

**PENINGKATAN KEKERASAN SPROKET SEPEDA MOTOR
KAWASAKI, SUZUKI DAN YAMAHA DENGAN
KARBURISING ARANG KAYU**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Mesin



disusun oleh :

Robert Nicodemus Pelupessy

NIM : 995214134

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA
2007**

**THE INCREASING OF SPROCKET HARDNESS OF
KAWASAKI, SUZUKI AND YAMAHA MOTORCYCLE
BY CHARCOAL CARBURIZING**

A FINAL PROJECT

Submit for The Partial Fulfillment of Requirements
to Obtain the Sarjana Technic Degree
In Mechanical Engineering



By :

Robert Nicodemus Pelupessy

Student number : 995214134

**MECHANICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
ENGINEERING FACULTY
SANATA DHARMA UNIVERSITY
YOGYAKARTA
2007**

TUGAS AKHIR

PENINGKATAN KEKERASAN SPROKET SEPEDA MOTOR KAWASAKI, SUZUKI DAN YAMAHA DENGAN KARBURISING ARANG KAYU

Disusun oleh :

Robert Nicodemus Pelupessy

NIM : 995214134

Telah disetujui oleh :



Pembimbing I

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Budi Setyahandana', is written over the bottom left portion of the university logo.

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

Tanggal : 28 Maret 2007

TUGAS AKHIR

PENINGKATAN KEKERASAN SPROKET SEPEDA MOTOR KAWASAKI, SUZUKI DAN YAMAHA DENGAN KARBURISING ARANG KAYU

Dipersiapkan dan ditulis oleh :

Robert Nicodemus Pelupessy

NIM : 995214134

Telah dipertahankan didepan panitia penguji pada tanggal
26 Maret 2007 dan dinyatakan memenuhi syarat.

Susunan Panitia Penguji

Ketua : Budi Sugiharto, S.T., M.T.
Sekretaris : Doddy Purwadianto, S.T., M.T.
Anggota : Budi Setyahandana, S.T., M.T.



Yogyakarta, 28 Maret 2007
Fakultas Teknik
Universitas Sanata Dharma
Yogyakarta

Dekan

Ir. Gregorius 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 kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 28 Maret 2007
Penulis

Robert Nicodemus Pelupessy

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan bimbingan-Nya hingga terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini, dengan judul “Peningkatan kekerasan sproket sepedamotor Kawasaki, Suzuki dan Yamaha dengan karburising arang kayu”. Adapun penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis akan meneliti pengaruh karburising dengan bahan pengarbonan berupa arang kayu terhadap kekerasan sproket sepeda motor.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas segala bantuan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik, kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan bimbingan-Nya selama pengerjaan tugas ini.
2. Ir. Greg. Heliarko, S.J., S.S., B.S.T., M.A., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma.
3. Yosef Agung Cahyanta, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan dan Ketua Program Studi Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.
4. Budi Setyahandana, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama penyusunan Tugas Akhir.
5. Seluruh staf dan laboran jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan ini karena keterbatasan dan pengetahuan untuk itu penulis mengharap kritik dan saran yang bersifat membangun guna lebih sempurnanya tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Terima kasih.

Yogyakarta, 28 Maret 2007

Penulis

UCAPAN SPESIAL :

THE CHRIST
PAPA DAN MAMI
THE PELUPESSY FAMILY
TEKNIK MESIN '99'
TIM BTM (RAMALA DAN HERY)
TIM TPL (ALOY, M'BIL, UCAK DAN ACAN)
TIM FATIGUE (ANGIE'JEM)
KOS KELAPA IJO
WTC RENTAL COM

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL (INGGRIS).....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERYATAAN	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
INTISARI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Tujuan Penelitian	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. 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 Baja Berdasarkan Kandungan Karbon.....	5
2.1.2.2 Sifat-Sifat Baja.....	6
2.1.2.3 Pengaruh Spesifik Unsur Paduan pada Baja.....	7
2.2. Struktur Mikro.....	10
2.2.1. Diagram Fasa Besi Karbida	10
2.3. Pengujian Bahan	13
2.4. Perlakuan Panas (Heat Treatment).....	14

2.4.1.	Quenching atau Hardening.....	14
2.4.2.	Tempering	14
2.4.3.	Normalising.....	15
2.4.4.	Annealing	15
2.5.	Pengerasan Kulit	15
2.5.1.	Perlakuan Panas Kimia (Chemical Heat Treatment)	16
2.5.2.	Carburising.....	16
2.5.2.1	Difusi.....	17
2.5.2.2	Jenis Karburising.....	18
2.5.2.3	Proses Karburising Selektif.....	20
2.5.2.4	Tebal Lapisan Karburising.....	21
2.5.3.	Nitriding	22
2.5.4.	Cyaniding dan Karbonitriding.....	22
2.5.4.1	Cyaniding	22
2.5.4.2	Carbonitriding	23
2.5.4.3	Diffusion Coating.....	23
2.6.	Dasar Teori Pengujian Kekerasan Brinell, Rokwell dan Vickers.....	23
2.6.1	Pengujian Brinell.....	24
2.6.1.1	Perlengkapan Pengujian Kekerasan Brinell.....	25
2.6.1.2	Kekurangan dari Pengujian Brinell.....	26
2.6.2	Pengujian Vickers	27
2.6.3	Pengujian Rockwell	28
2.6.3.1	Cara Pengujian	28
2.6.3.2	Kekerasan Rockwell.....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....		30
3.1.	Bagan Alir penelitian	30
3.2.	Bahan dan Peralatan.....	31
3.2.1	Bahan	31
3.2.2	Peralatan.....	34
3.3.	Proses Karburising	35

3.4.	Pengujian Kekerasan.....	36
3.5.	Pengamatan Struktur Mikro.....	37
3.6.	Analisis Hasil.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		39
4.1.	Analisis Struktur Mikro.....	39
4.2.	Pengujian Kekerasan.....	44
BAB V PENUTUP.....		47
5.1.	Kesimpulan.....	47
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram struktur mikro baja karbon	15
Gambar 2.2 Diagram keseimbangan besi karbon	17
Gambar 2.3 Alat uji kekerasan Brinell.....	29
Gambar 2.4 Profil injakan alat uji kekerasan Brinell.....	31
Gambar 2.5 Alat uji kekerasan Vickers	32
Gambar 2.6 Alat uji kekerasan Rockwell	34
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	35
Gambar 3.2 Spesimen uji kekerasan	37
Gambar 3.3 Tabung sementasi.....	38
Gambar 3.4 Arang kayu yang telah dihaluskan	38
Gambar 3.5 Soda makan / <i>sodium carbonat</i>	39
Gambar 3.6 Batu kapur / <i>calcium carbonat</i>	39
Gambar 3.7 Mikroskop mikro dilengkapi dengan kamera.....	40
Gambar 4.1 Struktur mikro	44
Gambar 4.2 Struktur mikro mula - mula sproket non original.....	45
Gambar 4.3 Struktur mikro sproket non original karburising 1 jam.....	46
Gambar 4.4 Struktur mikro sproket non original karburising 3 jam.....	47
Gambar 4.5 Struktur mikro sproket non original karburising 5 jam.....	48
Gambar 4.5 Grafik perbandingan sproket.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Harga patokan beban uji	31
Tabel 3.1 Data Komposisi Kimia.....	36
Tabel 3.2 Data metode pengujian	37
Tabel 3.3. Data Spesimen.....	38
Tabel 4.1 Perbandingan sproket kawasaki	49
Tabel 4.2 Perbandingan sproket suzuki	50
Tabel 4.3 Perbandingan sproket yamaha	50
Tabel 5.1 Perbandingan kekerasan sproket.....	52
Tabel 5.2 Pertambahan karbon pada sproket yang dikarburising	53

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan sproket sepeda motor dengan metode Pack Carburising (proses karburising dengan menggunakan media padat). Bahan yang digunakan adalah sproket dari sepeda motor merk Kawasaki (Type Kaze), Suzuki (Type Shogun) dan Yamaha (Type Vega) jenis original dan non original. Proses karburisasi dilakukan pada sproket jenis non original dan sproket original berfungsi sebagai pembanding acuan kekerasan saja.

Spesimen yang telah dikarburising diuji kekerasannya dengan metode Brinell, setelah itu akan diamati struktur mikronya untuk mengetahui laju penambahan karbon pada spesimen.

Hasil dari penelitian menunjukkan peningkatan kekerasan pada permukaan dan bertambahnya kadar karbon pada permukaan spesimen. merk Suzuki, sebesar 62,42% jika dibandingkan dengan sproket original dan 122,42% jika dibandingkan dengan sproket non original dan penambahan kedalaman karbon terbaik terdapat pada merk Kawasaki pada setiap variasi waktu dengan kedalaman 0,28 mm untuk 1 jam; 0,33 mm untuk 3 jam dan 0,44 mm untuk 5 jam.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Berkembangnya jaman dan 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 hingga agar dapat diketahui kekuatan maksimum dan umur pakainya sehingga membutuhkan waktu penelitian dan ketelitian yang tinggi. Serangkaian proses kimia diperlukan untuk mendapatkan hasil dan penampilan bahan yang diinginkan, pembuatan baja dengan segala sifat mekanik yang diinginkan, misalnya : keuletan, ketangguhan, kekerasan dan lain-lain.

Dalam tugas akhir ini penulis melakukan penelitian pengaruh karburising dengan bahan pengarbonan berupa arang kayu terhadap kekerasan sproket sepeda motor Kawasaki, Suzuki dan Yamaha. Benda diuji kekerasannya dengan menggunakan cara Brinell dimana hasil pengujian pada sproket yang sudah dikarburising dibandingkan dengan spesifikasi mula-mula.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui peningkatan kekerasan sproket non original yang mengalami karburising.
2. Struktur mikro sproket non original.

1.3. Batasan Masalah

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

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sproket sepeda motor merk Kawasaki (Type Kaze), Suzuki (Type Shogun) dan Yamaha (Type Vega) jenis original dan non original.
2. Proses karburisasi dilakukan pada sproket sepeda motor merk Kawasaki (Type Kaze), Suzuki (Type Shogun), Yamaha (Type Vega) jenis non original menggunakan metode Pack Carburising (proses karburising dengan menggunakan media padat) dan sproket original berfungsi sebagai pembanding acuan kekerasan saja.
3. Benda kerja yang akan dikarburisasi dimasukkan ke dalam tabung sementasi yang berisi campuran arang kayu 70 % berat, sodium carbonat (soda makan) 25 % berat, dan calcium carbonat 5 % berat. Kemudian dimasukan ke dalam tungku pada suhu 900 °C dan ditahan selama 1, 3, dan 5 jam.
4. Pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan metode Brinell.
5. Dilakukan pengamatan struktur mikro.

