

**PENGARUH QUENCHING
DENGAN BERBAGAI MEDIA PENDINGIN TERHADAP
KEKERASAN GEAR SEPEDA MOTOR HONDA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin
Program studi Teknik Mesin**



Diajukan oleh :

YOHANES VETO PATI BHEO

NIM : 995214094

KEPADA

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA
2005**

**THE EFFECT OF QUENCHING
WITH VARIOUS COOLER MEDIA ON THE HARDNESS
OF HONDA MOTORCYCLE GEAR**

FINAL PROJECT

**Reported as Partial Fulfillment of the Requirements
to Obtain the *Sarjana Teknik* Degree
in Mechanical Engineering**



By

Yohanes Veto Pati Bheo

Student Number : 995124094

**MECHANICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
ENGINEERING FACULTY
SANATA DHARMA UNIVERSITY
YOGYAKARTA**

2005

TUGAS AKHIR
PENGARUH QUENCHING
DENGAN BERBAGAI MEDIA PENDINGIN TERHADAP
KEKERASAN GEAR SEPEDA MOTOR HONDA

Disusun oleh :
Yohanes Veto Pati Bheo
NIM : 995124094

Telah disetujui oleh :

Pembimbing



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

Tanggal : 21 September 2005

TUGAS AKHIR
PENGARUH QUENCHING
DENGAN BERBAGAI MEDIA PENDINGIN TERHADAP
KEKERASAN GEAR SEPEDA MOTOR HONDA

Dipersiapkan dan ditulis oleh

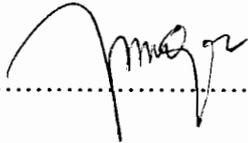
Yohanes Veto Pati Bheo

NIM : 995124094

Telah dipertahankan di depan Panitia Penguji
pada tanggal 17 September 2005
dan dinyatakan memenuhi syarat

Susunan Panitia Penguji

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


.....

Sekretaris : Wibowo Kusbandono, S.T., M.T.


.....

Anggota : Budi Setyahandana, S.T., M.T.


.....

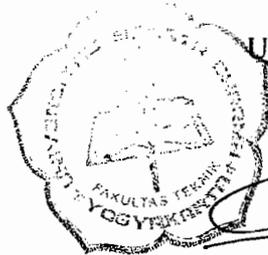
Yogyakarta, September 2005

Fakultas Teknik

Universitas Sanata Dharma

Yogyakarta

Dekan





Ir. Greg Heliarko, S.J., S.S., B.S.T., M.A.,M.Sc

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar keserjanaan disuatu 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, September 2005

Yohanes Veto Pati B
NIM : 995214094

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk

❖ *Tuhan Yesus Kristus dan Bunda Maria*

❖ *Bapak dan Ibu yang tercinta*

❖ *Kakakku Ita Pati, S.Si., Apt.*

❖ *Adikku Ailyn*

❖ *Sayangku Rini, S.Far., Apt.*

Dan bagi mereka semua yang telah membantu, memperhatikan, dan mendorong penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir Ini

“ Manusia yang mengetahui banyak tentang orang lain mungkin manusia yang pandai, Tetapi manusia yang mengetahui banyak tentang dirinya sendiri jauh lebih pandai.

Manusia yang mengontrol orang lain mungkin manusia yang berkuasa, tetapi manusia yang bisa mengontrol diri sendiri jauh lebih berkuasa”

KATA PENGANTAR

Atas Berkat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “ PENGARUH QUENCHING DENGAN BERBAGAI MEDIA PENDINGIN TERHADAP GEAR SEPEDA MOTOR HONDA “. Adapun Tugas Akhir ini diajukan adalah untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin.

Tidak lupa penyusun juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Romo Ir. Greg Heliarko, S.J., S.S., B.ST., M.A., M.Sc., Dekan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
2. Bapak Yosef Agung Cahyanta, S.T., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.
3. Bapak Budi Setyahandana S.T., M.T., dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Mas Martono dan Mas Intan, pegawai Laboratorium Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma yang telah memn bantu dalam penelitian.
5. Orang tua tercinta, kakakku Ita dan adiku Ailyn yang telah memberikan dorongan moral dan bantuan material
6. Teman-teman yang telah memberikan tambahan informasi dan kritik yang membangun.
7. Sahabat serta teman seperjuanganku Jun, serta saudara-saudaraku Ka' Willy, Iwan, Berno, Boy, Ibet, Kustanto, Kim, Marsel, Sedy, Ignas,

Henok, Anan, Ari, Andri, Ardi serta semua sahabatku yang telah membantu penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.

8. Semua pihak yang telah banyak membantu, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini belum sempurna, penulis mengharapkan komentar dan saran yang bersifat membangun agar tulisan ini lebih sempurna. Semoga tulisan ini dapat berguna dan bermanfaat.

Yogyakarta, September 2005

Penulis

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh quenching dengan variasi media pendingin (solar, air dan oli) terhadap kekerasan tiga jenis gear sepeda motor Honda.

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode Brinell dan dilanjutkan dengan analisis struktur mikro. Spesimen mula-mula dinormalising pada suhu 900°C dan didinginkan dalam oven sampai mencapai suhu kamar (dibuka setelah 24 jam). Selanjutnya dilakukan proses quenching dimana spesimen dipanaskan dalam oven hingga suhu 900°C yang dipertahankan selama 1 jam, kemudian didinginkan secara cepat/kejut pada media pendingin yang digunakan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekerasan dan perubahan struktur mikro pada spesimen setelah diquenching. Pada spesimen gear orisinil kekerasan lebih tinggi jika dibandingkan dengan gear non orisinil kuning dan putih. Pada struktur mikro spesimen yang diquenching terlihat adanya ferit, perlit, dan martensit. Martensit yang terbentuk pada setiap spesimen tidak sama. Martensit yang tertinggi terdapat pada gear yang diquenching dengan media pendingin air.

ABSTRACT

This Research was aimed to know the influence of quenching with the variation of cooler media (diesel fuel, water and lubricant oil) to hardness of three types of gear of motorbike Honda.

The hardness examination done using the Brinell method and continued with the micro structure analysis. Each specimens heated in the oven untill 900°C which defended during 1 hour, then cooled quickly in the cooler media used.

The result of this research indicated elevation of hardness and the changes of micro structure at specimens after quenching. The original gear specimen had higher hardness than non original gear yellow and white. The micro structure of specimens showed the existence of ferrite, perlite, and martensite. The martensite formed unequal in each specimens and quenching using water media resulting the most martensite formed.

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 TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang penelitian.....	1
1.2 Tujuan penelitian	2
1.3 Sistematika penulisan.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Klasifikasi besi dan baja.....	4
2.1.1 Besi.....	4
2.1.2 Baja.....	4
2.1.2.1 Klasifikasi baja.....	5
2.1.2.2 Sifat-sifat baja.....	8

2.1.2.3 Pengaruh spesifik unsur paduan baja.....	9
2.2 Struktur mikro.....	12
2.3 Jenis-jenis pengujian	21
2.3.1 Pengujian Brinell.....	22
2.3.2 Pengujian Vickers.....	25
2.3.3 Pengujian Rockwell.....	26
2.4 Perlakuan panas.....	28
2.4.1 Normalising	29
2.4.2 Quenching	30
BAB III METODE PENELITIAN.....	32
3.1 Skema penelitian.....	32
3.2 Bahan.....	33
3.3 Alat-alat.....	36
3.4 Proses perlakuan panas.....	36
3.5 Pengujian bahan	38
3.5.1 Pengujian kekerasan Brinell	38
3.5.2 Analisis struktur mikro	39
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Pengujian kekerasan Brinell.....	42
4.2 Analisis struktur mikro.....	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	68

DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram keseimbangan besi karbon	15
Gambar 2.2	Diagram struktur mikro baja karbon	16
Gambar 2.3	Mesin uji kekerasan Rockwell.....	27
Gambar 2.4	Daerah normalising.....	29
Gambar 2.5	Hubungan suhu dan waktu pada laju pendinginan.....	30
Gambar 2.6	Daerah quenching.....	31
Gambar 3.1	Skema penelitian.....	32
Gambar 3.2	Spesimen uji kekerasan dan struktur mikro.....	35
Gambar 3.3	Oven.....	37
Gambar 3.4	Alat uji kekerasan Brinell.....	39
Gambar 3.5	Mikroskop.....	40
Gambar 4.1	Grafik uji kekerasan Brinell untuk gear orisinil.....	49
Gambar 4.2	Grafik uji kekerasan Brinell untuk gear nonorisinil kuning....	50
Gambar 4.3	Grafik uji kekerasan Brinell untuk gear nonorisinil putih.....	51
Gambar 4.4	Grafik perbandingan uji kekerasan Brinell setelah normalising.....	52
Gambar 4.5	Grafik perbandingan uji kekerasan Brinell setelah diquench dengan solar.....	53
Gambar 4.6	Grafik perbandingan uji kekerasan Brinell setelah diquenching dengan air.....	54

Gambar 4.7	Grafik perbandingan uji kekerasan Brinell setelah diquenching dengan oli.....	55
Gambar 4.8	Foto struktur mikro setelah normalising untuk gear orisinil ...	59
Gambar 4.9	Foto struktur mikro setelah quench dengan solar untuk gear orisinil.....	59
Gambar 4.10	Foto struktur mikro setelah quench dengan air untuk gear orisinil.....	60
Gambar 4.11	Foto struktur mikro setelah quench dengan oli untuk gear orisinil.....	60
Gambar 4.12	Foto struktur mikro setelah normalising untuk gear nonorisinil kuning.....	61
Gambar 4.13	Foto struktur mikro setelah quench dengan solar untuk gear nonorisinil kuning.....	61
Gambar 4.14	Foto struktur mikro setelah quench dengan air untuk gear nonorisinil kuning.....	62
Gambar 4.15	Foto struktur mikro setelah quench dengan oli untuk gear nonorisinil kuning.....	62
Gambar 4.16	Foto struktur mikro setelah normalising untuk gear nonorisinil putih.....	63
Gambar 4.17	Foto struktur mikro setelah quench dengan solar untuk gear nonorisinil putih.....	63
Gambar 4.18	Foto struktur mikro setelah quench dengan air untuk gear nonorisinil putih.....	64

Gambar 4.19 Foto struktur mikro setelah quench dengan oli untuk gear

nonorisinil putih..... 64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tata Nama Baja Menurut SAE dan AISI	7
Tabel 2.2	Fasa dalam sistem Fe-Fe ₃	18
Tabel 2.3	Fasa yang ada pada baja	20
Tabel 2.4	Karakteristik pengujian kekerasan	22
Tabel 2.5	Harga patokan beban uji	25
Tabel 3.1	Data komposisi kimia untuk gear orisinil.....	33
Tabel 3.2	Data komposisi kimia untuk gear non orisinil kuning.....	34
Tabel 3.3	Data komposisi kimia untuk gear non orisinil putih.....	34
Tabel 4.1	Pengujian kekerasan setelah normalising untuk gear orisinil....	43
Tabel 4.2	Pengujian kekerasan setelah normalising untuk gear non orisinil kuning.....	43
Tabel 4.3	Pengujian kekerasan setelah normalising untuk gear non orisinil putih.....	44
Tabel 4.4	Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan solar untuk gear orisinil.....	44
Tabel 4.5	Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan solar untuk gear non orisinil kuning.....	45
Tabel 4.6	Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan solar untuk gear non orisinil putih.....	45
Tabel 4.7	Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan air untuk gear orisinil.....	46

Tabel 4.8	Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan air untuk gear non orisinil kuning.....	46
Tabel 4.9	Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan air untuk gear non orisinil putih.....	47
Tabel 4.10	Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan oli untuk gear orisinil.....	47
Tabel 4.11	Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan oli untuk gear non orisinil kuning.....	48
Tabel 4.12	Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan oli untuk gear non orisinil putih.....	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Sesuai dengan berkembangnya zaman serta dunia teknologi mempengaruhi keanekaragaman kebutuhan manusia. Penerapan teknologi dalam negara - negara industri semakin maju pesat. Hampir semua peralatan dan mesin-mesin industri serta komponen - komponennya dirancang sedemikian agar dapat diketahui kekuatan maksimum dan umur pakainya. Oleh karena itu hal ini membutuhkan waktu penelitian dan ketelitian yang tinggi. Serangkaian proses kimia diperlukan untuk mendapatkan hasil dan penampilan bahan yang diinginkan. Seperti halnya pembuatan baja dengan segala sifat mekanik yang diinginkan, misalnya : keuletan, ketangguhan, kekerasan dan lain-lain.

Dalam tugas akhir ini penulis melakukan penelitian pengaruh quenching gear sepeda motor Honda supra terhadap uji kekerasan, dengan kandungan baja karbon sedang dan rendah, dengan berbagai media pendingin. Benda uji mula-mula dinormalising dan benda uji yang akan diquenching tersebut diuji kekerasan dan analisis struktur mikro, Uji kekerasan menggunakan cara Brinell. Hasil pengujian pada baja karbon sedang dan rendah yang sudah diquenching dibandingkan dengan spesifik mula-mula.

Judul dari Tugas Akhir yang penulis susun sebenarnya bisa mencakup permasalahan yang luas. Maka agar pembahasannya tidak terlalu banyak dan lebih terarah, penulis memberikan batasan permasalahan sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah gear sepeda motor Honda supra jenis orisinil dan non orisinil
2. Perlakuan panas yang dilakukan adalah quenching dan didinginkan secara tiba-tiba kedalam berbagai media pendingin yaitu solar,air dan oli.
3. Pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan metode Brinell.
4. Dilakukan pengamatan struktur mikro.

1. 2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh quenching terhadap kekerasan gear sepeda motor Honda dengan media pendingin solar.
2. Mengetahui pengaruh quenching terhadap kekerasan gear sepeda motor Honda dengan media pendingin air.
3. Mengetahui pengaruh quenching terhadap kekerasan gear sepeda motor Honda dengan media pendingin oli.
4. Mengetahui perubahan struktur mikro yang terjadi setelah proses quenching.

1.3. Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini akan dibagi dalam beberapa bagian ,yaitu :

1. Bab I membahas mengenai latar belakang penelitian, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penelitian.

2. Bab II membahas mengenai tinjauan pustaka yang berisi klasifikasi besi dan baja, sifat-sifat baja, pengaruh unsur spesifik pada baja, struktur mikro besi dan baja, jenis-jenis pengujian, dan perlakuan panas yang dilakukan.
3. Bab III membahas mengenai metode penelitian yang berisi skema penelitian, bahan yang digunakan, alat-alat yang digunakan, proses perlakuan panas, pengujian bahan, dan analisis struktur mikro.
4. Bab IV membahas mengenai hasil penelitian dan pembahasan yang berisi perhitungan kekerasan Brinell untuk masing-masing benda uji beserta grafiknya, dan foto stroktur mikro dari masing-masing benda uji.
5. Bab V membahas mengenai kesimpulan yang diambil dari perhitungan dan data yang ada, serta saran-saran yang diajukan oleh penulis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Klasifikasi Besi dan Baja

Bahan dari gear adalah baja, karena baja merupakan bahan yang paling banyak digunakan dan mempunyai sifat-sifat yang bervariasi, yaitu sifat paling lunak sampai yang paling keras. Baja merupakan paduan dari besi dan karbon (zat arang). Besi (Fe) adalah elemen metal dan karbon (C) yang dapat kita peroleh melalui biji besi hasil dari penambangan dan di lebur dalam dapur tinggi.

