serupa dengan dunia ini, tetapi berubahlah oleh pembaharuan budimu, sehingga kamu dapat membedakan manakah kehendak Allah: apa yang baik yang berkenan kepada Allah dan yang sempurna” (roma 12: 2)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran 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. Kepala Laboratorium Teknologi Mekanik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma
6. Kepala Laboratorium Ilmu Logam Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.
7. Mas Martono, Mas Intan, dan Mas Roni selaku Laboran Lab. Teknologi Mekanik dan Ilmu Logam Teknik Mesin.

8. Orang tua dan adikku dirumah, yang telah memberikan dukungan dan doa.
9. Dewi, yang telah memberikan semangat untuk penyelesaian Tugas Akhir.
10. Teman-teman dikontrakan yang telah banyak membantu dalam pengetikan.
11. Alwanti, Anik, Bram, Aris, Stevie, Udi, dan teman-teman Mudika Boyolali, terima kasih atas bantuannya selama ini.
12. Teman-teman mahasiswa Teknik Mesin 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 solar sebagai media pendinginan terhadap kekerasan, kekuatan tarik, kekuatan impact dan analisis struktur mikro.

Baja karbon St 42 dipanaskan dalam oven hingga suhu 900°C dan dipertahankan selama 60 menit kemudian didinginkan kejut ke dalam solar yang bersuhu 27°C , 50°C dan 80°C . Pada baja karbon St 42 yang di quenching kemudian di uji kekerasan, uji tarik, uji impact dan analisis struktur mikro.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa baja karbon St 42 yang di quenching dengan variasi suhu solar 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 solar 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 fuel diesel 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 fuel diesel 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 fuel diesel 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 fuel diesel 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
Abstract	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Pembatasan Masalah.....	3
1.4. Metode Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Baja Karbon.....	5
2.2. Klasifikasi Baja Karbon	5
2.2.1. Sifat-Sifat Baja.....	10
2.3 Struktur Mikro	11

2.4. Pengujian-Pengujian Yang Dilakukan	20
2.4.1. Pelakuan Panas	21
2.4.2. Normalising	22
2.4.3. Quenching.....	23
2.4.4. Pengujian Kekerasan Brinell	25
2.4.5. Pengujian Tarik	28
2.4.5.1. Modulus Elastisitas.....	34
2.4.5.2. Batas Proporsional.....	35
2.4.5.3. Tegangan Luluh.....	35
2.4.6. Pengujian Impak	36
BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN.....	41
3.1. Skema Jalan Penelitian	41
3.2. Komposisi Kimia	42
3.3. Persiapan Penelitian.....	42
3.4. Alat-Alat yang Digunakan	42
3.5. Pembuatan Sample Benda Uji	43
3.6. Profil Benda Uji	43
3.7. Pelaksanaan Proses Perlakuan Panas (Heat Treatment)	44
3.8. Tahapan Perlakuan Panas	44
3.8.1. Proses Normalising	44
3.8.2. Proses Quenching.....	45
3.9. Pengujian Kekerasan Brinell.....	45
3.10. Pengujian Tarik.....	47

3.11. Pengujian Impak	48
3.12. Analisis Struktur	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1. Data Komposisi Kimia.....	51
4.2. Pengujian Kekerasan.....	52
4.3. Pengujian Tarik.....	54
4.4. Pengujian 'mpak	58
4.5. Analisis Struktur Mikro	62
BAB V PENUTUP.....	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Diagram keseimbangan besi-baja	15
Gambar 2.2.	Diagram struktur mikro baja karbon	16
Gambar 2.3	Daerah Normalising	23
Gambar 2.4	Hubungan suhu dan waktu pada laju pendinginan/pemanasan	24
Gambar 2.5.	Daerah Quenching	25
Gambar 2.6.	Perbandingan dimensi penekanan pada berbagai pengujian kekerasan	26
Gambar 2.7.	Sampel benda uji tarik	29
Gambar 2.8.	Hubungan tegangan dan regangan uji tarik	33
Gambar 2.9.	Kurva pembebanan dan beban yang ditiadakan	33
Gambar 2.10.	Hubungan tegangan-regangan pada bahan yang mulur kontinu, dan cara memperoleh kekuatan mulur 0,2%	36
Gambar 2.11.	Sketsa pembebanan uji impact	37
Gambar 2.12.	Kurva peralihan untuk dua jenis baja	38
Gambar 3.1.	Profil bahan uji untuk pengujian tarik	43
Gambar 3.2.	Profil bahan uji untuk pengujian impact	44
Gambar 3.3.	Profil bahan uji untuk pengujian kekerasan brinell dan analisis struktur mikro	44
Gambar 3.4.	Cara pengujian dari kekerasan brinell	46
Gambar 4.1.	Grafik kekerasan brinell	53
Gambar 4.2.	Grafik uji tarik	57

Gambar 4.3.	Grafik uji impak.....	61
Gambar 4.4.	Foto struktur mikro baja St 42 normalising.....	63
Gambar 4.5.	Foto struktur mikro baja St 42 diquench pada suhu 27°C	63
Gambar 4.6.	Foto struktur mikro baja St 42 diquench pada suhu 50°C	64
Gambar 4.7.	Foto struktur mikro baja St 42 diquench pada suhu 80°C	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tata nama baja menurut SAE dan AISI	7
Tabel 2.2. Pengaruh unsur-unsur pada baja	10
Tabel 2.3. Phase dalam sistem Fe-Fe ₃ C.....	18
Tabel 2.4. Fasa yang ada pada baja	20
Tabel 2.5. Karakteristik pengujian kekerasan	26
Tabel 2.6. Tabel benda dan diameter penetrator	27
Tabel 2.7. Harga modulus elastisitas pada baja	34
Tabel 4.1. Data komposisi kimia.....	50
Tabel 4.2. Pengujian kekerasan setelah normalising	51
Tabel 4.3. Pengujian kekerasan setelah diquench dengan suhu 27°C	52
Tabel 4.4. Pengujian kekerasan setelah diquench dengan suhu 50°C.....	52
Tabel 4.5. Pengujian kekerasan setelah diquench dengan suhu 80°C.....	52
Tabel 4.6. Hasil pengujian tarik setelah dinormal.....	55
Tabel 4.7. Hasil pengujian tarik setelah diquench pada suhu 27°C	55
Tabel 4.8. Hasil pengujian tarik setelah diquench pada suhu 50°C	56
Tabel 4.9. Hasil pengujian tarik setelah diquench pada suhu 80°C	56
Tabel 4.10. Hasil pengujian impak setelah normalising	59
Tabel 4.11. Hasil pengujian impak setelah diquench pada suhu 27°C.....	59
Tabel 4.12. Hasil pengujian impak setelah diquench pada suhu 50°C.....	60
Tabel 4.11. Hasil pengujian impak setelah diquench pada suhu 80°C.....	60

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 aplikasinya dalam penerapannya pada 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 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada bahan setelah mendapatkan perlakuan panas (*heat treatment*) normalising dan quenching dengan pendinginan solar berbagai variasi suhu.

Dalam penulisan ini penyusun bertujuan merumuskan permasalahan, antara lain :

1. Pengaruh variasi suhu solar sebagai media pendinginan quenching terhadap kekerasan baja St 42.
2. Pengaruh variasi suhu solar sebagai media pendinginan quenching terhadap kekuatan tarik baja St 42.
3. Pengaruh variasi suhu solar sebagai media pendinginan quenching terhadap kekuatan impak baja St 42.
4. Pengaruh variasi suhu solar sebagai media pendinginan quenching terhadap struktur mikro baja St 42.

1.3 Batasan Masalah

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

- a. Obyek penelitian yaitu St 42.

- b. Perlakuan panas pada St 42 yang digunakan normalising dan quenching.
- c. Pengujian sifat mekanis bahan meliputi pengujian tarik, pengujian kekerasan, dan pengujian impak.

1.4 Metode Penelitian

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

- a. Metode studi literatur

Data-data yang diperoleh dari buku-buku, bahan kuliah merupakan 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.

- b. 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.

c. Metode Uji Laboratorium

Data yang diperoleh dari hasil pengujian bahan dilaboratorium berdasarkan standar benda uji yang ditetapkan dan mesin uji yang ada. Hal ini dilakukan 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 bagian antara lain sebagai berikut :

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

Baja karbon rendah disebut baja ringan (*mild steel*) adalah baja dengan kandungan karbon di dalamnya kurang dari 0,30 %. 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: semakin sedikit karbon, semakin mendekati sifat besi murni; kekuatan sedang, liat dan tangguh; untuk komponen dengan tegangan rendah; mudah dikerjakan dengan mesin, ditempa sehingga juga disebut sebagai baja tempa atau baja mesin. Biasanya baja karbon rendah digunakan untuk paku keling, kawat, engkol, komponen-komponen mesin, rantai dan lain-lain.

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 bagian-bagian mesin.

Baja karbon sedang mempunyai sifat antara lain: lebih keras daripada karbon rendah; lebih kuat dan tangguh, tetapi kurang liat; sifat dapat diubah dengan *heat treatment*; dibentuk dengan *hot and cold work* dan tempa. dalam perdagangan atau bentuk jadi dari bahan baja karbon sedang yang sering kita jumpai dibuat dalam bentuk mur, gear, baut, poros engkol, roda gigi, cetakan-cetakan bahan plastik, pegas.

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

Baja karbon tinggi merupakan baja dengan kandungan karbon didalamnya antara 0,7%-1,4%. Baja ini banyak digunakan untuk keperluan yang mengalami perlakuan panas.

Baja karbon tinggi mempunyai sifat : lebih keras, tetapi kurang liat dan tangguh; dapat di *heat treatment* untuk memperkeras dan mempertinggi ketahanan aus; umumnya ditemper untuk mengurangi sifat getas. Baja ini dalam penggunaannya banyak digunakan untuk bahan pegas, untuk pembuatan kikir, pisau, gergaji, alat perkakas, alat iris mesin bubut, drill 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 %		

2.2.1 Sifat-sifat baja

1. Malleability / dapat ditempa

Adalah kemampuan suatu logam untuk dapat dengan mudah dibentuk, 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.

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 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.
Cr (Chromium)	Cr dapat memindahkan titik eutektik ke kiri. 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)	Seperti 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 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 bahan tersebut mempunyai bagai 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 2.1 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 daripada 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 eutektik. 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 eutektoid. 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 an 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.

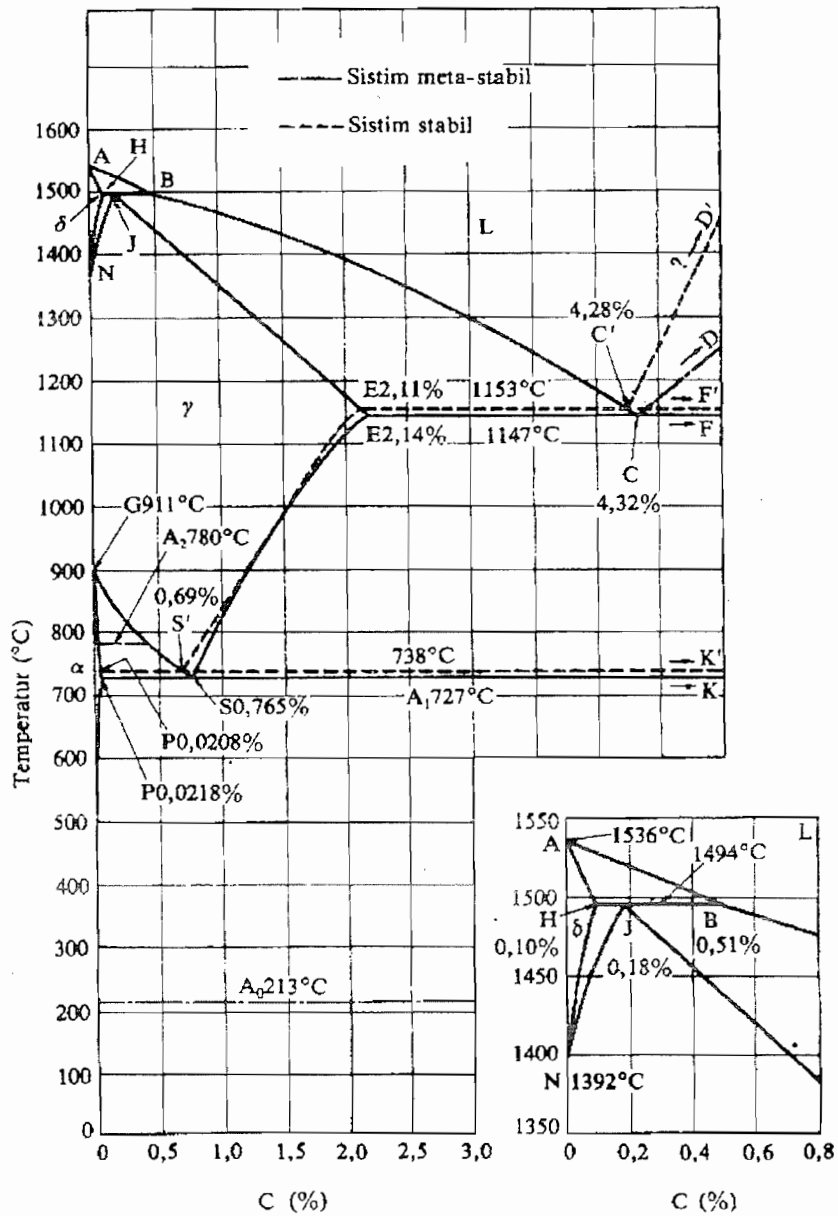
A_0 : Titik transformasi magnetik untuk sementit

Baja yang berkadar karbon sama dengan komposisi eutektoid dinamakan dinamakan baja eutektoid, yang berkadar karbon kurang dari komposisi eutektoid disebut baja hipoeutektoid, dan yang berkadar karbon lebih dari komposisi eutektoid disebut baja hypereutektoid. Gambar 2.2 menunjukkan struktur mikro baja apabila baja didinginkan perlahan-lahan dari 50-100°C diatas GS (A_3) dan garis SE (A_{cm}) pada Gambar 2.1 Pada baja eutektoid transformasi terjadi pada titik tetap S, menjadi struktur yang disebut perlit. Pada baja hipoeutektoid terbentuk fasa ferit mendekati besi murni yang komposisinya sama dengan P dan perlit, sedangkan pada hiper eutektoid terbentuk perlit dan sementit pada batas butir.

