

THE EFFECT OF CARBURIZING WITH WOOD CHARCOAL OF
LOW CARBON STEEL

TUGAS AKHIR
NO.362 / FT.USD / TM / SEPTEMBER / 2003

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat sarjana S-1

Program Studi Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin



oleh

ALOYSIUS ALEX PRABOWO

NIM : 985214071

NIRM: 98005112310120071



PROGRAM STUDI TENIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA

2004

TUGAS AKHIR

**THE EFFECT OF CARBURIZING WITH WOOD CHARCOAL OF
LOW CARBON STEEL**

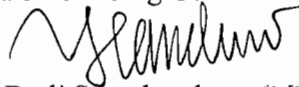
Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

NAMA : ALOYSIUS ALEX PRABOWO
NIM : 985214071

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Pada Tanggal 24 juli 2004

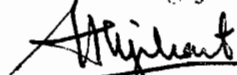
Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama



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

Dewan Penguji



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



Ir. Rines, M.T.



Ir. FA. Rusli Sambada, M.T.



Ir. YF. Lukiyanto, M.T.

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

Yogyakarta, 27 Juli 2004

Fakultas Teknik

Universitas Sanata Dharma

Yogyakarta

Dekan



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

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 27 juli 2004

Aloysius Alex Prabowo



TUGAS AKHIR PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK MESIN

Nomor : 362/ FT_USD / TM / September / 2003

Diberikan kepada :

Nama Mahasiswa : Al. Alex Prabowo

Nomor Mahasiswa : 985214071

NIRM : 98005112310120071

Jurusan : TEKNIK MESIN

Fakultas : TEKNIK

Matakuliah : Bahan Teknik Manufaktur

Judul / naskah soal :

Pengaruh lama penahanan karburising arah kayu (1, 3, 5 jam) terhadap kekerasan dan kekuatan tarik baja karbon rendah.

Tanggal dimulai : 10 September 2003

Pembimbing Kedua

Yogyakarta, 17 September 2003
Dosen Pembimbing Utama



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS SANATA DHARMA

Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman - Yogyakarta
Telp. (0274) 883037, 886530; Fax. (0274) 886529; Email: teknik@usd.ac.id

LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nomor : 362 / FT_USD / TM / September / 2003

Diberikan kepada :
Nama Mahasiswa : Al. Alex Prabowo
Nomor Mahasiswa : 985214071
NIRM : 98005112310120071
Jurusan : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK
Matakuliah : Bahan Teknik Manufaktur
Judul / naskah soal :

Pengaruh lama penahanan karburising arah kayu (1, 3, 5 jam) terhadap kekerasan dan kekuatan tarik baja karbon rendah.

Langgah dimulai : 10 September 2003
Pembimbing Utama : Budi Setyahandana, S.T.M.T.
Pembimbing Kedua : -

NO	URAIAN	KETERANGAN	TANDA TANGAN
30-3-04	Bab I - III	Revisi	sl
16-4-04	Bab I - IV	Revisi	sl
4-6-04	Pembahasan	Diperbaiki	sl
19-6-04	Naskah keseluruhan	ok	sl
21-6-04	Maju seminar	Ok	sl
9-7-04	Naskah lengkap	Ace ujian	sl

Kupersembahkan Hasil karyaku ini kepada :

Tuhan yesus krislus pelindung dan Perisaiku

Kedua orang tuaku yang selalu menyayangiku

Adikku Aguslina Ori Kurnia Wali

Calon permaisuriku kelak

Teman-temanku

Almamaterku FT USD

Hargailah sebuah proses proses!!!!

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhanku Yang Maha Kasih lagi Penyayang, Yang telah memberikan rahmat dan anugrahNya kepada penulis. Sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini yang merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar sarjana Teknik di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak atas usaha penulis sendiri, melainkan berkat bantuan dari berbagai pihak baik yang berupa dorongan, motivasi, bimbingan, sarana dan materi. Oleh karena itu sudah sepantasnya penulis menghaturkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Rm Ir. Greg. Heliarko, S.J., S.S., B.S.T., M.A., M.Sc., Dekan Fakultas Teknik Sanata Dharma Yogyakarta.
2. Bapak Yosef Agung Cahyanta, S.T., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
3. Bapak Budi Setyahandana, S.T., M.T., Dosen pembimbing yang telah membimbing dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Segenap dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin FT-USD yang telah membimbing dalam masa-masa kuliah.
5. Mas Martono, pegawai Laboratorium Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan TA ini.
6. Benteng dan Perisaiku Yesus Kristus, Bapak dan Ibuku terkasih, adikku Nia.

7. Komunitas 128A Heru, Dedy, Tejo, Hendy, Anton, Yudi, Eko, Dwi. Sahabat-sahabatku Bang Indra, Ipi, Tri, Ndaru. Terima kasih atas dorongan dan inspirasinya.
8. Teman – teman angkatan 98 Cahyo, Agus, Bimo, Priyo, tulis, dan masih banyak lagi yang tidak dapat penuliskan sebutkan.
9. Lilik (yang telah memberikan pinjaman buku). Finda (yang telah memberikan pinjaman buku Metalurgi Mekanik).
10. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu secara langsung maupun tak langsung.

Usaha yang penulis lakukan sudah semaksimal mungkin, namun penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis menerima saran dan kritik yang bersifat membangun demi kemajuan yang akan datang.

Semoga penulisan tugas akhir ini dapat memberikan tambahan wawasan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berguna bagi semua pembaca.

Yogyakarta, 15 Desember 2003

Penulis

ABSTRACT

The research was done to find out the effect of carburizing time of low carbon steel about tensile strength, stretching, Brinell tes, microstructure. The material that used for carburizing is wood charcoal with calcium and soda.

Carburizing process was done by wrapping low carbon steel in carbonic media and then inside in the pack carburizing. Pack carburizing put into oven at 900°C at 1, 3, and 5 hours period variation.

The result of the research showed the increased of hardness and tensile strength from the carburized material, but the stretching is decreased. This improvement on occur because of the inserting of carbon into low carbon steel. Microstructure photo showed increasing carbon on surface of steel.

INTISARI

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh lama karburising pada baja karbon rendah terhadap kekuatan tarik, regangan, kekerasan Brinell dan struktur mikro. Bahan yang digunakan untuk mengkarburising adalah arang kayu ditambah bahan tambahan berupa soda makan dan kalsium.

Proses karburising dilaksanakan dengan membungkus baja karbon rendah dalam media pengkarbon dan dimasukkan kedalam pack karburising. Selanjutnya pack karburising dimasukan kedalam oven dan dipanaskan sampai suhu 900°C dengan variasi waktu 1 jam, 3 jam dan 5 jam.

Hasil dari pengujian menunjukkan adanya peningkatan kekerasan dan kekuatan tarik dari spesimen yang telah dikarburising, tetapi terjadi penurunan regangan pada spesimen yang dikarburising. Peningkatan tersebut terjadi akibat masuknya karbon pada baja karbon rendah. Photo struktur mikro menunjukkan adanya penambahan karbon pada dinding baja.

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan.....	ii
Halaman Pernyataan.....	iii
Halaman Soal.....	iv
Halaman Konsultasi.....	v
Halaman Persembahan.....	vi
Kata Pengantar.....	vii
Abstrak.....	ix
Intisari.....	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Gambar.....	xiv
Daftar Tabel.....	xv
Daftar Notasi.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Batas Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Metode Penelitian.....	2
BAB II DASAR TEORI.....	3
2.1 Produksi Baja.....	3



2.2 Baja Karbon.....	4
2.2.1 Berdasar Kandungan Karbon.....	7
2.3 Diagram Fase Besi-Karbon.....	9
2.4 Perlakuan Panas.....	11
2.4.1 Anil (<i>annealing</i>).....	12
2.4.2 Normalisasi (<i>Normalisation</i>).....	12
2.4.3 Pengerasa (<i>Hardening</i>).....	12
2.4.4 Temper (<i>Tempering</i>).....	13
2.4.5 Carburizing.....	13
2.5 Pengujian Bahan.....	15
2.5.1 Pengujian Tarik.....	16
2.5.2 Pengujian Kekerasan.....	19
2.5.2.1 Pengujian Kekerasan Brinell.....	19
2.5.2.2 Analisis Struktur Mikro.....	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Skema Penelitian.....	22
3.2 Bahan.....	23
3.3 Spesimen.....	23
3.4 Proses Perlakuan Panas.....	25
3.5 Proses Pelaksanaan Karburising.....	25
3.6 Pengujian Bahan.....	27
3.6.1 Pengujian Kekerasan Brinell.....	27
3.6.2 Analisis Struktur Mikro.....	30

3.6.3 Pengujian Tarik.....	32
BAB IV DATA PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Analisis Struktur Mikro.....	33
4.1.1 Pembahasan Analisis Struktur Mikro.....	35
4.2 Pengujian Kekerasan Brinell.....	36
4.2.1 Pembahasan Pengujian kekerasan.....	38
4.3 Pengujian Tarik.....	40
4.3.1 Data pertambahan Panjang Dan Beban Maksimum.....	40
4.3.2 Perhitungan.....	41
4.3.3 Pembahasan Pengujian tarik.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Metallographi dari Baja.....	8
Gambar 2.2 Diagram Keseimbangan Besi-Karbon.....	9
Gambar 2.3 Kurva Tegangan Dan Regangan Pada Pengujian Tarik.....	17
Gambar 2.4 Pengujian Kekerasan Brinell.....	20
Gambar 3.1 Bentuk Dan Ukuran Spesimen Uji Tarik.....	23
Gambar 3.2 Bentuk Dan Ukuran Spesimen Uji Kekerasan Dan Struktur Mikro.....	24
Gambar 3.3 Pack Karburising.....	25
Gambar 3.4 Oven.....	27
Gambar 3.5 Lup Mikrometer.....	28
Gambar 3.6 Alat Uji Brinell.....	28
Gambar 3.7 Alat Analisis Struktur Mikro.....	30
Gambar 3.8 Pemeriksaan Benda Yang Sudah Dietsa.....	31
Gambar 3.9 Alat Uji tarik.....	32
Gambar 4.1 Struktur Mikro Pada Dinding Spesimen Mula-Mula.....	33
Gambar 4.2 Struktur Mikro Pada Dinding Spesimen Karburising 1 jam.....	34
Gambar 4.3 Struktur Mikro Pada Dinding Spesimen Karburising 3 jam.....	34
Gambar 4.4 Struktur Mikro Pada Dinding Spesimen Karburising 5 jam.....	35
Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Waktu Karburising Terhadap Kekerasan Pada Suhu 900°C.....	38
Gambar 4.6 Grafik Kekuatan Tarik Dan Tegangan Patah.....	44
Gambar 4.7 Grafik Regangan Terhadap Kondisi.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Harga Patokan Beban Uji.....	21
Tabel 4.1 Nilai Kekerasan Untuk Spesimen Mula-Mula.....	37
Tabel 4.2 Nilai Kekerasan Untuk Spesimen Karburising 1 jam.....	37
Tabel 4.3 Nilai Kekerasan Untuk Spesimen Karburising 3 jam.....	37
Tabel 4.4 Nilai Kekerasan Untuk Spesimen Karburising 5 jam.....	37
Tabel 4.5 Hasil Rata-Rata Pengujian Kekerasan.....	38
Tabel 4.6 Spesimen Mula-Mula.....	40
Tabel 4.7 Karburising 1 jam.....	40
Tabel 4.8 Karburising 3 jam.....	40
Tabel 4.9 Karburising 5 jam.....	40
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Pengujian Tarik Spesimen Mula-Mula.....	42
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Pengujian Tarik Spesimen Karburising 1 jam.....	42
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Pengujian Tarik Spesimen Karburising 3 jam.....	43
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Pengujian Tarik Spesimen Karburising 5 jam.....	43
Tabel 4.14 Hasil Rata-Rata Pengujian Tarik.....	43

DAFTAR NOTASI

σ_U	= Kekuatan tarik (kg/mm^2)
σ_B	= Tegangan patah (kg/mm^2)
P_u	= Beban maksimum (kg)
P_B	= Beban patah (kg)
A_0	= Luas penampang awal (mm^2)
ε	= Regangan (%)
ΔL	= Pertambahan panjang benda uji (mm)
L_0	= Panjang awal benda uji (mm)
ψ	= Kontraksi
A_f	= Luas penampang setelah pengujian tarik (mm^2)
P	= Beban yang diterapkan (kg)
D	= Diameter bola penetrator (mm)
d	= Diameter bekas injakan atau penekanan (mm)
HB	= Angka Kekerasan Brinell

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Berkembangnya jaman mempengaruhi keanekaragaman kebutuhan manusia. Penerapan teknologi dalam negara-negara industri semakin kreatif. Oleh karena itu manusia dituntut untuk semakin produktif. Penggunaan besi dan baja perlu memperhatikan adanya berbagai pertimbangan, misalnya kekuatan dan sifatnya yang cocok untuk menahan beban, menahan daya yang besar, putaran tinggi, dan masih banyak lagi.

Menyikapi kenyataan di atas perlu disadari bahwa sumber daya manusia harus semakin kreatif dan produktif agar dapat menghasilkan produk yang kita harapkan. Yang juga tidak kalah penting adalah perlakuan bahan kerja.

Dalam tugas akhir ini penulis melakukan penelitian pengaruh karburising terhadap bahan baja karbon rendah dengan bahan pengkarbon berupa arang kayu. Benda uji mula-mula setelah di normalising dan benda uji yang akan dikarburising tersebut diuji tarik, diuji kekerasan, dan analisa struktur mikro. Uji kekerasannya menggunakan cara Brinell. Hasil pengujian pada baja karbon rendah yang terkarburasi dibandingkan dengan baja karbon rendah mula-mula.

1.2 Batasan Masalah

Penulis memberikan batas-batas masalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah, dengan kandungan karbon 0,087%
2. Dilakukan pengujian tarik, pengujian Brinell, dan analisa struktur mikro.
3. Karburising dilakukan selama 1, 3, 5 jam dengan suhu 900°C.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui :

1. Pengaruh karburising pada kekuatan tarik, tegangan, regangan, dan kontraksi baja karbon rendah.
2. Pengaruh karburising pada kekerasan Brinell baja karbon rendah.
3. Struktur mikro yang terjadi pada baja karbon rendah setelah melalui proses karburising.