2.1.1. Besi

Besi merupakan elemen logam penyusun utama pada baja. Pada suhu 1539°C, besi cair mulai membeku. Pada pendinginan selanjutnya, larutan padat menunjukkan titik henti pada 1400 °C dan pada suhu ini besi mengalami perubahan susunan kristal. Besi pada suhu 1539 – 1400 °C disebut besi dengan susunan δ . Besi dengan suhu 1400 – 910°C disebut dengan susunan \hat{o} . Besi dengan suhu 910 – 768 °C disebut besi β . Besi dengan suhu 768°C sampai suhu kamar disebut besi α .

2.1.2. Baja

Untuk mendapatkan baja, harus dilakukan serangkaian proses peleburan bijih besi yang merupakan hasil tambang yang dilebur dalam dapur tinggi untuk mendapatkan besi mentah (*pig iron*). Besi mentah hasil dapur tinggi masih mengandung unsur-unsur C, Si, Mn, P dan S dengan jumlah yang cukup besar. Kandungan-kandungan unsur tersebut perlu dikurangi agar diperoleh baja yang

sesuai dengan keinginan. Proses pembuatan baja dapat diartikan sebagai proses yang bertujuan untuk mengurangi kadar C, Si, Mn, P, dan S dari besi mentah lewat proses oksidasi peleburan.

2.1.2.1. Klasifikasi baja

Berdasarkan kadar karbon, baja dibagi menjadi 3 yaitu:

1. 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 keeling, kawat, engkol, komponen-komponen mesin, rantai dan lain-lain.

2. 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 dan bagian-bagian mesin.

Baja karbon sedang mempunyai sifat antara lain: lebih keras dari baja karbon rendah; lebih kuat dan tangguh, tetapi kurang liat; sifat dapat diubah dengan *heat treatment*; dibentuk dengan cara ditempa. 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 pegas dan pegas.

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

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 distemper untuk mengurangi sifat getas. Baja ini dalam penggunaannya banyak digunakan untuk bahan pegas, untuk pembuatan kikir, pisau, gergaji, alat perkakas, alat iris mesin bubut, driil dan untuk bahan peluru.

AISI (*American Iron and Steel Institute*) dan SAE (*Societi of Automotive Engineers*) memberi kode untukbaja 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 karbon 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 %	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 : 1,55 %	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	C : 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 %		

2.1.2.2. 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. *Strengthness* / 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*.

2.1.2.3 Pengaruh spesifik unsur paduan pada baja

a. Unsur paduan Sulfur (S) dan Phospor (P)

Semua baja mengandung unsur S dan P. Unsur-unsur S dan P ini sebagian berasal dari kotoran terbawah biji besi sebelum diolah dalam dapur tinggi. Kadar S dan P harus dibuat sekecil mungkin karena unsur S dan P akan

menurunkan kualitas dari baja. Kadar S dalam jumlah banyak menjadikan baja rapuh pada suhu tinggi (panas) sedangkan unsur 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 total lebih kecil ketika dikerjakan dengan mesin otomatis.

b. Unsur paduan Mangan (Mn)

Semua baja mengandung mangan , karena mangan sangat diperlukan dalam pembuatan baja. Kadar mangan lebih kecil dari 0,6 % tidak dianggap sebagai unsur paduan karena tidak mempengaruhi sifat baja secara menyolok. Unsur mangan dalam proses pembuatan baja berfungsi sebagai deoksider (pengikat O₂) sehingga proses peleburan dapat berlangsung secara baik. Kadar mangan rendah dapat juga menurunkan kecepatan pendinginan kritis.

c. Unsur paduan Nikel (Ni)

Unsur nikel memberi pengaruh yang sama, yaitu menurunkan suhu kritis dan kecepatan pendinginan kritis. Apabila kadar Ni cukup banyak maka akan menjadikan baja *austenit* pada suhu kamar. Ni membuat struktur butiran halus menaikkan keuletan baja.

d. Unsur paduan Silikon (Si)

Unsur silikon selalu terdapat dalam baja. Unsur silikon menurunkan laju perkembangan gas sehingga mengurangi sifat berpori baja. Silikon akan menaikkan tegangan tarik baja dan menurunkan pendinginan kritis. Unsur silikon harus selalu ada dalam baja walaupun dalam jumlah yang sangat

- silikon harus selalu ada dalam baja walaupun dalam jumlah yang sangat kecil hal ini dikarenakan akan memberikan sifat mampu las dan mampu tempa pada baja.
- e. Unsur paduan Cromium (Cr)
- Unsur cromium dapat memindahkan titik *eutiktik* ke kiri. Cromium dan karbon akan membentuk carbide yang akan menaikkan kekerasan baja. Cromium akan menaikkan kemampuan potong dan daya tahan alat perkakas, tetapi menurunkan keuletan. Cromium akan menurunkan kecepatan pendinginan kritis dan menaikkan suhu kritis baja.
- f. Unsur paduan Cobalt (Co)
- Pada umumnya unsur cobalt digunakan bersama-sama unsur paduan lainnya. Cobalt menaikkan daya tahan aus dan menghalangi pertumbuhan butiran.
- g. Unsur paduan Tungstem (W), Molibden (Mo), Vanadium (V)
- Seperti 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-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*).
- h. Karbon (C)
- Karbon merupakan unsure utama pada baja. Dengan Fe maka akan membentuk Fe_3C (sementit). Peningkatan kadar karbon akan menambah

kekerasan dan kekuatan tarik baja. Di atas 0,83 % C, kekuatan baja akan turun, meskipun kekerasan baja bertambah.

2.2 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 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 unsure paduan utamanya adalah karbon.

1. Diagram fasa besi karbon

Gambar 2.1 menunjukkan diagram keseimbangan besi-karbon sebagai dasar dari bahan yang berupa besi dan 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 digunakan tanpa menghiraukan adanya unsur-unsur tersebut.

Pada paduan besi karbon terdapat fasa karbida yang disebut sementit dan juga grafit, grafit lebih stabil dari 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 pada δ yang ada hubungannya dengan reaksi *peritektik*.
Kelarutan 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 transformasi dari besi δ dan ke 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%. Paduan besi karbon sampai komposisi ini disebut baja.
- G : Titik transformasi besi γ dari dan ke 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 reaksi A_1 dan fasa *eutektoid* ini disebut perlit.

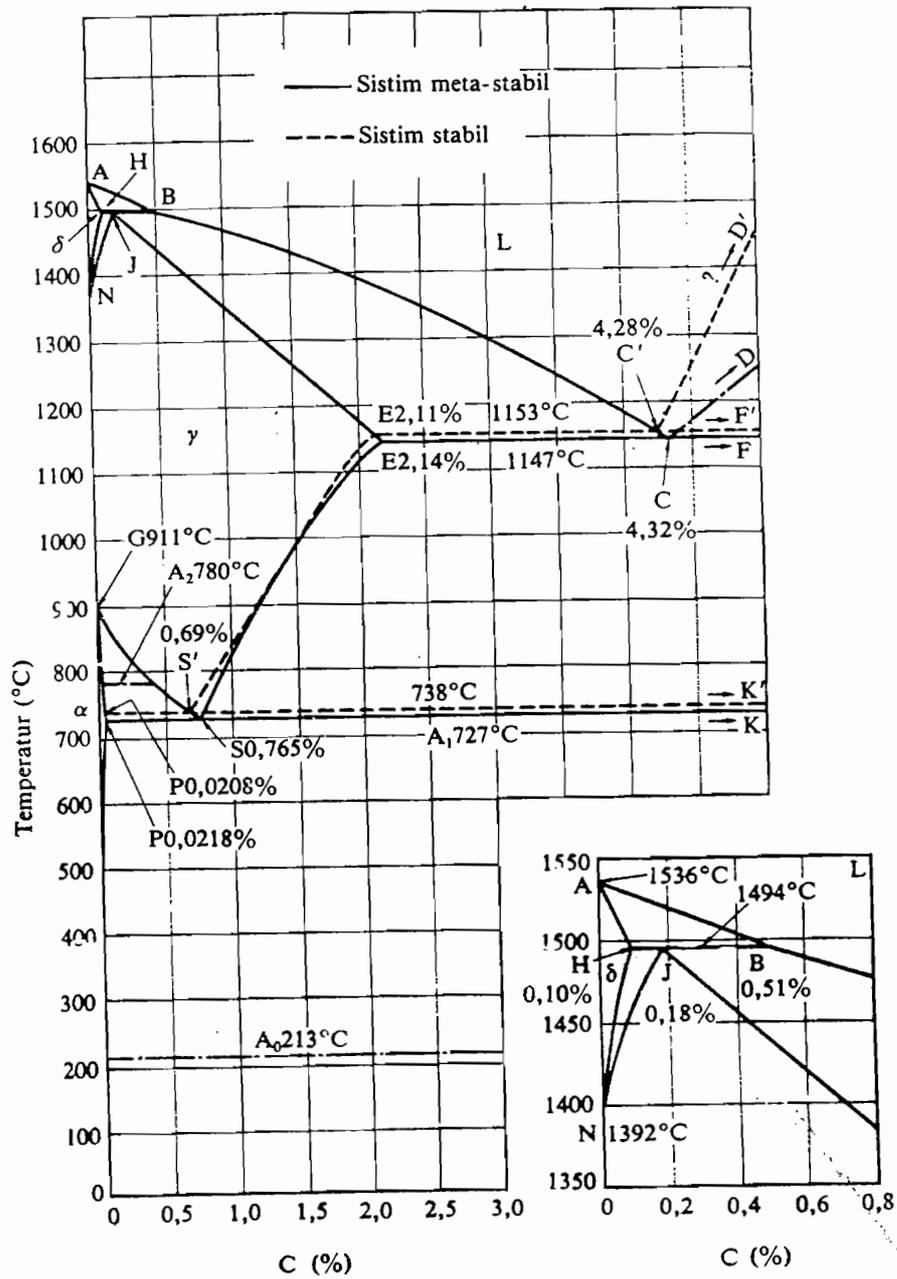
GS : Garis yang menyatakan hubungan antara temperatur dengan komposisi, dimana mulai terbentuk ferit dari *austenit*. Garis ini dinamakan garis A_3 .

ES : Garis yang menyatakan hubungan antara temperatur dengan komposisi, di mana mulai terbentuk *sementit* dari *austenit*. Garis ini dinamakan garis A_{cm} .

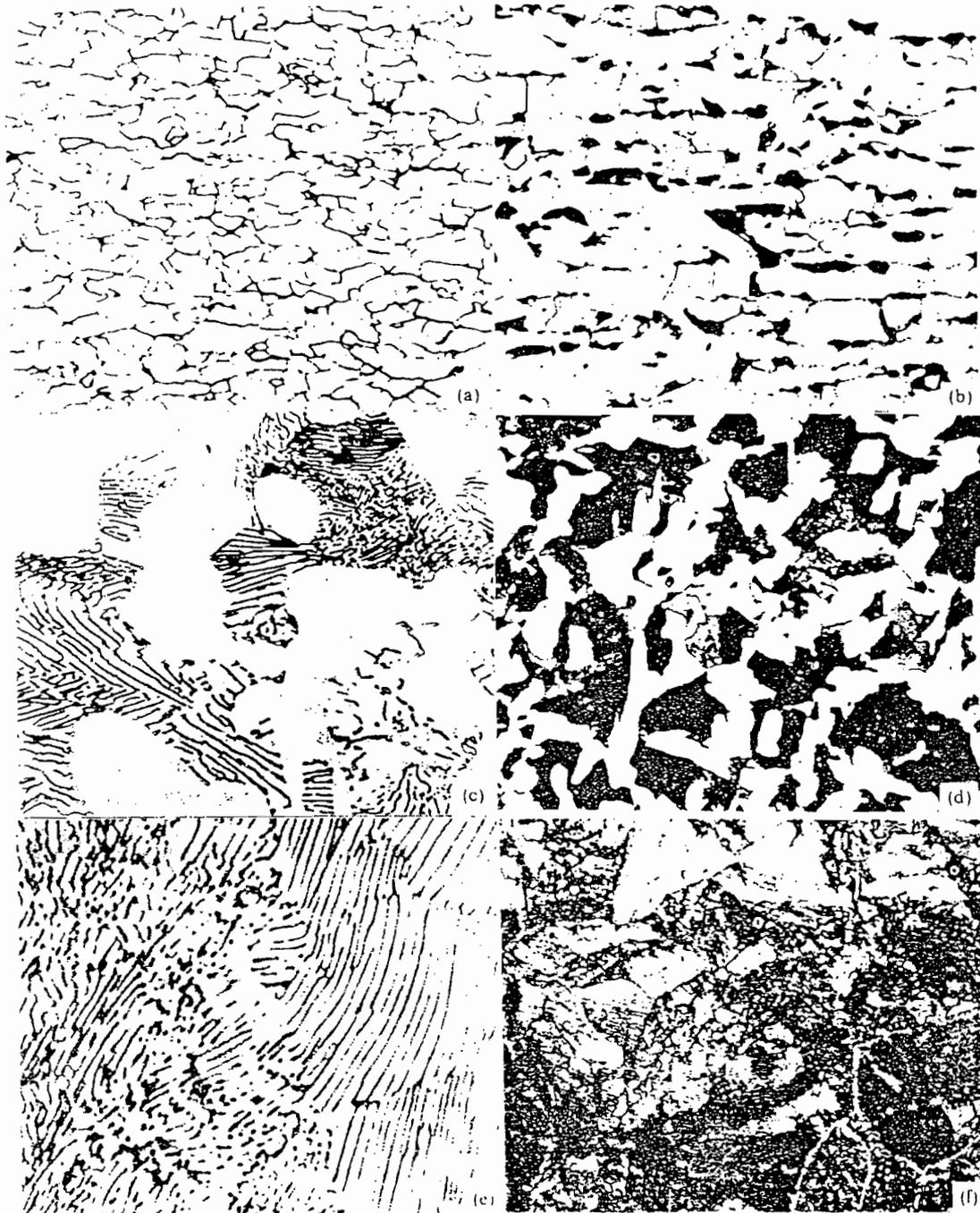
A_2 : Titik transformasi *magnetic* untuk besi atau ferit.

