

**PENGARUH PENAMBAHAN Si TERHADAP SIFAT FISIS
DAN MEKANIS PADUAN ALUMINIUM**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Fx. Andesta Triharpinto

NIM : 995214151

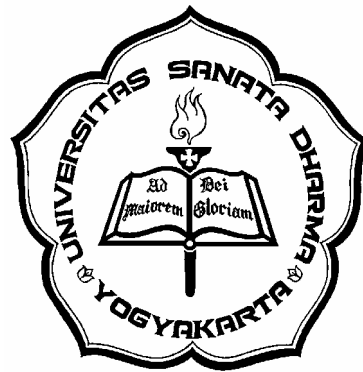
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA**

2007

**THE EFFECTS OF Si ADDITION ON THE PHYSICAL AND
MECHANICAL PROPERTIES OF ALUMINIUM ALLOY**

FINAL PROJECT

Presented as Partial Fulfillment of The Requirements
To Obtain The Sarjana Teknik Degree
In Mechanical Engineering



By :

Fx. Andesta Triharpinto

Student Number : 995214151

**MECHANICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
ENGINEERING FACULTY
SANATA DHARMA UNIVERCITY
YOGYAKARTA**

2007

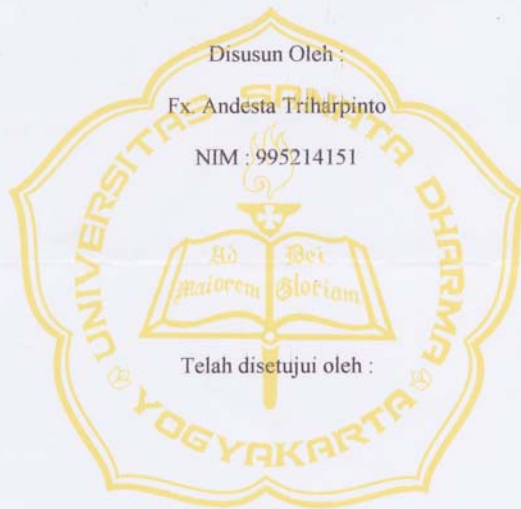
TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN SI TERHADAP SIFAT FISIS
DAN MEKANIS PADUAN ALUMINIUM**

Disusun Oleh :

Fx. Andesta Triharpinto

NIM : 995214151



Telah disetujui oleh :

Pembimbing I

A handwritten signature in black ink, appearing to read "I Gusti Ketut Puja".

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

Tanggal : 29-03-2007

TUGAS AKHIR
PENGARUH PENAMBAHAN Si TERHADAP SIFAT FISIS
DAN MEKANIS PADUAN ALUMINIUM

Dipersiapkan dan disusun oleh :

Fx. Andesta Triharpinto

NIM : 995214151

Telah dipertahankan didepan panitia penguji

Pada tanggal 27 Maret 2007

Dan dinyatakan memenuhi syarat

Susunan panitia penguji :

Ketua : Budi Sugiharto, S.T., M.T.

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

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

Yogyakarta, 2007

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

Yogyakarta, Maret 2007

Fx. Andesta Triharpinto

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti pengaruh penambahan unsur silikon terhadap sifat fisis dan mekanis logam aluminium. Pada penelitian ini variasi prosentase unsur silikon yang digunakan yaitu 4%, 6%, 8%, 10%, 12%. Jenis pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik, pengujian kekerasan, pengujian massa jenis, pengujian porositas, dan pengamatan struktur mikro.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan Si terjadi peningkatan terhadap kekerasannya terutama pada variasi Al+12%Si, namun pada kekuatan tariknya terjadi penurunan. Kekuatan tarik tertinggi setelah diberi unsur Si adalah pada variasi Al+6%Si. Massa jenis dan porositas juga meningkat setelah diberi penambahan unsur Si. Perubahan struktur mikro terlihat terutama pada penambahan unsur Si sebanyak 10% dan 12%.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, dan rahmat-Nya yang melimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Tujuan dari penyusunan laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan jenjang program Strata 1 (S-1) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa laporan yang berhasil disusun ini masih jauh dari sempurna baik dari segi penulisan maupun materinya. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca untuk penyempurnaan laporan ini.

Pada kesempatan ini tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah sangat membantu, yaitu :

1. Ir. Greg. Heliarko, S.J.,S.S.,B.S.T.,M.A.,M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
2. Bapak Yosef Agung Cahyanta, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
3. Bapak I Gusti Ketut Puja, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu dengan memberikan penjelasan, saran dan bimbingan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Segenap dosen jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.

5. Para Laboran yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Sekretariat Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
7. Orang tua, kakak dan adik serta saudara-saudara penulis yang telah memberikan dorongan baik moral, spiritual maupun material bagi kelancaran studi penulis.
8. Serta rekan-rekan yang telah membantu hingga selesainya laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, Maret 2007

(Penulis)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	v
INTISARI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI DAN LAMBANG	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Batasan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1. Aluminium dan Silikon	4
2.2. Paduan Aluminium	6
2.3. Paduan Aluminium Utama	8
2.3.1 Paduan Al-Cu dan Al-Cu-Mg	8
2.3.2 Paduan Al-Mn	8
2.3.3 Paduan Al-Si	9

2.3.4	Paduan Al-Mg	12
2.3.5	Paduan Al-Mg-Si	12
2.3.6	Paduan Al-Mg-Zn	13
2.4.	Pengecoran	13
2.4.1	Perencanaan pengecoran	13
2.4.2	Pengujian hasil coran	16
2.5.	Bagian-bagian dalam pengecoran	17
BAB III	METODE PENELITIAN	19
3.1.	Diagram alir penelitian	19
3.2.	Bahan dan alat penelitian	20
3.3.	Proses pengecoran	20
3.4.	Pelaksanaan pengujian	21
3.4.1.	Alat alat yang digunakan dalam proses pengujian ...	21
3.4.2.	Pengujian tarik	22
3.4.3.	Pengujian kekerasan	24
3.4.4.	Pengamatan struktur mikro	26
3.4.5.	pengujian massa jenis	28
3.4.6.	Pengujian porositas	28
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	30
4.1.	Hasil pengujian tarik	30
4.2.	Hasil pengujian kekerasan	32
4.3.	Hasil pengujian massa jenis	34
4.4.	Hasil pengujian porositas	35

4.5. Hasil pengamatan struktur mikro	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1. Kesimpulan	39
5.2. Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Diagram fasa Al-Si 10
Gambar 2.2	Sifat sifat mekanik paduan modifikasi paduan Al-Si 10
Gambar 3.1	Diagram alir proses penelitian 19
Gambar 3.2	Spesimen benda uji 22
Gambar 3.3	Alat uji tarik 23
Gambar 3.4	Alat uji kekerasan 24
Gambar 3.5	Lup mikrometer 25
Gambar 3.6	Alat foto struktur mikro 27
Gambar 4.1	Grafik kekuatan tarik 31
Gambar 4.2	Grafik regangan 31
Gambar 4.3	Grafik kekerasan 33
Gambar 4.4	Grafik massa jenis 34
Gambar 4.5	Grafik porositas 36
Gambar 4.6	foto struktur mikro aluminium mula-mula 37
Gambar 4.7	foto struktur mikro aluminium + 4%Si 37
Gambar 4.8	foto struktur mikro aluminium + 6%Si 37
Gambar 4.9	foto struktur mikro aluminium + 8%Si 37
Gambar 4.10	foto struktur mikro aluminium + 10%Si 37
Gambar 4.11	foto struktur mikro aluminium + 12%Si 37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Sifat-sifat fisik aluminium 5
Tabel 2.2	Sifat-sifat mekanik aluminium 5
Tabel 2.3	Klasifikasi paduan aluminium tempaan 7
Tabel 2.4	Klasifikasi perlakuan bahan 7
Tabel 2.5	Kekuatan tarik panas paduan Al-Si-Ni-Mg 11
Tabel 3.1	Penggunaan penetrator untuk uji kekerasan Brinell 26

DAFTAR NOTASI DAN LAMBANG

σ	= Kekuatan tarik	(kg/mm ²)
A	= Luas penampang	(mm ²)
F	= Beban tarik	(kg)
ε	= Regangan	(%)
ΔL	= Pertambahan panjang	(mm)
L	= Panjang awal	(mm)
BHN	= Angka Brinell	(kg/mm ²)
P	= Gaya yang bekerja pada penetrator	(kg)
D	= Diameter penetrator	(mm)
d	= Diameter bekas injakan atau penekanan	(mm)
ρ	= Massa jenis	(gr/cm ³)
m	= Massa benda uji	(gr)
v	= Volume benda uji	(cm ³)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pada masa-masa sekarang ini ada begitu banyak produk yang menggunakan bahan dasar logam baik murni maupun campuran dan salah satunya yaitu aluminium, aluminium banyak digunakan karena memiliki banyak kelebihan diantaranya adalah tahan korosi dan ringan. Aluminium digunakan dalam banyak industri untuk menghasilkan bermacam-macam produk dan aluminium adalah salah satu jenis logam yang sangat penting dalam ekonomi dunia. Komponen yang dibuat dari aluminium dan campurannya sangat penting dalam industri aeroangkasa dan juga dalam industri otomotif, di mana keringanan, ketahanan korosi, dan kekuatan sangat diperlukan.

Untuk meningkatkan sifat-sifat mekaniknya biasanya aluminium diberi tambahan atau dipadukan dengan unsur lain dan salah satu unsur yang sering ditambahkan adalah silikon. Paduan aluminium silikon atau biasa ditulis dengan simbol Al-Si sangat banyak digunakan dalam industri otomotif sebagai contoh yaitu dalam pembuatan piston dan bagian-bagian mesin lainnya, paduan aluminium silikon digunakan karena paduan aluminium silikon ini mempunyai mampu cor yang sangat baik, ketahanan panas tinggi, serta kekerasan dan kekuatan tarik yang meningkat.

Dari sini penyusun akan mencoba untuk menambahkan beberapa variasi jumlah silikon yang akan dipadukan dengan aluminium, yaitu dengan komposisi penambahan silikon sebanyak 4%, 6%, 8%, 10% dan 12%.

1.2. Batasan Masalah

Masalah yang akan diteliti adalah hasil pengecoran paduan aluminium silikon dengan penambahan silikon sebanyak 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% kemudian akan dilakukan pengujian tarik, kekerasan, struktur mikro, massa jenis dan porositas selanjutnya dilakukan perbandingan antara paduan satu dan lainnya untuk mencari paduan yang terbaik.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk :

- Menyelidiki pengaruh penambahan variasi unsur Si pada aluminium terhadap kekuatan tariknya.
- Menyelidiki pengaruh penambahan variasi unsur Si pada aluminium terhadap kekerasannya.
- Menyelidiki pengaruh penambahan variasi unsur Si pada aluminium terhadap massa jenis, porositas dan perubahan struktur mikro yang terjadi.

1.4. Sistematika Penulisan

Bab 1 Pendahuluan

Dalam bab ini akan dibahas mengenai alasan dan latar belakang pengambilan masalah untuk penelitian, tujuan dan metode penulisan laporan penelitian dan tugas akhir ini.

Bab 2 Dasar Teori

Akan dibahas mengenai sifat dan karakteristik dari aluminium dan beberapa paduannya.

Bab 3 Metode Penelitian

Dalam bab ini membahas tentang bahan-bahan, diagram alir penelitian dan pelaksanaan pengujian.

Bab 4 Pembahasan

Dari hasil pengujian benda uji nantinya dapat dibandingkan antara benda uji satu dengan lainnya dari segi kekerasan, kekuatan tarik, massa jenis, porositas dan struktur mikronya.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Dari perbandingan benda uji, dapat ditarik kesimpulan mengenai pengaruh penambahan silikon sebanyak 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% pada aluminium.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Aluminium dan Silikon

Karena penelitian yang akan dilakukan adalah mengenai paduan aluminium dengan silikon (Al-Si) maka ada baiknya diketahui terlebih dahulu mengenai sifat-sifat dan karakteristik dari aluminium dan silikon.

Aluminium merupakan logam non fero dengan simbol Al dan bernomor atom 13 dengan ciri-ciri berwarna keperakan, ringan, mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik, serta sifat-sifat baik lainnya sebagai logam. Untuk meningkatkan sifat mekaniknya biasanya diberi tambahan unsur lain seperti Cu, Mg, Si, Mn, Zn dan sebagainya secara satu persatu atau bersamaan. Dengan memberikan unsur tambahan juga memperbaiki sifat-sifat lainnya seperti ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah, hantaran listrik yang lebih baik dan sebagainya.

Aluminium didapat dalam keadaan cair dengan proses elektrolisa, umumnya mencapai kemurnian 99,85% berat. Dengan mengelektrolisa kembali dapat dicapai angka kemurnian hingga 99,99%. Ketahanan korosi aluminium berubah menurut kemurniannya, pada umumnya untuk kemurnian 99,0% atau di atasnya dapat dipergunakan di udara bebas dan mampu bertahan dalam waktu bertahun-tahun. Hantaran listrik aluminium kira-kira 65% dari hantaran listrik tembaga, tetapi dengan massa jenisnya kira-kira sepertiga tembaga sehingga memungkinkan untuk memperluas penampangnya. Oleh karena itu dapat

digunakan untuk kabel tenaga dan dalam berbagai bentuk umpamanya sebagai lembaran tipis (*foil*), untuk reflektor dan juga untuk kondensator elektrolitik.