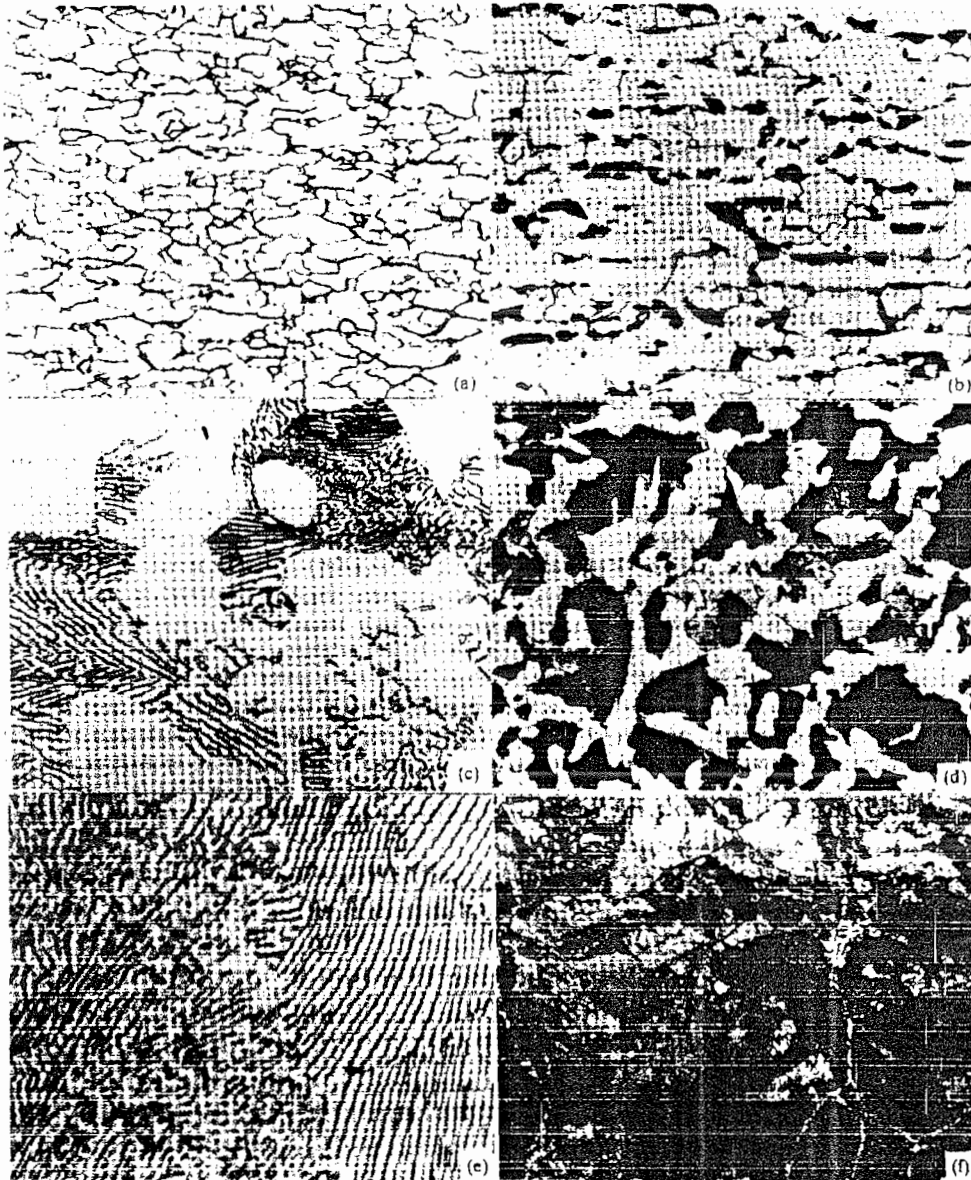
Diagram Fe-Fe₃C dapat di bagi menjadi 12 zona, yaitu :

- 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



Gambar 2.1 Diagram keseimbangan besi – karbon
 (Sumber : Tata Surdia, Shinroku Saito, Pengetahuan Bahan Teknik)



Gambar 2.2 Diagram Struktur Mikro Baja Karbon
(Sumber : Tata Surdia, Shinroku Saito, Pengetahuan Bahan Teknik)

Pada diagram keseimbangan besi-karbon, Fe dan C merupakan persenyawaan kimia besi-karbit atau sementit (Fe_3C) dengan 6,67%. Bila diperhatikan diagram tersebut maka :

1. Garis ABCD disebut garis cair (larutan Fe-C mulai membeku). Di atas garis ABCD, senyawa Fe-C masih berupa cairan sedangkan dibawah garis tersebut cairan mulai membeku dan membentuk kristal.
2. Pada pendinginan dibawah garis ABC, mulai terbentuk austenit (perpaduan antara kristal-kristal Fe dan C).
3. Pada pendinginan dibawah garis CD, mulai terbentuk sementit (kristal-kristal Fe_3C berbutir halus).
4. Pada pendinginan dibawah garis EC, terbentuk ledeburit (campuran rapat kristal austenit halus dengan sementit halus)

Catatan :

- Perlit merupakan struktur komposit eutektoid yaitu campuran antara α dan Fe_3C (88,5% α dan 11,5% Fe_3C). Perlit ini terbentuk saat pendinginan γ pada 0,8% C pada suhu lebih rendah dari 723°C. Perlit akan membentuk fasa γ pada batas butir.
- Ledeburit merupakan struktur komposit eutektik yang tersusun oleh γ dan Fe_3C pada pendinginan dibawah 1130°C dengan komposisi 4,3% C.

Dalam sistem Fe- Fe_3C terdapat phase-phase yaitu :

Tabel 2.3 Phase dalam sistem Fe-Fe₃C
(Sumber : Catatan kuliah Bahan Teknik Manufaktur)

Phase	Struktur	Deskripsi
δ	Bcc	Larutan padat interstisi C dalam besi bcc. Kelarutan maksimal sebesar 0,08% pada 1492°C. Besi δ merupakan phase stabil dalam Fe pada suhu antara 1391° dan 1536°C.
γ	Fcc	Larutan padat interstisi C dalam besi fcc. Kelarutan maksimal sebesar 1,7% pada 1130°C. Besi γ merupakan phase stabil dalam besi pada suhu antara 914° dan 1391°C.
α (ferrit)	Bcc	Larutan padat interstisi C dalam besi bcc. Kelarutan maksimal sebesar 0,035% pada 723°C. Besi α merupakan phase stabil dalam besi pada suhu dibawah 914°C.
Fe ₃ C (sementit)	kompleks	Komposisi kimia tersusun oleh Fe dan C. Mempunyai sifat keras dan getas. Berisi 6,67% C.

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 , di atas temperatur kamar, berupa ferit dibawah temperatur A_1 dan berupa Austenit diatas temperatur A_1 atau diatas A_3 , (berupa ferit pada temperatur kamar).
2. Baja dengan titik transformasi A_1 dibawah temperatur kamar, berupa austenit pada temperatur kamar.

3. Baja dengan daerah austenit yang sempit, berupa ferit sampai temperatur tinggi untuk jangkauan komposisi tertentu.

Baja yang tergolong pada macam 1 berupa ferit pada temperatur kamar (dalam keseimbangan), dapat diproses menjadi berbagai struktur dengan jalan perlakuan panas. Struktur tersebut terdapat pada Tabel 2.4. 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 centered cubic (fcc)* menunjukkan titik mulur yang jelas tanpa kegetasan pada keadaan dingin. Akan tetapi kalau berupa fasa metastabil bisa berubah menjadi α' pada temperatur rendah dengan pengerjaan.

Martensit adalah fasa larutan lewat jenuh dari karbon dalam sel satuan tetragonal pusat badan atau *body centered tetragonal (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 keuletan. 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 2.4. Fasa yang ada pada baja
(Sumber : Tata Surdia, Shinroku Saito, Pengetahuan Bahan Teknik)

	Fasa dan simbol	Struktur	Penjelasan
Menurut kristal	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	Fassa metastabil terbentuk dengan laju pendinginan cepat. Semua unsur paduan masih larut pada keadaan padat.
Menurut keadaan	Perlit		Lapisan ferit Fe_3C
	Widmanstaetten		γ dan α dalam orientasi pada persipitasi ferit bentuk cabang-cabang seperti pohon, struktur ini terbentuk karena seggregasi karbon pada pembekuan
	Sorbit		Sorbit adalah perlit halus dan trostit adalah bainit
	Trostit		Nama ini tidak banyak dipakai

2.4 Pengujian-pengujian yang dilakukan

Secara garis besar, pengujian mekanis terhadap benda uji dapat dibedakan atas pengujian bersifat merusak benda uji (*destruktif*) dan pengujian bersifat tidak merusak benda uji (*non destruktif*).

a. Pengujian bersifat merusak benda uji meliputi :

- Uji tarik
- Uji geser
- Uji puntir
- Uji kejut (impact)
- Uji lengkung
- Uji tekan

- Uji kelelahan
- b. Pengujian bersifat tidak merusak benda uji :
 - Uji kekerasan (Brinell, Rockwell, Vickers, Knoop dan Share)
 - Uji magnetografis - Uji sinar X, sinar γ
 - Uji ultrasonik

Dalam penulisan ini yang digunakan adalah uji tarik, uji kekerasan (Brinell) dan uji impact. Maka untuk pengujian yang lain tidak dibahas dalam penulisan. Dalam penulisan ini yang dibahas adalah sebagai berikut :

- a. Normalising
- b. Quenching
- c. Pengujian kekerasan
- d. Pengujian tarik
- e. Pengujian impact
- f. Analisis Struktur mikro

2.4.1 Perlakuan Panas

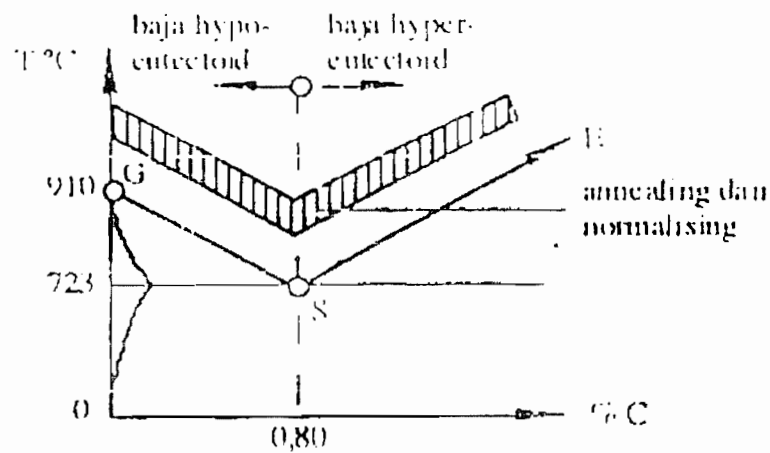
Perlakuan panas pada baja merupakan proses pemanasan baja sampai suhu tertentu dan dalam waktu tertentu serta kemudian didinginkan dengan cara tertentu pula. Perlakuan panas ini dimaksudkan untuk memberikan sifat-sifat lebih baik pada baja. Baja dapat dikeraskan sehingga tahan aus dan kemampuan memotong meningkat, atau baja dapat dilunakkan sehingga memudahkan

permesinan lebih lanjut. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet. Untuk meningkatkan perlakuan panas yang tepat, susunan kimia dari baja harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, dalam hal ini unsur karbon C.