1.4 Metode Penelitian

1. Literatur

Mempelajari literatur yang berhubungan dengan penelitian ini.

2. Konsultasi

Melakukan wawancara dengan pihak-pihak yang memiliki pengalaman dalam penelitian logam, misalnya dosen atau mahasiswa yang pernah melakukan penelitian yang sama.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Produksi Baja

Dalam dunia permesinan, baja banyak digunakan karena sifatnya yang bervariasi yang diperoleh melalui pemaduan dan penerapan proses perlakuan panas. Baja mempunyai sifat lunak, keras bahkan sampai yang paling tajam dapat dibuat. Baja juga memiliki mampu bentuk yang baik. Baja sendiri merupakan paduan dari besi dan karbon (zat arang). Besi (Fe) adalah paduan metal dan karbon (C) yang dapat kita peroleh melalui bijih besi hasil dari penambangan dan dileburkan di dalam dapur tinggi. Dalam pembuatan baja diperlukan dapur khusus. Pembuatan baja dapat diartikan sebagai proses yang bertujuan untuk mengurangi unsur C, Mn, Si, S, dan unsur P yang terdapat pada besi mentah.

Produksi besi mengandung kadar karbon berkisar 1,7% dan secara teknik dinyatakan sebagai baja karbon (*carbon steel*). Besi murni tidak mengandung karbon dan memiliki sifat yang liat dan lunak serta mampu tempa. Besi murni yang ditambah dengan unsur karbon antara $\pm 0,05\%$ – 1,7% akan menghasilkan baja. Unsur karbon merupakan salah satu unsur terpenting dalam baja, karena unsur tersebut dapat meningkatkan kekerasan dan menaikkan kekuatan baja. Disisi lain karbon sendiri berpengaruh kurang baik pada baja karena dapat menurunkan keuletan.

2.2. Baja Karbon

Yang dimaksud dengan baja karbon adalah baja yang hanya terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C) saja, tanpa ada bahan-bahan pemadu yang lain. Beberapa unsur yang lain kadang-kadang terdapat pada baja karbon tetapi dengan kadar atau prosentase yang sangat kecil. Misalnya Si, Mn, S, dan P. Biasanya keikutsertaan material tersebut di dalam baja karbon dinamakan impurities.

Adapun pengaruh unsur-unsur di atas antara lain sebagai berikut:

a. Silikon

Si dan Mn adalah unsur-unsur yang selalu ada pada baja. Keberadaan Si pada baja maksimum 0,35%. Si menaikkan kekerasan dan elastisitas tetapi menurunkan kekuatan tarik dan keuletannya. Jika dikeraskan dan ditemper, baja silicon akan memiliki kekuatan yang tinggi disertai keuletan dan ketahanan terhadap beban yang tiba-tiba yang baik. Digunakan pada baja pegas serta sebagai material tahan asam pada industri petrokimia.

b. Mangan

Unsur ini senantiasa ada pada seluruh jenis baja komersil. Berperan dalam meningkatkan kekuatan dan kekerasan, menurunkan laju pendinginan sehingga mampu keras baja dapat ditingkatkan. Baja paduan mangan sangat rentan terhadap overheating karena butirannya mudah menjadi kasar. Baja mangan banyak digunakan untuk pegas,

sambungan rel KA. Pada baja tahan karat keberadaan Mn dikombinasikan dengan Cr dan Ni.

c. Fosfor

Fosfor dapat larut baik dalam besi- α (BCC) maupun dalam besi- γ (FCC) yaitu dalam ikatan kimia besi fosfit Fe_3P . Fosfor pada baja karbon akan mengakibatkan kerapuhan dalam keadaan dingin. Semakin besar prosentase fosfor, semakin tinggi batas tegangan tariknya, tetapi impact strength turun. Biasanya prosentase fosfor di dalam baja karbon paling tinggi sekitar 0,08%. Tetapi kadang-kadang fosfor sengaja ditambahkan pada baja karbon rendah (0,15%-0,2,% P) untuk memperbaiki machinability. (tatal yang dihasilkan ketika dikerjakan pada mesin tidak sambung-menyambung, tetapi terputus-putus).

d. Sulfur

Prosentase tertinggi dari sulfur di dalam baja karbon sekitar 0,04%. Sulfur dapat mempengaruhi sifat rapuh- panas.

e. Kromium

Cr merupakan unsur terpenting setelah C. Cr ada pada baja konstruksi dan pada baja-baja perkakas grade yang tinggi. Cr juga merupakan salah satu unsur paduan utama pada HSS. Cr meningkatkan ketahanan korosi karena dapat membentuk lapisan oksida Cr dipermukaan baja. Meningkatkan mampu keras baja, kekuatan tarik, dan ketangguhan.

f. Nikel

Nikel merupakan salah satu unsur paduan yang penting untuk meningkatkan kekuatan dan ketangguhan baja. Jika berada dalam jumlah yang memadai, Ni dapat memperbaiki sifat mekanik. Jika jumlah Ni relative banyak, maka austenit pada baja akan stabil sampai temperatur kamar. Ni tidak membentuk karbida dan tidak berpengaruh terhadap kekerasan. Ni memperbaiki ketahanan korosi. Baja paduan Nikel digunakan sebagai material konstruksi dengan kadar Ni sekitar 2-4%, komponen mesin dan baja case hardening.

g. Molibden

Mo sangat besar sekali pengaruhnya terhadap mampu keras dibanding dengan unsur paduan yang lain (kecuali Mn). Akibat penambahan Mo, dalamnya pengerasan dari baja meningkat karena laju pendinginan kritisnya menjadi turun. Mo dapat membentuk karbida sehingga dapat meningkatkan ketahanan terhadap keausan, meningkatkan ketangguhan dan kekuatan pada temperatur tinggi. Baja yang dipadu dengan Mo digunakan pada baja konstruksi untuk maksud case hardening, dan digunakan juga pada HSS dan baja tahan karat.

h. Wolfram

W membentuk karbida kompleks. Baja paduan W memiliki kekerasan yang tinggi, tahan abrasi, kekuatan dan kekerasan pada temperatur tinggi yang baik. W juga menyebabkan transformasi austenit ke martensit menjadi lambat dan dapat memperlambat tumbuhnya

butiran. Baja paduan W digunakan di HSS, baja-baja perkakas, baja magnet, dan baja tahan karat.

i. Vanadium

Vanadium dapat meningkatkan kekuatan tarik dan batas mulur serta memperbaiki rasio diantara kekuatan tarik dan mulur. V merupakan unsur pembentuk karbida yang kuat dan karbida yang terbentuk sifatnya sangat stabil. Dengan penambahan sekitar 0,04-0,05% mampu keras baja karbon medium dapat ditingkatkan. Sifatnya yang mudah membentuk karbida, maka V banyak digunakan pada baja perkakas. Vanadium meningkatkan kekerasan pada temperatur tinggi dan jika berada dalam jumlah yang cukup pada baja perkakas, maka ketahanan aus baja tersebut akan meningkat. V bersama-sama dengan Cr, Ni dan Mo sering digunakan pada baja-baja konstruksi yang menerima tegangan yang tinggi.

2.2.1. Berdasarkan Kandungan Karbon

Berdasarkan kadar karbon baja di bagi menjadi 3 yaitu:

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

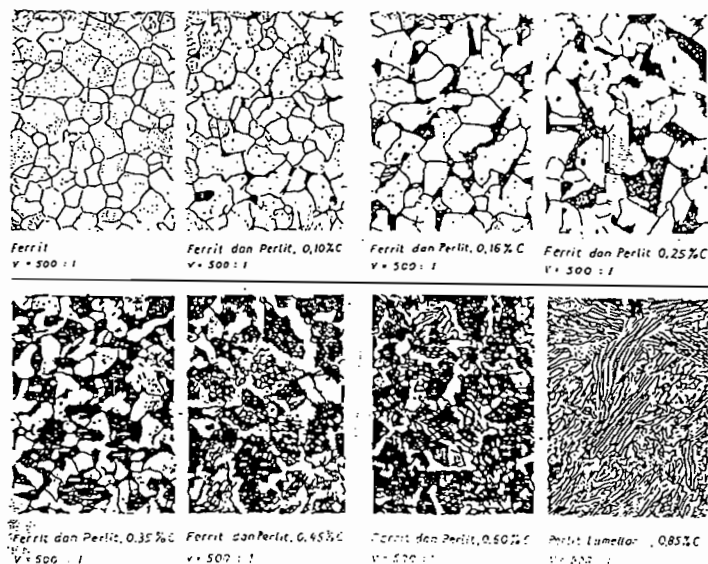
Semakin sedikit unsur karbon yang ada maka semakin mendekati sifat besi murni. Baja karbon rendah ditinjau dari kekuatannya memiliki sifat sedang, liat, dan tangguh. Baja ini mudah dimesin dan mampu las. Untuk memperoleh kekerasan pada permukaan salah satunya dengan cara karburising.

b. Baja karbon sedang (0,3% – 0,6%)

Baja ini lebih keras daripada baja karbon rendah, dan sifatnya juga lebih kuat dan tangguh tetapi kurang liat. Sifat baja karbon rendah dapat diubah dengan cara *heat treatment*. Pembentukannya dengan cara di tempa.

c. Baja karbon tinggi (0,6% – 1,4%)

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

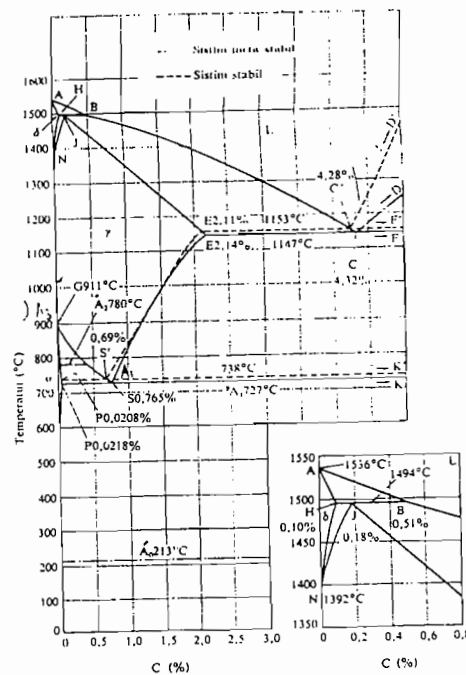


Gambar 2.1 Gambar metallographi dari baja
 Sumber : Suroso, Ant, Sudibyo, S, Ilmu Logam, ATMI, hal 25

Perubahan-perubahan yang diakibatkan perbedaan kadar karbon (Gambar 2.1). Dengan naiknya kadar karbon (%C), maka bertambah besar juga noda flek hitam (flek perlit), akibat dari itu berkurang pula flek putih (ferrit = besi murni). Pada saat kadar karbon mencapai 0,85% maka besi dalam keadaan jenuh terhadap karbon. Struktur seperti itu disebut perlit lamellar, yaitu campuran yang sangat halus dan berbentuk batang-batang kristal. Campuran kristal tersebut terdiri dari ferrit dan sementit. Jika kadar karbon bertambah besar, maka sementit akan berkurang dan flek-flek perlit akan bertambah.

2.3. Diagram Fasa Besi-Karbon

Gambar 2.2 menunjukkan diagram keseimbangan besi karbon sebagai dasar bahan yang berupa besi baja.



Gambar 2.2. Diagram keseimbangan Besi-karbon

Selain karbon besi dan baja terkandung kira-kira 0,25% Si, 0,3-1,5% Mn, dan unsur pengotor lain seperti P, S, dan sebagainya. Karena unsur-unsur ini tidak memberikan pengaruh utama kepada diagram fasa tersebut, maka diagram fasa tersebut dapat dipergunakan tanpa menghiraukan unsur-unsur tersebut.

Pada paduan besi karbon terdapat fasa karbida yang disebut *sementit* dan juga grafit, grafit lebih stabil dari pada *sementit*. Pada besi cor kestabilan tersebut merupakan pertanyaan, hal ini tidak penulis bahas. Yang dibahas disini adalah fasa diagram Fe-Fe₃C. Titik-titik penting pada diagram ini adalah:

A : Titik cair besi.

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

H : Larutan pada δ yang ada hubungan dengan reaksi *peritektik*, kelarutan maksimum adalah 0,10%.

J : Titik *peritektik* selama pendinginan *austenit* pada komposisi J, fase γ terbentuk larutan pada δ pada komposisi H dan cairan pada komposisi B.

N : Titik transformasi dari besi δ dan ke besi γ , titik transformasi A₄ dari besi murni.

C : Titik *eutektik*, selama pendinginan fasa γ dengan komposisi E dan *sementit* pada posisi F (6,67% C) terbentuk dari cairan pada komposisi C. Fasa *eutektik* ini disebut *ledeburit*.

- E : Titik yang menyatakan fasa γ , ada hubungan dengan fasa *eutektik*. Kelarutan maksimum dari karbon 2,14%. Paduan besi karbon sampai komposisi ini disebut baja.
- G : Titik transformasi besi γ dari dan ke besi α . Titik transformasi A_3 untuk besi.
- P : Titik yang menyatakan ferit, fasa α , ada hubungan dengan reaksi *eutektoid*. Kelarutan maksimum dari karbon kira-kira 0,02%.
- S : Titik *eutektoid*. Selama pendinginan, ferit pada komposisi P dan sementit pada komposisi K terbentuk simultan dari austenit pada komposisi S. Reaksi *eutektoid* ini dinamakan reaksi A_1 dan fasa *eutektoid* ini disebut perlit.
- GS : Garis yang menyatakan hubungan antara temperatur dengan komposisi, dimana mulai terbentuk ferit dari austenit. Garis ini disebut A_3 .
- ES : garis yang menyatakan dengan hubungan temperatur dengan komposisi, mulai dari terbentuk sementit dari austenit, dinamakan garis A_{cm} .
- A_2 : Titik transformasi *magnetik* untuk besi atau ferit.
- A_0 : Titik transformasi *magnetik* untuk sementit.

