

**THE INFLUENCE OF QUENCHING BY OIL 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 :

BAYU SURYO SUDIBYO

NIM : 995214160

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA**

2005

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

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
NAMA : Bayu Suryo Sudibyo
NIM : 995214160
Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Pada tanggal 6 Januari 2005

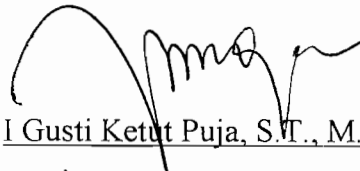
Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama

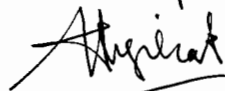


Budi Setyahandana, S.T., M.T.

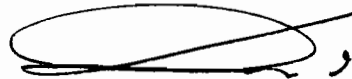
Anggota Dewan Penguji



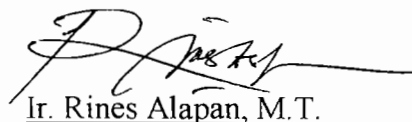
I Gusti Ketut Puja, S.T., M.T.



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



RB. Dwiseno Wihadi, S.T., M.Si.



Ir. Rines Alapan, M.T.

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

Yogyakarta, 26 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: 470 / FT .USD / TM / Oktober / 2004

NAMA : Bayu Suryo Sudibyo
NIM : 995214160
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik , Univ. Sanata Dharma Yogyakarta
Judul TGA :
Selidiki Pengaruh Qunch dengan Media Oli pada 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

Bayu Suryo Sudibyo
99 5214 160

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

- ♥ *Tuhan Yang Maha Kasih*
- ♥ *Bapak & Ibuku*
- ♥ *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, Laboran Ilmu Logam dan Laboran Teknologi Mekanik Tenik Mesin.

8. Segenap dosen dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta
9. Keluarga besar Hadi Sudibyو.
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 oli 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 secara mendadak ke dalam oli 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 oli 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 oli sebagai media pendingin tidak menunjukkan perbedaan yang jelas/significant.

ABSTRACT

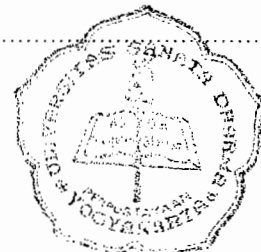
The aim of this research is to know the influence of quenching with the variation of oil temperature as a cooler media toward the hardness, tensile strength, impact strength and the analysis of micro structure.

Carbon steel St 42 was heated in the oven until temperature of 900°C and handled for 60 minutes, then made cool suddenly into oil 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 oil 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 oil 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 | 14 |
| 2.7. Pengujian Tarik | 17 |
| 2.7.1. Modulus Elastisitas | 21 |
| 2.7.2. Batas Proporsional | 22 |
| 2.7.3. Tegangan Luluh | 22 |
| 2.8. Pengujian Impak | 23 |
| 2.9. Struktur Mikro | 26 |
| BAB III. PELAKSANAAN PENELITIAN | 34 |
| 3.1. Skema Jalannya Penelitian | 34 |
| 3.2. Pemilihan Bahan | 35 |
| 3.3. Komposisi Kimia | 35 |
| 3.4. Alat-alat yang digunakan | 35 |
| 3.5. Pembuatan Spesimen | 36 |
| 3.6. Proses Normalising | 37 |
| 3.7. Proses Quenching | 37 |
| 3.8. Pengujian Kekerasan Brinell | 37 |
| 3.9. Pengujian Tarik | 40 |
| 3.10. Pengujian Impak | 41 |
| 3.11. Analisis Struktur Mikro | 41 |

| | |
|---|----|
| BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 43 |
| 4.1. Data Komposisi Kimia | 43 |
| 4.2. Pengujian Kekerasan Brinell | 44 |
| 4.2.1. Data Hasil Pengujian Kekerasan Brinell | 44 |
| 4.3. Pengujian Tarik | 47 |
| 4.3.1. Data Hasil Pengujian Tarik | 48 |
| 4.4. Pengujian Impak | 51 |
| 4.4.1. Data Hasil Pengujian Impak | 52 |
| 4.5. Struktur Mikro | 54 |
| BAB V. KESIMPULAN DAN PENUTUP | 58 |
| Daftar Pustaka | 60 |
| Lampiran | 61 |

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 | 20 |
| 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 | 30 |
| Gambar 2.11. | Diagram struktur mikro baja karbon..... | 31 |
| Gambar 3.1. | Profil bahan uji untuk pengujian tarik | 36 |
| Gambar 3.2. | Profil bahan uji untuk pengujian impak..... | 36 |
| Gambar 3.3. | Profil bahan uji untuk pengujian kekerasan brinell dan analisis struktur mikro | 36 |
| Gambar 3.4. | Cara pengujian dari kekerasan brinell | 39 |
| Gambar 4.1. | Grafik kekerasan brinell | 46 |
| Gambar 4.2. | Grafik uji tarik | 51 |
| Gambar 4.3. | Grafik uji impak..... | 55 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.4. Struktur mikro baja St 42 normalising..... | 56 |
| Gambar 4.5. Struktur mikro baja St 42 diquenching dengan oli suhu 27°C..... | 57 |
| Gambar 4.6. Struktur mikro baja St 42 diquenching dengan oli suhu 50°C..... | 57 |
| Gambar 4.7. Struktur mikro baja St 42 diquenching dengan oli 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 tebal benda uji dan diameter penetrator | 15 |
| Tabel 2.5. Harga modulus elastisitas pada baja | 21 |
| Tabel 2.6. Fasa yang ada pada baja | 33 |
| Tabel 4.1. Data komposisi kimia..... | 43 |
| Tabel 4.2. Pengujian kekerasan normalising..... | 44 |
| Tabel 4.3. Pengujian kekerasan diquenching dengan oli suhu 27°C | 45 |
| Tabel 4.4. Pengujian kekerasan diquenching dengan oli suhu 50°C..... | 45 |
| Tabel 4.5. Pengujian kekerasan diquenching dengan oli suhu 80°C..... | 45 |
| Tabel 4.6. Hasil pengukuran dan perhitungan benda uji..... | 49 |
| Tabel 4.7. Pengujian tarik normalising | 50 |
| Tabel 4.8. Pengujian tarik diquenching dengan oli suhu 27°C | 50 |
| Tabel 4.9. Pengujian tarik diquenching dengan oli suhu 50°C | 50 |
| Tabel 4.10. Pengujian tarik diquenching dengan oli suhu 80°C | 51 |
| Tabel 4.11. Pengujian impak normalising..... | 53 |
| Tabel 4.12. Pengujian impak diquenching dengan oli suhu 27°C..... | 54 |
| Tabel 4.13. Pengujian impak diquenching dengan oli suhu 50°C..... | 54 |
| Tabel 4.14. Pengujian impak diquenching dengan oli 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 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 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 baja perlu dilakukan perlakuan panas salah satunya yaitu quenching.

Untuk itu penyusun dalam penelitian ini mengambil judul "*The Influence of Quenching By Oil 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 untuk mengetahui :

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

3. Pengaruh variasi suhu oli sebagai media pendingin quenching terhadap uji dampak baja St 42.
4. Pengaruh variasi suhu oli 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 :

1. Obyek penelitian yaitu baja karbon St 42
2. Perlakuan panas pada baja St 42 yang digunakan quenching
3. Pengujian sifat mekanis bahan meliputi pengujian tarik, pengujian kekerasan dan pengujian dampak.

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 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.

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 0,3%-0,7% baja karbon sedang banyak digunakan dalam industri sebagai alat-alat perkakas 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, cetakan-cetakan bahan plastik, pegas, dll.

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 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 : 1.00 % | 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 : 3.00 % Cr : 0.80 % | 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 – 0.1.25 % 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 karena diperlukan dalam proses pembuatan baja. Kadar Mn lebih kecil dari 0,6% tidak dianggap sebagai unsur paduan kaaarena 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 menadikan baja austenit pada suhu kamar, Ni membuat struktur butiran halus dan menaikkan keuletan baja. |

Tabel 2.2 : lanjutan

| | |
|--|--|
| 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 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) | 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 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.

2.4 Pengujian-pengujian yang dilakukan

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

- A. Normalising
- B. Quenching
- C. Pengujian kekerasan
- D. Pengujian tarik
- E. Pengujian impak
- F. Analisis Struktur mikro

2.5 Perlakuan Panas

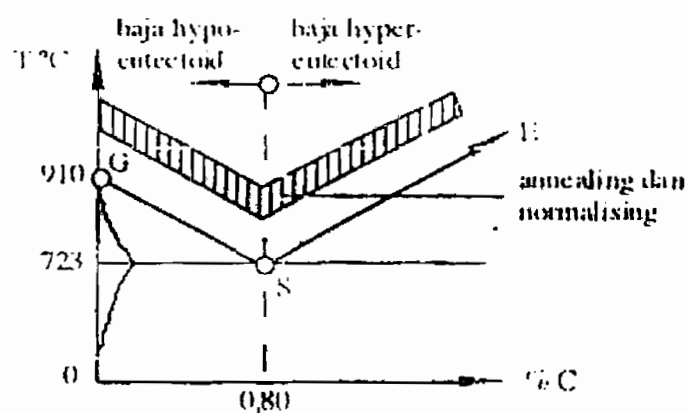
Perlakuan panas pada baja merupakan proses pemanasan baja sampai suhu tertentu dan dalam waktu tertentu kemudian didinginkan dengan cara tertentu pula. Perlakuan panas ini dimaksudkan untuk memberikan sifat-sifat lebih baik pada baja. Baja dikeraskan agar tahan aus dan kemampuan memotong meningkat, atau baja dapat dilunakkan agar 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. Untuk meningkatkan perlakuan panas yang tepat, susunan komposisi kimia (kadar karbon) dari baja harus diketahui karena untuk mengetahui besarnya suhu untuk 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 hipoeutektoid setelah dinormalisasi akan memperoleh struktur ferit dan perlit, sedang baja hipereutektoid setelah dinormalisasi akan memperoleh struktur perlit dan sementit.



Gambar 2.1 : Daerah normalising

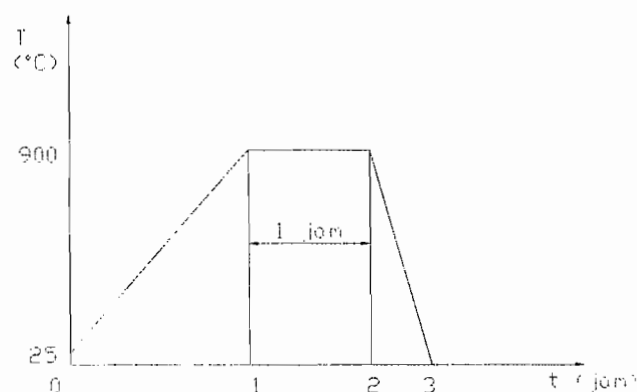
(Sumber : Viktor Malau, Diktat Bahan Teknik Manufaktur)

2.5.2 Quenching

Baja dipanaskan pada suhu tertentu dan dalam waktu tertentu, kemudian didinginkan secara 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 ke dalam 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.