Tabel 2.1 menunjukkan sifat-sifat fisik Al dan Tabel 2,2 menunjukkan sifat-sifat mekaniknya.

Tabel 2.1 Sifat-sifat fisik aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,99	>99,0
Massa jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titik cair	660,2	653-657
Panas jenis (cal/g°C) (100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temperatur(/°C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (20 - 100°C)	23,86 x 10 ⁻⁴	23,5 x 10 ⁻⁴
Jenis kristal, konstanta kisi	fcc,a=4,013 kX	fcc,a=4,04 kX

(Sumber : Surdia, T., Saito, S. : Pengetahuan Bahan Teknik, 134)

Tabel 2.2 Sifat-sifat mekanik aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)			
	99,99		>99,0	
	Dianil	75% dirol dingin	Dianil	H 18
Kekuatan tarik (kg/mm ²)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan mulur (0,2%) (kg/mm ²)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

(Sumber : Surdia, T., Saito, S. : Pengetahuan Bahan Teknik, 134)

Silikon merupakan salah satu unsur kimia dengan simbol Si dan bernomor atom 14 dengan ciri-ciri kelabu gelap dengan kilauan keperakan seperti logam , silikon merupakan unsur terbanyak kedua yang terkandung dalam kerak Bumi yaitu sekitar 25,7%. Silikon sangat banyak digunakan dalam perusahaan logam sebagai campuran aluminium dan dalam perusahaan elektronik sebagai bahan

semi konduktor. Silikon mempunyai titik lebur pada suhu sekitar 1400°C, dan titik didihnya pada suhu sekitar 3250°C.

2.2. Paduan Aluminium

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara di dunia. Saat ini klasifikasi yang sangat terkenal dan sempurna adalah standar Aluminium Association di America (AA) yang di dasarkan atas standar terdahulu dari Alcoa (Aluminium Company of America). Paduan tempaan dinyatakan dengan satu atau dua angka “S”, sedangkan paduan coran dinyatakan dengan 3 angka. Standar AA menggunakan penandaan dengan 4 angka sebagai berikut : Angka pertama menyatakan sistem paduan dengan unsur-unsur yang ditambahkan yaitu : 1. Al murni, 2. Al-Cu, 3. Al-Mn, 4. Al-Si, 5. Al-Mg, 6. Al-Mg-Si, 7. Al-Zn.

Sebagai contoh paduan Al-Cu dinyatakan dengan angka 2000. angka pada tempat kedua menyatakan kemurnian dalam paduan yang dimodifikasi dan Al murni , sedangkan angka ketiga dan keempat dimaksudkan untuk tanda Alcoa terdahulu kecuali S. sebagai contoh, 3S sebagai 3003 dan 63S sebagai 6063.

Tabel 2.3 menunjukkan hubungan tersebut.

Tabel 2.3 Klasifikasi paduan aluminium tempaan

Standar AA	Standar Alcoa	Keterangan
1001	1S	Al murni 99,5% atau di atasnya
1100	2S	Al murni 99,0% atau di atasnya
2010 – 2029	10S – 29S	Cu merupakan unsur paduan utama
3003 – 3009	3S – 9S	Mn merupakan unsur paduan utama
4030 – 4039	30S – 39S	Si merupakan unsur paduan utama
5050 – 5086	50S – 69S	Mg merupakan unsur paduan utama
6061 – 6069		Mg ₂ Si merupakan unsur paduan utama
7070 – 7079	70S – 79S	Zn merupakan unsur paduan utama

(Sumber : Surdia, T., Saito, S. : Pengetahuan Bahan Teknik, 135)

Dalam paduan aluminium perubahan yang berarti dari material disebabkan oleh perlakuan panas , sebagai contoh untuk 7075-T6, tabel 2.4 menunjukkan klasifikasi perlakuan bahan aluminium.

Tabel 2.4 Klasifikasi perlakuan bahan

Tanda	Perlakuan
- F	Setelah pembuatan
- O	Dianil penuh
- H	Pengerasan regangan
- H 1a	Pengerasan regangan
- H 2a	Sebagian dianil setelah pengerasan regangan
- H 3a	Dianil untuk penyetabilan setelah pengerasan regangan, n=2 (1/4 keras), 4 (1/2 keras), 6 (3/4 keras), 8 (keras), 9 (sangat keras)
- T	Perlakuan panas
- T2	Penganilan penuh (hanya untuk coran)
- T3	Pengerasan regangan setelah perlakuan pelarutan
- T4	Penuaan alamiah penuh setelah perlakuan pelarutan
- T5	Penuaan tiruan (tanpa perlakuan pelarutan)
- T6	Penuaan tiruan setelah perlakuan pelarutan
- T7	Penyetabilan setelah perlakuan pelarutan
- T8	Perlakuan pelarutan, pengerasan regangan, penuaan tiruan
- T9	Perlakuan pelarutan, penuaan tiruan, pengerasan regangan
- T10	Pengerasan regangan setelah penuaan tiruan

(Sumber : Surdia, T., Saito, S. : Pengetahuan Bahan Teknik, 135)

2.3. Paduan Aluminium Utama

2.3.1 Paduan Al-Cu dan Al-Cu-Mg

Sebagai paduan coran, dipergunakan paduan yang mengandung 4-5%Cu. Ternyata dari fasanya paduan ini mempunyai resiko besar pada kegetasan panas dan mudah terjadi retakan pada coran. Adanya Si sangat berguna untuk mengurangi keadaan itu dan penambahan Si juga sangat efektif untuk memperhalus butir. Dengan perlakuan panas T6 pada coran dapat dibuat bahan yang mempunyai kekuatan tarik kira-kira 25 kgf/mm².

Paduan yang mengandung 4% Cu dan 0,5% Mg dapat mengeras dengan sangat dalam beberapa hari oleh penuaan pada temperatur biasa setelah pelarutan. Paduan Al yang kuat dinamakan duralumin yang sangat terkenal disebut paduan 2017, komposisi standarnya adalah Al-4%Cu-0,5%Mg-0,5%Mn. Paduan yang mana Mg ditingkatkan pada komposisi standar dari Al-4,5%Cu-1,5%Mg-0,5%Mn dinamakan paduan 2024, nama lainnya disebut duralumin super. Paduan yang mengandung Cu mempunyai ketahanan korosi yang jelek, jadi apabila ketahanan korosi khusus diperlukan, permukaan dilapisi dengan Al murni atau paduan Al yang tahan korosi yang disebut pelat alkad.

2.3.2 Paduan Al-Mn

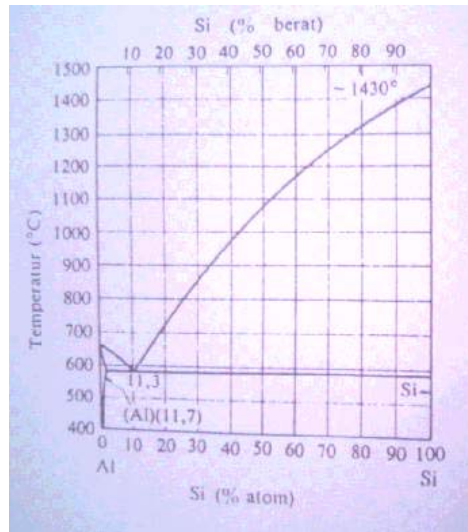
Mn adalah unsur yang memperkuat Al tanpa mengurangi ketahanan korosi, dan dipakai untuk membuat paduan yang tahan korosi. Paduan Al-1,2%Mn dan Al-1,2%Mn-1,0%Mg dinamakan paduan 3003 dan 3004 yang dipergunakan sebagai paduan tahan korosi tanpa perlakuan panas

2.3.3 Paduan Al-Si

Paduan aluminium silikon (Al-Si) sangat baik kecairannya, mempunyai permukaan yang baik, tanpa kegetasan panas, dan sangat baik untuk paduan coran. Sebagai tambahan, paduan aluminium silikon mempunyai ketahanan korosi yang baik, sangat ringan, koefisien pemuaian yang kecil dan sebagai penghantar yang baik untuk listrik dan panas. Karena mempunyai kelebihan yang mencolok, paduan aluminium silikon sangat banyak dipakai. Paduan Al-12%Si sangat banyak dipakai untuk paduan cor cetak, tetapi dalam hal ini modifikasi tidak perlu dilakukan.

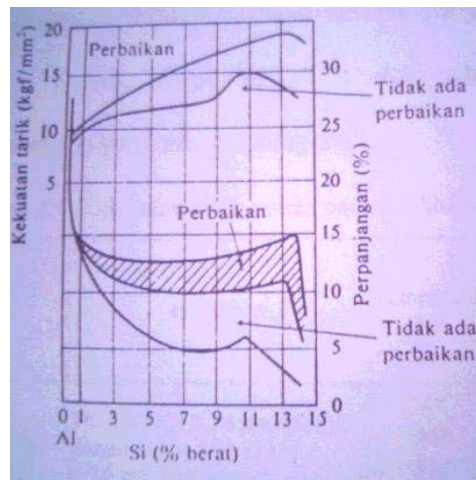
Gambar 2.1 menunjukkan diagram fasa dari sistem ini. Ini adalah tipe eutektik yang sederhana yang mempunyai titik eutektik pada 577°C , 11,7%Si, larutan padat terjadi pada sisi aluminium, karena batas kelarutan padat sangat kecil maka pengerasan penuaan sukar diharapkan.

Kalau paduan ini didinginkan pada cetakan logam, setelah cairan logam diberi natrium flourida kira-kira 0,05-1,1% kadar logam natrium, tampaknya temperatur eutektik meningkat kira-kira 15°C , dan komposisi eutektik bergeser ke daerah kaya Si kira-kira pada 14%. Hal ini biasa terjadi pada paduan hiper eutektik seperti 11,7-14%Si. Si mengkristal sebagai kristal primer, tetapi karena perlakuan seperti yang disebut diatas, Al mengkristal sebagai kristal primer dan strukturnya menjadi sangat halus. Ini dinamakan sebagai struktur yang dimodifikasi. Gambar 2.2 menunjukkan sifat-sifat mekaniknya yang sangat diperbaiki.



Gambar 2.1 Diagram fasa Al-Si

(Sumber : Surdia, T., Saito, S. : Pengetahuan Bahan Teknik, 137)



Gambar 2.2 Perbaikan sifat-sifat mekanik oleh modifikasi paduan Al-Si

(Sumber : Surdia, T., Saito, S. : Pengetahuan Bahan Teknik, 137)

Aluminium +11-14%Si dengan tambahan unsur Mn sebanyak 0,15-0,4% dan Mg 0,5% sangat diperbaiki oleh perlakuan panas. Umumnya paduan yang diberi perlakuan pelarutan dan dituakan dinamakan silumin γ , dan yang hanya ditemper saja dinamakan silumin β . Paduan yang memerlukan perlakuan panas

ditambah dengan Mg juga Cu serta Ni untuk memberikan kekerasan pada saat panas, bahan ini biasa dipakai untuk torak motor. Tabel 2.5 menunjukkan kekuatan panas dari contoh tersebut.

Koefisien pemuaian termal dari Si sangat rendah, oleh karena itu paduannya pun mempunyai koefisien muai yang rendah apabila ditambah Si lebih banyak. Berbagai cara dicoba untuk memperhalus butir primer Si, dan telah dikembangkan paduan hypereutektik Al-Si sampai 29%Si. Dalam hal ini penghalusan kristal primer Si yang dijelaskan di atas tidaklah efektif, tetapi dengan penambahan P oleh paduan Cu-P atau penambahan fosfor klorida (PCl₅) untuk mencapai prosentase 0,001%P, dapat tercapai penghalusan kristal primer dan homogenisasi. Paduan AL-Si banyak dipakai dengan elektroda untuk pengelasan yaitu terutama yang mengandung 5%Si.

Tabel 2.5 Kekuatan tarik panas paduan Al-Si-Ni-Mg

Paduan	Perlakuan	Temperatur uji (%)	Sifat-sifat mekanik		
			Kekuatan tarik (kgf/mm ²)	Kekuatan mulur (kgf/mm ²)	Perpanjangan (%)
Alcoa 32S Al-12,5Si-1,0Mg-0,9Cu-0,9Ni (untuk dibentuk)	T6: 510-521 C, 4 jam dicelup dingin di air, 160-174 C 6-10 jam penuaan	24	39,2	32,2	8
		204	11,2	8,8	30
		316	4,2	2,5	60
		371	2,5	1,4	120
Alcoa A132 Al-12Si-2,5Ni-1,2Mg-0,8Cu (untuk dicor cetak)	T551: 168-174 C, 14-18 jam dianil, tanpa perlakuan pelarutan	24	25,2	19,6	0,5
		204	16,1	9,5	2
		316	8,8	3,5	8
Alcoa D132 Al-9Si-3,5Cu-0,8Mg-0,8Ni (untuk dicor cetak)	T5: 204 C, 7-9 jam dianil, tanpa perlakuan pelarutan	24	25,2	19,6	1
		204	14,4	9,1	5
		316	6,3	4,2	20
		371	3,9	2,8	40

(Sumber : Surdia, T., Saito, S. : Pengetahuan Bahan Teknik, 138)

2.3.4 Paduan Al-Mg

Paduan Al-Mg mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik, sejak lama disebut *hidronalium* dan dikenal sebagai paduan yang tahan korosi Cu dan Fe sangat berbahaya bagi ketahanan korosi, terutama Cu sangat memberikan pengaruhnya. Maka perlu perhatian khusus terhadap tercampurnya unsur pengotor.