2.4. Perlakuan panas

Perlakuan panas pada baja dimaksudkan untuk memberikan sifat-sifat yang lebih baik dengan proses baja dipanaskan sampai suhu tertentu

dalam waktu tertentu, serta proses pendinginannya dengan cara tertentu pula. Pemanasan baja menggunakan dapur yang pada umumnya berupa dapur listrik, dapur gas atau dapur minyak.

Perlakuan panas pada baja yaitu:

1. Anil
2. Normalisasi
3. Pengerasan
4. Temper
5. Carburizing

2.4.1. Anil (*Anneling*)

Tujuan dari proses anil adalah pelunakan, sehingga baja yang keras dapat dikerjakan melalui permesinan. Hal ini dilakukan dengan memanaskannya sedikit diatas suhu kritis A_{c3} dibiarkan sampai suhu merata dan dilanjutkan dengan pendinginan perlahan-lahan.

2.4.2. Normalisasi (*Normalisation*)

Proses normalisasi terdiri dari pemanasan baja 30-50° C di atas daerah kritis A_{c3} disusul dengan pendinginan dalam oven. Proses ini biasanya diterapkan pada baja karbon rendah dan sedang atau baja paduan agar struktur butiran lebih merata atau untuk menghilangkan tegangan dalam.

2.4.3. Pengerasan (*Hardening*)

Pengerasan adalah proses pemanasan baja sampai suhu di daerah atau diatas daerah kritis disusul dengan pendinginan cepat (*quenching*).

2.4.4. Temper (*Tempering*)

Baja yang telah dikeraskan bersifat getas dan tidak cocok untuk digunakan. Melalui temper kekerasan dan kegetasan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun pula. Sedangkan keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Proses temper merupakan pemanasan kembali dari baja yang telah dikeraskan pada suhu dibawah suhu kritis disusul dengan pendinginan.

2.4.5. Carburizing

Prinsip pengerasn permukaan dengan karbon tidak lain hanyalah mendifusikan karbon kepermukaan benda kerja. Dengan proses dihasilkan benda kerja dengan permukaan yang keras akan tetapi memiliki inti dengan keuletan yang tetap tinggi. Proses pengerasan ini juga dipergunakan untuk benda-benda kerja yang memiliki bentuk yang sangat komplek.

Jika suatu benda kerja dipandang dari fungsinya harus memiliki permukaan yang tahan aus dan dengan bagian inti yang ulet tetapi kurang begitu keras, maka sebagai bahan dipakailah baja karbon rendah, yang

menurut aturan kadar karbonnya $< 0,3\%$. Setelah mengalami proses pengkarbonan atau juga disebut *zementitasi*, permukaan baja tersebut akan memiliki kadar karbon sebesar $0,9\%$. Kelebihan karbon ini diperoleh dari media pengkarbonan yang ditempatkan disekelilingnya. Hasil yang didapat, bagian permukaan memiliki kekerasan yang sangat tinggi dibandingkan bagian inti.

Sebelum menjalani proses pengkarbonan, benda kerja harus sudah selesai pengerjaannya. Permukaan benda harus dibersihkan dahulu, misalkan dari karat, fat, atau elemen-elemen lain yang dapat menimbulkan nyala api. Jika ada bagian permukaan yang dikehendaki tidak bertambah keras, maka bagian permukaan tersebut dilapisi dulu dengan tembaga atau dengan pelapis yang lain (pasta tahan api).

Pengkarbonan berlangsung pada temperatur diatas titik Ac_1 . daerah temperaturnya antara 850° - $950^{\circ}C$. karbon dari media pengkarbonan diterima oleh *austenit* yang berstruktur *fcc*. Karbon-karbon tersebut kemudian bergerak kearah inti secara difusi dengan perlahan-lahan. Dengan demikian terbentuk permukaan yang telah dikarbonkan dan makin menuju ke inti maka berkurang kadar karbonnya. Kecepatan difusi akan bertambah bersama naiknya temperatur. Waktu pengkarbonan pada prinsipnya ditentukan berdasarkan ketebalan lapisan yang diinginkan (sesuai dengan kebutuhan pemakaian). Seharusnya pengkarbonan ini tidak terlalu dalam mengingat kekerasan yang

dihasilkan 0,1 mm per jam maka harus disesuaikan dengan ukuran spesimen.

Pengkarbonan dengan media padat (pack carburizing). Cara pengkarbonan ini adalah yang paling tua, dan sampai saat ini masih dipakai dan cara yang paling praktis. Benda kerja dimasukkan kedalam sebuah kotak yang tahan panas dan berisi pengkarbonan padat. Benda kerja tersebut dikelilingi atau dibungkus lapisan media pengkarbonan yang tebalnya minimum 3 cm

Media pengkarbonan padat dapat berupa butiran-butiran arang bakar atau kokas dengan garis tengah kira-kira 3 mm ditambah soda makan atau sodium carbonat 20% - 25% dan kalsium atau kalsium carbonat 2,5% - 3,5% sebagai katalisator. Kotak yang dipakai selain tahan panas juga harus ditutup dengan rapat.

Butiran-butiran pengkarbonan tersebut memberikan karbon dalam bentuk gas yang kemudian memasuki permukaan benda kerja pada temperatur pengkarbonan kira-kira 900°C. Dalamnya pengkarbonan tergantung pada lamanya kotak yang berisi benda kerja dalam oven. Sebagai acuan untuk tebalnya lapisan pengkarbonan, setiap 1 jam didalam oven menghasilkan lapisan keras setebal 0,1 mm.

2.5. Pengujian Bahan

Pengujian bahan dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat bahan. Dasar dari pengujian ada dua yaitu: destruktif dan non destruktif. Destruktif

adalah pengujian yang bersifat merusak benda kerja, seperti uji tarik, uji impact, uji kekerasan dan uji kelelahan. Non destruktif adalah pengujian yang tidak merusak benda kerja seperti, radiologi, penetraan berpendar, ultrasonik dan magnetografi.

2.5.1. Pengujian tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan memberikan beban, dengan cara ditarik pada batang benda uji secara perlahan-lahan sampai bagian benda uji yang diamati mengecil dan putus. Pada bagian ini yang diamati adalah batas mulur, kekuatan tarik, pengecilan luas penampang bagian benda uji yang diamati dan sebagainya. Pembebanan yang terjadi pada pengujian dilakukan dengan cara menambahkan beban secara terus menerus sampai benda uji putus.

- ◆ Untuk mengetahui tegangan dari bahan yang diuji, digunakan rumus:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \left(\frac{kg}{mm^2} \right) \dots\dots\dots 2.1$$

dengan: σ = Tegangan tarik (kg/mm^2)

P = Beban (kg)

A_0 = Luas penampang awal (mm^2)

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

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots 2.2$$

dengan: ϵ = Regangan (%)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L_0 = Panjang awal benda uji (mm)

- ◆ Perbandingan antara perubahan penampang setelah pengujian dengan sebelum pengujian disebut kontraksi (ψ), dengan persamaan sebagai berikut:

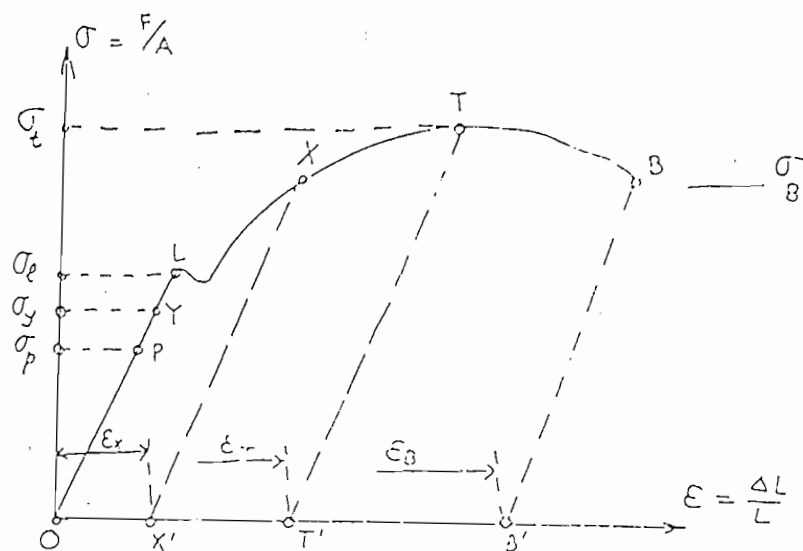
$$\psi = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100\% \dots \dots \dots 2.3$$

dengan: ψ = Kontraksi

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

A_f = Luas penampang setelah pengujian tarik (mm^2)

Hubungan antara tegangan yang timbul σ ($\sigma = F/A$), dan regangan yang timbul (ϵ) selama pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.3



Hubungan σ dan ϵ uji tarik benda liat

Gambar 2.3 kurva tegangan dan regangan pada pengujian tarik

Sumber : G.E Dieter. Metalurgi Mekanik, jilid 1, hal 278

Keterangan:

σ_p = Tegangan proporsional

σ_y = Tegangan elastis

σ_l = Tegangan luluh

σ_t = Tegangan tarik

σ_B = Tegangan patah

$\epsilon_x, \epsilon_T, \epsilon_B$, = masing-masing merupakan regangan pada saat

pembebanan berada pada titik X, T, B (XX'//TT'//BB'//PO)

Pengukuran batas luluh

Sebagian besar bahan mengalami perubahan sifat dari elastis menjadi plastis yang berlangsung sedikit demi sedikit. Tegangan dimana deformasi plastic atau batas luluh mulai teramati tergantung pada kepekaan pengukuran regangan.

Pada umumnya logam dan paduan (selain baja lunak, titanium) tidak menunjukkan batas luluh yang jelas. Dalam hal ini, maka batas luluh ditentukan dengan metode off-set. Pada diagram tegangan dan regangan logam yang tidak memiliki titik *yield point* atau batas lumer. Ditentukan dari harga tegangan dimana benda uji dari logam tersebut memperoleh pertambahan panjang permanen sebesar 0,2 % dari panjang mula-mula.

2.5.2. Pengujian kekerasan

Prinsip dasar pengujian kekerasan adalah ketahanan material terhadap deformasi plastis. Sedangkan arti dari kekerasan adalah daya tahan dari suatu material untuk melawan benda lain yang digoreskan atau ditekankan kepadanya.

Macam-macam uji kekerasan:

1. Kekerasan Brinell
2. Kekerasan Vickers
3. Kekerasan Rockwell

2.5.2.1. Pengujian kekerasan Brinell

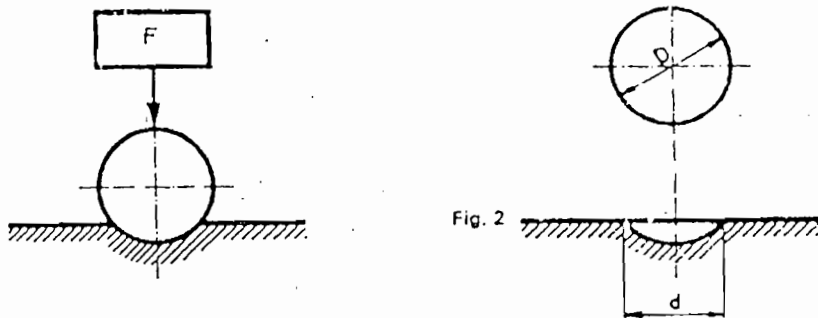
Pengujian yang banyak dipakai adalah dengan menekan indenter pada benda uji dengan beban tertentu dan mengukur ukuran bekas penekanan yang terbentuk. Pengujian kekerasan Brinell merupakan pengujian standar secara industri. Penekannya dibuat dari bola baja yang dikeraskan. Bola baja ditekankan pada permukaan benda uji, sebelumnya benda uji tersebut dibersihkan dari kerak dan dibuat sehalus mungkin. Diameter lekukan diukur dengan mikroskop. Angka kekerasan brinell (BHN) dinyatakan sebagai beban P dibagi luas permukaan lekukan. Rumus untuk angka kekerasan tersebut adalah:

$$\text{BHN} = \frac{2P}{\pi D \times (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots\dots\dots 2.4$$

Di mana P = beban yang diterapkan, kg

D = diameter bola, mm (tabel 2.1)

d = diameter lekukan, mm



Gambar 2.4 Pengujian Kekerasan Brinell

Besar beban yang bekerja pada penetrator tergantung pada:

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

Proses pengujian:

1. Bola baja disinggungkan permukaan material uji, kemudian diberi beban tegak lurus terhadap permukaan tersebut, bekas hantakan (bekas kejut) dan secara sedemikian rupa berangsur-angsur sehingga beban uji tercapai dalam waktu 30 detik.
2. Pada umumnya pusat tempat pengujian berjarak sekurang-kurangnya $2d$ dari tepi material uji dan jarak tempat pengujian yang satu terhadap yang lain sekurang-kurangnya $3d$. Percobaan harus dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak ada hal yang menyebabkan kekeliruan hasil uji.