1.4. 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 penulisan.

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 grafik 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 sproket adalah baja yang merupakan bahan yang paling banyak digunakan dan mempunyai sifat-sifat yang bervariasi yaitu dari sifat yang 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 bijih 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 δ . 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 Baja Berdasarkan Kandungan Karbon

Berdasarkan kadar karbon baja dibagi menjadi 3 yaitu:

a. **Baja karbon rendah (<0,3%)**

Semakin sedikit unsur karbon yang ada maka semakin mendekati sifat besi murni. Baja karbon rendah ditinjau dari kekuatannya memiliki sifat sedang, liat, serta tangguh. Baja ini mudah di mesin dan mampu las. Untuk memperoleh kekerasan pada permukaan salah satunya dengan cara karburising.

b. **Baja karbon sedang (0,3% - 0,6%)**

Baja ini lebih keras dari baja karbon rendah, dan sifatnya juga lebih kuat dan tangguh tetapi kurang liat. Sifat baja karbon sedang dapat diubah dengan cara heat treatment. Pembentukannya dengan cara ditempa.

c. **Baja karbon tinggi (0,6% - 1,4%)**

Memiliki sifat lebih keras tapi kurang liat dan tangguh. Maka, untuk mempertinggi ketahanan terhadap aus dengan cara heat treatment dan untuk mengurangi sifat getasnya di *temper*. Baja jenis ini dipergunakan untuk pembuatan pegas, alat-alat pertanian dan lain-lain.

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.

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. 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.

2.1.2.3 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 agar

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 sehingga menaikkan keuletan baja.

d. Unsur pada 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 kecil hal ini dikarenakan akan memberikan sifat mampu las dan mampu tempa pada baja.

e. Unsur paduan Cromium (Cr)

Unsur cromium dapat memindahkan titik *eutektik* ke kiri. Cromium dan karbon akan membentuk carbida 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)

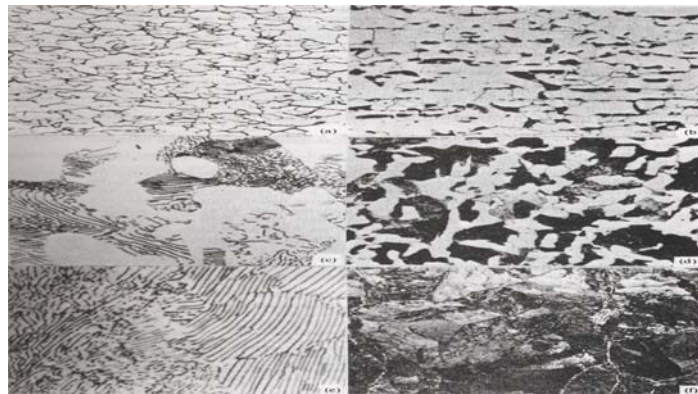
Pada umumnya unsur cobalt digunakan bersama-sama unsur paduan lainnya. Cobalt menaikkan daya tahan aus dan menghalangi pertumbuhan butiran.

g. Unsur paduan Tungstem (W), Molibden (Mo), Vanadium (V)

Seperti Cr, unsur - unsur ini akan membentuk carbida 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 unsur utama pada baja. Dengan Fe maka akan membentuk Fe_3C (sementit). Peningkatan kadar karbon akan menambah kekerasan baja. Di atas 0,83 % C, kekuatan baja akan turun, meskipun kekerasan baja bertambah.



Gambar 2.1 Diagram struktur mikro baja karbon

(Sumber : Tata Surdia, Shinroku Saito, *Pengetahuan Bahan Teknik hal 71*)

Perubahan-perubahan yang diakibatkan perbedaan kadar karbon (gambar 2.1). 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.

2.2. Struktur Mikro

2.2.1. Diagram Fasa Besi Karbida

Pada paduan besi karbon terdapat fasa karbida yang disebut *sementit* dan juga *grafit*. Grafit lebih stabil daripada sementit. Titik-titik penting pada diagram ini adalah :

A : Titik cair besi

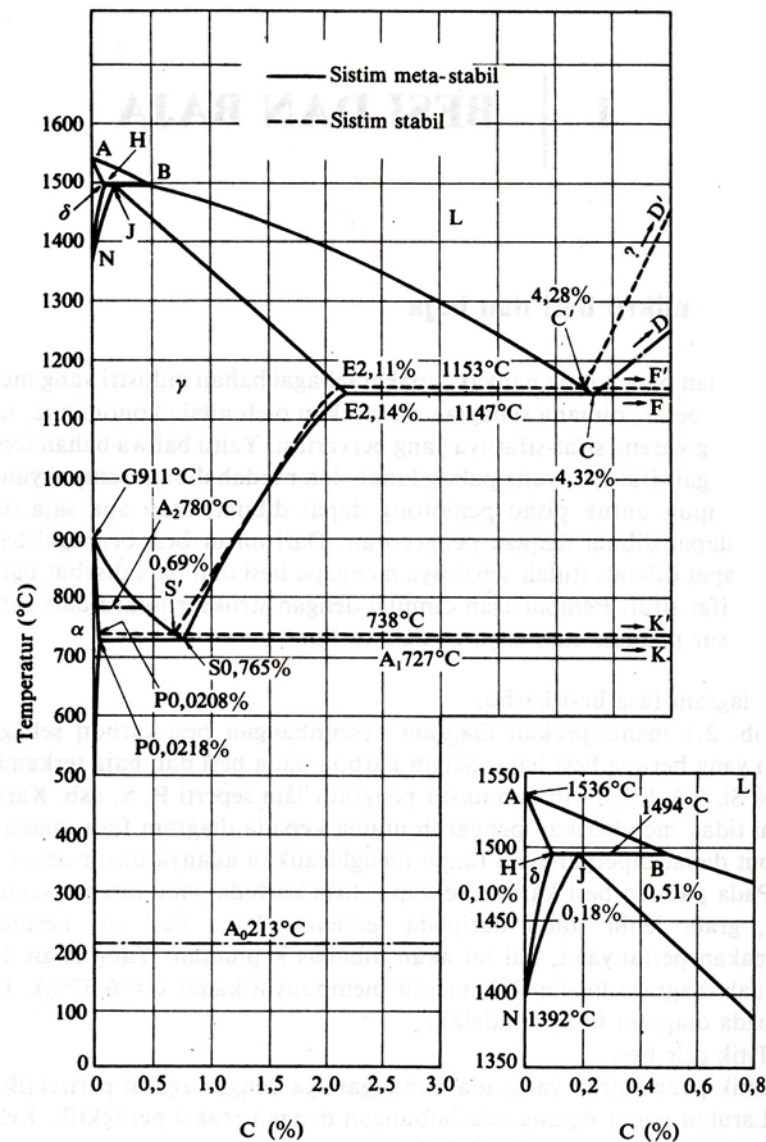
B : Titik pada cairan yang ada hubungannya dengan reaksi *peritektik*.

- 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} .

A₂ : Titik transformasi *magnetic* untuk besi atau ferit.

A₀ : Titik transformasi *magnetic* untuk *sementit*.



Gambar 2.2 Diagram keseimbangan besi karbon

(Sumber : Tata Surdia, Shinroku Saito, Pengetahuan Bahan Teknik 1987, Hal. 70).

Baja yang berkadar karbon sama dengan komposisi eutectoid dinamakan baja eutectoid. Yang berkadar karbon kurang dari komposisi eutectoid dinamakan baja hypoeutectoid. Sedangkan yang berkadar karbon lebih dari komposisi eutectoid dinamakan baja hypereutectoid.

2.3. Pengujian Bahan

Pengujian bahan dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat bahan, seperti :

1. Sifat mekanis
2. Sifat fisis
3. Sifat kimia.

Pengujian mekanis dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

1. Pengujian yang bersifat tidak merusak (non destruktif) dan
2. Pengujian yang bersifat merusak benda uji (destruktif) seperti uji tarik, uji impak, uji kelelahan, dan uji kekerasan.

Pengujian tarik, impak, kelelahan tidak dibahas dalam penelitian ini, karena dalam penulisan ini hanya mencakup proses pengujian dan penelitian sebagai berikut :

- a. Karburising
- b. Pengujian kekerasan (uji kekerasan Brinell)
- c. Analisis struktur mikro

2.4. Perlakuan Panas (Heat Treatment)

Perlakuan panas pada baja dimaksudkan untuk memberikan sifat-sifat yang lebih baik dengan proses baja dipanaskan sampai suhu tertentu dalam waktu tertentu, serta proses pendinginannya dengan cara tertentu pula. Pemanasan baja menggunakan dapur yang pada umumnya berupa dapur listrik atau dapur gas.

Perlakuan panas pada baja dapat berupa :

- a) Quenching atau Hardening
- b) Tempering
- c) Normalising
- d) Annealing

2.4.1. Quenching atau Hardening

Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan baja di atas suhu kritis dan ditahan dalam waktu tertentu kemudian didinginkan secara cepat. Baja yang sudah diquenching mempunyai struktur martensit yang dapat membuat baja menjadi lebih keras. Hal ini juga menaikkan tegangan dalam sehingga baja menjadi getas. Media yang digunakan sebagai pendingin dapat tergantung dari jenis baja dan lamanya pemanasan dapat berupa air, solar, oli, dan minyak. Perlakuan panas ini bertujuan untuk membuat baja menjadi keras.

2.4.2. Tempering

Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan baja di bawah suhu kritis dalam waktu tertentu dan kemudian didinginkan secara perlahan (dilakukan di luar tungku dengan laju pendinginan 150 - 200°C). Tujuan dari proses tempering

adalah untuk mengurangi tegangan dalam dan mengubah susunan, sehingga menghasilkan baja yang lebih ulet dan lunak. Perlakuan panas ini biasanya dilakukan pada baja yang sudah mengalami proses quenching.

2.4.3. Normalising

Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan baja di atas suhu titik ubah atas. Baja dipanaskan perlahan sampai suhu pemanasan yang terletak di antara 20 - 30°C di atas suhu pengerasan dan ditahan beberapa saat kemudian didinginkan perlahan. Perlakuan ini bertujuan untuk memperbaiki atau menghilangkan struktur butiran kasar pada baja. Dengan kata lain normalising bertujuan untuk mengembalikan struktur baja ke keadaan normal.