Paduan dengan 2-3%Mg dapat dengan mudah ditempa, dirol dan di ekstrusi, dan paduan 5052 adalah pasuan yang biasa dipakai sebagai bahan tempaan. Paduan 5056 adalah paduan yang paling kuat dalam sistem ini, dipakai setelah dikeraskan oleh pengerasan regangan apabila diperlukan kekerasan tinggi.

Paduan 5083 yang dianil (4,5%Mg) adalah paduan antara kuat dan mudah dilas, oleh karena itu sekarang banyak digunakan sebagai bahan untuk tangki LNG.

2.3.5 Paduan Al-Mg-Si

Kalau sedikit Mg ditambahkan kepada Al, pengerasan penuaan sangat jarang terjadi, tetapi apabila secara simultan mengandung Si, maka dapat dikeraskan dengan penuaan setelah perlakuan pelarutan. Hal ini disebabkan karena senyawa Mg-Si berkelakuan sebagai komponen murni dan membuat keseimbangan dari sistem biner semu dengan Al. paduan dalam sistem ini mempunyai kekuatan kurang sebagai bahan tempaan dibandingkan dengan paduan-paduan lainnya, tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya untuk

penempaan, ekstrusi dan sebagainya, dan sangat baik untuk mampu bentuk yang tinggi pada temperatur biasa.

2.3.6 Paduan Al-Mg-Zn

Aluminium menyebabkan keseimbangan biner semu dengan senyawa antar logam $MgZn_2$, dan kelarutannya menurun apabila temperatur turun. Paduan sistem ini dapat dikeraskan sekali dengan penuaan setelah perlakuan larutan, tetapi sejak lama tidak dipakai karena mempunyai sifat patah getas oleh retakan korosi. Pada tahun 1940, Igarashi dkk berhasil dalam pengembangan suatu paduan dengan penambahan 0,3%Mn atauCr dimana butir kristal padat diperhalus, serta retakan korosi tegangan tidak terjadi. Paduan tersebut dinamakan ESD, Duralumin Super Ekstra. Di Amerika telah dikembangkan pula suatu paduan yang terdiri dari Al-5,5%Zn-2,5%Mn-1,5%Cu-0,3%Cr, sekarang dinamakan paduan 7075. paduan ini mempunyai kekuatan tertinggi diantara paduan-paduan lainnya.

2.4. Pengecoran

2.4.1 Perencanaan pengecoran

Perencanaan pengecoran ini bertujuan agar tingkat keberhasilan saat pengecoran tinggi. Proses pengecoran adalah sebagai berikut :

- a. Penentuan pola (memakai pola yang sudah ada di lab)

Pola dibuat dengan proses *machining* secara langsung pada cetakan logam yaitu dengan memakai mesin milling.

b. Menetapkan kup, drag, dan permukaan pisah

Untuk mendapat hasil coran yang baik perlu diperhatikan penentuan kup, drag, dan permukaan pisah dengan ketentuan sebagai berikut :

- Pola harus mudah dikeluarkan dari cetakan
Permukaan pisah harus satu bidang. Pada dasarnya kup dibuat agak dangkal.
- Penempatan inti harus mudah
Tempat inti pada cetakan utama harus ditentukan secara teliti.
- Sistem saluran harus dibuat sempurna untuk mendapatkan aliran logam cair yang maksimal.
- Terlalu banyak permukaan pisah akan mengambil banyak waktu dalam proses pembuatan cetakan

c. Penentuan tahapan penyusutan

Untuk menentukan tambahan penyusutan digunakan mistar susut, adanya penambahan penyusutan karena coran menyusut pada waktu proses pembekuan dan pendinginan. Besarnya penyusutan tergantung dari bahan coran, bentuk, tempat, tebal coran.

d. Penuangan logam cair

Setelah peleburan logam dan cetakan telah siap maka penuangan logam cair dapat dilakukan. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penuangan yaitu :

- Pengeringan ladell, ladell yang akan digunakan harus benar-benar kering sebab dapat menurunkan temperatur logam cair, sehingga akan menimbulkan cacat coran.
 - Pembuangan terak, sebelum penuangan logam cair dilakukan terak yang ada diatas cairan logam yang ikut dalam ladell harus dibuang.
 - Temperatur penuangan, penjagaan temperatur logam cair harus dilakukan agar dapat coran yang berkualitas tinggi.
 - Waktu penuangan, penuangan harus dilakukan dengan cepat agar logam tidak beku saat baru akan dituang.
- e. pembongkaran cetakan adalah dengan cara memukul cetakan dengan palu secara kontinu hingga coran lepas.
- f. Pemeriksaan hasil coran

Pemeriksaan adalah salah satu langkah yang harus dilakukan agar mendapat hasil coran yang baik. Tujuan dari pemeriksaan hasil coran yaitu :

- Penyempurnaan teknis cacat pada lempeng Al-Si harus diperiksa sebaik mungkin agar cepat untuk melakukan penyempurnaan teknis bila diperlukan.
- Memelihara kualitas, yaitu hasil coran Al-Si harus dipertahankan karena akan mempengaruhi langsung pada pelaksanaannya. Pemeriksaan dilakukan bertujuan untuk

mengetahui benda-benda yang mengalami kegagalan dalam pengecoran.

2.4.2 Pengujian hasil coran

- a. pengujian tarik merupakan salah satu jenis pengujian destruktif pengujian yang sifatnya merusak benda uji. Langkah uji tarik ini yaitu dengan menjepitkan benda uji pada mesin kemudian berikan beban secara bertahap hingga benda uji tersebut patah.
- b. Pengujian kekerasan yaitu untuk mengetahui kekerasan bahan atau benda uji yang merupakan ukuran ketahanan terhadap deformasi plastis. Uji kekerasan brinell berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam dengan bola baja berdiameter 2,5mm dan diberi beban tertentu kemudian diameter pijakan diukur dengan alat ukur optik, setelah beban tersebut dihilangkan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji Brinell.
- c. Pengujian struktur mikro. Struktur mikro dari suatu bahan dapat diketahui dengan cara memfoto bahan yang sudah di haluskan.
- d. Pengujian berat jenis coran dilakukan dengan cara memotong sebagian hasil coran lalu ditimbang dalam kondisi yang kering agar tidak mengganggu pengaruh berat, kemudian disiapkan gelas ukur yang presisi kemudian diisi dengan air dan potongan coran tadi kita masukkan kedalam gelas ukur yang sudah terisi air dan kita lihat penambahannya.

2.5. Bagian-bagian Dalam Pengecoran

Dalam sebuah cetakan terdapat saluran turun yang berfungsi untuk mengalirkan cairan logam kedalam rongga cetakan. Selain itu, ada saluran penambah yang berfungsi untuk menambah cairan logam pada saat terjadi penyusutan pada coran karena proses pembekuan. Besarnya rongga penambah tergantung pada besar kecilnya penyusutan, berikut adalah bagian-bagian dari suatu cetakan :

- a. Sistem saluran, adalah jalan masuk bagi cairan logam yang dituangkan kedalam rongga cetakan, tiap bagian diberi nama, dari mulai coran tuang dimana logam cair dituangkan dari ladle, sampai saluran masuk ke dalam rongga cetakan.
- b. Cawan tuang, adalah penerima yang langsung menerima cairan logam dari ladle. Cawan ini biasanya berbentuk corong, cawan ini harus mempunyai konstruksi yang tidak dapat melakukan kotoran yang terbawa dalam logam cair dari ladle, cawan tuang tidak boleh terlalu dangkal.
- c. Saluran turun adalah saluran pertama yang membawa cairan logam dari cawan tuang ke dalam pengalir dan saluran masuk. Saluran ini dibuat tegak lurus dengan irisan berupa lingkaran kadang-kadang irisannya sama dari atas sampai bawah, atau mengecil dari atas ke bawah. Yang pertama dipakai jika dibutuhkan pengisian yang cepat dan lancar sedangkan yang kedua dipakai apabila diperlukan

penahanan kotoran sebanyak mungkin. Saluran turun dibuat dengan melubangi cetakan dengan mempergunakan satu batang tahan panas

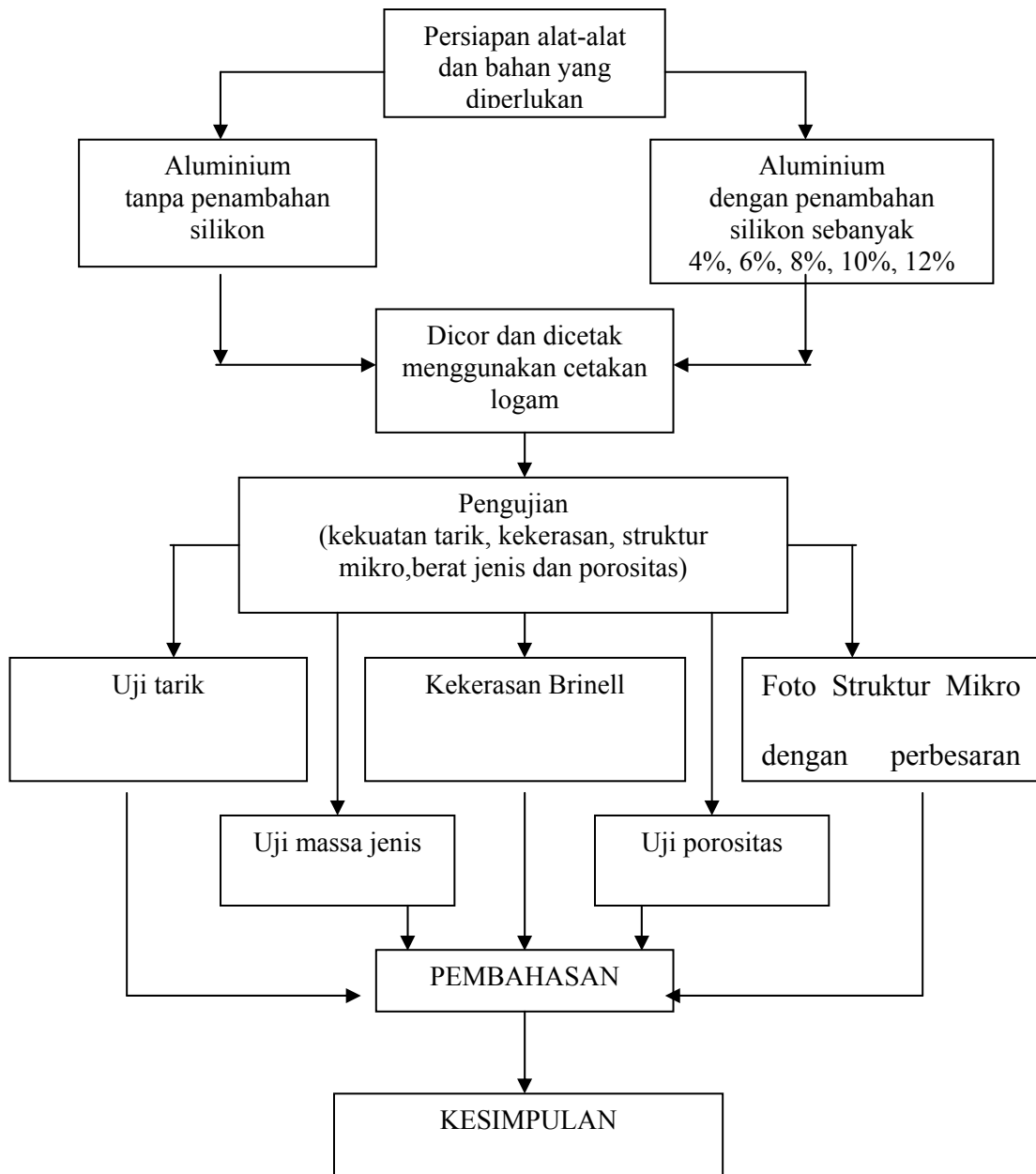
d. Pengalir adalah saluran yang membawa logam cair dari saluran turun ke bagian-bagian yang ada pada cetakan. Bagian ini mempunyai irisan seperti trapesium atau setengah lingkaran karena mudah dibuat pada permukaan pisah. Pengalir lebih baik dibuat sebesar mungkin untuk memperlambat pendinginan logam cair. Tetapi jika terlalu besar tidak ekonomis maka dari itu ukuran yang cocok harus dipilih dan disesuaikan dengan panjangnya.

e. Saluran masuk adalah saluran yang mengisikan logam cair dari pengalir kedalam rongga cetakan. Saluran masuk dibuat dengan irisan yang lebih kecil daripada irisan pengalir, agar dapat mencegah kotoran masuk kedalam rongga cetakan. Bentuk irisan saluran masuk biasanya berupa bujur sangkar, trapesium, segi tiga, atau setengah lingkaran

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir proses penelitian

3.2. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang diperlukan untuk membuat benda uji antara lain alumunium, silikon yang sebelumnya sudah ditumbuk hingga menjadi halus. Aluminium diperoleh di toko Aneka Teknik dan silikon diperoleh di Ceper, sedangkan alat-alat yang diperlukan antara lain cetakan logam, kowi, kompresor, thermokopel kompor + burner dan lain-lain. Dari pengecoran tersebut akan diperoleh 6 jenis spesimen uji yaitu :

1. Alumunium awal sebelum ditambah unsur silikon
2. Aluminium silikon dengan kadar silikon 4%
3. Aluminium silikon dengan kadar silikon 6%
4. Aluminium silikon dengan kadar silikon 8%
5. Aluminium silikon dengan kadar silikon 10%
6. Aluminium silikon dengan kadar silikon 12%

3.3. Proses Pengecoran

Mula-mula batangan aluminium dipotong-potong agak kecil agar mempermudah leburnya aluminium, aluminium membutuhkan suhu titik lebur kurang lebih 660°C . aluminium yang telah dipotong-potong tadi kemudian dimasukkan kedalam tungku perapian yang

sebelumnya tungku perapian tersebut sudah dipanaskan sampai suhu antara 680°C sampai 720°C. meleburnya aluminium membutuhkan waktu kurang lebih 15 menit, sambil menunggu aluminium tersebut mencair cetakan logam yang akan kita gunakan juga ikut dipanaskan agar pada saat aluminium cair tersebut dimasukkan dalam cetakan, aluminium cair tersebut tidak cepat membeku sehingga hasil coran menjadi buruk atau gagal. Proses penuangan pada cetakan logam membutuhkan waktu kurang lebih 4-5 detik.