2.4.2 Normalising

Proses normalising terdiri dari pemanasan baja 30°-50°C pada suhu diatas daerah kritis disusul dengan pendinginan dalam udara. Proses ini biasa diterapkan pada baja karbon rendah dan sedang atau baja paduan agar struktur butiran lebih merata, untuk menghilangkan tegangan dalam atau untuk memperoleh sifat-sifat fisis ulang didinginkan. Baja setelah dinormalisasikan akan mempunyai tegangan elastis, kekuatan tarik dan kekuatan lentur (*impact strength*) yang lebih tinggi. Umumnya setelah digiling, ditempa, dipres, dicor baja mengalami proses normalisasi.

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



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

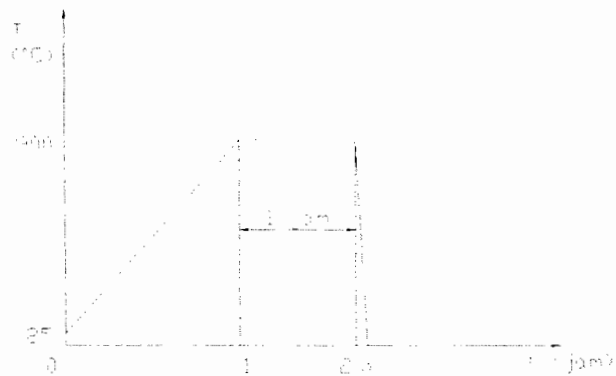
2.4.3 Quenching

Baja dipanaskan pada suhu tertentu dan dalam waktu tertentu, kemudian didinginkan cepat sehingga menimbulkan struktur yang keras. Perlakuan panas dengan cara ini bertujuan untuk membuat baja menjadi lebih keras. Quenching ini menyebabkan susunan atom-atom teratur dan baja mengalami gangguan yang menimbulkan gangguan dalam baja.

Pada setiap proses perlakuan panas, laju pemanasan merupakan faktor yang penting. Panas merambat dari luar kedalam dengan kecepatan tertentu. Apabila pemanasan terlalu cepat maka bagian luar akan cacat, sehingga tidak diperoleh struktur merata .

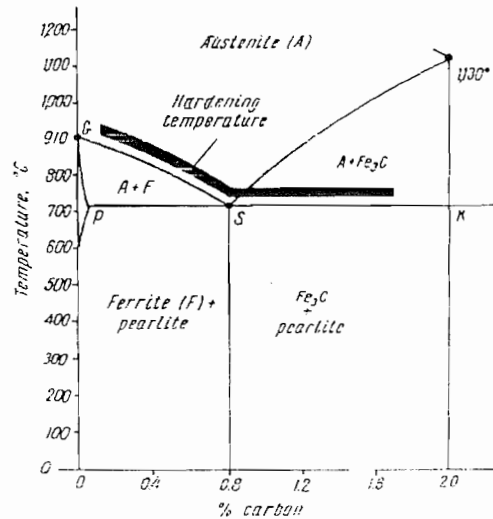
Media pencelupan/pendinginan untuk baja karbon rendah dan baja karbon sedang umumnya digunakan media air atau minyak. Sedangkan untuk baja dengan kadar karbon tinggi dan baja paduan biasanya

digunakan minyak sebagai media pencelupan. Hubungan laju pemanasan/pendinginan dapat dilihat pada Gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4 Hubungan suhu dan waktu pada laju pendinginan/pemanasan

Gambar 2.4 menunjukkan dan menjelaskan proses pelaksanaan quench bahan baja St 42. Suhu awal dari bahan sesuai dengan suhu kamar pada waktu 0 menit, setelah pemanasan dilakukan suhu oven akan naik yang 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, kemudian mendinginkan bahan yang dipanaskan pada oven secara cepat dengan media bahan bakar diesel (solar).



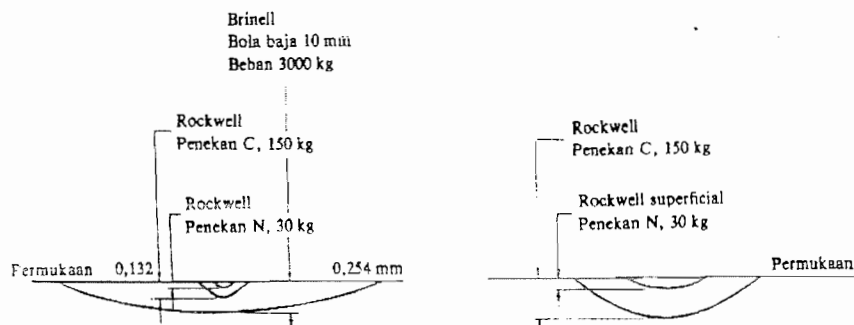
Gambar 2.5 Daerah Quenching
(Sumber : Lakhtin Y., Engineering Physical Metallurgy)

2.4.4 Pengujian Kekerasan Brinell

Kekerasan suatu logam yang didefinisikan sebagai ketahanan terhadap penetrasi, memberikan sifat-sifat deformasinya. Alat pengujian kekerasan menggunakan indenter berbentuk bola kecil. 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. Nilai kekerasan berkaitan dengan kekuatan luluh atau tarik bahan, karena selama penjejakan logam mengalami deformasi plastis sehingga terjadi regangan dengan presentase tertentu. Untuk beban injakan atau tekan yang sama pada Tabel 2.5 ditunjukkan karakteristik sebagai pengujian kekerasan.

Tabel 2.5 Karakteristik pengujian kekerasan
(Sumber : Tata Surdia, Shinroku Saito, Pengetahuan Bahan Teknik)

Cara pengujian	Brinell (H _B)	Rockwell (H _R ∧, 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	1-500kg	
Kekerasan	Beban Luas penekanan	Dalamnya penekanan	Dalamnya penekanan	Beban Luas penekanan	Beban Luas penekanan	Tinggi pantulan 6,5" dari 10" tinggi pantulan asal adalah 100



Gambar 2.6 Perbandingan Dimensi Penekanan Pada Berbagai Pengujian Kekerasan

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 bekerja pada penetrator (kg)

D : Diameter penetrator (mm)

d : Diameter bekas injakan (penekanan)

besar beban yang bekerja pada penetrator tergantung pada :

- a. Diameter penetrator
- b. Jenis logam benda uji

Diameter penetrator yang digunakan tergantung pada tebal benda uji

seperti pada Tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6 Tebal Benda Uji dan Diameter Penetrator
(Sumber : Tata Surdia, Shinroku Saito, Pengetahuan Bahan Teknik)

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

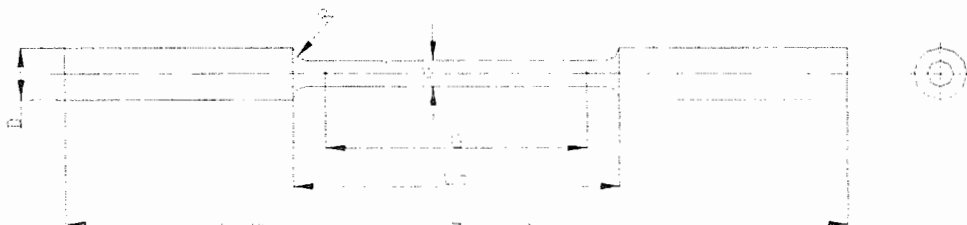
Catatan : Diameter bekas injakan harus terletak antara 0,25 dan 0,50 dari diameter penetrator. Bila kekerasan Brinell HB > 400, maka untuk mengetahui kekerasan benda uji lebih baik digunakan pengujian lainnya, seperti pengujian Vickers.

2.4.5 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 2.7 Sampel benda uji tarik

Pada pengujian ini ukuran benda kerja sama dengan ukuran pada Gambar diatas.

- Kekuatan tarik dari bahan dapat diketahui dengan rumus :

$$\sigma_u = \frac{P}{A_o} \left(\frac{kg}{mm^2} \right) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

σ_u = Kekuatan tarik (kg/mm²)

P = Beban (kg)

A_o = Luas penampang (mm²)

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

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

ϵ = Regangan (%)

ΔL = Pertambahan panjang benda uji (mm)

L_0 = Panjang awal benda uji (mm)

- Tegangan patah benda uji :

$$\sigma_b = \frac{P_{\text{break}}}{A_0} \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right) \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :

σ_b = Tegangan patah (kg/mm^2)

P_{break} = Gaya yang bekerja pada benda uji (kg)

A_0 = Luas penampang (mm^2)

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

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

Dengan :

ψ = Kontraksi

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

A_f = Luas penampang akhir benda kerja (mm^2)

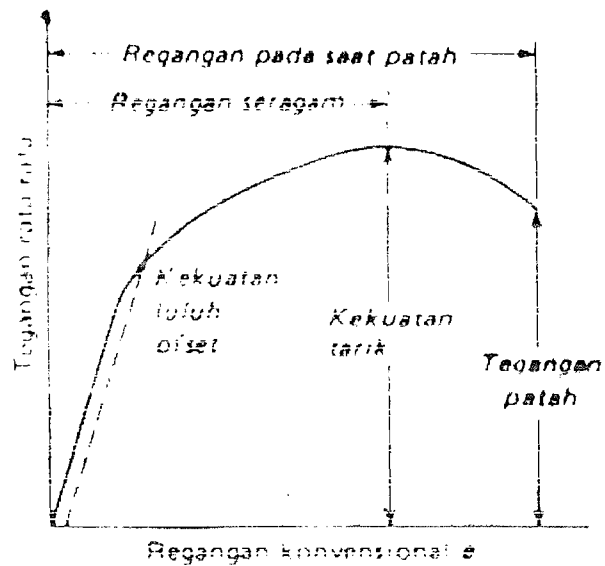
Tegangan dan regangan diperoleh dengan cara membagi beban dan perpanjangan dengan faktor yang konstan. kurva beban perpanjangan akan mempunyai bentuk yang sama dengan kurva tegangan-regangan teknik. Kedua kurva ini saling dipergunakan.

Bentuk dan besaran pada kurva tegangan-regangan suatu logam tergantung pada komposisi, perlakuan panas, deformasi plastik yang pernah dialami laju regangan, suhu, dan keadaan tegangan yang menentukan selama pengujian. Parameter-parameter yang digunakan untuk menggambarkan kurva tegangan-regangan logam adalah kekuatan tarik, kekuatan luluh, persen perpanjangan dan pengurangan luas. Dan parameter pertama adalah kekuatan; sedangkan yang terakhir menyatakan keliatan bahan.

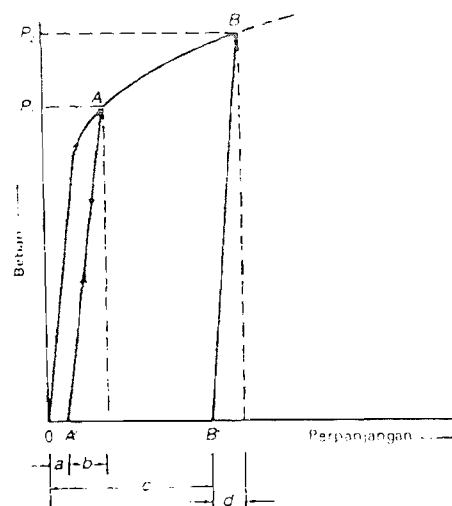
Pada daerah elastik tegangan berbanding linier terhadap regangan. Apabila beban melampaui nilai yang berkaitan dengan kekuatan luluh, benda mengalami deformasi plastis. Deformasi pada daerah ini bersifat permanen, meskipun bebannya dihilangkan. Tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan deformasi plastik yang kontinu akan bertambah besar dengan bertambahnya regangan plastik, sebagai contoh, pengerasan-regang logam. Volume benda uji selama deformasi palstik tetap konstan, $\Delta L = A_0 L_0$, dan sejalan dengan terjadinya perpanjangan benda uji, maka luas penampang lintang

sepanjang benda uji dan tegangan teknik (sebanding dengan beban P) yang bertambah terus, dengan bertambahnya regangan. Akhirnya dicapai suatu titik dimana pengurangan luas penampang lintang lebih besar dibandingkan pertambahan deformasi beban yang diakibatkan oleh pengerasan regang. Keadaan ini untuk pertama kalinya dicapai pada suatu titik dalam benda uji yang sedikit lebih lemah dibandingkan dengan keadaan tanpa beban. Seluruh deformasi plastik berikutnya terpusat pada daerah tersebut, dan beban uji mulai mengalami penyempitan lokal. Karena penurunan luas penampang lintang lebih cepat daripada pertambahan deformasi akibat pengerasan regang, beban sebenarnya yang diperlukan untuk mengubah bentuk benda uji akan berkurang dan demikian juga tegangan teknik pada persamaan rumus 2.2 akan berkurang hingga patah.