Tabel 2.1 Tabel Harga patokan beban uji
(sumber : Suroso Ant, Sudibyo S. Ilmu logam, Diktat ATMI. Hal 16)

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

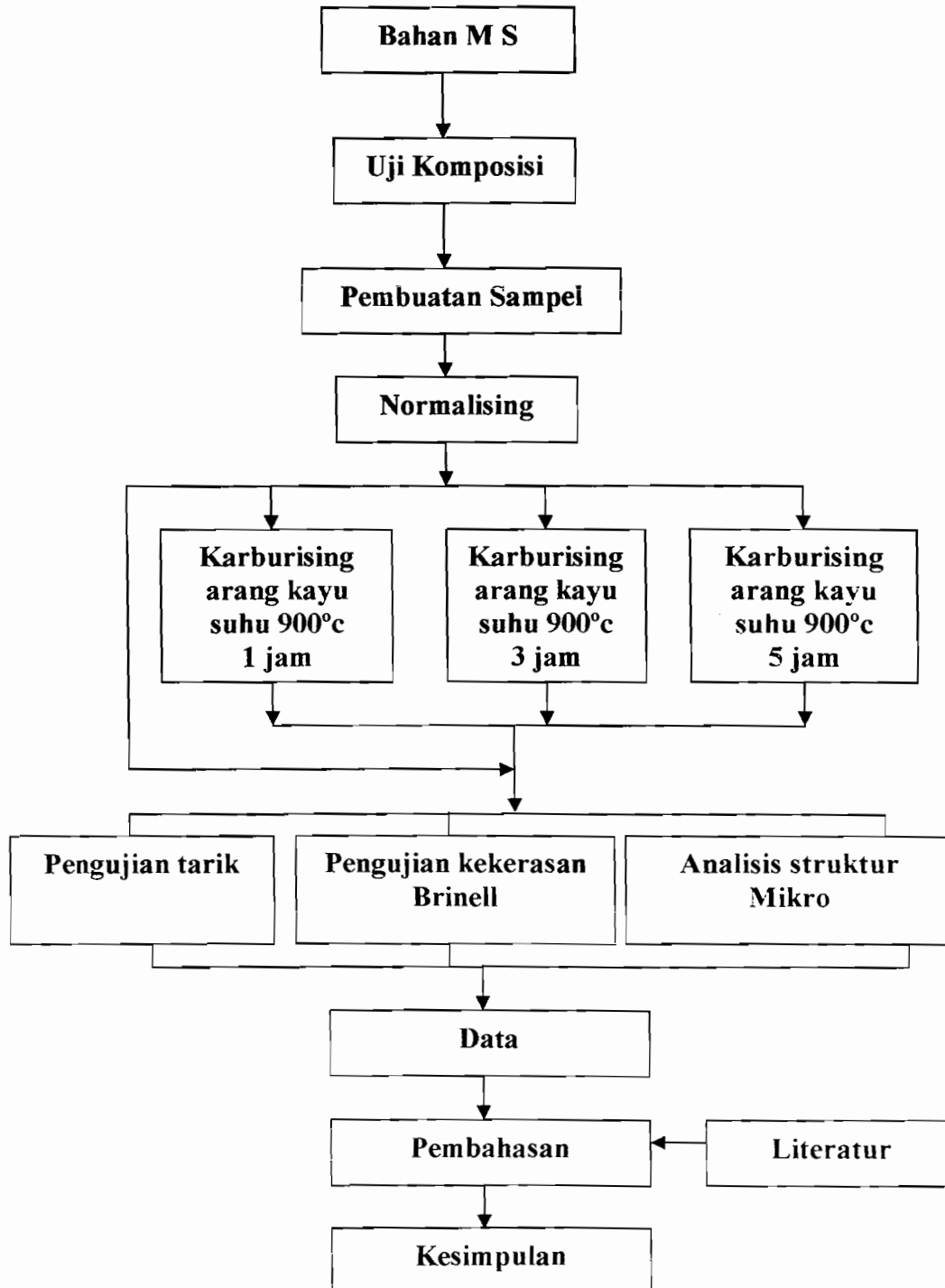
2.5.2.2. Analisis Struktur Mikro

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui stuktur mikro dari baja sebagai benda uji. Kekerasan suatu logam sangat dipengaruhi oleh perlakuan panas.

Sebelum benda uji diamati dengan mikroskop logam, benda uji pada bagian permukaan yang diamati harus benar-benar rata agar dapat memantulkan sinar dengan baik. Benda uji diampelas kemudian dipoles dan dietsa (dikikis bagian permukaannya dengan bahan kimia). Tujuan dari etsa adalah mengkikis batas butir pada permukaan benda uji sehingga sebagian batas butir akan tampak dan komponen-komponen tertentu (fasa-fasa) akan tampak. Zat etsa yang digunakan berbeda-beda tergantung dari jenis logamnya. Untuk baja karbon dan besi cor biasanya digunakan zat etsa *nital* yaitu campuran asam nitrat (HNO_3) dan alkohol, dengan perbandingan 1-5 ml HNO_3 pekat dengan 95-99 ml alkohol.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Skema Penelitian



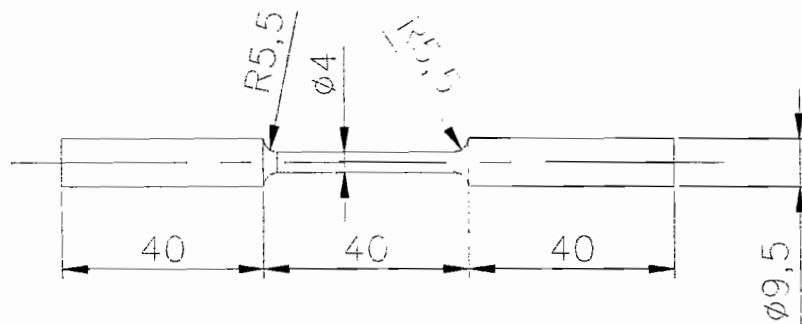
3.2. Bahan

Bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan kadar karbon 0,087 %.

3.3. Spesimen

Dalam penelitian ini bentuk spesimen yang dipakai ada dua jenis yaitu :

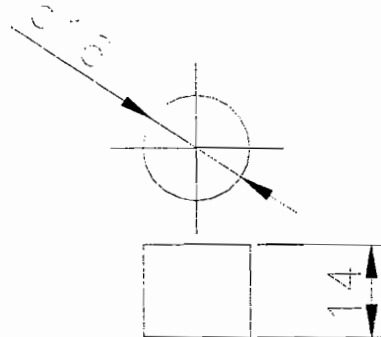
- a. Untuk pengujian tarik :



Gambar 3.1 Bentuk dan ukuran spesimen uji tarik

Jumlah spesimen yang digunakan dalam pengujian tarik adalah 20. 5 spesimen untuk normalising, 5 spesimen untuk karburising 1 jam, 5 spesimen untuk karburising 3 jam, 5 spesimen untuk karburising 5 jam. Pengujian dilakukan di Lab USD.

b. Untuk uji kekerasan Brinell dan struktur mikro :



Gambar 3.2 Bentuk dan ukuran spesimen uji kekerasan dan struktur mikro

Jumlah spesimen yang digunakan dalam uji kekerasan sebanyak 4 dan untuk struktur mikro 4 dengan jumlah keseluruhan 8 spesimen.

Kotak sementasi

Benda kerja yang akan diproses dengan medium padat disusun dalam kotak sementasi. Kotak sementasi harus memiliki sifat mekanik yang memadai sehingga tidak terjadi perubahan bentuk pada saat mengalami pemanasan dengan waktu yang relative lama. Lain dari pada itu kotak sementasi juga harus rapat, sehingga tidak terjadi kebocoran dari gas yang terbentuk pada waktu digunakan.

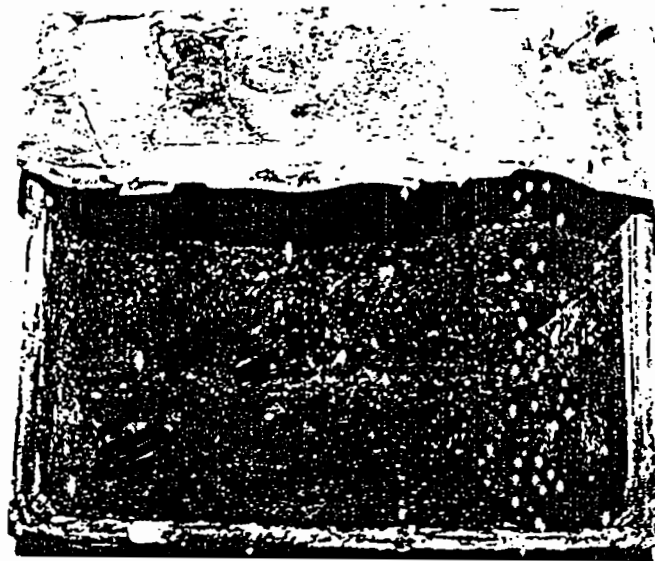
Dimensi kotak sementasi

Tebal dinding plat : 3 mm

Panjang : 180 mm

Tinggi : 55 mm

Lebar : 110 mm



Gambar 3.3 pack karburising

3.4. Proses Perlakuan Panas

Benda uji yang akan di karburising sebelumnya harus dinormalising terlebih dahulu. Proses normalising dilakukan pada suhu 900°C selama 1 jam kemudian didinginkan dengan udara dalam oven.

Setelah proses normalizing selesai dilakukan proses karburising. Pada proses karburising suhu yang digunakan sama dengan proses normalizing yaitu 900°C dan pendinginannya menggunakan udara dalam oven. Dan waktu penahanannya 1 jam, 3 jam, dan 5 jam.

3.5. Proses Pelaksanaan Karburising

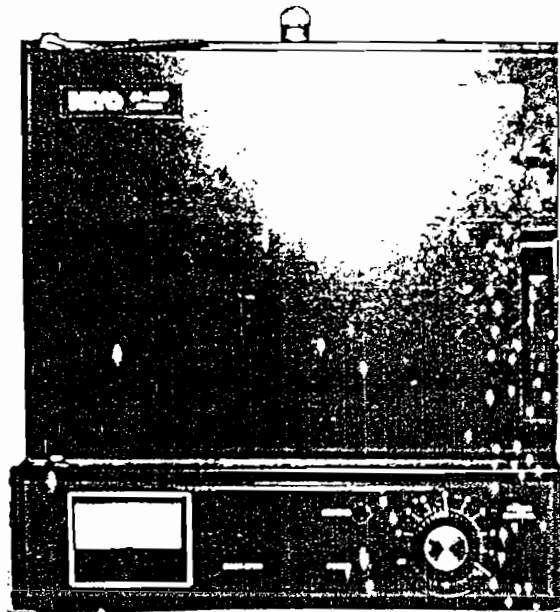
Tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan ketahanan aus pada permukaan logam dengan cara karburising. Kemudian hasilnya dibandingkan dengan benda uji yang hanya dinormalising. Dalam



penelitian ini proses karburising dilakukan dengan menggunakan medium padat, yaitu berupa arang kayu.

Langkah-langkah dalam proses

1. Peralatan yang digunakan :
 - a. Oven
 - b. Arang kayu
 - c. Kotak sementasi
 - d. Bahan tambahan
 - Soda makan (BaSO_4)
 - Kalsium (Ca)
 - e. Stop watch/jam
2. Bahan berupa arang kayu dihaluskan dengan cara ditumbuk. Kemudian dicampur dengan soda makan dan calsium dengan perbandingan:
70% arang kayu, 25% soda makan, 5% calsium, tiap 1 kg bahan.
3. benda uji dimasukkan ke dalam kotak sementasi yang telah diisi dengan campuran bahan-bahan tersebut. Dan benda uji harus sampai tertutup semua oleh bahan-bahan tersebut.
4. Kotak sementasi dimasukkan kedalam oven.
5. Waktu terjadinya karburising, dimulai pada saat kotak sementasi sudah berwarna merah. Ini semua berlaku untuk semua benda uji dengan lama waktu yang sudah ditentukan.



Gambar 3.4 oven

3.6. Pengujian Bahan

Pengujian-pengujian yang diperlakukan terhadap bahan ini adalah :
pengujian kekerasan Brinell, analisa mikro dan pengujian tarik.

3.6.1. Pengujian Kekerasan Brinell

Pengujian kekerasan Brinell dilakukan dengan menggunakan penjejak bola baja dengan diameter yang telah ditentukan sesuai dengan tebal dari benda uji. Penekanan dilakukan pada permukaan benda uji yang telah dihaluskan dan dibersihkan permukaannya. Hasil penekanan dicatat diameternya dan kekerasan (HB) dihitung dari perbandingan antara gaya P dan luas A dari segmen bola penekanan.

Besar beban yang bekerja pada penetrator tergantung pada :

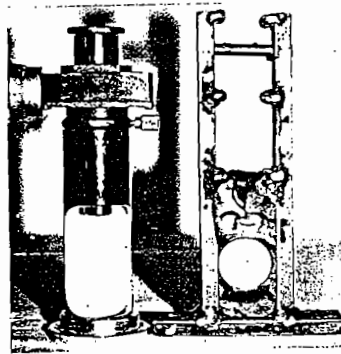
1. Diameter penetrator.
2. jenis logam benda uji.

Langkah penelitian uji kekerasan Brinell

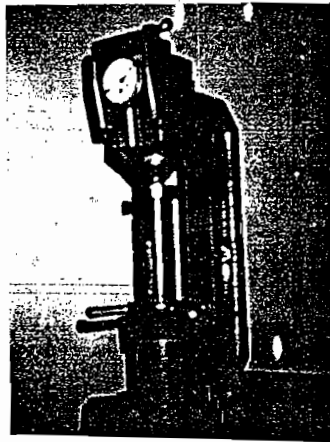
- a. Alat uji yang digunakan

Type = 100 MR

Buatan = Italy



Gambar 3.5 Lup Mikrometer



Gambar 3.6 Alat uji brinell

Bahan uji dibersihkan sampai halus menggunakan amplas hingga permukaan jadi rata. Bahan uji terdiri :

1 spesimen yang mendapat perlakuan panas normalizing mendapat 5 titik injakan.

1 spesimen yang dikarburising 1 jam mendapat 5 titik injakan.

1 spesimen yang dikarburising 3 jam mendapat 5 titik injakan.

1 spesimen yang dikarburising 5 jam mendapat 5 titik injakan.

c. Pelaksanaan pengujian

Pengujian dilakukan di laboratorium Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma. Benda yang telah siap diletakan pada alat uji, kemudian ditekan dengan gaya 187,5 kg oleh bola baja sebagai penetrator dengan diameter bola 2,5 mm dan dibiarkan sampai kurang lebih 30 detik. Setelah mendapat beban injakan kita gunakan lup mikrometer untuk meneliti besar injakan dari bola baja tersebut, kemudian besar injakan tersebut dicatat.

Hasil pengujian ini kurang maksimal jika :

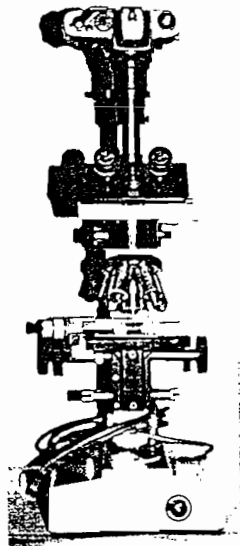
1. Bola baja kurang keras.
2. Bola baja sudah tidak bulat dan diameternya berubah.
3. Disekitar bekas injakan terjadi kenaikan permukaan benda uji sehingga mengurangi ketelitian pengukuran bekas injakan.

3.6.2. Analisis Struktur Mikro

Pada analisis struktur mikro digunakan mikroskop yang khusus dipakai untuk melihat struktur mikro logam.