2.4.4. Annealing

Proses ini dilakukan dengan memanaskan baja pada suhu 30 - 50°C di atas garis GSE pada diagram Fe-C. Baja hypoeutectoid dipanaskan pada suhu 30 - 50°C di atas garis GS. Sedangkan baja hypereutectoid dipanaskan pada suhu 30 - 50°C di atas garis SE pada diagram Fe-C. Proses annealing bertujuan untuk membuat baja menjadi lebih plastis dan liat. Sehingga baja yang keras dapat dikerjakan melalui permesinan atau pengerjaan dingin.

2.5. Pengerasan Kulit

Beberapa komponen mesin mempunyai permasalahan bukan hanya dalam soal keuletan tetapi juga dalam kelelahan yang disebabkan keausan permukaan tegangan yang bolak-balik seperti pada roda gigi. Sehingga langkah yang harus dilakukan dalam mengatasi kesukaran tersebut perlu diberikan

kekerasan yang lebih tinggi pada permukaan dengan cara :pengerasan kulit, pengarbonan, penitridan, pengerasan permukaan dengan frekwensi tinggi atau dengan nyala api dan sebagainya.

2.5.1. Perlakuan Panas Kimia (Chemical Heat Treatment)

Chemical heat treatment pada baja merupakan proses pemanasan baja dengan menambahkan zat-zat tertentu. Cara ini akan menaikkan kekerasan permukaan dan lebih tahan terhadap keausan.

Jenis-jenis chemical heat treatment :

1. Carburising
2. Nitriding
3. Cyaniding dan carbonitriding
4. Diffusion coating

2.5.2. Carburising

Adalah proses pengerasan permukaan baja dengan karbon lewat pemanasan baja pada suhu antara 850 - 950 °C.

Tujuan dari karburising adalah :

- a. Menambah kandungan karbon serta meningkatkan ketahanan aus pada permukaan logam.
- b. Meningkatkan ketahanan terhadap pembebanan yang tiba-tiba.
- c. Meningkatkan karakteristik dari logam.

Hal – hal yang patut dipertimbangkan dalam proses ini adalah proses karburasi karena menghasilkan kemungkinan deformasi yang relatif lebih kecil

dibandingkan dengan proses pengerasan yang diperoleh melalui penyepuhan (quenching).

Proses karburasi adalah proses perlakuan termokimia. Pada umumnya diterapkan pada jenis baja yang tidak mudah dikeraskan. Dengan demikian agar baja tersebut dapat dikeraskan permukaannya, perlu dilakukan perubahan komposisi dari baja yang bersangkutan. Perubahan komposisi baja dengan jalan melarutkan karbon pada permukaan baja. Dengan cara seperti itu, komposisi pada permukaan baja akan berkisar antara 0,3 – 0,9% C. Di atas 0,9% C harus dihindari karena dapat menimbulkan pengelupasan.

2.5.2.1 Difusi

Dalam hal ini faktor yang sangat penting dalam proses karburising adalah difusi, sehingga yang berpengaruh adalah suhu dan waktu. Apabila suhu karburasi makin tinggi, makin tebal pula lapisan karburasi karena kecepatan difusi makin tinggi. Proses karburasi yang baik adalah yang menghasilkan gradien komposisi dari luar ke dalam. Dengan adanya gradien komposisi, maka pengelupasan dapat dicegah. Agar gradien komposisi dari karbon dapat diperoleh, perlu dipertimbangkan suatu periode difusi dimana pada saat tersebut pemasakan karbon sudah dihentikan, tetapi pada beberapa saat benda kerja masih tetap pada temperatur karburasi untuk “menyempurnakan” difusi pada karbon.

Dari uraian terlihat bahwa tebal lapisan karburasi yang berarti jarak dari permukaan logam ke suatu konsentrasi karbon tertentu sangat tergantung pada suhu proses, konsentrasi karbon medium yang digunakan dan kadar karbon yang dimiliki oleh baja yang diproses.

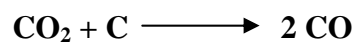
2.5.2.2 Jenis Karburising

Dalam hal ini proses karburising hanya menggunakan :

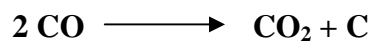
Medium padat :

Proses karburising menggunakan medium padat disebut juga dengan pack karburising.

Pada waktu pemanasan, oksigen dari udara bereaksi dengan karbon dari medium membentuk karbon monoksida sesuai dengan persamaan kimia sebagai berikut :



Pada saat suhu proses bertambah tinggi, kesetimbangan reaksi bergeser ke sebelah kanan, sehingga kadar gas CO bertambah banyak pada permukaan baja :



Atom karbon yang dihasilkan dari reaksi di atas kemudian larut dalam fasa austenit dan berdifusi. Sedangkan CO₂ yang dihasilkan dari reaksi di atas bereaksi kembali dengan karbon yang terdapat pada medium diikuti kembali dengan penguraian CO pada permukaan logam dan seterusnya.

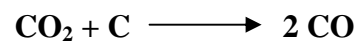
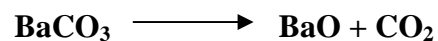
Tapi proses pembentukan gas CO₂ dan CO seperti yang diuraikan di atas, berlangsung sangat lambat. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dalam medium perlu ditambahkan katalisator. Katalisator yang dapat digunakan dalam proses ini adalah : BaCO₃, BaCl, BaO, CaO, K₂CO₃, Na₂CO₃, K₂SO₄, dan K₄Fe(CN)₆.

Dalam prakteknya, katalisator yang biasa digunakan adalah BaCO dan $K_4Fe(CN)_6$. Sedangkan bahan mediumnya adalah arang kayu.

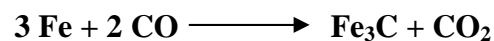
Komposisi arang kayu dengan katalisator yang utama adalah sebagai berikut :

- Arang kayu 75% berat
- Barium Karbonat 25% berat
- Kalium Ferosianid 5% berat

Pada suhu proses yang tinggi, katalisator berfungsi untuk membentuk / mempercepat pembentukan gas CO seperti ditunjukkan pada reaksi berikut :



Gas CO yang terjadi kemudian larut ke dalam fasa austenit atau bereaksi dengan Fe sebagai berikut :



Gas CO yang terbentuk dari reaksi di atas kemudian bereaksi dengan BaO dan membentuk BaCO₃. Dengan demikian BaCO₃ senantiasa ada selama proses, sehingga reaksi-reaksi dapat berjalan terus.

Dalam mempersiapkan medium karburising, perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Medium harus memiliki daya hantar panas yang baik agar temperatur dapat terdistribusi dengan baik dalam waktu yang singkat.
- b. Perubahan volume (jika terjadi) harus sekecil mungkin, sehingga benda kerja senantiasa diselaputi oleh medium selama proses berlangsung.
- c. Memiliki mampu regenerasi yang baik.

- d. Harus kering.
- e. Diameter medium (arang kayu) harus sesuai dengan bentuk dan ukuran benda kerja. Pada umumnya ukuran butiran medium harus mampu “menutupi” permukaan benda kerja dengan sempurna. Umumnya ukuran butiran medium berkisar antara 1,5 sampai 6 mm.

Pada pack karburising, benda kerja yang akan diproses diletakkan di dalam kotak atau tabung sementasi. Kotak atau tabung sementasi harus memiliki karakteristik sebagai berikut :

- a. Harus rapat sehingga tidak memungkinkan adanya kebocoran dari gas yang terbentuk.
- b. Tahan pada suhu untuk waktu yang lama.
- c. Memiliki sifat mekanik yang memadai sehingga tidak terjadi perubahan bentuk pada saat mengalami pemanasan dalam waktu yang cukup lama.
- d. Relatif ringan.

2.5.2.3 Proses Karburising Selektif

Dalam praktek, ada kalanya beberapa bagian dari benda kerja tidak memerlukan pelapisan. Untuk itu, perlu direncanakan suatu lapisan yang dapat mencegah berlangsungnya proses karburising.

Cara ini sangat cocok diterapkan pada proses karburasi dengan media padat dan gas. Media cair biasanya digunakan sebagai lapisan untuk mencegah media mudah rusak. Media yang umum digunakan sebagai bahan lapisan pelindung adalah

1. Tanah liat, efektif bila ketebalannya lebih dari 20 mm.

2. Campuran natrium silikat dengan talk. Daya rekatnya baik dan mudah dibersihkan setelah proses karburising berlangsung.
3. Pasta pelindung. Biasanya berupa campuran serbuk tembaga dengan jenis vernis. Daya rekatnya baik, tetapi tidak cocok digunakan pada medium gas dan cair.
4. Pelapisan tembaga dengan proses elektrolisa. Cara ini sangat baik, tetapi memerlukan persiapan pelapisan yang cermat dan hasil pelapisan tembaga harus bebas pori. Tebal lapisan tembaga tergantung pada lama proses karburasi.

2.5.2.4 Tebal Lapisan Karburising

Tebal lapisan karbon yang terbentuk pada permukaan baja tergantung pada lama pemanasan yang dilakukan dengan ketebal lapisan bervariasi dari 0,5 – 2 mm dengan laju pelapisan 0,1 mm/jam. Karburising ini akan menaikkan kadar karbon pada lapisan permukaan baja sekitar 0,75 – 1,2 %. Proses karburising tidak dapat dilakukan pada sembarang baja, tergantung pada kadar karbon yang terdapat di dalam baja tersebut. Biasanya karburising ini dilakukan pada baja karbon rendah.

Tebal lapisan karburising tergantung pada :

- a. Fungsi benda kerja, yaitu dengan memperhitungkan besarnya tekanan yang akan dialami, besarnya harga keausan yang diijinkan, dan bentuk benda kerja.

- b. Jenis baja yang diproses, untuk tekanan yang sama, ukuran ketebalan lapisan yang diperkeras dapat menjadi lebih kecil jika digunakan jenis baja yang memiliki ketahanan yang lebih besar.
- c. Besarnya lapisan yang akan dihilangkan melalui proses permesinan.

2.5.3. Nitriding

Proses pelapisan permukaan baja dengan nitrogen (N_2 yang diambil dari gas amoniak NH_3) lewat pemanasan baja pada suhu 480 - 650 °C.



Tebal lapisan dapat mencapai 0,2 - 0,4mm. Dengan nitriding ini, permukaan baja akan tahan aus, tegangan fatigue naik, tahan karat (dalam air, udara, dan uap air). Nitriding biasanya dilakukan pada baja dengan kadar karbon sedang dan juga pada baja paduan Al, Cr, dan Mo. Proses nitriding ini lebih lambat dibandingkan dengan proses karburising. Kelemahan proses nitriding adalah biaya proses mahal. Nitriding biasa dilakukan pada bubungan (cam), poros bubungan (cam shaf), roda gigi, pena piston, piston, poros, dan katup.

