



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

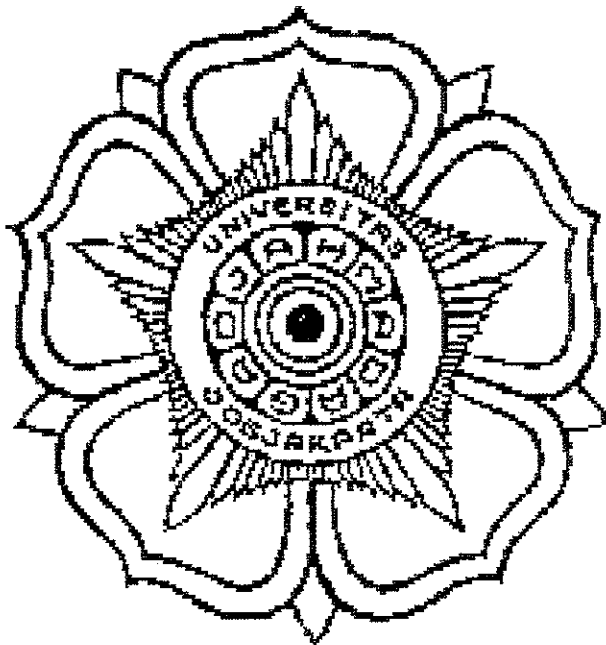
Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Produk PULLEY Produksi PT Baja Kurnia dan PT Yanmar
Cahya Kusuma, Prof. Kusmono, ST., MT.
Universitas Gadjah Mada, 2003 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

SKRIPSI

NOMOR SOAL TKM 521T/237/2003/EKST

1875

**ANALISA SIFAT FISIS DAN MEKANIS
PRODUK “PULLEY” PRODUKSI
PT BAJA KURNIA DAN PT YANMAR**



TGA01162

DI SUSUN OLEH

NAMA : CAHYA KUSUMA

NIM : 01/145475/ET/02083

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2003**



JURUSAN TEKNIK MESIN

Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Produk PULLEY Produksi PT Baja Kurnia dan PT Yanmar
Cahaya Kusuma, Prof. Kusmono, ST., MT.
Il. Grafika No. 2, Telepon: (0274) 902181, 2183, 2184 Fax: (0274) 521673 Yogyakarta 55281
Universitas Gadjah Mada 50071, Indonesia dan <http://eta.repository.ugm.ac.id>
E-mail : tk-mesin@ugm.ac.id

v, 73

NASKAH SOAL TUGAS AKHIR

Mata Kuliah : **TEKNIK PENGECORAN LOGAM**
Nama Mahasiswa : **CAHYA KUSUMA**
Nomor Mahasiswa : **01/145475/ET/02083**
Nomor Persoalan : **TKM 521T/237/2003/EKST**

Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Produk Pulley PT. Baja Kurnia dengan Produk Pulley PT. Yanmar

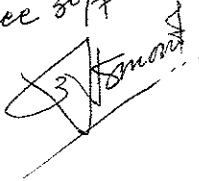
Yogyakarta, 30 Juli 2003
Dosen Pembimbing,

Kusmono, ST., MT.
NIP. 132207791



Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
guna memperoleh gelar
SARJANA TEKNIK
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Disusun oleh
CAHYA KUSUMA
NIM 01/145475/ET/02083

rec 30/7 -103


Telah diuji dan disetujui
Dosen Pembimbing

Kusmono, S.T., M.T.
NIP.132207791



JURUSAN TEKNIK MESIN

Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Produk PULLEY Produksi PT Baja Kurnia dan PT Yanmar

Cahya Kusuma, Prof. Kusmono, ST., MT. UNIVERSITAS GADJAH MADA

Jl. Grafika No. 2, Telp. (0274) 603181-2183-2184 Faks. (0274) 521673 Jogjakarta 55281

E-mail: tk-mesin@ugm.ac.id

Nomor : UGM/TKM/107c /M/05/13
Lamp : -
Hal : Permohonan Survey Data

27 MAR 2003

Kepada Yth.
Pimpinan PT. Baja Kurnia
Ceper, Klaten.

Dengan hormat,

Sehubungan dengan penyusunan tugas akhir/skripsi bagi mahasiswa Jurusan Teknik Mesin FT UGM, atas nama :

Nama : Cahya Kusuma
NIM : 01/145475/ET/02083
Program Studi : Ekstensi Teknik Mesin
Waktu Penelitian : 27 maret 2003 - Selesai

Bersama ini kami mengajukan permohonan kepada Pimpinan, agar mahasiswa tersebut diizinkan untuk melaksanakan survey serta mencari data guna menyelesaikan tugas akhir.

Demikian atas izin yang diberikan kami ucapkan terima kasih.

Dosen Pembimbing

Kusmono, S.T., M.T.

NIP. 132207791

Pjs. Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ir. Purnomo, MSME., Ph.D.

NIP. 130530666



KUPERSEMBAHKAN KARYA KECIL INI UNTUK

ISLAM, AGAMAKU

TENTARA NASIONAL INDONESIA ANGKATAN LAUT, KORPSKU

AYAH DAN BUNDAKU TERCINTA

*ATAS BIMBINGAN DAN ASUHANMU SELAMA INI, YANG TAK DAPAT
KUBALAS DENGAN APAPUN JUA*

SAUDARA-SAUDARAKU SEMUA

ATAS PERHATIANYA SELAMA INI

DIKERNAWATI TERSAYANG

ATAS KESETIAAN DAN KESUCIAN CINTAMU SELAMA INI



Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui lebih mendalam tentang proses pembuatan pulley dan untuk membandingkan sifat fisis dan mekanis pulley produksi industri kecil dalam hal ini PT Baja Kurnia dan industri besar dalam hal ini PT Yanmar

Pembuatan pulley dilakukan dengan pasir cetak. Proses pembuatan pulley dimulai dengan pembuatan pola, pembuatan cetakan, proses peleburan dengan dapur tungkik dan kemudian proses permesinan dengan menggunakan mesin bubut, gerinda, gergaji, bor, dan proses terakhir adalah pengecatan.

Berdasarkan data sifat fisik dengan pengamatan struktur mikro diketahui bahwa pulley produksi PT Baja Kurnia dan PT Yanmar dibuat dari bahan baku yang sama yaitu besi cor kelabu. Berdasarkan data sifat mekanik dengan melakukan pengujian tarik, impak, kekerasan, dan geser, dapat diketahui bahwa pulley PT Baja Kurnia adalah kelas FC 20 untuk standar JIS atau 12 Untuk standar Great Britain dan G2500 untuk standar ASTM. Sedangkan pulley PT Yanmar termasuk kelas FC 15 untuk standar JIS atau 10 untuk standar Great Britain dan G1800 untuk standar ASTM. Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan tegangan tarik pulley PT Baja Kurnia adalah $17,57 \text{ kg/mm}^2$, sedangkan PT Yanmar $15,28 \text{ kg/mm}^2$. Harga ketangguhan pulley PT Baja Kurnia adalah $0,034 \text{ J/mm}^2$ sedangkan PT Yanmar $0,035 \text{ J/mm}^2$. Kekerasan pulley PT Baja Kurnia adalah $223,11 \text{ kg/mm}^2$ sedangkan PT Yanmar $210,60 \text{ kg/mm}^2$. Kuat geser pulley PT Baja Kurnia adalah $118,72 \text{ kg/mm}^2$ sedangkan PT Yanmar $112,57 \text{ kg/mm}^2$.



Kata Pengantar	
Bab I Pendahuluan	1
I.1 Latar Belakang Masalah	1
I.2 Tujuan Penelitian	2
I.3 Pembatasan Masalah	2
I.4 Metodologi Penelitian	2
I.5 Sistematika Penulisan	3
Bab II Teori Dasar	4
II.1 Definisi Besi Cor	4
II.2 Jenis Besi Cor	5
II.2.1 Besi Cor Kelabu	5
II.2.2 Besi Cor Putih	24
II.2.3 Besi Cor Melleabel	26
II.2.4 Besi Cor Nodular	27
II.2.5 Besi Cor Kekuatan Tarik Tinggi	28
II.2.6 Besi Cor Paduan	29
II.3 Pembekuan Besi Cor	30
II.4 Pulley	34
Bab III Pelaksanaan Pengujian	37
III.1 Diagram Alir Pengujian	37
III.2 Pelaksanaan Pengecoran	38
III.2.1 Pembuatan Pola	38
III.2.2 Proses Pengecoran	40
III.3 Pelaksanaan Pengujian	52
III.3.1 Pengujian Tarik	52
III.3.2 Pengujian Impak	54
III.3.3 Pengujian Kekerasan	55
III.3.4 Pengamatan Struktur Mikro	58
III.3.5 Pengujian Geser	60
III.3.6 Pengamatan Secara Visual	61
Bab IV Data Dan Pembahasan	61
IV.3.1 Pengamatan Struktur Mikro	62
IV.3.2 Pengujian Tarik	66
IV.3.3 Pengujian Impak	68
IV.3.4 Pengujian Kekerasan	69
IV.3.5 Pengujian Geser	71
IV.3.6 Pengamatan Secara Visual	72
V Kesimpulan Dan Saran	74
V.1 Kesimpulan	74
V.2 Saran	74
Daftar Pustaka	75
Lampiran	

ALLHAMDULILLAH, puji syukur Penulis panjatkan kehadapan Allah swt atas rohmat dan karunianya, sholawat serta salam untuk nabi besar Muhammad saw sehingga Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Analisis Sifat Fisis Dan Mekanis Produk Pulley PT Baja Kurnia Dengan PT Yanmar”.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik (ST) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Selama persiapan, penelitian, maupun tahap penulisan laporan tugas akhir ini Penulis menghadapi berbagai kesulitan, yang disebabkan pengalaman penelitian dan kemampuan penulis yang terbatas. Tetapi berkat dorongan berbagai pihak permasalahan tersebut dapat diatasi.

Sebagai penutup ijinakan Penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada :

1. Bapak dan Ibuku tercinta dan seluruh saudaraku tersayang khususnya mbak Yayuk dan mas Iriyadi.
2. Panglima Tentara Nasional Indonesia, atas Beasiswa Ikatan Dinas Calon Perwira Prajurit Karier dan bantuan skripsinya.
3. Bapak Ir. Sutrisno, MSME.,PhD, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
4. Bapak Ir. Sukrisno, MSME.,PhD, selaku Ketua laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada.

perhatian, bantuan dan dorongan serta bimbingan selama penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.

6. Bapak Ir Samsudin dan seluruh staf laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan bantuan selama penelitian di laboratorium.
7. Kepala Staf Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut dan teman-teman satu korps "JALESVEVA JAYA MAHE, DILAUT KITA JAYA".
8. Komandan Pangkalan Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut Yogyakarta dan seluruh jajarannya atas bimbingan dan asuhan selama penulis kuliah.
9. Bidan kecilku Den Ayu Ernawati atas cinta dan kesetiaanmu selama ini.
10. Teman-teman di Bulaksumur H-1, Anabda Wasitha Trusing Tyas, teruslah berjuang teman!.
11. Semua pihak yang tidak mungkin menyebutnya satu persatu.

Semoga Allah membalas kebaikan anda semua. Kiranya tidak ada gading yang tak retak. Oleh karena itu kritik dan saran sangat penulis harapkan demi sempurnanya karya ini.

Allohumma Amin.

Yogyakarta Agustus 2003

Penulis

I.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Perkembangan teknologi dewasa ini sangat pesat sekali. Hal ini mengakibatkan setiap industri bersaing dengan industri sejenis yang lain agar produknya tetap diminati konsumen. Persaingan ini tidak hanya meliputi bidang teknik (kwalitas) saja tetapi bahkan meliputi bidang ekonomi (harga) maupun pelayanan lainnya.

Industri di Indonesia mayoritas adalah industri kecil dan menengah yang kualitas produknya harus sangat diperhatikan agar bisa bersaing dengan produk dari industri besar maupun produksi luar negeri.

Salah satu produk yang dihasilkan oleh industri kecil dan menengah maupun industri besar adalah pulley, yang banyak dipakai pada mesin diesel.

Penulisan Tugas Akhir ini mengambil judul “Analisa Sifat Fisis Dan Mekanis Produksi “Pulley” PT Baja Kurnia Dan Produksi Pulley PT Yanmar”. Dengan analisa ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata untuk peningkatan kualitas produk industri kecil dan menengah, karena tanpa kualitas yang baik maka suatu produk tidak akan diterima konsumen.

Alasan pemilihan judul ini adalah untuk membandingkan kualitas antara pulley produksi industri kecil dalam hal ini PT Baja Kurnia dengan industri besar dalam hal ini PT Yanmar.



I.2 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui lebih mendalam tentang proses pembuatan pulley.
2. Untuk membandingkan sifat fisis dan mekanis pulley produksi Industri kecil dalam hal ini PT Baja Kurnia dan industri besar dalam hal ini PT Yanmar.

I.3 PEMBATAAN MASALAH

Agar dalam penulisan laporan tidak menyimpang dari pokok permasalahan, maka perlu adanya batasan-batasan dalam penulisan. Hal ini untuk menitikberatkan pembahasan pada pokok permasalahan, yaitu “Analisa Sifat Fisis Dan Mekanis Produk “Pulley” Produksi PT Baja Kurnia dan PT Yanmar.

1.4 METEDOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam mengerjakan Tugas Akhir nanti dengan cara mencari sumber data yang merupakan dasar utama dari proyek Tugas Akhir ini. Metode pengumpulan data yang digunakan antara lain :

1. Studi literatur

Studi kelayakan kepustakaan, yaitu teori serta data yang didapatkan dari berbagai buku referensi yang bisa dijadikan acuan dalam penyelesaian Tugas Akhir.



2. Pelaksanaan pengecoran
Pengecoran benda uji dilakukan di PT Baja Kurnia di desa Batur, Kecamatan Ceper, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah.
3. Pembuatan benda uji
Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
4. Pelaksanaan pengujian
Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
5. Analisa data

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

1. BAB I PENDAHULUAN

Membahas latar belakang masalah, tujuan, pembatasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan

2. BAB II DASAR TEORI

Membahas tentang besi cor, jenis-jenisnya dan diagram FeC

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Membahas cara dan langkah penelitian

4. BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

Membahas pengujian yang dilakukan yaitu meliputi uji tarik, uji impak, uji kekerasan, uji geser dan uji metalografi

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

II.1 DEFINISI BESI COR

Besi cor adalah bahan yang penting yang dipergunakan sebagai bahan coran lebih dari 80 %. Perbedaan definisi yang umum antara besi dan besi cor hanyalah tentang kadar karbon yang diijinkan. Diantara definisi yang ada adalah yang diberikan oleh William D. Callister, Jr. (1994) yang mengatakan kandungan karbon pada besi cor adalah lebih dari 2,1% tetapi kebanyakan mengandung 3,0-4,5% C dan sebagai penambah ditambahkan unsur-unsur yang lain. A. Lipnitsky, mengatakan bahwa besi cor adalah paduan antara besi dan karbon dengan kadar karbon lebih dari 2%. Tata Surdia (1985) juga mengatakan besi cor adalah paduan antara besi dan karbon dengan kadar karbon lebih dari 2%, tetapi besi cor yang nyata terdiri dari paduan yang terkomponen banyak yang mengandung Si, Mn, P, S dan unsur lainnya.

Syarat yang sama juga diberikan oleh Charles V. White (1985) yang menyatakan besi cor mengandung karbon antara 1,8 – 4,0 % dimana biasanya cocok untuk meredam getaran. Hal yang sama juga di berikan oleh P Polukhin, yang menyatakan besi cor adalah campuran antara besi dan karbon dengan kadar karbon lebih dari 2%. William F. Smith (1996) mengatakan bahwa kadar karbon besi cor adalah 2– 4 %. Sedangkan Richard W. Heine (1976) mengatakan bahwa besi cor adalah paduan besi karbon sampai 4% dan Silikon sampai 3,5%. Dan masih banyak definisi lain yang pada intinya tidak terlalu jauh berbeda tentang kandungan karbon yang diijinkan.

II.2.1 BESI COR KELABU

Jika besi cor didinginkan lambat, karbon yang terurai di dalamnya bisa memisah dari tuangan membentuk grafit. Grafit terdistribusi dalam matrik logam sebagai warna kelabu pada patahan besi cor. Pada umumnya patahan besi cor mempunyai warna kelabu yang disebabkan oleh grafit yang terjadi pada waktu pembekuan. Ini merupakan alasan bahwa besi cor dimana grafit bebas tersimpan disebut besi cor kelabu. Endapan grafit besi cor kelabu dapat memiliki bentuk lapisan sangat tipis ataupun pelat, bintik bulat ataupun serpih. Grafit memperlemah matriks logam besi cor kelabu menjadikannya mudah terkena beban impak. Berikut adalah struktur mikro besi cor kelabu :



Gambar 2.1 Struktur mikro besi cor kelabu perbesaran 100X dan 500X

(Metal Handbook, 1985)

Disamping itu ketebalan dan laju pendinginan mempengaruhi struktur mikro. Kekuatan tarik besi cor kelabu kira kira $10 - 30 \text{ Kg/mm}^2$, namun besi cor ini agak getas, titik cairnya kira-kira 1200° C dan mempunyai mampu cor sangat baik serta murah,

sehingga besi cor kelabu merupakan banyak untuk benda coran. Berat jenisnya sekitar 7,7 gram/cm³ dan titik cairnya 1300⁰ C.

II.2.1.1 STRUKTUR MIKRO BESI COR KELABU

Struktur dasar dari besi cor terdiri dari grafit perlit, sementit dan perlit. Macam dan jenis besi cor yang banyak dipakai ialah besi cor kelabu dimana grafit atau karbon bebas yang terdapat dalam membentuk sepih tetapi kadang-kadang dipakai besi cor bergrafit bulat, dimana terdapat endapan grafit yang bulat atau dipergunakan besi cor putih dimana semua karbon terikat dalam sementit. Kecuali grafit struktur utamanya disebut matriks, dan struktur dasar dari matriks terdiri dari ferit, sementit, perlit.

Perlit adalah struktur yang berbentuk lapisan dari ferit yang liat dan sementit yang keras dan getas. Perlit ulet dan baik sekali ketahanan ausnya sehingga untuk besi cor kelas tinggi perlu mempunyai matriks perlit.

Tabel 2.1 Efek mikrostruktur terhadap besi cor (Metal Handbook, 1985)

Microstructure	Identity	Impact
Austenite	Soft phase that forms first; usually transforms into other phases; seen only in certain alloys	Soft and ductile; low strength
Ferrite	Iron with elements in solid solution; soft matrix phase	Contributes ductility, but little strength
Graphite	Free carbon in any size and shape	Improves machinability and damping properties, reduces shrinkage, and may reduce strength severely depending on shape
Cementite	Iron carbide hard intermetallic phase	Imparts hardness and wear resistance; severely reduces machinability
Pearlite	Lamellar phase consisting of alternate layers of ferrite and cementite	Contributes strength without brittleness and has good machinability
Martensite	Hard structure produced by specific thermal treatment	Hardest transformation structure; brittle unless tempered
Steadite	Iron-carbon-phosphorus eutectic; hard and brittle	Sometimes confused with ledeburite; aids fluidity in molten state, but is brittle in solid state
Ledeburite	Massive eutectic phase composed of cementite and austenite; transforms to cementite and pearlite upon cooling	Produces high hardness and wear resistance; virtually unmachinable

Dalam besi cor apakah akan terbentuk grafit atau sementit tergantung pada laju

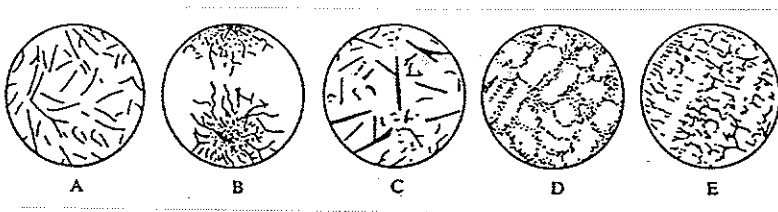
pendinginan oleh komposisi kimianya. Pada umumnya unsur-unsur tambahannya yang sangat besar pengaruhnya terhadap penggrafitan pada pembekuan besi cor.

Pengaruh unsur-unsur pada pembekuan grafit adalah sebagai berikut :

1. Unsur yang mempercepat penggrafitan : Si, Ti, Ni, Al, Co, Au, dan Pt
2. Unsur yang memperlambat penggrafitan: Cr, Te, S, V, Mn, Mo, P, W, Mg, N

Grafit adalah satu bentuk kristal karbon yang lunak dan rapuh, mempunyai kekerasan brinell H_B kira-kira 1, kekuatan tariknya kira-kira 2 Kg/mm^2 dan berat jenisnya kira-kira 2,2. Dalam besi cor biasa 85% kandungan karbon berbentuk grafit. Dalam struktur mikro ada berbagai bentuk dan ukuran dari potongan-potongan grafit, yaitu halus dan besar, serpih atau asteroid, bergumpal atau bulat. Keadaan potongan-potongan grafit ini memberikan pengaruh yang besar pada kekuatan mekanis besi cor. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan bentuk dari potongan-potongan grafit, dimana serpih-serpih grafit mengalami pemusatan tegangan pada ujung-ujungnya, kalau suatu gaya bekerja tegak lurus pada arah serpih sedangkan besi cor bulat tidak mengalaminya.