Setelah coran membeku maka dilakukan proses pelepasan yaitu dengan cara membuka baut pengancing kemudian memberi sedikit pukulan-pukulan pada sisi cetakan agar sisi cetakan bisa terbuka sehingga hasil coran terlepas dari cetakan.

Hasil coran yang sudah jadi berupa plat kotak, kemudian dilakukan proses perataan dengan mesin milling pada ketebalan yang sudah ditentukan dan selanjutnya dipotong dengan sekrap menjadi lima benda uji pada ukuran dan bentuk yang sama spesimen ini digunakan untuk pengujian tarik. Dan sisa dari plat coran tadi akan digunakan untuk bahan pengujian brinell dan untuk pengamatan foto struktur mikro.

3.4. Pelaksanaan Pengujian

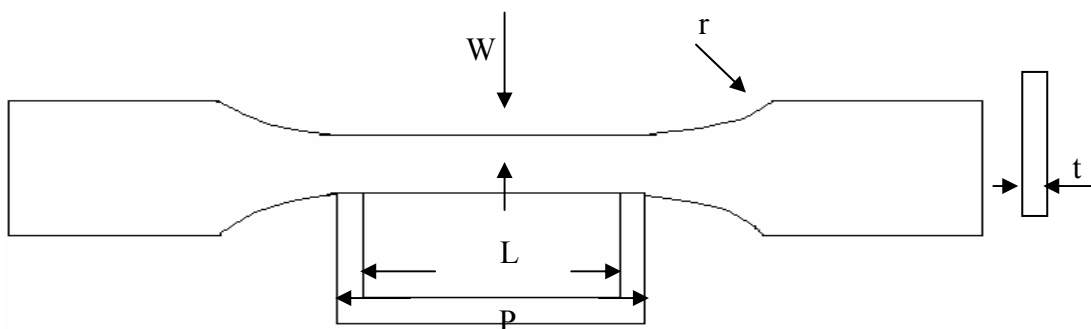
Pengujian yang dilakukan meliputi uji kekuatan tarik, kekerasan, struktur mikro, massa jenis dan porositas.

3.4.1 Alat-alat yang digunakan dalam proses pengujian

Alat-alat yang digunakan dalam proses pengujian antara lain:

- a. Mesin uji tarik dengan kekuatan tarik sebesar 1 ton
- b. Mesin uji kekerasan brinell
- c. Kamera foto struktur mikro
- d. Mikroskop metalurgi
- e. Amplas, autosol, kain, gelas ukur dan lain-lain

3.4.2 Pengujian tarik



Gambar 3.2 Spesimen benda uji menurut ASTM

$$L = 4,5 \times \sqrt{A} \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

$$P = 1,2 \times L \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

dengan : A = Luas penampang
= tebal (t) x lebar (w)

Hasil coran yang sudah dipotong menjadi benda uji yang sesuai dengan bentuk dan ukuran yang tertera pada gambar 3.2, kemudian benda uji dipasang pada grip penjepit atas dan bawah, selanjutnya mesin dinyalakan kemudian diberi pembebanan pada benda uji sampai mengalami patah. Kekuatan tarik maksimal dan beban tarik maksimal datanya dicatat setelah benda uji patah, gambar 3.3 merupakan alat uji tarik yang dipakai, setelah data didapat kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari kekuatan tarik dan prosentase regangan dari benda uji tersebut, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \frac{kg}{mm^2} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

dengan : σ = Kekuatan tarik (kg/mm²)

- A = Luas penampang (mm²)
F = Beban tarik (kg)
 ε = Regangan (%)
 ΔL = Pertambahan panjang (mm)
L = Panjang awal (mm)

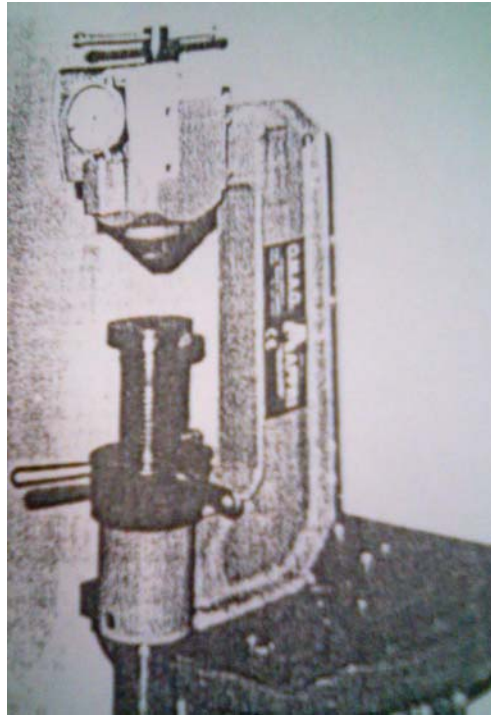


Gambar 3.3 Alat uji tarik

3.4.3 Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan adalah satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasinya. Pengujian yang paling banyak dipakai adalah dengan menekankan penekan tertentu pada

benda uji dengan beban tertentu dengan mengukur ukuran bekas penekanan yang terbentuk di atasnya.



Gambar 3.3 Alat uji kekerasan

Dalam pengujian ini menggunakan metode brinell dilakukan untuk mengetahui homogenitas komposisi dan nilai kekerasah bahan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui secara pasti pengaruh yang ditimbulkan akibat kondisi tersebut. Pengujian kekerasan ini diketahui dengan mengukur diameter bekas injakan indentor bola baja dengan pembebanan yang telah ditentukan. Pengukuran diameter injakan

dilakukan dengan menggunakan bantuan lup seperti terdapat pada gambar 3.4, dimana sebelum diukur bahan diletakan pada bidang yang datar sehingga dalam pengukurannya bahan uji atau spesimen tidak miring, kemudian diameter ukur yang didapat digunakan untuk mencari nilai kekerasan bahan, dengan menggunakan persamaan :

$$HB = \frac{2P}{\pi \times D \times (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

dengan :

- P = Gaya yang bekerja pada penetrator (kg)
- D = Diameter penetrator (mm)
- d = Diameter bekas injakan atau penekanan (mm)



Gambar 3.4 Lup mikrometer

Diameter penetrator yang digunakan tergantung pada tebal benda uji seperti yang terdapat dalam tabel berikut :

Tabel 3.1 tabel penggunaan penetrator untuk uji kekerasan brinell

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

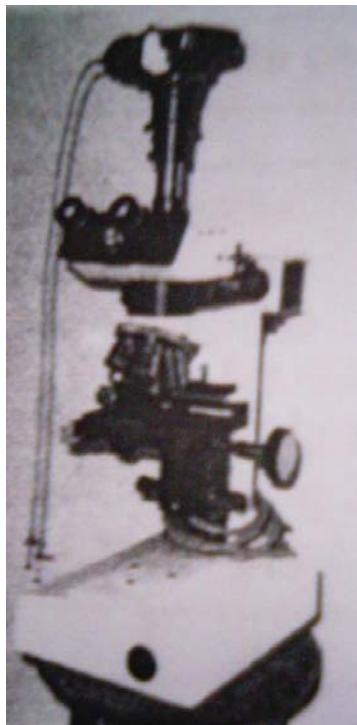
BHN rata-rata	P / D''	Bahan
160	30	Baja, besi cor
160 - 180	10	Kuningan, logam campuran Cu
80 - 120	5	Aluminium, tembaga

Diameter penetrator D (mm)	P / D'' = 5	P / D'' = 10	P / D'' = 30
	Gaya (kg)	Gaya (kg)	Gaya (kg)
2,5	31,25	62,5	187,5
5	125	250	750
10	500	1000	3000

(Sumber : Tata Surdia dan Kenji Chijiwa, Teknik Pengecoran Logam, 205)

3.4.4 Pengamatan struktur mikro

Dalam pengujian ini kualitas bahan ditentukan dengan mengamati struktur benda uji dibawah mikroskop hal ini dilakukan karena struktur mikro suatu bahan dengan campuran atau paduan yang berbeda menghasilkan struktur mikro yang berbeda-beda pula, gambar 3.5 merupakan alat atau mikroskop yang digunakan pada pengamatan ini.



Gambar 3.5 Alat analisa struktur mikro

Langkah-langkah untuk dapat melakukan pengamatan struktur mikro yaitu sebagai berikut :

- a. Benda uji yang akan digunakan diampelas terlebih dahulu agar permukaannya menjadi rata.
- b. Setelah benda uji rata kemudian dilakukan pembersihan dengan menggunakan autosol hingga permukaan benda uji menjadi mengkilat.
- c. Benda uji lalu dietsa dengan menggunakan HNO₃ (5%) kemudian diamati dan difoto dengan kamera pada mikroskop struktur mikro dengan perbesaran tertentu.

3.4.5 Pengujian massa jenis

Pengujian massa jenis coran dilakukan dengan cara memotong sebagian hasil coran, setelah itu ditimbang dalam kondisi yang kering agar tidak mengganggu atau mempengaruhi massanya, kemudian disiapkan gelas ukur yang presisi dan diisi dengan air, lalu potongan coran tadi kita masukkan kedalam gelas ukur yang sudah terisi air dan dicatat penambahan volumenya.

Pengujian massa jenis dilakukan untuk mengetahui perubahan massa jenis yang terjadi pada coran aluminium dengan variasi kadar silikon, untuk pengujian ini digunakan persamaan :

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \frac{gr}{cm^3} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

dengan :

- ρ = Massa jenis (gr/cm³)
m = Massa benda uji (gr)
v = Volume benda uji (cm³)

3.4.6 Pengujian porositas

Pengujian porositas dilakukan dengan cara pemotretan terhadap daerah pengujian pada masing-masing spesimen. Selanjutnya titik-titik hitam yang merupakan daerah berlubang pada spesimen tersebut dihitung dengan cara meletakkan kertas bergaris seperti milimeter blok yang telah ditransparansi, kemudian dilakukan perhitungan perbandingan daerah yang bertitik-titik hitam dengan keseluruhan daerah pada foto kemudian dikalikan dengan 100%, sehingga dari hasil perhitungan dapat diketahui prosentase porositasnya. Perbesaran yang digunakan pada pengamatan kali ini adalah perbesaran 50 kali yang dicetak pada kertas foto berukuran 3R (8,8cm X 12,7cm).

BAB IV

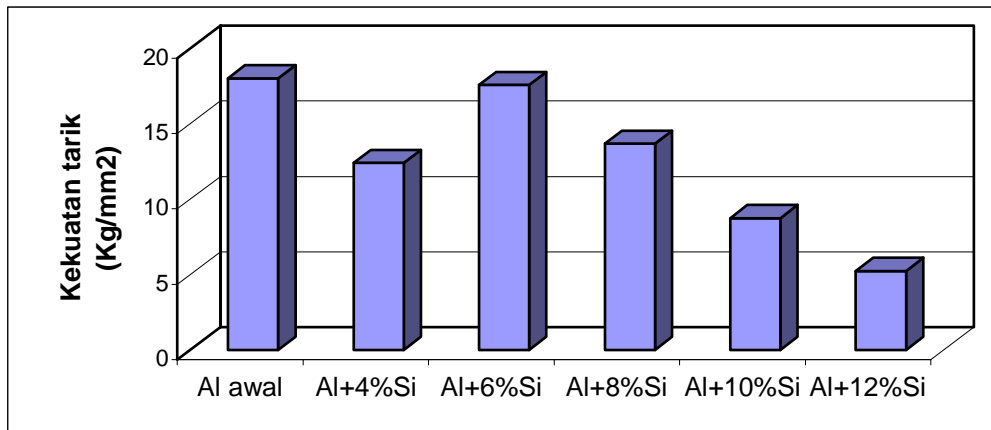
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian paduan aluminium ini, unsur Si yang ditambahkan adalah sebesar 4%, 6%, 8%, 10%, dan 12%. Perbedaan persentase Si pada paduan Al-Si ini bertujuan untuk menyelidiki sifat fisis dan mekanis yang dihasilkan masing-masing variasi sehingga dapat dibandingkan. Hasil pengujian kelima spesimen dari masing-masing variasi kemudian dihitung dan dirata-rata, setelah semua dirata-rata kita dapat visualkan dalam sebuah grafik.