2.5.4. Cyaniding dan Karbonitriding

2.5.4.1 Cyaniding

Proses pengerasan permukaan yang menggunakan penambahan Nitrogen. Tebal lapisan yang terbentuk berkisar antara 0,1 – 0,2 mm. Proses ini dapat menaikkan kekerasan permukaan, tahan gesek, dan batas lelah meningkat. Proses ini digunakan terutama digunakan pada elemen mesin yang berukuran kecil, seperti roda gigi, piston, pin, poros, dan lain-lain.

Terdapat 3 jenis variasi suhu pada proses ini :

- a. Cyaniding pada temperatur rendah (550 - 600°C)
- b. Cyaniding pada temperatur sedang (800 - 850°C)
- c. Cyaniding pada temperatur tinggi (900 - 950°C)

2.5.4.2 Carbonitriding

Proses Pengerasan permukaan ini merupakan kombinasi dari cara pengkarbonan dengan media gas. Tebal lapisannya 0,6 mm. Dalam proses ini Nitrogen berfungsi sebagai elemen paduan untuk permukaan benda kerja yang dikeraskan. Pada prinsipnya carbonitriding lebih menyerupai karburising daripada nitriding. Karena temperatur untuk perlakuan panasnya hampir sama dengan yang dipakai pada karburising yaitu 700 - 900°C. Sesudah proses ini selesai, benda kerja harus diquenching. Proses ini lebih lambat dari cyaniding.

2.5.4.3 Diffusion Coating

Biasa disebut dengan penyemenan, yaitu melapisi permukaan logam, dengan logam lain sehingga mempunyai sifat-sifat logam yang diinginkan.

Diffusion coating dapat dilakukan dengan memanaskan bagian yang akan disemen sekaligus dengan bahan penyemennya dan dipertahankan pada suhu tertentu.

Bahan penyemen biasanya berupa alumunium, chromium, dan lain-lain.

2.6. Dasar Teori Pengujian Kekerasan Brinell, Rokwell dan Vickers

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) dengan beban tertentu terhadap benda uji dan dengan mengukur ukuran bekas penekanan yang terbentuk di atasnya, cara ini dinamakan cara kekerasan penekanan.

2.6.1 Pengujian Brinell

Pengujian kekerasan Brinell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja yang ditekankan pada permukaan material uji.



Gambar 2.3 Alat uji kekerasan Brinell

Sebagai dasar Angka kekerasan Brinell dapat diketahui menggunakan persamaan:

$$\mathbf{BHN} = \frac{2.P}{\pi.D.(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

keterangan notasi :

BHN = angka kekerasan Brinell (kg/mm²)

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

D = diameter indentor (mm)

d = diameter lubang bekas injakan (mm)

Catatan :

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

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

2.6.1.1 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 diganti dengan yang baru.

Beban uji dipilih sedemikian rupa sehingga garis tengah luka tekan 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 benda uji.

Lama pengujian (pembebanan uji) :

- 15 detik, untuk semua jenis baja
- 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,

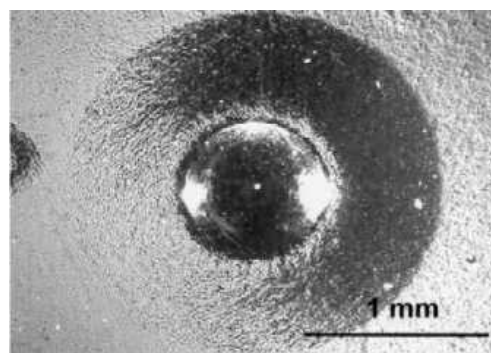
permukaan material uji bagian bawah sama sekali tidak boleh memperlihatkan tanda-tanda deformasi.

Tabel 2.1. 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

2.6.1.2 Kekurangan dari Pengujian Brinell

- Bila bola baja kurang keras maka pengujian tidak tepat (gambar 2.4.).
- Bekas injakan kadang-kadang terlalu besar.
- Disekitar bekas penekanan terjadi kenaikan permukaan benda uji sehingga mengurangi ketelitian pengukuran bekas injakan.



Gambar 2.4 Profil injakan alat uji kekerasan Brinell

(sumber : Gene Mathers, *Hardness Testing Part 1*, www.twi.com, 24 December, 2006)

2.6.2 Pengujian Vickers

Pengujian dilakukan dengan mesin uji Vickers mikro. Beban penekanan 1 kg. Hasil pengujian berupa panjang diagonal bekas injakan, dari panjang tersebut dapat dihitung angka kekerasannya dengan persamaan sebagai berikut :

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

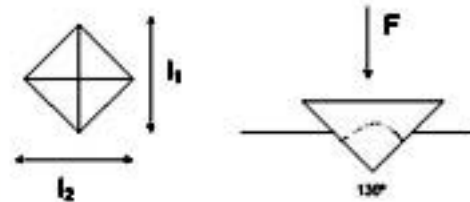
Dengan :

P = Beban yang bekerja pada penetrator (kg)

d = diagonal bekas injakan (mm)



VICKERS HARDNESS TEST



$$H_V = \frac{F}{A} \approx \frac{1.854F}{l^2}$$

Gambar 2.5 Alat uji kekerasan Vickers

(Sumber : Vickers hardness test, [www. Wikipedia.com](http://www.Wikipedia.com), 24 December 2006)

2.6.3 Pengujian Rockwell

Penetrator yang digunakan :

- a. Bola baja dikeraskan dengan diameter 1/16 inchi, yang dinyatakan dengan skala B (ball) atau kekerasan RB.
- b. Kerucut intan dengan sudut puncak 120⁰ dengan pembulatan pada ujungnya dengan radius pembulatan 0,2 mm dan selanjutnya dinyatakan dengan skala corner (C)

2.6.3.1 Cara Pengujian

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

2.6.3.2 Kekerasan Rockwell

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

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

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

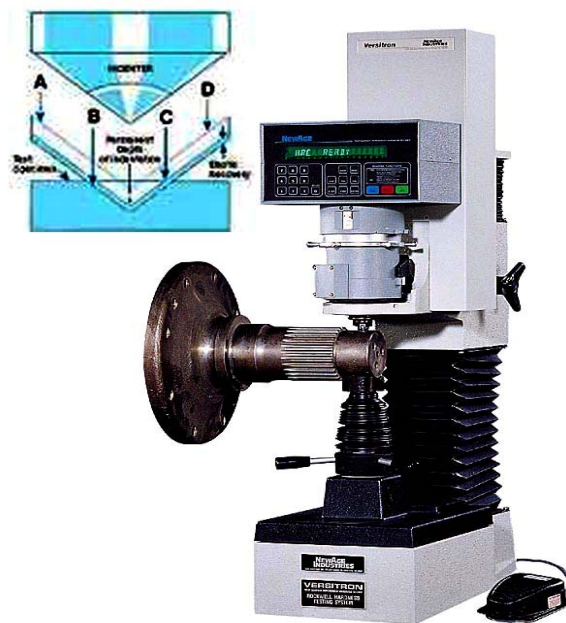
C = Harga penunjukan pembagian skala dial indicator untuk penekanan penetrator (0,002).

a) 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.

b) Kelemahan Rockwell :

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



Gambar 2.6 Alat uji kekerasan Rockwell

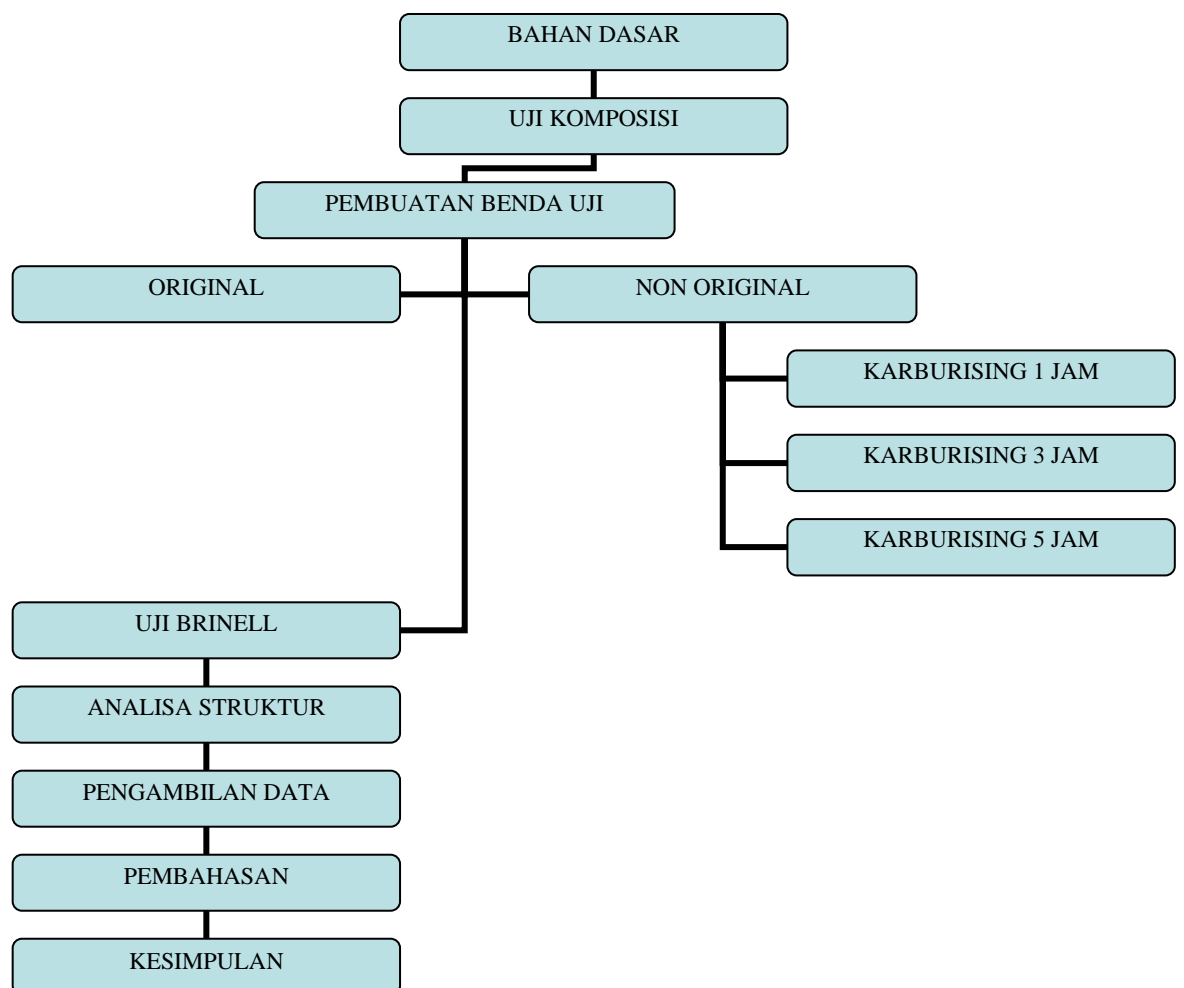
(Sumber : Rockwell-hardness-testers, www.hardnesstesters.com, 24 December 2006)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Bagan Alir penelitian