Gambar dibawah menunjukkan distribusi dari serpih grafit dalam besi cor menurut American Casting Assosiation(ASTM,1941)



Gambar 2.2 Penyebaran grafit serpih
(Tata Surdia, 1985)



disenangi karena besi cor ini menunjukkan serpih grafit yang mempunyai panjang medium terdistribusi sembarang. Keadaan ini timbul pada besi cor kelas tinggi yang mempunyai matriks perlit dan ukuran grafit yang cocok. Selanjutnya potongan-potongan grafit yang bengkok memberikan kekuatan yang tertinggi pada besi cor. Untuk mendapatkan potongan-potongan yang bengkok, pengendapan kristal-kristal mula harus ditingkatkan untuk membengkokkan potongan-potongan grafit tersebut sepanjang austenit proeutektik. Besi cor dengan kandungan karbon tinggi sukar mempunyai potongan-potongan bengkok disebabkan sedikitnya pengendapan kristal mula. Untuk mendapatkan struktur serupa itu perlu mengatur bentuk potongan-potongan grafit dengan penghilangan oksida dan inokulasi penggrafitan dari besi cair.

Gambar B adalah grafit pengelompokkan rosette adalah salah satu dari sel eutektik, yang mempunyai potongan-potongan eutektik halus dari grafit ditengah dengan serpih-serpih radial disekitarnya. Kecenderungan untuk mengendap pada daerah tipis dan daerah pada bagian tengah eutektik berubah sesuai dengan komposisi dan keadaan pendinginan. Kadang-kadang tidak ada daerah eutektik dan hanya mengendap serpih-serpih grafit radial. Kalau besi cair agak sedikit dioksidasi, potongan-potongan grafit rosette dengan grafit eutektik cenderung untuk mengendap, sedang laju pendinginan yang besar atau kandungan silisium yang tinggi menyebabkan pengendapan ferit di tengah-tengahnya. Grafit ini muncul pada coran-coran yang tipis. Besi cor yang memerlukan kekuatan tarik $25-30 \text{ Kg/mm}^2$ paling banyak dibolehkan adanya rosette 20-30% dengan daerah eutektid yang sedikit. Potongan-potongan grafit pengelompokkan rosette tersebar padat dalam besi cor yang mempunyai kandungan karbon tinggi karena banyak

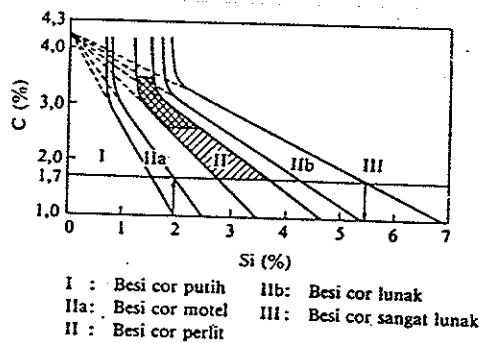
pengendapan grafit, sehingga Struktur menjadi kadang retak dan bisa jatuh oleh gaya potong pada waktu dikerjakan dengan mesin yang mengakibatkan lubang-lubang kecil. Kalau ferit mengendap kecenderungan tersebut lebih banyak.

Gambar C serpih saling menumpuk dan orientasi sembarang. Struktur ini muncul pada sistem hipereutektid. Jumlah grafit amat banyak sehingga ferit sangat mudah mengendap. Pada struktur ini, kristal-kristal mula dari grafit yang panjang dan lebar ditumpuki dan dikelilingi serpih-serpih grafit yang mengkristal di daerah eutektik. Struktur demikian begitu lemah disertai oleh pengendapan ferit, karenanya tidak banyak dipakai.

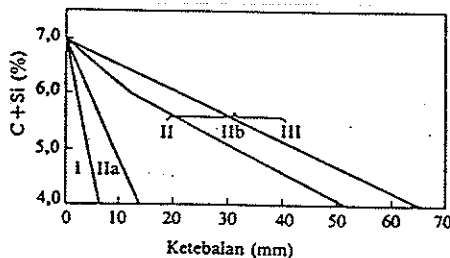
Gambar D terjadi penyisihan antar dendrit dan orientasi sembarang. Struktur ini mempunyai potongan-potongan grafit eutektik yang halus, yang mengkristal diantara dendrit-dendrit diantara kristal muda austenit. Ini muncul dengan adanya dingin lanjut pembekuan eutektid. Satu dari keadaan dingin lanjut adalah oksidasi dalam pencairan yang juga cenderung untuk membentuk struktur macam ini. Keadaan ini umumnya diperbaiki dengan inokulasi penggrafitan, walaupun perbaikan tersebut tidak terlalu jelas, kalau besi cor cair dalam keadaan oksidasi. Dalam hal ini kadang-kadang macam ini muncul dan mengembang ditengah-tengah pada rosette B dan kadang-kadang ia disisihkan pada daerah yang membeku terakhir ditengah-tengah coran yang tebal. Matriks seperti ini sering berisi ferit yang menyebabkan lemah.

Gambar E terjadi penyisihan antar dendrit dengan orientasi tertentu. Grafit semacam ini muncul kalau kandungan karbon agak rendah. Ia sangat mengurangi kekuatan karena jarak yang dekat antara potongan-potongan grafit seperti pada D. Tetapi

Gambar 2.3 dibawah adalah diagram Maurer yang menunjukkan hubungan antara C dan Si dalam prosentase pada laju pendinginan yang tetap, sedangkan gambar 2.4 dibawahnya adalah diagram struktur Greiner – Klingenstein yang menunjukkan hubungan antara C dan Si dalam prosentase dan ketebalan besi cor.



Gambar 2.3 Diagram Meurer untuk besi cor
 (Tata Surdia, 1985)



Gambar 2.4 Diagram Greiner-Klingenstein untuk besi cor
 (Tata Surdia, 1985)

Struktur mikro besi cor, tidak hanya tergantung pada komposisi kimianya, tetapi tergantung juga kepada kecepatan pembekuan dari fase cair. Pada besi cor yang pembekuan dan pendinginannya berlangsung cepat, karbon dapat terpisah atau tersebar dalam bentuk sementit yang tersebar dalam matriks logam, “*metal matriks*”.

mengontrol grain yang masuk, dan dengan mencari pemasukan yang baik dalam hal distribusi yang lebih seragam dalam matriks. Proses grafitisasi dikontrol dengan mengubah-ubah tingkat pendinginan dan dengan paduan yang tepat dari matriks logam. Penambahan unsur-unsur yang berbeda pada besi cor dalam peleburan memiliki efek pada matriks dan pada tingkat grafitasi besi cor. Sebagai misal, silikon menaikkan endapan karbon dan memperbaiki sifat mampu tuang dengan membuat besi cor agak sedikit lunak. Sebaliknya memperlambat grafitasi dan menaikkan formasi karbon dan yang terkombinasi, diatas 1,2% apabila diinginkan kekuatan atau kekerasan, dan menghilangkan efek yang berbahaya dari belerang dengan mengikatnya kebentuk sulfida (MnS), yang tak dapat larut dalam logam, sehingga akan mengalir menjadi terak. Kandungan fosfor harus serendah mungkin dalam penuangan besi cor kelabu kritis (*critical grey iron casting*), tidak boleh lebih dari 0,15% selama diingini penambahan kekerasan logam. Belerang adalah salah satu kotoran yang membahayakan besi cor, ia menghalangi pengendapan grafit dan mengakibatkan penyusutan dan kerapuhan besi cor dan membuatnya menjadi kurang cair. Kandungan yang tidak melebihi 0,1% masih diperbolehkan dalam besi cor.

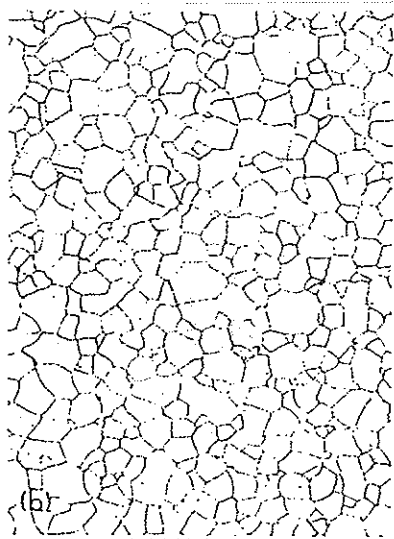
II.2.1.1.2 AUSTENIT

Austenit adalah fasa lunak atau kenyal yang mengandung karbon secara terpisah menjadi besi gamma, polimorf berpusat sisi (kps). Besi struktur kubik pemusatan sisi ini mempunyai jarak antar atom lebih besar dibandingkan ferit. Meskipun begitu, lubang-lubang pada struktur kps hampir-hampir tidak dapat atom karbon dan penyisipan ini menyebabkan regangan dalam struktur. Akibatnya tidak semua lubang dapat terisi (hanya

Ferit adalah nama dari larutan padat dimana sebagai pelarut adalah besi alfa bentuk kubus-pemusatan-ruang dari besi, dan yang dilarutkan adalah pada pokoknya karbon, dengan sejumlah kecil mangan, silikon dan paduan-paduan lain yang umum pada besi. Selain unsur terbesar (karbon) yang dilarutkan pada jumlah tidak lebih dari 0,025%, ferit sering dilukiskan sebagai mendekati murni.

Karena ferit mempunyai struktur kubik pemusatan ruang (kpr), ruangan antar atom kecil dan padat sehingga tidak dapat menampung atom karbon yang kecil sekalipun. Oleh karena itu daya larut karbon dalam ferit rendah (kurang dari 1 karbon per 1000 atom besi). Atom karbon terlalu kecil untuk membentuk larutan padat substitusi dan terlalu besar untuk membuat larutan padat interstisi.

Penampilan struktur mikro ferit diperlihatkan pada gambar dibawah :



Gambar 2.6 Struktur Ferit, perbesaran mikroskop 100X
(Avner S.H., 1976)

Baja dengan kandungan karbon sangat rendah sekitar 0,02% hanya terdiri dari ferit saja, yang diobservasi dibawah mikroskop sebagai butiran-butiran berwarna cerah dengan bermacam-macam ukuran dan bentuk pada permukaan yang di etsa. Ukuran dan

bentuk butiran-butiran kisi kisi lainnya tergantung dari macam dan tingkat deformasi dan pengerolan atau penempaan.

Ferit lunak dan ulet, pada keadaan murni (komersil) kekuatan tariknya kurang dari 310 Mpa. Bersifat ferromagnetik pada suhu dibawah 770°C (1418°F), berat jenis ferit $7,88\text{Mg/m}^3$ ($7,88\text{g/cm}^3$)

II.2.1.1.4 Sementit

Pada paduan besi karbon, karbon melebihi batas daya larut membentuk fasa kedua, yang disebut karbida besi (sementit). Sementit mempunyai komposisi kimia Fe_3C , akan tetapi kisi kristal mengandung atom besi dan karbon dengan perbandingan tiga lawan satu. Fe_3C mempunyai sel satuan ortorombik dengan 12 atom besi dan 4 atom karbon per sel. Berat atom Fe_3C adalah $7,6\text{ Mg/m}^3$ ($7,6\text{ g/cm}^3$). Sementit merupakan unsur dasar yang keras dari baja, memiliki BHN sekitar 650. Tetapi senyawa keras ini sangat rapuh. Hal ini disebabkan kandungan karbonnya sekitar 6,67%. Sementit selalu bergabung dengan unsur-unsur pokok berkarbon rendah lain, mungkin ferit atau perlit.

II.2.1.1.5 Perlit

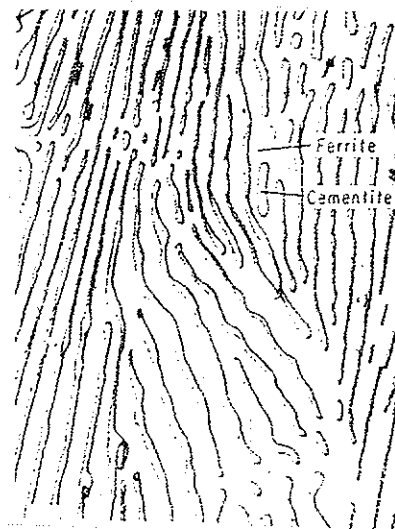
Perlit adalah struktur mikro yang berbentuk serpih atau lempeng yang berselang-seling antara sementit dan ferit, dan merupakan campuran mekanis atas dua fasa yang memiliki sifat lanjutan antara komponen-komponen tersebut. Perlit merupakan campuran eutektik yang mengandung 0,8% karbon yang terbentuk pada suhu 723°C (1333°) pada pendinginan yang sangat lambat. Ia lebih lunak dan ulet dibandingkan sementit tetapi lebih keras dari ferit.

sebagai serpih. Selama pendinginan lambat atas austenit itu, muncul bentuk austenit pada batas-batas butiran austenit dan tumbuh menjadi serpih-serpih atau lamel dengan garis pertumbuhan miring kedalam matriks austenit.

Kandungan karbon pada sementit lebih tinggi dibanding dengan austenit, dimana karbon harus menyebar melewati austenit yang berbatasan dengan lempeng sementit yang timbul dikosongkan dari karbon dan berdeformasi ke ferit.

Daerah perlit dipusatkan pada batas-batas butiran austenit dan tumbuh dengan menghilangkan austenit induk atau "*parent austenit*". Ketika kadar karbon dari austenit dihilangkan maka tak ada sementit lanjut dapat terbentuk, dan austenit sisa bertransformasi ke ferit.

Struktur tampak perlit ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.7 Matriks Perlit dengan sementit pada batas butir
Perbesaran Mikroskop 2500X
(Avner S.H.,1976)



Pada pembesaran yang lebih tinggi memperlihatkan sementit dan perlit keduanya sebagai unsur dasar yang teretsa terang. Ketika lapisan yang terselang-seling antar sementit dan pearlit menutup bersama-sama, mikroskop tak dapat memisahkan struktur, perlit tampak gelap sebab perbedaan-perbedaan dalam tingkat lapisan sementit dan ferit yang disebabkan oleh pengetsaan.

Ketika pendinginan cepat, akan lebih banyak serpih sementit terintikan, dan lamel tunggal perlit menjadi lebih tipis sampai mereka secara psikis tak dapat tergambaran biarpun dengan mikroskop. Struktur hasil disebut perlit halus dan dianggap lebih kuat dan lebih keras dari perlit kasar yang terbentuk oleh proses pendinginan lambat.

Pada baja dengan karbon rendah, perlit tampak sebagai penyisipan bintik kecil yang terpisah antar butiran-butiran yang berwarna terang dari ferit. Penambahan konsentrasi karbon pada baja membawanya pada penambahan jumlah ferit yang bersesuaian. Pada keadaan dimana kadar karbon 0,08%, perlit terdistribusi pada semua bidang pandang mikroskop. Sesuai dengan kebiasaanya perlit dapat berupa lamelar ataupun granular. Dalam kasus pertama, keadaanya adalah pada pembesaran rendah dari mikroskop (sampai 100x) perlit tampak terdiri dari garis-garis gelap dan terang. Dalam kasus kedua, struktur perlit diberi struktur yang khas oleh distribusi yang seragam atas sementit pada ferrit dalam bentuk percikan-percikan bulat atau bintik-bintik bulat.

Perlit lamelar dapat ditransformasikan ke modifikasi granular (terdiri dari butiran-butiran kecil) dengan mempertahankannya pada suhu sekitar 700°C untuk waktu yang ditentukan.

II.2.1.1.5.1 Struktur stedit

Stedit disisihkan dalam matriks luar biasa dalam matriks perlit. Stedit ialah sistem eutektik terner dari besi γ , sementit (Fe_3C) dan fosfida besi (Fe_3P), yang sangat keras. Titik cairnya 950°C , sehingga cenderung untuk tersisih didaerah pembekuan akhir. Kadang-kadang besi cor dibuat supaya mempunyai kandungan fosfor yang tinggi, misalnya untuk silinder bahan bakar, agar mendapatkan ketahanan aus yang tinggi.



Gambar 2.8 Matriks stedit
(Tata Surdia, 1976)

II.2.1.1.5.2 Bainit

Struktur besi cor tak bulat yang ditambahkan dengan Nikel 0,7% dan molibden 0,7% akan menjadi kelabu. Kekuatan tariknya setelah dicor 35 sampai 45 Kg/mm^2 .



Gambar 2.9 Matriks bainit
(Tata Surdia, 1976)

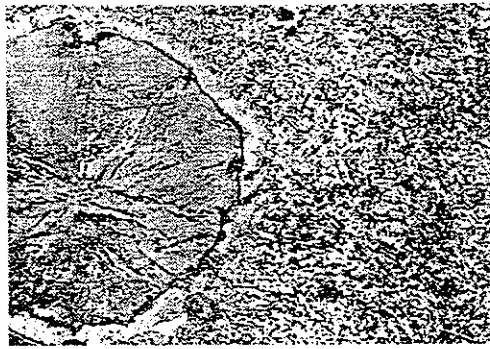


II.2.1.1.5.3 Martensit

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Matriks martensit didapat dengan pengerasan induksi dari besi cor bergrafit bulat.

Bahan struktur ini sangat keras dan dipakai untuk permukaan yang mengalami gesekan dari bagian-bagian mesin yang menghendaki ketahanan aus, yang didapat dengan perlakuan panas tertentu.



Gambar 2.10 Matriks Martensit
(Tata Surdia, 1976)

II.2.1.2 SIFAT FISIS DAN MEKANIS BESI COR KELABU

II.2.1.2.1 SIFAT FISIS BESI COR KELABU

II.2.1.2.1.1 Berat jenis

Berat jenis berbagai macam besi cor tergantung pada kandungan struktur mikro dan temperatur. Dalam keadaan padat, penurunan berat jenis berbandun lurus dengan tingginya temperatur. Berat jenis berbagai fasa metallografi pada temperatur kamar diberikan pada tabel 2.2 berikut.

Constituent	Density	
	lbs/in ³	grams/cm ³
Ferrite	0.284	7.86
Pearlite	0.281	7.78
Cementite	0.277	7.66
Graphite	0.081	2.25
Phosphide eutectic	0.264	7.32
Austenite	0.283	7.84
Martensite	0.276	7.63

Komposisi kimia mempengaruhi berat jenis seperti juga keberadaan fasa-fasa diatas dalam logam. Karena grafit mempunyai berat jenis yang rendah, maka semakin banyak terbentuk grafit, maka makin rendah pula berat jenis besi cor. Silikon menurunkan berat jenis hampir secara linier. Penambahan silikon dari 0-13,5% akan menurunkan berat jenis ferit dari 7,86 menjadi 7,23 gr/cm³.

Tabel 2.3 Berat jenis berbagai macam besi cor di bawah ini (Iron Casting Handbook, 1981):

Type of Iron	Density at Room Temperature	
	lbs/in ³	grams/cm ³
High carbon ferritic gray	0.246	6.80
Medium carbon gray ferrite & pearlite matrix	0.255	7.05
Low carbon gray pearlitic matrix	0.263-0.267	7.28-7.4
High carbon ductile ferritic matrix	0.257	7.10
High carbon ductile pearlitic matrix	0.258	7.15
Malleable iron ferritic matrix	0.263	7.27
Compacted graphite ferritic matrix	0.253-0.261	7.0 -7.2
Malleable iron pearlitic matrix	0.264-0.265	7.29-7.33
White iron, unalloyed	0.275-0.282	7.6 -7.8
High silicon gray (Sial)	0.246-0.260	6.8 -7.2
High silicon ductile	0.257	7.1
High nickel gray austenitic (Ni-Resist)	0.267-0.275	7.4 -7.6
Nicrosilal, austenitic	0.260-0.267	7.2 -7.4
High chromium white	0.264-0.271	7.3 -7.5
High aluminum gray	0.199-0.231	5.5 -6.4

Berat jenis semua besi cor menurun dengan naiknya kandungan grafit. Karena kekuatan tarik juga menurun dengan naiknya grafit, maka kekuatan tarik yang rendah juga mempunyai berat jenis yang rendah pula.

masa atom terlarut berbeda dengan masa atom pelarut dan juga karena berubahnya parameter kisi.

II.2.1.2.1.2 Pemuaiian panas

Koefisien pemuaiian panas dari besi cor kelabu kira-kira $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, yang sedikit rendah dari pada baja dan lebih tinggi dibandingkan dengan koefisien pemuaiian besi cor putih. Pemuaiian berubah menurut komposisi, struktur dan temperatur. Walaupun ia tidak begitu banyak dipengaruhi oleh komposisi seperti sifat-sifat lainnya, ada kecenderungan untuk dikurangi oleh kandungan karbon yang lebih tinggi. Pemuaiian sukar dipengaruhi oleh kandungan biasa dari unsur-unsur lain.

II.2.1.2.1.2 Konduktivitas listrik

Dari semua fasa pada struktur, grafit mempunyai tahanan listrik terbesar, sehingga konduktivitas listrik dipengaruhi oleh kandungan grafit, distribusi dan bentuk-bentuk dari potongan grafit. Penambahan karbon dan silisium menggalakkan penggrafitan, yang mengurangi konduktivitas listrik meskipun besi cor mempunyai kadar karbon yang sama.

II.2.1.2.1.3 Ketahanan korosi

Ferritlah yang sangat menderita korosi kimia dalam struktur, dan pearlit lebih stabil dari pada ferrit sedangkan sementit baik sekali dalam ketahanan korosi. Besi cor lebih buruk ketahanan korosinya terhadap asam dibandingkan dengan baja. Hal itu dipengaruhi dengan sel kimia antara besi dengan grafit. Tetapi ketahanan korosi besi cor terhadap air murni dan air laut lebih baik dibandingkan dengan baja. Struktur yang halus dengan potongan yang halus sangat baik dalam ketahanan korosi. Ketahanan korosi sukar dipengaruhi oleh unsur-unsur lain selain karbon dan silisium, akan tetapi untuk

II.2.1.2.2 Sifat mekanis besi cor kelabu

Sifat-sifat mekanis besi cor kelabu meliputi kekuatan tarik, perpanjangan, kekerasan, kekuatan tekan, kekuatan bentur, kekuatan lelah, ketahanan aus, mampu mesin, sifat meredam getaran dan lain-lain. Berikut ini hanya sifat-sifat penting dari besi cor yang akan dijelaskan.