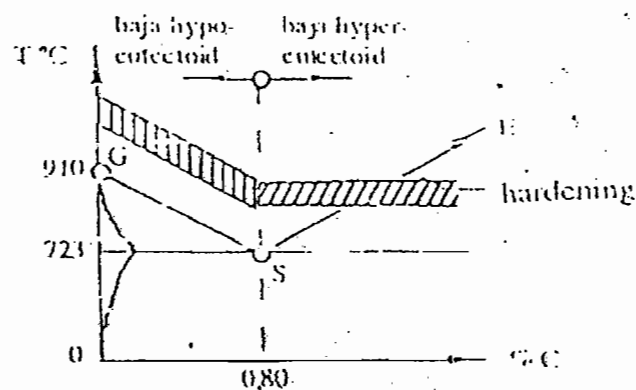
Pencelupan atau pendinginan untuk baja karbon rendah dan baja karbon sedang pada umumnya digunakan media air atau minyak. Laju pendinginannya cukup cepat sehingga terbentuk martensit. Sedangkan untuk baja dengan kadar karbon tinggi dan baja paduan biasanya digunakan minyak sebagai media pencelupan. Hubungan 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 dengan oven secara cepat dengan media yang sesuai dengan ketentuan yang diizinkan. Untuk media pendinginan baja St 42 disini digunakan media oli.

Pada saat pemanasan dilakukan dalam oven hingga suhu 900°C perlit dan ferit berubah menjadi austenit. Sedangkan 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

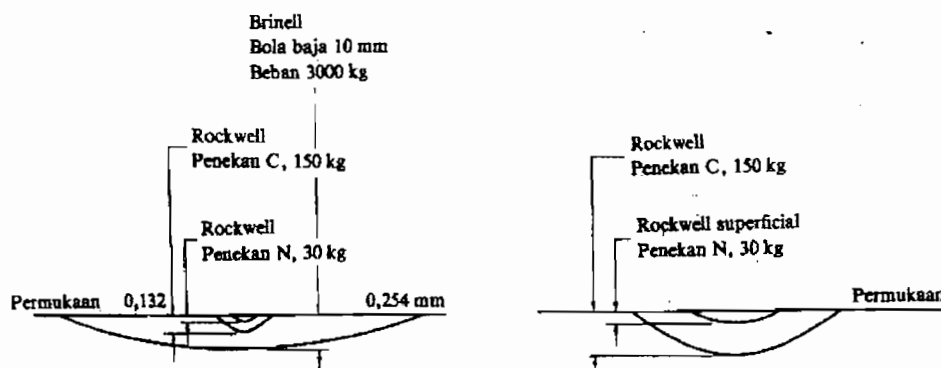
Maksud dari pengujian kekerasan yang dilakukan adalah dengan menggunakan pengujian kekerasan brinell. Pengujian ini dilakukan dengan cara

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 injakkan atau tekan yang sama pada tabel 2.3 ditunjukkan karakteristik sebagai pengujian kekerasan.

Tabel 2.3 Karakteristik pengujian kekerasan

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

| Cara pengujian | Brinell (H _B) | Rockwell (H _{RA} , H _{RC} etc.) | Rockwell (H _{R30T} , H _{R30N} 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 | $\frac{\text{Beban}}{\text{Luas penekanan}}$ | 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 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 2.4 berikut :

Tabel 2.4 Tabel Tebal Benda Uji 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 sampai 0,50 dari diameter penetrator.

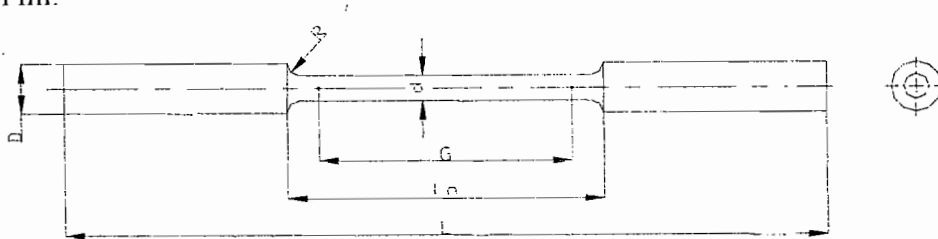
2.7 Pengujian Tarik

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 sumbu 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.

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 :

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

dengan :

σ_t = Kekuatan tarik (kg/mm^2)

P = Beban maksimal (kg)

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

Perbandingan antara pertambahan panjang (ΔL) dengan panjang awal benda 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 :

$$\sigma_B = \frac{F_{patah}}{A_0} \left(\frac{kg}{mm^2} \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan :

σ_B = Tegangan patah (kg/mm²)

F_{patah} = Beban patah (kg)

A_0 = Luas penampang awal benda uji (mm²)

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 (%)

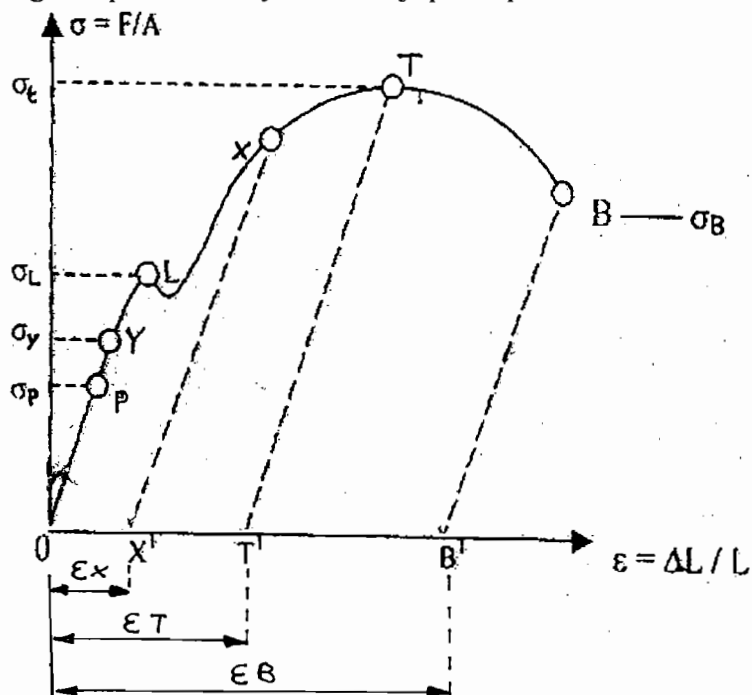
A_0 = Luas penampang awal benda uji (mm²)

A_i = Luas penampang akhir benda kerja (mm²)

Hubungan antara tegangan yang timbul ($\sigma = F/A$) dan tegangan 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 ditiadakan, 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 suatu 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 (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.

2.7.2 Batas Proporsional

Batas proporsional adalah tegangan maksimum elastis bahan, sehingga apabila tegangan-tegangan 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.

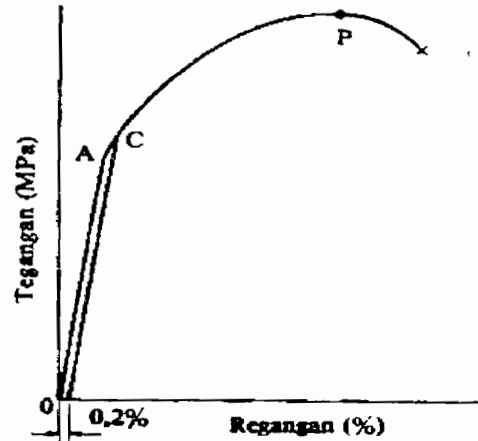
Tegangan tarik maksimum adalah beban tarik maksimum yang dapat ditahan material sebelum putus. Tegangan tarik maksimum dari baja lunak berkisar antara 125 GPa sampai dengan 345 MPa.

2.7.3 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.

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.

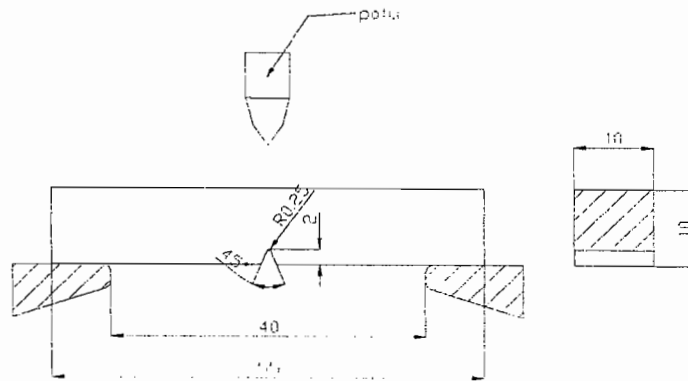


Gambar 2.7 Hubungan tegangan-regangan pada bahan yang mulur kontinu, dan cara memperoleh kekuatan mulur 0,2%

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

2.8 Pengujian Impak

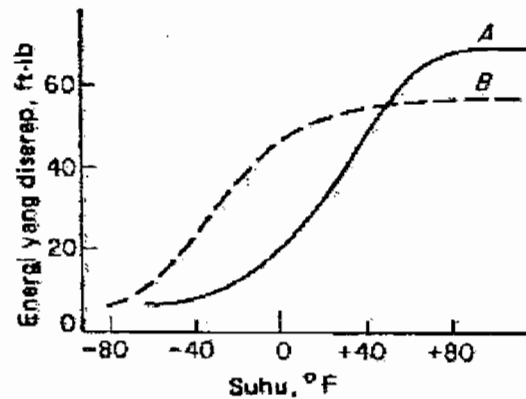
Berbagai jenis pengujian impak batang bertakik telah digunakan untuk menentukan kecenderungan bahan untuk bersifat getas. Dengan jenis ini dapat diketahui perbedaan sifat bahan yang tidak teramati dalam uji tarik. Hasil yang diperoleh dari uji batang bertakik tidak dengan sekaligus memberikan besaran 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 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 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 penyebaran 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)

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



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

dengan :

x_i : data nilai perhitungan

x_m : purata

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

n : jumlah pengujian

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

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 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 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