Misalkan benda uji tarik diberi beban melampaui tegangan luluhnya, kemudian beban ditiadakan (Gambar 2.9) pembebanan akan mengikuti jejak $O-A-A'$. Kemiringan kurva pelepasan beban akan mengikuti kurva $A-A'$ yang sejajar dengan modulus elastisitas pada pembebanan. Regangan elastik yang lenyap setelah beban ditiadakan adalah $b = \sigma_1/E = (P_1/A_0)/E$. Deformasi plastik tetap sama dengan a , pada Gambar 2.9. Deformasi elastik selalu terdapat pada benda uji selama ada beban yang bekerja. Bila benda uji dibebani kemudian disusul dengan pembebasan bebab mengikuti jejak $O-A-B-B'$, maka regangan elastiknya lebih besar dibandingkan dengan regangan elastik pada P_1 karena $P_2 > P_1$. akan tetapi deformasi elastik (d) kurang dari deformasi plastik (c).



Gambar 2.8 Hubungan tegangan dan regangan uji tarik
 Sumber : G.E. Dieter, Metalurgi Mekanik



Gambar 2.9 Kurva pembebanan dan beban yang ditiadakan
 Sumber : G.E. Dieter, Metalurgi Mekanik

2.4.5.1 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah ukuran kekuatan sesuatu bahan. Makin besar modulus, makin kecil regangan elastik yang dihasilkan akibat pemberian tegangan. Modulus elastisitas 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 2.7.

Tabel 2.7. Harga Modulus Elastisitas pada Baja
(Sumber : G.E. Dieter. Metalurgi Mekanik,)

Bahan	SG (Specific gravity)	TS (Tensile Strength) 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 tegangan 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.

2.4.5.2 Batas Proporsional

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

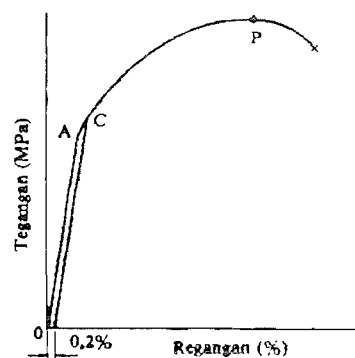
Tegangan tarik maksimum adalah beban tarik maksimum yang dapat ditahan material sebelum putus. Tegangan tarik maksimum dari baja lunak berkisar antara 125 GPa sampai dengan 345 MPa.

2.4.5.3 Tegangan Luluh

Tegangan luluh adalah tegangan 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 diiadakan maka benda ujinya bertambah panjang sampai dengan 0,2% lebih panjang dari pada keadaan sebelum dilakukan pengujian.

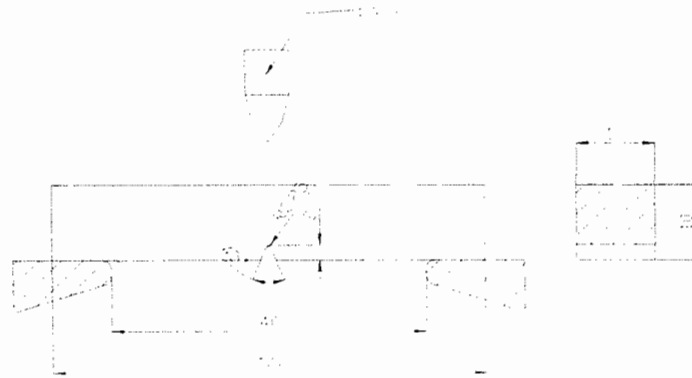


Gambar 2.10 Hubungan tegangan-regangan pada bahan yang mulur kontinu, dan cara memperoleh kekuatan mulur 0,2%

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

2.4.6 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.

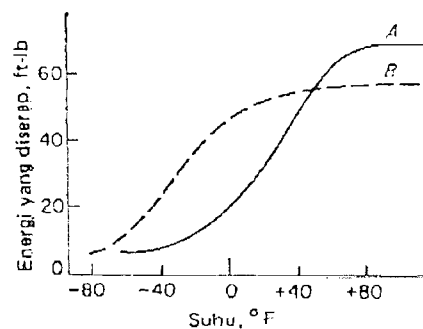


Gambar 2.11 Sketsa pembebanan uji impact

Benda uji diletakkan pada tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian yang tak bertakik diberi beban impact dengan ayunan bandul. Benda uji akan melengkung 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 impact batang bertakik sangat bermanfaat apabila dilakukan pada berbagai suhu sedemikian hingga besarnya suhu peralihan ulet getas dapat

ditentukan. Pada Gambar 2.12 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 2.12 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 :

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

Dengan :

G : berat palu (N)

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

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

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

Dengan :

x_i : data nilai perhitungan

x_m : purata

n : jumlah pengujian

$$x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Harga keliatan suatu bahan dipengaruhi oleh beberapa hal seperti :

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

Adanya alur pada benda uji menyebabkan :

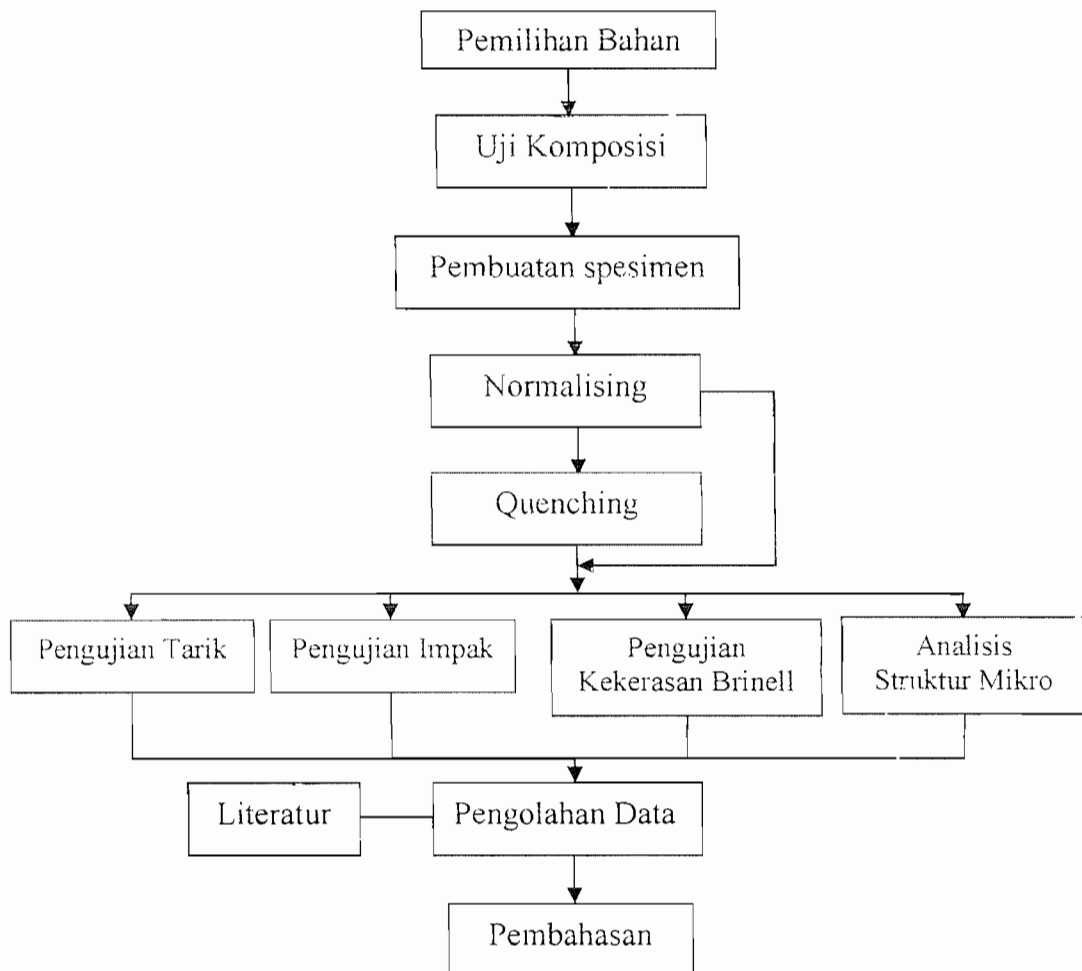
- a. Konsentrasi tegangan tinggi
- b. Terjadinya lokalisasi energi patah
- c. Keliatan berkurang dan timbulnya sifat getas pada benda uji

BAB III

PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Skema Jalan Penelitian

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



3.2 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.

3.3 Persiapan penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja permesinan dengan St 42, yang mengandung 0.104% C, 0.456% Si, 0.471% Mn, 0.258% Cr dan unsur lainnya 98,711%. Bentuk bahan tersebut adalah batangan bulat, yang kemudian dibuat spesimen-spesimen. Dengan ukuran tertentu.

3.4 Alat-alat yang digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa :

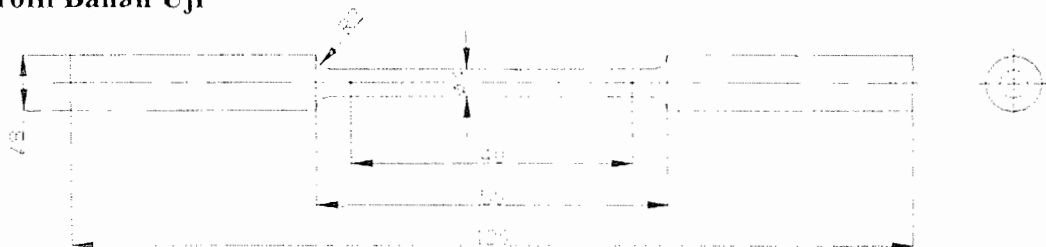
- a. Mesin uji tarik Laboratorium Ilmu Logam, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma Yogyakarta
- b. Mesin uji impak Charpy di Laboratorium Gama Material Test Jurusan Teknik Mesin Program Diploma Universitas Gajah Mada Yogyakarta
- c. Mesin uji kekerasan Brinell (*Brinell Hardness Tester MOD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

- d. Mikroskop dan foto struktur mikro, milik Laboratorium Ilmu logam, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- e. Mesin bubut, untuk membuat benda uji, 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.

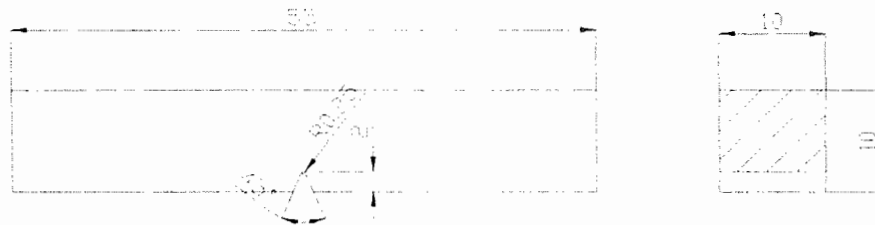
3.5 Pembuatan Sample benda uji

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, terdiri dari pengujian mula-mula setelah Normalising 4 sampel, setelah perlakuan panas diquench pada suhu 27° 4 sampel, pada suhu 50° 4 sampel, dan pada suhu 80° 4 sampel, dengan menggunakan media pendinginan solar/bahan bakar diesel.

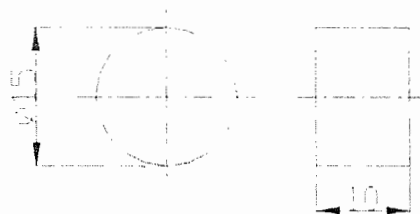
3.6 Profil Bahan Uji



Gambar 3.1 Profil bahan uji untuk pengujian tarik



Gambar 3.2 Profil bahan uji untuk pengujian impak



Gambar 3.3 Profil bahan uji untuk pengujian kekerasan brinell dan analisis struktur mikro

3.7 Pelaksanaan Proses Perlakuan Panas (Heat Treatment)

Proses perlakuan panas dilakukan di Laboratorium Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Proses ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu :

- a. Proses pemanasan
- b. Proses pendinginan kejut dengan media solar/bahan bakar diesel.

3.8 Tahapan Perlakuan Panas

3.8.1 Proses Normalising

Pada proses ini pemanasan dilakukan dengan memanaskan baja pada suhu 30-50°C diatas suhu kritis, setelah suhu mencapai suhu yang diinginkan

dilakukan penahanan suhu (*holding time*) dalam pengujian ini pada suhu 900°C selama 1 jam. Kemudian didinginkan dalam tungku sampai mencapai suhu kamar.

3.8.2 Proses Quenching/Hardening

Pada proses ini pemanasan dilakukan pada oven sampai temperatur 900°C. setelah mencapai temperatur 900°C dilakukan waktu penahanan (*holding time*) selama 1 jam. Kemudian dilakukan pendinginan dengan cepat/kejut kedalam media pendingin solar/bahan bakar diesel.

3.9 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 kedalam 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 ampelas 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, beban 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 dengan persamaan seperti diatas.