Bagan alir penelitian ditunjukkan di dalam gambar 3.1 :



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2. Bahan dan Peralatan

3.2.1 Bahan

a. Spesimen / benda uji

Bahan yang digunakan sebagai spesimen adalah sproket sepeda motor Kawasaki, Suzuki dan Yamaha yang terdiri dari : 1 jenis original dan 1 jenis non original dengan kandungan karbon rendah. Bahan ini telah diuji komposisi kimianya di **PT.ITOKOH CEPERINDO, Klaten** dengan hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 3.1 Data Komposisi Kimia

No	Komposisi Kimia	Sproket					
		Kawasaki		Suzuki		Yamaha	
		Ori	Non ori	Ori	Non ori	Ori	Non ori
1	Fe	98,55	98,36	98,52	98,93	98,57	99,24
2	C	0,258	0,194	0,263	0,201	0,237	0,197
3	Si	0,002	0,002	0,002	0,097	0,002	0,012
4	Mn	0,858	0,924	0,864	0,451	0,817	0,335
5	P	0,022	0,025	0,025	0,024	0,025	0,022
6	S	0,014	0,019	0,015	0,022	0,015	0,015
7	Ni	0,132	0,192	0,135	0,149	0,162	0,159
8	Cr	0,014	0,034	0,018	0,020	0,015	0,011
9	Mo	0,098	0,109	0,098	0,061	0,098	0,056
10	Cu	0,004	0,093	0,004	0,004	0,004	0,004
11	Al	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,003
12	Nb	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000	0,010
13	V	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	W	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
15	Ti	0,010	0,000	0,010	0,000	0,010	0,000

Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan Brinell, dimana bahan yang akan di uji terdiri dari tiga (3) jenis spesimen sproket original dan non original seperti yang terdapat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Data metode pengujian

Metode Pengujian	Sproket	
	Original	Non original
Uji Komposisi Kimia	Ya	Ya
Karburizing	Tidak	Ya
Uji Kekerasan Brinell	Ya	Ya
Foto Mikro	Tidak	Ya

Bentuk spesimen yang dipakai pada penelitian ini hanya satu bentuk saja yaitu untuk uji kekerasan Brinell dan foto struktur mikro, bentuk spesimen seperti yang tertera pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Spesimen uji kekerasan

Jumlah keseluruhan dari spesimen yang dibutuhkan adalah 12 buah (Tabel 3.3) yang mana seluruh spesimen akan diuji kekerasannya.

Tabel 3.3. Data Spesimen

Spesimen			Perlakuan	
			Tanpa Perlakuan	Karburizing
SPROKET	Original	Kawasaki	-	-
		Suzuki	-	-
		Yamaha	-	-
	Non Original	Kawasaki	3	3
		Suzuki	3	3
		Yamaha	3	3

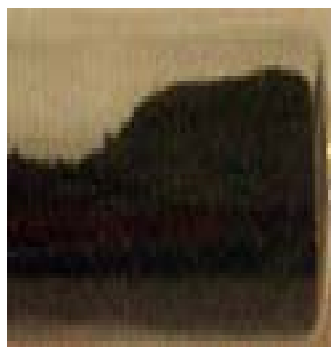
b. Tabung sementasi, dibuat menggunakan baja plat dengan tebal $\pm 2,5$ mm.

Dimensi dari tabung sementasi dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.3 Tabung sementitasi

c. Arang kayu yang dihaluskan



Gambar 3.4 Arang kayu yang telah dihaluskan

d. Soda makan / *sodium carbonat*



Gambar 3.5 Soda makan / *sodium carbonat*

e. Batu kapur / *calcium carbonat*



Gambar 3.6 Batu kapur / *calcium carbonat*

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Oven / tungku api, milik Laboratorium Ilmu logam, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.

- b. Alat uji kekerasan Brinell pada gambar 2.3 (*Brinell Hardness Tester MOD type 100 MR*), milik Laboratorium Ilmu logam, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta
- c. Loop mikro meter untuk mengamati diameter bekas injakan bola baja dari alat uji kekerasan, milik Laboratorium Ilmu logam, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- d. Mikroskop (gambar 3.7) dengan perbesaran 50 kali, milik Laboratorium Ilmu logam, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.



Gambar 3.7 Mikroskop mikro dilengkapi dengan kamera

- e. Kamera (gambar 3.7) untuk pemotretan struktur mikro, milik Laboratorium Ilmu logam, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.

3.3. Proses Karburising

Proses karburising dilakukan menggunakan media karburasi padat.

Langkah-langkah dalam proses tersebut :

1. Peralatan dan bahan yang disiapkan :

- Oven / tungku api
 - Tabung sementasi
 - Stopwatch / jam
 - Arang kayu yang sudah dihaluskan
 - Soda makan (*sodium carbonat*)
 - Batu kapur halus (*calcium carbonat*)
2. Arang kayu yang sudah dihaluskan dicampur dengan soda makan dan batu kapur dengan komposisi :
- arang kayu 70 % berat
 - soda makan 25 % berat
 - batu kapur 5 % berat.

(*Sumber : ATMI, Solo : 60*)

3. Spesimen dimasukkan ke dalam tabung sementitasi sampai tertutup semua permukaannya dengan campuran bahan di atas.
4. Tabung sementasi dimasukkan ke dalam oven.
5. Proses karburising dilakukan setelah suhu oven steady pada suhu 900°C. Lamanya waktu karburising bervariasi antara 1, 3 dan 5 jam.
6. Setelah proses karburising selesai, spesimen didinginkan secara perlahan (dibiarkan di dalam oven \pm 1 malam).

3.4. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mempelajari sifat-sifat logam dan kualitas logam. Dalam penelitian ini pengujian yang dilakukan menggunakan

metode Brinell dengan mengukur diameter bekas injakan bola baja menggunakan loop micrometer. Pengamatan menggunakan loop dilakukan di tempat yang datar agar pencatatan data lebih akurat, namun pengujian ini kurang efektif bila :

1. Bila bola baja kurang keras, maka pengujian kurang tepat.
2. Apabila bola baja tidak bulat, maka diameternya berubah.
3. Disekitar bekas injakan terjadi kenaikan permukaan benda uji sehingga mengurangi ketelitian dalam pengukuran benda uji dalam hal ini perlu diadakan pengujian yang cermat.

Langkah-langkah Pengujian kekerasan :

1. Mula-mula permukaan benda uji diampelas atau dihaluskan dan dibersihkan, lalu digosok dengan menggunakan autosol sehingga permukaan tersebut rata dan halus
2. Dilakukan penekanan indenter dengan cara memutar handel pemutar.
3. Data besarnya gaya penekanan diamati dan dicatat.
4. Pengukuran kekerasan dilakukan beberapa kali untuk tiap benda uji.
5. Benda uji dipindahkan dari alat uji dan dilakukan pengamatan diameter bekas injakan indenter dengan menggunakan loop atau mikroskop.
6. Data yang ada dicatat dan menghitung harga kekerasan untuk benda uji tersebut.
7. Memasang benda uji yang lain.
8. Lakukan pengujian seperti cara di atas.

3.5. Pengamatan Struktur Mikro

Tujuannya adalah untuk mempelajari sifat-sifat logam setelah mendapatkan perlakuan panas dengan menggunakan mikroskop.

Proses pengujian struktur mikro yaitu :

1. Benda uji yang akan diteliti diresin terlebih dahulu dan didiamkan selama 1 malam hingga resin mengering dan menjadi keras. Permukaan bahan yang telah diresin dihaluskan menggunakan amplas secara berurutan dari yang berukuran 800 mesh, 1000 mesh dan 1500 mesh.
2. Kemudian dihaluskan kembali menggunakan autosol sampai spesimen terlihat mengkilap.
3. Setelah itu spesimen dietsa dengan menggunakan HNO_3 (larutan asam nitrit).
4. Melakukan pemeriksaan terhadap spesimen dengan menggunakan mikroskop.
5. Bila struktur mikro pada spesimen sudah terlihat jelas pada mikroskop maka spesimen sudah siap untuk difoto.

3.6. Analisis Hasil

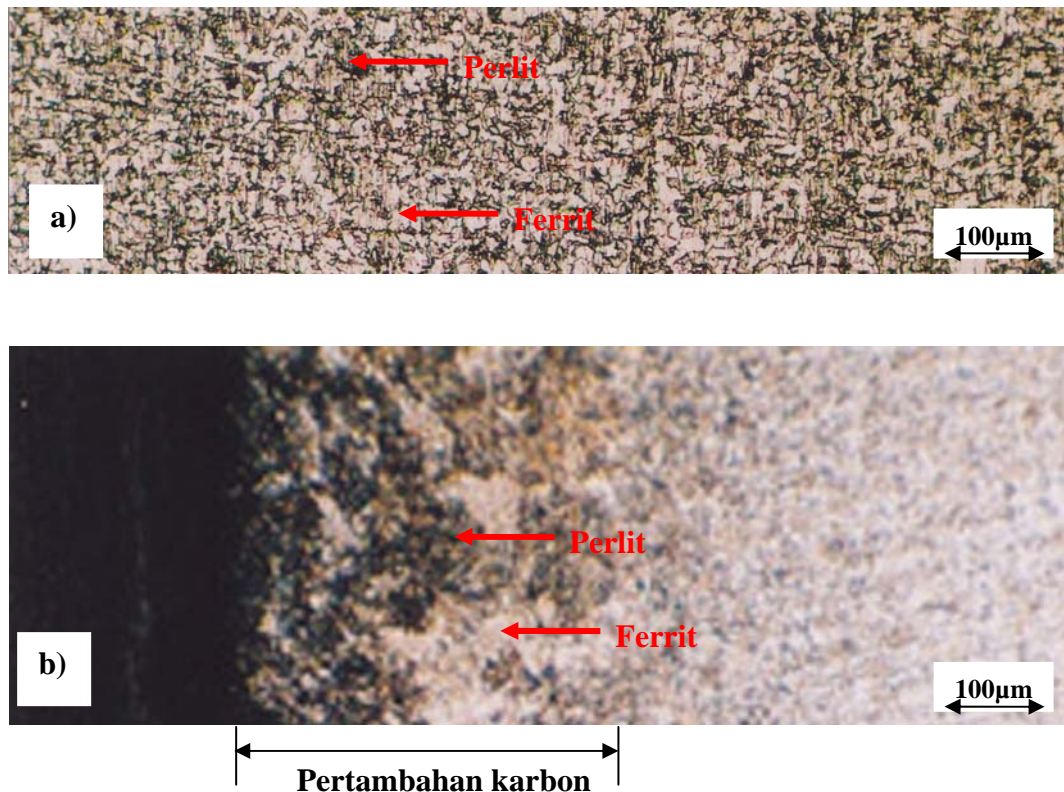
Secara garis besar, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi yang aman sehingga dalam aplikasi bahan dan prakteknya sesuai dengan nilai beban aman metode pengujian kekerasan Brinell. Pada pengujian kekerasan dengan metode Brinell, nilai kekerasan bahan ditentukan dengan menggunakan diameter indentor 2,5 mm dan beban yang digunakan 187,5 kg.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Struktur Mikro