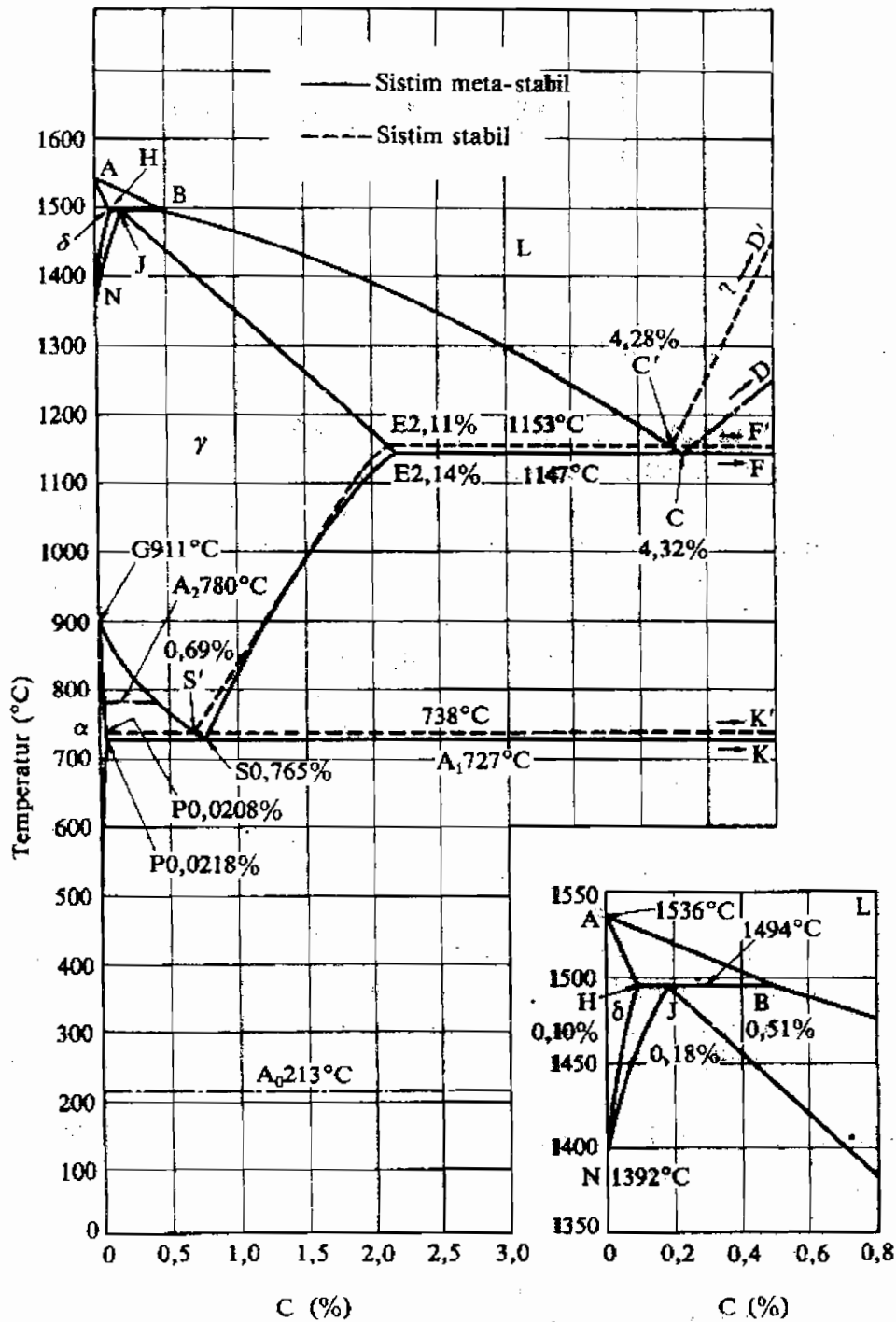
Baja yang berkadar karbon sama dengan komposisi eutektoid dinamakan baja eutektoid, yang berkadar karbon kurang dari komposisi eutektoid disebut baja hipoeutektoid, dan yang berkadar karbon lebih dari komposisi eutektoid disebut baja hipereutektoid. Gambar 2.11 menunjukkan struktur mikro baja apabila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

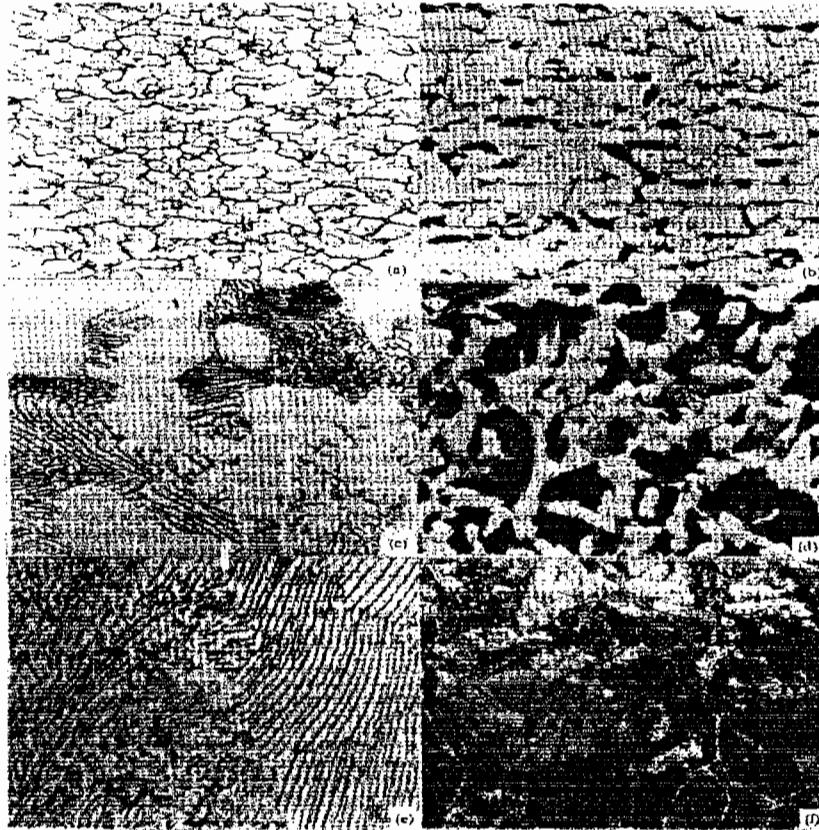
Pada baja eutektoid transformasi terjadi pada titik tetap S , menjadi struktur yang disebut perlit. Pada baja hipoeutektoid terbentuk fasa ferit

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 diaustenitikan 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 diaustenitikan 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 sel satuan kubus pusat muka 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 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 keanekaragaman 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 2.6. Fasa yang ada pada baja

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

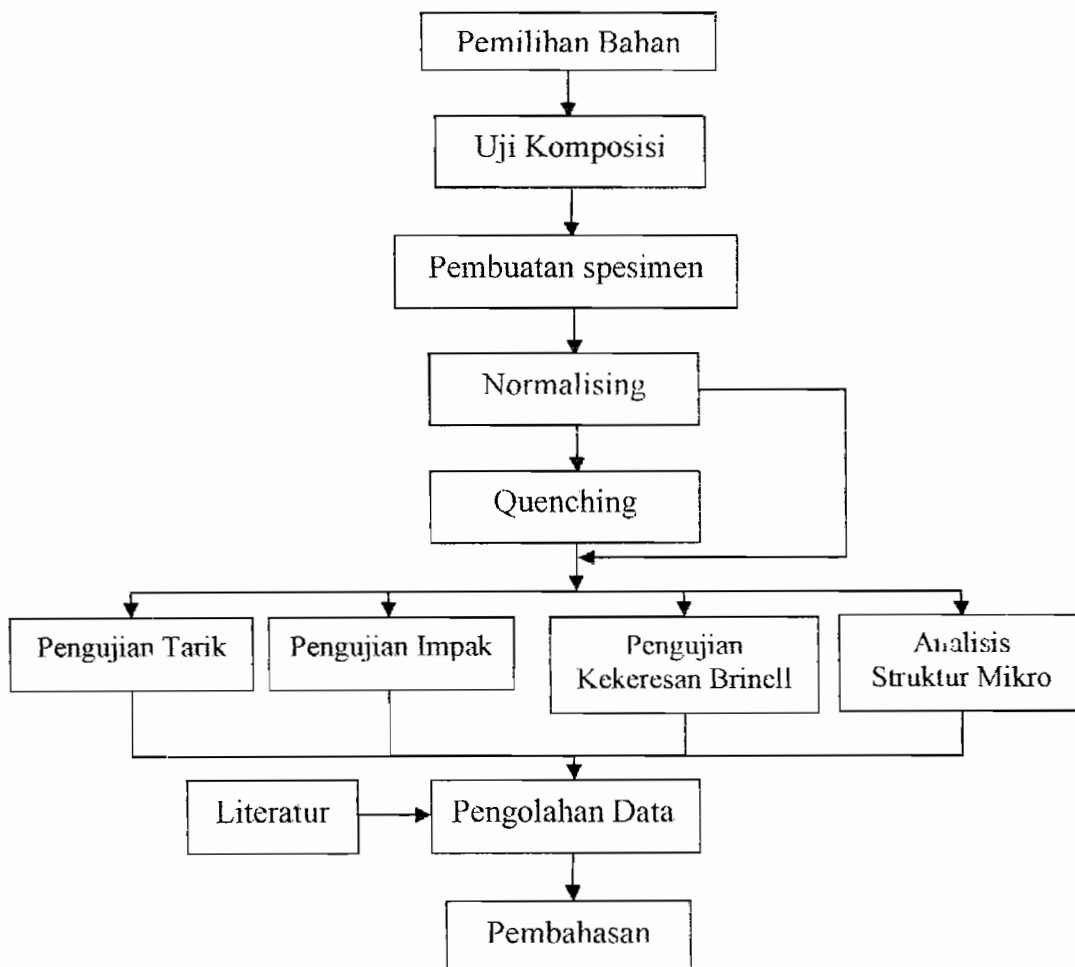
| | Fasa dan simbol | Struktur | Pengelasan |
|------------------------|--------------------------|----------|---|
| <i>Menurut kristal</i> | Austenit (γ) | Fcc | Paramagnetik dan stabil pada temperatur tinggi |
| | Ferit (α) | Bcc | Stabil pada temperatur rendah, kelarutan padat terbatas, dapat berada 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 Widmanstaetten | | Lapisan ferit Fe_3C γ dan α dalam orientasi pada persipitasi ferit bentuk cabang-cabang seperti pohon, struktur ini terbentuk karena seggregasi karbon pada pembekuan |
| | Sorbit Trostit | | Sorbit adalah perlit halus dan trostit adalah bainit Nama ini tidak banyak dipakai |

BAB III

PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Skema Jalannya 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 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-unsurnya. Pengujian ini telah dilakukan di Laboratorium Logam Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten.

3.4 Alat – alat yang digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa :

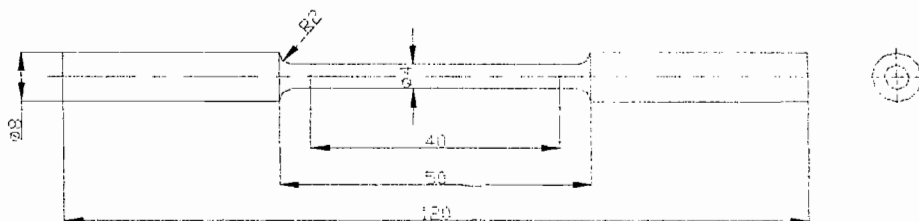
- a. Mesin uji tarik Laboratorium Ilmu Logam, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma Yogyakarta
- b. Mesin uji impak Charpy di Laboratorium Gama Material Test Jurusan Teknik Mesin Program Diploma Universitas Gajah Mada Yogyakarta
- c. Mesin uji kekerasan Brinell (*Brinell Hardness Tester MOD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

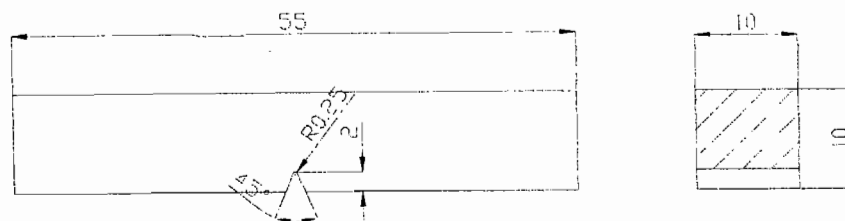
3.5 Pembuatan Spesimen

Sampel benda uji baja karbon rendah ini berbentuk silinder dengan diameter $D = 15 \text{ mm}$, ukuran sampel sama dengan 4 jenis pengujian. Pemotongan bahan uji di lakukan di Laboratorium Teknologi mekanik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, terdiri dari pengujian sebelum perlakuan panas 4 sampel, pengujian quenching dengan oli yang bersuhu 27° 4 sampel, pengujian quenching dengan oli yang bersuhu 50° 4 sampel dan pengujian quenching dengan oli yang bersuhu 80° 4 sampel.