Type = union mikroskop

Buatan = Tokyo, Jepang



Gambar 3.7 Alat Analisa Struktur Mikro

Langkah penelitian

a. Mempersiapkan bahan uji

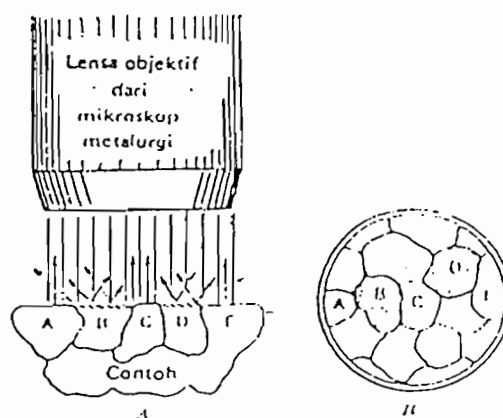
Bahan uji dibersihkan pada permukaannya sampai bersih, kemudian diampas dengan menggunakan amplas ukuran 800 dan 1500. setelah itu digosok dengan autusol dengan kain bersih hingga permukaannya menjadi mengkilap. Untuk mengetahui struktur dan bercak pada baja yang akan difoto mikro terlebih dahulu baja

dimasukan dalam larutan alkohol dan HNO_3 dalam beberapa menit. Ini bertujuan untuk menghilangkan lapisan permukaan baja setelah digosok dengan autosol atau batu hijau sehingga baja tidak mengkilap.

b. Pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma. Dengan menggunakan mikroskop kita dapat meneliti permukaan logam yang telah dipolis. Apabila benda uji belum dapat dilihat bahan tersebut perlu digosok lagi dengan autosol.

Pada gambar dibawah ini akan tampak arah pemantulan cahaya akibat etsa. Bila cahaya yang dipantulkan masuk kedalam lensa mikroskop, permukaan tampak dengan jelas. Bila berkas yang dipantulkan dan tidak mengenai lensa, daerah itu akan tampak hitam. Batas butir tampak seperti alur mengelilingi setiap butir dan cahaya tidak dipantulkan kedalam lensa, jadi batas butir tampak seperti garis-garis hitam.



Gambar 3.8 Pemeriksaan benda yang sudah di etsa

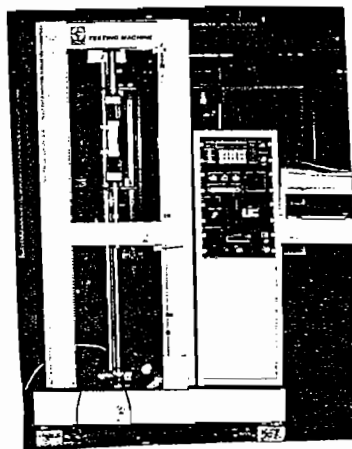
c. Tujuan analisa struktur mikro

Analisa struktur mikro ini bertujuan untuk :

1. Memeriksa struktur logam.
2. Mempelajari sifat-sifat logam, baik yang mendapat perlakuan panas atau belum mendapat perlakuan panas.

3.6.3. Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan memberikan beban dengan cara ditarik pada batang benda uji secara perlahan-lahan sampai bagian benda uji yang diamati mengecil dan putus. Pada pengujian ini yang diamati adalah kekuatan tarik, tegan patah, dan pengecilan luas penampang bagian benda uji. Pembebanan yang terjadi pada pengujian ini dilakukan dengan cara menambahkan beban secara terus menerus sampai benda uji putus. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Sanata Dharma. Menggunakan mesin GOTECH TESTING MACHINE buatan Taiwan dengan kapasitas 1000 kg.



Gambar 3.9 Alat uji Tarik

BAB IV

DATA PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Struktur Mikro

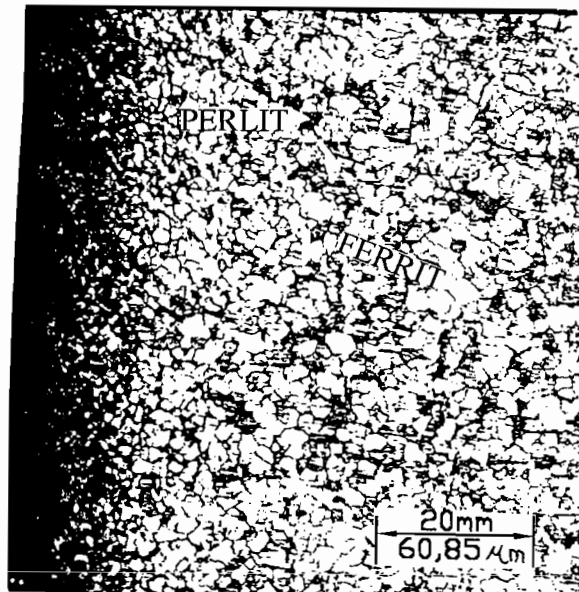
Butir-butir karbon dengan bantuan mikroskop akan dapat dilihat struktur mikronya. Setelah logam dipolis kemudian dimasukan kedalam larutan alkhohol dan HNO_3 , maka pada permukaan logam akan terlihat butiran karbon. Kondisi pengujian sebelum proses karburising terlihat adanya komposisi ferit lebih banyak dari perlit. Setelah mengalami proses karburising, jumlah butiran perlit bertambah banyak pada dinding-dinding baja dibandingkan dengan ferit.

Analisis struktur mikro disini adalah untuk melihat banyaknya penambahan karbon yang masuk pada dinding baja karbon rendah.



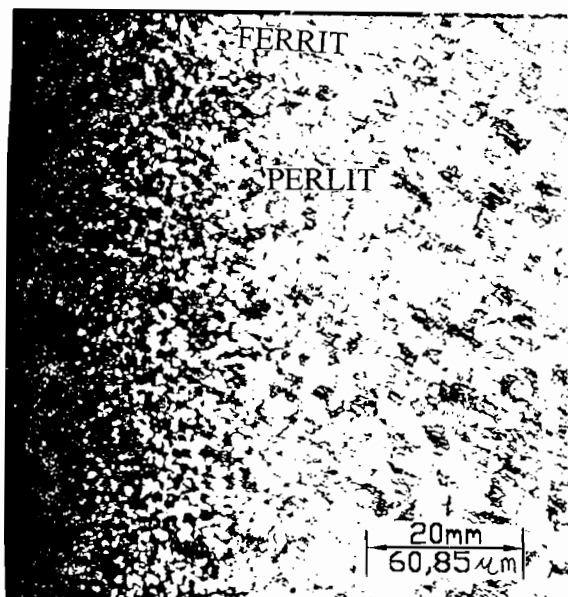
Gambar 4.1 Struktur Mikro pada dinding spesimen mula-mula

Pebesaran 100X



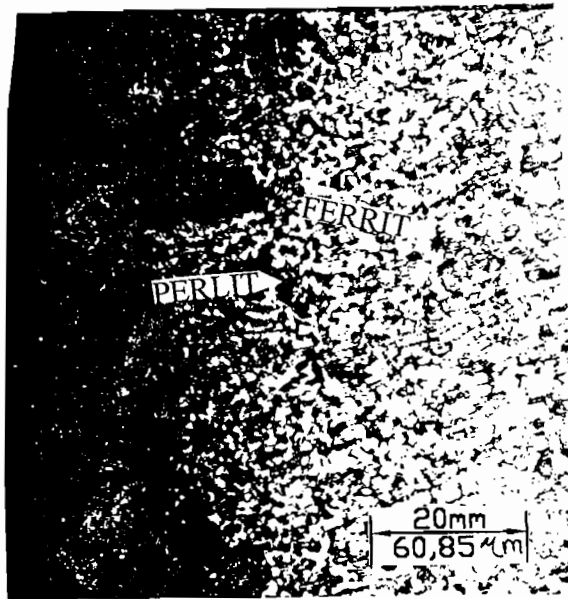
Gambar 4.2 Struktur Mikro pada dinding spesimen karburising 1 jam

Perbesaran 50X



Gambar 4.3 Struktur Mikro pada dinding spesimen karburising 3 jam

Perbesaran 50X



**Gambar 4.4 Struktur Mikro pada dinding spesimen karburising 5 jam
Pebesaran 50X**

4.1.1. Pembahasan analisis struktur Mikro

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara struktur mikro dengan jumlah butiran karbon yang masuk pada permukaan atau dinding baja karbon rendah.

Sebelum dilakukan proses karburising bentuk butiran karbon pada dinding belum terlihat. Setelah dilakukan proses karburising, pada dinding butiran karbon semakin tampak dan semakin lama waktu karburising semakin banyak butiran karbon yang masuk pada permukaan dinding baja.

Kondisi baja karbon rendah sebelum dilakukan karburising tampak ferit lebih mendominasi dibanding perlit. Setelah dilakukan proses karburising kondisi tersebut berubah, perlit mengalami peningkatan. Peningkatan perlit tersebut menyebabkan peningkatan kekerasan, akibat

masuknya karbon pada permukaan baja karbon rendah setelah proses karburising.

Penyebaran karbon pada permukaan baja karbon rendah akan semakin besar jika penahanannya lebih lama, jadi semakin lama penahanannya butiran karbon pada permukaan baja juga akan semakin banyak.

4.2. Pengujian Kekerasan Brinell

Pengujian kekerasan benda uji menggunakan sebuah bola baja yang dikeraskan dengan diameter (D) = 2,5 mm. Benda uji ditekan pada bagian permukaan yang telah dibersihkan terlebih dahulu, dengan gaya penekanan (P) = 187,5 kg. Hasil penekanan dicatat diameter bekas injakannya, dan kekerasan (HB) dihitung dari beban P dibagi luas permukaan lekukan. Rumus angka kekerasan tersebut adalah :

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

Dengan :

P = Beban yang diterapkan (kg)

D = Diameter bola penetrator (mm)

d = Diameter bekas injakan atau penekanan (mm)

Setelah dilakukan pengujian pada masing-masing benda uji maka akan didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.1 Nilai Kekerasan untuk Spesimen Mula-mula

No.	Benda Uji	Diameter bekas injakan (mm)	HB (kg/mm ²)
1	1	1.55	88.711
2		1.58	84.914
3		1.59	83.694
4		1.59	83.694
Harga Rata-rata		1.57	86.108

Tabel 4.2 Nilai Kekerasan untuk Spesimen Karburising 1 Jam

No.	Benda Uji	Diameter bekas injakan (mm)	HB (kg/mm ²)
1	1	1.36	118.71
2		1.39	113.153
3		1.38	114.966
4		1.36	118.71
Harga Rata-rata		1.37	116.768

Tabel 4.3 Nilai Kekerasan untuk Spesimen Karburising 3 Jam

No.	Benda Uji	Diameter bekas injakan (mm)	HB (kg/mm ²)
1	1	1.25	142.581
2		1.22	150.226
3		1.20	155.642
4		1.21	152.901
Harga Rata-rata		1.22	150.193

Tabel 4.4 Nilai Kekerasan untuk Spesimen Karburising 5 Jam

No.	Benda Uji	Diameter bekas injakan (mm)	HB (kg/mm ²)
1	1	1.16	167.321
2		1.19	158.453
3		1.17	164.289
4		1.17	164.289
Harga Rata-rata		1.17	164.264

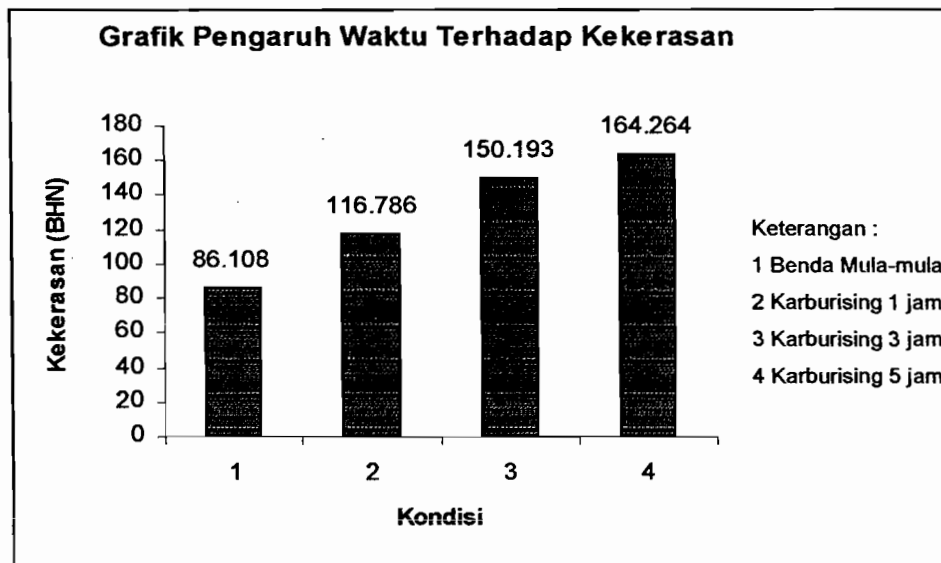
4.2.1. Pembahasan pengujian kekerasan

Hasil dari data yang sudah dirata-rata dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil rata-rata pengujian kekerasan

Perlakuan, Suhu, Waktu	BHN
Mula-mula	86.108
Karburising 900°C, 1 jam	116.786
Karburising 900°C, 3 jam	150.193
Karburising 900°C, 5 jam	164.264

Hubungan antara kekerasan dengan pengaruh waktu karburising agar dapat lebih mudah dipahami maka dibuat dalam bentuk grafik



Gambar 4.5 grafik pengaruh waktu karburising terhadap kekerasan pada suhu 900°C

Gambar 4.5 menunjukkan pengaruh proses karburising terhadap kekerasan baja karbon rendah. Kekerasan pada spesimen karburising mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan spesimen mula-mula. Hal tersebut dipengaruhi oleh masuknya karbon pada baja dengan waktu penahanan 1, 3, 5 jam dengan kata lain semakin lama penahanan karburising maka akan semakin keras baja tersebut. Pada penahanan 3 jam dan 5 jam terjadi peningkatan yang tidak begitu mencolok. Hal itu terjadi karena baja karbon pada penahanan 3 dan 5 jam tersebut dalam menyerap karbon sudah mendekati jenuh mengingat suhu pada permukaan dan inti dari baja sudah merata. Sedangkan dalam proses karburising sendiri masuknya karbon pada dinding adalah 0,1 mm tiap 1 jam.