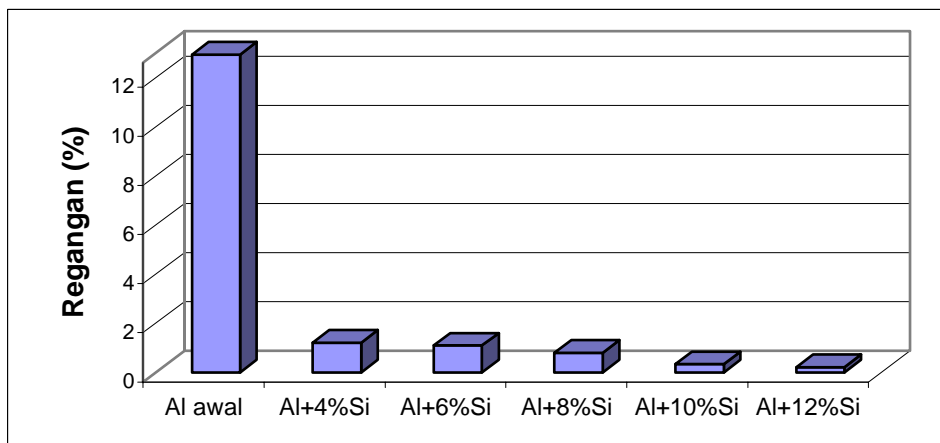
4.1 Hasil Pengujian Tarik

Dalam pelaksanaan penelitian pengujian tarik ini, setiap coran diuji dengan lima buah spesimen yang dibuat dengan memotong coran tersebut. Dari kelima spesimen yang telah di uji itu kemudian dicari rata-ratanya, sehingga diperoleh harga rata-rata kekuatan tarik dan persentase rengangan.

Gambar 4.1 dan gambar 4.2 menunjukkan grafik kekuatan tarik dan grafik regangan yang diperoleh dari data dan perhitungan yang ada pada lembar lampiran.



Gambar 4.1 Grafik kekuatan tarik



Gambar 4.2 Grafik regangan

Dalam gambar 4.1 tampak bahwa kekuatan tarik pada coran aluminium terhadap variasi Si mengalami penurunan kekuatan tarik. Disini terlihat pada grafik pengujian tarik dimana grafik coran aluminium mula-mula lebih tinggi kekuatannya dibandingkan dengan coran aluminium yang sudah diberi variasi kadar Si.

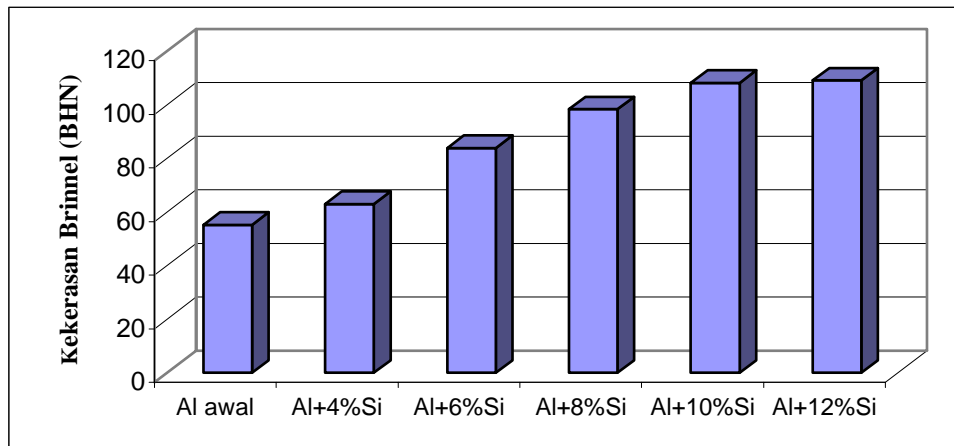
Dari grafik bisa diketahui bahwa aluminium mula-mula setelah diberi kadar Si sebesar 4% mengalami penurunan kekuatan tarik dari 18,02 kg/mm² menjadi 12,41 kg/mm², kemudian mengalami peningkatan kekuatan tarik pada variasi 6%Si menjadi 17,57 kg/mm², mengalami penurunan kembali pada variasi 8%Si yaitu 13,68 kg/mm², 10%Si yaitu 8,75 kg/mm², dan 12%Si yaitu 5,20 kg/mm².

Sedangkan gambar 4.2 menunjukkan bahwa regangan yang terjadi pada aluminium mula-mula terhadap variasi Al-Si mengalami penurunan persentase regangan yang sangat besar atau dengan kata lain unsur Si pada paduan Al-Si akan menurunkan persentase regangan yang besar. Terlihat pada grafik regangan aluminium mula-mula sebesar 12,95% menjadi 1,22% pada variasi Al-4%Si, menjadi 1,10% pada variasi Al-6%Si, 0,81% pada variasi Al-8%Si, 0,84 pada variasi Al-10%Si, dan menjadi 0,26% pada variasi Al-12%Si.

4.2 Hasil Pengujian Kekerasan

Angka kekerasan dapat dilihat dari hasil pengujian kekerasan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode Brinell, langkah-langkah dan data perhitungannya lengkapnya ada pada lembar lampiran, dengan hasil perhitungan rata-rata sebagai berikut : aluminium mula-mula mempunyai angka kekerasan 55,26 BHN, dengan penambahan unsur Si terjadi peningkatan kekerasan dimulai dari penambahan unsur Si sebesar 4% maka kekerasannya menjadi 63,96 BHN, 83,89 BHN pada penambahan 6%Si, 98,32 BHN pada penambahan 8%Si, 108,17 pada penambahan 10%Si, dan 109,06 pada penambahan 12%Si.

Setiap diberi penambahan unsur Si angka kekerasan pada benda uji semakin mengalami peningkatan.



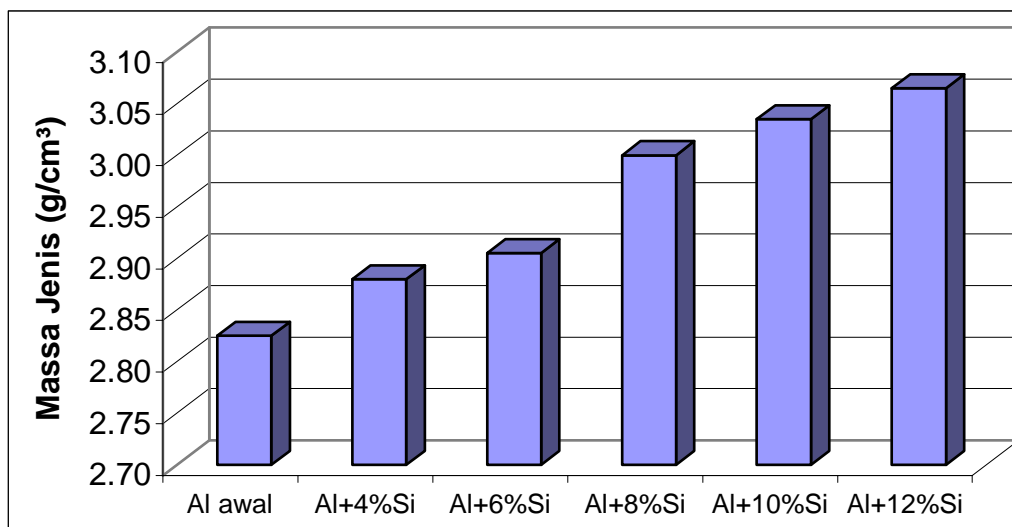
Gambar 4.3 Grafik kekerasan

Dari gambar 4.3 diatas dapat diketahui bahwa dengan memberikan tambahan variasi kadar silikon mempengaruhi peningkatan kekerasan pada aluminium, ini terjadi karena pada logam yang memiliki struktur butiran yang besar dislokasi akan mengalir dengan cepat tanpa dihalangi oleh batas butir lain dalam struktur logam itu, sebaliknya pada logam yang memiliki struktur butiran yang kecil dislokasi akan sulit merambat karena terhalang oleh batas-batas butir yang cukup rapat.

Tingkat kekerasan logam dapat juga dipengaruhi oleh persentase unsur-unsur paduan yang dimiliki oleh coran tersebut.

4.3 Hasil Pengujian Massa Jenis

Pengujian massa jenis dilakukan untuk meneliti perubahan massa jenis yang terjadi pada coran aluminium dengan variasi kadar silikon yang berbeda. Setelah dilakukan perhitungan dan diperoleh hasil rata-ratanya maka dapat divisualkan dalam bentuk grafik, hasil tersebut dapat dilihat pada grafik massa jenis pada gambar 4.4, dimana perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada lembar lampiran.



Gambar 4.4 Grafik Massa Jenis

Dari gambar 4.4 diatas terlihat bahwa dengan memberikan tambahan unsur Si pada logam atau aluminium awal menyebabkan terjadinya peningkatan massa jenis dari 2,83 gr/cm³ pada aluminium awal, menjadi 2,88 gr/cm³ setelah diberi tambahan unsur Si sebanyak 4%, kemudian meningkat lagi pada penambahan unsur Si sebanyak 6% menjadi 2,91 gr/cm³, menjadi 3,0 gr/cm³ pada penambahan 8%Si, menjadi 3,04 gr/cm³ pada penambahan 10%Si, dan menjadi 3.07 gr/cm³ pada penambahan unsur Si sebanyak 12%.

4.4 Hasil Pengujian Porositas

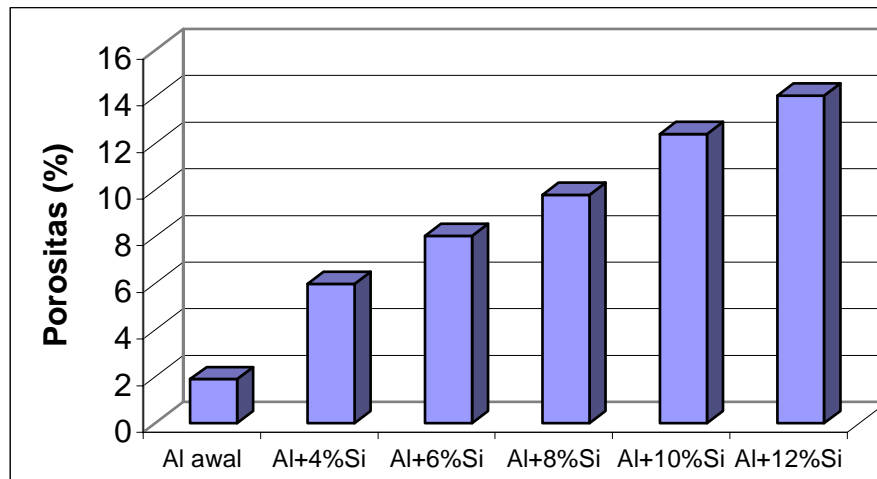
Pengujian porositas dilakukan untuk memperkirakan porositas mikro dari masing-masing spesimen, besarnya porositas pada paduan sangat mempengaruhi nilai kekerasan, kekuatan tarik dan berat jenis spesimen.

Terbentuknya cacat coran dapat dipengaruhi oleh unsur paduan yang memiliki perbedaan titik cair hingga salah satunya membeku terlebih dahulu sehingga kristal padat akan kaya dengan unsur paduan dengan titik cair tinggi dan setelah proses pembekuan meningkat maka bagian yang telah membeku akan meninggalkan cairan sehingga rongga penyusutan akan timbul.

Pori-pori atau cacat lubang jarum terjadi apabila gas-gas, terutama gas hidrogen yang terbawa dalam logam cair terkurung dalam logam selama proses pembekuan. Penyebab utamanya adalah adanya gas yang terserap dalam logam cair selama proses peleburan, adanya gas yang terserap dalam logam cair akan menyebabkan terjadi reaksi logam induk dengan uap air dari cetakan, khususnya dalam proses pengecoran dengan menggunakan cetakan logam.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencegah atau mengurangi cacat pori-pori ini yaitu dengan melakukan perencanaan sistem saluran yang baik sehingga tidak menimbulkan turbulensi pada saat logam cair dituangkan dalam cetakan.

Setelah dilakukan perhitungan pada daerah yang terdapat titik-titik hitam yang kemudian dibagi dengan daerah keseluruhan dan diperoleh persentasenya maka dapat divisualkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.5 grafik porositas, dimana perhitungan persentasenya terdapat pada lembar lampiran.

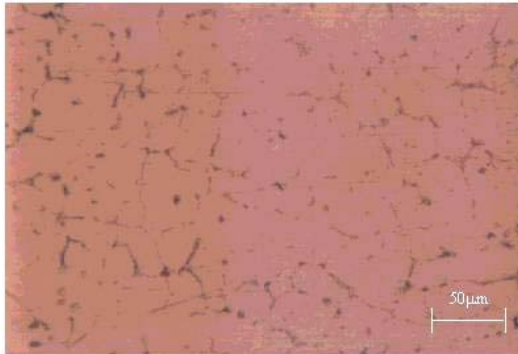


Gambar 4.5 Grafik Porositas

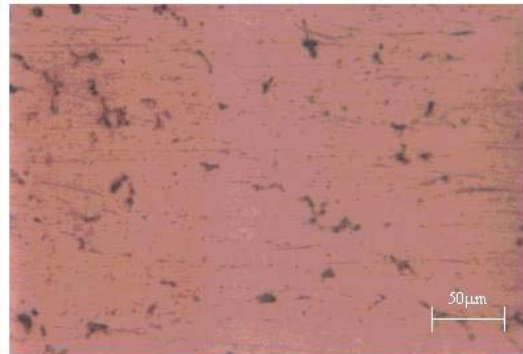
Dari gambar 4.5 dapat diketahui bahwa dengan bertambahnya unsur Si pada aluminium awal menyebabkan peningkatan porositas dari 1,89% pada aluminium awal menjadi 5,98% setelah diberi tambahan unsur Si sebanyak 4%, menjadi 8,04% pada Al-6%Si, menjadi 9,80% pada Al-8%Si, menjadi 12,41% pada Al-10%Si, dan menjadi 14,05% pada Al-12%Si. Penyebab porositas yang terjadi antara lain karena adanya udara yang terjebak, dikarenakan perbedaan kecepatan pendinginan antara unsur aluminium dan silikon.