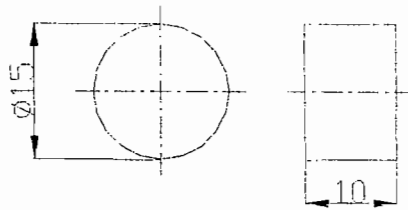
Bahan Uji :



Gambar 3.1 Bentuk dan geometri benda uji tarik



Gambar 3.2 Bentuk dan geometri benda uji impak



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

3.6 Proses Normalising

Pada proses ini pemanasan dilakukan dengan memanaskan baja sampai temperatur 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 media pendingin oli.

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 ditekankan pada permukaan bahan uji yang licin dengan

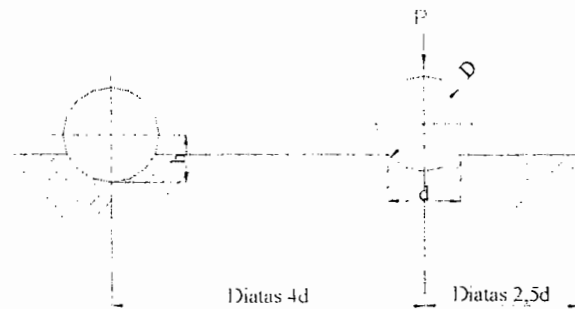
suatu gaya tertentu. Bahan uji itu harus didukung secara merata oleh bidang pendukung yang cukup tebal.

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 ditekankan 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 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, beban bola baja dengan diameter 2,5 mm dan pembebanan 187,5 kg pada lima 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.



Gambar 3.4 Cara pengujian kekerasan Brinell

Keterangan :

D = Diameter indentor (mm)

d = Diameter lubang bekas injakan (mm)

Tabel 3.1 menunjukkan harga standar untuk diameter bola baja keras dan beban dengan daerah kekerasan yang diukur.

Tabel 3.1 Diameter bola untuk baja untuk pengukuran kekerasan Brinell

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

| HB rata – rata | P/D^2 | Bahan |
|----------------|---------|---------------------------|
| 160 | 30 | Baja, besi cor |
| 160 – 180 | 10 | Kuningan, logam campur Cu |
| 80 - 20 | 5 | Aluminium, tembaga |

| Diameter Bola baja (mm) | Beban P | | |
|----------------------------|----------|----------|---------|
| | $30 D^2$ | $10 D^2$ | $5 D^2$ |
| 10 | 3000 | 1000 | 500 |
| 5 | 750 | 250 | 125 |
| 2.5 | 187,5 | 62,5 | 31,25 |

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 sesuai dengan ukuran standar, 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.

3. Mencatat kekuatan tarik maksimum hingga beban maksimum setelah bahan uji putus.
4. Setelah bahan uji putus maka dilakukan pengukuran penambahan panjangnya.

3.10 Pengujian Impak

Pengujian impak menggunakan beban yang tiba-tiba dengan metode Charpy. Bahan yang ulet menunjukkan harga impak yang tinggi.

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 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 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%). Pengamatan dilakukan 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

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 Pengujian Kekerasan Brinell

Perhitungan kekerasan Brinell dapat dilakukan dengan rumus (2.1).

Sebagai contoh :

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

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

4.2.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan Brinell

Tabel 4.2 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 Pengujian kekerasan diquenching dengan oli suhu 27° C

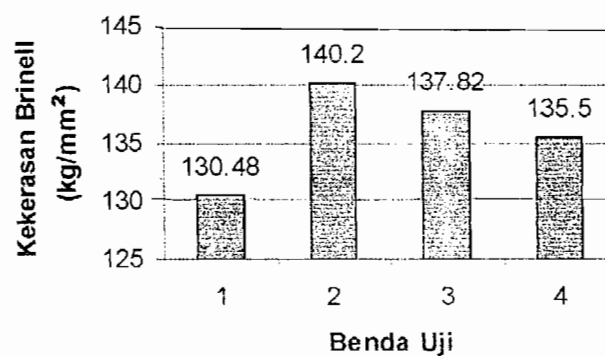
| No | P (kg) | D (mm) | d (mm) | HB (kg/mm ²) |
|-----------------|--------|--------|--------|--------------------------|
| 1 | 187,5 | 2,5 | 1,28 | 135,51 |
| 2 | 187,5 | 2,5 | 1,26 | 140,20 |
| 3 | 187,5 | 2,5 | 1,25 | 142,63 |
| 4 | 187,5 | 2,5 | 1,26 | 140,20 |
| Rata-rata | | | | 140,20 |
| Standar Deviasi | | | | ± 3,05 |

Tabel 4.4 Pengujian kekerasan diquenching dengan oli suhu 50° C

| No | P (kg) | D (mm) | d (mm) | HB (kg/mm ²) |
|-----------------|--------|--------|--------|--------------------------|
| 1 | 187,5 | 2,5 | 1,26 | 140,20 |
| 2 | 187,5 | 2,5 | 1,27 | 137,82 |
| 3 | 187,5 | 2,5 | 1,27 | 137,82 |
| 4 | 187,5 | 2,5 | 1,27 | 137,82 |
| Rata-rata | | | | 137,82 |
| Standar Deviasi | | | | ± 1,37 |

Tabel 4.5 Pengujian kekerasan diquenching dengan oli suhu 80° C

| No | P (kg) | D (mm) | d (mm) | HB (kg/mm ²) |
|-----------------|--------|--------|--------|--------------------------|
| 1 | 187,5 | 2,5 | 1,28 | 135,50 |
| 2 | 187,5 | 2,5 | 1,28 | 135,50 |
| 3 | 187,5 | 2,5 | 1,29 | 133,24 |
| 4 | 187,5 | 2,5 | 1,28 | 135,50 |
| Rata – rata | | | | 135,50 |
| Standar Deviasi | | | | ± 1,30 |

Gambar 4.1 grafik uji kekerasan Brinell

Keterangan gambar 4.1 :

1. Spesimen di normalising
2. Spesimen di quenching dengan oli suhu 27° C
3. Spesimen di quenching dengan oli suhu 50° C
4. Spesimen di quenching dengan oli suhu 80° C

Baja St 42 tanpa perlakuan panas (normalising) mempunyai harga rata-rata batas ukur kekerasan 130,48 kg/mm². Baja St 42 yang di quenching dengan oli yang bersuhu 27°C mempunyai harga rata-rata batas ukur kekerasan 140,20 kg/mm². Baja St 42 yang di quenching dengan oli yang bersuhu 50°C mempunyai harga rata-rata batas ukur kekerasan 137,82 kg/mm². Baja St 42 yang di quenching dengan oli yang bersuhu 80°C mempunyai harga rata-rata batas ukur kekerasan 135,50 kg/mm².

Dari data dan perhitungan diatas dapat dilihat bahwa baja St 42 yang di quenching kekerasannya lebih tinggi dibandingkan dengan baja St 42 tanpa perlakuan panas (normalising). Hal ini disebabkan karena pada proses pemanasan di dalam oven terjadi perubahan struktur dalam bahan dari perlit dan ferit menjadi austenit yang kemudian didinginkan secara tiba-tiba membentuk martensit yang sifatnya keras.

Pendinginan dengan media yang berbeda-beda suhu (27°C, 50°C dan 80°C) akan mempengaruhi tingkat kekerasan bahan. Kekerasan baja St 42 yang didinginkan dengan variasi suhu media yang rendah kekerasannya akan lebih

tinggi dibandingkan dengan variasi suhu media yang tinggi. Hal ini disebabkan proses pendinginannya lebih cepat (dapat membuang panas secara cepat).

4.3 Pengujian Tarik

Contoh perhitungan :

$$1. \quad \sigma_B = \frac{359,18}{\frac{\pi}{4} \times (4,0)^2} \text{ (kg / mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_B = 28,59 \text{ kg / mm}^2$$

$$2. \quad \sigma_t = \frac{562,2}{\frac{\pi}{4} \times (4,0)^2} \text{ (kg / mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_t = 44,76 \text{ kg / mm}^2$$

$$3. \quad \varepsilon = \frac{8,25}{40} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 20,625\%$$

$$4. \quad \Psi = \left(\frac{12,56 - 3,14}{12,56} \right) \times 100\%$$

$$\Psi = 75\%$$

4.3.1 Data Hasil Pengujian Tarik

Tabel 4.6 Hasil pengukuran dan perhitungan benda uji

| Perlakuan | Benda Uji | P (Kg) | D (mm) | d (mm) | Lo (mm) | ΔL (mm) | A_o (mm ²) | A_i (mm ²) |
|-------------------------|-----------|--------|--------|--------|---------|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| Normalising | 1 | 513,2 | 4,0 | 2,2 | 40 | 9,4 | 12,56 | 3,79 |
| | 2 | 501,1 | 4,0 | 2,1 | 40 | 10,2 | 12,56 | 3,46 |
| | 3 | 510,5 | 4,0 | 2,1 | 40 | 9,1 | 12,56 | 3,46 |
| | 4 | 517,4 | 4,0 | 2,1 | 40 | 9,7 | 12,56 | 3,46 |
| Quenching (oli 27°C) | 1 | 562,2 | 4,0 | 2,0 | 40 | 8,25 | 12,56 | 3,14 |
| | 2 | 552,5 | 3,96 | 2,0 | 40 | 9,45 | 12,31 | 3,14 |
| | 3 | 566,8 | 4,0 | 2,1 | 40 | 9,55 | 12,56 | 3,46 |
| | 4 | 572,3 | 4,1 | 2,12 | 40 | 7,55 | 13,19 | 3,53 |
| Quenching (oli 50°C) | 1 | 600,4 | 4,0 | 2,2 | 40 | 10,7 | 12,56 | 3,79 |
| | 2 | 575,3 | 4,0 | 2,1 | 40 | 8,9 | 12,56 | 3,46 |
| | 3 | 571,2 | 4,0 | 2,1 | 40 | 8,6 | 12,56 | 3,46 |
| | 4 | 596,2 | 4,0 | 2,18 | 40 | 8,15 | 12,56 | 3,73 |
| Quenching (oli 80°C) | 1 | 584,3 | 4,0 | 2,14 | 40 | 15,5 | 12,56 | 3,59 |
| | 2 | 622,2 | 4,0 | 2,24 | 40 | 15,4 | 12,56 | 3,94 |
| | 3 | 600,1 | 4,1 | 2,28 | 40 | 13,5 | 13,19 | 4,08 |
| | 4 | 639,9 | 4,0 | 2,1 | 40 | 19,5 | 12,56 | 3,46 |