Hasil dari karburising ini pada tiap dinding spesimen tidak sama. Jika dilakukan pengujian kekerasan pada satu spesimen diambil lebih dari satu titik akan menghasilkan pembacaan data yang berbeda, kemungkinan terjadi karena kesalahan pada waktu pengambilan data.

Kemungkinan lain yang menyebabkan hasil karburising tidak baik, mungkin pada waktu pencampuran antara karbon dengan bahan tambahan kurang tercampur dengan baik. Pencampuran yang kurang baik tersebut mempengaruhi masuknya karbon pada spesimen, bagian spesimen yang berada dekat dengan adonan yang komposisinya merata maka kekerasan yang didapat juga akan baik.

4.3. Pengujian tarik

4.3.1. Data Pertambahan Panjang dan Beban Maksimum

Tabel 4.6 Spesimen mula-mula

NO	Pertambahan panjang (mm)	Beban maksimum (kg)
1	8,4	402,5
2	8,0	422,6
3	8,2	421,2
4	8,3	426,1
5	8,3	428,2
Rata-Rata	8,24	420,12

Tabel 4.7 Karburising 1 jam

NO	Pertambahan panjang (mm)	Beban maksimum (kg)
1	6,2	491,8
2	6,0	485,1
3	5,2	499,5
4	6,5	481,5
5	7,0	486,3
Rata-rata	6,18	488,84

Tabel 4.8 Karburising 3 jam

NO	Pertambahan panjang (mm)	Beban maksimum (kg)
1	4,7	553,7
2	4,5	560,8
3	4,5	557,4
4	4,8	529,4
5	4,2	544,0
Rata-Rata	4,54	549,06

Tabel 4.9 Karburising 5 jam

NO	Pertambahan panjang (mm)	Beban maksimum (kg)
1	4,0	598,9
2	3,4	610,9
3	3,9	600,4
4	4,1	616,9
5	4,5	608,3
Rata-Rata	3,98	607,08

4.3.2. Perhitungan

Perhitungan untuk pengujian tarik

$$\sigma_U = \frac{P}{A_0} \frac{kg}{mm^2}$$

dengan: σ_U = Kekuatan tarik (kg/mm^2)

P_u = Beban maksimum (kg)

A_0 = Luas penampang awal (mm^2)

$$\sigma_U = \frac{402,5}{12,566} \left(\frac{kg}{mm^2} \right) = 32,031 \frac{kg}{mm^2}$$

Tegangan patah dari bahan yang ditarik memakai rumus:

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

dengan: σ_B = Tegangan patah (kg/mm^2)

P_B = Beban patah (kg)

A_o = Luas penampang awal (mm^2)

$$\sigma_B = \frac{284,04}{12,566} \left(\frac{kg}{mm^2} \right) = 22,6 \frac{kg}{mm^2}$$

Perbandingan antara pertambahan panjang (ΔL) dengan panjang awal

benda uji (L_o) disebut regangan (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100\%$$

dengan: ϵ = Regangan (%)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L_o = Panjang awal benda uji (mm)

$$\epsilon = \frac{8,4}{40} \times 100\% = 21\%$$

Perbandingan antara perubahan penampang setelah pengujian dengan sebelum pengujian disebut kontraksi (ψ), dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Psi = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100\%$$

dengan: ψ = Kontraksi

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

A_f = Luas penampang setelah pengujian tarik (mm^2)

$$\psi = \frac{12,566 - 2,18}{12,566} \times 100\% = 82,65\%$$

Tabel 4.10 Hasil perhitungan pengujian tarik spesimen mula-mula

No.	$\Delta L(\text{mm})$	Kekuatan Tarik $\sigma_u(\text{kg/mm}^2)$	Regangan $\epsilon(\%)$	Tegangan Patah $\sigma_B(\text{kg/mm}^2)$	Kontraksi $\psi(\%)$
1	8.4	32.0308	21	22,6	82.65
2	8	33.6304	20	23,05	82.57
3	8.2	33.519	20.5	22,96	82.65
4	8.3	33.9089	20.75	23,85	82.65
5	8.3	34.0761	20.75	23,86	82.57
Rata-rata	8.24	33,433	0.206	23.270	82.619

Tabel 4.11 Hasil perhitungan pengujian tarik spesimen karburising 1 jam

No.	$\Delta L(\text{mm})$	Kekuatan Tarik $\sigma_u(\text{kg/mm}^2)$	Regangan $\epsilon(\%)$	Tegangan patah $\sigma_B(\text{kg/mm}^2)$	Kontraksi $\psi(\%)$
1	6.2	39.1373	15.5	35,45	75.33
2	6	38.6041	15	29,87	75.33
3	5.2	39.7501	13	26,07	75.33
4	6.5	38.3176	16.25	27,83	75.4
5	7	38.6996	17.5	29,95	75.33
Rata-rata	6.18	38.902	0.1545	29,832	75.346

Tabel 4.12 Hasil perhitungan pengujian tarik spesimen karburising 3 jam

No.	$\Delta L(\text{mm})$	Kekuatan Tarik $\sigma_u(\text{kg/mm}^2)$	Regangan $\epsilon(\%)$	Tegangan Patah $\sigma_B(\text{kg/mm}^2)$	Kontraksi $\psi(\%)$
1	4.7	44.0633	0.1175	37,77	74.53
2	4.5	44.6282	0.1125	34,09	75.33
3	4.5	44.3577	0.1125	35,61	74.53
4	4.8	42.1295	0.12	31,43	74.53
5	4.2	43.2914	0.105	35,11	75.33
Rata-rata	4.54	43.694	0.1135	34,805	74.853

Tabel 4.13 Hasil perhitungan pengujian tarik spesimen karburising 5 jam

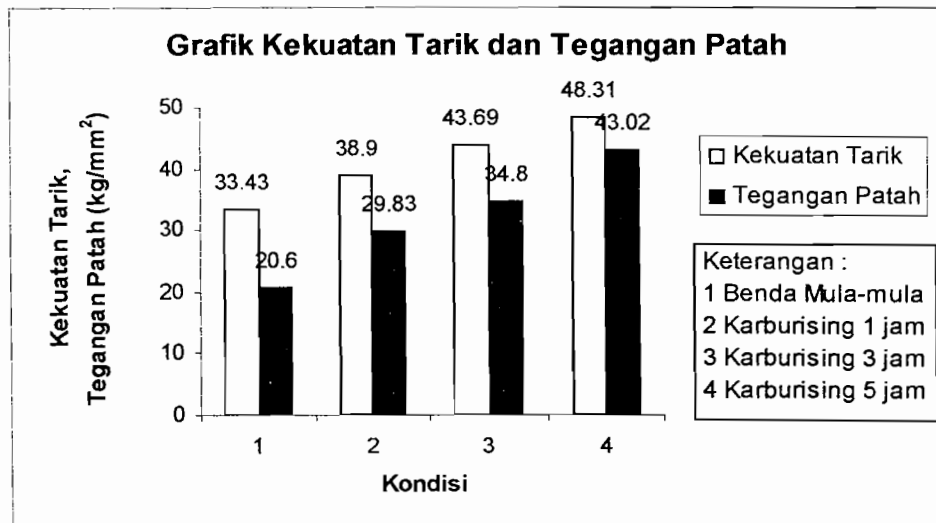
No.	$\Delta L(\text{mm})$	Kekuatan Tarik $\sigma_u(\text{kg/mm}^2)$	Regangan $\epsilon(\%)$	Tegangan Patah $\sigma_B(\text{kg/mm}^2)$	Kontraksi $\psi(\%)$
1	4	47.6603	0.1	43,26	74.53
2	3.4	48.6153	0.085	44,17	72.14
3	3.9	47.7797	0.0975	44	73.73
4	4.1	49.0927	0.1025	45,32	72.14
5	4.5	48.4048	0.1125	38,35	72.94
Rata-rata	3.98	48.311	0.0995	43,024	73.102

4.3.3. Pembahasan pengujian tarik

Berdasarkan dari perhitungan data yang dilakukan didapatkan hasil rata-rata yang dapat dilihat pada Tabel 4.14

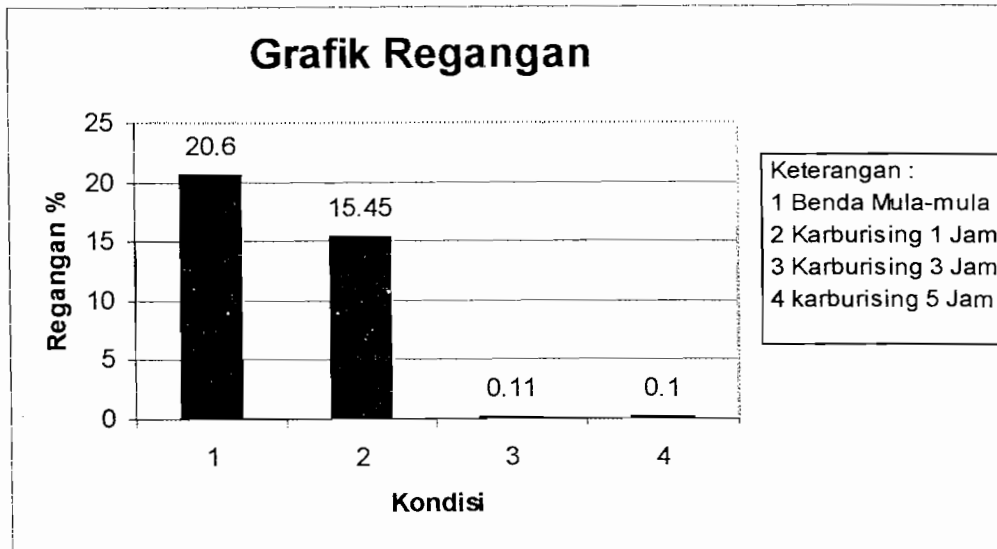
Tabel 4.14 Hasil rata-rata pengujian tarik

Spesimen	Kekuatan Tarik $\sigma_u(\text{kg/mm}^2)$	Tegangan Patah $\sigma_B(\text{kg/mm}^2)$	Regangan $\epsilon(\%)$	Kontraksi $\psi(\%)$
Mula-mula	33.433	23.270	20.6	82.619
Karburising 1 jam	38,902	29,832	15.45	75,346
Karburising 3 jam	43,694	34,805	0,1135	74,853
Karburising 5 jam	48,311	43,024	0,099	73,102



Gambar 4.6 Grafik kekuatan tarik dan tegangan patah

Gambar 4.6 menunjukkan peningkatan kekuatan tarik dan tegangan patah. Terjadinya peningkatan tersebut disebabkan oleh lamanya waktu penahanan karburising 1, 3, 5 jam. Akibat dari lamanya waktu penahanan tersebut maka karbon yang masuk pada permukaan baja menjadi lebih banyak. Pada bab 2 telah dijelaskan masuknya karbon tiap 1 jam adalah 0,1mm per jam. Karburising mengakibatkan permukaan baja menjadi keras, tetapi inti masih mempunyai keuletan yang tinggi karena masuknya karbon tidak sampai pada inti baja.



Gambar 4.7 Grafik Regangan terhadap kondisi

Gambar 4.7 menunjukkan semakin lama waktu penahanan pada kondisi 1, 3, 5 jam, harga regangan patah akan semakin menurun. Proses karburising pada prinsipnya adalah pengerasan permukaan, jadi disini baja karbon rendah yang terkarburasi menjadi keras sehingga keuletan baja karbon rendah akan turun. Akibat dari turunnya keuletan baja karbon rendah tersebut maka juga akan mempengaruhi regangan. Kekuatan tarik yang didapat digunakan untuk menentukan kekuatan bahan yang bersangkutan.

Hasil dari pengujian ini menunjukkan perubahan kekuatan tarik pada baja karbon rendah setelah proses karburising. Data spesimen mula-mula bila dibandingkan dengan data spesimen yang sudah dikarburising (dengan waktu 1,3,5 jam) akan terlihat bahwa kekuatan tarik dan tegangan patah semakin besar sesuai dengan lama waktu karburising. Sementara

untuk regangan dan kontraksi akan semakin kecil sesuai dengan lama waktu karburising. Berdasarkan hasil patahan dari spesimen juga dapat dilihat perbedaan bentuk dari patahan, untuk patahan spesimen mula-mula terlihat patah ulet sedang untuk spesimen hasil karburising terlihat patah getas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian, pengujian dan analisis di laboratorium Ilmu logam jurusan TM-FT Universitas Sanata Dharma maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kekuatan tarik dan tegangan patah pada proses karburising mengalami peningkatan dibandingkan dengan spesimen mula-mula. Sifat mekanis tersebut mengalami peningkatan yang baik. Proses karburising dengan menggunakan arang kayu dapat memperbaiki atau meningkatkan kekuatan tarik dan tegangan patah pada baja karbon rendah. Regangan dan kontraksi pada proses ini mengalami penurunan jika dibanding dengan spesimen mula-mula karena keliatan dari bahan tersebut sudah menurun akibat proses karburising.
2. Kekerasan pada proses karburising ini mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan spesimen mula-mula. Bertambahnya kekerasan dipengaruhi oleh banyaknya karbon yang masuk dalam baja dan lama waktu penahanan karburising.
3. Pada analisis struktur mikro spesimen mula-mula dengan spesimen yang telah dikarburising terjadi perubahan yang mencolok, pada spesimen mula-mula pada bagian dinding, ferit lebih banyak dari pada perlit tetapi setelah dilakukan karburising perlit lebih banyak dari ferit. Perlit semakin

terlihat pada dinding baja, peningkatan tersebut dipengaruhi oleh lamanya waktu penahanan karburising.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian ini Penulis memberikan saran :

1. Ukuran spesimen lebih diperhatikan agar tidak terjadi kesulitan pada saat uji kekerasan.
2. Pack karburising harus betul-betul rapat dan terhindar dari kebocoran agar karbon tidak keluar sia-sia.
3. Arang ditumbuk yang halus agar pada saat pencampuran dengan bahan tambahan lebih merata, sehingga pada saat proses karburising karbon yang masuk pada spesimen dapat merata.