A_0 : Titik transformasi *magnetic* 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 2.2 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 hipereutektoid terbentuk perlit dan sementit pada batas butir.



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)

Perubahan-perubahan yang diakibatkan perbedaan kadar karbon.

(gambar 2.2). Dengan naiknya kadar karbon (%C), maka bertambah besar pula noda flek hitam (flek perlit), akibat dari itu berkurang pula flek putih (ferrit = besi murni). Pada saat kadar karbon mencapai 0,85% maka besi dalam keadaan jenuh terhadap karbon. Struktur seperti itu disebut perlit lamellar, yaitu campuran yang sangat halus dan berbentuk batang-batang kristal. Campuran kristal tersebut terdiri dari ferrit dan sementit. Apabila kadar karbon nilainya bertambah besar, maka sementit akan berkurang dan flek-flek perlit akan bertambah.

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 pada 0,8% C pada suhu lebih rendah dari 723°C. Perlit akan membentuk fasa pada batas butir.

Ledeburit merupakan struktur komposit eutektoit yang tersusun oleh α dan Fe_3C pada pendinginan dibawah 1130°C dengan komposisi 4,3 % C.

Dalam sistem Fe- Fe_3C terdapat fasa-fasa yaitu :

Tabel 2.2 Fasa 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 intersitsi 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	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 , diatas temperatur kamar, berupa ferit dibawah temperatur A_1 dan berupa Austenit diatas temperature A_1 atau diatas A_3 (berupa ferit pada temperature kamar).

- 2 Baja dengan titik transformasi A_1 dibawah temperature kamar, berupa austenit pada temperature kamar, berupa austenit pada temperature kamar.
- 3 Baja dengan dengan daerah austenit yang sempit, berupa ferit sampai temperatur tinggi untuk komposisi tertentu.

Baja yang tergolong pada macam satu berupa ferit pada temperatur (dalam keseimbangan) dapat diproses menjadi berbagai struktur dengan jalan perlakuan panas. Struktur tersebut terdapat pada Tabel 2.3. Fasa-fasa tersebut memiliki sifat-sifat khas. Ferit mempunyai sel satuan kubus pusat badan atau *body centered cubik* (bcc), menunjukkan titik mulur yang jelas dan menjadi getas pada suhu rendah. Austenit mempunyai satu satuan kubus yang pusat atau *face centered cubik* (fcc) menunjukkan titik mulur yang jelas tanpa kegetasan pada keadaan dingin. Akan tetapi kalau berupa fasa menstabil bias berubah menjadi α' pada temperature rendah dengan pengerjaan.

Martensit adalah fasa larutan lewat jenuh dalam 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 semakin 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 atau macam fasa, banyak fasa, ukuran dan bentuk senyawa. Untuk mendapatkan sifat-sifat mekanik yang diinginkan perlu mendapatkan struktur yang cocok dengan komposisi kimia dengan perlakuan panas yang tepat.

Tabel 2.3 Fasa yang ada pada baja

Sumber : Tata Suidia. Shinroku Saito. Pengetahuan Bahan Teknik)

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

Catatan: *fcc*=face centered cubic
bcc=body centered cubic
bct=body centered tetragonal.

2.3 Jenis-jenis Pengujian

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 kejut (impak)
- Uji geser - Uji lengkung
- Uji puntir - Uji tekan
- Uji kelelahan

b. Pengujian bersifat tidak merusak benda uji

- Uji kekerasan (Brinell, Rockwell, Vickers, Knoop, Share)
- Uji magnetografis
- Uji ultrasonic
- Uji sinar X

Dalam penulisan ini yang digunakan adalah uji kekerasan Brinell dan analisis struktur mikro. Oleh karena itu untuk pengujian yang lain tidak dibahas dalam penulisan ini. Dalam penulisan ini yang dibahas adalah sebagai berikut :

- a. Normalising
- b. Quenching
- c. Pengujian kekerasan
- d. Analisis struktur mikro

2.3.1 Pengujian Brinell

Pengujian kekerasan adalah satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasi. Pengujian yang paling banyak dipakai ialah dengan menekankan penekan tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan dengan mengukur ukuran bekas penekanan yang terbentuk di atasnya, cara ini dinamakan cara kekerasan penekanan.

Pengujian dilakukan dengan metode Brinell. Pengujian kekerasan Brinell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja yang ditekan pada permukaan material uji.

Tabel 2.4 Karakteristik pengujian kekerasan
(Sumber : Tata Surdia, Shinroku Saito, Pengetahuan Bahan Teknik)

Cara pengujian:	Brinell (H_R)	Rockwell (H_{RA} , H_{RC} etc.)	Rockwell superficial (H_{R30T} , H_{R30N} dst)	Vickers (H_V)	Kekerasan mikro (H_{μ})	Shore (H_S)
Penekan	Bola baja 10 mm ϕ Karbida	Kerucut intan 120°; Bola baja 1/16"-1/2"	Kerucut intan 120°; Bola baja 1/16"-1/2"	Piramida intan sudut bidang berhadapan 136°	Jenis Vickers Jenis Knoop sudut 130°, 172°	Palu intan 3 g
Beban	500-3,000 kg	Beban mula 10 kg beban total 60,100, 150 kg	Beban mula 3 kg, beban total 15,30 dan 45 kg	1-120 kg	1-500 g.	
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

Sebagai dasar Angka kekerasan Brinell dapat diketahui menggunakan persamaan (Dieter, E.George, Metalurgi Mekanik edisi 3, hal 329):

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

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

Keterangan notasi :

HB = angka kekerasan Brinell (kg/mm²)

P = beban yang diberikan pada indenter / gaya penekan (kg)

D = diameter indenter (mm)

d = diameter lubang bekas injakan (mm).

Catatan :

$$d_{\min} = 0,25.D$$

$$d_{\max} = 0,5.D$$

Besar beban yang bekerja pada penetrator tergantung pada

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

Perlengkapan pengujian kekerasan Brinell :

Benda tekan berupa bola baja yang dikeraskan. Jika bola baja mengalami deformasi atau kerusakan, maka hasil pengujian tidak dapat diterima. Bola baja yang rusak tersebut harus digantikan dengan yang baru.

Beban uji dipilih sedemikian rupa sehingga garis tengah luka tekan d tidak lebih kecil daripada $0,25.D$ (sukar diukur) dan tidak lebih besar daripada $0,5.D$ (penyok ke luar mengganggu pengukuran d).

Proses pengujian :

Bola baja disinggungkan pada permukaan material uji, kemudian diberi beban tegak lurus terhadap permukaan tersebut, bebas hentakan (beban kejut), dan secara sedemikian rupa berangsur-angsur sehingga beban uji tercapai dalam waktu 15 detik.

Lama pengujian (pembebanan uji) :

- 15-30 detik, untuk semua jenis baja

Pada umumnya pusat tempat pengujian berjarak sekurang-kurangnya $2.d$ dari tepi material uji dan jarak tempat pengujian yang satu terhadap yang lain sekurang-kurangnya $3.d$.

Percobaan harus dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak ada hal-hal yang menyebabkan kekeliruan hasil pengujian. Sesudah dilakukan pengujian, permukaan material uji bagian bawah sama sekali tidak boleh memperlihatkan tanda-tanda deformasi.

Tabel 2.5 Harga patokan beban uji

Garis tengah bola uji D (mm)	Tebal material pada tempat pengujian (mm)	Beban P (kg)			
		Baja dan besi tuang $P = 30.D^2$	Bronz, tembaga keras, kuningan keras $P = 10.D^2$	Material ringan, paduan metal ringan $P = 5.D^2$	Metal lunak $P = 2,5.D^2$
10	6	3000	1000	500	250
5	3	750	250	125	62,5
2,5	3	187,5	62,5	31,25	15,6

Kekurangan Dari Pengujian Brinell

- Bila bola baja kurang keras maka pengujian tepat.
- Bekas injakan kadang-kadang terlalu besar.
- Disekitar bekas penekanan terjadi kenaikan permukaan benda uji sehingga mengurangi ketelitian pengukuran bekas injakan.

2.3.2. Pengujian Vikers

Pengujian dilakukan dengan mesin uji Vikers mikro. Beban penekanan adalah 1 kg. hasil pengujian berupa panjang diagonal bekas injakan, dari panjang tersebut dapat dihitung angka kekerasannya dengan persamaan sebagai berikut (Dieter, E. George, Metalurgi Mekanik edisi 3, hal 334) :

$$VHN = 1,854 \frac{P}{d^2}$$



Dengan :

P = Beban yang bekerja pada penetrator (kg)

d = diagonal bekas injakan (mm)

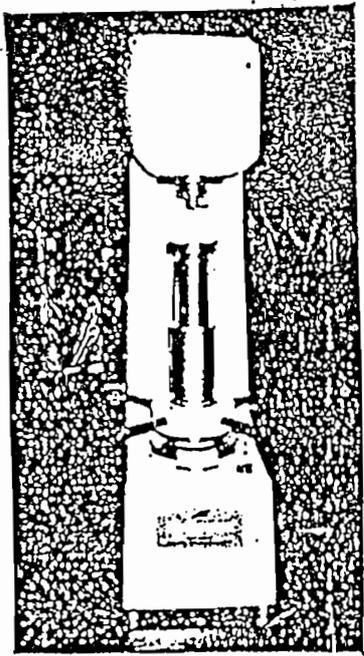
2.3.3. Pengujian Rockwell

Penetrator yang digunakan :

- 1 Bola baja dikeraskan dengan diameter 1/16 inchi, yang dinyatakan dengan skala B (ball) atau kekerasan RB.
- 2 Kerucut intan dengan sudut puncak 120° dengan pembulatan pada ujungnya dengan radius pembulatan 0,2 mm selanjutnya dinyatakan dengan skala corner (C)

Cara pengujian :

1. Mengukur dalamnya penetrator masuk kedalam benda uji (bukan luas penampang injakan)
2. Menggunakan beban awal dan beban utama, maka kekerasan benda uji dimulai saat penggunaan beban utama.
3. Pengujian terhadap yang lunak, penetrator masuk lebih dalam dibandingkan dengan bahan keras.



Gambar 2.3 Mesin uji kekerasan Rockwell

Perhitungan Kekerasan Rockwell (Dieter, E. George, Metalurgi Mekanik edisi 3, hal 336)

$$RB = 130 - \frac{\text{dalamnyapenekanan (mm)}}{0,002}$$

$$RC = 100 - \frac{\text{dalamnyapenekanan (mm)}}{0,002}$$

Dimana K = Konstanta (0,26 untuk penetrator bola baja; 0,20 untuk penetrator kerucut intan).

C = Harga penunjukan pembagian skala dial indicator untuk penekanan penetrator (0,002).

Keuntungan Rockwell :

1. Bekas injakan lebih kecil, demikian dengan bahan yang digunakan.
2. Pembacaan harga kekerasan lebih tebal.
3. Dapat digunakan untuk pengujian logam keras.

Kelemahan Rockwell :

1. Penunjukan harga kekerasan benda uji kurang tepat karena adanya sedikit debu antara benda uji dengan penetrator.
2. Ukuran bekas injakan terlalu kecil sehingga harus pandai-pandai memilih penetrator yang digunakan

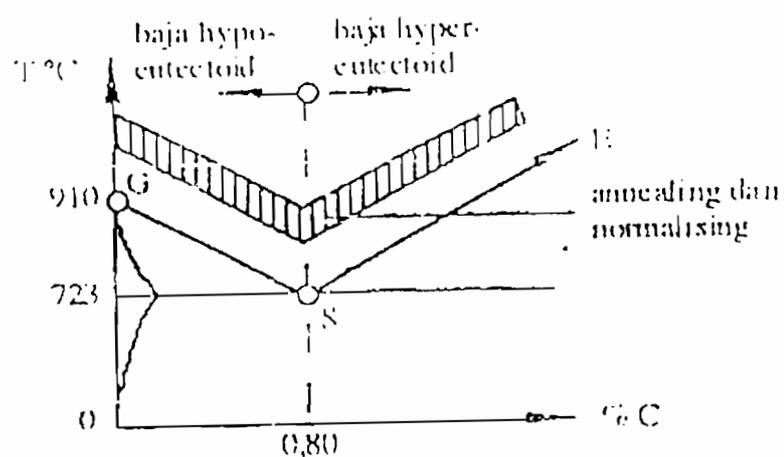
2.4 Perlakuan Panas

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 pemotongan meningkat atau baja dapat dilunakan 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 disekelilingi inti yang ulet. Untuk meningkatkan perlakuan panas yang tepat, susunan kimia dari baja harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, dalam hal ini unsure karbon C.

2.4.1 Normalising

Proses normalising terdiri dari pemanasan baja 30-50° C pada suhu diatas daerah kritis disusul dengan pendingin 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 sebelum didinginkan. Baja setelah dinormalisasikan akan mempunyaitegangan 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 hipereutektoid setelah dinormalisasi akan memperoleh struktur perlit dan sementit.



Gambar 2.4 : Daerah Normalising

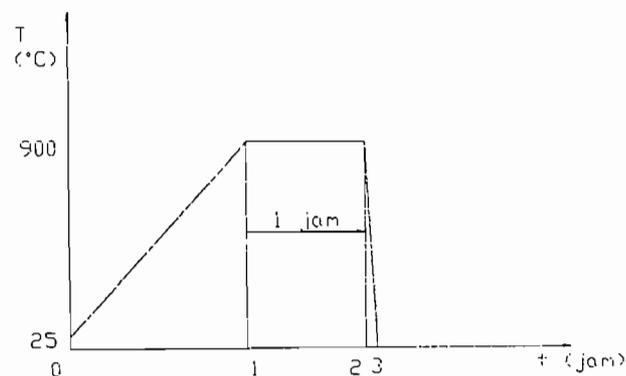
Sumber : Victor Malau. Diktat Bahan Teknik Manufaktur)

2.4.2 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. Quenching ini menyebabkan susunan atom-atom teratur dan baja mengalami gangguan yang menimbulkan tegangan dalam baja.

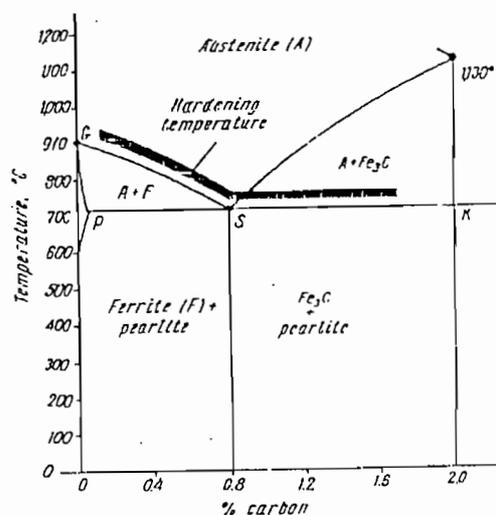
Pada setiap proses perlakuan panas, laju pemanasan merupakan faktor yang penting. Panas merambat dari luar kedalam dengan kecepatan tertentu. Apabila pemanasan terlalu cepat maka bagian luar akan cacat, sehingga tidak diperoleh struktur yang rata.