Tabel 4.7 Pengujian tarik normalising

| No | P (Kg) | F _B (kg) | σ_B (kg/mm ²) | σ_t (kg/mm ²) | ϵ (%) | Ψ (%) |
|-----------------|-----------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|---------------|
| 1 | 513,2 | 358,8 | 27,69 | 40,86 | 23,5 | 69,82 |
| 2 | 501,1 | 342,2 | 27,32 | 39,89 | 25,5 | 72,45 |
| 3 | 510,5 | 327,24 | 26,05 | 40,64 | 22,75 | 72,45 |
| 4 | 517,4 | 332,61 | 26,48 | 41,19 | 24,75 | 72,45 |
| Rata-rata | | | 27,10 | 40,65 | 24 | 71,79 |
| Standar Deviasi | | | ± 0,79 | ± 0,55 | ± 1,25 | ± 1,32 |

Tabel 4.8 Pengujian tarik diquenching dengan oli suhu 27°C

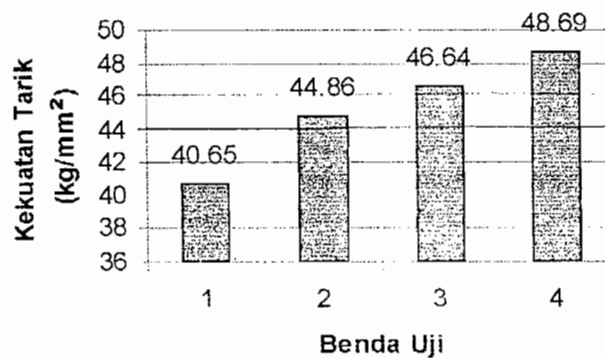
| No | P (Kg) | F _B (kg) | σ_B (kg/mm ²) | σ_t (kg/mm ²) | ϵ (%) | Ψ (%) |
|-----------------|-----------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|---------------|
| 1 | 562,2 | 359,18 | 28,59 | 44,76 | 20,62 | 75 |
| 2 | 552,5 | 347,28 | 28,21 | 44,88 | 23,62 | 74,49 |
| 3 | 566,8 | 369,99 | 29,46 | 45,13 | 23,87 | 72,45 |
| 4 | 572,3 | 384,15 | 29,11 | 43,39 | 18,87 | 73,24 |
| Rata-rata | | | 28,86 | 44,86 | 21,75 | 73,84 |
| Standar Deviasi | | | ± 0,55 | ± 0,86 | ± 2,42 | ± 1,16 |

Tabel 4.9 Pengujian tarik diquenching dengan oli suhu 50°C

| No | P (Kg) | F _B (kg) | σ_B (kg/mm ²) | σ_t (kg/mm ²) | ϵ (%) | Ψ (%) |
|-----------------|-----------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|---------------|
| 1 | 600,4 | 389,87 | 31,04 | 47,80 | 26,75 | 69,82 |
| 2 | 575,3 | 386,16 | 30,74 | 45,80 | 22,25 | 72,45 |
| 3 | 571,2 | 375,58 | 29,90 | 45,48 | 21,5 | 72,45 |
| 4 | 596,2 | 381,57 | 30,38 | 47,47 | 20,37 | 70,30 |
| Rata-rata | | | 30,52 | 46,64 | 22,72 | 71,26 |
| Standar Deviasi | | | ± 0,49 | ± 1,17 | ± 2,80 | ± 1,39 |

Tabel 4.10 Pengujian tarik diquenching dengan oli suhu 80°C

| No | P (Kg) | F _H (kg) | σ_B (kg/mm ²) | σ_t (kg/mm ²) | ϵ (%) | ψ (%) |
|-----------------|-----------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|---------------|
| 1 | 584,3 | 386,90 | 30,80 | 46,52 | 38,75 | 71,42 |
| 2 | 622,2 | 433,18 | 34,49 | 49,54 | 38,50 | 72,45 |
| 3 | 600,1 | 428,64 | 32,48 | 45,49 | 33,75 | 69,07 |
| 4 | 639,9 | 442,4 | 35,22 | 50,94 | 48,75 | 70,86 |
| Rata-rata | | | 33,24 | 48,69 | 39,94 | 70,43 |
| Standar Deviasi | | | ± 2,00 | ± 2,63 | ± 6,31 | ± 1,54 |

Gambar 4.2 grafik uji tarik

Keterangan gambar 4.2 :

1. Spesimen di normalising
2. Spesimen diquenching dengan oli suhu 27°C
3. Spesimen diquenching dengan oli suhu 50°C
4. Spesimen diquenching dengan oli suhu 80°C



Baja St 42 tanpa perlakuan panas (normalising) mempunyai harga rata-rata batas ukur kekuatan tarik 40,64 kg/mm². Baja St 42 yang di quenching dengan oli

yang bersuhu 27°C mempunyai harga rata-rata batas ukur kekuatan tarik 44,86 kg/mm². Baja St 42 yang di quenching dengan oli yang bersuhu 50°C mempunyai harga rata-rata batas ukur kekuatan tarik 46,64 kg/mm². Baja St 42 yang di quenching dengan oli yang bersuhu 80°C mempunyai harga rata-rata batas ukur kekuatan tarik 48,69 kg/mm².

Dari data dan perhitungan diatas dapat dilihat bahwa baja St 42 tanpa perlakuan panas (normalising) dibandingkan dengan baja St 42 yang di quenching nilai kekuatan tariknya lebih besar. Hal ini disebabkan apabila baja di panaskan maka baja tersebut akan menjadi lebih kuat. Baja St 42 yang di quenching dengan oli yang bersuhu 27°C, 50°C dan 80°C mengalami kenaikan kekuatan tarik tetapi tidak terlalu besar. Hal ini berarti variasi suhu pada oli mempengaruhi besarnya kekuatan tarik. Variasi suhu oli yang rendah kekuatan tariknya lebih rendah daripada variasi suhu oli yang tinggi karena proses pendinginannya yang cepat yang mengakibatkan perlit dan ferit menjadi martensit sehingga baja menjadi getas. Kegetasan baja mengakibatkan kekuatan tariknya rendah.

4.4 Pengujian Impak

Contoh perhitungan :

$$1. W = 20.0,8(\cos 104 - \cos 151)$$

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

$$2. \text{ Keliatan} = \frac{10,12}{80}$$

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

4.4.1 Data hasil Pengujian Impak

Tabel 4.11 Pengujian impak normalising

| No | Sudut β (°) | Sudut α (°) | Luas penampang patahan A (mm ²) | Tenaga patah W (Joule) | Keliatan bahan (Joule/mm ²) |
|-----------------|----------------------|-----------------------|--|---------------------------|--|
| 1 | 104 | 151 | 80 | 10,12 | 0,1265 |
| 2 | 103 | 151 | 80 | 10,40 | 0,1398 |
| 3 | 103 | 151 | 80 | 10,40 | 0,1298 |
| 4 | 102 | 151 | 80 | 10,67 | 0,1334 |
| Rata-rata | | | | 10,39 | 0,1298 |
| Standar Deviasi | | | | ± 0,22 | ± 2,8.10 ⁻³ |

Tabel 4.12 Pengujian impak diquenching dengan oli suhu 27°C

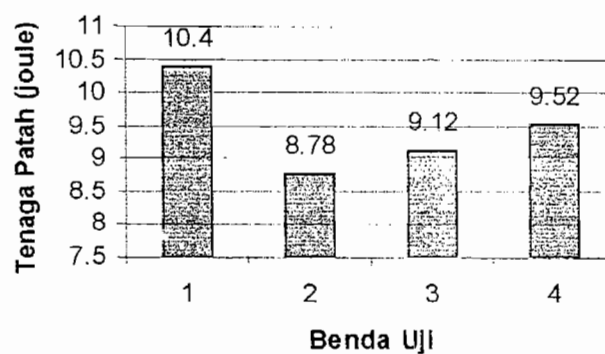
| No | Sudut β (°) | Sudut α (°) | Luas penampang patahan A (mm ²) | Tenaga patah W (Joule) | Keliatan bahan (Joule/mm ²) |
|-----------------|----------------------|-----------------------|--|---------------------------|--|
| 1 | 109 | 151 | 80 | 8,78 | 0,1097 |
| 2 | 110 | 151 | 80 | 8,52 | 0,1065 |
| 3 | 109 | 151 | 80 | 8,78 | 0,1097 |
| 4 | 108 | 151 | 80 | 9,05 | 0,1131 |
| Rata-rata | | | | 8,78 | 0,1097 |
| Standar Deviasi | | | | ± 0,22 | ± 2,89.10 ⁻³ |

Tabel 4.13 Pengujian impak diquenching dengan oli suhu 50°C

| No | Sudut β (°) | Sudut α (°) | Luas penampang patahan A (mm ²) | Tenaga patah W (Joule) | Keliatan bahan (Joule/mm ²) |
|-----------------|----------------------|-----------------------|--|---------------------------|--|
| 1 | 108 | 151 | 80 | 9,05 | 0,1131 |
| 2 | 107 | 151 | 80 | 9,31 | 0,1164 |
| 3 | 107 | 151 | 80 | 9,31 | 0,1164 |
| 4 | 109 | 151 | 80 | 8,78 | 0,1097 |
| Rata-rata | | | | 9,12 | 0,1140 |
| Standar Deviasi | | | | ± 0,25 | ± 3,37.10 ⁻³ |

Tabel 4.14 Pengujian impak diquenching dengan oli suhu 80°C

| No | Sudut β (°) | Sudut α (°) | Luas penampang patahan A (mm ²) | Tenaga patah W (Joule) | Keliatan bahan (Joule/mm ²) |
|-----------------|-------------------|--------------------|---|------------------------|---|
| 1 | 108 | 151 | 80 | 9,05 | 0,1131 |
| 2 | 106 | 151 | 80 | 9,58 | 0,1197 |
| 3 | 105 | 151 | 80 | 9,85 | 0,1231 |
| 4 | 106 | 151 | 80 | 9,58 | 0,1197 |
| Rata-rata | | | | 9,52 | 0,1190 |
| Standar Deviasi | | | | $\pm 0,33$ | $\pm 4,16 \cdot 10^{-3}$ |

Gambar 4.3 grafik uji impak

Keterangan gambar 4.3 :

1. Spesimen di normalising
2. Spesimen di quenching dengan oli suhu 27° C
3. Spesimen di quenching dengan oli suhu 50° C
4. Spesimen di quenching dengan oli suhu 80° C

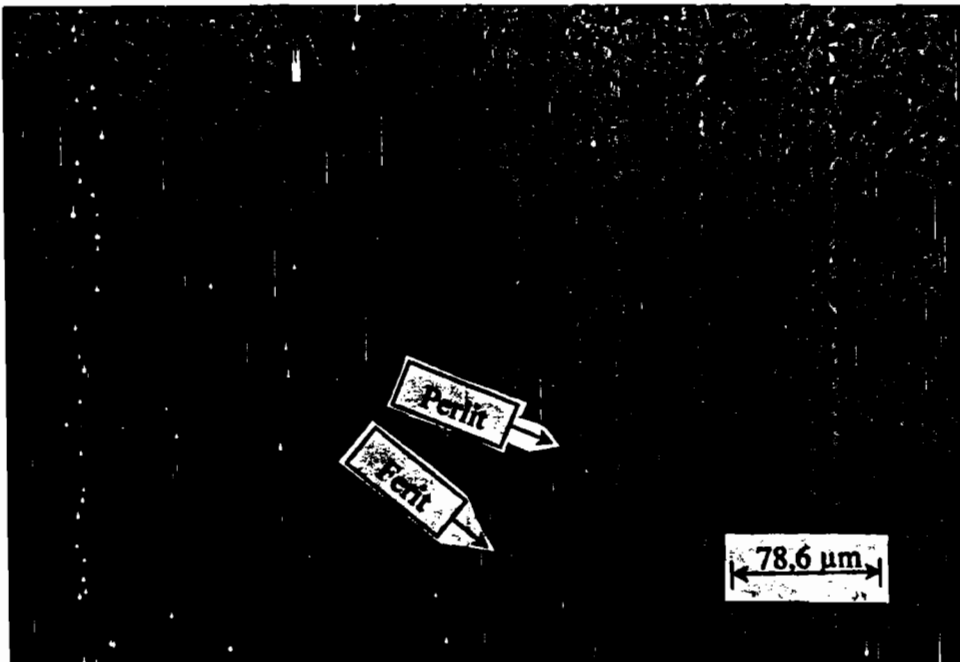
Baja St 42 tanpa perlakuan panas (normalising) mempunyai tenaga patah rata-rata 10,40 joule. Baja St 42 diquenching dengan oli yang bersuhu 27°C mempunyai tenaga patah rata-rata 8,78 joule. Baja St 42 diquenching dengan oli

yang bersuhu 50°C mempunyai tenaga patah rata-rata 9,12 joule. Baja St 42 diquenching dengan oli yang bersuhu 80°C mempunyai tenaga patah rata-rata 9,52 joule.