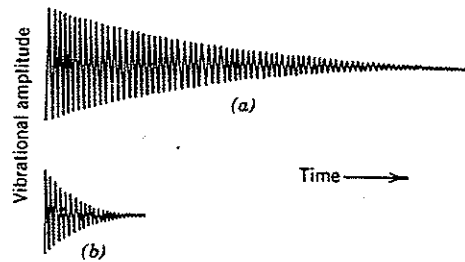
II.2.1.2.2.1 Kekuatan tarik

Kekuatan tarik, kekuatan luluh, keuletan dan modulus elastisitas besi cor kelabu dapat diketahui dengan uji konvensional. Meskipun kekuatan luluh dan keuletan dapat diukur, namun parameter ini jarang ditentukan/dispesifikasikan. Modulus elastisitas besi cor kelabu tidaklah konstan seperti modulus elastisitas baja, tetapi bervariasi menurut kelas besi cor dan kelas pembebanan. Kekuatan tarik diukur dalam proses pengujian standar yang menghasilkan data regangan dan regangan.

Jenis kurva besi cor kelabu yang berbeda akan berbeda pula. Hal ini dipengaruhi oleh struktur mikro dimana disebabkan oleh bentuk dan ukuran coran, laju pendinginan dan komposisi kimia.

Dengan demikian sifat mekanis besi cor ditentukan oleh ukuran, bentuk dan ditentukan dari apa coran tersebut dibuat. Berdasarkan komposisi kimia kekuatan tarik besi cor kelabu dipengaruhi oleh unsur-unsur yang secara normal berada di dalamnya, seperti karbon, mangan, silikon, pospor, dan sulfur, dan juga oleh unsur-unsur penambah yang lain.

dengan fosfor dalam karbon ekuivalen. Besi cor kelabu dengan kadar karbon lebih dari 4,3% disebut hipereutektik dan biasanya mengandung grafit kasar. Grafit tersebut menurunkan kekuatan tarik tetapi baik dalam kapasitas peredaman getaran.



Gambar 2.11 Kapasitas redam besi cor dibandingkan baja
 (William D. Callister, Jr., (1994))

Karbon memberikan pengaruh terbesar pada kekuatan tarik besi cor. Kandungan karbon yang rendah meninggikan kekuatannya. Silisium memberikan kecenderungan yang serupa tetapi lebih lemah dari karbon. Karbon yang berbentuk grafit terdistribusi dalam matrik dan yang kalau ada tegangan akan terjadi konsentrasi tegangan disekitar grafit dan menyebabkan retak, jadi kekuatannya dipengaruhi oleh jumlah, bentuk dan distribusi grafit. Jumlah grafit ditentukan oleh komposisi kimia sebagai berikut :

$$\text{Jumlah karbon eutektik} : 4,26 - 0,31(\%Si) - 0,33(\%P) + 0,27(\%Mn).$$

Jumlah karbon semuanya dibagi dengan karbon eutektik ini menyatakan sejauh mana komposisi kimia besi cor mengendap dari komposisi komponen eutektik atau derajat kejenuhan karbon S_c yang disederhanakan untuk bisa digunakan sebagai berikut :

$$S_c = \%C / (4,23 - 0,312Si\%)$$

Kalau S_c menjadi besar, jumlah grafit meningkat dan sifat-sifat mekaniknya buruk. Besi cor kelabu menjadi lemah karena ferit silisium . Kalau kandungan silisium lebih dari 2% ,



dan menjadi lebih getas pada prosentase Mangan kurang dari 1,2% menguatkan besi cor kelabu. Fosfor dan belerang memberikan pengaruh kecil pada besi cor kelabu dalam prosentase yang biasa. Perpanjangan besi cor kelabu kira-kira 0,3-1,2% dan kekuatan tarik tinggi akan menguranginya.

II.2.1.2.2 Kekerasan

Kekerasan besi cor kelabu adalah 130-270 kekerasan brinell, dan sangat rapat hubungannya dengan struktur. Grafit kasar dalam matriks ferit menyebabkan kekerasan rendah, grafit halus dan sedikit menyebabkan kekerasan lebih tinggi.

II.2.1.2.2.3 Kekuatan tekan

Kekuatan tekan dari besi cor kelabu adalah 3 sampai 5 kali lebih besar dari kekuatan tariknya, dan kebanyakan lebih besar dari kekuatan tekan baja. Kekuatan tarik yang lebih tinggi mengurangi perbandingan antara kekuatan tekan dan kekuatan tarik.

II.2.1.2.2.4 Kekuatan bentur

Besi cor kelabu adalah setas dan lemah terhadap benturan terutama kandungan karbon, silikon dan fosfor yang lebih tinggi menyebabkan kekuatan bentur yang lebih rendah. Pengendapan sementit dan stedit mengurangi kekuatan bentur.

II.2.1.2.2.5 Mampu mesin dan tahan aus

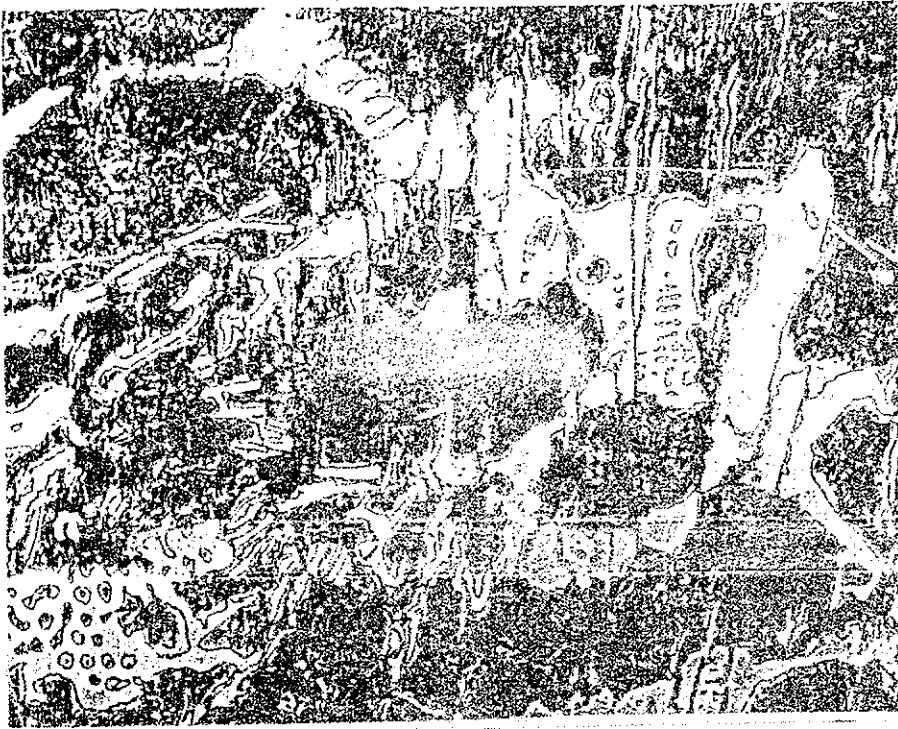
Besi cor kelabu adalah bahan yang mempunyai sifat mampu mesinnya sangat baik karena grafit bekerja sebagai pelumas. Kekerasan dan kekuatan tarik yang lebih yang lebih rendah menyebabkan mampu mesin yang lebih baik.

Dalam ketahanan ausnya struktur perlit lebih baik daripada struktur ferit Umumnya kekerasan yang lebih tinggi menyebabkan ketahanan aus yang lebih baik,

Pengaruh fosfor sangat efektif karena pengaruh stedit. Selanjutnya dalam kasus khusus ketahanan aus diperbaiki dengan penambahan krom, nikel, molibden, dan tembaga.

II.2.2 BESI COR PUTIH

Apabila laju pendinginan dan laju pembekuan tinggi, Fe_3C -austenit dari eutektoid mengkristal dan menunjukkan patahan berwarna putih, oleh karena itu besi cor ini dinamakan besi cor putih.



Gambar 2.12 Struktur Mikro Besi Cor Putih

(Metals Handbook, 1978)

Besi cair yang mempunyai komposisi kimia yang cocok dituangkan kedalam cetakan logam atau cetakan sebagian dari logam, bagian yang mengenai cetakan logam

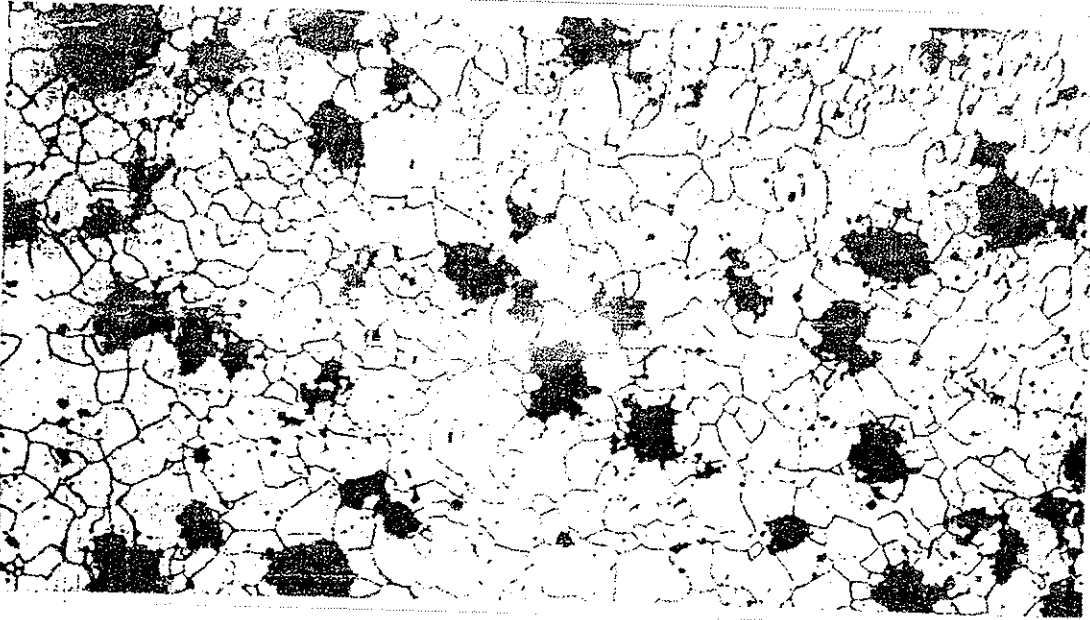


terdinginkan secara cepat menjadi besi cor putih yang sangat keras, sedangkan bagian lainnya menjadi besi cor kelabu yang mempunyai keuletan yang lebih baik. Pengecoran ini disebut pengecoran cil. Dalam besi cor putih semua karbon dalam bentuk sementit. Besi cor putih sangat keras dan getas. Dia tidak dapat dikerjakan dengan mesin dan biasanya digunakan sebagai bahan dalam pembuatan besi cor mampu tempa. Tebal suatu bagian yang menjadi besi cor putih dinamakan cil. Dalamnya cil ditentukan oleh cetakan logam dan komposisi besi cair. Berat jenisnya adalah $7,3 - 7,7 \text{ gram/cm}^2$ dan titik cairnya antara $1000 - 1300^\circ\text{C}$.

Coran mempunyai perbedaan laju pendinginan disetiap tempat dan mempunyai perbedaan struktur mikro, yang menyebabkan tegangan sisa dan menyebabkan deformasi dan keretakan. Oleh karena itu tegangan sisa ini perlu dihilangkan dengan pemanasan untuk memperbaiki struktur mikronya. Sebaiknya dilakukan perlakuan panas supaya sementit yang tumbuh secara kasar pada lapisan cil larut dalam fase, dan kemudian membentuk presipitet yang sedapat mungkin membentuk bola. Dalam hal ini penggrafitan dicegah. Dengan perbaikan struktur mikro maka kekuatan tariknya diperbaiki lebih dari 40 % dan harga impaknya diperbaiki sampai 30 - 40%. Sebagai contoh perlakuan panas adalah dengan memanaskan sampai 820°C selama 20 jam, 850°C selama 7 jam, laju pendinginan 10°C/jam sampai 650°C secara perlahan-lahan dan kemudian didinginkan di udara luar.

Besi cor ini mempunyai sifat keras pada permukaanya dan secara keseluruhan masih ulet sehingga banyak dipergunakan pada roda-roda atau rol-rol, rol penghancur, rol untuk pengrolan logam, rol untuk kertas, perkakas pertanian, pompa pasir dan lain-lain.

berbentuk daun pada besi cor tidak menguntungkan ditinjau dari segi kekuatan. Untuk memperbaiki keuletanya bentuk tersebut diubah menjadi bentuk bongkahan. Besi cor yang mempunyai bentuk tersebut dinamakan besi cor meleabel.

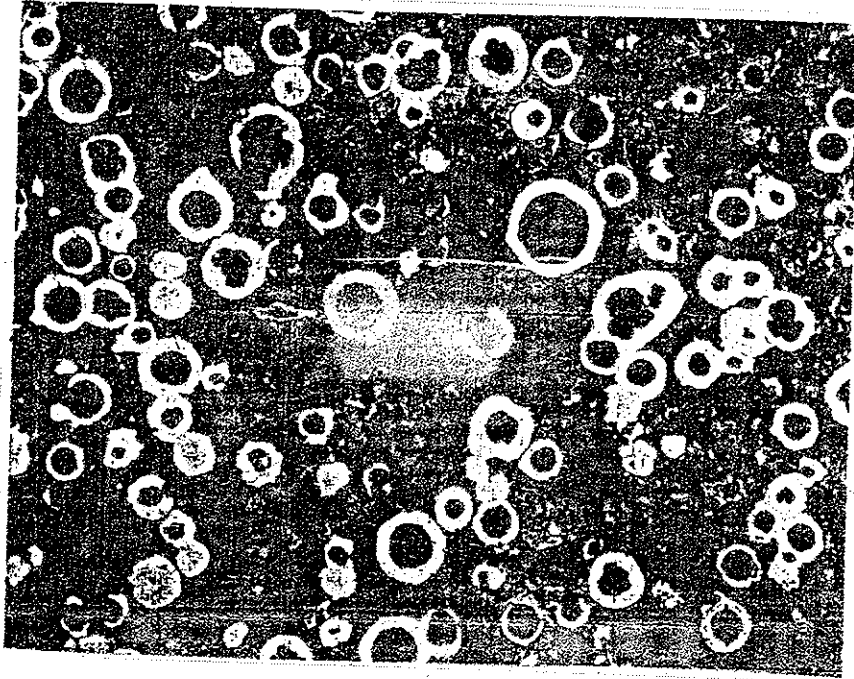


Gambar 2.12 Struktur mikro besi cor meleabel
(Metals Handbook, 1978)

Besi cor yang dibuat dengan dekarburasi, mempunyai warna patahanya putih dan dinamakan besi cor meleabel perapian putih, sedangkan besi cor yang dibuat dengan besi cor putih dianil untuk mengubah Fe_3C menjadi grafit dan Fe, mempunyai patahan berwarna hitam dan disebut besi cor meleabel perapian hitam.

Besi cor meleabel perapian perapian putih terdekarburasi dari permukaan, hal itu membatasi ketebalan coran sampai 9-15 mm. Besi cor perapian hitam bisa dibuat lebih tebal dengan mengatur komposisinya pada waktu anilnya. Dalam daerah prosentase 2,2-2,3 %C dan 0.8-1,3%Si, prosentase yang terendah dipergunakan untuk produk yang tebal dan prosentase yang tinggi dipergunakan untuk produk yang lebih tipis.

Kalau Mg atau Ce ditambahkan kepada cairan besi cor, maka grafit pada coran menjadi berbentuk bulatan. Berikut adalah struktur mikro besi cor bergrafit bulat :



Gambar 2.13 Struktur mikro besi cor bergrafit bulat
 (Metals Handbook, 1978)

Dibandingkan dengan grafit yang mempunyai bentuk serpih seperti daun, grafit yang berbentuk bulat atau nodular mempunyai derajat konsentrasi tegangan yang sangat kecil, maka kekuatan besi cor menjadi lebih baik. Unsur-unsur lain yang dapat membulatkan grafit yaitu Ca, Na, K, Li, Ba, Sr, Zn, dan sebagainya. Tetapi dari segi ekonomi dipilih unsur Mg karena paling menguntungkan.

Besi cor ini dinamakan besi cor liat (di Jepang dan di Amerika Serikat), sedangkan di Inggris dinamakan besi cor nodular. Besi cor nodular mempunyai keuletan yang baik dan mempunyai ketahanan korosi dan ketahanan panas yang baik pula, oleh karena itu dipakai untuk berbagai macam keperluan, misalnya untuk pipa-pipa, rol



Gambar 2.14 Struktur mikro besi cor kekuatan tarik tinggi
a). Sebelum diinokulasi. b). Setelah inokulasi
(P.Polukhin, et., al)

Setelah diadakan studi yang lama mengenai hal ini untuk besi cor dengan kekuatan tarik tinggi, sekarang secara luas dipergunakan cara dengan menambahkan kepada ciran besi yang mempunyai Sc yang rendah sedikit kalsium silikon atau ferro silikon beberapa saat sebelum penuangan, yaitu untuk mencegah terjadinya besi cor putih, dengan demikian maka grafit yang halus terdistribusi secara merata pada matriks perlit. Proses penambahan tersebut dinamakan inokulasi.

IL.2.6 BESI COR PADUAN

Unsur-unsur paduan ditambahkan pada besi cor untuk memperbaiki sifat mekanik dan untuk memberikan sifat-sifat khusus seperti ketahanan korosi, ketahanan panas dan kemagnitan. Sifat yang pertama biasanya didapatkan dengan paduan rendah sedangkan yang terakhir melibatkan beberapa unsur yang khusus.

Besi cor kekuatan tarik tinggi mempunyai kekuatan tarik yang lebih baik dengan menambahkan Ni, Cr, Mo, dan sebagainya pada 0,5-1,5% untuk memberikan struktur

Besi cor yang mempunyai ketahanan terhadap asam dipadu dengan 10% atau lebih Si untuk menambahkan ketahanan korosi, besi cor Nikel tinggi, besi cor Cr tinggi dan sebagainya. Agar besi cor tahan panas, berbagai besi cor paduan dipadu dengan Cr, Mo, Si, Al, Ni, dan sebagainya. Selanjutnya besi cor yang tidak magnetik dipadu dengan 5-15%Ni dan 9%Mn.

II.3 PEMBEKUAN BESI COR

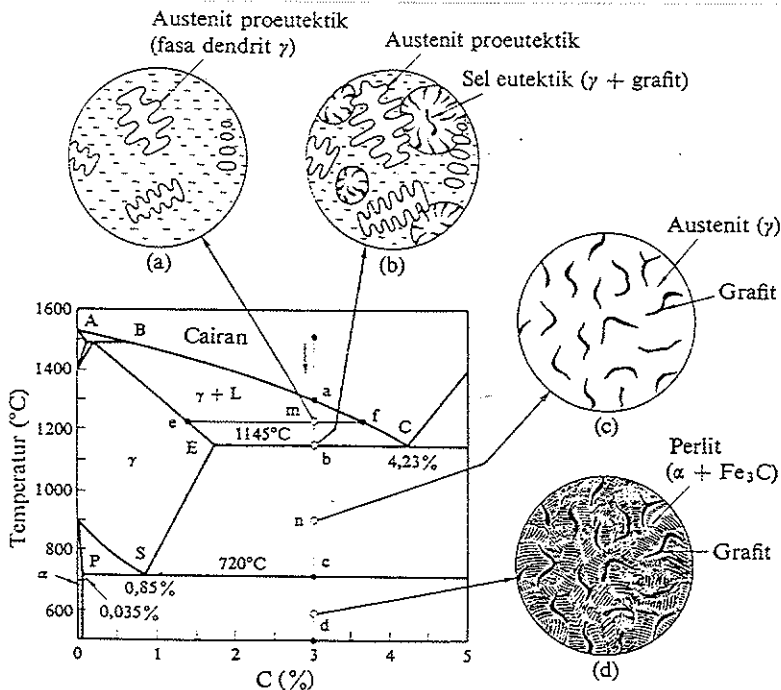
Dalam besi hipoeutektik, fasa yang pertama kali terbentuk dari cairan besi yang pertama kali membeku adalah austenit yang merupakan larutan padat karbon dalam besi yang mengkristal dalam bentuk dendrit-dendrit, yang panjang dan bentuknya tergantung kepada gradien temperatur, dendrit-dendrit austenit terus tumbuh dan cairan yang tinggal kandungan karbonnya bertambah hingga temperatur dan konsentrasi eutektik tercapai.

Pembekuan mulai dari sejumlah inti yang mengkristal seperti bola dan bersamaan dengan itu pengendapan grafit dan austenit terjadi pula. Akhirnya sel-sel eutektik tersebut saling bertemu dan menghabiskan cairan yang tersisa. Austenit dan dendrit-dendrit dan yang dari eutektik menjadi saling tersambung dan struktur tampak seperti serpih-serpih grafit yang panjang dalam matriks austenit. Setelah pemadatan struktur, sel-sel eutektik dan dendrit-dendrit austenit primer yang berorientasi sembarang diseluruh struktur menjadi lengkap dan tidak dapat dimodifikasi lanjut atau diperlakukan panas lanjut.