Pengujian kekerasan ini diukur dengan mempergunakan alat pengukur kekerasan Brinell, cara pengukuran ditunjukkan dalam Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Cara pengujian kekerasan Brinell

Sedangkan untuk mencari harga kekerasan Brinell adalah dengan persamaan berikut :

$$\text{BHIN} = \frac{\text{beban}}{\text{luas bekas penekanan}}$$

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

dengan :

HB : Kekerasan Brinell (kg/mm²)

P : Beban atau gaya penekanan (187,5 kg)

D : Diameter indentor (2,5 mm)

d : Diameter lubang bekas injakan (mm)

3.10 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 sesuai dengan ukuran gambar, 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,

dusahakan 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.

3.11 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.

3.12 Analisis Struktur Mikro

Dalam pengujian ini, kualitas bahan ditentukan dengan mengamati struktur dibawah 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 piometri 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 dibawah mikroskop dan dilakukan pengambilan gambar dengan pemotretan.



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian baja St 42 meliputi uji kekerasan, uji tarik, dan uji impak. Pada pengujian ini dilakukan perlakuan panas normalising dan quenching dengan solar pada suhu 27°C, quenching dengan solar pada suhu 50°C dan quenching dengan solar pada suhu 80°C.

4.1 Data Komposisi Kimia dari Laboratorium Logam Manufaktur Ceper

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	0,256
8	Mo	0,077
9	Ni	0,111
10	Al	0,000
11	B	0,0046
12	Co	0,006
13	Nb	0,068
14	Pb	0,0051
15	Sn	0,024
16	Ti	0,078
17	V	0,123
18	W	0,22

4.2 Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan dapat dicari dengan menggunakan rumus 2.1, sebagai contoh :

Benda uji setelah dinormalising.

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

$$HB = 131,028 \text{ kg/mm}^2$$

Hasil dari keseluruhan perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Pengujian kekerasan setelah Normalising

No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	1,3	131,028
2	187,5	2,5	1,3	131,028
3	187,5	2,5	1,31	128,865
4	187,5	2,5	1,3	131,028
Rata-rata				130,48
Standar deviasi				± 1,08

Tabel 4.3 Pengujian kekerasan setelah diquench dengan suhu 27° C

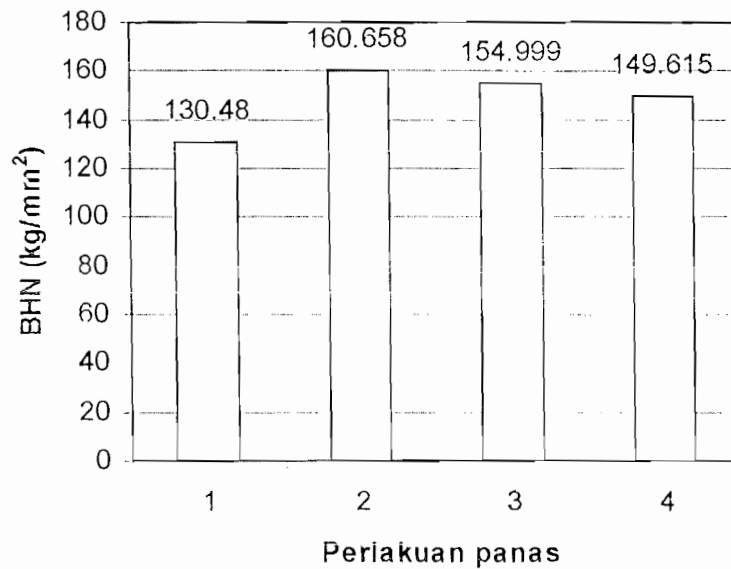
No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	1,17	164,342
2	187,5	2,5	1,18	161,386
3	187,5	2,5	1,19	158,503
4	187,5	2,5	1,19	158,503
Rata-rata				160,658
Standar deviasi				± 2,79

Tabel 4.4 Pengujian kekerasan setelah diquench dengan suhu 50° C

No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	1,19	158,503
2	187,5	2,5	1,20	155,692
3	187,5	2,5	1,21	152,949
4	187,5	2,5	1,21	152,949
Rata-rata				154,999
Standar deviasi				± 2,2

Tabel 4.5 Pengujian kekerasan setelah diquench dengan suhu 80° C

No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	1,22	150,274
2	187,5	2,5	1,22	150,274
3	187,5	2,5	1,22	150,274
4	187,5	2,5	1,23	147,663
Rata-rata				149,615
Standar deviasi				± 1,31



Gambar 4.1 Grafik Kekerasan Brinell

Keterangan gambar 4.1 :

1. Spesimen mula-mula / setelah dinormal
2. Spesimen diquench pada suhu 27° C
3. Spesimen diquench pada suhu 50° C
4. Spesimen diquench pada suhu 80° C

Dalam pengujian Baja St 42 ini nilai kekerasan rata-rata untuk kondisi mula-mula/normal benda uji BHN = 128,865 kg/mm², quenching pada suhu pendingin 27°C BHN = 161,386 kg/mm², quenching pada suhu pendingin 50°C BHN = 155,692 kg/mm² dan quenching pada suhu pendingin 80°C BHN = 150,274 kg/mm².

Pendinginan dengan menggunakan suhu yang berbeda-beda mempengaruhi tingkat kekerasan, ini disebabkan karena semakin rendah suhu yang di gunakan untuk pendinginan akan semakin cepat benda kerja tersebut membuang panas, serta sebaliknya semakin tinggi suhu dalam hal ini suhu 50°C dan 80°C yang digunakan semakin lambat tingkat pendinginan yang terjadi dan menyebabkan kekerasan yang didapatkan lebih rendah daripada kekerasan dengan variasi suhu rendah (27°C).

4.3 Pengujian Tarik

Pada pengujian tarik dapat dicari dengan menggunakan rumus-rumus (2.2)-(2.5), sebagai contoh :

Benda uji tanpa perlakuan panas.

- Beban patah (P_{Break})

$$P_{\text{Break}} = \frac{513,2}{136} \times 92 = 347,84 \text{ kg}$$

- Tegangan patah (σ_B)

$$\sigma_B = \frac{347,84}{12,56} = 27,69 \text{ kg/mm}^2$$

- Tegangan tarik (σ_u)

$$\sigma_u = \frac{513,2}{12,56} = 40,85 \text{ kg/mm}^2$$

- Regangan (ϵ)

$$\varepsilon = \frac{9,4}{40} \times 100\% = 23,5\%$$

– Kontraksi (ψ)

$$\psi = \frac{12,56 - 3,79}{12,56} \times 100\% = 69,82\%$$

Hasil dari keseluruhan perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.6 Hasil pengujian tarik setelah dinormal

No	(D) (mm)	d (mm)	ΔL (mm)	P (kg)	P_{break} (kg)	(σ_u) (kg/mm ²)	(σ_b) (kg/mm ²)	Ψ %	ε %
1	4	2,2	9,4	513,2	358,8	40,859	27,69	69,82	23,5
2	4	2,1	10,2	501,1	343,2	39,896	27,32	72,45	25,5
3	4	2,1	9,1	510,5	327,24	40,644	26,05	72,45	22,75
4	4	2,1	9,7	517,4	332,61	41,194	26,48	72,45	24,75
Rata-rata						40,65	27,10	64,05	24
Standar deviasi						$\pm 0,55$	$\pm 0,79$	$\pm 1,72$	$\pm 1,25$

Tabel 4.7 Hasil pengujian tarik setelah diquench pada suhu 27° C

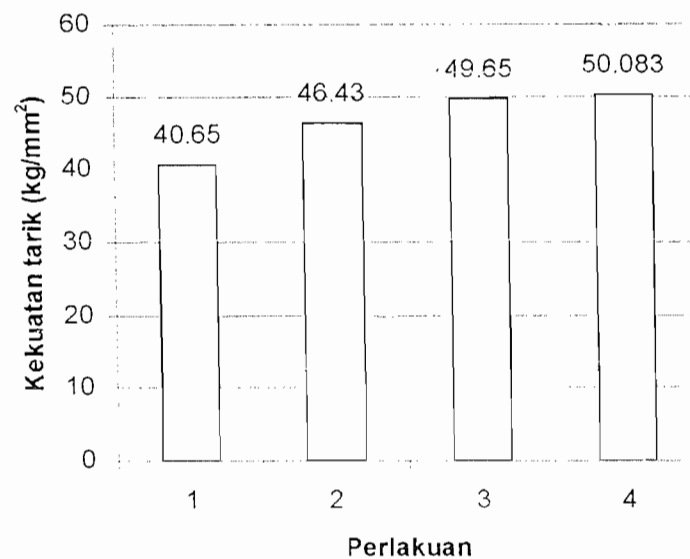
No	D (mm)	d (mm)	ΔL (mm)	P (kg)	P_{break} (kg)	σ_{11} (kg/mm ²)	σ_b (kg/mm ²)	Ψ %	ε %
1	4	2,1	8,1	579,5	358,75	46,138	28,56	72,43	20,25
2	4	2,02	7,35	618,8	352,39	49,268	28,01	74,5	18,38
3	4	2,12	6,95	590,7	367,72	47,031	29,28	71,89	17,38
4	4	1,9	7,55	544,1	435,5	43,32	27,23	77,5	18,87
Rata-rata						46,43	28,28	74,12	18,71
Standar deviasi						$\pm 2,13$	$\pm 1,12$	$\pm 2,2$	$\pm 1,22$

Tabel 4.8 Hasil pengujian tarik setelah diquench pada suhu 50° C

No	D (mm)	d mm	ΔL (mm)	P (kg)	P_{break} (kg)	σ_u (kg/mm ²)	σ_l (kg/mm ²)	Ψ %	ϵ %
1	4	2	9,55	651,5	410,2	51,87	32,66	75	23,86
2	4	2,1	6,75	618,5	392	49,24	31,21	72,43	16,87
3	4	2,2	6,5	619,2	402,9	49,30	32,08	69,75	16,25
4	4	2	8,1	605,5	388,1	48,21	30,89	75	20,25
Rata-rata						49,65	31,71	73,09	19,31
Standar deviasi						± 1,56	± 0,8	± 2,5	± 3,5

Tabel 4.9 Hasil pengujian tarik setelah diquench pada suhu 80° C

No	D (mm)	D (mm)	ΔL (mm)	P (kg)	P_{break} (kg)	σ_u (kg/mm ²)	σ_l (kg/mm ²)	Ψ %	ϵ %
1	4	2,1	10,5	640,6	444,7	51,003	28,98	72,45	26,25
2	4	2,2	8,75	619,2	399	49,299	31,77	69,75	21,86
3	4	2,2	8,15	640,6	370,5	51,003	29,5	69,75	20,38
4	4	2,12	8,45	615,8	409,5	49,028	32,6	71,89	21,13
Rata-rata						50,083	32,32	70,94	22,41
Standar deviasi						± 1,07	± 2,4	± 3,97	± 2,63



Gambar 4.2 Grafik Uji Tarik

Keterangan Gambar 4.2 :

1. Spesimen mula-mula/normal
2. Spesimen diquenching pada suhu 27° C
3. Spesimen di quenching pada suhu 50° C
4. Spesimen di quenching pada suhu 80° C

Data yang diperoleh dari pengujian menunjukkan kekuatan tarik terbesar baja St 42 adalah pada quenching dengan suhu pendinginan 80°C $\sigma_u = 50,083$ kg/mm², quenching dengan suhu pendinginan 50°C $\sigma_u = 49,65$ kg/mm², quenching dengan suhu pendinginan 27°C $\sigma_u = 46,43$ kg/mm² untuk perlakuan mula-mula atau normalising $\sigma_u = 40,64$ kg/mm².