DAFTAR PUSTAKA

Dieter, G. E. diterjemahkan oleh Sriati Djapri, *Metalurgi Mekanik*, Edisi ketiga, jilid 1, Penerbit Erlangga – Jakarta.

Suratman, R., 1994, *Paduan Proses Perlakuan Panas*, Lembaga Penelitian Institut Teknologi Bandung.

Surdia, T., Sato, S., *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan kelima, Penerbit PT Pradnya Paramita – Jakarta.

Suroso. A., Sudibyo. S, *Ilmu Logam*, materi kuliah ATMI Surakarta.



LAMPIRAN



UJIAN PENDADARAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI
TANGGAL : 24 Juli 2004

NAMA Mhs. : ALOYSIUS ALEX PRABOWO

NIM : 985214071

JUDUL :
" The Effect Of Carburizing With Wood Charcoal Of low
Carbon Steel. "

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

Pembimbing Kedua : -

USULAN REVISI DARI DOSEN PENGUJI

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

- * Daftar pustaka .
- * Keterangan sumbu grafik pada lampiran
- * Satuan-satuan dalam Tabel 4.6 . (hal 46)
- * Penulisan / penyusunan Tabel dalam naskah diawali dengan huruf besar .
- * Hal 25 Keterangan pada elinea ke-2 Bag 3.4 langkah carburizing di perjelas .

Acc - 28-7-04
Budi Setyahandana

PANY : PT. ITOKOH CEPERINDO
 PLE NAME : BAJA KARBON A - PRIYO - SADAR
 NACE : HK0749D-03/32
 RATOR : MARYADI
 oy : SC Mode : PA 10-Nov-2003 Time 11:37

rt	1								
e	99.26	C	0.088	Si	0.028	Mn	0.414	P	0.019
	0.023	Ni	0.040	Cr	0.032	Mo	< 0.004	Cu	0.021
f	0.001	Nb	0.00	V	0.00	W	0.07	Ti	< 0.00
rt	2								
e	99.25	C	0.089	Si	0.029	Mn	0.424	P	0.019
	0.022	Ni	0.045	Cr	0.031	Mo	< 0.004	Cu	0.022
f	0.001	Nb	0.01	V	0.00	W	0.06	Ti	< 0.00
rt	3								
e	99.26	C	0.084	Si	0.028	Mn	0.426	P	0.019
	0.021	Ni	0.041	Cr	0.032	Mo	< 0.004	Cu	0.020
f	0.001	Nb	0.01	V	0.00	W	0.06	Ti	< 0.00
rt	rage								
e	99.25	C	0.087	Si	0.028	Mn	0.421	P	0.019
	0.022	Ni	0.042	Cr	0.032	Mo	< 0.004	Cu	0.021
f	0.001	Nb	0.01	V	0.00	W	0.06	Ti	< 0.00

PT. ITOKOH CEPERINDO

Grafik Beban dan Pertambahan Panjang

L

P

402,5 kg

284,04 kg

ΔL

1

P

422,6 kg

289,71 kg

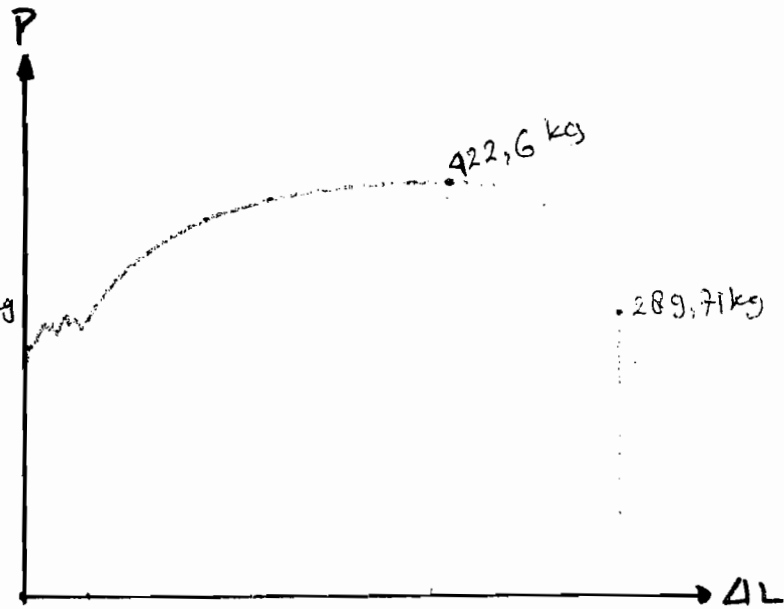
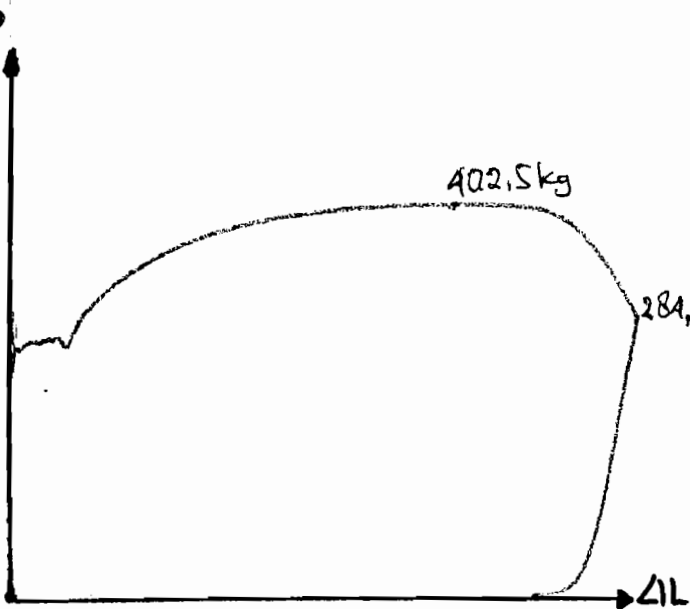
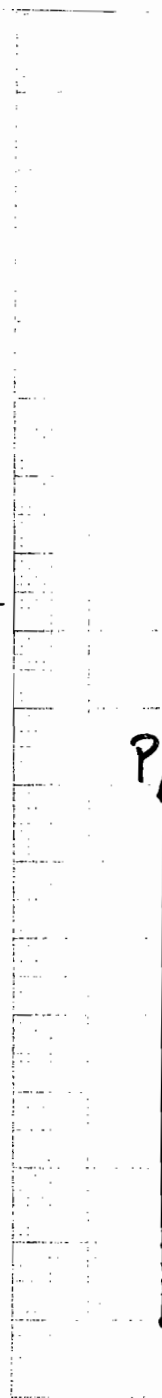
ΔL

2

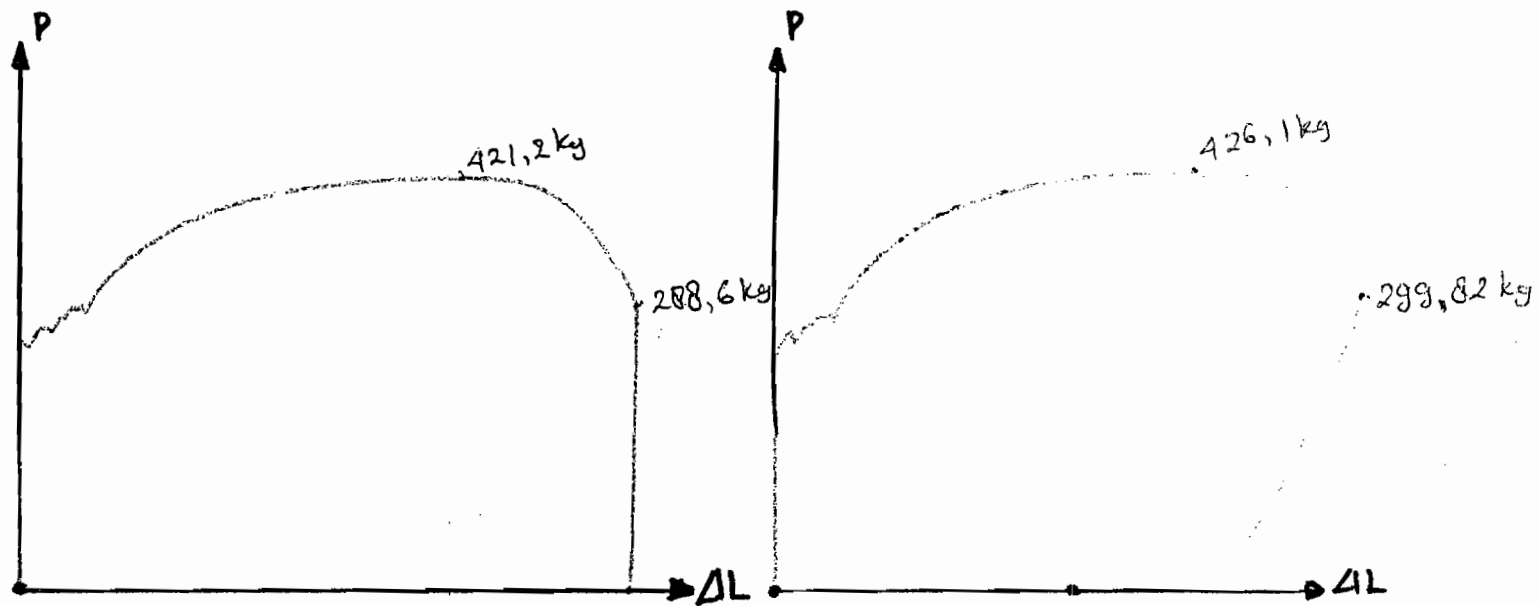
keterangan :