4.5 Hasil Pengamatan Struktur Mikro

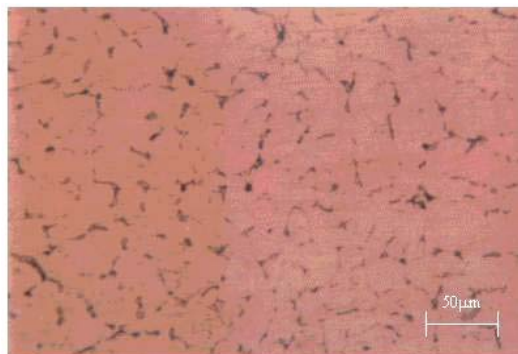
Foto struktur mikro aluminium mula-mula dan aluminium dengan variasi unsur Si dapat dilihat pada gambar :



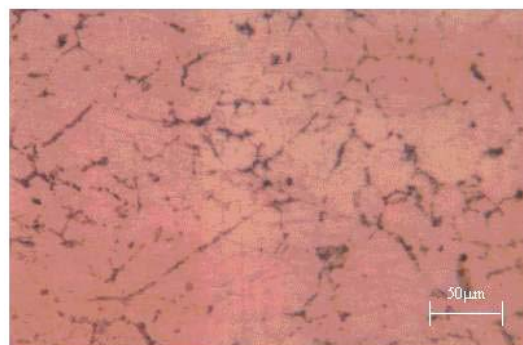
Gambar 4.6 foto mikro Al awal



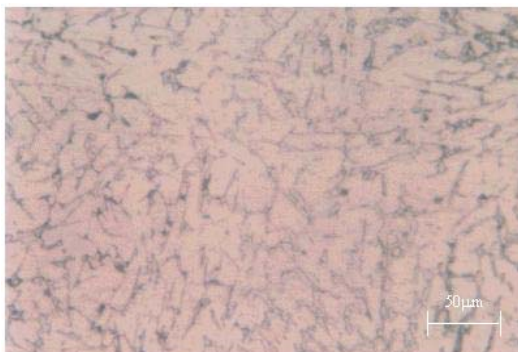
Gambar 4.7 foto mikro Al+4%Si



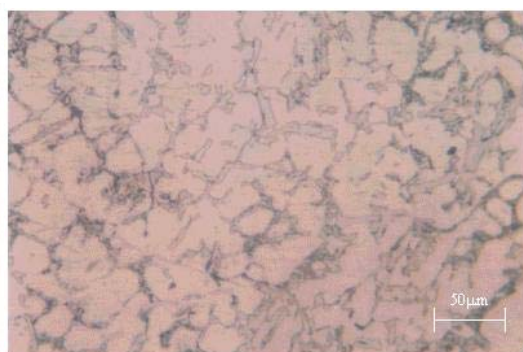
Gambar 4.8 foto mikro Al+6%Si



Gambar 4.9 foto mikro Al+8%Si



Gambar 4.10 foto mikro Al+10%Si



Gambar 4.11 foto mikro Al+12%Si

Pada gambar disajikan hasil pengamatan struktur mikro aluminium awal dan aluminium dengan variasi kadar Si 4%, 6%, 8%, 10%, dan 12% dengan perbesaran 200 kali, terlihat pada foto struktur mikro aluminium awal bahwa butiran aluminium masih besar dengan bintik-bintik endapan yang sedikit, sedangkan pada foto struktur mikro Al+4%Si, Al+6%Si dan Al+8% sudah tampak perubahan bentuk struktur mikro dengan munculnya garis dan bintik-bintik endapan AlSi dan pada foto struktur mikro dengan variasi kadar Si sebanyak 10% dan 12% sangat terlihat perubahan struktur mikronya dimana bintik-bintik endapan AlSi semakin melebar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil beberapa pengujian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kekuatan tarik tertinggi terjadi pada aluminium dengan penambahan kadar Si sebanyak 6%, yaitu sebesar 17,57 kg/mm², regangan mengalami penurunan setelah diberi tambahan variasi silikon.
2. Dari pengujian kekerasan disimpulkan bahwa penambahan variasi unsur silikon pada aluminium awal meningkatkan kekerasannya, dengan kekerasan terbesar ada pada Al+12%Si yaitu 109,06 BHN.
3. Perubahan struktur mikro sangat terlihat setelah aluminium mula-mula diberi campuran unsur silikon terutama pada variasi 10%Si dan 12% Si pada foto struktur mikro dengan perbesaran 200 kali.
4. Penambahan unsur silikon menyebabkan terjadinya peningkatan massa jenis aluminium awal, peningkatan rata-ratanya adalah 1,64% pada setiap variasinya.
5. Dari hasil perhitungan persentase porositas yang telah dilakukan dapat disimpulkan dengan adanya penambahan unsur silikon menyebabkan porositas yang meningkat.

5.2. Saran

Dari hasil-hasil benda coran, benda uji, data-data yang diperoleh pada penelitian ini, penulis menyarankan :

1. Untuk memperoleh hasil coran yang baik, sebaiknya aluminium yang akan di cor dipotong kecil-kecil agar proses peleburan lebih cepat, dan saat memasukkan unsur tambahan sebaiknya pada saat aluminium sudah dalam keadaan cair.
2. Pada saat peleburan dilakukan sebaiknya cetakan juga dipanaskan agar saat logam cair dituangkan tidak langsung membeku sehingga menyebabkan hasil coran buruk atau gagal.
3. Pembersihan terak dan kotoran kotoran saat logam cair akan dituang sangat perlu dilakukan agar terak dan kotoran tidak ikut masuk dalam cetakan sehinga menyebabkan hasil coran tidak bagus.
4. Sebelum melakukan pengecoran sebaiknya dilakukan uji komposisi terlebih dahulu baik bahan utama maupun unsur tambahannya hal ini dimaksudkan agar lebih jelas mengenai unsur-unsur yang terkandung pada bahan utama maupun bahan tambahannya.
5. Pada saat dilakukan pemotretan untuk uji struktur mikro sebaiknya cahaya yang digunakan diusahakan konstan agar terang gelapnya foto seragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Smallman, R.E., 1991, *Metalurgi Fisik Modern*, edisi keempat, PT. Gramedia
Pustaka Utama, Jakarta.
- Surdia, T., Chijjiwa K., 1976, *Teknik Pengecoran Logam*, edisi kedua. Pradnya
Paramita, Jakarta.
- Surdia, T., Saito, S., 1995, *Pengetahuan Bahan Teknik*, cetakan ketiga. Pradnya
Paramita, Jakarta.
- Suroto, A., Sudibyoy, B., *Ilmu Logam dan Metalurgi*, Akademi Teknik Mesin
Industri, Surakarta

LAMPIRAN

1. Lampiran Perhitungan

a. Data hasil perhitungan kekuatan tarik

No	Jenis Coran	F (kg)	σ (kg/mm ²)
1	Aluminium awal	744,36	18,02
2	Aluminium + 4% Silikon	489,36	12,42
3	Aluminium + 6% Silikon	802,54	17,57
4	Aluminium + 8% Silikon	550,72	13,69
5	Aluminium + 10% Silikon	352,92	8,76
6	Aluminium + 12% Silikon	210,5	5,20

Dari persamaan (3.1), yaitu kekuatan tarik sama dengan beban tarik dibagi dengan luas penampang, maka dapat diperoleh data sebagai berikut

1. Aluminium awal

$$1.1 = 673,8 : 39,99 = 16,85$$

$$1.2 = 869,4 : 43,2 = 20,16$$

$$1.3 = 719,7 : 40,42 = 17,81$$

$$1.4 = 700,5 : 40,85 = 17,15$$

$$1.5 = 758,4 : 41,80 = 18,14$$

$$\text{Kekuatan tarik rata-rata} = 18,02$$

2. Aluminium + 4% Silikon

$$1.1 = 374,5 : 38,64 = 9,69$$

$$1.2 = 645,5 : 40,32 = 16,01$$

$$1.3 = 313,1 : 36,8 = 8,51$$

$$1.4 = 549,3 : 40,42 = 13,59$$

$$1.5 = 564,4 : 39,48 = 14,30$$

$$\text{Kekuatan tarik rata-rata} = 12,42$$

3. Aluminium + 6% Silikon

$$1.1 = 895,2 : 47,04 = 19,03$$

$$1.2 = 696,2 : 45,12 = 15,43$$

$$1.3 = 861,6 : 46,56 = 18,51$$

$$1.4 = 682,3 : 44,16 = 15,45$$

$$1.5 = 877,4 : 45,12 = 19,45$$

$$\text{Kekuatan tarik rata-rata} = 17,57$$

4. Aluminium + 8% Silikon

$$1.1 = 600,1 : 40,48 = 14,82$$

$$1.2 = 451,9 : 38,64 = 11,70$$

$$1.3 = 408,1 : 37,8 = 10,80$$

$$1.4 = 732,7 : 43,24 = 16,94$$

$$1.5 = 560,8 : 39,56 = 14,18$$

$$\text{Kekuatan tarik rata-rata} = 13,69$$

5. Aluminium + 10% Silikon

$$1.1 = 300,4 : 39,99 = 7,51$$

$$1.2 = 293,7 : 38,64 = 7,60$$

$$1.3 = 289,6 : 39,06 = 7,41$$

$$1.4 = 387,6 : 40,42 = 9,59$$

$$1.5 = 493,3 : 42,24 = 11,68$$

$$\text{Kekuatan tarik rata-rata} = 8,76$$

6. Aluminium + 12% Silikon

$$1.1 = 354,7 : 41,28 = 8,59$$

$$1.2 = 141,5 : 39,48 = 3,58$$

$$1.3 = 135,4 : 39,48 = 3,43$$

$$\text{Kekuatan tarik rata-rata} = 5,20$$

b. Data hasil perhitungan regangan

No	Jenis Coran	ΔL (mm)	ϵ (%)
1	Aluminium awal	4,12	12,951
2	Aluminium + 4% Silikon	0,39	1,226
3	Aluminium + 6% Silikon	0,35	1,1
4	Aluminium + 8% Silikon	0,26	0,817
5	Aluminium + 10% Silikon	0,11	0,345
6	Aluminium + 12% Silikon	0,08	0,26

1. Aluminium awal

$$1.1 = 7,23 \%$$

$$1.2 = 17,29 \%$$

$$1.3 = 10,668 \%$$

$$1.4 = 11,631 \%$$

$$1.5 = 17,918 \%$$

$$\text{Regangan rata-rata} = 12,951 \%$$

2. Aluminium + 4% Silikon

$$1.1 = 1,257 \%$$

$$1.2 = 2,2 \%$$

$$1.3 = 0,471 \%$$

$$1.4 = 1,1 \%$$

$$1.5 = 1,1 \%$$

$$\text{Regangan rata-rata} = 1,226 \%$$

3. Aluminium + 6% Silikon

$$1.1 = 1,1 \%$$

$$1.2 = 0,943 \%$$

$$1.3 = 1,371 \%$$

$$1.4 = 1,1 \%$$

$$1.5 = 0,785 \%$$

$$\text{Regangan rata-rata} = 1,1 \%$$

4. Aluminium + 8% Silikon

$$1.1 = 1,1 \%$$

$$1.2 = 0,314 \%$$

$$1.3 = 0,628 \%$$

$$1.4 = 1,257 \%$$

$$1.5 = 0,785 \%$$

$$\text{Regangan rata-rata} = 0,817 \%$$

5. Aluminium + 10% Silikon

$$1.1 = 0,157 \%$$

$$1.2 = 0,314 \%$$

$$1.3 = 0,471 \%$$

$$1.4 = 0,471 \%$$

$$1.5 = 0,314 \%$$

$$\text{Regangan rata-rata} = 0,345 \%$$

6. Aluminium + 12% Silikon

$$1.1 = 0,471 \%$$

$$1.2 = 0,157 \%$$

$$1.3 = 0,157 \%$$

$$\text{Regangan rata-rata} = 0,26 \%$$

c. Data hasil perhitungan kekerasan

No	Jenis Coran	D	P	d	BHN
1	Aluminium awal	5	250	2,33	55,261
2	Aluminium + 4% Silikon	5	250	2,19	62,963
3	Aluminium + 6% Silikon	5	250	1,911	83,896
4	Aluminium + 8% Silikon	5	250	1,771	98,323
5	Aluminium + 10% Silikon	5	250	1,629	108,176
6	Aluminium + 12% Silikon	5	250	1,686	109,065