Tabel 4.10 Hasil pengujian impak setelah normalising

No	Ao (mm ²)	G (N)	R (m)	Sudut β (°)	Sudut α (°)	W (Joule)	Harga Keliatan (Joule/mm ²)
1	80	20	0,8	104	151	10,12	0,1265
2	80	20	0,8	103	151	10,39	0,1298
3	80	20	0,8	103	151	10,39	0,1298
4	80	20	0,8	102	151	10,67	0,1334
Rata-rata						10,39	0,1298
Standar deviasi						± 0,22	± 2,8×10 ⁻³

Tabel 4.11 Hasil pengujian impak setelah diquench pada suhu 27° C

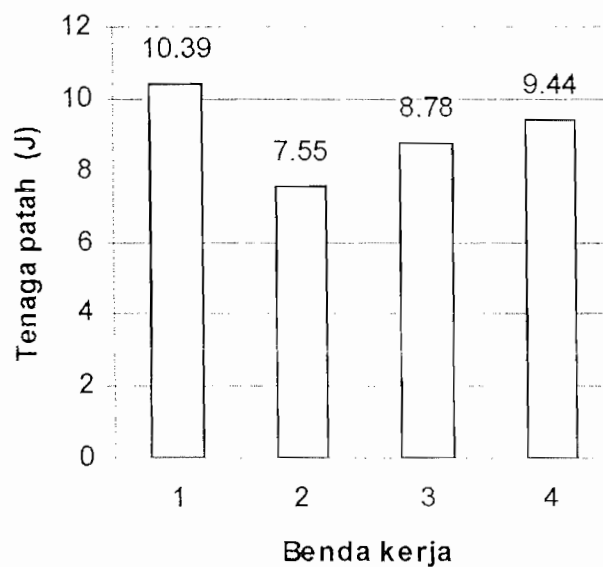
No	Ao (mm ²)	G (N)	R (m)	Sudut β (°)	Sudut α (°)	W (Joule)	Harga Keliatan (Joule/mm ²)
1	80	20	0,8	114	151	7,48	0,0936
2	80	20	0,8	113	151	7,74	0,0968
3	80	20	0,8	113	151	7,74	0,0968
4	80	20	0,8	115	151	7,23	0,0904
Rata-rata						7,55	0,094
Standar deviasi						± 0,24	± 3,09×10 ⁻³

Tabel 4.12 Hasil pengujian impak setelah diquench pada suhu 50° C

No	Ao (mm ²)	G (N)	R (m)	Sudut β (°)	Sudut α (°)	W (Joule)	Harga Keliatan (Joule/mm ²)
1	80	20	0,8	109	151	8,78	0,1098
2	80	20	0,8	110	151	8,52	0,1064
3	80	20	0,8	109	151	8,78	0,1098
4	80	20	0,8	108	151	9,04	0,1130
Rata-rata						8,78	0,1098
Standar deviasi						± 0,212	± 2,7×10 ⁻³

Tabel 4.13 Hasil pengujian impak diquench pada suhu 80° C

No	Ao (mm ²)	G (N)	R (m)	Sudut β (°)	Sudut α (°)	W (Joule)	Harga Keliatan (Joule/mm ²)
1	80	20	0,8	105	151	9,85	0,123
2	80	20	0,8	108	151	9,04	0,113
3	80	20	0,8	107	151	9,32	0,116
4	80	20	0,8	106	151	9,58	0,119
Rata-rata						9,44	0,118
Standar deviasi						± 0,45	± 4,3×10 ⁻³



Gambar 4.3 Grafik Uji Impak

Keterangan Gambar 4.3 :

1. Spesimen mula-mula/normal
2. Spesimen diquench dengan suhu 27°C
3. Spesimen diquench dengan suhu 50°C
4. Spesimen diquench dengan suhu 80°C

Pada pengujian impak ini baja St 42 bila diquenching dengan media solar maka tenaga patah akan semakin kecil bila dibandingkan tanpa perlakuan panas (normalising).

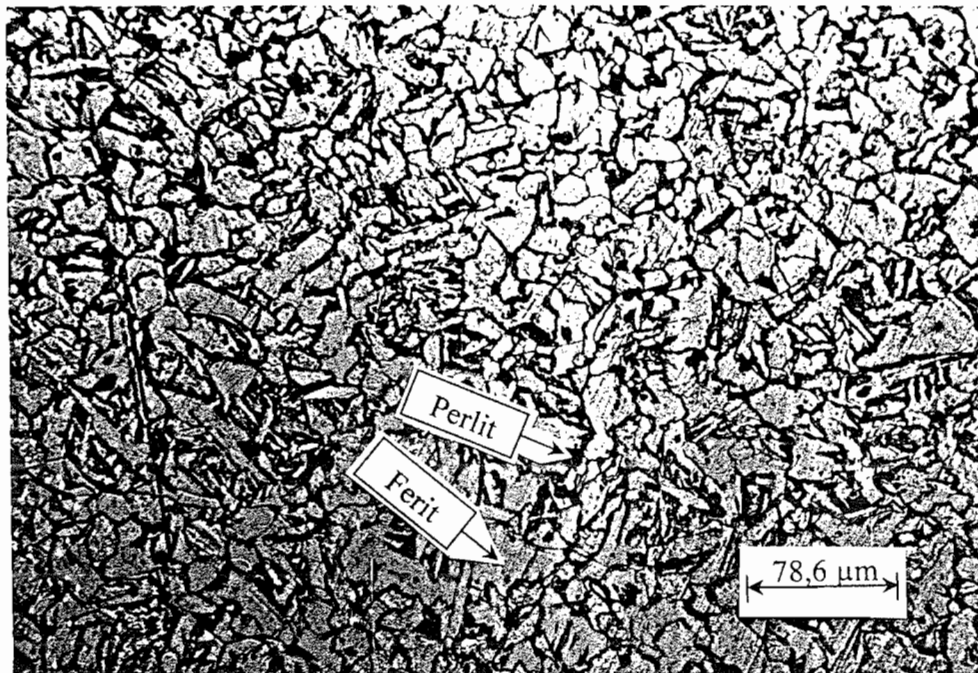
Pada benda uji normalising tenaga patah rata-rata (W) = 10,39 Joule, benda uji quenching dengan media solar suhu 27°C tenaga patah rata-rata (W) = 7,55 Joule, benda uji quenching dengan media solar suhu 50°C tenaga patah rata-rata (W) = 8,78 Joule, benda uji quenching dengan media solar suhu 80°C tenaga patah rata-rata (W) = 9,44 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 ketahanan bahan dan menjadikan bahan menjadi getas, hal ini disebabkan oleh jumlah perlitanya yang bertambah besar, dan ferit menjadi sedikit, semakin banyak jumlah perlit menunjukkan bahan menjadi semakin keras.

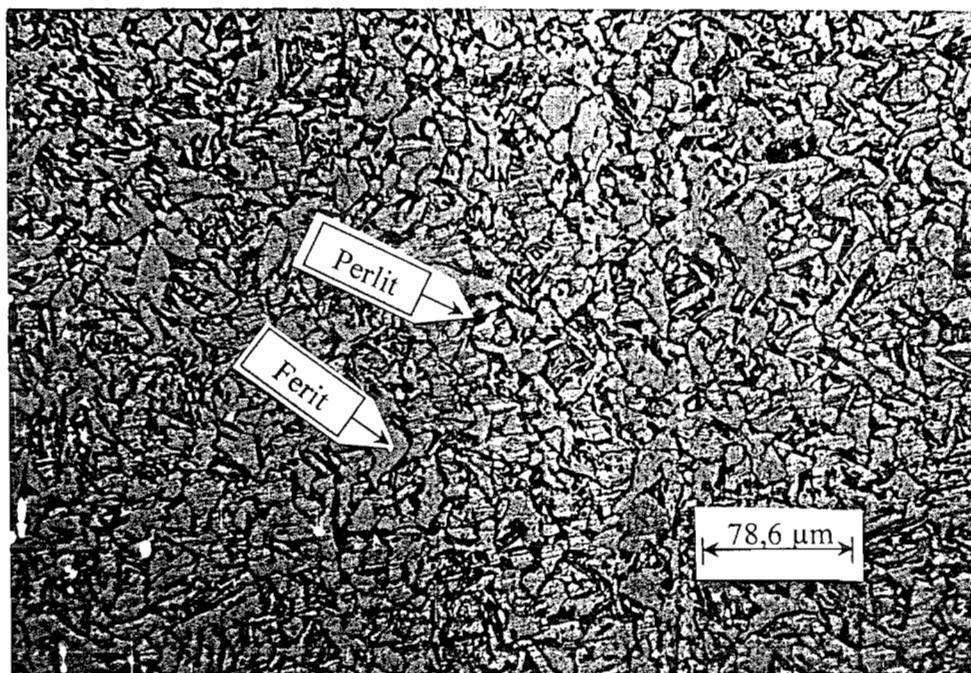
4.5 Analisis Struktur Mikro

Analisis struktur mikro dapat dilihat pada gambar 4.4 sampai 4.7 yang diperoleh dari pemotretan menggunakan mikroskop foto dengan perbesaran 200x. Dari hasil pemotretan didapat adanya perubahan jumlah butiran dan kadar karbon dari setiap periode perlakuan panas.

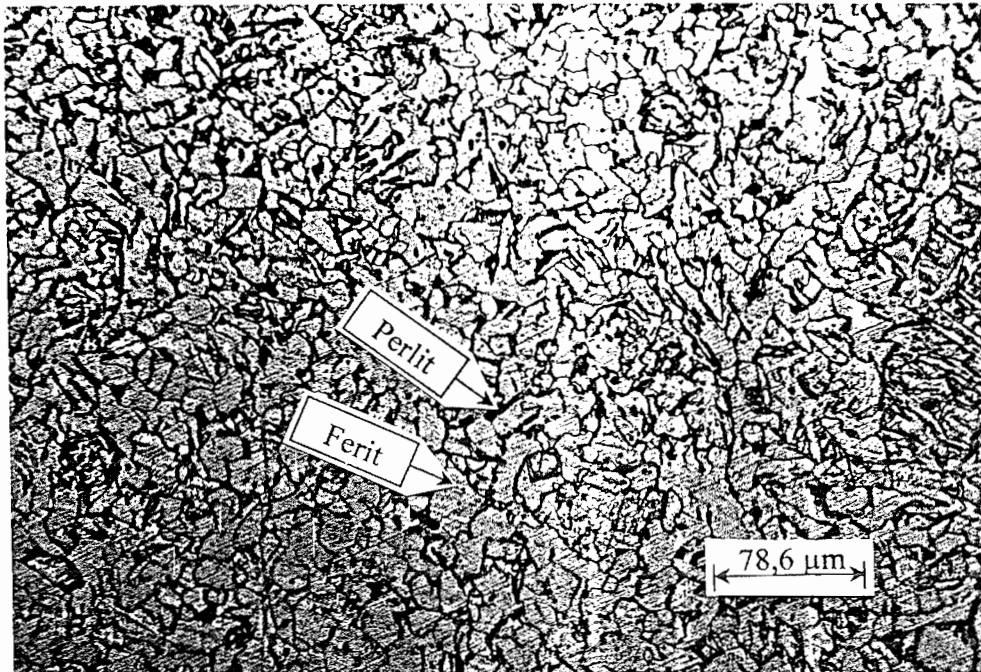
Foto struktur mikro yang diperoleh dari pengujian Baja St 42 sebelum dan sesudah quenching adalah sebagai berikut :



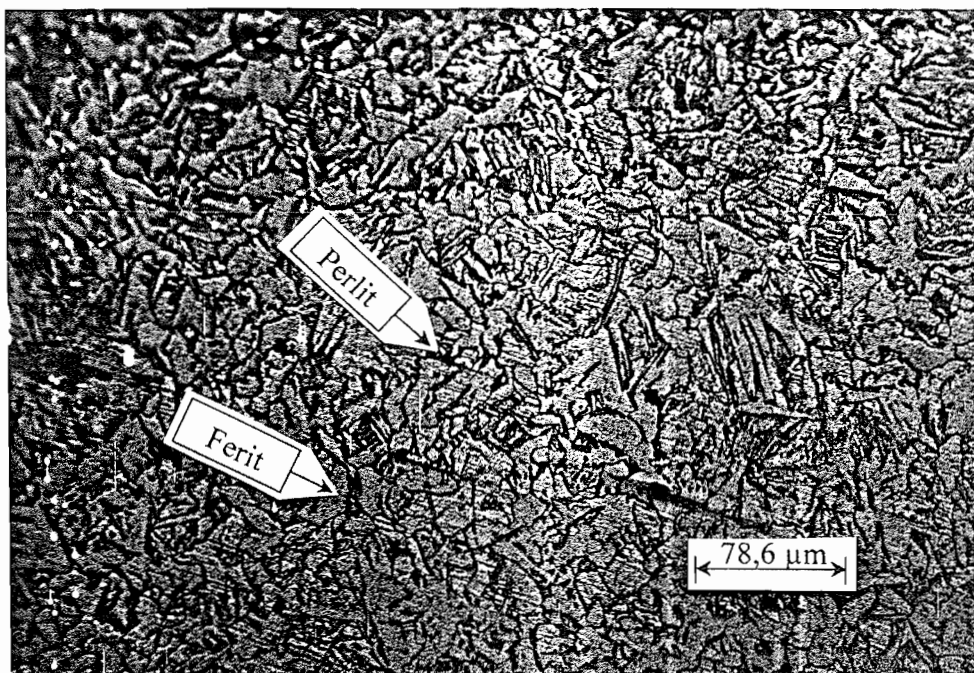
Gambar 4.4 Foto struktur mikro setelah dinormalising



Gambar 4.5 Foto struktur mikro setelah diquench pada suhu 27°C



Gambar 4.6 Foto struktur mikro setelah diquench pada suhu 50°C



Gambar 4.7 Foto struktur mikro setelah diquench pada suhu 80°C

Gambar 4.4 menunjukkan foto struktur mikro spesimen mula-mula, photo tersebut terlihat bahwa struktur mikro spesimen mula-mula hanya terdiri dari ferit 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.

Dengan mengubah struktur mikro, maka dapat diperoleh sifat-sifat mekanik yang berbeda dari suatu logam. Hasil foto struktur mikro di atas tidak jelas terlihat adanya perbedaan pengaruh antara kondisi normalising dan kondisi diquench dengan media pendingin solar berbagai variasi suhu.