P = Beban

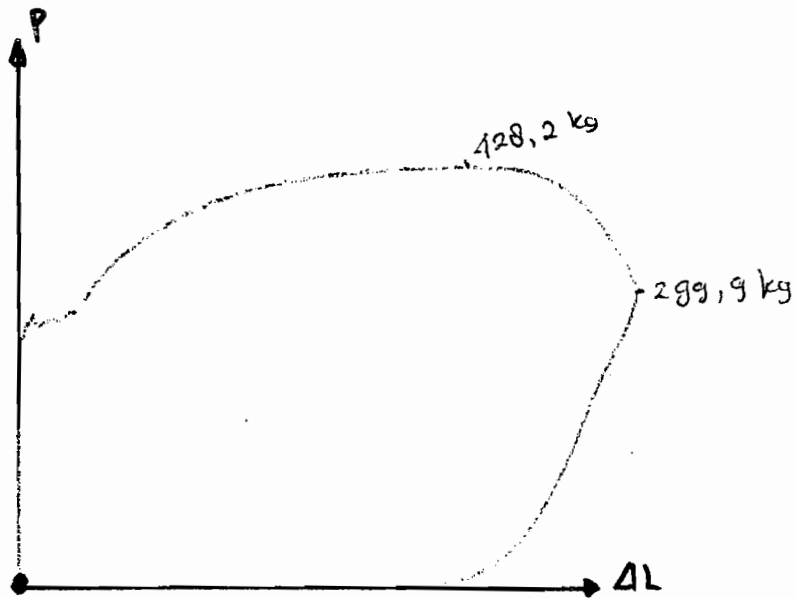
ΔL = Pertambahan Panjang



Grifik Beban dan Pertambahan Panjang

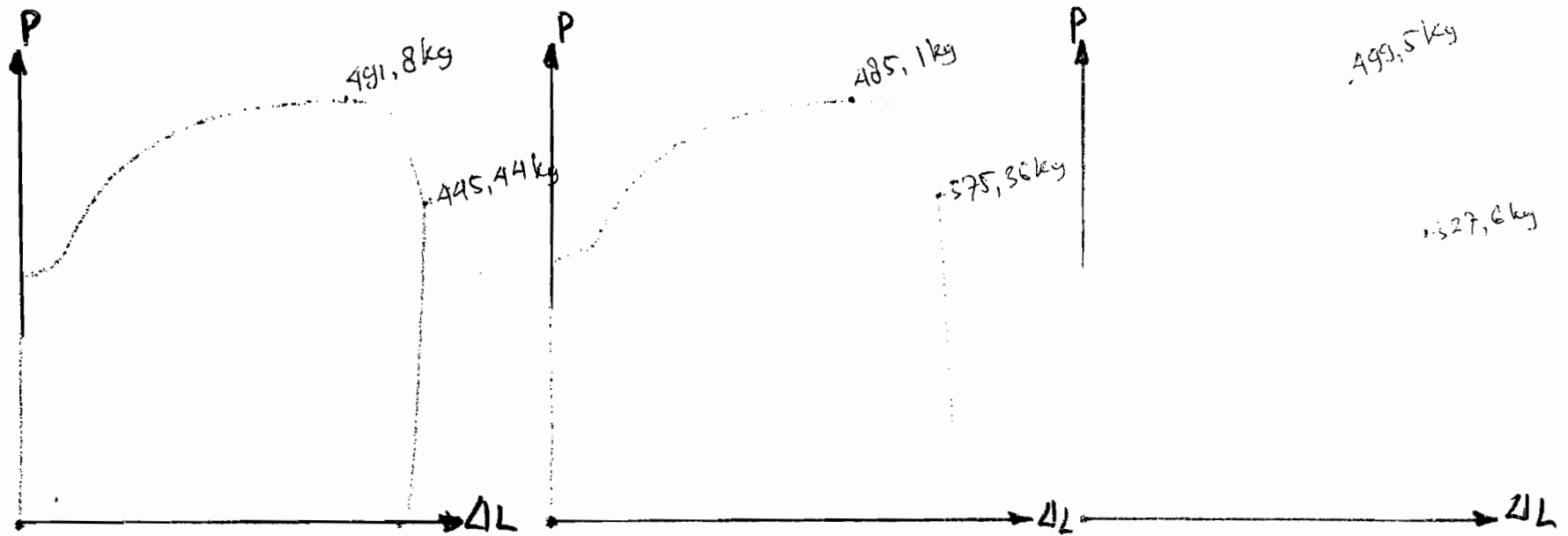


Grafik Beban dan Pertambahan Panjang

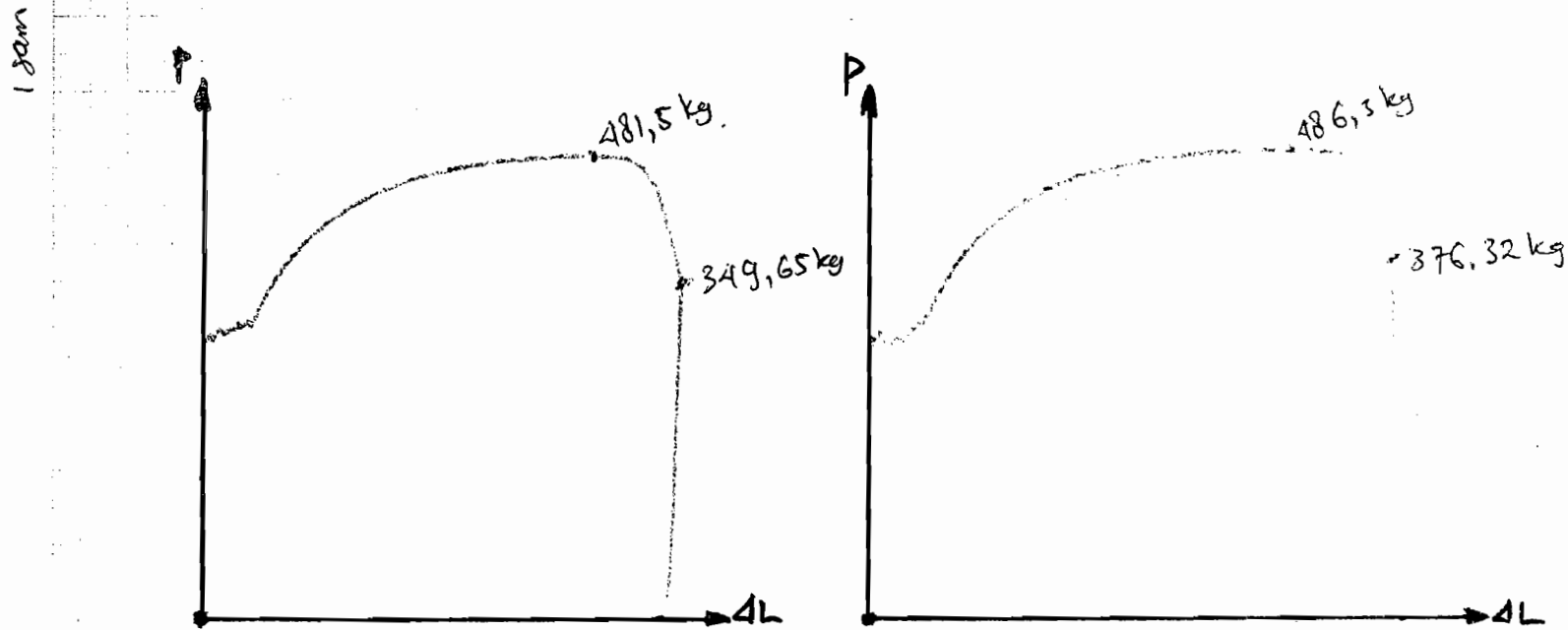


Grafik Beban dan Pertambahan Panjang

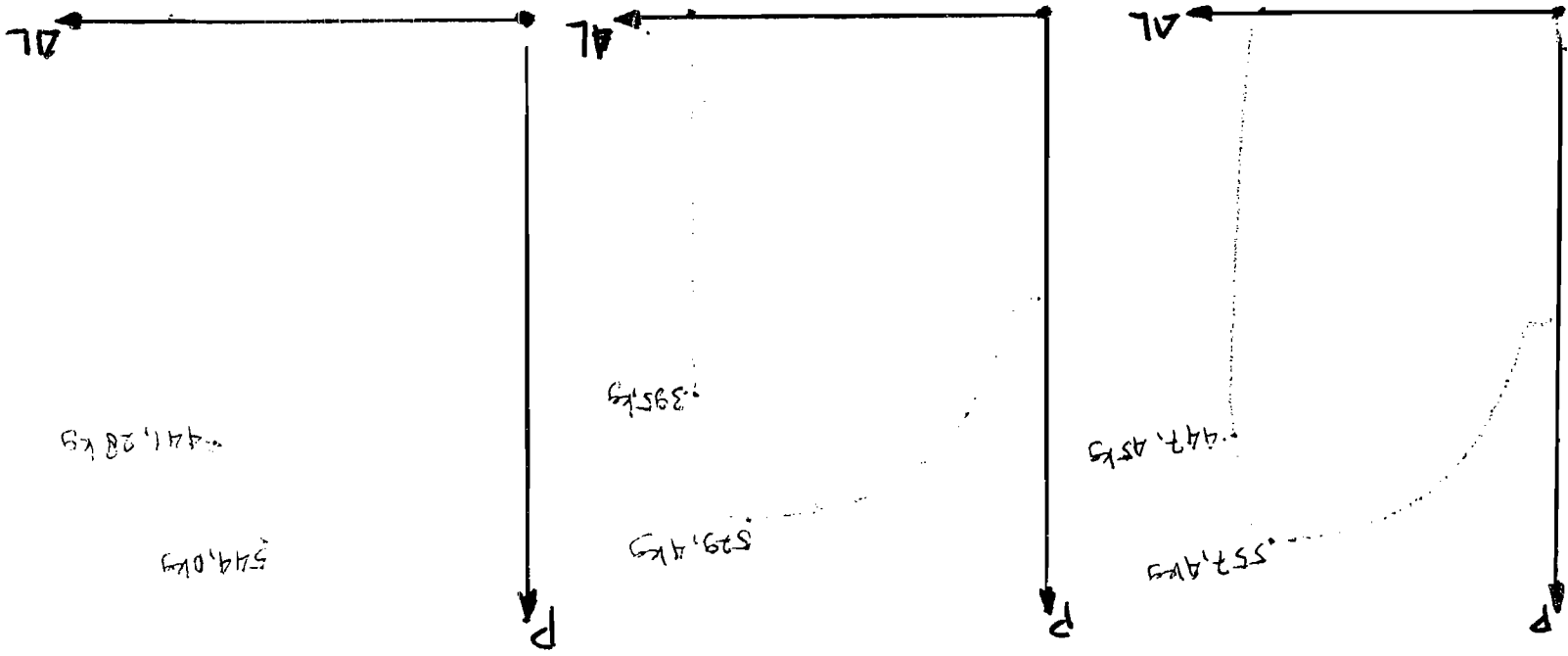
1 cm.



Grafik Beban dan Pertambahan Panjang

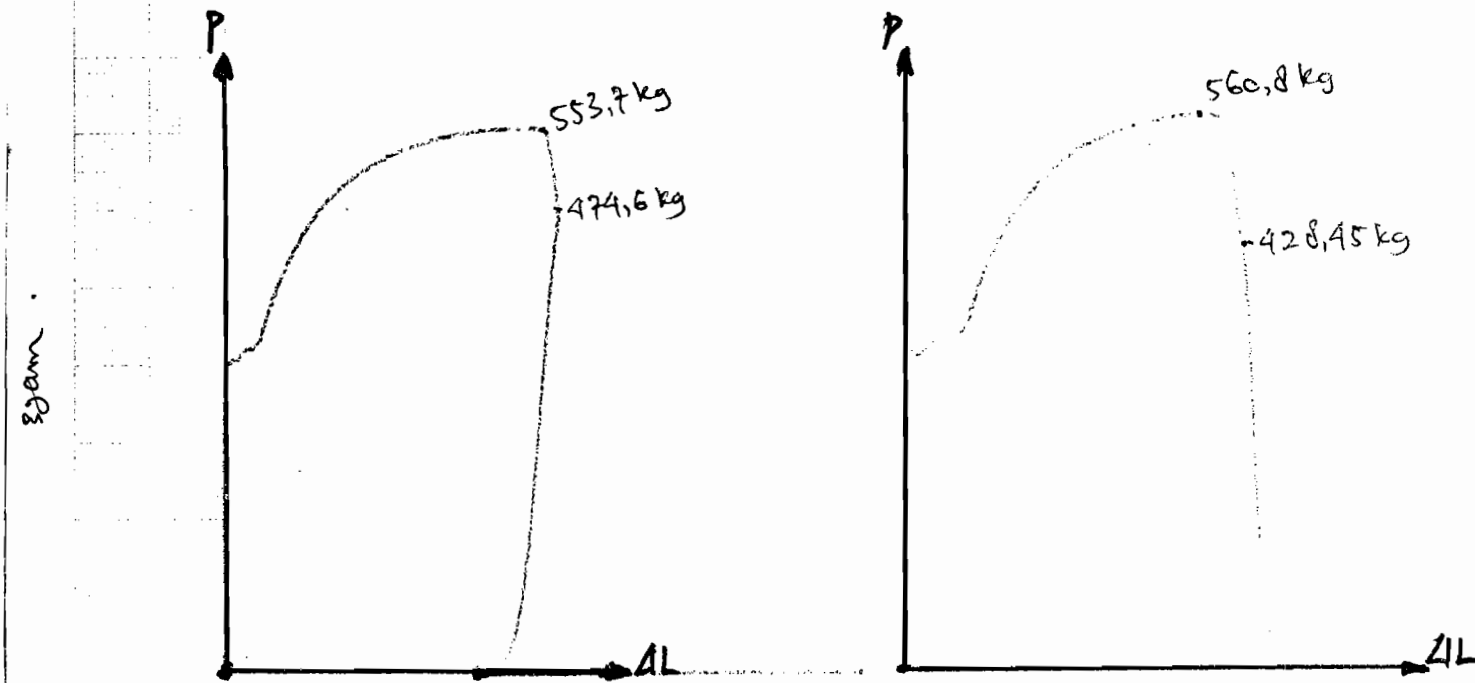


Grafik Beban dan Pertambahan Panjang

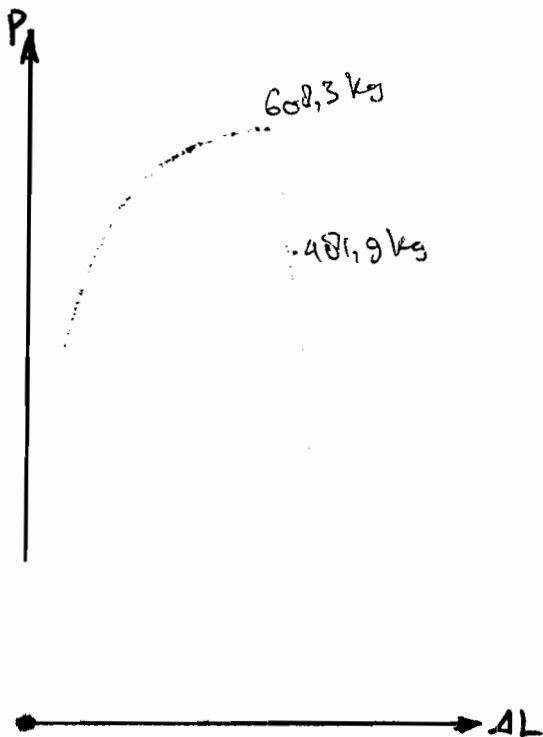
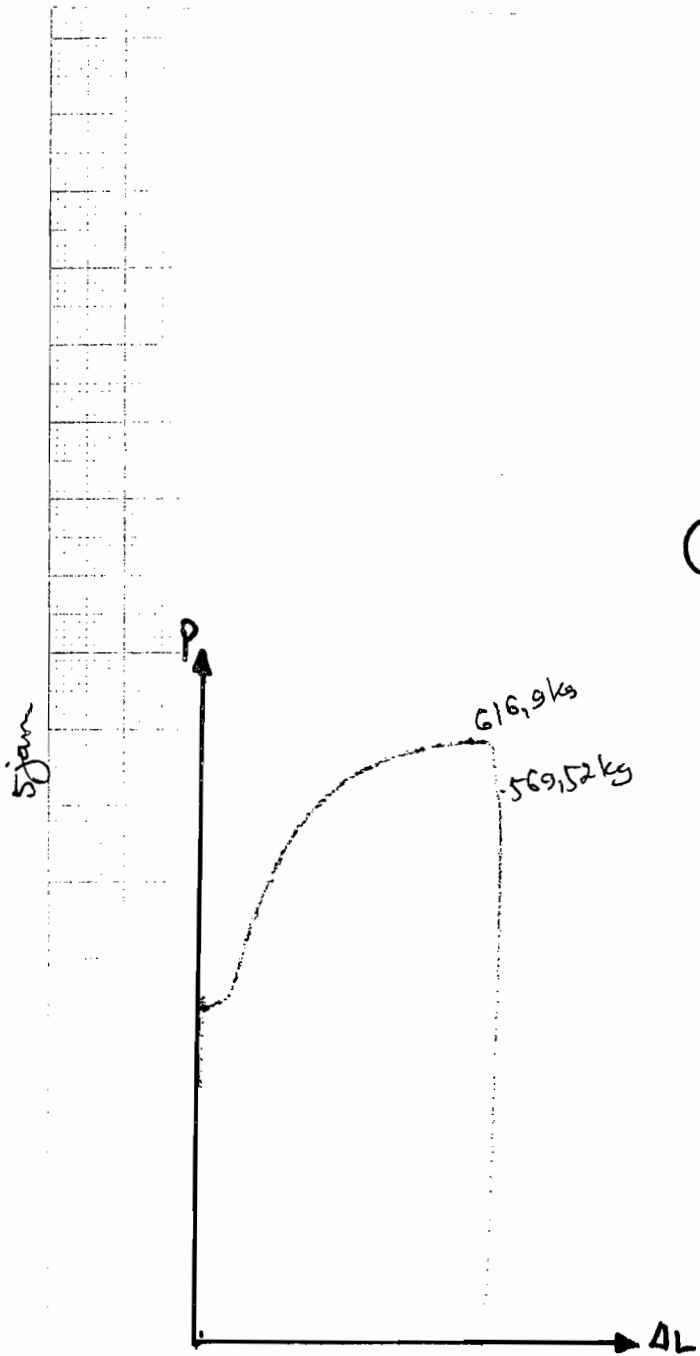


slam

Grafik Beban dan Pertambahan Panjang



Grafik Beban dan Pertambahan Panjang



Grafik Beban dan Pertambahan Panjang