1. Aluminium awal

$$d1 = 2,31 \quad \text{BHN} = 56,366$$

$$d2 = 2,27 \quad \text{BHN} = 58,542$$

$$d3 = 2,34 \quad \text{BHN} = 54,814$$

$$d4 = 2,34 \quad \text{BHN} = 54,814$$

d5	= 2,38	BHN	= 52,902
d6	= 2,40	BHN	= 51,952
d7	= 2,26	BHN	= 59,085
d8	= 2,31	BHN	= 56,366
d9	= 2,36	BHN	= 53,795
d10	= 2,34	BHN	= 54,814

Rata-rata BHN = 55,261

2. Aluminium + 4% Silikon

d1	= 2,1	BHN	= 68,933
d2	= 2,24	BHN	= 60,202
d3	= 2,24	BHN	= 60,202
d4	= 2,17	BHN	= 64,337
d5	= 2,34	BHN	= 54,814
d6	= 2,20	BHN	= 62,445
d7	= 2,17	BHN	= 64,337
d8	= 2,06	BHN	= 71,727
d9	= 2,07	BHN	= 71,087
d10	= 2,31	BHN	= 56,366

Rata-rata BHN = 62,963

3. Aluminium + 6% Silikon

d1	= 1,92	BHN	= 83,151
d2	= 1,92	BHN	= 83,151
d3	= 1,89	BHN	= 86,073

d4	= 1,90	BHN	= 84,029
d5	= 1,87	BHN	= 87,975
d6	= 1,97	BHN	= 78,829
d7	= 1,96	BHN	= 79,617
d8	= 1,86	BHN	= 88,958
d9	= 1,94	BHN	= 81,450
d10	= 1,88	BHN	= 87,014

Rata-rata BHN = 83,896

4. Aluminium + 8% Silikon

d1	= 1,71	BHN	= 105,804
d2	= 1,77	BHN	= 98,597
d3	= 1,73	BHN	= 103,399
d4	= 1,74	BHN	= 102,074
d5	= 1,86	BHN	= 88,958
d6	= 1,81	BHN	= 93,944
d7	= 1,74	BHN	= 102,074
d8	= 1,79	BHN	= 96,214
d9	= 1,80	BHN	= 95,066
d10	= 1,76	BHN	= 99,522

Rata-rata BHN = 98,323

5. Aluminium + 10% Silikon

d1	= 1,71	BHN	= 105,804
d2	= 1,64	BHN	= 115,388

d3	= 1,73	BHN	= 103,399
d4	= 1,72	BHN	= 104,760
d5	= 1,70	BHN	= 107,229
d6	= 1,66	BHN	= 112,534
d7	= 1,68	BHN	= 109,817
d8	= 1,64	BHN	= 115,388
d9	= 1,73	BHN	= 103,399
d10	= 1,71	BHN	= 105,804
Rata-rata BHN		= 108,176	

6. Aluminium + 12% Silikon

d1	= 1,63	BHN	= 116,656
d2	= 1,68	BHN	= 109,817
d3	= 1,64	BHN	= 117,952
d4	= 1,74	BHN	= 102,074
d5	= 1,81	BHN	= 93,944
d6	= 1,71	BHN	= 105,804
d7	= 1,69	BHN	= 108,693
d8	= 1,67	BHN	= 111,353
d9	= 1,63	BHN	= 116,656
d10	= 1,66	BHN	= 112,534
Rata-rata BHN		= 109,065	

d. Data hasil perhitungan Massa jenis

No	Jenis Coran	Massa jenis rata-rata (gr/cm \geq)
1	Aluminium awal	2,83
2	Aluminium + 4% Silikon	2,88
3	Aluminium + 6% Silikon	2,91
4	Aluminium + 8% Silikon	3,00
5	Aluminium + 10% Silikon	3,04
6	Aluminium + 12% Silikon	3,07

1. Aluminium awal

$$- 29,02 \text{ gr} : 10,2 \text{ ml} = 2,85 \text{ gr/cm}\geq$$

$$- 62,80 \text{ gr} : 22,4 \text{ ml} = 2,80 \text{ gr/cm}\geq$$

2. Aluminium + 4% Silikon

$$- 28,94 \text{ gr} : 10,1 \text{ ml} = 2,87 \text{ gr/cm}\geq$$

$$- 72,42 \text{ gr} : 25,1 \text{ ml} = 2,89 \text{ gr/cm}\geq$$

3. Aluminium + 6% Silikon

$$- 17,43 \text{ gr} : 6,10 \text{ ml} = 2,86 \text{ gr/cm}\geq$$

$$- 70,01 \text{ gr} : 23,7 \text{ ml} = 2,95 \text{ gr/cm}\geq$$

4. Aluminium + 8% Silikon

$$- 30,25 \text{ gr} : 10,4 \text{ ml} = 2,91 \text{ gr/cm}\geq$$

$$- 87,09 \text{ gr} : 28,2 \text{ ml} = 3,09 \text{ gr/cm}\geq$$

5. Aluminium + 10% Silikon

$$- 23,42 \text{ gr} : 7,90 \text{ ml} = 2,96 \text{ gr/cm}\geq$$

$$- 59,65 \text{ gr} : 19,2 \text{ ml} = 3,11 \text{ gr/cm}\geq$$

6. Aluminium + 12% Silikon

$$- 22,46 \text{ gr} : 7,60 \text{ ml} = 2,96 \text{ gr/cm}^3$$

$$- 64,03 \text{ gr} : 20,2 \text{ ml} = 3,17 \text{ gr/cm}^3$$

e. Data hasil penelitian porositas

No	Jenis Coran	B	C	Porositas (%)
1	Aluminium awal	67	3528	1,89
2	Aluminium + 4% Silikon	211	3528	5,98
3	Aluminium + 6% Silikon	284	3528	8,04
4	Aluminium + 8% Silikon	346	3528	9,80
5	Aluminium + 10% Silikon	438	3528	12,41
6	Aluminium + 12% Silikon	496	3528	14,05

Keterangan :

Porositas = Luas daerah titik-titik hitam dibagi dengan luas daerah keseluruhan kemudian dikalikan dengan 100%

* B = Luas daerah dengan titik titik hitam

* C = Luas daerah keseluruhan

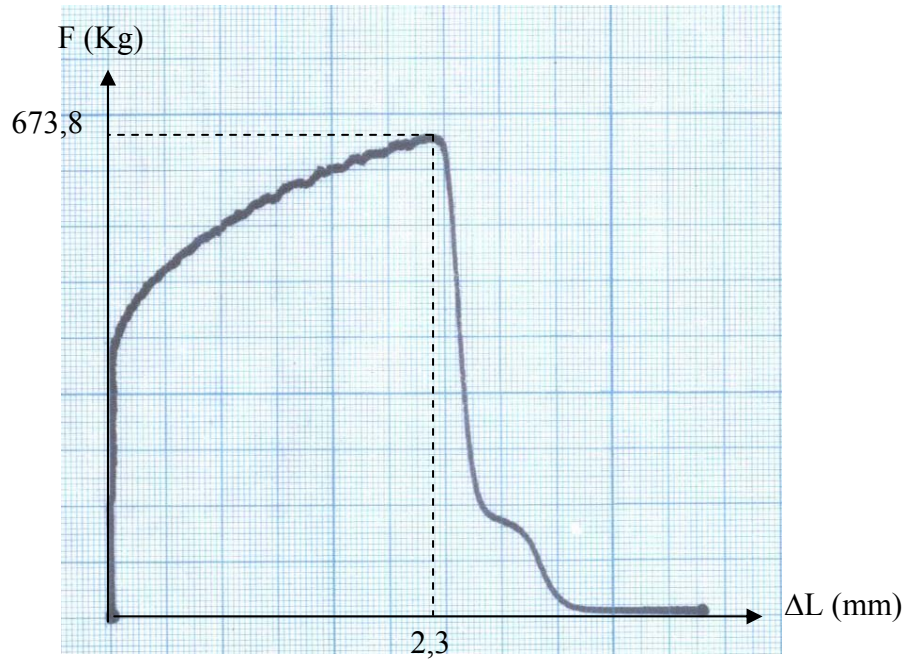
2. Data saat dilakukan pengecoran

No	Jenis Coran	Waktu peleburan (menit)	Suhu saat dituang (°C)	Waktu beku kira-kira (detik)
1	Aluminium awal	20,07	764	16
2	Aluminium + 4% Silikon	20,18	760	13
3	Aluminium + 6% Silikon	20,14	754	12
4	Aluminium + 8% Silikon	22,49	786	10
5	Aluminium + 10% Silikon	21,16	792	7

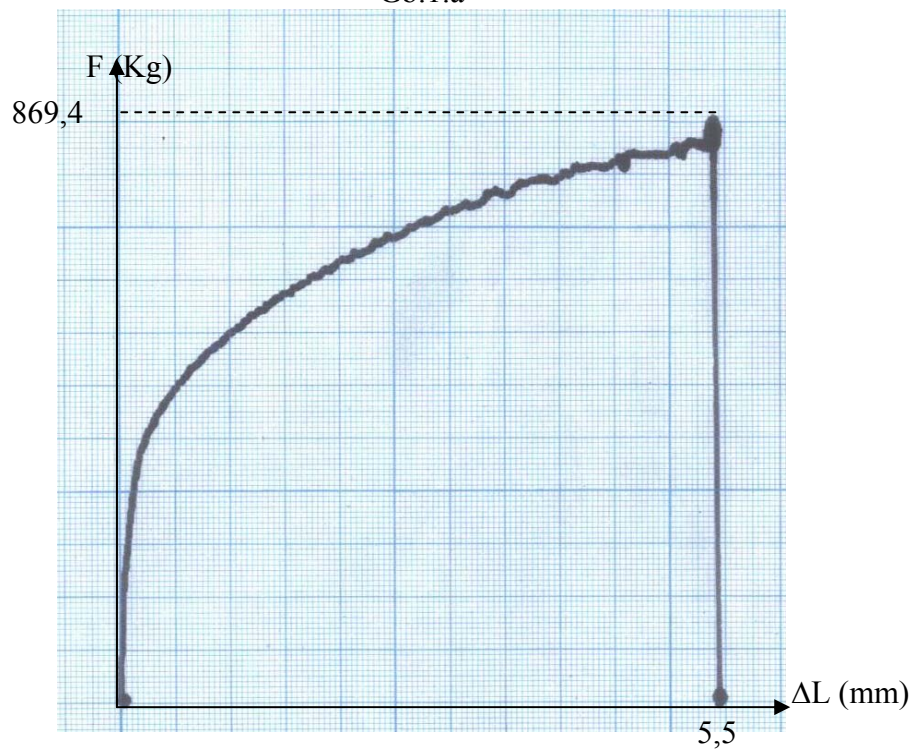
6	Aluminium + 12% Silikon	20,23	807	5
---	-------------------------	-------	-----	---

3. Gambar-gambar diagram tegangan regangan

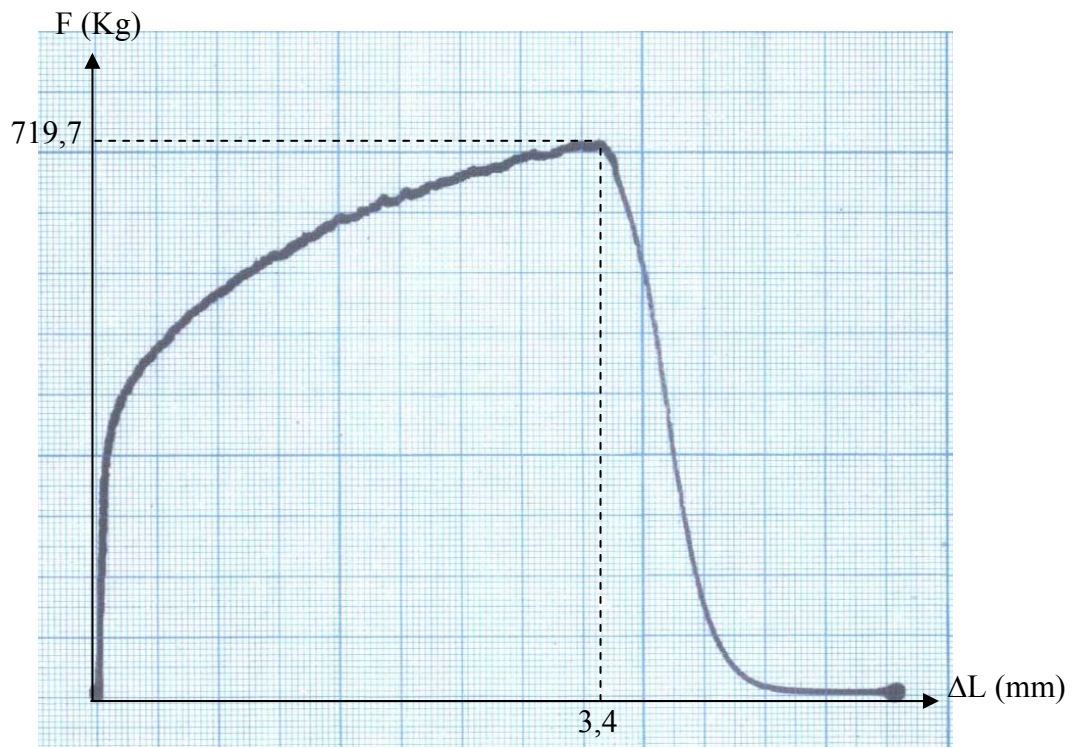
- Gambar diagram F - ΔL kelima spesimen aluminium awal :