BAB V

KESIMPULAN DAN PENUTUP

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

1. Semakin tinggi suhu pendinginan (suhu 27°C, 50°C, dan 80°C) yang digunakan dalam proses quench pada baja St 42, kekerasan bahan menjadi turun/rendah. Hal ini dapat dilihat pada suhu pendinginan 27°C harga BHN sekitar 163 kg/mm², suhu pendinginan 50°C harga BHN sekitar 157 kg/mm², dan pada suhu pendinginan 80°C harga BHN sekitar 151 kg/mm², sedangkan pada perlakuan panas normalising harga BHN sekitar 131 kg/mm².
2. Semakin tinggi suhu pendinginan (suhu 27°C, 50°C, dan 80°C) yang digunakan dalam proses quench baja St 42 untuk uji tarik, kekuatan tarik benda uji menjadi lebih tinggi dari pada benda uji normalising. Pada benda uji normalising $\sigma_u = 41 \text{ kg/mm}^2$, benda uji diquench pada suhu 27°C kekuatan tarik sekitar $\sigma_u = 47 \text{ kg/mm}^2$, benda uji diquench pada suhu 50°C kekuatan tariknya sekitar $\sigma_u = 49 \text{ kg/mm}^2$ dan benda uji diquench pada suhu 80°C kekuatan tariknya sekitar $\sigma_u = 51 \text{ kg/mm}^2$.
3. Pengujian impak pada benda uji, semakin tinggi suhu pendinginan (suhu 27°C, 50°C, dan 80°C) yang digunakan dalam proses quench pada baja St 42, tenaga patah yang diserap benda uji semakin besar. Pada benda uji

normalising tenaga patah (W) sekitar 11 Joule, benda uji diquench pada suhu 27°C tenaga patahnya (W) sekitar 8 Joule, benda uji diquench pada suhu 50°C tenaga patahnya (W) sekitar 9 Joule, benda uji diquench pada suhu 80°C tenaga patahnya (W) sekitar 10 Joule.

4. Pada proses perlakuan panas ini struktur mikronya terdiri dari ferit yang memberikan sifat liat dan perlit yang memberikan sifat keras. Pada proses normalising dan quench kurang tampak terjadinya perubahan pada permukaan struktur mikronya.

DAFTAR PUSTAKA

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

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

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

Jutz, H., Scharkus, E., tanpa tahun, *Westermann Tables For The Metal Trade*, Willey Eastern Limited, New Delhi, Bangalore.

Lakhtin, Y., tanpa tahun, *Engineering Physical Metallurgy*, second printing, Mir Publishers, Moscow.

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

PLAMIDIRAIN

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 :

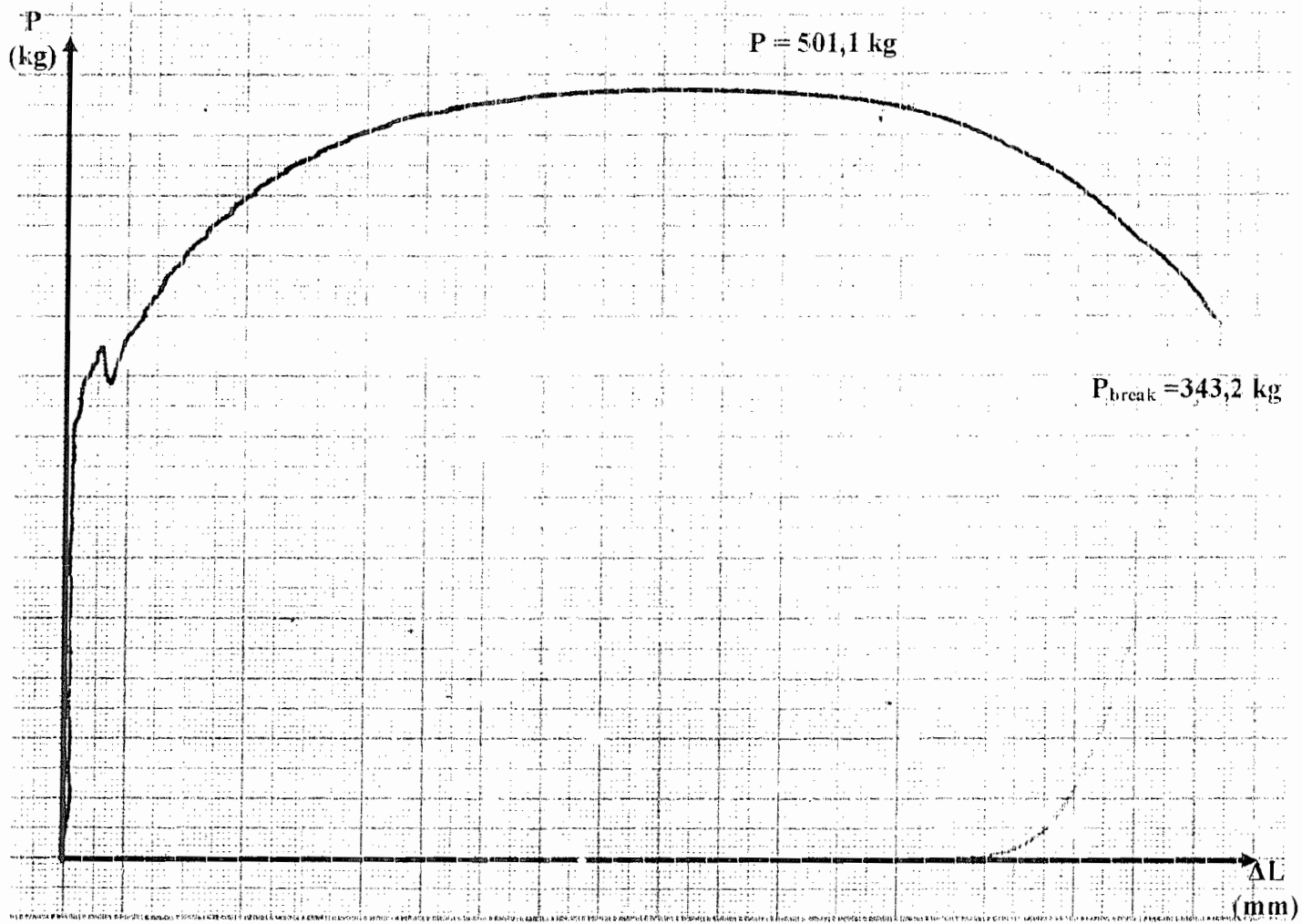
UNSUR (%)	CONTOH UJI	
	EKO 2004-SP264	Standart Deviasi (%)
Fe2	97.48	0.0231
C	0.104	0.0128
Si	0.456	0.0033
Mn	0.471	0.0024
P	0.022	0.0003
S	0.036	0.0019
Cr	0.258	0.0013
Mo	0.077	0.0051
Ni	0.111	0.0008
Al	0.000	0.0005
B	0.0046	0.0001
Co	0.006	0.0001
Cu	0.245	0.0036
Nb	0.068	0.0008
Pb	0.0051	0.0003
Sn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

Klaten, 27 Maret 2004

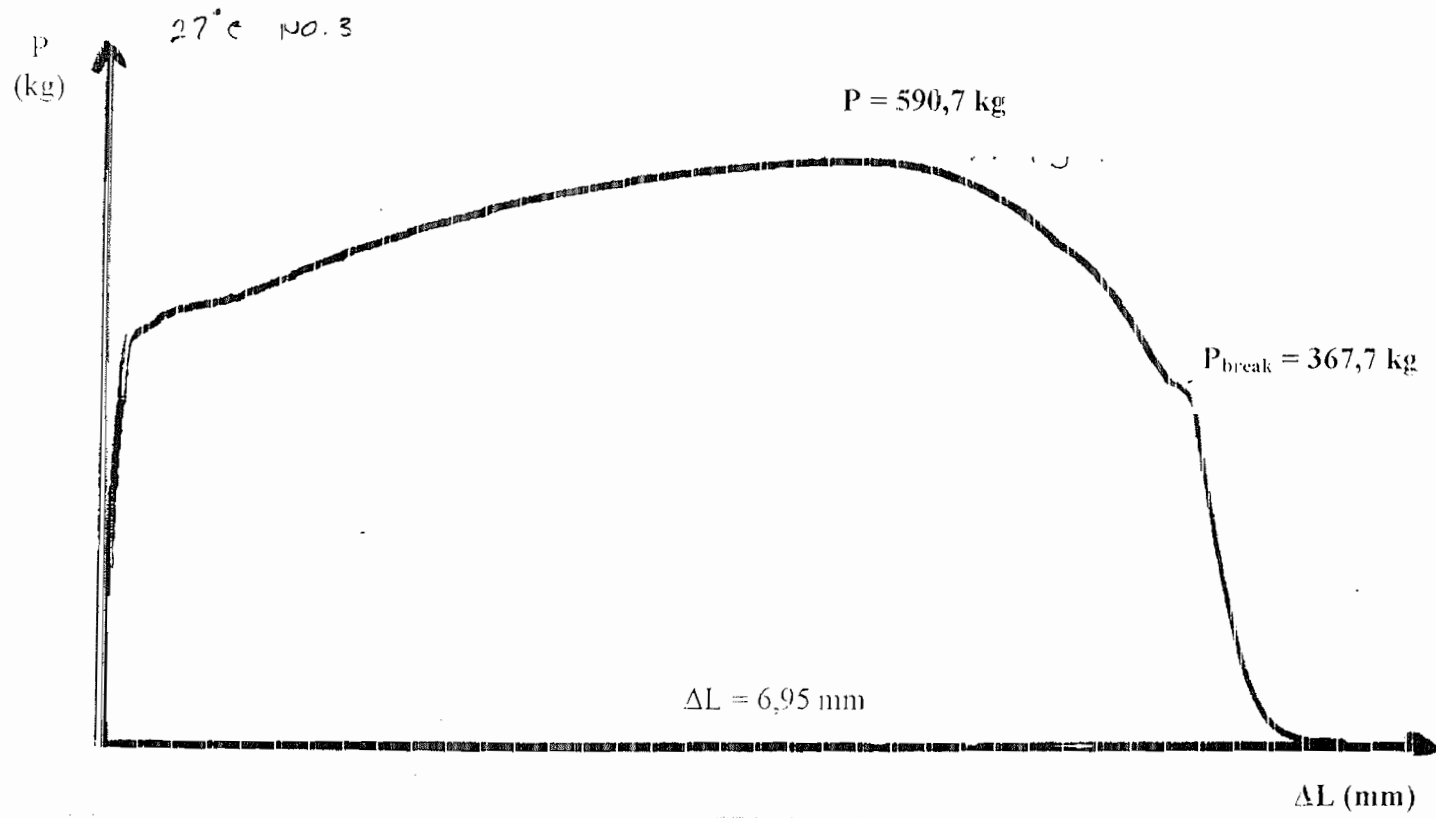
Manajer Teknik



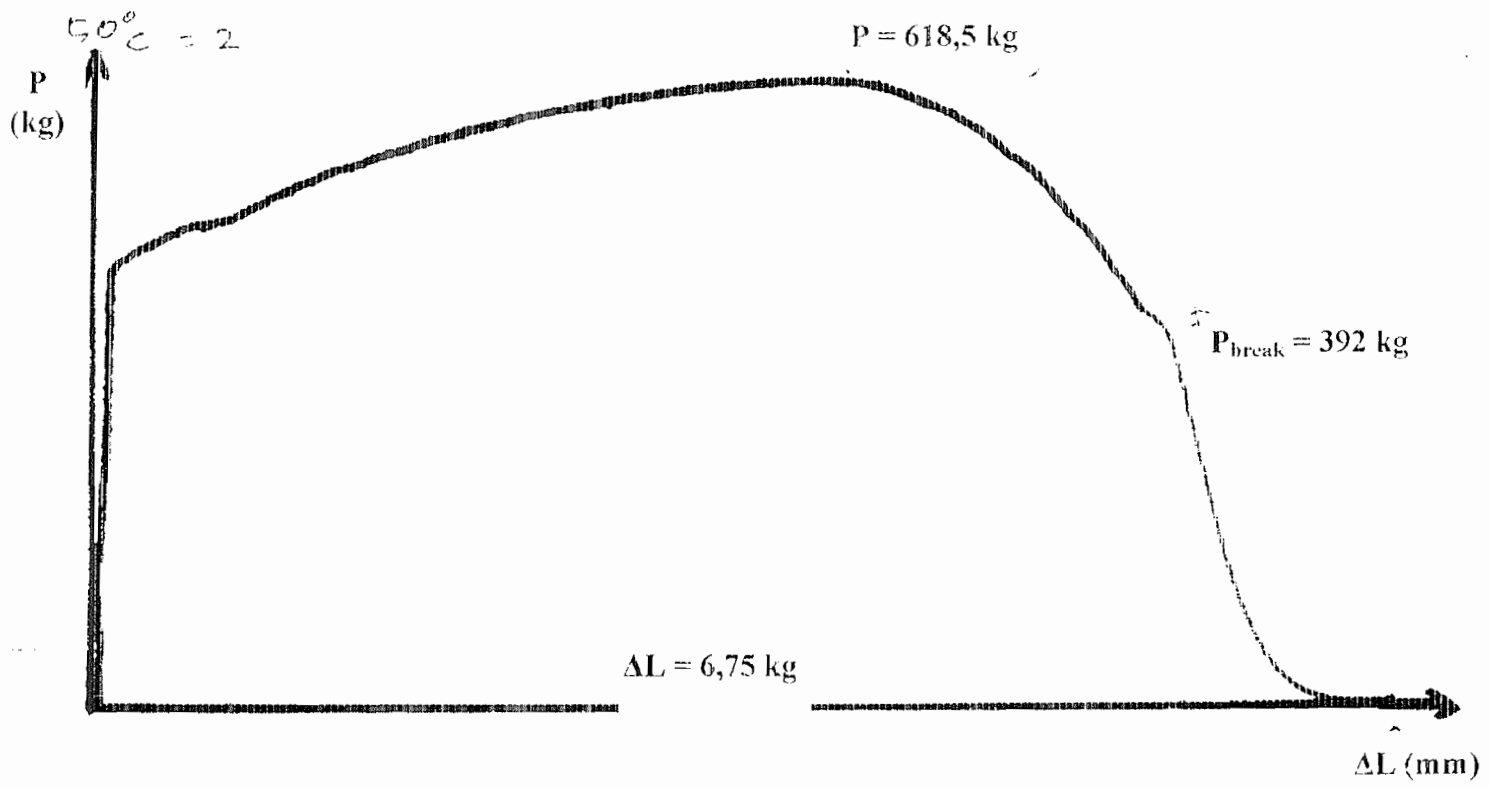
LUTIYATMI, ST.