Media pencelupan atau pendinginan untuk baja karbon rendah dan baja karbon sedang umumnya digunakan media pendingin 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 pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Hubungan suhu dan waktu pada laju pendinginan/pemanasan

Gambar 2.5 menunjukkan dan menjelaskan proses pelaksanaan quenching bahan baja. 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 900°C , dipertahankan tetap pada suhu tersebut hingga 60 menit. Setelah cukup waktu pada suhu yang stabil hingga 60 menit kemudian mendinginkan bahan tersebut secara cepat pada media pendingin yang telah disiapkan.



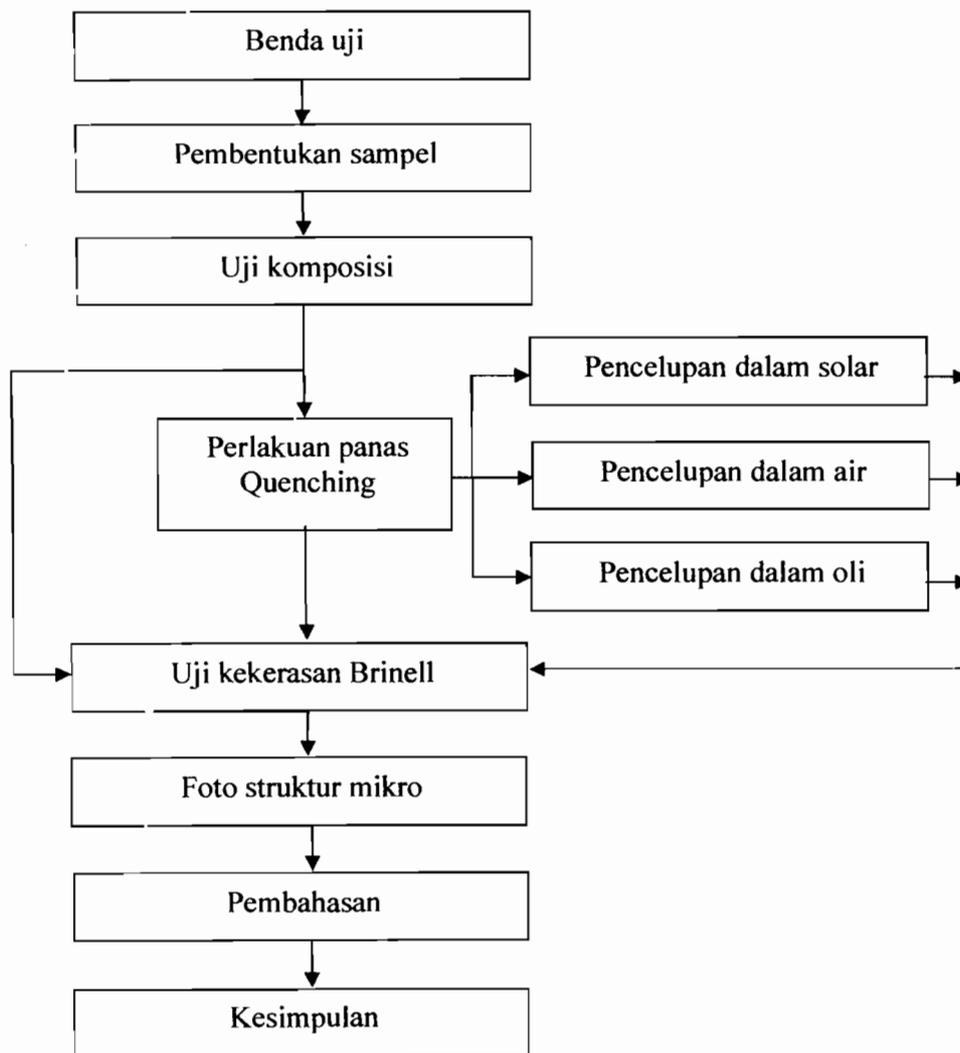
Gambar 2.6 Daerah Quenching

(Sumber : Lakthin Y ., Engineering Phsycal Metallurgy)

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Skema Penelitian

Skema penelitian ditunjukkan dalam gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1. Skema Penelitian

3.2 Bahan

Bahan yang digunakan sebagai spesimen adalah gear sepeda motor Honda yang terdiri dari : satu jenis gear orisinil dan dua jenis gear non orisinil dengan kandungan karbon sedang dan rendah. Bahan ini telah diuji komposisi kimianya di POLITEKNIK MANUFAKTUR CEPER, Klaten dengan hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 3.1 Data Komposisi Kimia Untuk Gear Orisinil

No	Komposisi Kimia	%
1	Fe ₂	97,61
2	C	0,370
3	Si	0,038
4	Mn	0,341
5	P	0,007
6	S	0,000
7	Cr	0,190
8	Mo	0,010
9	Ni	0,068
10	Al	0,017
11	B	0,0047
12	Co	0,058
13	Cu	0,024
14	Nb	0,063
15	Pb	0,0016
16	Sn	0,002
17	Ti	0,086
18	V	0,129
19	W	0,781

Tabel 3.2 Data Komposisi Kimia Untuk Gear non Orisinil (Kuning)

No	Komposisi Kimia	%
1	Fe2	97,95
2	C	0,094
3	Si	0,000
4	Mn	0,343
5	P	0,006
6	S	0,000
7	Cr	0,183
8	Mo	0,002
9	Ni	0,067
10	Al	0,026
11	B	0,0052
12	Co	0,055
13	Cu	0,023
14	Nb	0,058
15	Pb	0,0018
16	Sn	0,008
17	Ti	0,083
18	V	0,122
19	W	0,765

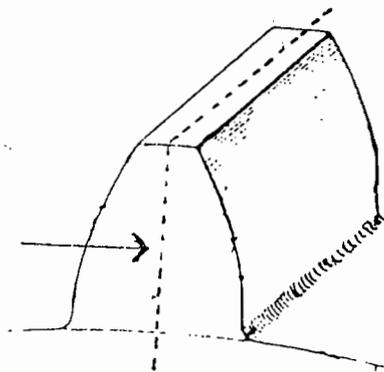
Tabel 3.3 Data Komposisi Kimia Untuk Gear non orisinil (Putih)

No	Komposisi Kimia	%
1	Fe2	98,26
2	C	0,000
3	Si	0,000
4	Mn	0,205
5	P	0,007
6	S	0,000
7	Cr	0,165
8	Mo	0,000
9	Ni	0,074
10	Al	0,030
11	B	0,0045
12	Co	0,057
13	Cu	0,047
14	Nb	0,059
15	Pb	0,0023
16	Sn	0,004
17	Ti	0,083
18	V	0,123
19	W	0,682

Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan Brinell. Oleh karena terdapat 3 jenis bahan pengujian yang berbeda, maka dibutuhkan juga tiga jenis spesimen, yaitu :

1. Spesimen jenis gear orisinil
2. Spesimen jenis gear non orisinil kuning
3. Spesimen jenis gear non orisinil putih

Bentuk spesimen yang dipakai pada penelitian ini hanya satu bentuk saja yaitu untuk uji kekerasan Brinell dan foto struktur mikro. Bentuk spesimen seperti yang digambarkan dalam Gambar 3.2.



Keterangan : → titik pengujian kekerasan Brinell

Gambar 3.2 Spesimen uji kekerasan dan struktur mikro.

Jumlah keseluruhan dari spesimen yang dibutuhkan adalah 12 buah, dengan perincian sebagai berikut :

- 3 buah untuk dinormalising
- 9 buah untuk diquenching

Semuanya dilakukan pengujian kekerasan dengan metode Brinell dan dilakukan pengamatan struktur mikro.

3.3 Alat-alat yang digunakan

1. Mesin uji kekerasan Brinell (*Brinell Hardness Tester MOD tipe 100 MR*), milik laboratorium Ilmu Logam, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
2. Mikroskop dan foto struktur mikro, milik laboratorium Ilmu Logam, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
3. Oven untuk memanaskan benda uji, milik Laboratorium Teknologi Mekanik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma.
4. Tang/penjepit yang digunakan untuk mengangkat benda uji dari dalam oven setelah proses normalising dan quenching.
5. Wadah berupa kaleng yang digunakan untuk meletakkan media pendingin.

3.4 Proses Perlakuan Panas

3.4.1 Proses Normalising

Pada proses ini pemanasan dilakukan dengan memanaskan benda uji pada suhu 30°-50° C diatas suhu kritis, setelah mencapai suhu yang diinginkan, dilakukan penahanan suhu (*holding time*) dalam pengujian ini yaitu pada suhu 900° C selama satu jam. Kemudian didinginkan dalam tungku sampai mencapai suhu kamar.

3.4.2 Proses Quenching/Hardening

Tujuan penelitian ini adalah meningkatkan ketahanan aus dengan mempertinggi kekerasan permukaan logam dengan cara quenching kemudian dibandingkan dengan benda uji yang hanya dinormalising.

Pada proses ini pemanasan dilakukan pada oven sampai temperatur 900° C, setelah mencapai temperatur tersebut dilakukan penahanan selama satu jam.

Kemudian dilakukan pendinginan dengan cepat/kejut kedalam media pendingin. Dalam penelitian ini penulis menggunakan tiga media pendingin yaitu : solar, air dan oli.



Gambar 3.3 Oven

3.5 Pengujian Bahan

3.5.1 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 benda 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.

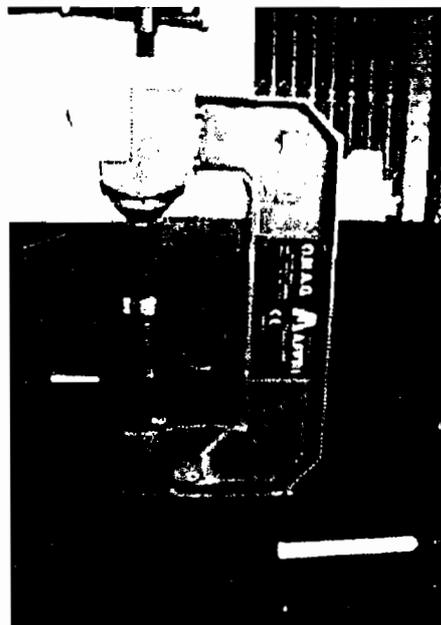
Prosedur pengujian kekerasan ini adalah sebagai berikut :

1. Benda uji dipotong masing-masing bahan sebanyak 4 biji dengan ukuran yang sama.
2. Permukaan potongan-potongan benda uji tersebut diratakan dengan menggunakan amplas dengan 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 diletakan sejajar dengan alat uji kemudian dilakukan penekanan dengan cara memutar hendel

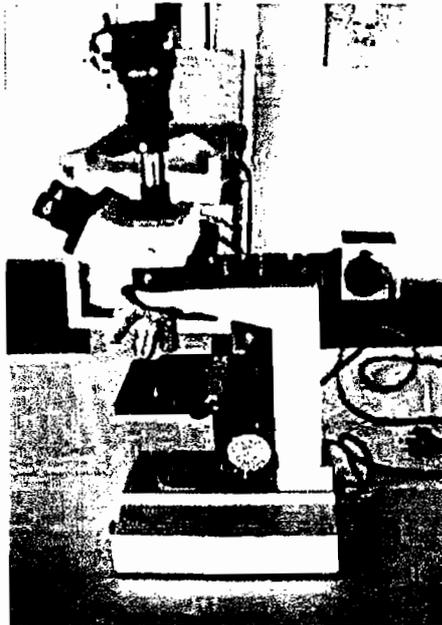
penekan, beban bola baja dengan diameter 2,5 mm dan pembebanan 187,5 kg pada 12 titik disetiap permukaan.

4. Diameter bekas injakan bola baja tersebut diukur dengan menggunakan alat yaitu loop berskala.
5. Semua hasil pengamatan dicatat, kemudian dilakukan perhitungan kekerasan Brinell dengan persamaan yang telah ditentukan.

Pengujian kekerasan ini diukur dengan mempergunakan alat pengukur kekerasan brinell.



Gambar 3.4 Alat Uji kekerasan Brinell



Gambar 3.5 Mikroskop

Sedangkan untuk mencari harga kekerasan Brinell adalah dengan persamaan berikut :

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

keterangan notasi :

HB = angka kekerasan Brinell (kg/mm^2)

P = beban yang diberikan pada indenter / gaya penekanan
(187,5 kg)

D = diameter indenter (2,5 mm)

d = diameter lubang bekas injakan (mm)

3.5.2 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 analisa mikro yang dapat menganalisa kotoran kecil dalam struktur. Permukaan logam uji dipolis dan diperiksa langsung dibawah mikroskop atau dilakukan etsa baru diamati. Gambar dari struktur mikro dapat diperoleh dari pemotretan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop.