Besi hipoeutektik memadat dengan formasi grafit langsung dari cairan dalam bentuk kish atau serpih. Karena masa jenisnya yang relatif rendah, kish cenderung untuk

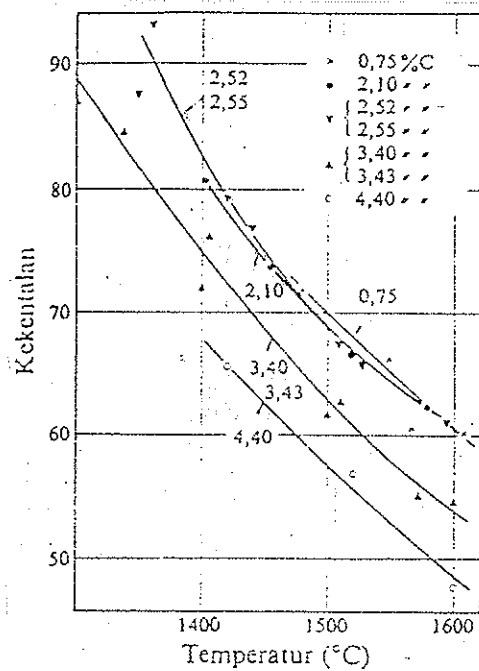
dalam mikrostruktur dengan karakteristik serpih yang panjang dan lurus. Dalam bagian yang didinginkan dengan cepat tampak seperti serpih-serpih kasar.

Austenit pada pendinginan yang melalui rentang temperatur kritis ($720-830^{\circ}\text{C}$) atau ($1328-1562^{\circ}\text{F}$) bertransformasi menjadi ferit. Ketika transformasi eutektoid menghasilkan grafit dan ferit, grafit disimpan dalam serpih-serpih grafit eutektik yang telah ada.



Gambar 2.15 Diagram Pembekuan Besi Cor
 (Tata Surdia 1976)

lambat, dengan kandungan silikon yang tinggi, kandungan karbon ekivalen yang tinggi atau dengan grafit yang didinginkan lanjut dengan baik. Formasi struktur perlitik secara lengkap mungkin terjadi dengan kecepatan pendinginan sedang atau dengan kandungan karbon ekivalen yang rendah. Pada diagram Fe-C, kalau besi cair dari hipoeutektik didinginkan akan membeku menjadi astenit primer atau grafit primer setelah sampai pada garis cair. Setelah sampai pada temperatur eutektik, fasa berupa grafit austenit mengintil dan tumbuh disekitar kristal primer. Berikut ini digambarkan hubungan naiknya kekentalan besi cair dengan komposisi cairan besi :



Gambar 2.16 Perubahan Kekentalan Besi Cor
(Tata Surdia, 1976)

Pada saat ini grafit tumbuh ke segala arah dengan menyentuh cairan, dan membentuk cabang-cabang sesuai dengan laju pertumbuhannya dan sebagai akibatnya akan terbentuk kumpulan eutektik yang hampir menyerupai bola yang dinamakan sel

II.4 PULLEY

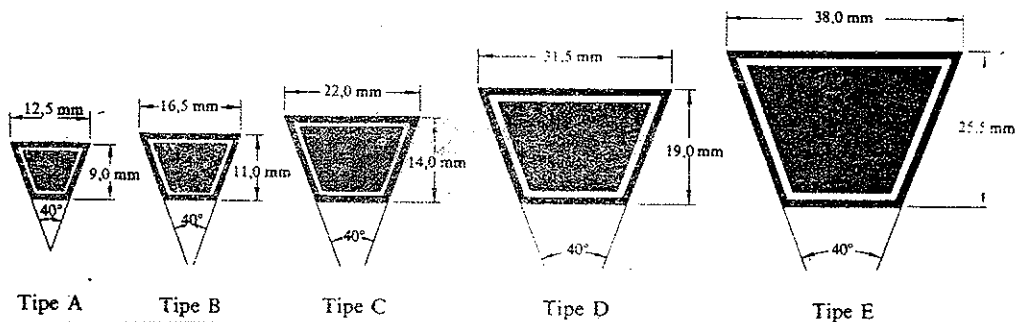
Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Produk PULLEY Produksi PT Baja Kurnia dan PT Yanmar Cahya Kusuma, Prof. Kusmono, ST., MT.

Universitas Gadjah Mada, 2003 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

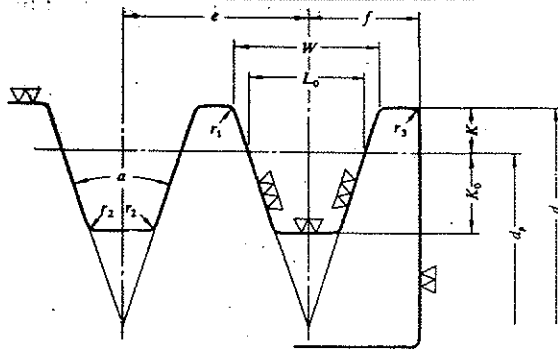
UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Jarak yang jauh antara dua buah poros sering tidak memungkinkan transmisi langsung dengan roda gigi. Dalam hal demikian, cara transmisi putaran atau daya lain diterapkan, dimana sebuah sabuk luwes dibelitkan sekeliling pulley.

Transmisi dengan elemen mesin yang luwes dapat digolongkan atas transmisi sabuk, transmisi rantai, transmisi kabel atau transmisi tali. Dari macam-macam transmisi tersebut, kabel atau tali hanya dipakai untuk maksud khusus. Transmisi sabuk dapat dibedakan atas tiga kelompok. Dalam kelompok pertama, sabuk rata dipasang pada pulley silinder dengan meneruskan momen antara dua poros yang jaraknya dapat sampai 10 meter dengan perbandingan 1/1 sampai 6/1. Dalam kelompok kedua, sabuk dengan penampang trapesium dipasang pada pulley dengan alur dan meneruskan momen antara dua poros yang jaraknya dapat sampai 5 meter. Dengan perbandingan 1/1 sampai 7/1. Kelompok terakhir terdiri atas sabuk dengan gigi yang digerekkan dengan sproket pada jarak pusat mencapai 2 meter dan meneruskan putaran secara tepat dengan perbandingan antara 1/1 sampai 1/6. Gambar dibawa adalah ukuran penampang sabuk-V dan profil alur pulley



Gambar 2.18 Ukuran penampang sabuk-V
(Sularso,1978)



Gambar 2.19 Profil Alur Pulley
(Sularso,1978)

Sebagian besar transmisi pulley menggunakan sabuk-V karena mudah penanganannya dan murah harganya. Kecepatan sabuk direncanakan untuk 10 sampai 20 (m/s) pada umumnya, dan maksimum sampai 25 (m/s). Daya maksimum yang dapat ditransmisikan kurang lebih sampai 500 KW. Kelebihan yang lain dibandingkan dengan transmisi roda gigi atau rantai sabuk-V bekerja lebih halus dan tidak bersuara. Akan tetapi kelemahan transmisi pulley dengan sabuk tidak dapat meneruskan putaran dengan perbandingan yang tepat.

Tabel 2.4 (Sularso,1978) menunjukkan nomor-nomor nominal dari sabuk standar utama :

Penampang sabuk-V	Diameter nominal (diameter lingkaran jarak bagi d_p)	$\alpha(^{\circ})$	W^*	L_0	K	K_0	e	f
A	71 - 100	34	11,95	9,2	4,5	8,0	15,0	10,0
	101 - 125	36	12,12					
	126 atau lebih	38	12,30					
B	125 - 160	34	15,86	12,5	5,5	9,5	19,0	12,5
	161 - 200	36	16,07					
	201 atau lebih	38	16,29					
C	200 - 250	34	21,18	16,9	7,0	12,0	25,5	17,0
	251 - 315	36	21,45					
	316 atau lebih	38	21,72					
D	355 - 450	36	30,77	24,6	9,5	15,5	37,0	24,0
	451 atau lebih	38	31,14					
E	500 - 630	36	36,95	28,7	12,7	19,3	44,5	29,0
	631 atau lebih	38	37,45					

* Harga-harga dalam kolom W menyatakan ukuran standar.



Untuk memelihara umur pulley, dapat dipakai beberapa sabuk-V yang dipasang sebelah-menyebelah. Jarak sumbu poros harus sebesar 1,5 sampai 2 kali diameter pulley besar.

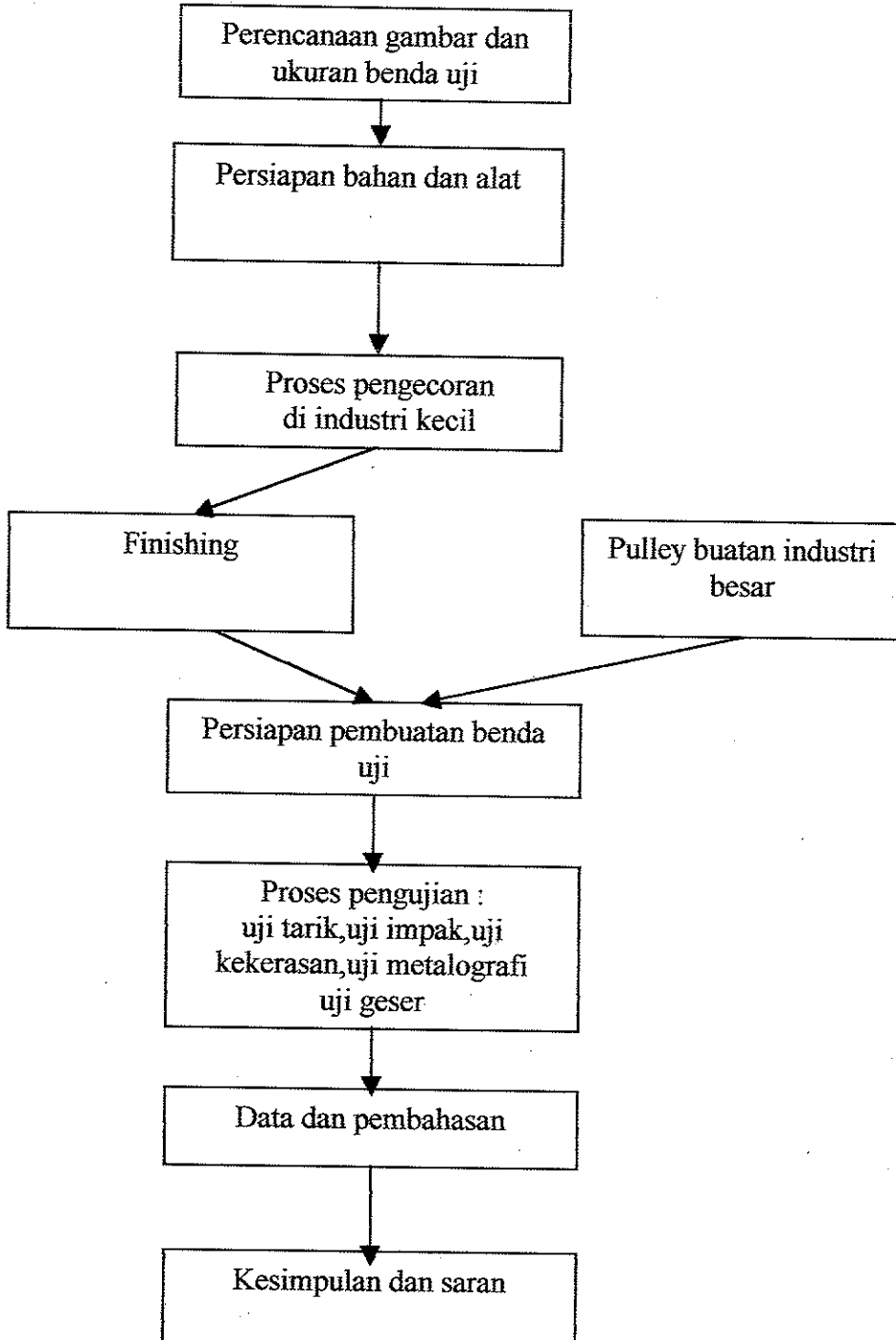
Bahan yang sering dipakai pada sabuk adalah karet alam atau sintetis, tetapi sekarang banyak dipakai karet neopren dan sebagai intinya adalah rayon yang kuat. Sedangkan bahan untuk pulley umumnya adalah besi cor kelabu FC20 atau FC30.

Untuk pulley yang kecil dipakai konstruksi plat karena lebih murah.



PELAKSANAAN PENGUJIAN

III.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



III.2.1 PEMBUATAN POLA

Pola merupakan bentuk tiruan dari benda kerja yang akan dibuat, yang akan digunakan untuk membuat rongga cetakan. Ukuran dari pola merupakan ukuran nyata dari benda kerja setelah ditambahkan toleransi yang dimaksudkan sebagai tambahan untuk penyusutan dan pengerjaan mesin/*machining*.

Pola digolongkan menjadi pola logam dan pola kayu (termasuk pola plastik). Keuntungan penggunaan pola kayu adalah murah, cepat dibuatnya dan mudah diolahnya dibanding dengan pola logam. Pola logam dipergunakan agar dapat menjaga ketelitian dan ukuran benda coran terutama dalam masa produksi, sehingga unsur pola lebih lama dan produktivitas lebih tinggi. Pola dari alumunium lebih mahal harganya, tetapi hasil coran lebih baik. Sehingga untuk pulley di PT Baja Kurnia digunakan pola dari logam aluminium.



Gambar 3.1 Pola, Kup dan Drag



Ukuran jadi	Tabahan Penyusutan	Tambahan Permesinan	Tambahan Kemiringan	Ukuran pola
95	$\frac{8}{1000} \times 95$ =0,76	4	-	99,76
70	$\frac{8}{1000} \times 70$ =0,56	-	-	70,56
18	$\frac{8}{1000} \times 22$ =0,176	4	-	22,2
111	$\frac{8}{1000} \times 41$ =0,328	4	$\frac{1}{30} \times 4 \times 2 = 0,06$	115,4
68	$\frac{8}{1000} \times 70$ =0,56	-	$\frac{1}{30} \times 53 \times 2 = 3,53$	71,53
111	$\frac{8}{1000} \times 41$ =0,328	4	-	115,3

Bahan untuk pola harus mempunyai syarat antara lain ketebalan, kerumitan serat, cukup lunak agar mudah dibentuk, koefisien muai ruang kecil, sehingga dimensi pola tidak berubah bila terjadi perubahan suhu mendadak.



Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan pola antara lain tambahan penyusutan penyelesaian mesin, kemiringan pola, pelenturan, dan penentuan kup, drag, dan permukaan pisah.

III.2.2 PROSES PENGECORAN

III.2.2.1 Pemilihan pasir cetak

Syarat pasir cetak antara lain mempunyai sifat maupun bentuk sehingga mudah dalam pembuatan cetakan dengan kekuatan yang cocok, permeabilitas yang baik, tahan terhadap temperatur logam yang dituang dan komposisi butir yang cocok. Selain itu bahan-bahan tercampur yang mungkin menghasilkan gas atau larut dalam logam adalah tidak dikehendaki.

Pasir cetak terdiri dari suatu pasir, bahan pengikat, dan air dalam perbandingan tertentu yang dicampurkan dalam suatu mixer. Pasir cetak yang biasa dipakai adalah pasir gunung, pasir pantai, pasir sungai dan pasir silica. Beberapa dari pasir tersebut ada yang dipakai begitu saja dan ada pula yang dipakai setelah menjadi butir-butir dengan ukuran yang cocok.

Jika pasir mempunyai kadar lempung yang cocok dan bersifat adhesi, maka pasir tersebut dapat langsung dipakai, sedangkan kalau sifat adhesinya kurang perlu ditambahkan tanah liat. Salah satu pasir yang dapat langsung dipakai yaitu pasir gunung dengan kadar lempung 10%-20%. Sedangkan pasir yang sifat adhesinya lemah harus ditambahkan air secukupnya.

Untuk pasir pantai, pasir sungai dan pasir silica alam atau buatan tidak dapat melekat sendiri, maka dibutuhkan pengikat antara butir-butir dan baru dipakai setelah



organik, maka perlu dicuci terlebih dahulu. Untuk proses pengecoran pulley di PT Baja Kurnia menggunakan pasir sungai karena selain mudah didapat juga harganya murah.

III.2.2.2 Pengayakan

Salah satu yang harus diperhatikan dalam pemilihan pasir cetak adalah permeabilitas distribusi besar butir pasir. Jika permeabilitas pasir cetak kurang, maka cetakan dapat pecah pada proses penuangan logam cair, karena gas-gas yang ada dalam cetakan terjebak dan tidak dapat keluar dari dinding cetakan sehingga akan mengakibatkan cacat rongga. Hal ini akan terjadi jika butir pasirmnya terlalu halus yang akan mengakibatkan terjadinya rongga udara, sehingga pemilihan pasir cetak harus mengingat hal tersebut .

Sifat permeabilitas dari pasir cetak sangat tergantung dari porositas pasir cetak tersebut dimana porositas tergantung dari besar butir pasir itu sendiri. Dengan pengayakan maka akan didapat pasir cetak dengan distribusi besar butir yang dikehendaki sehingga jika nantinya digunakan untuk membuat cetakan maka akan dihasilkan cetakan dengan permeabilitas yang baik sehingga gas-gas yang ditimbulkan sewaktu penuangan dapat keluar secara bebas.

III.2.2.3 Pencampuran

Pasir cetak yang telah dipakai dapat digunakan lagi dengan mencampurkan pasir dengan pengikat baru setelah kotoran dibuang. Disini ayakan dapat digunakan lagi untuk mendapatkan lagi pasir cetak yaitu dengan memisahkan antara pasir cetak yang masih dapat digunakan dengan kotoran dan dengan butir pasir yang masih kasar.



bahan tambahan lainnya yang diperlukan. Proses pencampuran dilakukan sampai mendapatkan distribusi yang merata. Proses pencampuran biasanya dilakukan dengan dua cara, yaitu secara manual dan mixer. Untuk produksi pulley lebih menguntungkan dengan cara manual karena kapasitas mesin terbatas.

III.2.2.4 Cetakan

Cetakan merupakan hal yang sangat vital dalam proses pengecoran. Oleh karena itu alat cetak seharusnya mampu menahan aliran logam cair pada saat pengecoran, sehingga akan menghasilkan benda coran sesuai dengan ukuran yang dikehendaki.

Cetakan yang dipakai pada PT Baja Kurnia adalah menggunakan cetakan jenis pasir dan campurannya. Secara garis besar cetakan pasir dapat dibedakan dalam dua jenis cetakan, yaitu cetakan basah dan cetakan kering. Untuk pengecoran pulley dipakai cetakan basah karena prosesnya lebih cepat.

Cetakan basah adalah cetakan yang dibuat dan dapat langsung dipakai tanpa melalui proses pengeringan terlebih dahulu, sehingga kandungan airnya tidak perlu dihilangkan. Pengaturan kandungan air dilakukan pada waktu pencampuran pasir. Cetakan basah yang sering dipakai adalah *sand system casting press*. Pasir yang digunakan pada cetakan basah adalah pasir alam. Pada umumnya dipakai untuk produksi massal dimana membutuhkan kecepatan produksi yang tinggi dan juga pembuatan yang mudah.



- a. Pola cetakan diletakkan pada lantai dengan pasir tersebar merata kemudian pola dan rangka cetakan untuk drag diletakkan diatas papan cetakan. Setelah itu ditaburi grafit dengan tujuan agar pola dan pasir nantinya tidak melakat sewaktu dilakukan penarikan pola.
- b. Pasir cetak diatasnya dipadatkan dengan penumbuk. Kemudian pasir yang tertumbuk melewati tepi atas dari cetakan diratakan dan kemudian cetakan diangkat bersama pola dari papan cetakan.
- c. Cetakan dibalik dan diletakkan pada papan cetakan, kemudian setengah pola lainnya bersama-sama rangka cetakan dipasang diatasnya, kemudian grafit ditaburkan dipermukaan pisah dan permukaan pola.
- d. Batang saluran turun atau pola untuk penambah dipasang, kemudian pasir muka dan pasir cetak dimasukkan kedalam cetakan dan dipadatkan. Lalu kup dipisahkan dari drag dan diletakkan mendatar pada papan cetakan.
- e. Pengalir dan saluran turun dibuat dengan menggunakan spatula. Pola untuk pengalir dan saluran turun dipasang sebelumnya yang bersentuhan dengan pola utama, jadi tidak perlu dibuat dengan spatula. Pola diambil dari cetakan dengan hati-hati, kemudian kup dan drag ditutup.

Bahan yang dipakai untuk membuat cetakan basah adalah pasir alam yang diambil dari sungai disekitar Batur yang berasal dari gunung Merapi. Cetakan basah ini banyak digunakan karena persiapan pasir yang murah, harga bahan cetak ini murah karena tanpa penambahan bahan yang relatif mahal, dapat digunakan berulang-ulang dan mudah dalam pembongkaran.



ditaburkan atau dicat dengan kuas pada permukaan cetakan basah. Cara pelapisannya dalam hal ini penaburan, bubuk yang dimasukkan dalam kantong kain katun ditaburkan pada permukaan bidang cetakan yang tegak. Apabila dilakukan dalam hal pengecatan, bubuk pada ujung kuas dicat pada permukaan tegak dari bawah ke atas. Apabila bubuk cenderung untuk menumpuk di dasar rongga, maka harus ditiup keluar.

III.2.2.5 Pembuatan Sistem Saluran

Sistem saluran adalah jalan masuk bagi cairan logam yang dituangkan kedalam rongga cetakan. Tiap bagian dari sistem saluran diberi nama yaitu cawan tuang, saluran turun, pengalir dan saluran masuk. Cawan tuang adalah penerima yang menerima cairan logam dari ladle. Saluran turun adalah saluran pertama yang membawa cairan logam dari cawan tuang kedalam pengalir dan saluran masuk. Pengalir adalah saluran yang membawa logam cair dari saluran turun ke bagian-bagian yang cocok pada cetakan. Saluran masuk adalah saluran yang mengisi logam cair dari pengalir kerongga cetakan.