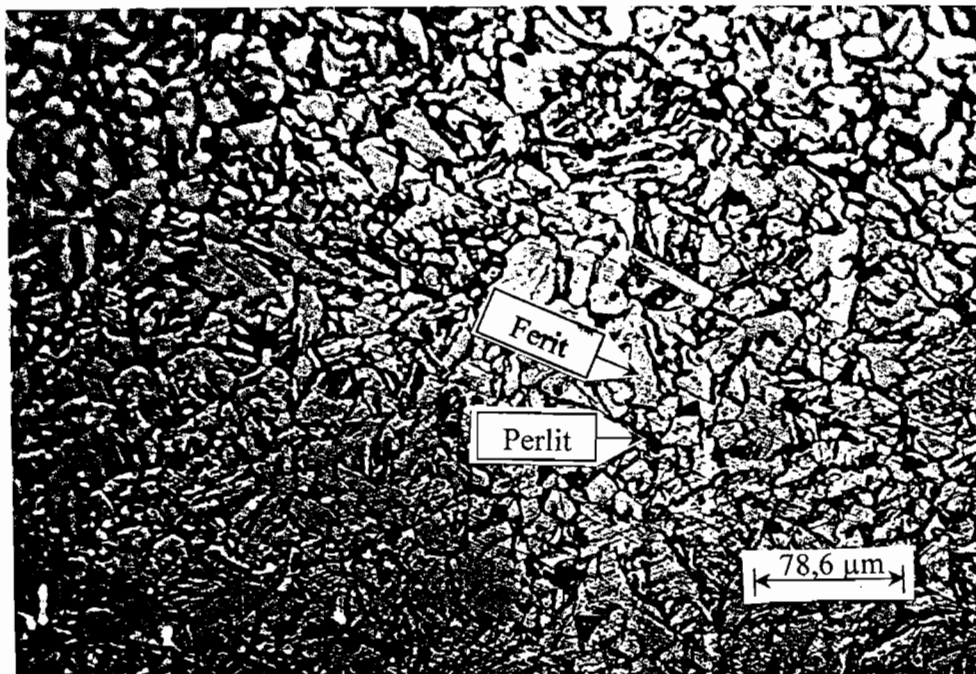
Dari data diatas dapat dilihat bahwa suatu bahan bila diquenching dengan media pendingin bersuhu tinggi akan mengalami kenaikan ketahanan bahan, karena semakin tinggi suhu pendinginan maka bahan akan semakin kuat. Sedangkan media pendingin bersuhu rendah akan menurunkan ketahanan bahan dan menjadikan bahan getas. Hal ini disebabkan oleh jumlah martensitnya yang bertambah besar, dan perlit menjadi sedikit. Semakin banyak jumlah martensit maka bahan akan semakin keras.

4.5 Struktur Mikro

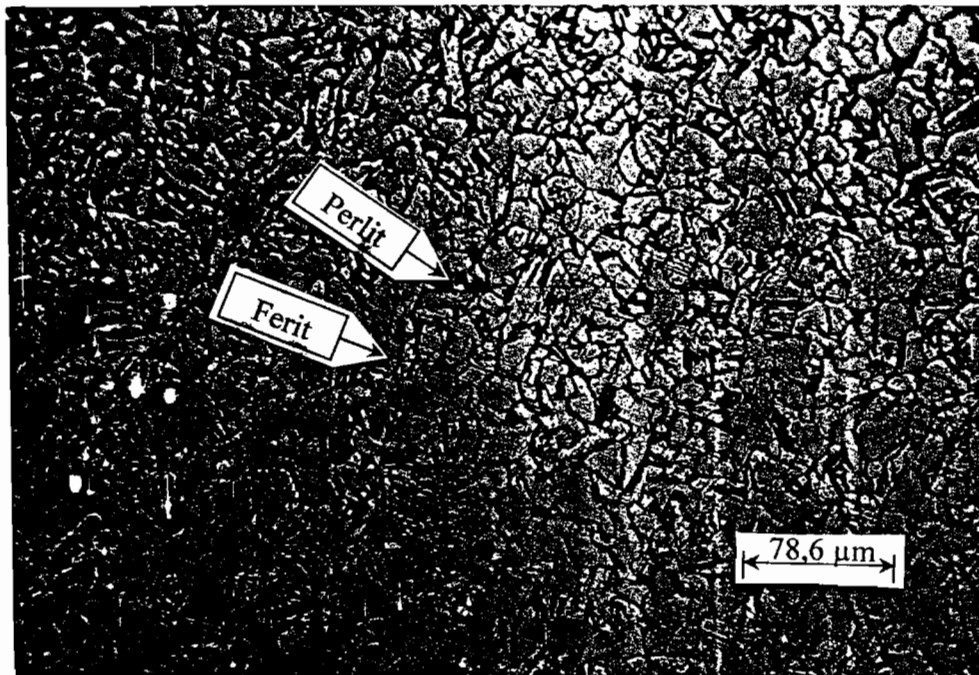
Gambar struktur mikro yang diperoleh dari hasil pengujian baja St 42 sebelum perlakuan panas (normalising) dan di quenching dengan oli suhu 27°C , 50°C dan 80°C adalah sebagai berikut :



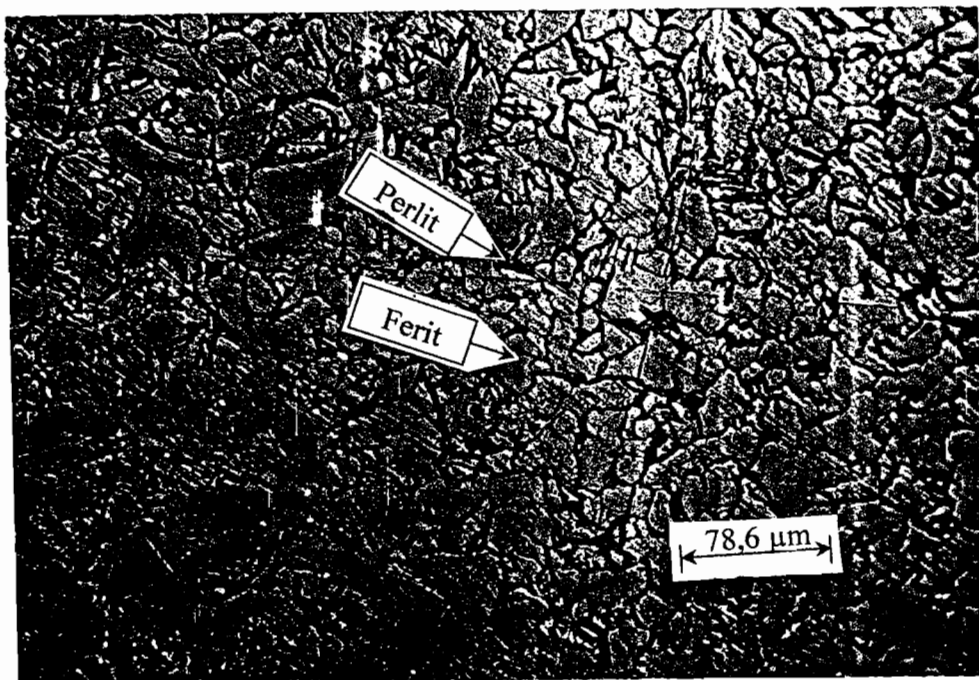
Gambar 4.4 Struktur mikro baja St 42 setelah di normalising



Gambar 4.5 Struktur mikro baja St 42 di quenching dengan oli suhu 27°C



Gambar 4.6 Struktur mikro baja St 42 di quenching dengan oli suhu 50°C



Gambar 4.7 Struktur mikro baja St 42 di quenching dengan oli suhu 80°C

Dari data gambar struktur mikro diatas yang diperoleh dari pemotretan menggunakan mikroskop foto dengan perbesaran 200 kali tidak terdapat perubahan yang sangat jelas.

Pada proses pengujian sebelum perlakuan panas (normalising) terlihat adanya komposisi ferrit dan perlit. Ferrit memberikan sifat yang liat, sedangkan perlit memberikan sifat yang lebih getas dan keras. Ferrit 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 prosentase kandungan karbon sebesar 0,104 % dari keseluruhan kandungan komposisi kimia bahan.

Pada pengujian quenching dengan media pendingin oli dengan variasi suhu 27°C, 50°C dan 80°C bentuk susunan struktur mikronya tidak menunjukkan perbedaan yang jelas dengan pengujian tanpa perlakuan panas (normalising).

BAB V

KESIMPULAN DAN PENUTUP

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

1. Semakin tinggi suhu media pendinginan (27°C , 50°C dan 80°C) yang digunakan dalam perlakuan panas quenching pada baja St 42, kekerasan bahan menjadi turun/rendah. Quenching pada suhu pendinginan 27°C BHN sekitar 140 kg/mm^2 , quenching pada suhu pendinginan 50°C BHN sekitar 138 kg/mm^2 , dan quenching pada suhu pendinginan 80°C BHN sekitar 135 kg/mm^2 .
2. Semakin tinggi suhu media pendinginan (27°C , 50°C dan 80°C) yang digunakan dalam perlakuan panas quenching pada baja St 42, kekuatan tarik bahan mengalami peningkatan. Quenching pada suhu pendinginan 80°C σ_t sekitar 49 kg/mm^2 , quenching pada suhu pendinginan 50°C σ_t sekitar 47 kg/mm^2 dan quenching pada suhu pendinginan 27°C σ_t sekitar 45 kg/mm^2 .
3. Semakin tinggi suhu media pendinginan (27°C , 50°C dan 80°C) yang digunakan dalam perlakuan panas quenching pada baja St 42, keliatan bahan mengalami peningkatan. Quenching pada suhu pendinginan 27°C W sekitar 9 Joule, quenching pada suhu pendinginan 50°C W sekitar 9 Joule dan quenching pada suhu pendinginan 80°C W sekitar 9 Joule.