Prosedur pengujian struktur mikro adalah sebagai berikut :

- I. Sama seperti pada uji kekerasan, uji struktur mikro diawali dengan meratakan permukaan yang akan digunakan untuk pengamatan dengan mikroskop logam .
- II. Dilakukan 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.
- III. Setelah di etsa kemudian dilakukan pengamatan dibawah mikroskop dan dilakukan pengambilan gambar dengan pemotretan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian kekerasan Brinel

Pengujian kekerasan benda menggunakan sebuah peluru baja yang dikeraskan, ditekan pada permukaan benda yang sudah dibersihkan dengan beban tertentu. Hasil penekanan dicatat diameternya dan kekerasan (HB) dihitung dari beban P dibagi luas permukaan lekukan. Rumus angka kekerasan tersebut adalah :

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

Dengan:

P = Beban yang diterapkan (kg)

D = Diameter bola penetrator (mm)

d = Diameter bekas injakan atau penekanan (mm)

Contoh perhitungan uji kekerasan Brinnell :

Benda uji setelah dinormalising

$$\begin{aligned} HB &= \frac{187,5}{\frac{\pi}{2} 2,5 (2,5 - \sqrt{2,5^2 - 1,41^2})} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \\ &= 109,58 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan pengujian pada masing-masing benda uji dengan beban (P) = 187,5 kg dan diameter penetrator (D) = 2,5, maka akan didapat data-data untuk nilai kekerasan Brinnellnya sebagai berikut :

Tabel 4.1 Pengujian kekerasan setelah normalising untuk gear orisinil

No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	1,41	109,58
2	187,5	2,5	1,15	169,99
3	187,5	2,5	1,15	169,99
4	187,5	2,5	1,18	161,35
5	187,5	2,5	1,18	161,35
6	187,5	2,5	1,18	161,35
7	187,5	2,5	1,14	173,77
8	187,5	2,5	1,14	173,77
9	187,5	2,5	1,10	186,56
10	187,5	2,5	1,14	173,77
11	187,5	2,5	1,14	173,77
12	187,5	2,5	1,15	169,99
Rata-rata				165,44
Standar deviasi				± 18,97

Tabel 4.2 Pengujian kekerasan setelah normalising untuk gear non orisinil kuning

No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	1,54	89,97
2	187,5	2,5	1,44	104,57
3	187,5	2,5	1,38	114,82
4	187,5	2,5	1,36	118,52
5	187,5	2,5	1,37	116,82
6	187,5	2,5	1,35	120,65
7	187,5	2,5	1,35	161,36
8	187,5	2,5	1,35	161,36
9	187,5	2,5	1,35	161,36
10	187,5	2,5	1,35	161,36
11	187,5	2,5	1,35	161,36
12	187,5	2,5	1,35	161,36
Rata-rata				136,12
Standar deviasi				± 27,53

Tabel 4.3 Pengujian kekerasan setelah normalising untuk gear orisinil putih

No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	1,59	81,84
2	187,5	2,5	1,52	92,13
3	187,5	2,5	1,52	91,33
4	187,5	2,5	1,53	91,33
5	187,5	2,5	1,50	95,51
6	187,5	2,5	1,51	94,03
7	187,5	2,5	1,52	92,13
8	187,5	2,5	1,52	92,13
9	187,5	2,5	1,52	92,13
10	187,5	2,5	1,52	92,13
11	187,5	2,5	1,55	88,61
12	187,5	2,5	1,55	88,61
Rata-rata				91,06
Standar deviasi				± 8,83

Tabel 4.4 Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan solar untuk gear orisinil

No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	0,85	320,51
2	187,5	2,5	0,88	298,56
3	187,5	2,5	0,88	298,56
4	187,5	2,5	1,01	223,48
5	187,5	2,5	1,01	223,48
6	187,5	2,5	1,02	220,07
7	187,5	2,5	0,98	238,85
8	187,5	2,5	0,98	238,85
9	187,5	2,5	0,99	232,92
10	187,5	2,5	1,11	183,64
11	187,5	2,5	1,01	223,48
12	187,5	2,5	1,01	223,48
Rata-rata				243,65
Standar deviasi				± 33,84

Tabel 4.5 Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan solar untuk gear non orisinil kuning

No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	1,22	150,24
2	187,5	2,5	1,22	150,24
3	187,5	2,5	1,36	118,82
4	187,5	2,5	1,00	228,65
5	187,5	2,5	1,00	228,65
6	187,5	2,5	1,00	228,65
7	187,5	2,5	1,05	189,20
8	187,5	2,5	1,05	189,20
9	187,5	2,5	1,05	189,20
10	187,5	2,5	1,05	189,20
11	187,5	2,5	1,12	180,28
12	187,5	2,5	1,05	189,20
Rata-rata				185,96
Standar deviasi				± 26,23

Tabel 4.6 Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan solar untuk gear non orisinil putih

No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	1,37	115,00
2	187,5	2,5	1,36	118,82
3	187,5	2,5	1,36	118,82
4	187,5	2,5	1,36	118,82
5	187,5	2,5	1,37	116,82
6	187,5	2,5	1,37	116,82
7	187,5	2,5	1,26	140,13
8	187,5	2,5	1,26	140,13
9	187,5	2,5	1,31	128,86
10	187,5	2,5	1,31	128,86
11	187,5	2,5	1,31	128,86
12	187,5	2,5	1,34	122,46
Rata-rata				124,53
Standar deviasi				± 8,23

Tabel 4.7 Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan air untuk gear orisinil

No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	0,75	415,74
2	187,5	2,5	0,95	254,06
3	187,5	2,5	0,86	314,07
4	187,5	2,5	0,86	314,07
5	187,5	2,5	0,86	304,07
6	187,5	2,5	0,86	304,07
7	187,5	2,5	0,75	415,74
8	187,5	2,5	0,91	279,43
9	187,5	2,5	0,91	279,43
10	187,5	2,5	0,90	284,55
11	187,5	2,5	1,01	223,48
12	187,5	2,5	1,01	223,48
Rata-rata				302,68
Standar deviasi				± 52,66

Tabel 4.8 Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan air untuk gear non orisinil kuning

No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	0,87	306,37
2	187,5	2,5	1,00	228,65
3	187,5	2,5	1,11	183,64
4	187,5	2,5	1,12	180,28
5	187,5	2,5	1,16	166,96
6	187,5	2,5	1,19	158,22
7	187,5	2,5	1,00	228,65
8	187,5	2,5	1,00	228,65
9	187,5	2,5	1,01	223,48
10	187,5	2,5	1,01	223,48
11	187,5	2,5	1,11	183,64
12	187,5	2,5	1,11	183,64
Rata-rata				207,97
Standar deviasi				± 34,80

Tabel 4.9 Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan air untuk gear non orisinil putih

No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	1,33	124,75
2	187,5	2,5	1,33	124,75
3	187,5	2,5	1,33	124,75
4	187,5	2,5	1,36	118,82
5	187,5	2,5	1,36	118,82
6	187,5	2,5	1,36	118,82
7	187,5	2,5	1,33	144,75
8	187,5	2,5	1,33	134,75
9	187,5	2,5	1,34	142,46
10	187,5	2,5	1,34	142,46
11	187,5	2,5	1,34	122,46
12	187,5	2,5	1,34	122,46
Rata-rata				128,33
Standar deviasi				± 6,76

Tabel 4.10 Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan oli untuk gear orisinil

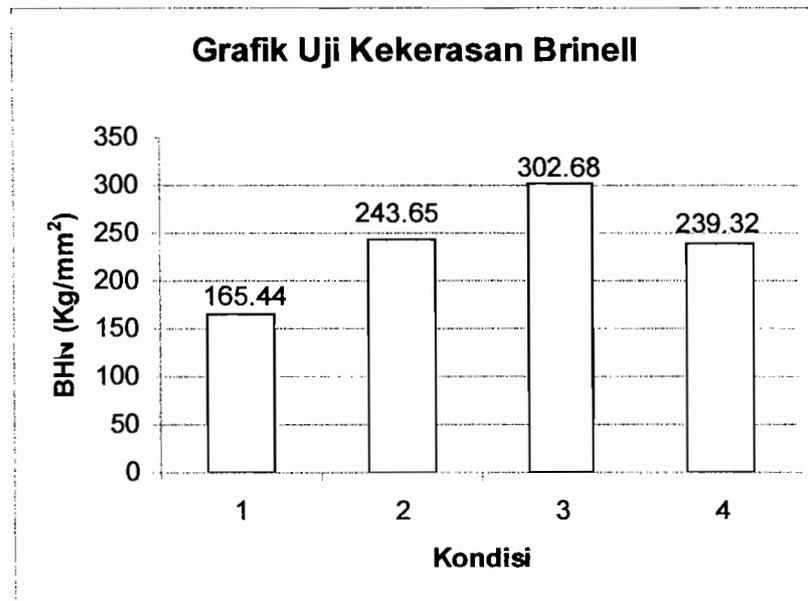
No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	0,96	248,67
2	187,5	2,5	1,00	228,65
3	187,5	2,5	1,00	228,65
4	187,5	2,5	1,00	228,65
5	187,5	2,5	1,00	228,65
6	187,5	2,5	1,00	228,65
7	187,5	2,5	1,04	210,43
8	187,5	2,5	1,06	202,48
9	187,5	2,5	1,06	202,48
10	187,5	2,5	0,98	238,85
11	187,5	2,5	1,09	190,35
12	187,5	2,5	1,05	206,72
Rata-rata				239,32
Standar deviasi				± 16,16

Tabel 4.11 Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan oli untuk gear non orisinil kuning

No	P (kg)	D (mm)	D (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	1,26	140,13
2	187,5	2,5	1,26	140,13
3	187,5	2,5	1,22	150,24
4	187,5	2,5	1,22	150,24
5	187,5	2,5	1,23	147,40
6	187,5	2,5	1,23	147,40
7	187,5	2,5	1,24	145,23
8	187,5	2,5	1,24	145,23
9	187,5	2,5	1,24	145,23
10	187,5	2,5	1,30	130,84
11	187,5	2,5	1,31	128,86
12	187,5	2,5	1,31	128,86
Rata-rata				141,65
Standar deviasi				± 7,16

Tabel 4.12 Pengujian kekerasan setelah diquenc dengan oli untuk gear non orisinil putih

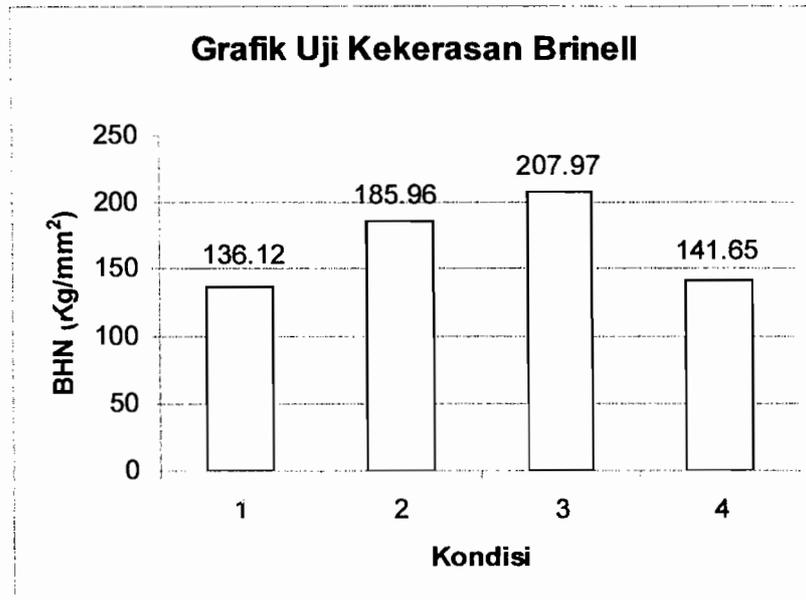
No	P (kg)	D (mm)	d (mm)	HB (kg/mm ²)
1	187,5	2,5	1,36	118,82
2	187,5	2,5	1,36	118,82
3	187,5	2,5	1,36	118,82
4	187,5	2,5	1,42	108,00
5	187,5	2,5	1,35	120,65
6	187,5	2,5	1,32	126,77
7	187,5	2,5	1,38	115,00
8	187,5	2,5	1,38	115,00
9	187,5	2,5	1,38	115,00
10	187,5	2,5	1,38	115,00
11	187,5	2,5	1,38	115,00
12	187,5	2,5	1,35	120,65
Rata-rata				117,29
Standar deviasi				± 12,50



Gambar 4.1. Grafik uji kekerasan Brinell untuk gear orisinil

Keterangan :

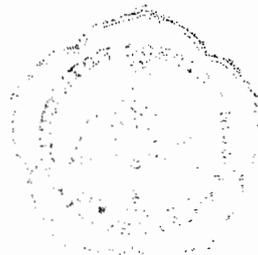
1. Gear orisinil setelah di normalising
2. Gear orisinil setelah diquench dengan solar
3. Gear orisinil setelah diquench dengan air
4. Gear orisinil setelah diquench dengan oli

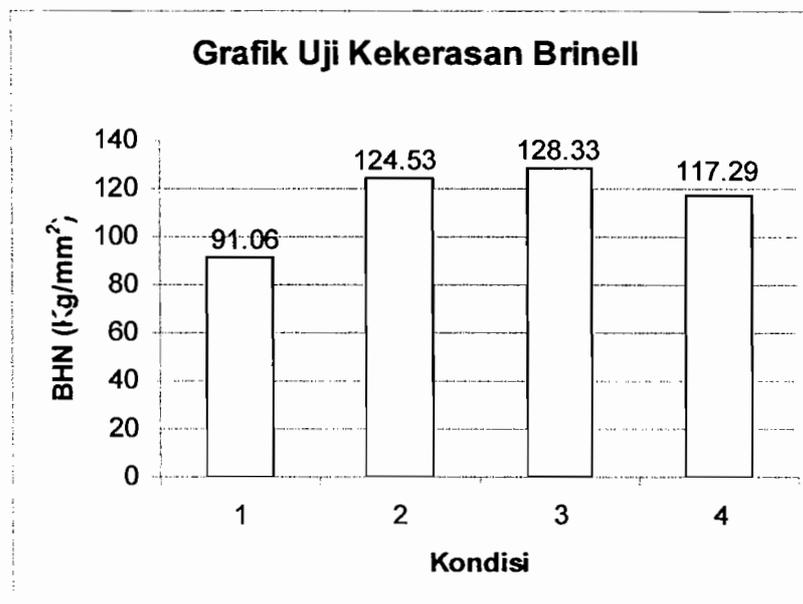


Gambar 4.2. Grafik uji kekerasan Brinell untuk gear nonorisinil kuning

Keterangan :

1. Gear nonorisinil kuning setelah di normalising
2. Gear nonorisinil kuning setelah diquench dengan solar
3. Gear nonorisinil kuning setelah diquench dengan air
4. Gear nonorisinil kuning setelah diquench dengan oli

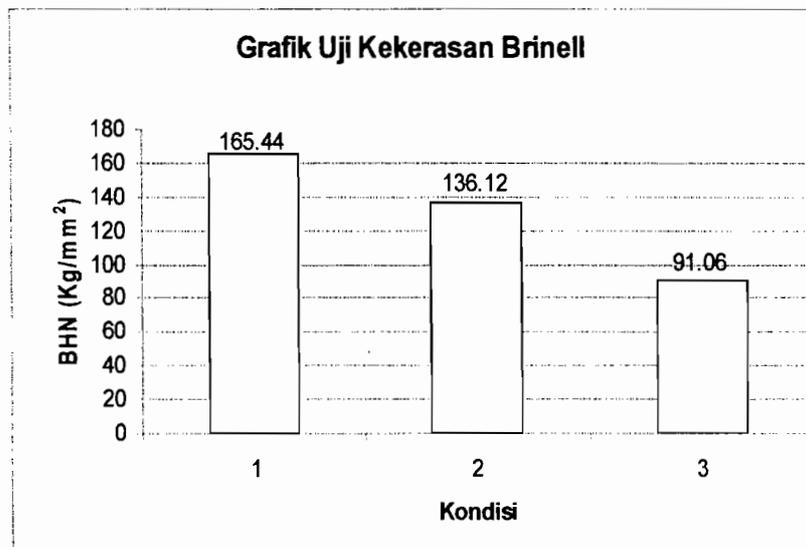




Gambar 4.3. Grafik uji kekerasan Brinell untuk gear nonorisinil putih

Keterangan :