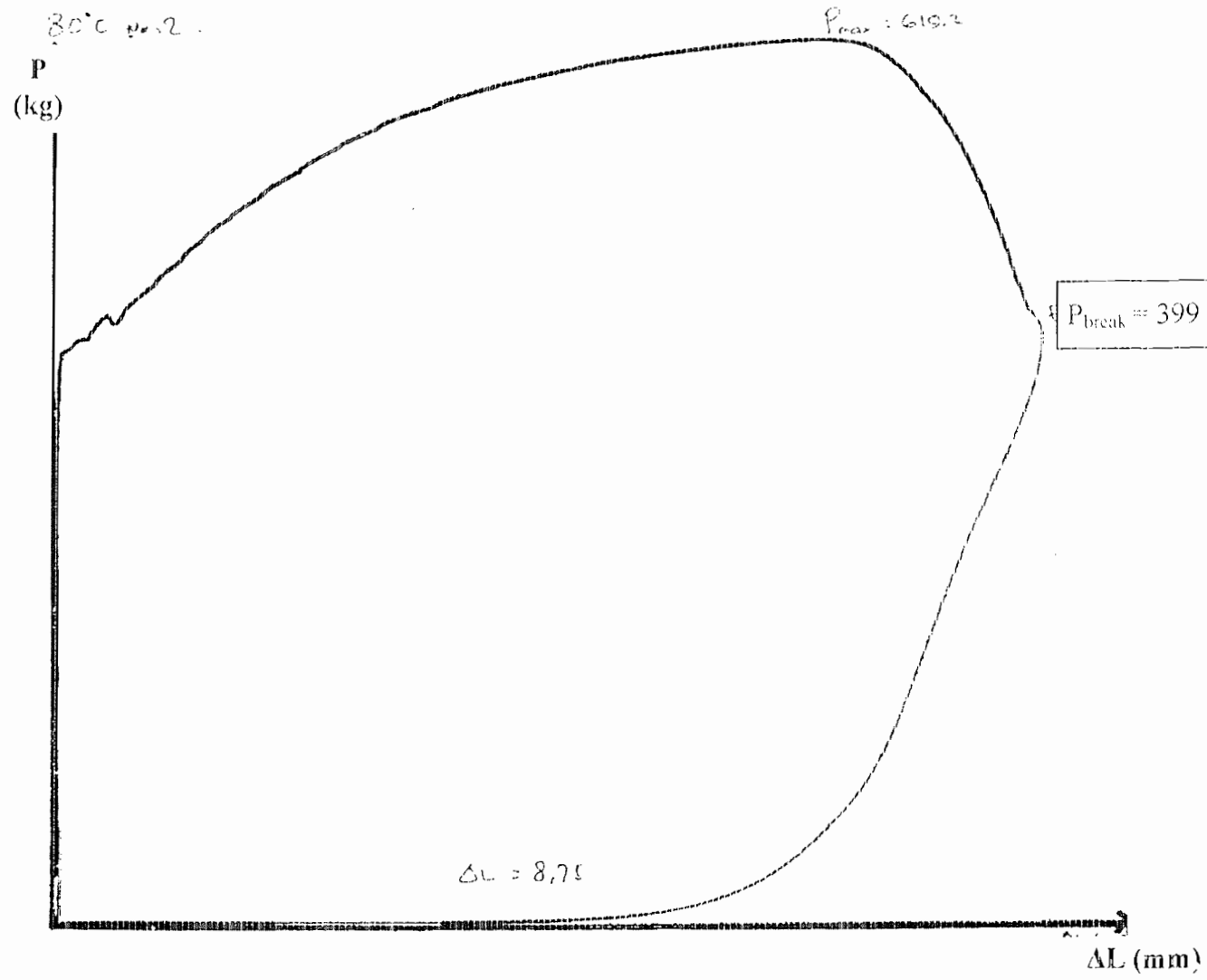
Lampiran 2. Grafik uji tarik setelah normalising



Lampiran 3. Grafik uji tarik setelah diquench pada suhu 27°C

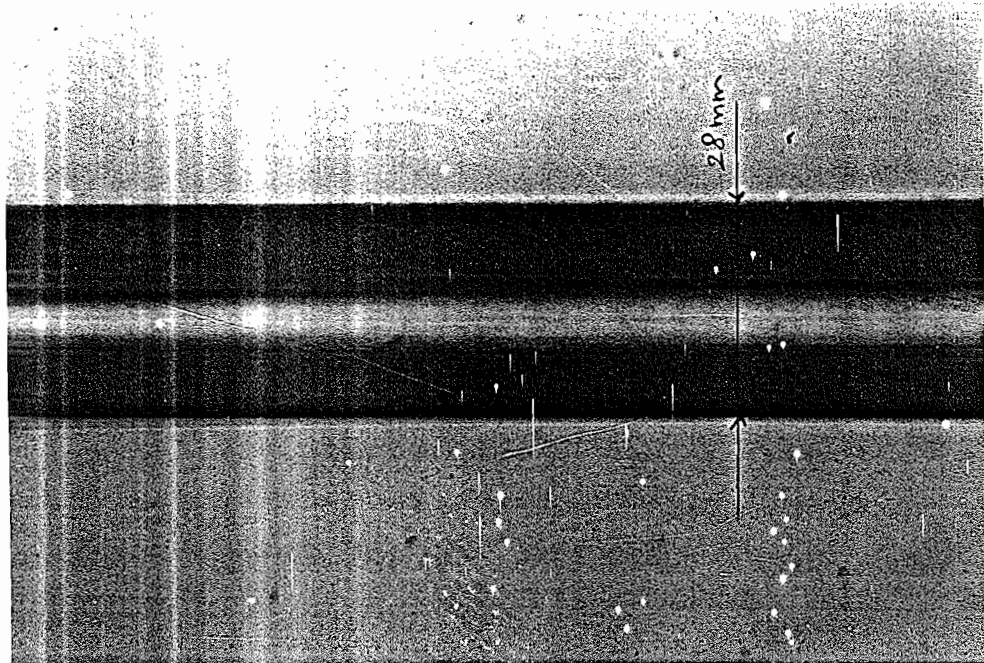


Lampiran 4. Grafik uji tarik setelah diquench pada suhu 50°C



Lampiran 5. Grafik uji tarik setelah diquench pada suhu 80°C

Lampiran 6 : Perhitungan panjang struktur mikro



Gambar L.1.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 perbesaran $200\times$. 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 20mm; 20-40mm		Elongation % in gauge length 5.65√S ₀ 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	
St 55-HT	55 Min	35.0	33.0	21	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	35.0	33.0	20	0.20	0.055	0.055	

Standard sizes of hot-rolled products made of general structural steels					
IS Number	Product	Page	IS Number	Product	Page
805	Beams, channel and angle sections	21	1732	Round and square bars	19
1173	Tee bars	22	1863	Bulb plates	—
1252	Bulb angles	—	1864	Unequal angles	21
1730	Plates, sheet and strip	20	3954	Channel sections for general engineering purposes	22
1731	Flats	20			

Case hardening steels							IS:4432-1967
Designation of steel	Case hardened		Temperatures for			Typical applications	
	Tensile strength Min. kgf/mm ²	Depth mm	Quenching	Tempering	Case hardening		
C10, C14, 19S11	50	17	820-840	650-675	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.	
14MnSi14, 11Mn2	60	17	820-840	650-675	760-780		
15Cr25	60	13	820-840	650-680	770-800		
17Mn1 Cr25	80	10	820-840	650-680	810-840		
20Mn Cr1	100	8	820-840	650-680	810-840		
16Ni80 Cr10	70	15	820-840	650-680	780-820		
16Ni1 Cr20	85	12	820-840	650-660	780-820		
13Ni3 Cr20	85	12	820-840	620-650	760-780		
15Ni4 Cr1	135	9	820-840	600-630	760-780		
20Ni2 Mo25	85	12	820-840	650-660	760-780		
20Ni55 Cr50 Mo20	90	11	820-840	650-660	750-820		
15NiCr1 Mo15	100	8	820-840	620-650	750-820		
15Ni2 Cr1 Mo15	110	9	820-840	620-650	750-820		
16Ni Cr2 Mo20	135	6	820-840	650-655	820-820		

Flame and induction hardening steels							IS:3930-1966
Designation of steel	Properties in quenched and tempered condition			Surface hardness obtainable JRC	Hardening temperature		Typical applications
	Tensile range kgf/mm ²	0.2% proof stress Min. kgf/mm ²	0.1% proof stress Min. kgf/mm ²		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	5.5	55-61	830-860	820-850	
T 70	70 to 85	40	5.5	61-63	810-840	790-810	
37 Mn 2	60 to 75	40	5.5	53-57	850-870	840-860	
41 Mn 15 12	70 to 85	46	5.5	53-57	850-870	840-860	
35 Mn 2 Mo 25	80 to 95	50	5.5	53-57	840-860	830-850	
50 Cr 1	70 to 85	40	5.5	57-62	850-870	840-860	
52 Cr 1 V 23	70 to 85	40	5.5	57-62	850-870	840-860	
42 Ni 3	80 to 90	50	5.5	54-58	830-860	820-850	
42 Ni 2 Cr 1 Mo 25	90 to 105	60	5.5	54-58	830-860	820-850	
15 Ni 3 Cr 5 Mo 25	90 to 105	60	5.5	54-58	830-860	820-850	

Lampiran 8: Tabel propertis material

Symbolic Designation of essential properties of materials (iron and steel) Examples and Explanations				
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	S: 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	55Si2Mn <u>90h</u>	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	O; 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 enamelling 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



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

No: 463 /FT .USD/TM/ September/2004

NAMA : Ardoyo Wahyu MH
NIM : 995214136
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik , Univ. Sanata Dharma Yogyakarta
Judul TGA :
Selidiki pengaruh quench dengan media solar pada baja karbon rendah terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan kaliaitanya.

Tanggal dimulai : 15 Pebruari 2004
Pembimbing I : Budi Setyahandana, S.T.,M.T.
Pembimbing II :-

No	Tgl	Uraian	Keterangan	Tanda Tangan
1	15-2-04	Materi awal	uraian	SB
2	30-3-04	Standarisasi proses	uraian	SB
3	13-10-04	Bab I - III	Revisi	SB
4	25-11-04	Bab II	Revisi	SB
5	1-12-04	Bab II	Revisi	SB
6				
7				
8				
9				
0				



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

UJIAN PENDADARAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI

TANGGAL : 7 Januari 2005

NAMA Mhs. : ARDOYO WAHYU MUJI HARTOKO

NIM : 995214136

JUDUL :
" *The Influence of Quenching by Fuel Diesel Cooler Media on
The Hardness Tensile strength and Impact Strength of St 42* "

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

Pembimbing Kedua :

USULAN REVISI DARI DOSEN PENGUJI

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

Halaman judul

Intisari

• Kesimpulan

• Gambar dalam naskah dilenghapi ukuran

• Kalimat " tanpa perlakuan panas "



Acc. 18-1-2005
Handwritten signature