Disamping perencanaan sistem saluran, maka dalam hal pembuatan cetakan yang harus juga diperhatikan adalah penambah. Penambah memiliki fungsi untuk menanggulangi terjadinya penyusutan logam cair pada saat pembekuan. Untuk produk pulley penambah tidak dipisah melainkan disatukan dengan pola sehingga ukuran tambahan permesinan sekaligus berfungsi sebagai penambah. Sehingga untuk benda coran seperti diatas sistem saluran yang diperlukan adalah saluran turun dan penambah.

Penghitungan volume benda dilakukan dengan cara pulley yang telah difinishing kemudian diberi tambahan lilin sehingga ukurannya sesuai dengan ukuran pola, setelah itu pulley tersebut dimasukkan dalam ember plastik dengan jari-jari 22,3mm yang airnya penuh, sehingga air akan tumpah. Air yang tumpah ditampung didalam ember yang lain yang telah diukur diameternya. Karena volume air sama dengan volume pulley maka volume pulley dapat dicari.

Dari hasil penghitungan ini didapat tinggi air 14,2 mm sehingga volume benda adalah $555555,6 \text{ mm}^3$ atau $555,556 \text{ cm}^3$

(Penyusutan benda coran 2 %)

Menghitung ukuran saluran masuk

Berat jenis (γ) besi cor adalah $7,2 \text{ Kg/dm}^3$ (Tata Surdia, 1975)

$$\text{Berat} = V \times \gamma$$

$$= 555,556 \text{ cm}^3 \times 7,2 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 3996 \text{ gr}$$

$$= 3,996 \text{ Kg}$$

Menghitung saluran masuk

Berat coran 4 Kg maka waktu tuang adalah 11 detik (Tata Surdia, 1975)

$$v = C \sqrt{2gh}$$

$$= \sqrt{2(980 \text{ cm/dt}^2)(11 \text{ cm})}$$

$$= 146,833 \text{ cm/dt}$$

$$\frac{W}{T\gamma} = v \cdot a$$

$$50,455 \text{ cm}^3 \text{ dt}^{-1} = 146,8 \text{ cm}^3 / \text{dt} \cdot a$$

$$a = 0,3437 \text{ cm}^2$$

$$= 34,39 \text{ mm}^2$$

Menghitung volume penambah

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan coran} &= \frac{2}{100} \times 555,556 \text{ cm}^3 \\ &= 11,112 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume penambah} &= \frac{100}{33} \times 11,112 \text{ cm}^3 \\ &= 33,673 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Penambah tidak dipisah tetapi disatukan dengan pola.

Tabel 3.2 Koefisien Penyusutan Penambah Untuk Bahan Besi Cor (Tata Surdia,1975)

Kekuatan tarik (Kgf/mm ²)	Penyusutan (%)
>35	5
>30	3
>25	2
>20	0 - 1



III.2.2.6.1 Operasi Peleburan

Sebelum operasi peleburan dimulai, perlu dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran sisa pemakaian lalu. Pertama pintu dasarnya dibuka, kemudian tempat yang terkena erosi diperbaiki setelah bagian dalam dari kupola menjadi dingin. Kerak, Kokas, dan Besi yang melekat pada dinding didaerah lebur dibuang dengan pahat atau palu pneumatik sehingga batu api asli terlihat. Lapisan diperbaiki dengan batu tahan api. bahan penambah tergantung pada besarnya erosi sampai seukuran semula. Setelah itu, pintu dasarnya ditutup dan pasir cetak ditaburkan di atasnya setebal 30-50 mm, kemudian pasir dasar ditaburkan di atasnya lalu dipadatkan. Dasae dibuat miring kearah lubang cerat dengan kemiringan 0,5-0,01. kemiringan memberikan hasil baik pada pengeluaran cairan.

Bahan-bahan yang perlu dipersiapkan sebelum proses peleburan dimulai, antara lain adalah bahan baku, bahan bakar, dan bahan tambahan. Bahan baku yang perlukan adalah paduan besi, sekrap baja, paduan besi, dan sekrap balik.

Jumlah yang umum dari besi kasar 20 – 30% dari bahan baku sedangkan skrap baja 30-40% dari bahan baku logam. Ukuran skrap baja yang sesuai dengan dapur yang ada pada PT Baja Kurnia (Diameter dapur kupolanya 0,75 – 1m) adalah skrap dengan panjang 50 -150 mm. Skrap balik, berasal dari hasil coran yang cacat, bekas penambah, bekas saluran turun, pengalir atau balik yang dibeli dari pabrik pengecoran lain. Paduan besi berfungsi untuk mengatur komposisi logam.

Bahan bakar yang digunakan PT Baja Kurnia yaitu Kokas. Keuntungan penggunaan kokas antara lain jumlahnya banyak, murah, mudah didapatkan, dan panas pembakarannya tinggi yaitu sekitar 8000 Kkal/kg. sedangkan kerugian dari penggunaan



bertambah Kokas yang baik adalah kokas yang keras, besar, dan berpori-pori. Dalam pertimbangan kualitas maka kokas yang digunakan oleh PT Baja Kurnia didatangkan dari Jepang, Cina, Taiwan, dan dari Indonesia sendiri.

Bahan tambahan pada proses pengecoran adalah batu kapur yang berfungsi antara lain untuk mengambil unsur perawatan S dari besi cair, untuk menghindari terjadinya oksidasi. Dalam proses pengecoran batu kapur tersebut akhirnya berubah menjadi kerak.

III.2.2.6.2 Pemuatan Bahan Bakar

Setelah bahan bakar dan bahan baku disiapkan, maka dapur segera diisi dengan kokas, batu gamping, bahan baku alam, kemudian kokas lagi, begitu seterusnya sampai mencapai bagian bawah pintu pengisian. Sedangkan perbandingan berat muatan logam, kokas atau batu gamping adalah sekitar 1:5:0.2 Jika perlu diberi tambahan muatan yang lain untuk mendapatkan komposisi logam yang dikehendaki.

III.2.2.6.3 Penyalaan dan Peleburan

Penyalaan dipersiapkan 3-4 jam sebelum jadwal waktu pengeluaran. Penyalaan awal dapat menggunakan kayu bakar atau menggunakan burner gas khusus untuk pembakaran. Mula-mula kokas dasar dinyalakan dengan burner gas selama 15-20 menit tanpa diberi tiupan, setelah itu baru diberi tiupan. Untuk mengetahui keadaan logam didalam dapur dilakukan pengintipan melalui lubang khusus yang dilakukan 5 menit setelah diberi tiupan.

Melalui pintu kerja, batu gamping, kokas dan bahan baku logam ditambahkan dengan komposisi yang sesuai. Setelah 20 menit dari awal peniupan bahan baku logam biasanya sudah mencair dengan suhu 1300 derajat C. Lubang terak terbuka sehingga

lubang besi cair. Setelah terak tidak mengalir lagi, lubang besi cair segera dibuka. Setelah lubang besi cair terbuka, logam cair segera ditampung dengan ladel sampai hampir penuh. Ladel yang akan digunakan dipanaskan terlebih dahulu, agar cairan logam tidak cepat dingin akibat adanya udara yang diserap oleh ladel yang dingin. Pengeluaran logam cair dilakukan secara kontinyu sehingga panas logam cair hampir sama.

III.2.2.6.4 Penuangan Logam Cair

Penuangan dilakukan setelah logam mencair dan siap dituang. Penuangan dilakukan secara kontinyu dan tidak terputus-putus sampai volume penuangan penuh. Jika penuangan terputus maka proses pembekuan tidak sempurna karena adanya perbedaan suhu pada logam cair, hal ini akan mengakibatkan terjadinya cacat rongga penyusutan, retakan dan sebagainya.

III.2.2.7 Pendinginan dan Pembekuan

Lama pembekuan sangat tergantung pada besar kecil atau tebal tipis logam, semakin kecil atau tipis maka pembekuan akan semakin cepat. Disamping itu pembekuan dipengaruhi oleh suhu tinggi logam cair yang dituangkan semakin tinggi pembekuan akan semakin lama. Bagian luar dari benda coran akan mengalami pembekuan pertama, selanjutnya semakin kedalam. Dengan penuangan yang tidak terputus diharapkan suhu logam cair hampir sama pada setiap bagian, sehingga pembekuannya hampir sama di setiap bagian. Hal ini merupakan salah satu untuk menghindari cacat pada coran.

Setelah logam cair mengalami pendinginan dan pembekuan, kemudian dilakukan pembongkaran. Ketika dilakukan pembongkaran, didalam benda coran masih terdapat system saluran, sirip-sirip dan pasir cetak yang melekat, sehingga memerlukan proses pengerjaan akhir. Proses pengerjaan akhir di PT Baja Kurnia pada prinsipnya dibagi menjadi bagian pada proses pembersihan, penghalusan dan perbaikan permukaan .

III.2.2.8.1 Pembersihan Pasir Cetak

Setelah pembongkaran, benda coran belum bersih dan masih banyak pasir cetak yang melekat. Untuk membersihkannya dapat digunakan alat pemukul atau pahat. Untuk produk-produk coran kecil dapat menggunakan alat dengan nama Proses Shotblasting. Sedang proses shotblasting merupakan proses benda-benda coran dimasukkan kedalam alat tersebut kemudian alat tersebut memutar benda kerja didalam (seperti digiling) dengan diberikan tiupan udara bertekanan.

III.2.2.8.2 Pemotongan Saluran Turun dan Saluran Penambah

Cara yang digunakan untuk memisahkan saluran turun dan penambah adalah dengan pematahan, pemotongan dengan gas dan pemotongan dengan busur kawat tarik.

III.2.2.8.3 Pematahan

Pematahan pada saluran turun dan penambah dilakukan dengan tangan memakai bahan bantu martil atau palu. Sedangkan pemotongan dapat dilakukan dengan gergaji maupun dengan las busur listrik. Pemotongan dengan Busur Kawat Listrik dimaksudkan untuk menghilangkan sinter pada benda cor atau lubang yang tersumbat oleh besi cor atau pasir. Pemotongan dilakukan dengan hati-hati agar busur listrik tidak mengenai dan merubah struktur dari benda cor.



Penghalusan dan perbaikan permukaan dilakukan pada proses permesinan yang meliputi penggerindaan, pembubutan dan pengeboran. Sedangkan proses yang lain tanpa proses dan pendempulan.

III.2.2.8.4.1 Proses Permesinan (*Machining*)

Dengan proses permesinan diharapkan bentuk dan ukuran coran dapat sesuai dengan ukuran yang diharapkan. Proses-proses permesinan yang terjadi antara lain penggerindaan, pembubutan, penyekrapan dan pengeboran.



Gambar 3.2 Benda uji setelah pengecatan, setelah machining dan sebelum machining



Tujuan utama pengecatan adalah untuk menghindari terjadinya korosi dan agar hasil coran tampak seragam dan baik. Pengecatan dilakukan secara manual dengan cat khusus tahan karat. Pengeringan dilakukan diudara terbuka secara perlahan-lahan .

III.3 PELAKSANAAN PENGUJIAN

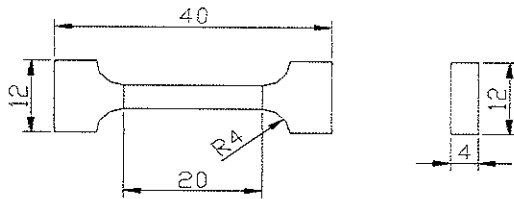
III.3.1 Pengujian Tarik

III.3.1.1 Tujuan Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan maksud untuk menentukan kuat tarik.

III.3.1.2 Penyiapan Benda Uji

Jumlah spesimen yang diuji ada 6 buah yang terdiri dari 3 spesimen dari pulley produksi PT Baja Kurnia dan 3 spesimen dari pulley produksi PT Yanmar. Untuk kebanyakan bahan coran penuangan, ukuran benda uji setelah dicor dan setelah mengalami pengerjaan mesin biasanya distandarkan. Tetapi pada kasus ini mengingat benda yang diteliti telah memiliki ukuran yang tetap, dan tidak memungkinkan untuk memenuhi ukuran standar JIS maka ukuran benda uji dibuat hanya dengan ukuran mendekati dari ukuran standar JIS.



Gambar 3.3. Benda Uji Tarik

III.3.1.3 Pelaksanaan Pengujian Tarik

Pengujian tarik ini menggunakan mesin *Servopulser* merk *Shimatsu* type EHF-EB20 dengan pembebanan pada kapasitas 20 ton dan pada *load range* 10%. Keuntungan penggunaan mesin ini adalah bisa membuat grafik dalam hubungan persen pertambahan panjang dan persen pertambahan beban sehingga mempermudah dalam proses penghitungan. Setelah benda uji dipasang pada cekam, beban mulai dinaikkan dengan perlahan hingga benda uji patah. Dari pengujian tarik ini didapatkan harga kekuatan tarik yaitu tegangan yang didapat dari beban maksimum dibagi oleh luas penampang semula dari benda uji. Variabel ini dinyatakan dalam satuan kg/mm^2 .

Rumus yang digunakan dalam perhitungan kekuatan tarik diatas diatas adalah:

Kekuatan tarik :

$$(\sigma) = \frac{F_{maks}}{S_0} (\text{kg/mm}^2)$$

Dimana:

F_{mak} = beban maksimum (kg/mm^2)

S_0 = luas penampang mula-mula (mm^2)

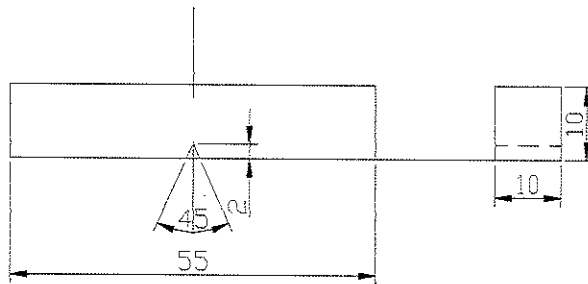
Hasil pengujian tarik ini dicatat dan dimuat dalam bab Data dan Pembahasan.

III.3.2.1 Tujuan pengujian

Tujuan pengujian impak ini adalah untuk mengetahui harga keuletan logam terhadap beban dinamik(benturan).

III.3.2.2 Penyiapan Benda Uji

Jumlah spesimen yang diuji ada 6 buah yang terdiri dari 3 spesimen dari pulley produksi PT Baja Kurnia dan 3 spesimen dari pulley produksi PT Yanmar. Benda uji harus mempunyai bentuk sesuai dengan ukuran-ukuran yang dinormalisasi sebagai berikut:



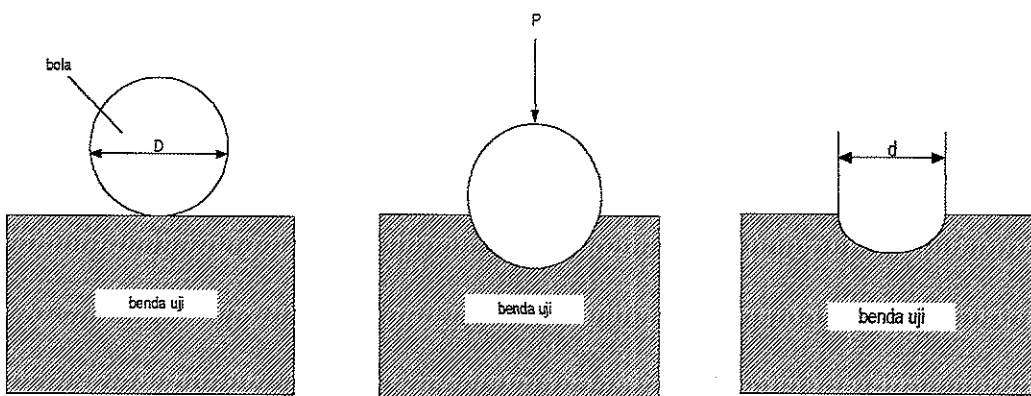
Gambar 3.4. Batang Uji Pengujian Impak
(JIS Handbook,1981)

Pengujian ini menggunakan mesin uji impak atau biasa disebut palu pukulan takik (charpy). Pada uji ini, palu charpy diangkat sampai kedudukan awal sesuai dengan sudut ketinggian yang tercantum pada alat tersebut. Dan hasilnya berupa tenaga patah dapat dilihat langsung pada alat uji tersebut. Tenaga patah ini dibagi dengan luas batang dibawah takikan sehingga diperoleh Harga Ketangguhan.

III.3.3 Pengujian Kekerasan Brinell

III.3.3.1 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian kekerasan brinell secara umum adalah nilai *Hardness Brinell* (H_B) atau harga kekerasan dari besi cor Prinsip dasar dari pengujian Brinell adalah permukaan benda uji ditekan dengan penetrator yang berupa bola (bola Brinell) yang terbuat dari baja chrom yang telah disepuh ke permukaan benda uji tanpa sentakan. Kekerasan ini disebut “Kekerasan Brinell“ yang disingkat dengan HB atau BHN (*Brinell Hardness Number*). Skema pengujian kekerasan Brinell dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.5. Skema prinsip pengujian kekerasan Brinell



Setelah itu nilai kekerasan Brinell dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

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

Dimana:

P = gaya yang bekerja pada penetrator (kg)

D = diameter penetrator bola (mm)

d = diameter bekas injakan/lekukan (mm)

Bola Brinell tidak boleh terdeformasi saat pengujian benda uji. Bola Brinell mempunyai standard dengan diameter (D) sama dengan 10 mm (0,3937 in) dengan penyimpangan maksimal saat beban tekan bekerja sebesar 0,005 mm (0,0002 in). Selain bola ini, masih ada bola lain dengan diameter 0,65 mm; 1 mm; 1,25 mm; 2 mm; 2,5 mm dan 5 mm. Untuk diameter bola 1 sampai 3 mm, penyimpangan maksimal 0,0035 mm. Bola berdiameter 3 sampai 6 mm, penyimpangan maksimal adalah 0,004 mm dan diameter antara 6 sampai 10 mm, penyimpangan dibatasi sampai 0,005 mm.

Tabel 3.3 Perbandingan diameter penetrator dan tebal benda uji (T. Surdia, 1978)

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



Tabel 3.4 Penggolongan material berdasarkan kekerasan Brinell

(T. Surdia, 1978)

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

Tabel 3.5 Perbandingan pembebanan untuk pengujian Brinell

(T. Surdia, 1978)

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

III.3.3.2 Penyiapan Benda Uji

Benda uji kekerasan harus mempunyai permukaan yang rata dan sejajar di kedua sisinya, agar bekas penetrator tidak miring. Jumlah spesimen yang diuji ada 4 buah yang terdiri dari 3 spesimen dari pulley produksi PT Baja Kurnia dan 2 spesimen dari pulley produksi PT Yanmar.

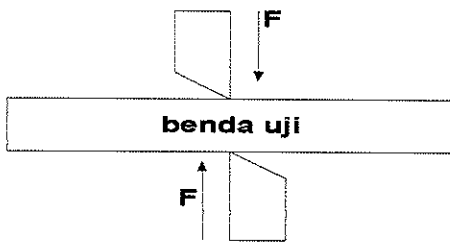
1840N (187, 75 Kg). Dari setiap produk diambil dua buah benda uji (*spacing*). Setelah penetrator yang sesuai dipasang maka benda uji diletakkan pada anvil diputar sehingga anvil bergerak keatas sampai menyentuh penetrator hingga jarum kecil menyentuh angka tiga dititik merah dan jarum panjang berhenti pada skala nol. Tekan tombol perlahan-lahan selama 1 detik. Setelah jarum bergerak dan berhenti turunkan anvil dan bawa benda uji kemikroskop untuk diukur panjang diagonal bekas injakannya.

III.3.4 Pengujian Kekuatan Geser

III.3.4.1 Tujuan Pengujian Kekuatan Geser

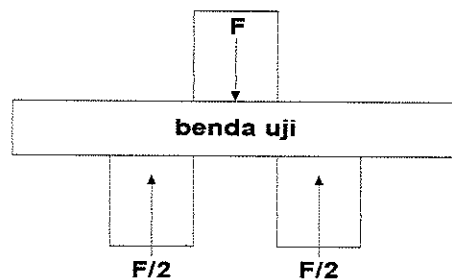
Tujuan pegujian kekuatan geser pada penelitian ini adalah mengetahui tegangan geser maksimal yang mampu ditahan logam terhadap pembebanan. Pada uji geser, benda uji mendapat pengaruh dari dua buah beban dengan arah saling berlawanan.

Pengujian geser ada 2 macam yaitu geser tunggal dan geser ganda .



Geser Tunggal

$$\tau = \frac{F}{A}$$



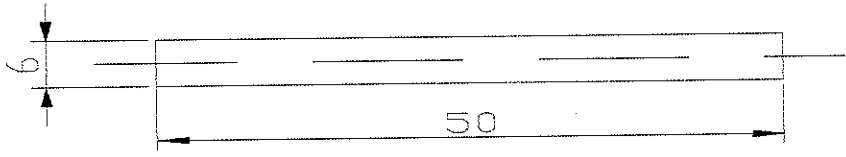
Geser Ganda

$$\tau = \frac{F}{2A}$$

Gambar 3.6. Jenis pengujian geser



Karena tidak ada ukuran benda uji yang distandarkan maka pada pengujian geser ini diambil ukuran berdasarkan kemampuan mesin uji geser seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3.7 Batang uji geser

Jumlah spesimen yang diuji ada 6buah yang terdiri dari 3 spesimen dari pulley produksi PT Baja Kurnia dan 3 spesimen dari pulley produksi PT Yanmar.