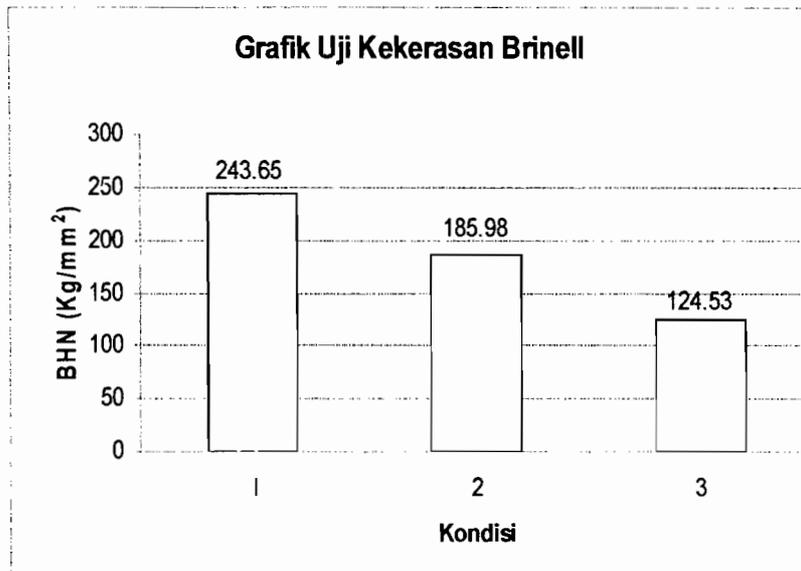
1. Gear nonorisinil putih setelah di normalising
2. Gear nonorisinil putih setelah diquench dengan solar
3. Gear nonorisinil putih setelah diquench dengan air
4. Gear nonorisinil putih setelah diquench dengan oli



Gambar 4.4. Kondisi gear mula-mula setelah dinormalising

Keterangan :

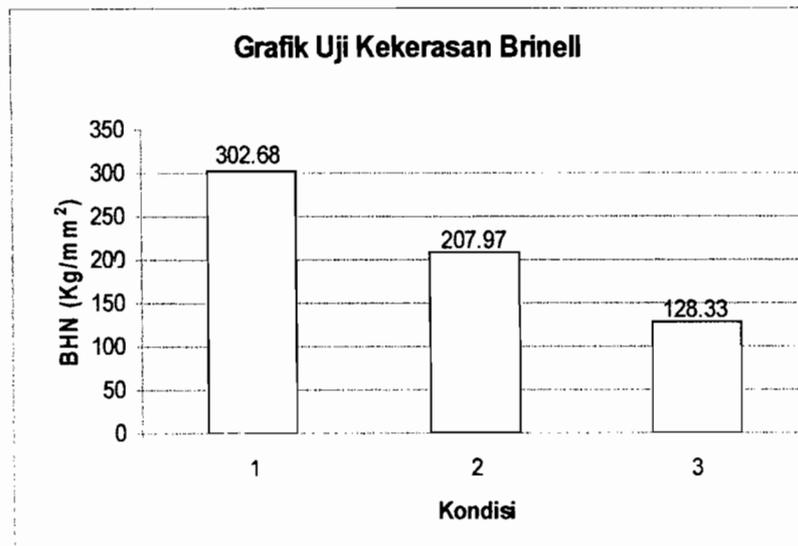
1. Gear orisinil
2. Gear nonorisinil kuning
3. Gear nonorisinil putih



Gambar 4.5. Kondisi gear setelah diquench dengan solar

Keterangan :

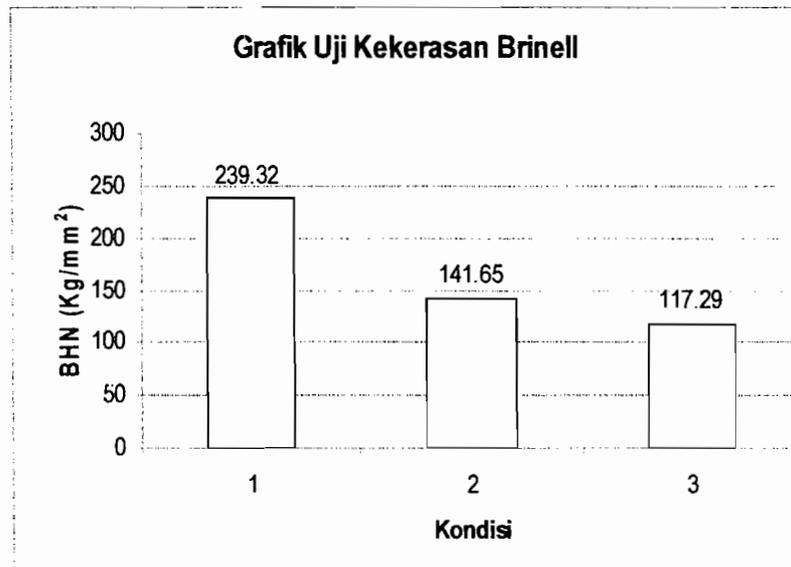
1. Gear orisinil
2. Gear nonorisinil kuning
3. Gear nonorisinil putih



Gambar 4.6. Kondisi gear setelah diquench dengan air

Keterangan :

1. Gear orisinal
2. Gear nonorisinal kuning
3. Gear nonorisinal putih



Gambar 4.7. Kondisi gear setelah diquench dengan oli

Keterangan :

1. Gear orisinil
2. Gear nonorisinil kuning
3. Gear nonorisinil putih

Pada setiap perlakuan panas, laju pemanasan merupakan faktor yang penting. Panas merambat dari luar ke dalam dengan kecepatan tertentu. Bila pemanasan terlalu cepat, bagian luar akan jauh lebih panas dari bagian dalam sehingga tak dapat diperoleh struktur yang merata. Bila bentuk benda tidak teratur, benda harus dipanaskan perlahan-lahan agar tidak mengalami distorsi atau retak. Makin besar potongan benda, makin lama waktu yang diperlukan untuk memperoleh struktur yang merata.

Dilihat dari Gambar 4.1; Gambar 4.2; dan Gambar 4.3, kekerasan gear setelah proses quenching mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan spesimen mula-mula. Perbedaan kekerasan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain : laju pendinginan yang tidak sama dari masing-masing fluida, jumlah kadar karbon yang terkandung di dalam spesimen tersebut dan ukuran spesimen. Semakin cepat laju pendinginan maka semakin tinggi tingkat kekerasannya karena pembuangan panas berlangsung lebih cepat. Pada pendinginan menggunakan media air, laju pendinginan lebih cepat sehingga tingkat kekerasan spesimen paling tinggi. Makin cepat laju pendinginan, martensit yang terbentukpun semakin banyak. Struktur inilah yang menyebabkan kekerasan pada spesimen meningkat. Tingkat kekerasan spesimen dengan media solar lebih rendah daripada menggunakan media air. Sementara media pendingin oli menghasilkan tingkat kekerasan yang paling rendah. Jadi bila dibandingkan antara ketiga media pendingin, maka media pendingin air lebih baik karena menghasilkan tingkat kekerasan yang paling tinggi.

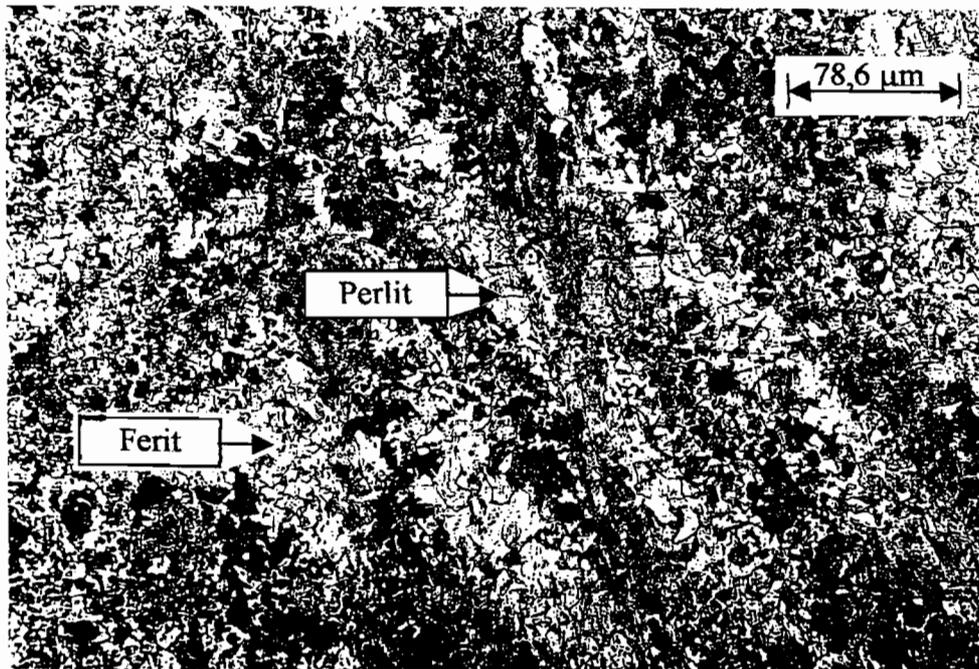
yang terdapat di dalam spesimen tersebut maka tingkat kekerasan akibat diquenching menjadi semakin tinggi pula. Di antara ketiga jenis spesimen, gear orisinil memiliki tingkat kekerasan yang paling tinggi, diikuti gear nonorisinil kuning dan gear nonorisinil putih. Hal ini sesuai dengan data uji komposisi dimana kandungan karbon gear orisinil lebih besar dibandingkan gear nonorisinil yang lain. Spesimen dengan kadar karbon rendah sulit untuk dikeraskan. Dengan meningkatnya kadar karbon sampai sekitar 0,60 % kekerasan akan naik. Diatas 0,60 % C kenaikan harga karbon hanya sedikit pengaruhnya, karena diatas suhu eutektoid baja dalam keadaan anil terdiri dari perlit dan sementit. Baja yang untuk sebagian besar terdiri dari perlit dapat ditransformasi menjadi martensit.

Benda dengan ukuran yang lebih besar pada umumnya akan menghasilkan permukaan yang kurang keras, meskipun kondisi perlakuan panas tetap sama. Hal ini disebabkan oleh terbatasnya jumlah panas yang merambat ke permukaan. Oleh karena itu kekerasan dibagian dalam benda akan lebih rendah daripada dibagian luar dan ada nilai batas tertentu. Namun air dapat menurunkan suhu permukaan dengan cepat, yang diikuti dengan penurunan suhu di dalam benda tersebut, sehingga diperoleh lapisan keras dengan ketebalan tertentu. Hal ini tidak terjadi pada pencelupan minyak, suhu permukaan lebih lambat dingin dan mungkin masih agak tinggi sehingga pendinginan terhambat.

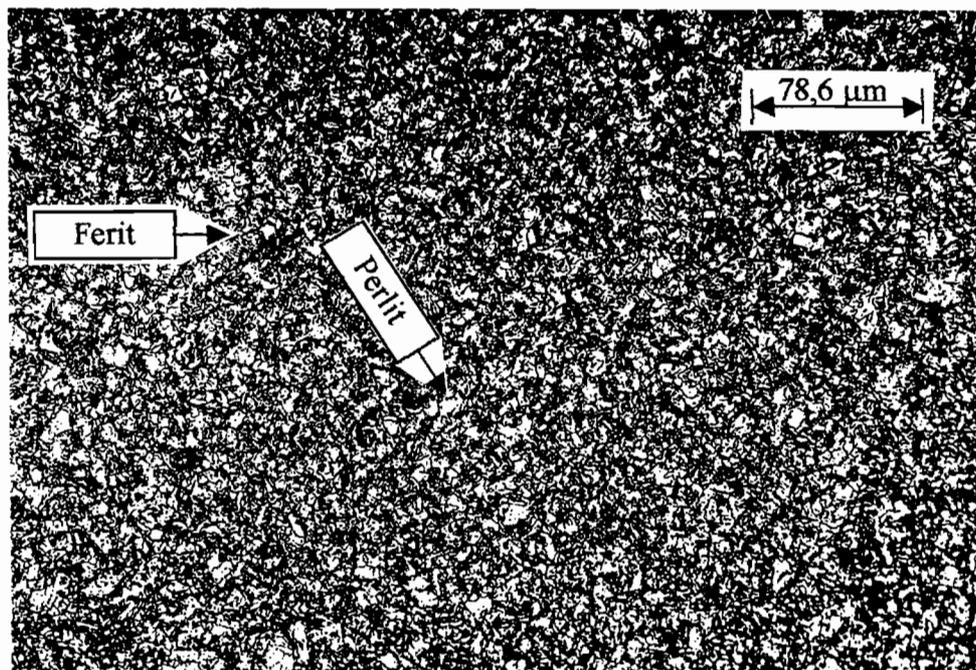
4.2 Analisis Struktur Mikro

Analisis struktur mikro dapat dilihat pada gambar 4.8 sampai 4.19 yang diperoleh dari pemotretan menggunakan mikroskop foto dengan perbesaran 200 x.