Sproket setelah dikarburising gambar 4.1(b) mengalami penambahan karbon, dimana karbon terlihat lebih banyak pada bagian tepi spesimen yang semakin ke tengah berangsur-angsur berkurang jumlahnya (difusi) dan yang tidak mengalami karburising (gambar 4.1(a)). Dalam gambar 4.1 merupakan keterangan gambar menyeluruh mengenai gambar foto mikro

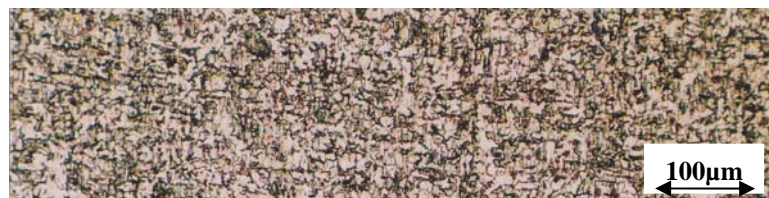


- Struktur mikro sproket mula - mula (belum dikarburising)
- Struktur mikro sproket setelah dikarburising

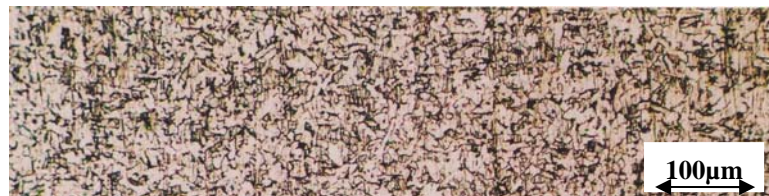
Gambar 4.1 Struktur mikro sproket

Hasil foto diperoleh dari pemotretan mikroskop foto dengan perbesaran 50x. Dari hasil pemotretan dengan ukuran kertas 3R pada perbesaran 50 kali dapat dicari ukuran sebenarnya. Ukuran tersebut harus dikonversikan terlebih dahulu dengan membandingkan foto mikro kawat tembaga 110 μm pada pembesaran 50 kali. Dari foto tersebut diameter kawat tembaga terukur 7mm, sehingga 1 mm pada cetakan foto sebanding dengan 110 μm /7mm.

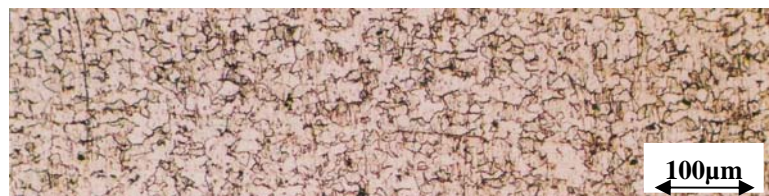
$$\text{Pembesaran foto} = \frac{6,36}{7} \times 0,11 = 0,099 \text{ mm (100 } \mu\text{m)}$$



KAWASAKI



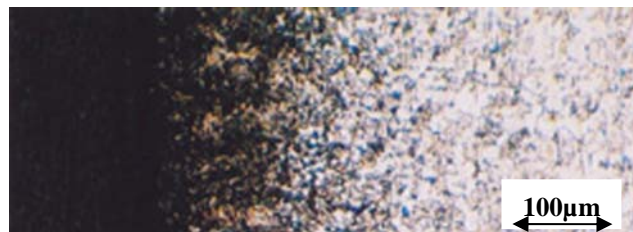
SUZUKI



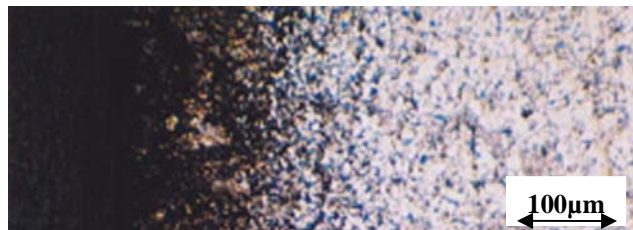
YAMAHA

Gambar 4.2 Struktur mikro mula - mula sproket non original

Dalam gambar 4.2 menunjukkan foto struktur mikro spesimen mula-mula. Dari foto tersebut terlihat bahwa struktur mikro spesimen mula-mula hanya terdiri dari ferit dan perlit. Ferit memberikan sifat yang liat, sedangkan perlit memberikan sifat yang lebih getas dan keras. Ferit atau besi murni ditunjukkan oleh butiran yang berwarna putih sedangkan perlit ditunjukkan oleh butiran yang berwarna hitam. Warna hitam ini juga menunjukkan kadar karbon yang terkandung di dalamnya. Jika diamati, butiran yang berwarna hitam lebih sedikit dibandingkan dengan butiran yang berwarna putih.



KAWASAKI



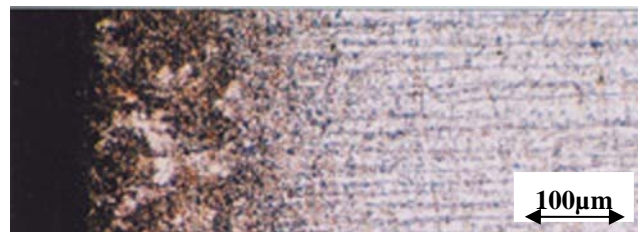
SUZUKI



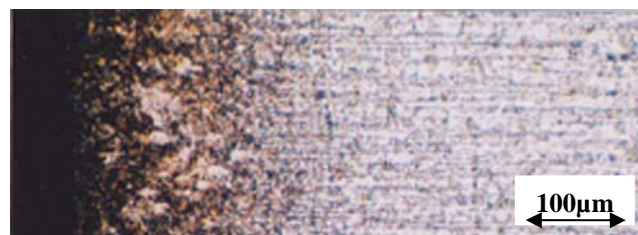
YAMAHA

Gambar 4.3 Struktur mikro sproket non original karburising 1 jam

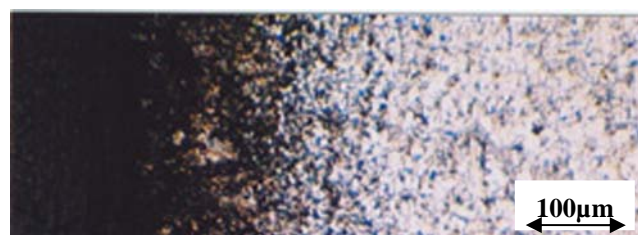
Gambar 4.3 menunjukkan foto struktur mikro spesimen dengan perlakuan karburising selama 1 jam. Dari foto tersebut terlihat jumlah perlit lebih banyak pada bagian tepi spesimen yang semakin ke tengah berangsur-angsur berkurang jumlahnya. Kondisi ini menunjukkan terjadi penambahan jumlah karbon dari bagian tepi spesimen secara difusi.



KAWASAKI



SUZUKI



YAMAHA

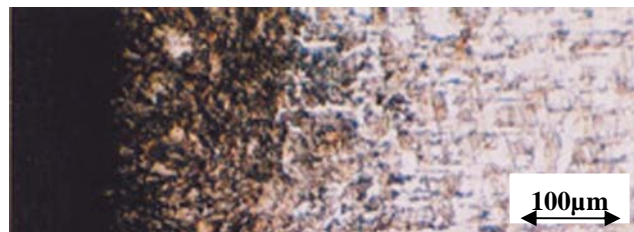
Gambar 4.4 Struktur mikro sproket non original karburising 3 jam

Pada spesimen dengan perlakuan karburising selama 3 jam (gambar 4.4), terlihat lapisan butiran perlit di bagian tepi lebih tebal dibandingkan spesimen dengan perlakuan karburising selama 1 jam.

Pada spesimen dengan perlakuan karburising selama 5 jam, lapisan butiran perlit di bagian tepi lebih tebal dibandingkan spesimen dengan perlakuan panas karburising selama 1 dan 3 jam dan itu berlaku untuk semua spesimen yang mendapatkan perlakuan.