III.3.4.3 Pelaksanaan Pengujian

Pengujian ini menggunakan mesin uji geser dengan pembebanan pada skala maksimum 4000 N. Kemudian benda uji dicekam, setelah itu beban diuraikan perlahan hingga benda uji tergeser sampai patah. Beban maksimum diperoleh dari penunjukkan jarum merah pada skala. Data hasil pengujian ini diperoleh dari beban maksimum dibagi luas penampang semula dari beban uji. Variabel ini dinyatakan dalam satuan Kg/mm².

$$\text{Kekuatan Geser } (\tau) = \frac{F}{A} \text{ (kg / mm}^2\text{)}$$

$$A = \pi \cdot r^2$$

Dimana: F maks = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji (mm²)

π = 3.14

r = jari-jari (mm)

III.3.5.1 Tujuan Pengamatan

Tujuan pengamatan metalografi adalah mengungkapkan sifat-sifat logam dan paduannya berdasarkan bentuk gambar struktur mikronya, untuk mengetahui proses perlakuan apa yang telah dialami suatu logam dan paduannya serta untuk mengungkapkan sebab-sebab terjadinya penyimpangan struktur bahan logam atau jenis cacat logam lain seperti keretakan, korosi dan sebagainya.

III.3.5.2 Penyiapan Benda Uji

Penyiapan benda uji metalografi meliputi pemilihan sampel, pemotongan bahan, penghalusan permukaan, dan pengetsaan. Jumlah spesimen yang diuji ada 6(enam) buah yang terdiri dari 3 (tiga) spesimen dari pulley produksi PT Baja Kurnia dan 3 (tiga) spesimen dari pulley produksi PT Yanmar. Benda yang akan diuji dipotong dan kemudian dikerjakan dengan kikir sehingga permukaan atas dan bawah sejajar setelah itu digosok dengan ampelas mulai dari yang kasar sampai yang halus dan cuci dengan aquades dan dilap sampai kering kemudian benda uji dipoles dengan kain halus dan zat pengabrasi ukuran halus antara 5 – 0,3 mikron. Zat yang digunakan dalam penghalusan ini adalah *autosol*. Pemolesan dilakukan sampai permukaan benda uji terbebas dari goresan-goresan sisa-sisa pengampelasan lalu dilihat dibawah mikroskop dengan pembesaran yang sesuai



(American Society for Methal,1985) :

<i>Etchant</i>	<i>Function</i>	<i>Composition</i>	<i>Application</i>
<i>Al-7</i>	<i>Macroetch</i>	<i>50 mL HCl and 50 mL H₂O</i>	<i>Dip at 70-80 °C(160-175°F)</i>
<i>Nital</i>	<i>General purpose etch for Iron and stells</i>	<i>2-10 mL HNO and 90-98 mL ethanol or Methanol</i>	<i>Swab</i>
<i>Vilele's</i>	<i>High carbon cast stells</i>	<i>5 mL HCl, 100mL ethanolor Methanol, and 1 g picrid acid</i>	<i>Swab</i>
<i>Persulfate</i>	<i>Darkens matrix to show carbides</i>	<i>10 g(NH₄)₂S₂O₈(ammonium persulfate) and 100 mL H₂O</i>	<i>Dip until matrix is darkened</i>
<i>Ferric chloride</i>	<i>Contrasts steadite: general microetchfor higher alloys</i>	<i>60 ml HCl, 20 g Fe Cl₃, and 300mL ethanol or methanol</i>	<i>Swab</i>
<i>Chromic electrolytic</i>	<i>Microstruktire of corrosion-Resistant alloys</i>	<i>10 g CrO₃ and 90 mL H₂O</i>	<i>3-5 V de</i>

Note :only reagentgrade ethanol or methanol should be used. Use of isoptopyl alcohol proses safety hazards

Untuk pengamatan benda uji pulley maka benda uji tadi dietsa dengan 5% HNO₃ lalu dimasukkan didalam alkohol untuk menetralkan bahan etsa kemudian dicuci dengan aquades dan dikeringkan dengan hair dryer kemudian diteliti dibawah mikroskop.

III.3.5.3 Pelaksanaan pengujian

Setelah benda uji dietsa, benda uji dilihat dibawah mikroskop dengan perbesaran yang sesuai untuk dilihat struktur mikronya. Struktur mikro ini kemudian dipotret untuk dianalisa lebih lanjut. Data hasil pengujian metalografi ini dicatat dan dimuat dalam bab Data dan Pembahasan.

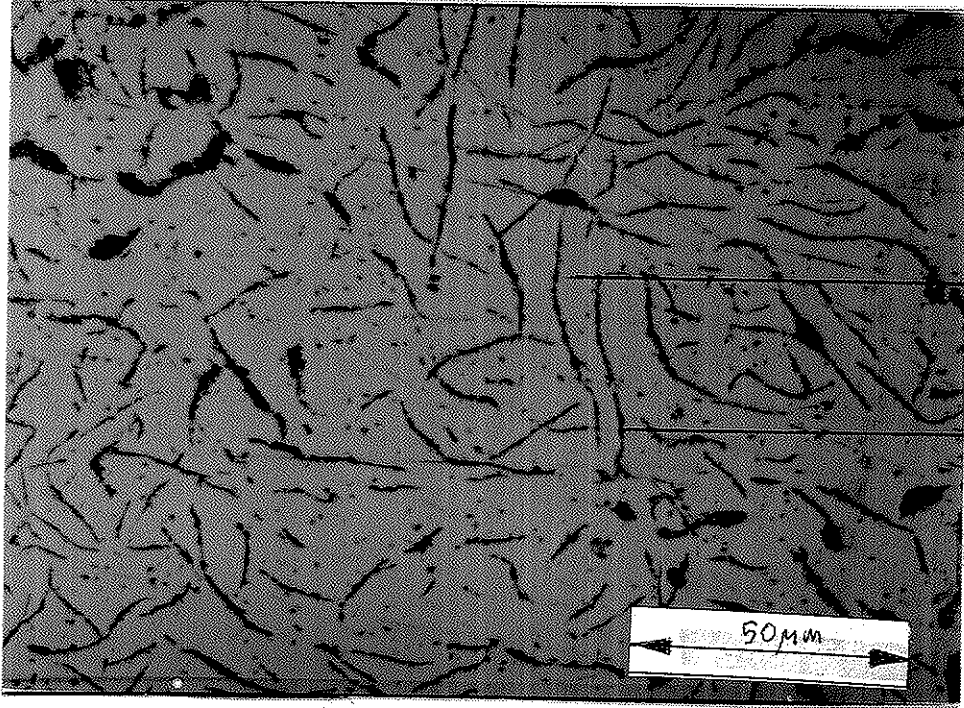
III.3.6 PENGAMATAN SECARA VISUAL

Pengamatan ini dilakukan secara kasat mata dengan cara melihat dengan teliti kemungkinan adanya cacat yang mungkin ada terutama yang dapat dilihat dengan mata biasa. Pengamatan ini dilakukan setelah benda uji dipotong-potong untuk dibuat benda uji tarik, geser, kekerasan, dampak, maupun struktur mikro.



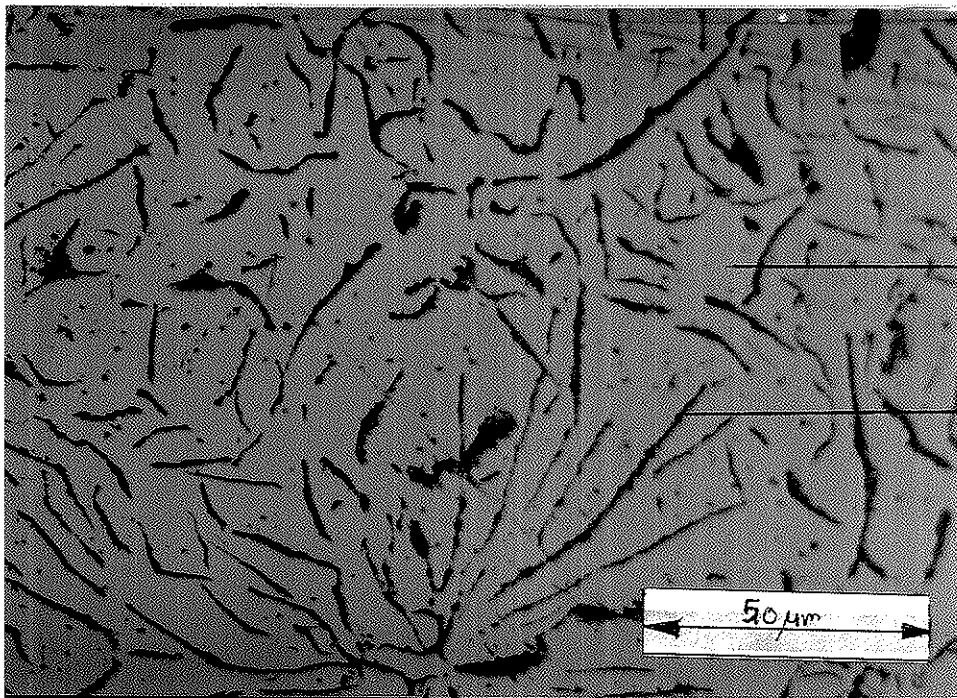
DATA DAN PEMBAHASAN

IV.I PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO



Grafit

Gambar 4.1 Struktur mikro pulley PT Baja Kurnia sebelum dietsa



Grafit

Gambar 4.2 Struktur mikro pulley PT Yanmar sebelum dietsa

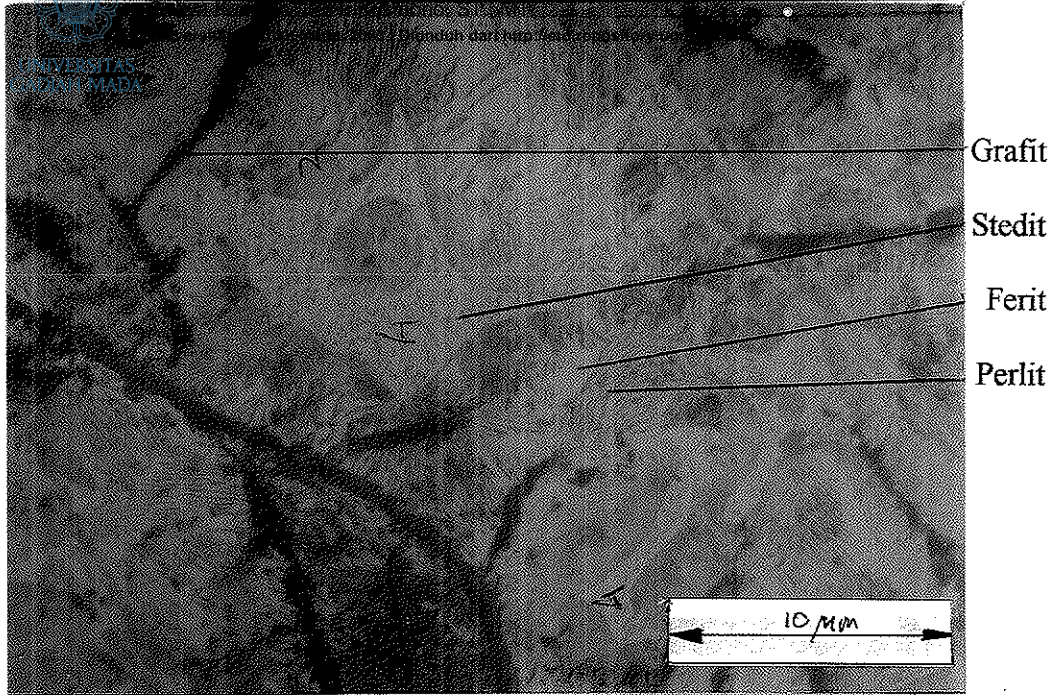


percobaan ini hanya dilakukan pada suhu kamar. Sesudah besi cor kelabu dihaluskan dengan diampas atau diautosol, besi cor kelabu tersebut dietsa dengan HNO_3 5% dan dibersihkan dengan alkohol. Dari pengamatan struktur mikro dapat disimpulkan bahwa pulley produksi PT Baja Kurnia Maupun PT Yanmar terbuat dari besi cor kelabu.

Semua besi cor kelabu mengandung serpih grafit yang tersebar dalam matriks besi. Berapa banyaknya grafit, panjang serpihnya dan bagaimana grafit tersebut tersebar secara langsung mempengaruhi sifat besi cor kelabu. Kekuatan besi cor kelabu tergantung dari matrik dimana grafit tersebut terbentuk.

Pada dasarnya kedua pulley mempunyai struktur mikro yang sama yaitu struktur perlit dengan grafit terbagi rata orientasi sembarang A. Pada pembesaran 100X terlihat bahwa grafit pada pulley PT Baja kurnia sedikit lebih banyak berbentuk grafit yang bengkok. Selanjutnya potongan-potongan grafit yang bengkok memberikan kekuatan yang tinggi pada besi cor. Untuk mendapat potongan grafit yang bengkok pengendapan kristal mula harus ditingkatkan. Besi cor dengan kandungan karbon yang tinggi sukar mempunyai potongan grafit yang bengkok disebabkan oleh sedikitnya pengendapan kristal mula. Grafit terbentuk dari karbon bebas yang tidak dapat diabsorpsi oleh ferit yang berbentuk kubus pemusatan ruang sehingga ruangan antar atom kecil. Grafit pada besi cor ini berbentuk lamel.

Untuk lebih mengetahui matriks pada pulley tersebut maka dilakukan pengamatan dengan perbesaran 500X



Gambar 4.3 Struktur mikro pulley PT Baja Kurnia sesudah dietsa



Gambar 4.4 Struktur mikro pulley PT Yanmar sesudah dietsa

yang terjadi pada kedua pulley sama yaitu matriks perlit. Untuk memastikan struktur tersebut adalah perlit maka dilakukan pengujian dengan mikrovickers dengan beban 0,1 Kgf dan ternyata menghasilkan diagonal $26\mu\text{m}$ sehingga setelah dikonversi dalam tabel didapatkan harga VHN 274. Sehingga dari pengamatan gambar dan pengujian ini dapat disimpulkan pada titik 1 tersebut adalah perlit. Kandungan perlit yang besar akan makin meningkatkan kekuatan besi cor karena partikel yang keras (sementit) akan menghambat deformasi plastik, sedangkan matriknya sendiri (Ferit) ulet dan tangguh sehingga diperlukan energi yang besar untuk menggerakkan dislokasi.

Fasa ferit terbentuk karena proses pendinginan berjalan lambat. Ferit bersifat lunak dan ulet dan berbentuk kubus pemusatan ruang. Untuk memastikan struktur tersebut adalah ferit maka dilakukan pengujian dengan mikrovickers dengan beban 0,1 Kgf dan ternyata menghasilkan diagonal $41\mu\text{m}$ sehingga setelah dikonversi dalam tabel didapatkan harga VHN 110. Sehingga dari pengamatan gambar dan pengujian ini dapat disimpulkan pada titik 2 tersebut adalah ferit.

Pada pengamatan pulley produksi PT Yanmar didapatkan struktur luar biasa yaitu sementit. Untuk memastikan struktur tersebut adalah sementit maka dilakukan pengujian dengan mikrovickers dengan beban 0,1 Kgf dan ternyata menghasilkan diagonal $18\mu\text{m}$ sehingga setelah dikonversi dalam tabel didapatkan harga VHN 572. Sementit keras tetapi lebih lunak daripada stedit. Sehingga dari pengamatan gambar dan pengujian ini dapat disimpulkan pada titik 3 tersebut adalah sementit.

Pada pengamatan pulley produksi PT Baja Kurnia didapatkan struktur luar biasa yaitu stedit. Untuk memastikan struktur tersebut adalah stedit maka dilakukan pengujian



sehingga setelah dikonversi dalam tabel didapatkan harga VHN 642. Sehingga dari pengamatan gambar dan pengujian ini dapat disimpulkan pada titik 4 tersebut adalah stedit. Stedit sangat keras dan titik cairnya 950°C sehingga cenderung tersisih di daerah pembekuan akhir. Dari semua pengamatan diatas dapat disimpulkan bahwa sifat fisis pulley PT Baja Kurnia sedikit lebih baik dibandingkan dengan pulley PT Yanmar.

IV.2 PENGUJIAN TARIK

Pengujian tarik adalah suatu cara untuk mengetahui kekuatan bahan. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kualitas bahan dan spesifikasi uji ini juga dipakai untuk memperkirakan komposisi unsur yang terkandung dalam logam.

Tabel 4.1 Hasil pengujian dan penghitungan pengujian tarik :

No	PT Baja Kurnia			PT Yanmar		
	Beban (kg)	Luas Penampang (mm^2)	Kekuatan Tarik (kg/mm^2)	Beban (%)	Luas Penampang (mm^2)	Kekuatan Tarik (kg/mm^2)
1	2840	15.8	17.97	2420	16.0	15.12
2	2480	16.0	15.50	1860	15.8	11.77
3	2460	16.0	15.75	3360	16.0	21.00
4	3300	16.2	20.37	2280	16.0	14.25
5	2900	16.0	18.25	2280	16.0	14.25
Nilai rata-rata			17.57	Nilai rata-rata		15.28

mengenai kekuatan bahan, hal ini dikarenakan beberapa alasan antara lain mudah dilakukan, menghasilkan tegangan yang uniform pada penampang dan kebanyakan bahan mempunyai kelemahan untuk menerima beban tegangan tarik yang uniform pada penampang. Evaluasi dibagian yang aman masih mungkin.

Dalam pengujian bahan industri, kekuatan adalah paling sering ditentukan oleh penarikan statik akan tetapi pemilihan bahan yang tepat tidak hanya ditentukan oleh pertimbangan tegangan, tetapi juga meliputi pertimbangan pembahasan defleksi permukaan yang keras, kapasitas penyerapan mulur tanpa tegangan berlebih, penyerapan energi dan sebagainya.

Dari pengujian tarik diatas dapat diketahui bahwa pulley produksi PT Baja Kurnia mempunyai kekuatan tarik rata-rata 17,57 sehingga dapat diklasifikasikan kelas FC20 untuk standar JIS, atau 12 untuk standar Great Britain dan G2500 untuk standar ASTM. Sedangkan pulley PT Yanmar mempunyai kekuatan tarik 15,28 sehingga termasuk kelas FC 15 untuk standar JIS, atau 10 untuk standar Great Britain, dan G1800 untuk standar ASTM. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa pulley produksi PT Baja Kurnia mempunyai kekuatan tarik yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan pulley produksi PT Yanmar.

Besi cor kelabu adalah lemah dan getas terhadap benturan. Terutama kandungan silisium dan fosfor yang lebih tinggi menyebabkan kekuatan bentur lebih rendah.

Tabel 4.2 Hasil pengujian dan penghitungan diperoleh data sebagai berikut :

No	PT Baja Kurnia			PT Yanmar		
	Tenaga Patah (Joule)	Luas Penampang (mm ²)	Harga Ketangguhan (J/mm ²)	Tenaga Patah (Joule)	Luas Penampang (mm ²)	Harga Ketangguhan (J/mm ²)
1	2.8	81.00	0.034	2.7	80.00	0.034
2	2.8	79.38	0.036	2.9	81.81	0.035
3	2.7	80.80	0.033	3	80.00	0.037
Nilai rata-rata			0.034	Nilai rata-rata		0.035

Pengujian impak dilakukan 3 kali dan diperoleh harga ketangguhan rata-rata untuk pulley produksi PT Baja Kurnia adalah 0.034 J/mm² sedangkan untuk PT Yanmar didapatkan 0.035 J/mm² sehingga dapat disimpulkan bahwa pulley produksi PT Yanmar lebih getas dibandingkan dengan pulley produksi PT Baja Kurnia.

Pada pengujian impak kegetasan tersebut muncul jika logam mengalami faktor-faktor tertentu, diantaranya adanya takikan-takikan pada permukaan bahan, suhu konstruksi pada waktu retak dan kecepatan dengan mana terjadinya keretakan atau perubahan bentuk. Prinsip kerja dari pengujian ini adalah dengan mematahkan batang dengan ukuran-ukuran yang dinormalisasikan

IV.4 PENGUJIAN



Prinsip dasar dari pengujian Brinell adalah permukaan benda uji ditekan dengan penetrator yang berupa bola (bola Brinell) yang terbuat dari baja chrom yang telah disepuh ke permukaan benda uji tanpa sentakan.

Tabel 4.3 Hasil pengujian dan penghitungan pengujian kekerasan benda uji pertama :

No	PT Baja Kurnia			PT Yanmar		
	Diameter (strip)	Diameter (mm ²)	Hardness Brinell (kg/mm ²)	Diameter (strip)	Diameter (mm ²)	Hardness Brinell (kg/mm ²)
1	40.5	1.065	199.8935	39.5	1.039	211.48
2	39.5	1.039	211.4774	39.5	1.039	211.48
3	40.5	1.065	199.8935	40.5	1.065	199.89
4	40.5	1.065	199.8935	40	1.052	206.02
5	39	1.026	217.1382	40.5	1.065	199.89
6	40	1.052	206.0244	39.5	1.039	211.48
7	39	1.026	217.1382	38.5	1.013	223.02
8	39	1.026	217.1382	39	1.026	217.14
9	39	1.026	217.1382	39.5	1.039	211.48
10	38	1.000	229.1819	39.5	1.039	211.48
11	38	1.000	229.1819	39	1.026	217.14
12	38	1.000	229.1819	38.5	1.013	223.02
Nilai rata-rata			214.44	Nilai rata-rata		211.96



PT Baja Kurnia adalah 223.11 sehingga dapat dimasukkan pada kelas FC20 untuk standar JIS, atau G2500 untuk standar ASTM. Sedangkan pulley PT Yanmar mempunyai kekerasan 210.10 sehingga termasuk kelas FC 15 untuk standar JIS, atau G1800 untuk standar ASTM. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa pulley produksi PT Baja lebih keras dibandingkan dengan pulley produksi PT Yanmar.