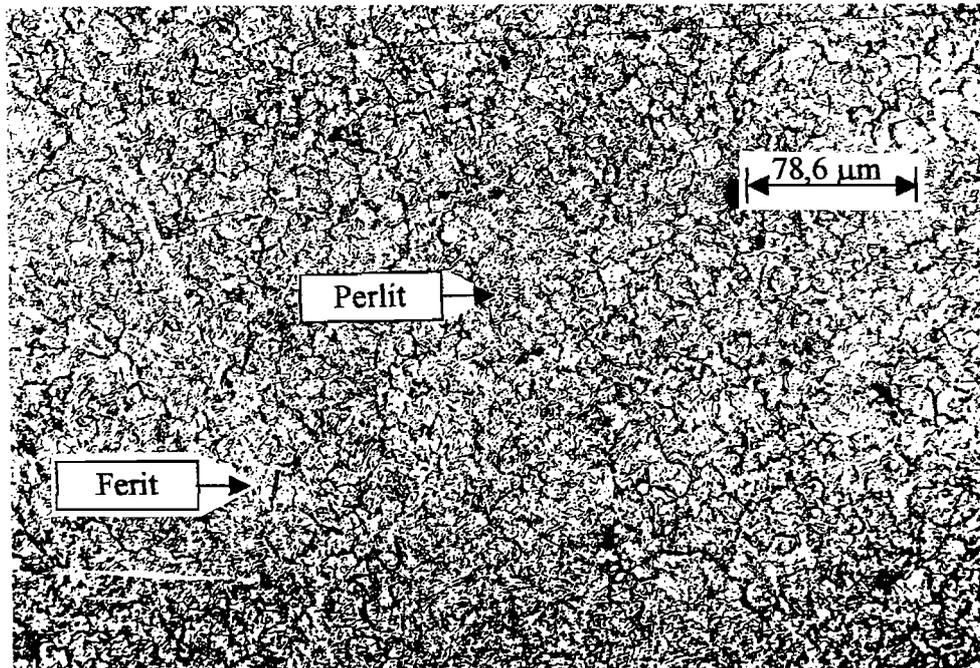
Dari hasil pemotretan didapat adanya perubahan jumlah butiran dan kadar karbon dari setiap periode perlakuan panas. Foto struktur mikro yang diperoleh dari hasil pengujian sebelum dan sesudah quenching dapat dilihat dibawah ini:



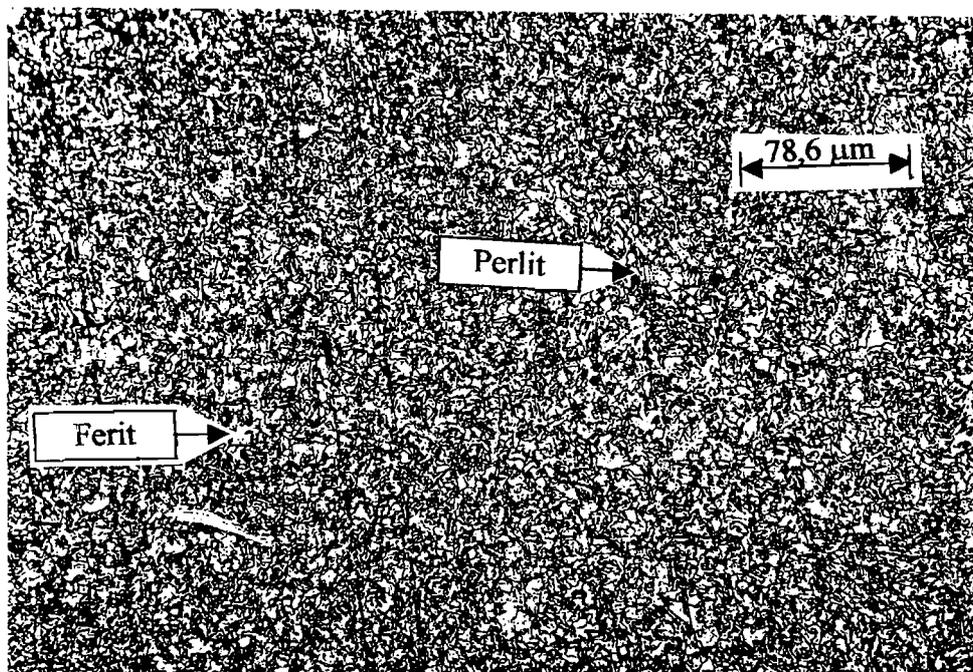
Gambar 4.8 Foto struktur mikro setelah normalising untuk gear orisinal



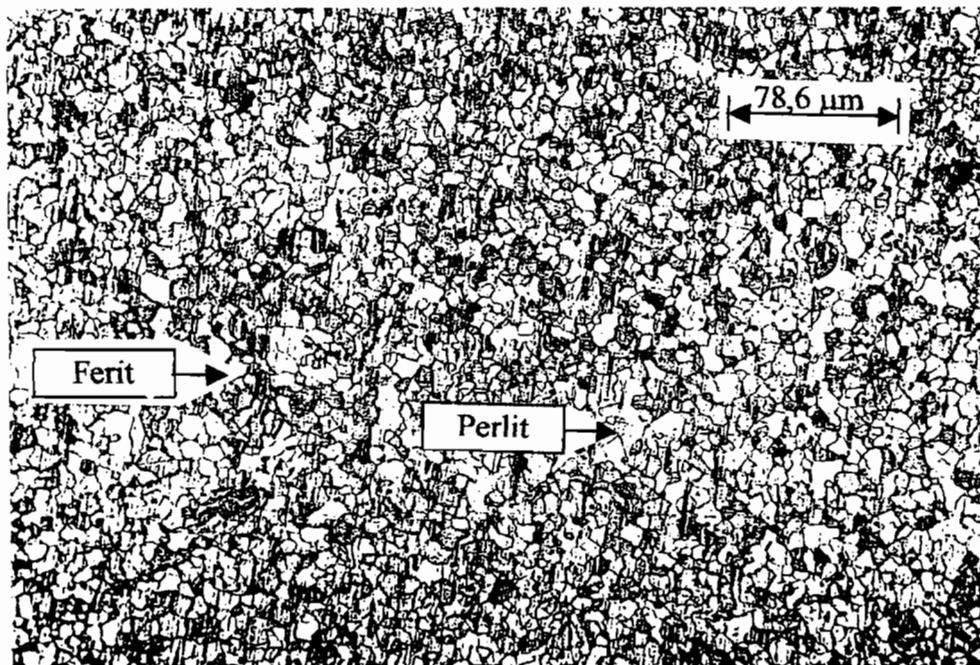
Gambar 4.9 Foto struktur mikro setelah quench dengan solar untuk gear orisinal



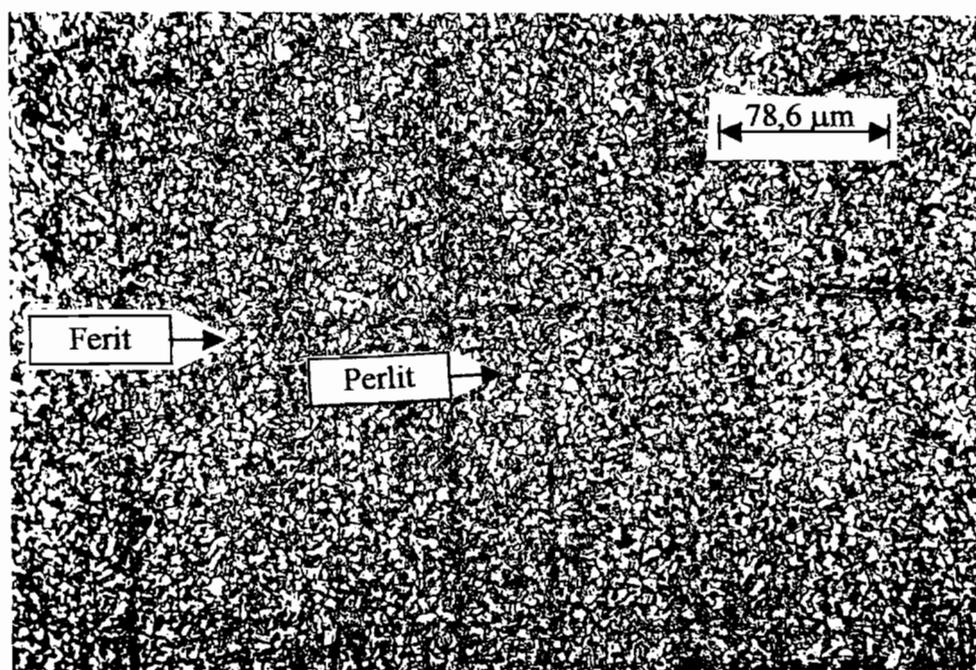
Gambar 4.10 Foto struktur mikro setelah quench dengan air untuk gear orisinil



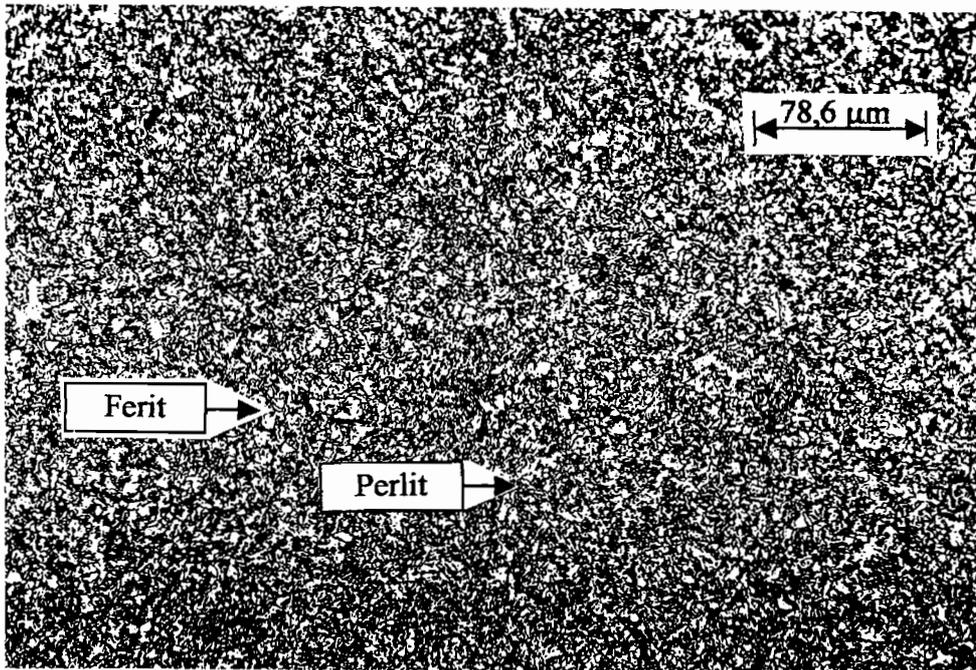
Gambar 4.11 Foto struktur mikro setelah quench dengan oli untuk gear orisinil



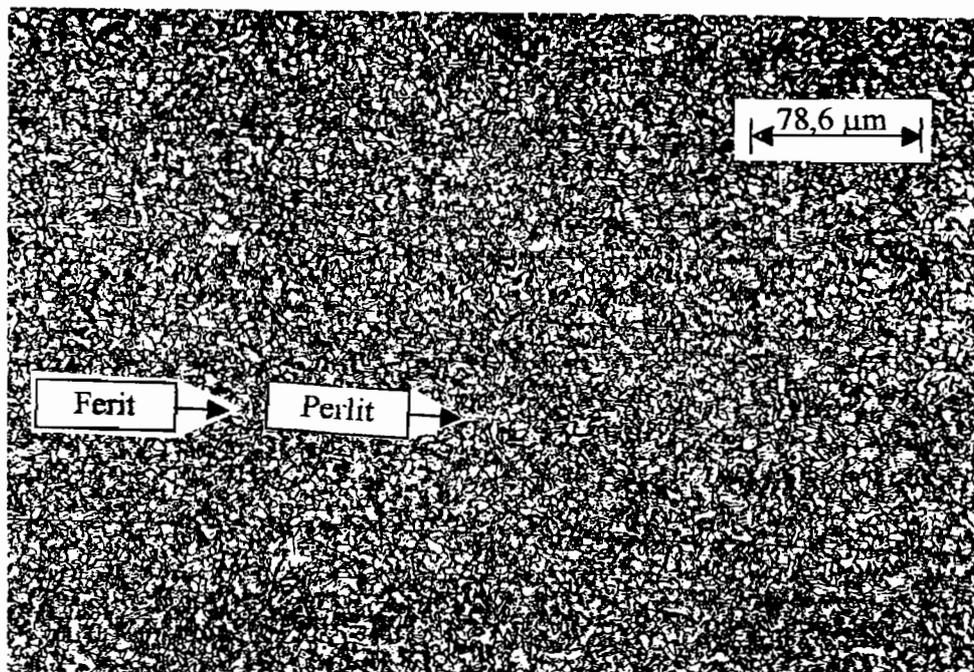
Gambar 4.12 Foto struktur mikro setelah normalising untuk gear non orisinil kuning



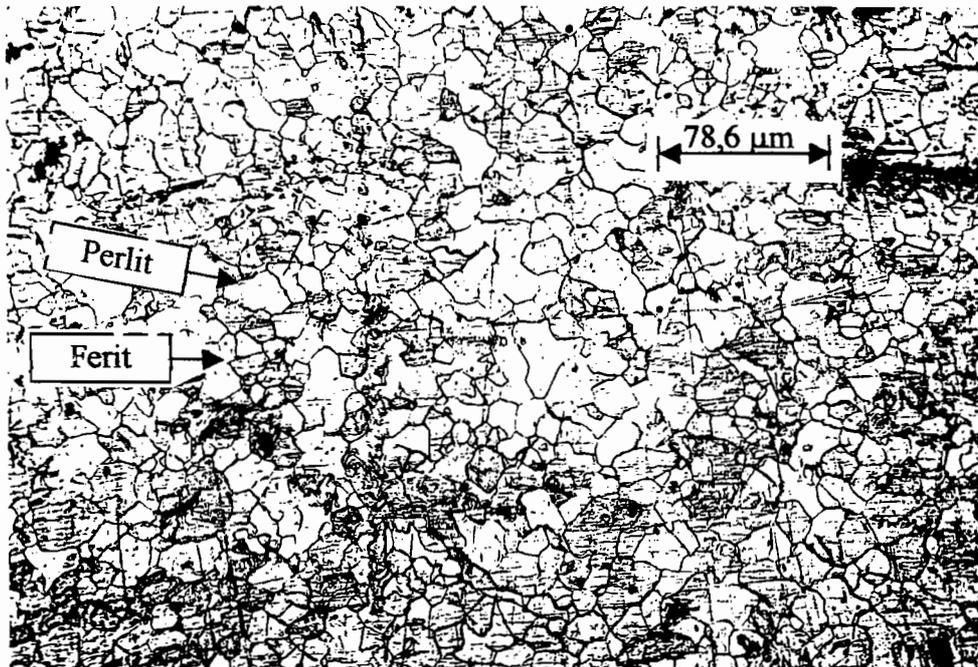
Gambar 4.13 Foto struktur mikro setelah quench dengan solar untuk gear non orisinil kuning



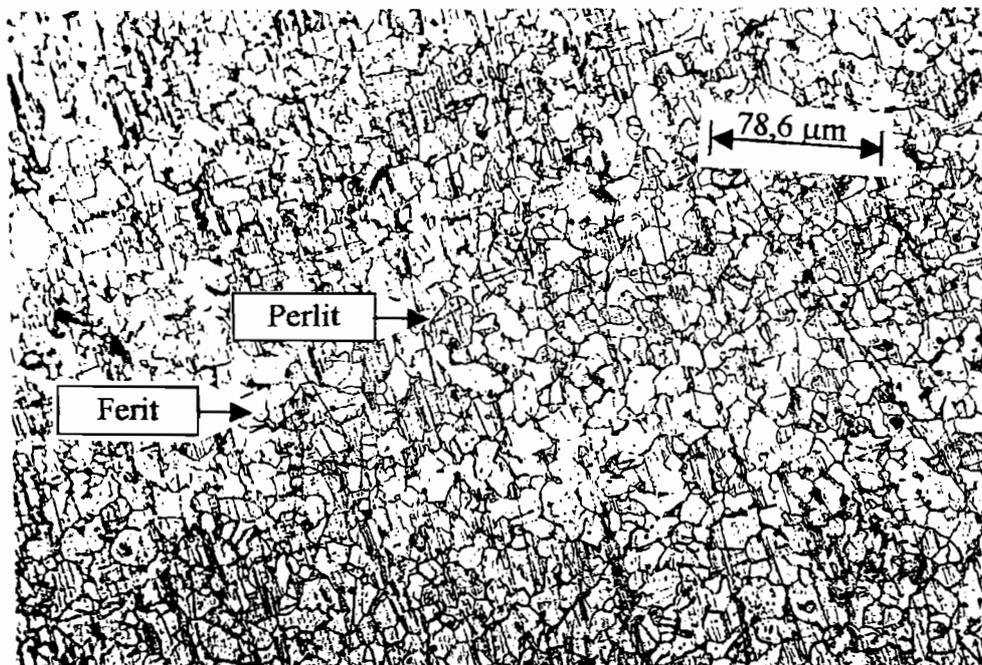
Gambar 4.14 Foto struktur mikro setelah quench dengan air untuk gear non orisinil kuning