4. Pada benda uji mula-mula, struktur mikronya terdiri dari ferit yang memberikan sifat liat dan perlit yang memberikan sifat keras. Sedangkan pada benda uji yang telah diquenching dengan oli tidak terdapat perbedaan yang jelas.

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*, Willey Eastern Limited, New Delhi, Bangalore.

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

Lampiran

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 (%) |
| Fe | 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 |

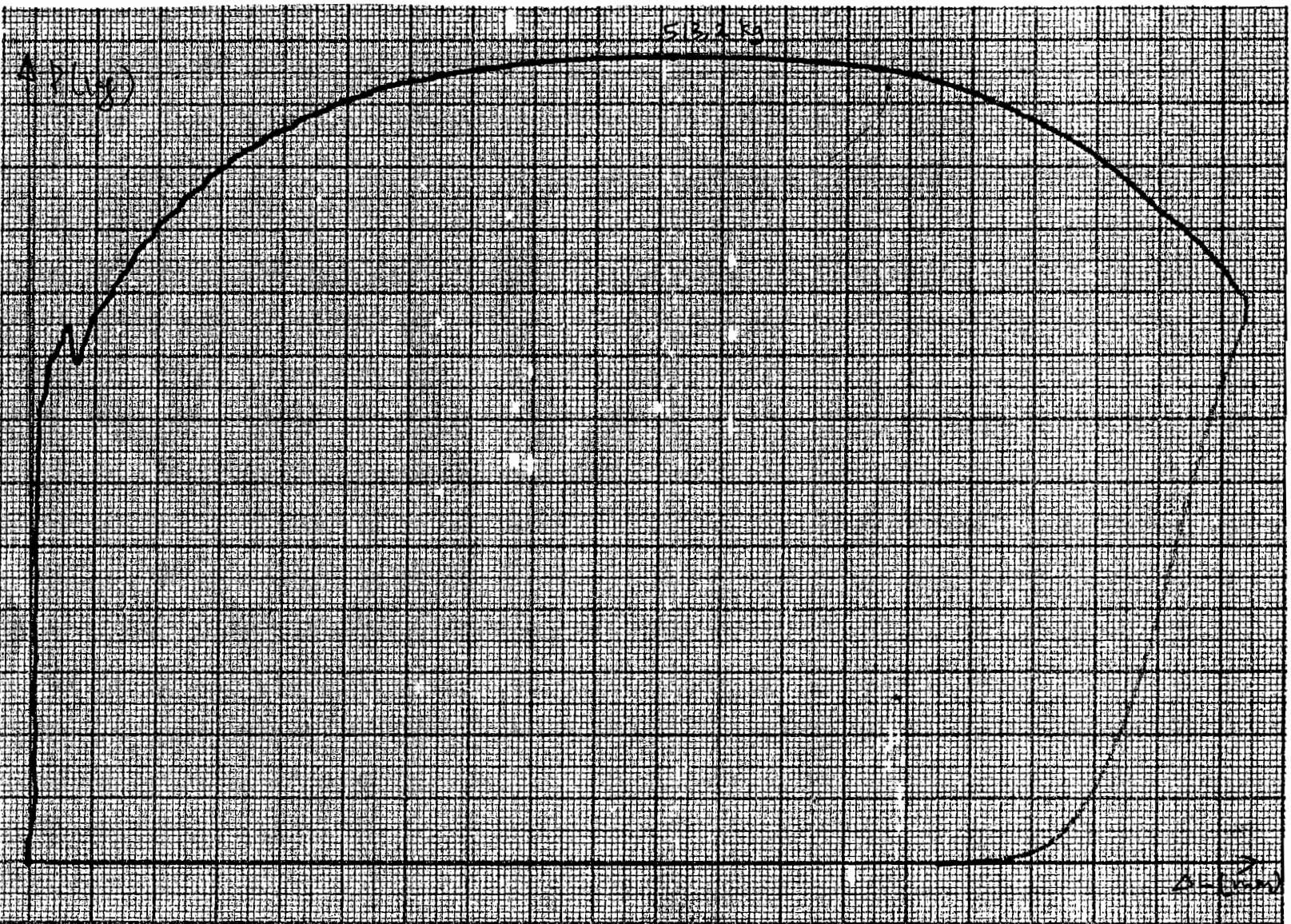
Klaten, 27 Maret 2004

Manajer Teknik

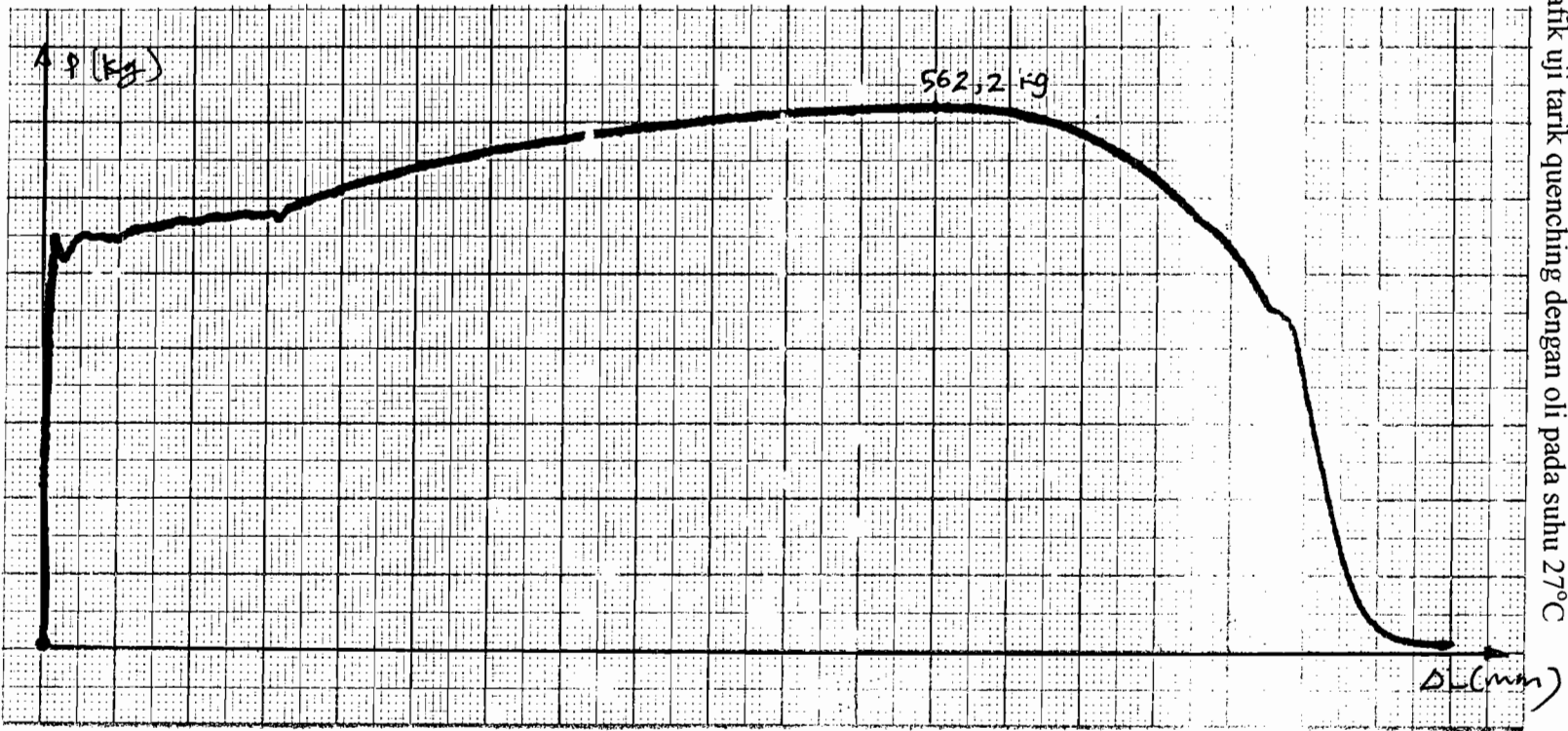


Laporan ini tidak boleh digandakan sebagian.
 Laporan pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji

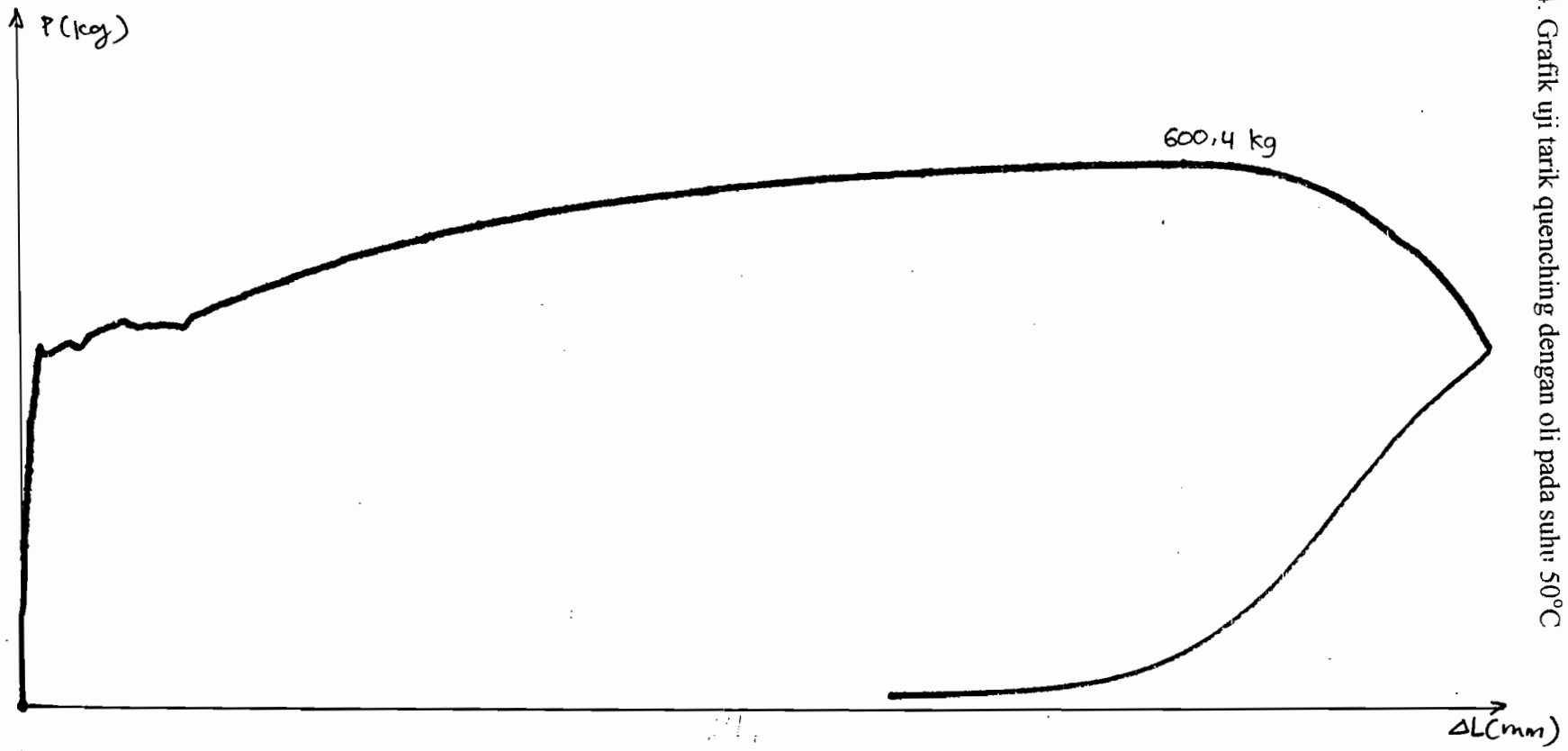
Lampiran 2. Grafik uji tarik tanpa perlakuan (normalising)