IV.5 PENGUJIAN GESER

Pada uji geser, benda uji mendapat pengaruh dari dua buah beban dengan arah saling berlawanan. Pengujian geser ada 2 macam yaitu geser tunggal dan geser ganda . Tetapi pada pengujian ini untuk mendapatkan data yang lebih akurat dilakukan dengan pengujian geser ganda

Tabel 4.5 Hasil pengujian dan penghitungan pengujian geser :

No	PT Baja Kurnia			PT Yanmar		
	Beban Maksimum (kg)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Geser (kg/mm ²)	Beban Maksimum (kg)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Geser (kg/mm ²)
1	6682.5	56.52	118.23	6490	56.52	114.83
2	6462.5	54.66	118.23	6105	56.52	108.01
3	6765.0	56.52	119.69	6710	58.42	114.85
Nilai rata-rata			118.72	Nilai rata-rata		112.57



produksi PT Baja Kurnia adalah $17,53 \text{ Kg/mm}^2$ sedangkan untuk pulley produksi PT Yanmar adalah $16,99 \text{ Kg/mm}^2$. Sehingga dapat disimpulkan pula bahwa pulley produksi PT Baja Kurnia mempunyai kekuatan geser yang lebih tinggi dibandingkan dengan pulley produksi PT Yanmar.

V.6 PENGAMATAN SECARA VISUAL

Dari pengamatan secara visual dengan kasat mata terdapat cacat rongga udara pada bagian dalam pada pulley produksi PT Yanmar sedangkan pulley produksi PT Baja Kurnia tidak terdapat cacat rongga udara pada bagian dalam. Hasil ini diketahui ketika pulley dipotong-potong untuk dibuat benda uji.

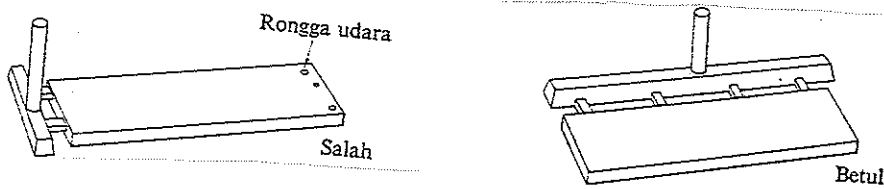
Sebab-sebab cacat rongga udara secara garis besar digolongkan menjadi dua yaitu disebabkan gas dari logam cair dan disebabkan gas dari cetakan.

Sebab utama dari cacat rongga udara adalah sebagai berikut :

- a. Logam cair yang dioksidasi
- b. Tidak cukup keringnya saluran cerat atau ladel, logam cair membawa gas
- c. Temperatur penuangan yang rendah
- d. Penuangan yang terlalu lambat
- e. Cawan tuang dan sistem saluran yang basah
- f. Permeabilitas yang kurang sempurna
- g. Cetakan yang kurang kering
- h. Terlalu banyak gas yang timbul dari cetakan
- i. Tekanan diatas terlalu rendah

logam yang bersih yaitu dengan menjaga tingginya alas kokas, dengan menghindari tiupan yang berlebihan, dengan menghilangkan kelembaban pada dasar dan dinding pada pemanasan mula dan dengan menggunakan zat penghilang oksid. Selanjutnya perlu mendapat logam cair bertemperatur tinggi dengan mengatur jumlah kokas, secara sempurna. Saluran dan ladell harus dikeringkan sampai kering sekali.

Rongga udara juga terjadi karena temperatur penuangan yang rendah. Apabila letak saluran turun tidak baik dan waktu penuangan terlalu lama, maka rongga udara mudah terjadi. Oleh karena itu perlu memasang saluran turun pada tempat yang benar dan menuangkan logam cair pada temperatur yang cocok dengan kecepatan yang cukup cepat. Gambar IV.5 dibawah memperlihatkan letak saluran turun yang salah sehingga dapat menyebabkan cacat rongga udara.



Gambar 5.5 Perubahan letak saluran turun

Rongga udara bisa disebabkan oleh permeabilitas cetakan yang tidak baik, dan oleh uap air setempat, dan oleh bahan-bahan yang membentuk gas. Oleh karena itu jumlah gas perlu diusahakan menjadi sekecil mungkin. Pada pengeluaran gas yang tidak sempurna jalan untuk gas perlu dibuat dengandengan membuat lubang angin. Kalau tinggi penuangan terlalu rendah, tekanan logam cair menjadi kecil dari pada tekana gas dalam cetakan. Oleh karena itu, tinggi penuangan yang rendah dapat menyebabkan rongga udara.



V.1 KESIMPULAN

Dari data dan perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa

1. Pulley produksi PT Baja Kurnia dan PT Yanmar dibuat dari bahan baku yang sama yaitu besi cor kelabu.
2. Berdasarkan data sifat fisik dan mekanik pengujian dapat diketahui pulley PT Baja Kurnia adalah kelas FC 20 untuk standar JIS atau 12 Untuk standar Great Britain dan G2500 untuk standar ASTM. Sedangkan pulley PT Yanmar termasuk kelas FC 15 untuk standar JIS atau 10 untuk standar Great Britain dan G1800 untuk standar ASTM.
3. Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan tegangan tarik pulley PT Baja Kurnia adalah $17,57 \text{ Kg/mm}^2$, sedangkan PT Yanmar $15,28 \text{ Kg/mm}^2$. Harga ketangguhan pulley PT Baja Kurnia adalah $0,034 \text{ J/mm}^2$ sedangkan PT Yanmar $0,035 \text{ J/mm}^2$. Kekerasan pulley PT Baja Kurnia adalah $223,11 \text{ Kg/mm}^2$ sedangkan PT Yanmar $210,60 \text{ Kg/mm}^2$. Kuat geser pulley PT Baja Kurnia adalah $118,72 \text{ Kg/mm}^2$ sedangkan PT Yanmar $112,57 \text{ Kg/mm}^2$.

Dari semua data perhitungan diatas dapat diketahui bahwa kualitas pulley PT Baja Kurnia sedikit lebih baik dibandingkan dengan kualitas pulley PT Yanmar.

V.2 SARAN

Dari data dan perhitungan diatas disarankan pulley produksi PT Baja Kurnia bisa menggantikan Pulley produksi PT Yanmar untuk dipakai di pasaran.

- American Society of Metal., 1985, Volume 9, *Metallography and Microstructures*,
- Anner S.H., 1976, *Introduction to Physical Metallurgy* second edition, Butterworths,
London.
- Charles V. White, 1985, *Handbook of Material Selection*.
- Comitte, *Handbook of Material Selection for Enggineering Application*, 1990
- Lipnitsky, *The Melting of Cast Iron and Ferrous Alloys*, Peace Publishers, Moscow
- Sularso dan Kitokatsu Suga, 1978, *Dasar-dasar Perencanaan Elemen Mesin*, Erlangga,
Jakarta.
- Surdia T dan Chijiwa K, 1976, *Teknik Pengecoran Logam*, edisi kedua, Pradnya
Paramitha.
- Team, *Buku Petunjuk Laporan Praktikum Jurusan Teknik Mesin UGM*, 1989
- Van Vlack, Lawrence H, Ny Sriati Djapri, 1985, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, edisi kelima,
Erlangga, Jakarta
- William D. Callister, Jr., 1994, *Material Science and Engineering*, Third Edition, United
States of America.
- William F. Smith 1996, *Principles of Material Science and Enggineering*, Third Edition,
MC Graw Hill.

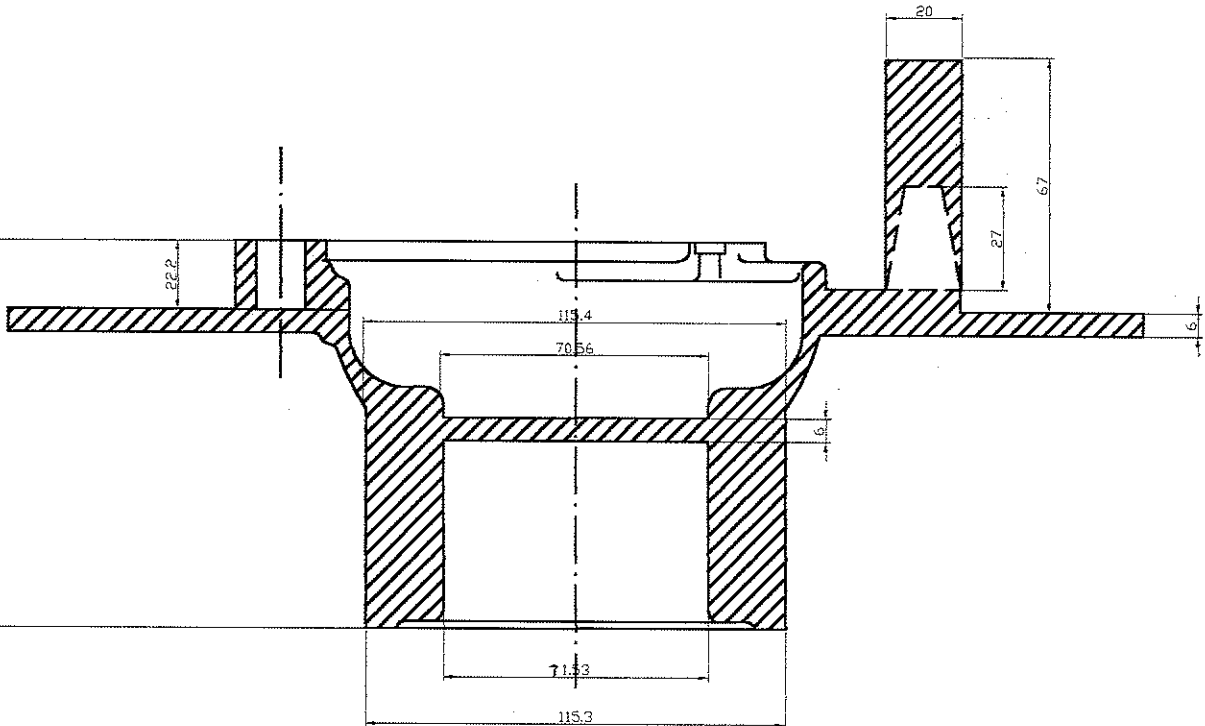
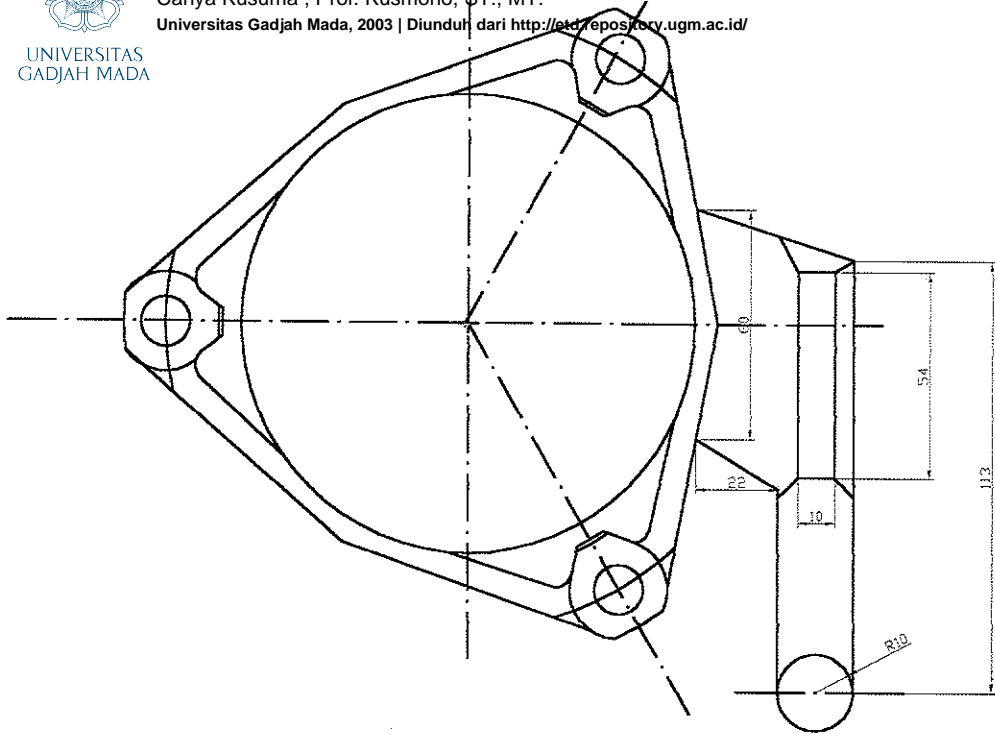


UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Produk PULLEY Produksi PT Baja Kurnia dan PT Yanmar

Cahaya Kusuma, Prof. Kusmono, ST., MT.

Universitas Gadjah Mada, 2003 | Diunduh dari <http://eprints.ugm.ac.id/>



NO.	JML.	NAMA ,BAHAN,UKURAN	KETERANGAN		
1	1	Aluminium			
Digambari: Cahaya Kusuma	Diperiksa: Kusmono,ST.MT		Tanggal: 31-7-2003	Skala: 1:2	

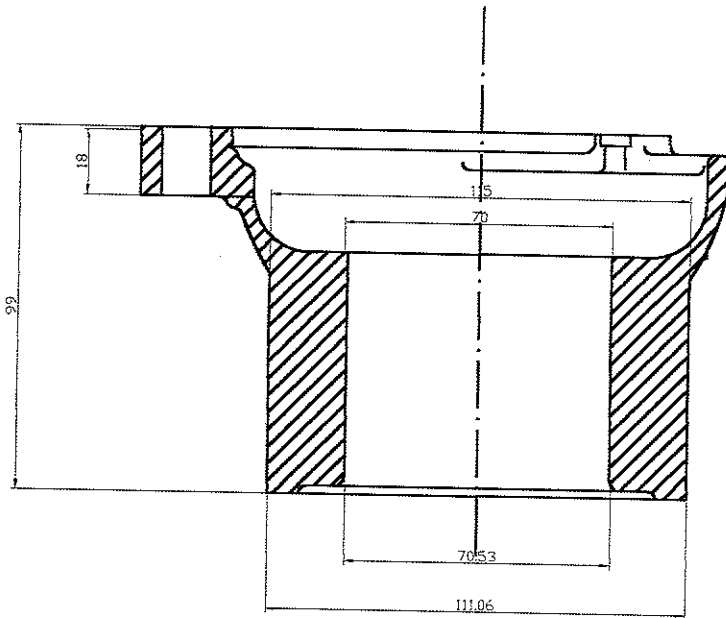
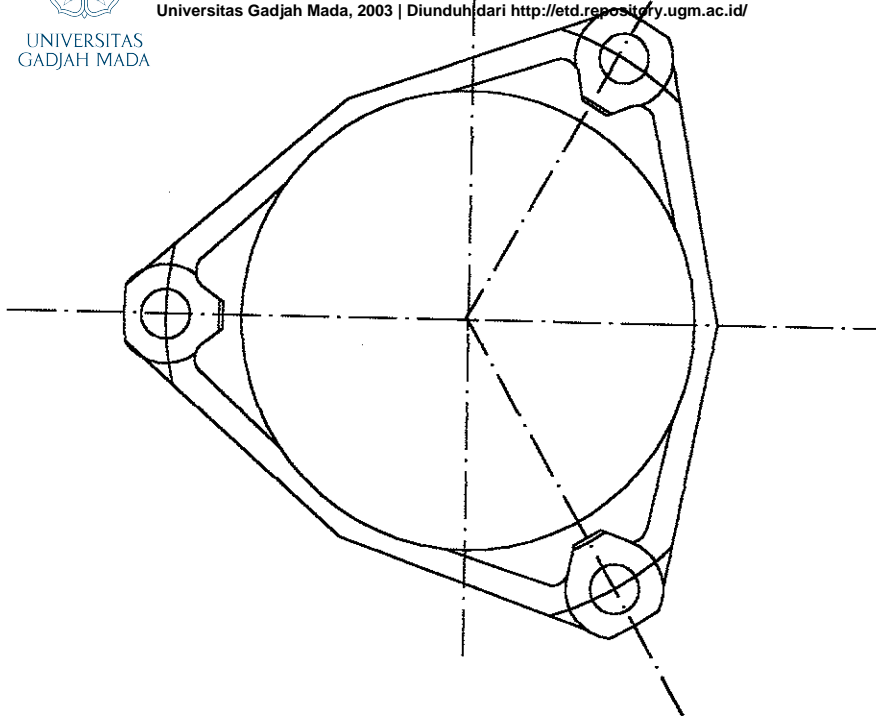


UNIVERSITAS
GADJAH MADA

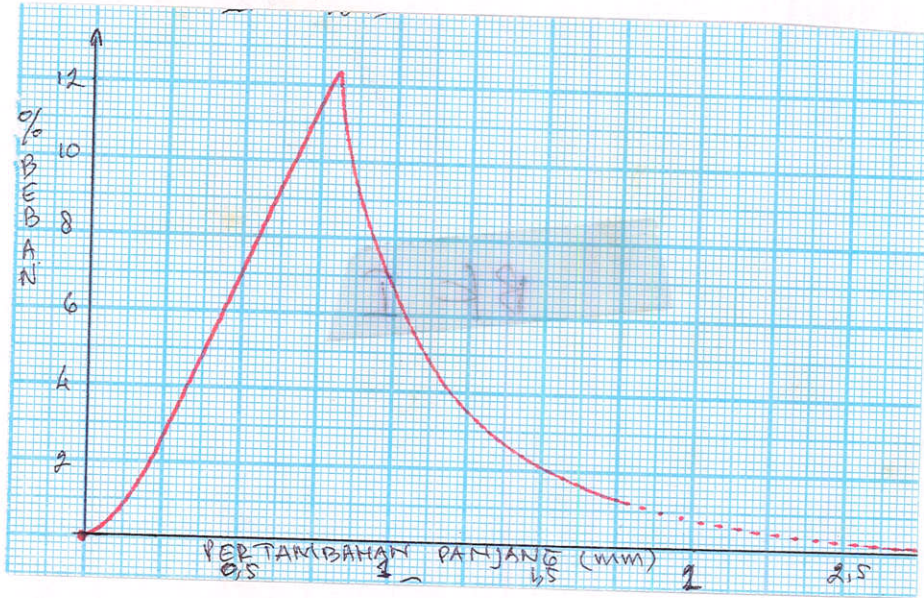
Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Produk PULLEY Produksi PT Baja Kurnia dan PT Yanmar

Cahaya Kusuma, Prof. Kusmono, ST., MT.