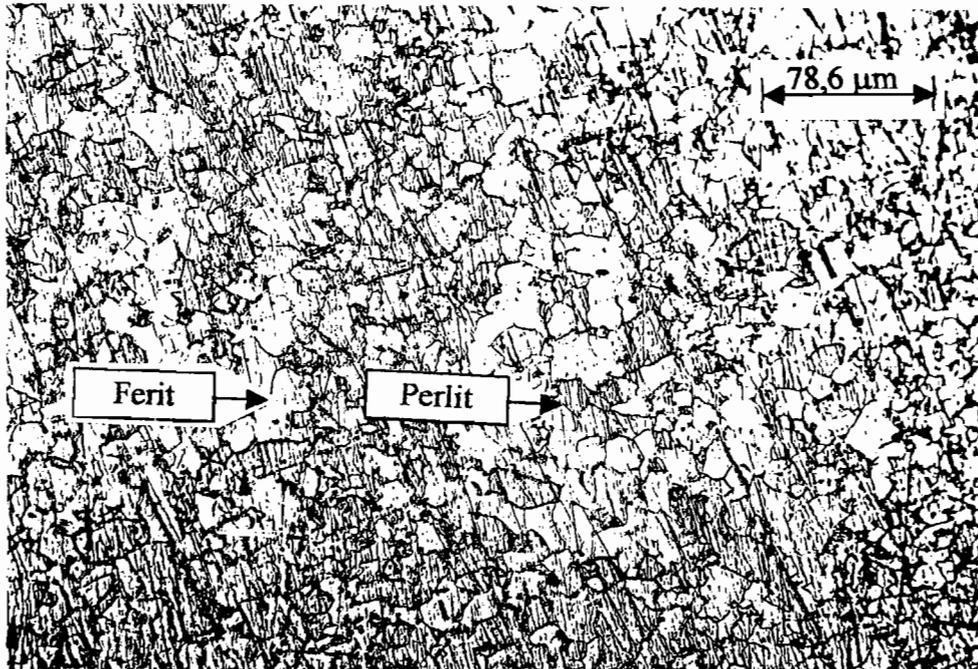
Gambar 4.15 Foto struktur mikro setelah quench dengan oli untuk gear non orisinil kuning



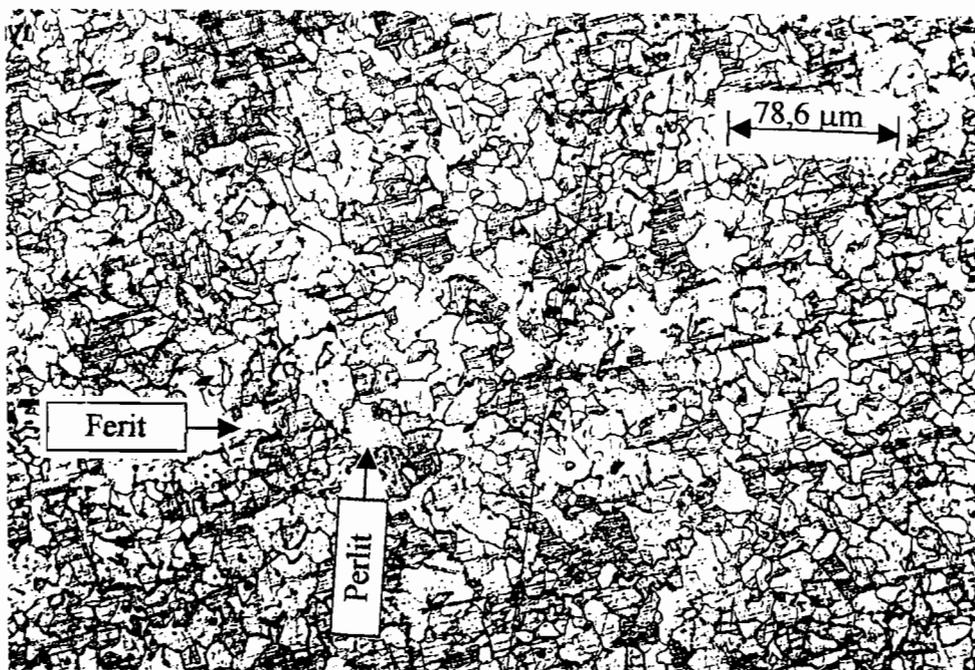
Gambar 4.16 Foto struktur mikro setelah normalising untuk gear non orisinil putih



Gambar 4.17 Foto struktur mikro setelah quench dengan solar untuk gear non orisinil putih



Gambar 4.18 Foto struktur mikro setelah quench dengan air untuk gear non orisinil putih



Gambar 4.19 Foto struktur mikro setelah quench dengan oli untuk gear non orisinil putih

Dari gambar diatas terlihat perbedaan yang begitu mencolok antara ketiga spesimen tersebut. Hal itu disebabkan karena kandungan karbon dari setiap benda uji yang tidak sama. Spesimen mula-mula yang belum diquenching terdiri dari ferrit dan perlit dengan struktur yang kurang rapat. Ferrit mempunyai sel satuan kubus pusat badan atau *body centered cubic (bcc)*, menunjukkan titik mulur yang jelas dan menjadi getas pada temperatur rendah. Ferrit atau besi murni ditunjukkan oleh butiran yang berwarna putih sedangkan perlit ditunjukkan oleh butiran yang bergaris-garis. Warna hitam menunjukkan kadar karbon yang terkandung didalamnya. Dan jika diamati, butiran yang berwarna hitam lebih sedikit dibandingkan butiran yang berwarna putih, hal ini terjadi pada gear palsu. Sebaliknya, butiran yang berwarna hitam lebih banyak dibandingkan butiran yang berwarna putih pada gear yang asli. Kondisi ini sesuai dengan data yang diperoleh dari uji komposisi kimia yang menyatakan persentase kandungan karbon yang berbeda dari ketiga jenis spesimen tersebut. Perlakuan panas quenching menyebabkan terjadi perubahan struktur pada ketiga spesimen. Struktur ferrit dan perlit spesimen uji setelah diquenching menjadi lebih rapat sehingga kekerasannya lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen sebelum diquenching. Dengan perubahan yang terjadi pada struktur mikro tersebut, maka dapat diperoleh sifat-sifat mekanik yang berbeda dari suatu logam.

Dari hasil pemotretan dengan ukuran kertas 3R pada perbesaran 200 kali dapat dicari ukuran sebenarnya. Ukuran tersebut harus dikonversikan terlebih dahulu dengan membandingkan foto mikro kawat tembaga $110\ \mu\text{m}$ pada perbesaran 200 kali. 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.

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

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

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

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Proses quenching menggunakan media pendingin solar menyebabkan kekerasan gear naik sekitar 47% untuk gear orisinil, 37% untuk gear nonorisinil kuning, dan 37% untuk gear nonorisinil putih.
2. Proses quenching menggunakan media pendingin air menyebabkan kekerasan gear naik sekitar 83% untuk gear orisinil, 53% untuk gear nonorisinil kuning, dan 41% untuk gear nonorisinil putih.
3. Proses quenching menggunakan media pendingin oli menyebabkan kekerasan gear naik sekitar 45% untuk gear orisinil, 4% untuk gear nonorisinil kuning, dan 28% untuk gear nonorisinil putih.
4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekerasan dan perubahan struktur mikro pada spesimen setelah diquenching.

Pada spesimen gear orisinil kekerasan lebih tinggi jika dibandingkan dengan gear non orisinil kuning dan putih. Hal ini disebabkan karena jumlah kandungan karbon pada ketiga spesimen tersebut tidak sama dan laju pendinginan yang berbeda dari masing-masing fluida.

Pada struktur mikro spesimen yang diquenching terlihat adanya ferit, perlit, dan martensit. Martensit yang terbentuk pada setiap spesimen

tidak sama karena laju pendinginan yang berbeda. Semakin cepat laju pendinginan, martensit yang terbentuk semakin banyak. Martensit inilah yang membuat spesimen menjadi lebih keras.

Peningkatan kekerasan pada spesimen disebabkan oleh dua faktor, yaitu perbedaan laju pendingin, dan jumlah kandungan karbon.

5.2. Saran

Dalam melakukan penelitian kekerasan maupun pengamatan struktur mikro dibutuhkan konsentrasi dan ketenangan, sehingga dalam penelitian didapatkan hasil yang optimal.

Untuk mendukung hasil yang maksimal dan valid, alangkah baiknya jika peralatan di laboratorium Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma ditambah dan diperbaiki.

Daftar Pustaka

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

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

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

Smallman, R.E., 1991, *Metalurgi Fisik Modern*, edisi keempat, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

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

RAMPHAN

LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 355 A/UJI/SP/2004
Pelanggan : 1. RM Juniansyah
NIM : 995214111
2. Yohanes Feto Pati
NIM : 995214094
Universitas Sanata Dharma Yogyakarta
Ket. Contoh : Langsung dari produk
Kode : Kode A

Jenis Pengujian : Komposisi Kimia
Metode Pengujian : IK 5.4-1-1
Tanggal Diterima : 29 September 2004
Tanggal Pengujian : 30 September 2004

Hasil :

UNSUR (%)	CONTOH UJI	
	UJI 2004-S817	Standart Deviasi (%)
Fe2	97.61	0.0557
C	0.370	0.0128
Si	0.038	0.0065
Mn	0.341	0.0065
P	0.007	0.0002
S	0.000	0.0000
Cr	0.190	0.0072
Mo	0.010	0.0025
Ni	0.068	0.0011
Al	0.017	0.0004
B	0.0047	0.0002
Co	0.058	0.0009
Cu	0.024	0.0015
Nb	0.063	0.0019
Pb	0.0016	0.0001
Sn	0.002	0.0014
Ti	0.086	0.0016
V	0.129	0.0031
W	0.781	0.0159

Klaten, 30 September 2004

Manajer Teknik



Lutiyatmi, ST.

LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 355 B/UJI/SP/2004
Pelanggan : 1. RM Juniansyah
NIM : 995214111
2. Yohanes Feto Pati
NIM : 995214094
Universitas Sanata Dharma Yogyakarta

Jenis Pengujian : Komposisi Kimia
Metode Pengujian : IK 5.4-1-1
Tanggal Diterima : 29 September 2004

Ket. Contoh : Langsung dari produk
Kode : Kode B
Tanggal Pengujian : 30 September 2004

Hasil :

UNSUR (%)	CONTOH UJI	
	UJI 2004-S818	Standart Deviasi (%)
Fe2	97.95	0.0257
C	0.094	0.0068
Si	0.000	0.0000
Mn	0.343	0.0023
P	0.006	0.0002
S	0.000	0.0000
Cr	0.183	0.0038
Mo	0.002	0.0015
Ni	0.067	0.0007
Al	0.026	0.0004
B	0.0052	0.0002
Co	0.055	0.0005
Cu	0.023	0.0022
Nb	0.058	0.0011
Pb	0.0018	0.0002
Sn	0.008	0.0019
Ti	0.083	0.0004
V	0.122	0.0016
W	0.765	0.0107

Klaten, 30 September 2004

Manajer Teknik



Lutiyatmi, ST.

LAPORAN PENGUJIAN

Nomor : 355 C/UJI/SP/2004
 Pelanggan : 1. RM Juniansyah
 NIM : 995214111
 2. Yohanes Feto Pati
 NIM : 995214094
 Universitas Sanata Dharma Yogyakarta

Jenis Pengujian : Komposisi Kimia
 Metode Pengujian : IK 5.4-1-1
 Tanggal Diterima : 29 September 2004

Ket. Contoh : Langsung dari produk
 Kode : Kode C
 Tanggal Pengujian : 30 September 2004

Hasil :

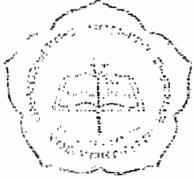
UNSUR (%)	CONTOH UJI	
	UJI 2004-S819	Standart Deviasi (%)
Fe2	98.26	0.0068
C	0.000	0.0000
Si	0.000	0.0000
Mn	0.205	0.0020
P	0.007	0.0002
S	0.000	0.0000
Cr	0.165	0.0012
Mo	0.000	0.0003
Ni	0.074	0.0006
Al	0.030	0.0018
B	0.0045	0.0001
Co	0.057	0.0004
Cu	0.047	0.0021
Nb	0.059	0.0007
Pb	0.0023	0.0001
Sn	0.004	0.0008
Ti	0.083	0.0012
V	0.123	0.0007
W	0.682	0.0018

Klaten, 30 September 2004

Manajer Teknik



Lutiyatmi, ST.



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SANATA DHARMA
Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman Yogyakarta
Telp (0274) 883007, 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: 449 - FT.USD.TM. September 2004

NAMA : Yohanes Veto Padi Dhia

NIM : 095214094

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik, Univ. Sanata Dharma Yogyakarta

Judul TGA :

Studi pengaruh quenching dengan berbagai media pendingin terhadap kekerasan gear sepeda motor Honda

Tanggal dimulai : 16 September 2004

Pembimbing II

Yogyakarta, 16 September 2004

Pembimbing I

Budi Setyawardana, S.T., M.T.



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

No: 449 FT/USD/TM/ September 2004

NAMA : Shamsudin Panjibeso

NIM : 095211001

Program studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik Univ. Sanata Dharma Yogyakarta

Judul : ...

Analisis pemantulan getaran dengan berbagai media, pendugaan terhadap kekerasan gear sepeda motor Honda

tanggal diterima : 10 September 2004

Pembimbing I : Endang Setyadharma, S.T., M.T.

Pembimbing II :

Tgl

Uraian

Keputusan

Tanda
Tangan

11-5-05 Masalah bab I - V

Diperbaiki

SS

19-5-05 Pembahasan & Grafik

ditambah, diperbaiki

SS



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 : 17 September 2005

NAMA Mhs. : Yohanes Feto Pati Bheo

NIM : 995214094

JUDUL : *Pengaruh Quenching dengan berbagai media pendingin terhadap gear sepeda motor Honda.*

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

USULAN REVISI DARI DOSEN PENGLIJI

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

alaman

32 . tambah kesimpulan

Daftar pustaka di betulkan. &

35 . Menggambar menggunakan autocad.

56 . tulisan grafik di beri nomor

Kata bertambah diganti dengan kata lain :
"perbedaan".

Inlisari di perbaiki