KAWASAKI



SUZUKI



YAMAHA

Gambar 4.5 Struktur mikro sproket non original karburising 5 jam

4.2. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode Brinell dengan diameter bola baja 2,5 mm pada 12 spesimen dengan 2 titik pembebanan untuk setiap spesimennya. Benda uji ditekan pada bagian permukaan yang telah dibersihkan terlebih dahulu, dengan gaya penekanan 187,5 kg. Sebagai dasar Angka kekerasan Brinell dapat diketahui menggunakan persamaan:

$$\text{BHN} = \frac{2.P}{\pi.D.(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

keterangan notasi :

- BHN = angka kekerasan Brinell (kg/mm^2)
- P = beban yang diberikan pada indenter / gaya penekan (kg)
- D = diameter indenter (mm)
- d = diameter lubang bekas injakan (mm)

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

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

Data hasil pengujian kekerasan tertera pada tabel 4.1 sampai 4.3 dan gambar 4.5

Tabel 4.1 Perbandingan kekerasan sproket Kawasaki

NO	Sproket (Kawasaki)									
	Original tanpa perlakuan		Non Original							
			Variasi (jam)							
			Awal		1		3		5	
d (mm)	HB (kg/mm^2)	d (mm)	HB (kg/mm^2)	d (mm)	HB (kg/mm^2)	d (mm)	HB (kg/mm^2)	d (mm)	HB (kg/mm^2)	
1.	1,34	122,66	1,59	83,69	1,14	173,68	1,14	173,68	1,08	155,69
2.	1,34	122,66	1,51	94,12	1,14	173,68	1,11	183,78	1,03	202,55
3.	1,35	120,68	1,48	98,46	1,10	187,33	1,18	161,39	1,08	210,83
4.	1,45	103,07	1,46	101,50	1,10	187,33	1,13	176,96	1,09	210,83
5.	1,33	124,68	1,40	111,41	1,13	176,96	1,11	183,78	1,07	206,63
6.	1,37	116,85	1,46	101,51	1,13	176,96	1,14	173,68	1,07	215,14
Rata -rata		118,42		98,45		179,32		175,54		200,28
STANDAR DEVIASI		±7,60		±8,54		±7,16		±8,00		±19,96

Tabel 4.2 Perbandingan kekerasan sproket Suzuki

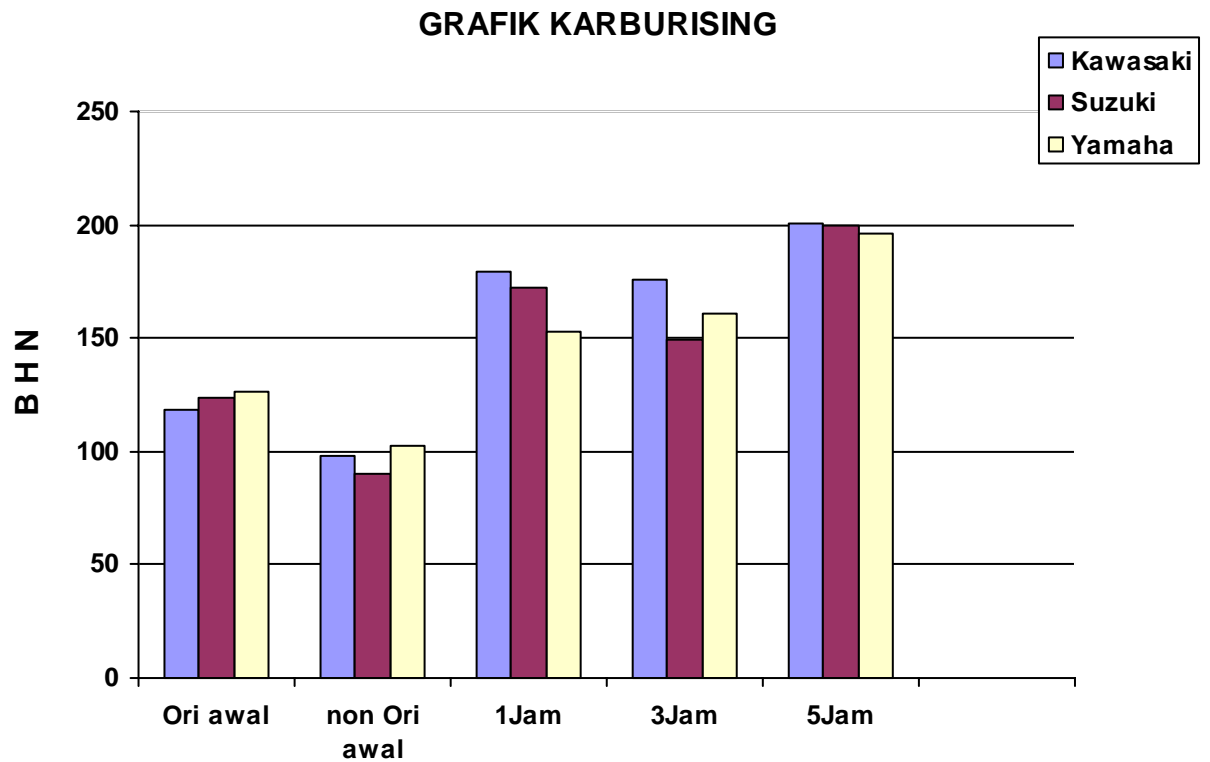
NO	Sproket (Suzuki)									
	Original tanpa perlakuan		Non Original							
			Variasi (jam)							
			Awal		1		3		5	
d (mm)	HB (kg/mm ²)	d (mm)	HB (kg/mm ²)	d (mm)	HB (kg/mm ²)	d (mm)	HB (kg/mm ²)	d (mm)	HB (kg/mm ²)	
1.	1,42	107,97	1,55	88,71	1,14	173,68	1,19	158,50	1,20	194
2.	1,30	131,02	1,53	91,37	1,23	147,66	1,21	152,95	1,06	215
3.	1,31	128,86	1,53	91,37	1,15	170,47	1,24	145,11	1,04	194
4.	1,33	124,68	1,54	90,03	1,14	173,68	1,26	140,20	1,04	190
5.	1,33	124,68	1,50	95,54	1,12	180,32	1,24	145,11	1,05	198
6.	1,34	122,66	1,59	83,69	1,10	187,33	1,20	155,69	1,03	198
Rata -rata		123,31		90,12		172,19		149,60		199,42
STANDAR DEVIASI		±7,15		±3,55		±11,74		±8,24		±10,39

Tabel 4.3 Perbandingan kekerasan sproket Yamaha

NO	Sproket (Yamaha)									
	Original tanpa perlakuan		Non Original							
			Variasi (jam)							
			Awal		1		3		5	
d (mm)	HB (kg/mm ²)	d (mm)	HB (kg/mm ²)	d (mm)	HB (kg/mm ²)	d (mm)	HB (kg/mm ²)	d (mm)	HB (kg/mm ²)	
1.	1,33	124,68	1,65	76,82	1,25	142,63	1,19	158,50	1,08	194,73
2.	1,29	133,24	1,29	133,24	1,23	147,66	1,18	161,39	1,21	152,95
3.	1,30	131,03	1,43	106,31	1,31	128,86	1,19	158,50	1,07	198,59
4.	1,31	128,86	1,45	103,07	1,18	161,39	1,23	147,66	1,03	215,14
5.	1,40	111,41	1,46	101,50	1,16	167,37	1,14	173,68	1,05	206,63
6.	1,30	131,03	1,50	95,54	1,15	170,49	1,16	167,37	1,05	206,63
Rata -rata		126,71		102,75		±153,10		161,19		195,78
STANDAR DEVIASI		±15,39		±7,75		18,05		±8,47		±19,63

Dari gambar 4.5 hasil pengujian kekerasan dapat dilihat bahwa kekerasan permukaan sproket yang mendapat perlakuan karburising menjadi lebih tinggi dari kekerasan permukaan sproket tanpa perlakuan dan itu berlaku untuk

semua jenis sproket baik yang original maupun yang non original, sehingga benda uji yang mendapat perlakuan karburising selama 1, 3 dan 5 jam semakin lama waktu penahanan karburising, kekerasan permukaannya akan semakin tinggi.



Gambar 4.5 Grafik peningkatan kekerasan sproket

Dalam tabel 4.1 tertera perbandingan hasil dari peningkatan kekerasan

Tabel 4.1 Perbandingan peningkatan kekerasan sproket

		SPROKET		
			Mula - mula	
			ORIGINAL	NON ORIGINAL
% Peningkatan kekerasan	KAWASAKI	1	51,43	82,14
		3	48,24	78,30
		5	68,40	102,56
	SUZUKI	1	39,64	91,07
		3	21,32	66,00
		5	62,42	122,24
	YAMAHA	1	20,83	90,54
		3	27,21	56,88
		5	54,51	90,54

sproket non original yang telah dikarburising yang dibandingkan dengan kekerasan sproket original dan non original mula – mula (tanpa perlakuan karburising). Pada semua spesimen (semua merk) yang dikarburising mengalami peningkatan kekerasan. Persentase peningkatan kekerasan spesimen yang telah dikarburising terlihat lebih tinggi jika spesimen tersebut dibandingkan dengan spesimen non original tanpa perlakuan karburising untuk semua merk sproket.

Kedalaman penambahan karbon dalam tabel 4.2 pada setiap spesimen yang dikarburising sangat variatif. Unsur Mangan (Mn) sangat berpengaruh dalam meningkatkan penambahan kadar karbon yang masuk ke dalam spesimen. Kadar mangan yang terkandung pada setiap sproket dengan merk yang diuji sangat berbeda.

Tabel 4.2 Kedalaman penambahan karbon pada sproket yang dikarburising

SPROKET			
		Kedalaman penambahan karbon (mm)	
Karburising	KAWASAKI	1	0,28
		3	0,33
		5	0,44
	SUZUKI	1	0,31
		3	0,25
		5	0,41
	YAMAHA	1	0,28
		3	0,30
		5	0,36

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian pada sproket sepeda motor Kawasaki, Suzuki dan Yamaha yang dilaksanakan dilaboratorium “Ilmu Logam” Universitas Sanata Dharma Yogyakarta dan sesuai dengan hasil analisis pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kenaikan kekerasan sproket terbaik diperoleh pada merk Suzuki, sebesar 62,42% jika dibandingkan dengan sproket originalnya dan 122,42% jika dibandingkan dengan sproket non originalnya.
2. Pertambahan kedalaman karbon terbaik terdapat pada merk Kawasaki pada setiap variasi waktu dengan kedalaman 0,28 mm untuk 1 jam, 0,33 mm untuk 3 jam dan 0,44 mm untuk 5 jam.