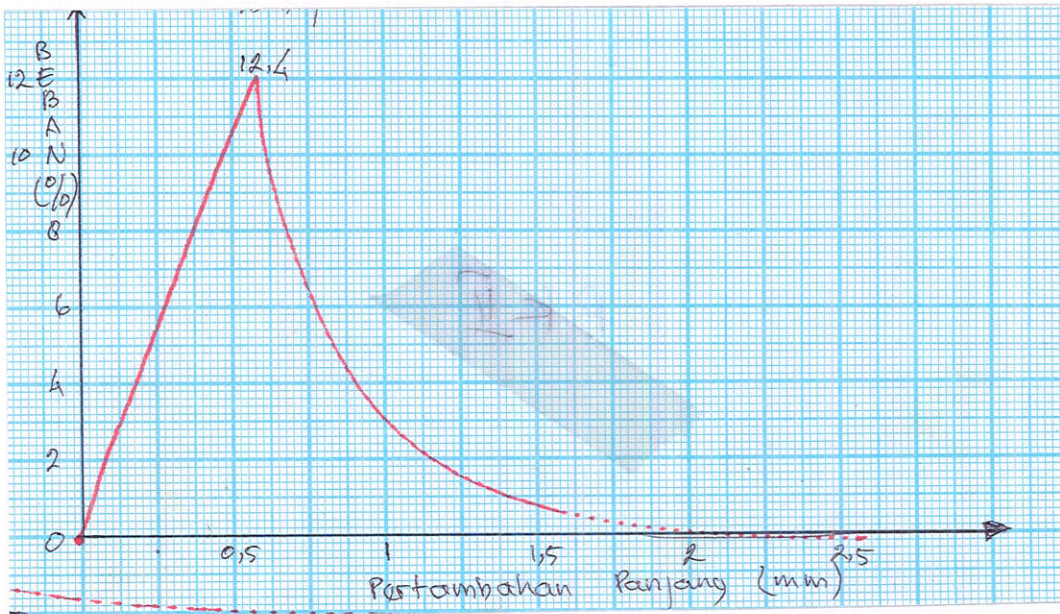
Universitas Gadjah Mada, 2003 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>



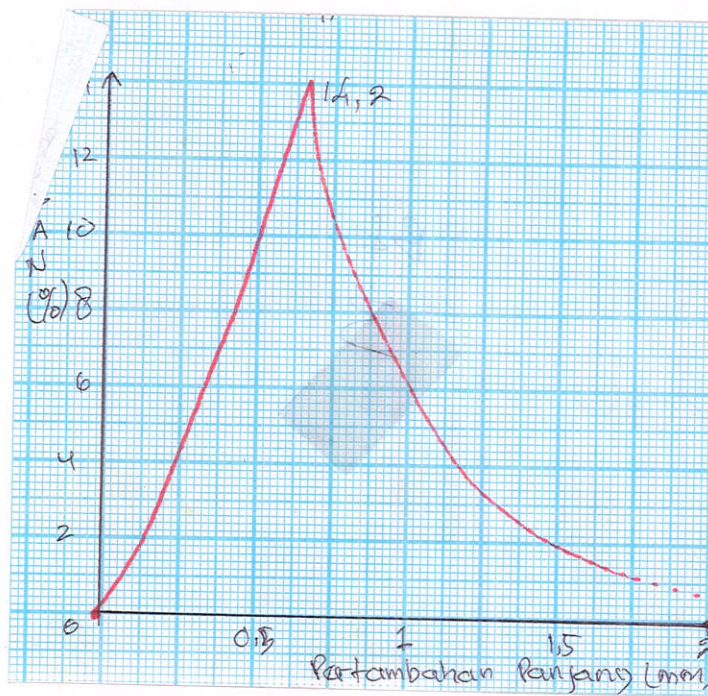
NO.	JML.	NAMA, BAHAN, UKURAN	KETERANGAN		
Digambari: Cahaya Kusuma	1	Aluminium	Diperiksa: Kusmono, ST, MT	Tanggal: 31-7-2003	Skala: 1/2



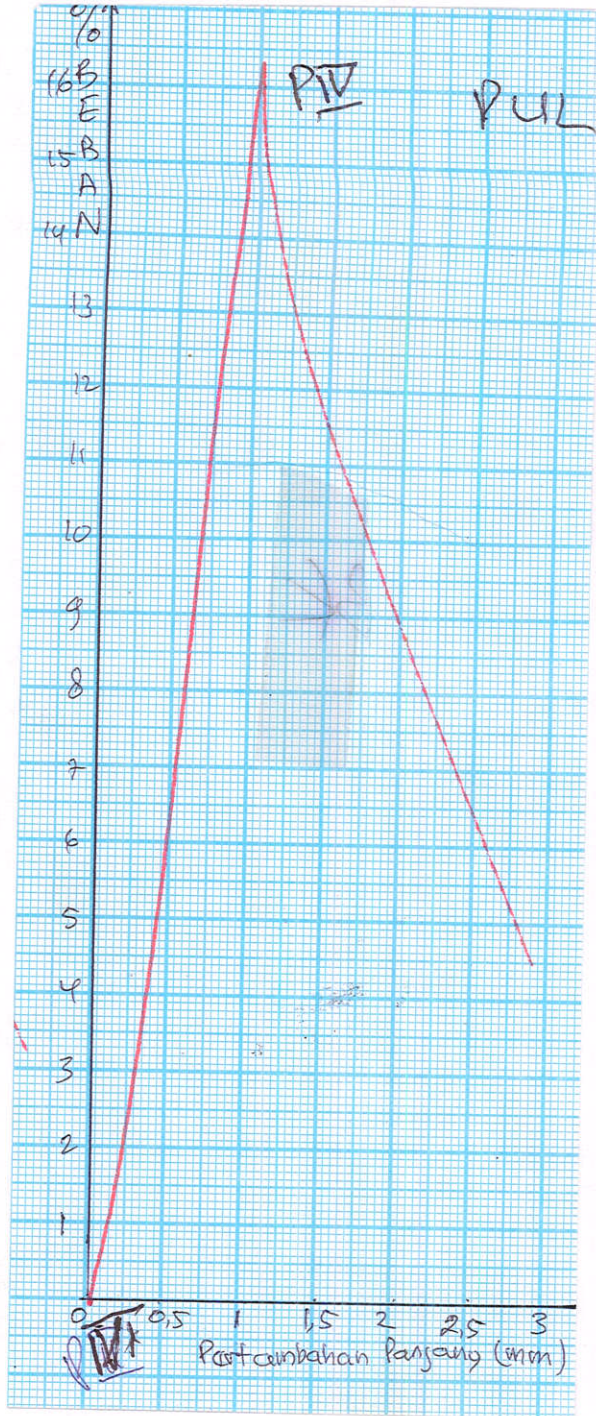
Grafik hasil pengujian tarik PT Baja Kurnia benda uji I



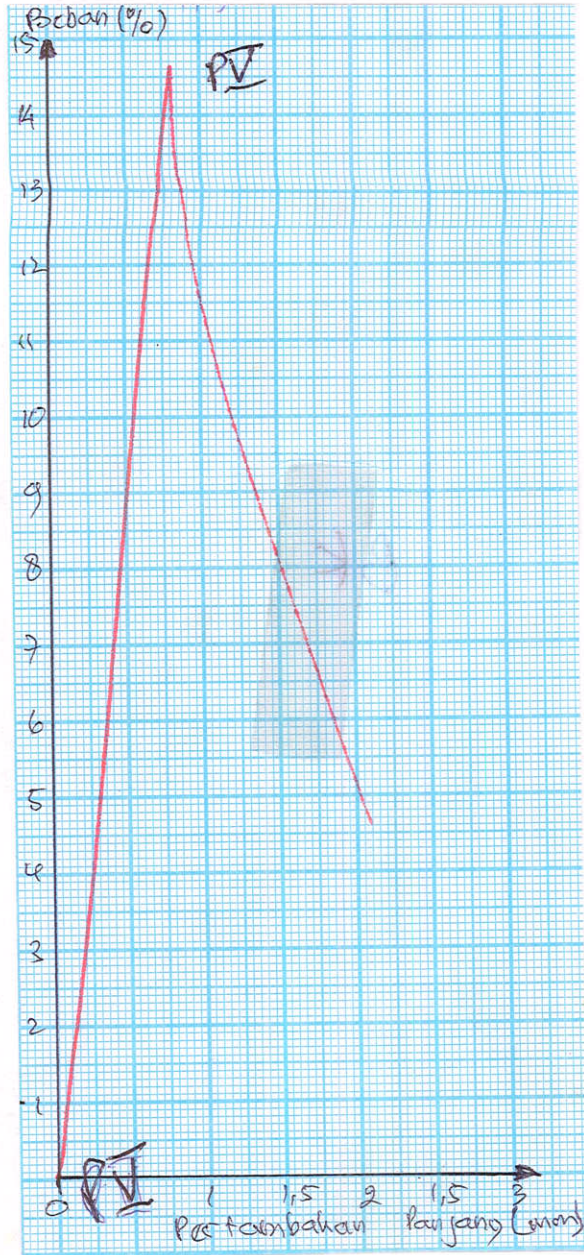
Grafik hasil pengujian tarik PT Baja Kurnia benda uji II



Grafik hasil pengujian tarik PT Baja Kurnia benda uji III



Grafik hasil pengujian tarik PT Baja Kurnia benda uji IV



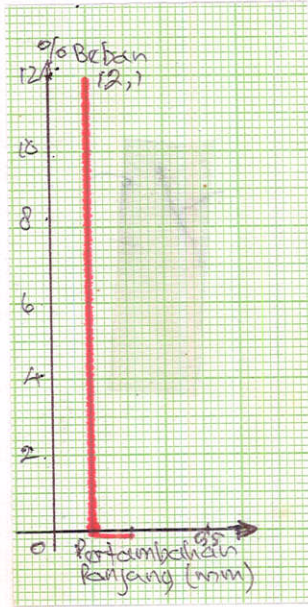
Grafik hasil pengujian tarik PT Baja Kurnia benda uji V



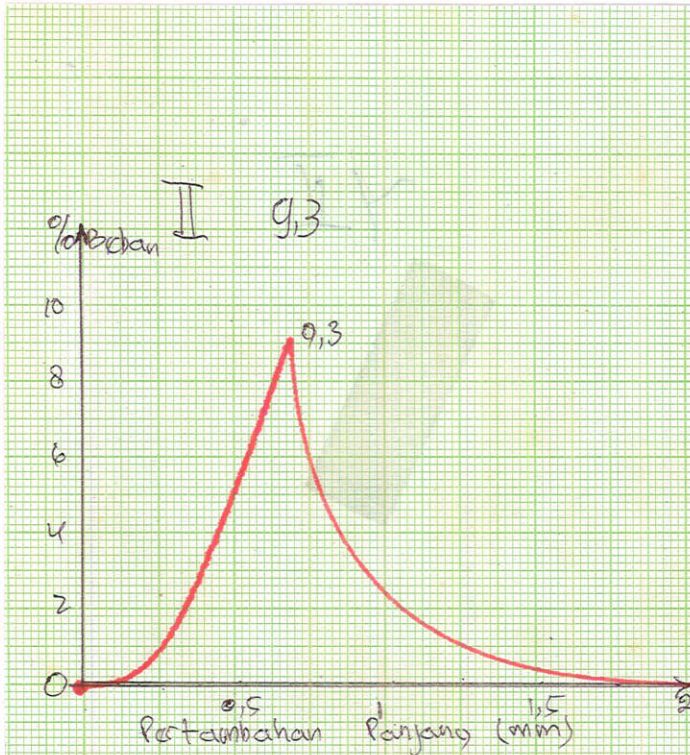
UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Produk PULLEY Produksi PT Baja Kurnia dan PT Yanmar
Cahya Kusuma, Prof. Kusmono, ST., MT.

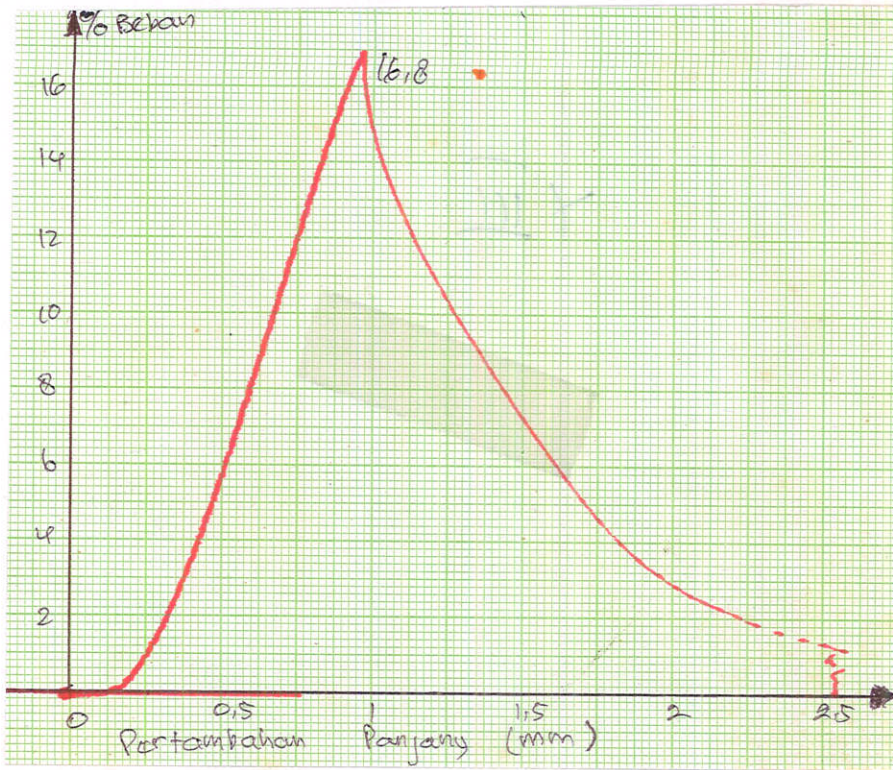
Universitas Gadjah Mada, 2003 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>



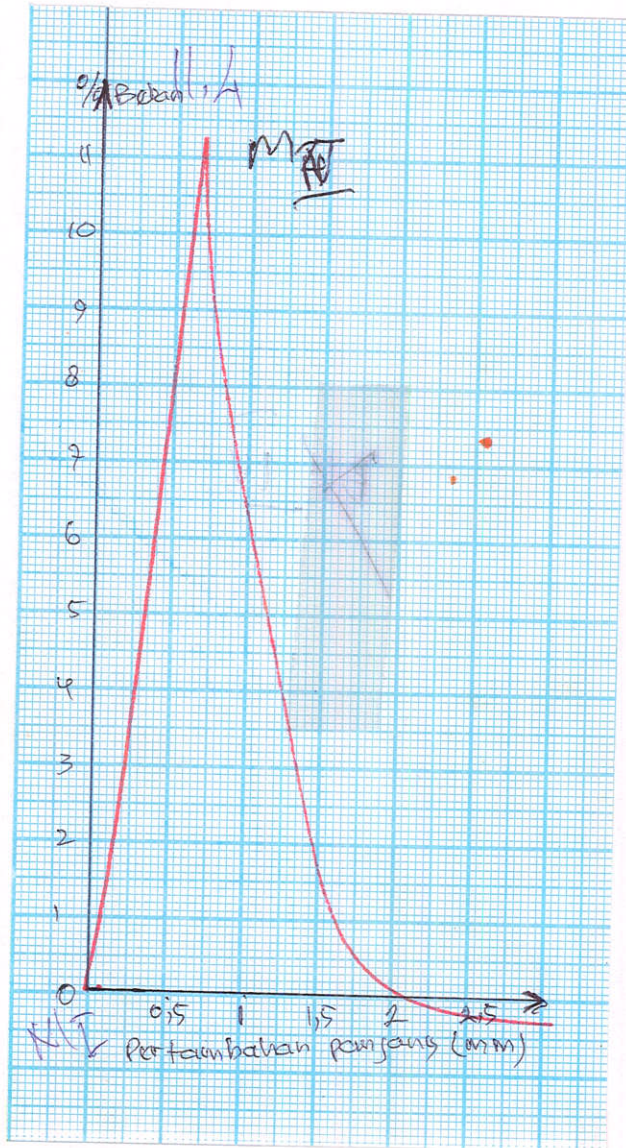
Grafik hasil pengujian tarik PT Yanmar benda uji I



Grafik hasil pengujian tarik PT Yanmar benda uji II



Grafik hasil pengujian tarik PT Yanmar benda uji III



Grafik hasil pengujian tarik PT Yanmar benda uji IV



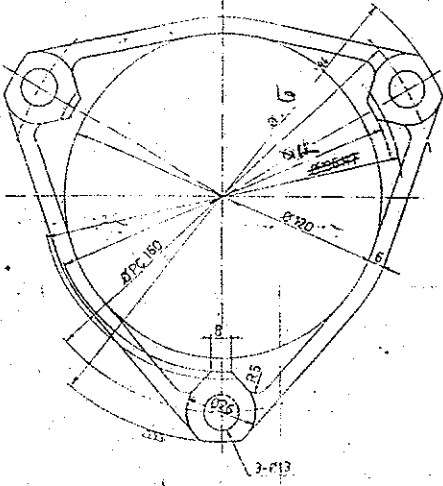
Grafik hasil pengujian tarik PT Yanmar benda uji V



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Produk PULLEY Produksi PT Baja Kurnia dan PT Yanmar
Cahaya Kusuma, Prof. Kusmono, ST, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2003 | Diunduh dari <http://otd.repository.ugm.ac.id/>

KODE	UKURAN	SAMPLE		
		1	2	3
A	95			
B	63			
C	18			
D	14			
E	411			
F	φ130			
G	φ182 ^{TO} -004			
H	16			
I	6,5			





Grey cast iron

Country and specification	Grade	Nominal section thickness		Diameter of grey cast test bar		Minimum tensile strength				Suggested Brinell hardness
		in	mm	in	mm	N/mm ²	kgf/mm ²	ton/in ²	ksi†	
United States ASTM A48-64 1971	20A	1/2*	6-12	0.875*	22.4	138	14.0	8.9	20*	
	B	1/2-1	13-25	1.2	30.5					
	C	1-2	26-50	2.0	50.8					
	S		<6 or >50		Bar S ^(*)					
	25A	1/2*	6-12	0.875*	22.4	172	17.5*	11.1	25	
	B	1/2-1	13-25	1.2	30.5					
	C	1-2	26-50	2.0	50.8					
	S		<6 or >50		Bar S ^(*)					
	30A	1/2*	6-12	0.875*	22.4	207	21.1	13.4	30*	
	B	1/2-1	13-25	1.2	30.5					
	C	1-2	26-50	2.0	50.8					
	S		<6 or >50		Bar S ^(*)					
	35A	1/2*	6-12	0.875*	22.4	241	24.6	15.6	35	
	B	1/2-1	13-25	1.2	30.5					
	C	1-2	26-50	2.0	50.8					
	S		<6 or >50		Bar S ^(*)					
	40A	1/2*	6-12	0.875*	22.4	276	28.2	17.9	40	
	B	1/2-1	13-25	1.2	30.5					
	C	1-2	26-50	2.0	50.8					
	S		<6 or >50		Bar S ^(*)					
	45A	1/2*	6-12	0.875*	22.4	310	33.1	20.1	45	
	B	1/2-1	13-25	1.2	30.5					
	C	1-2	26-50	2.0	50.8					
	S		<6 or >50		Bar S ^(*)					
	50A	1/2*	6-12	0.875*	22.4	345	35.1	22.3	50	
	B	1/2-1	13-25	1.2	30.5					
	C	1-2	26-50	2.0	50.8					
	S		<6 or >50		Bar S ^(*)					
	55A	1/2*	6-12	0.875*	22.4	379	38.6	24.5	55	
	B	1/2-1	13-25	1.2	30.5					
	C	1-2	26-50	2.0	50.8					
	S		<6 or >50		Bar S ^(*)					
	60A	1/2*	6-12	0.875*	22.4	414	42.2	26.8	60	
	B	1/2-1	13-25	1.2	30.5					
	C	1-2	26-50	2.0	50.8					
	S		<6 or >50		Bar S ^(*)					
ASTM	G1800	—	—	—	—	(137)	(14)	(8.9)	(18)*	187 max.
A159-72 ^(**)	G2500	—	—	—	—	(172)	(17.5)	(11.1)	(25)	170-229
(automotive	G3000	—	—	—	—	(206)	(21)	(13.3)	(30)	187-241
grey	G3500	—	—	—	—	(240)	(24.5)	(15.5)	(35)	207-255
iron	G4000	—	—	—	—	(275)	(28)	(17.8)	(40)	217-269
castings)	G2500a	—	—	—	—	(172)	(17.5)	(11.1)	(25)	170-229
SAE	G3500b	—	—	—	—	(240)	(24.5)	(15.5)	(35)	207-255
J431b	G3500c	—	—	—	—	(240)	(24.5)	(15.5)	(35)	207-255

† ksi = kilopounds per square inch.

^(*) All dimensions of test bar S shall be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

^(**) These irons are specified on hardness and microstructure. The mechanical properties are material descriptions only and not part of the standard.



Standard specifications for grey, nodular and malleable cast iron

Grey cast iron								
Country and specification	Grade	Nominal section thickness		Diameter of test bar		Minimum tensile strength		Suggested Brinell hardness
		in	mm	in	mm	N/mm ²	kgf/mm ² ton/in ²	
Great Britain BS1452: 1961	10	< 0.75	< 9.5	0.6*	15.2	170	17.3	11-0*
		0.75-1.125	9.5-19.0	0.875	22.2	162	16.5	10.5
		1.125-1.5	19.0-29.6	1.2	30.5	154	15.7	10.0
		1.5-1.875	29.6-41.3	1.6	40.6	147	15.0	9.5
		> 1.875	> 41.3	2.1	53.3	139	14.2	9.0
	12	< 0.75	< 9.5	0.6*	15.2	201	20.5	13-0
		0.75-1.125	9.5-19.0	0.875	22.2	193	19.7	12.5
		1.125-1.5	19.0-29.6	1.2	30.5	185	18.0	12.0
		1.5-1.875	29.6-41.3	1.6	40.6	178	18.1	11.5
		> 1.875	> 41.3	2.1	53.3	170	17.3	11.0
	14	< 0.75	< 9.5	0.6*	15.2	247	25.2	16.0
		0.75-1.125	9.5-19.0	0.875	22.2	232	23.6	15.0
		1.125-1.5	19.0-29.6	1.2	30.5	216	22.0	14.0
		1.5-1.875	29.6-41.3	1.6	40.6	209	21.3	13.5
		> 1.875	> 41.3	2.1	53.3	201	20.5	13.0
	17	< 0.75	< 9.5	0.6*	15.2	293	30.0	19.0
		0.75-1.125	9.5-19.0	0.875	22.2	278	28.3	18.0
		1.125-1.5	19.0-29.6	1.2	30.5	263	26.8	17.0
		1.5-1.875	29.6-41.3	1.6	40.6	247	25.2	16.0
		> 1.875	> 41.3	2.1	53.3	232	23.6	15.0
20	< 0.75	< 9.5	0.6*	15.2	340	34.6	22.0	
	0.75-1.125	9.5-19.0	0.875	22.2	324	33.1	21.0	
	1.125-1.5	19.0-29.6	1.2	30.5	309	31.5	20.0	
	1.5-1.875	29.6-41.3	1.6	40.6	293	30.0	19.0	
	> 1.875	> 41.3	2.1	53.3	278	28.3	18.0	
Japan JIS G5501 1972	FC10 (Grade 1)	4-8	4-50	30	98	10*	6.3	201 max.
		8-15		13	186	19	12.1	241 max.
		15-30		20	167	17	10.8	223 max.
		30-50		45	127	13	8.3	201 max.
	FC20 (Grade 3)	4-8		13	235	24	15.2	255 max.
		8-15		20	216	22	14.0	235 max.
		15-30		30	196	20	12.7	223 max.
		30-50		45	167	17	10.8	217 max.
	FC25 (Grade 4)	4-8		13	275	28	17.8	269 max.
		8-15		20	255	26	16.5	248 max.
		15-30		30	245	25	15.9	241 max.
		30-50		45	215	22	14.0	229 max.
	FC30 (Grade 5)	8-15		20	304	31	19.7	269 max.
		15-30		30	294	30	19.0	262 max.
		30-50		45	265	27	17.1	248 max.
	FC35 (Grade 6)	15-30		30	343	35	22.2	277
		30-50		45	314	32	20.3	269