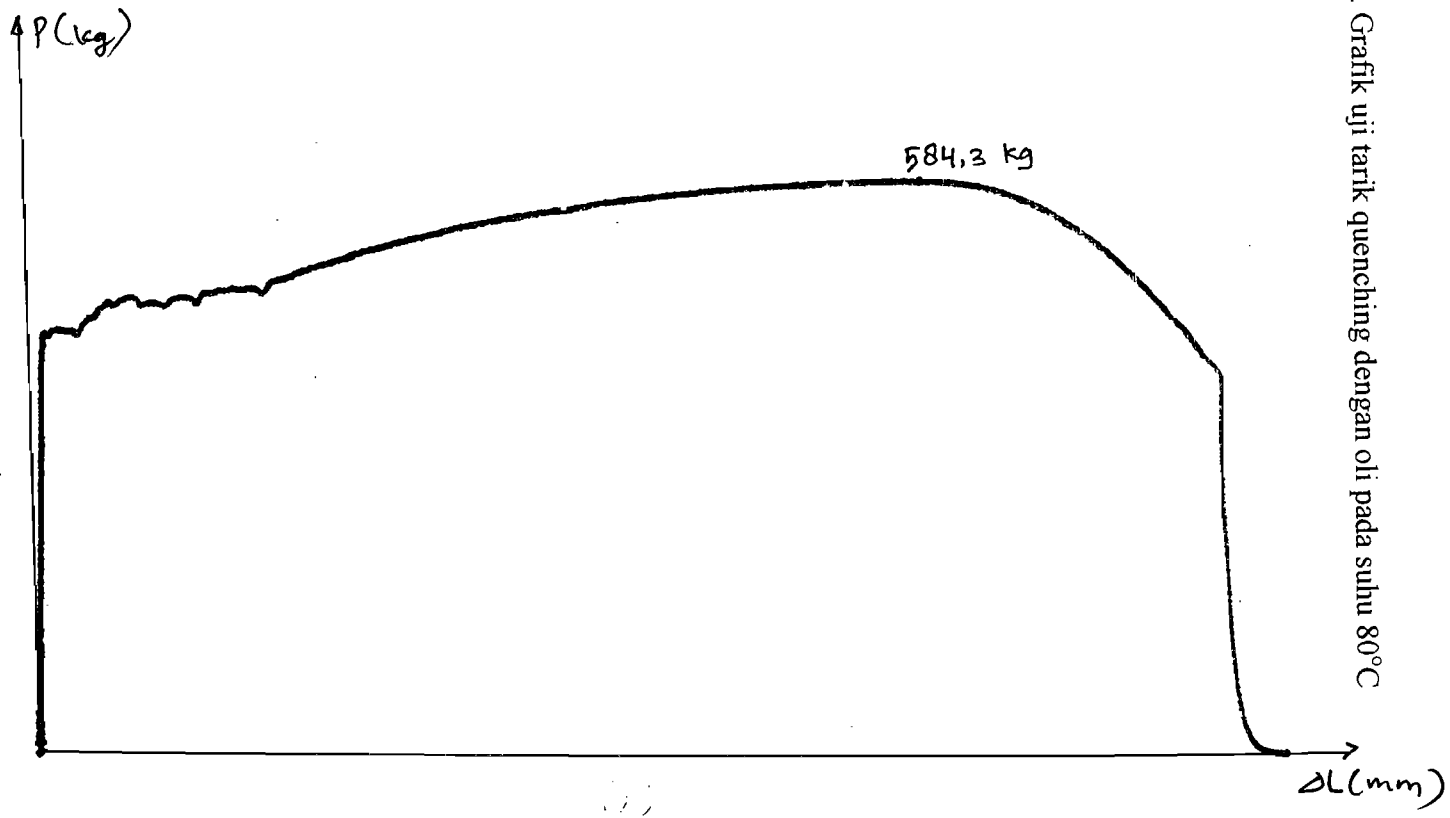


Lampiran 3. Grafik uji tarik quenching dengan oli pada suhu 27°C



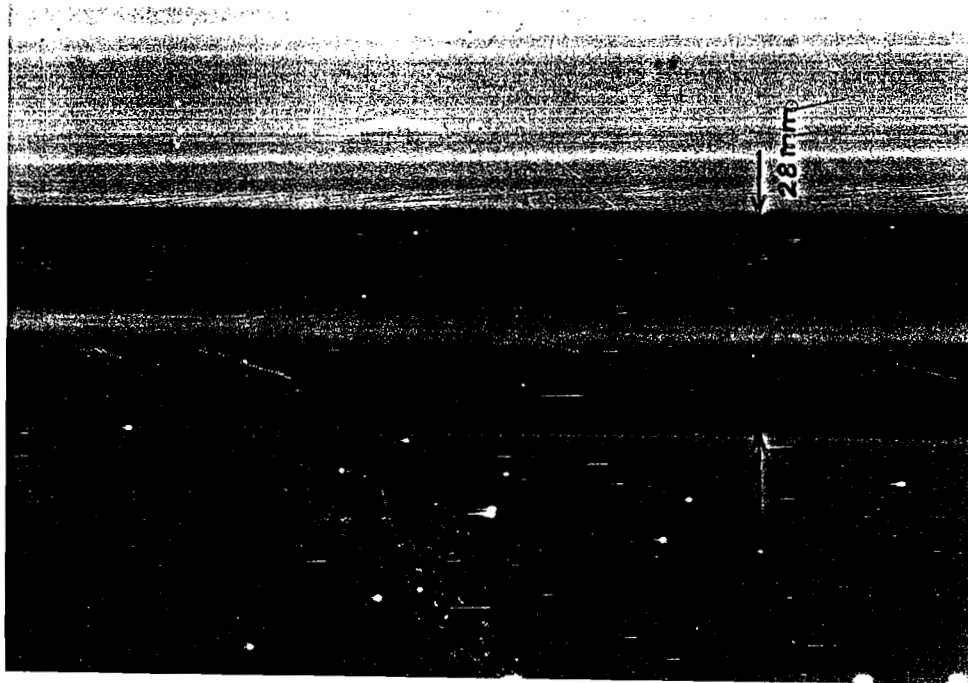
Lampiran 4. Grafik uji tarik quenching dengan oli pada suhu 50°C





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

Lampiran 5 : 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 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 20 mm 20-40 mm | | Elongation % on 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 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 | | | |
| 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 °C | | | | Typical applications | |
| | Tensile strength Min kgf/mm ² | Elongation % Min | Carburizing | Softening | Case hardening | Annealing | | |
| C10, C14, 19S11 | 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 Mn15, 11 Mn2 | 60 | 17 | 900-930 | 650-680 | 760-780 | 800-920 | | |
| 15Cr65 | 60 | 13 | 900-930 | 650-680 | 770-800 | 870-900 | | |
| 17Mn1 Cr25 | 80 | 10 | 900-930 | 650-680 | 810-840 | 850-880 | | |
| 20Mn Cr1 | 100 | 8 | 900-930 | 650-680 | 810-840 | 850-880 | | |
| 16Ni80 Cr60 | 70 | 15 | 880-920 | 650-680 | 780-820 | 850-880 | | |
| 16Ni1 Cr80 | 85 | 12 | 900-930 | 650-660 | 780-820 | 850-880 | | |
| 13Ni3 Cr20 | 85 | 12 | 900-930 | 620-650 | 760-780 | 860-880 | | |
| 15Ni4 Cr1 | 135 | 9 | 900-930 | 600-630 | 760-780 | 860-880 | | |
| 20Ni2 Mo25 | 85 | 12 | 880-920 | 650-660 | 760-780 | — | | |
| 20Ni55 Cr20 Mo20 | 90 | 11 | 880-920 | 650-660 | 780-820 | — | | |
| 15NiCr1 Mo12 | 100 | 9 | 900-930 | 630-650 | 780-820 | 860-880 | | |
| 15Ni2 Cr1 Mo15 | 110 | 9 | 900-930 | 630-650 | 780-820 | 860-880 | | |
| 16NiCr2 Mo20 | 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 | 0.2% 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 Mn2S 12 | 70 to 85 | 46 | 4.8 | 53-59 | 850-870 | 840-860 | | |
| 35 Mn2 Mo45 | 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 | | |
| 50 Cr 1 V 23 | 80 to 95 | 48 | 2.8 | 57-62 | 850-870 | 840-860 | | |
| 40 Ni 3 | 80 to 95 | 56 | 5.5 | 54-60 | 830-860 | 840-870 | | |
| 40 Ni 2 Cr 1 Mo 28 | 90 to 105 | 66 | 5.5 | 54-60 | 830-840 | 810-830 | | |
| 31 Ni 3 Cr 65 Mo 55 | 90 to 105 | 66 | 5.5 | 49-54 | 850-880 | 820-840 | | |

Lampiran 3 : Tabel propertis 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 2 | 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 90h | h —Hot rolled |
| 2587 | 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—descalled; 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: 470 /FT .USD/TM/ Oktober/2004

NAMA : Bayu Suryo Sudibyo
NIM : 995214160
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik , Univ. Sanata Dharma Yogyakarta
Judul TGA :
Selidiki Pengaruh Qunch dengan Media Oli pada Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Keliatannya.

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

| No | Tgl | Uraian | Keterangan | Tanda Tangan |
|----|----------|-----------------------|------------|--------------|
| 1 | 15-02-04 | Mateni awal | uraian | |
| 2 | 30-03-04 | Standarisasi & proses | uraian | |
| 3 | 13-10-04 | Bab I - III | Revisi | |
| 4 | 25-11-04 | Bab IV | Revisi | |
| 5 | 1-12-04 | Bab II | Revisi | |
| 6 | 7-12-04 | Kesimpulan | Revisi | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| 11 | | | | |
| 12 | | | | |



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 : 6 Januari 2005

NAMA Mhs. : BAYU SURYO SUDIBYO

NIM : 995214160

JUDUL :
The Influence of Quenching By Oil Cooler Media to 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

Satuan tenaga patah antara hal 25 dg 52

Perumusan masalah

Kesimpulan

Lampiran, selain hasil penelitian sendiri tidak diperlukan.

- Grafik uji tarik diberi keterangan absis, ordinat nya.

lihat setiap masalah.

Daftar Pustaka

Acc 10-1-05
Hamdan