Daftar Pustaka

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

Bahan Kuliah Bahan Teknik Manufaktur, ATMI, Solo

Carburizing, www.Key-to-Steel.com, diakses 24 Desember 2006

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

Mathers, G., Hardness Testing Part 1, www.twi.com, diakses 24 Desember 2006

Hakan Gur, C., *Mete462-Rs-Carburizing-Nitriding*, diakses 28 January 2007

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

Rockwell-Hardness-Testers, www.hardnesstesters.com, diakses 24 Desember 2006

Setyahandana, B., *Bahan Kuliah Bahan Teknik Manufaktur*, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta

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

Surface Treatments, www.Wikipedia.com, diakses 24 Desember 2006

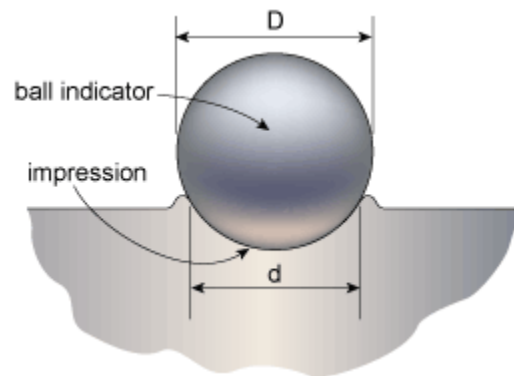
Vickers hardness test, www.Wikipedia.com, diakses 24 Desember 2006

LAMPPIRAN

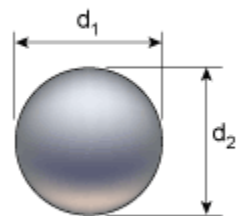
Lamp 1. Tata Nama Baja Menurut SAE dan AISI

	Elemen Tambahan	Seri	Elemen Tambahan
10xx	Baja karbon tanpa S dn 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	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 %		

(Sumber : Viktor Malau, Diktat Bahan Teknik Manufaktur)

Lamp 2. Ball Indicator (alat uji kekerasan Brinell)

(a) Brinell indentation



(b) measurement of impression diameter

(Sumber : Gene Mathers, *Hardness Testing Part 1*, www.twi.com, 24 December, 2006)

Lamp 3. Komposisi unsur kimia sproket Kawasaki original dan non original

COMPANY	: PT. ITOKOH CEPERINDO					
SAMPLE NAME	: SPRKT KWSKI ORGNL Sdr.RAMALA SADAR					
FURNACE	: KL1460B-01/116					
OPERATOR	: EKO C.					
Alloy : SC	Mode : PA	4-Jan-1980	Time	21:04		
Burn 1						
Fe 98.55	C	0.256	Si < 0.002	Mn	0.857	P 0.022
S 0.014	Ni	0.131	Cr 0.014	Mo	0.098	Cu < 0.004
Al < 0.000	Nb	0.01	V < 0.00	W	0.04	Ti 0.01
Burn 2						
Fe 98.55	C	0.255	Si < 0.002	Mn	0.862	P 0.022
S 0.014	Ni	0.135	Cr 0.015	Mo	0.098	Cu < 0.004
Al < 0.000	Nb	0.01	V < 0.00	W	0.03	Ti 0.01
Burn 3						
Fe 98.55	C	0.264	Si < 0.002	Mn	0.856	P 0.022
S 0.013	Ni	0.132	Cr 0.014	Mo	0.097	Cu < 0.004
Al < 0.000	Nb	0.01	V < 0.00	W	0.04	Ti 0.01
Average						
Fe 98.55	C	0.258	Si < 0.002	Mn	0.858	P 0.022
S 0.014	Ni	0.132	Cr 0.014	Mo	0.098	Cu < 0.004
Al < 0.000	Nb	0.01	V < 0.00	W	0.04	Ti 0.01

PT. ITOKOH CEPERINDO

COMPANY	: PT. ITOKOH CEPERINDO					
SAMPLE NAME	: SPRKT KWSKI IMT51 Sdr.RAMALA SADAR					
FURNACE	: KL1460B-01/115					
OPERATOR	: EKO C.					
Alloy : SC	Mode : PA	4-Jan-1980	Time	21:01		
Burn 1						
Fe 98.38	C	0.191	Si < 0.002	Mn	0.911	P 0.025
S 0.018	Ni	0.188	Cr 0.033	Mo	0.108	Cu 0.091
Al 0.001	Nb	0.01	V 0.00	W	0.04	Ti < 0.00
Burn 2						
Fe 98.33	C	0.198	Si 0.003	Mn	0.937	P 0.025
S 0.020	Ni	0.198	Cr 0.035	Mo	0.108	Cu 0.093
Al 0.001	Nb	0.01	V 0.00	W	0.04	Ti < 0.00
Burn 3						
Fe 98.36	C	0.192	Si < 0.002	Mn	0.925	P 0.024
S 0.018	Ni	0.191	Cr 0.033	Mo	0.111	Cu 0.095
Al 0.001	Nb	0.01	V 0.00	W	0.04	Ti < 0.00
Average						
Fe 98.36	C	0.194	Si < 0.002	Mn	0.924	P 0.025
S 0.019	Ni	0.192	Cr 0.034	Mo	0.109	Cu 0.093
Al 0.001	Nb	0.01	V 0.00	W	0.04	Ti < 0.00

PT. ITOKOH CEPERINDO

Lamp 4. Komposisi unsur kimia sproket Suzuki original dan non original

COMPANY	: PT. ITOKOH CEPERINDO				
SAMPLE NAME	: SPRKT SUZKI ORGNL Sdr.RAMALA SADAR				
FURNACE	: KL1460B-01/113				
OPERATOR	: EKO C.				
Alloy : SC	Mode : PA	4-Jan-1980	Time	20:58	
Burn 1					
Fe 98.53	C	0.262	Si < 0.002	Mn	0.860
S 0.014	Ni	0.138	Cr 0.019	Mo	0.100
Al < 0.000	Nb	0.01	V < 0.00	W	0.04
				P	0.024
				Cu < 0.004	
				Ti	0.01
Burn 2					
Fe 98.54	C	0.257	Si < 0.002	Mn	0.867
S 0.015	Ni	0.127	Cr 0.018	Mo	0.097
Al < 0.000	Nb	0.01	V < 0.00	W	0.04
				P	0.025
				Cu < 0.004	
				Ti	0.01
Burn 3					
Fe 98.51	C	0.271	Si < 0.002	Mn	0.865
S 0.015	Ni	0.140	Cr 0.018	Mo	0.098
Al < 0.000	Nb	0.01	V < 0.00	W	0.04
				P	0.025
				Cu < 0.004	
				Ti	0.01
Average					
Fe 98.52	C	0.263	Si < 0.002	Mn	0.864
S 0.015	Ni	0.135	Cr 0.018	Mo	0.098
Al < 0.000	Nb	0.01	V < 0.00	W	0.04
				P	0.025
				Cu < 0.004	
				Ti	0.01

PT. ITOKOH CEPERINDO

COMPANY	: PT. ITOKOH CEPERINDO				
SAMPLE NAME	: SPRKT SUZKI IMPSI Sdr.RAMALA SADAR.				
FURNACE	: KL1460B-01/113				
OPERATOR	: EKO C.				
Alloy : SC	Mode : PA	4-Jan-1980	Time	20:54	
Burn 1					
Fe 98.92	C	0.207	Si 0.098	Mn	0.451
S 0.023	Ni	0.150	Cr 0.025	Mo	0.062
Al < 0.000	Nb	0.01	V < 0.00	W	0.04
				P	0.023
				Cu < 0.004	
				Ti < 0.00	
Burn 2					
Fe 98.93	C	0.197	Si 0.098	Mn	0.450
S 0.023	Ni	0.155	Cr 0.019	Mo	0.061
Al < 0.000	Nb	0.01	V < 0.00	W	0.04
				P	0.024
				Cu < 0.004	
				Ti < 0.00	
Burn 3					
Fe 98.95	C	0.199	Si 0.096	Mn	0.451
S 0.022	Ni	0.143	Cr 0.016	Mo	0.061
Al < 0.000	Nb	0.00	V < 0.00	W	0.03
				P	0.023
				Cu < 0.004	
				Ti < 0.00	
Average					
Fe 98.93	C	0.201	Si 0.097	Mn	0.451
S 0.022	Ni	0.149	Cr 0.020	Mo	0.061
Al < 0.000	Nb	0.01	V < 0.00	W	0.04
				P	0.024
				Cu < 0.004	
				Ti < 0.00	

PT. ITOKOH CEPERINDO

Lamp 5. Komposisi unsur kimia sproket Yamaha original dan non original

COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
 SAMPLE NAME : SPRKT YMHA ORGNL Sdr.RAMALA SADAR.
 FURNACE : KL1460B-01/117
 OPERATOR : EKO C.
 Alloy : SC Mode :PA 4-Jan-1980 Time 21:22

Burn 1					
Fe 98.57	C 0.240	Si < 0.002	Mn 0.810	P 0.026	
S 0.016	Ni 0.165	Cr 0.013	Mo 0.098	Cu < 0.004	
Al < 0.000	Nb 0.00	V < 0.00	W 0.05	Ti 0.01	
Burn 2					
Fe 98.56	C 0.245	Si < 0.002	Mn 0.822	P 0.024	
S 0.014	Ni 0.163	Cr 0.017	Mo 0.098	Cu < 0.004	
Al < 0.000	Nb 0.01	V < 0.00	W 0.04	Ti 0.01	
Burn 3					
Fe 98.58	C 0.227	Si < 0.002	Mn 0.818	P 0.025	
S 0.015	Ni 0.159	Cr 0.017	Mo 0.098	Cu < 0.004	
Al < 0.000	Nb 0.01	V < 0.00	W 0.04	Ti 0.01	
Average					
Fe 98.57	C 0.237	Si < 0.002	Mn 0.817	P 0.025	
S 0.015	Ni 0.162	Cr 0.015	Mo 0.098	Cu < 0.004	
Al < 0.000	Nb 0.00	V < 0.00	W 0.04	Ti 0.01	

PT. ITOKOH CEPERINDO

COMPANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
 SAMPLE NAME : SPRKT YMHA IMITASI-Sdr.RAMALA SADAR
 FURNACE : KL1460B-01/118
 OPERATOR : EKO C.
 Alloy : SC Mode :PA 4-Jan-1980 Time 21:26

Burn 1					
Fe 99.25	C 0.098	Si 0.011	Mn 0.336	P 0.021	
S 0.014	Ni 0.154	Cr 0.011	Mo 0.056	Cu < 0.004	
Al 0.003	Nb 0.01	V 0.00	W 0.04	Ti < 0.00	
Burn 2					
Fe 99.24	C 0.096	Si 0.012	Mn 0.329	P 0.023	
S 0.015	Ni 0.166	Cr 0.009	Mo 0.057	Cu < 0.004	
Al 0.002	Nb 0.00	V 0.00	W 0.05	Ti < 0.00	
Burn 3					
Fe 99.24	C 0.096	Si 0.014	Mn 0.338	P 0.022	
S 0.015	Ni 0.158	Cr 0.012	Mo 0.057	Cu < 0.004	
Al 0.003	Nb 0.01	V 0.00	W 0.04	Ti < 0.00	
Average					
Fe 99.24	C 0.097	Si 0.012	Mn 0.335	P 0.022	
S 0.015	Ni 0.159	Cr 0.011	Mo 0.056	Cu < 0.004	
Al 0.003	Nb 0.01	V 0.00	W 0.04	Ti < 0.00	

PT. ITOKOH CEPERINDO