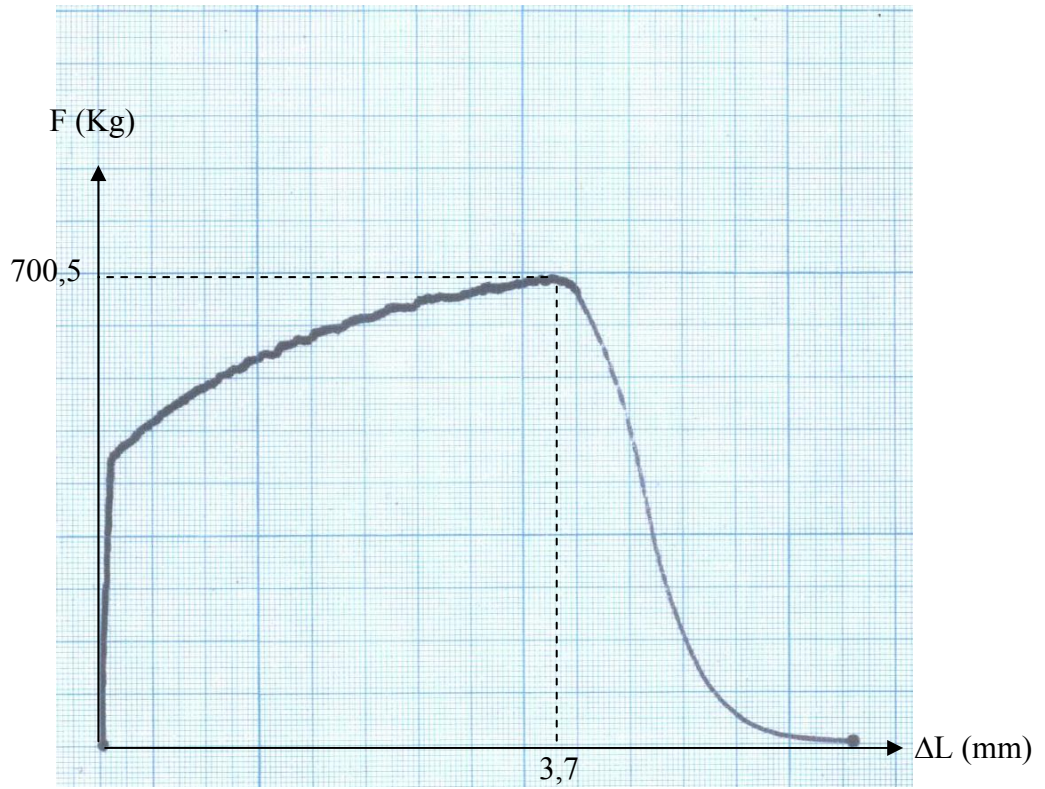
Gb.1.a



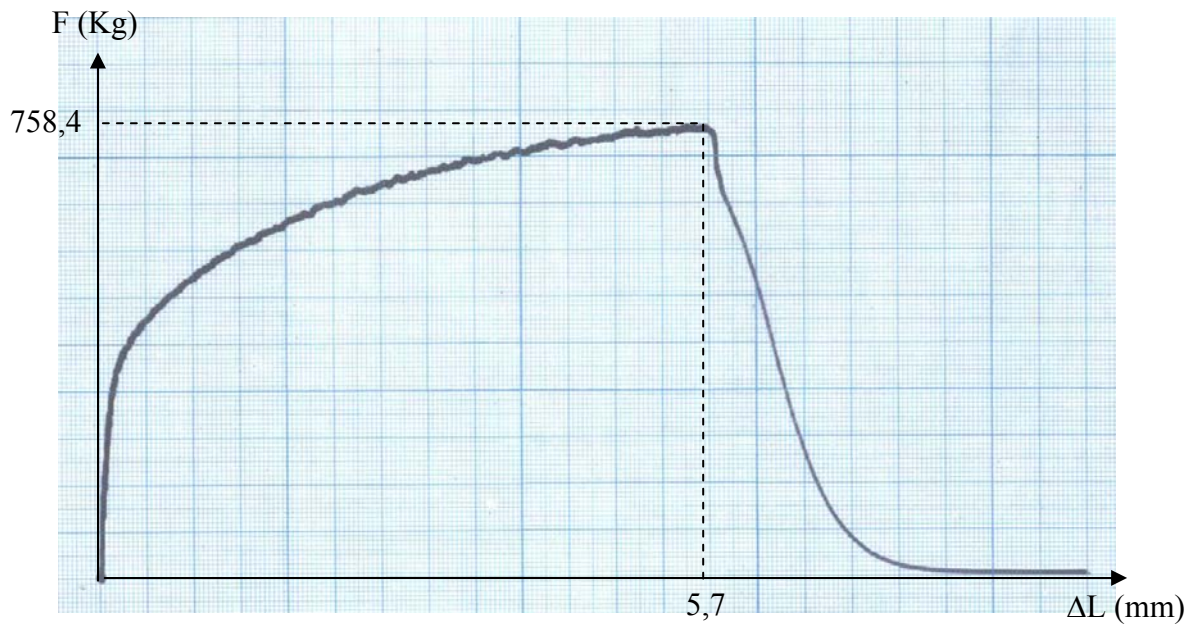
Gb.1.b



Gb.1.c

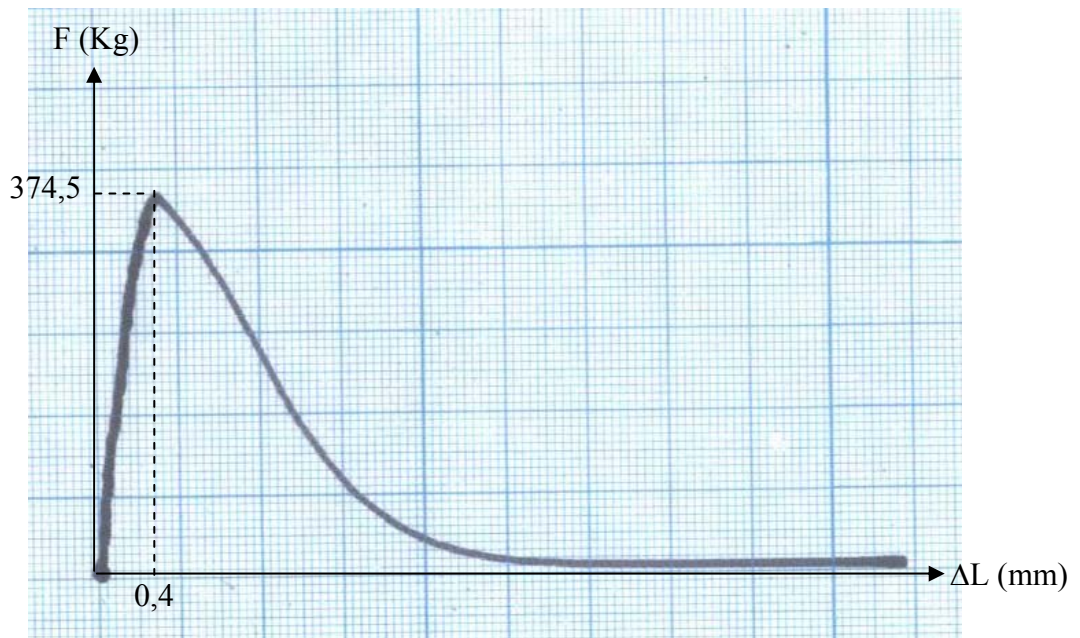


Gb.1.d

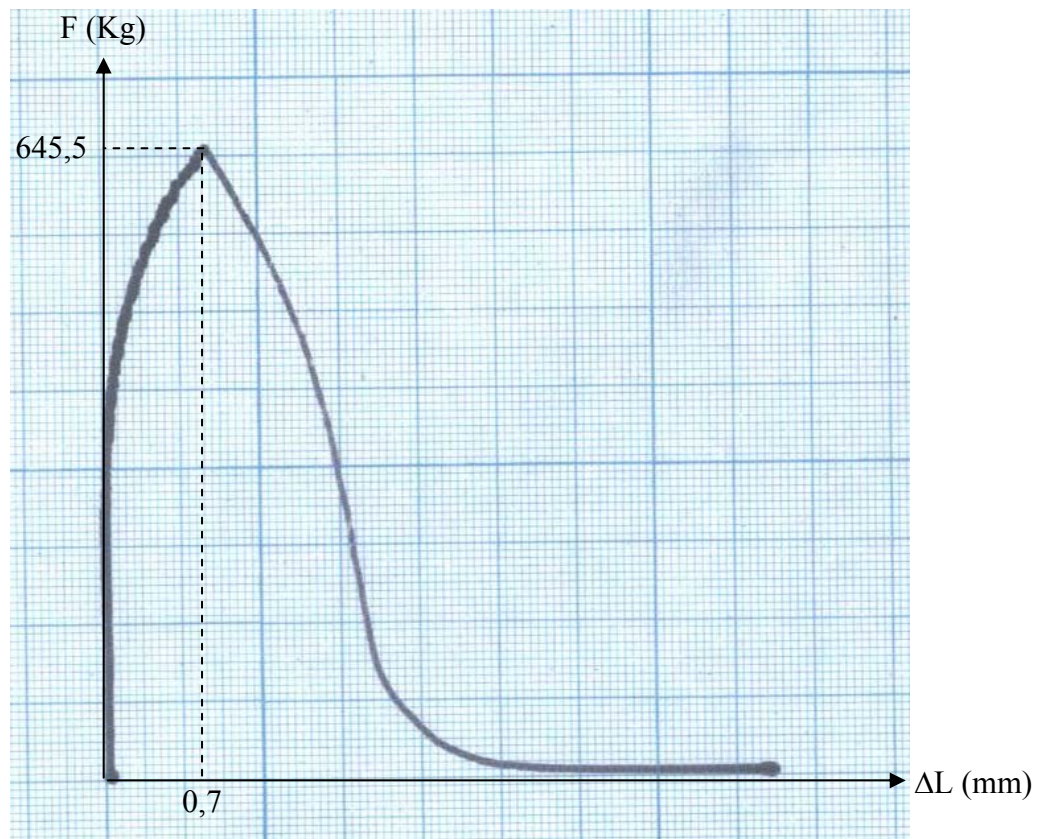


Gb.1.e

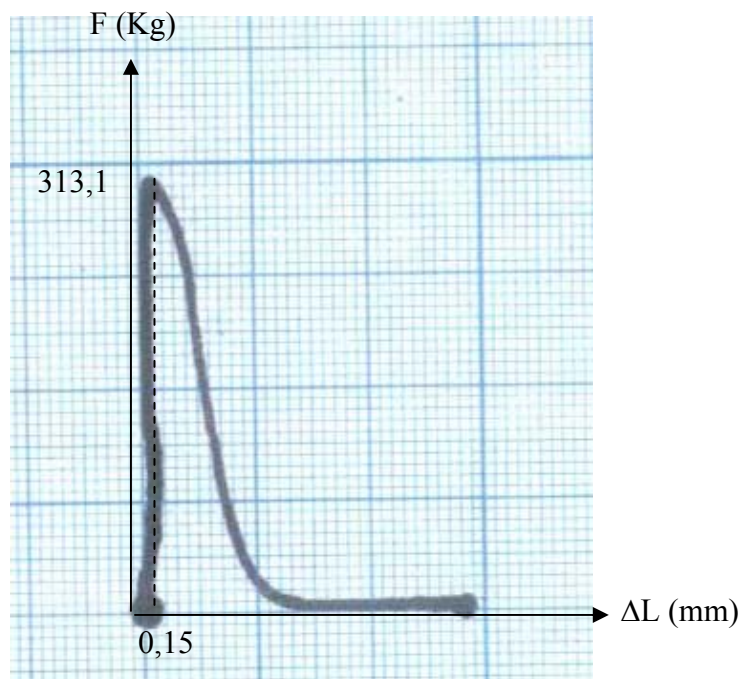
- Gambar diagram F - ΔL kelima spesimen aluminium + 4%Si



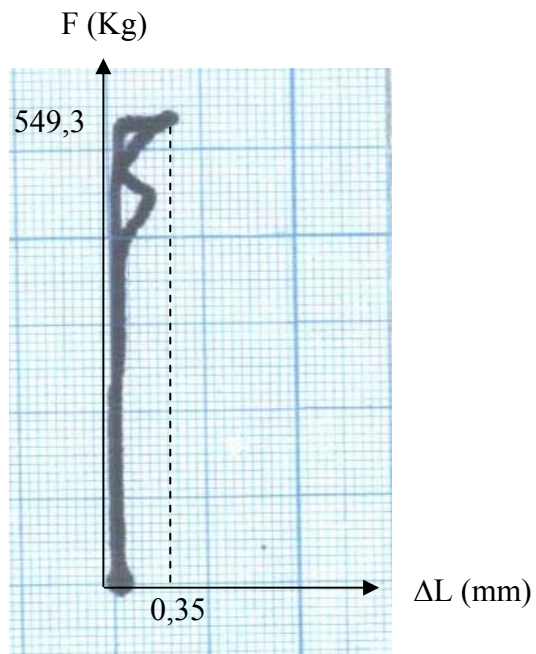
Gb.2.a



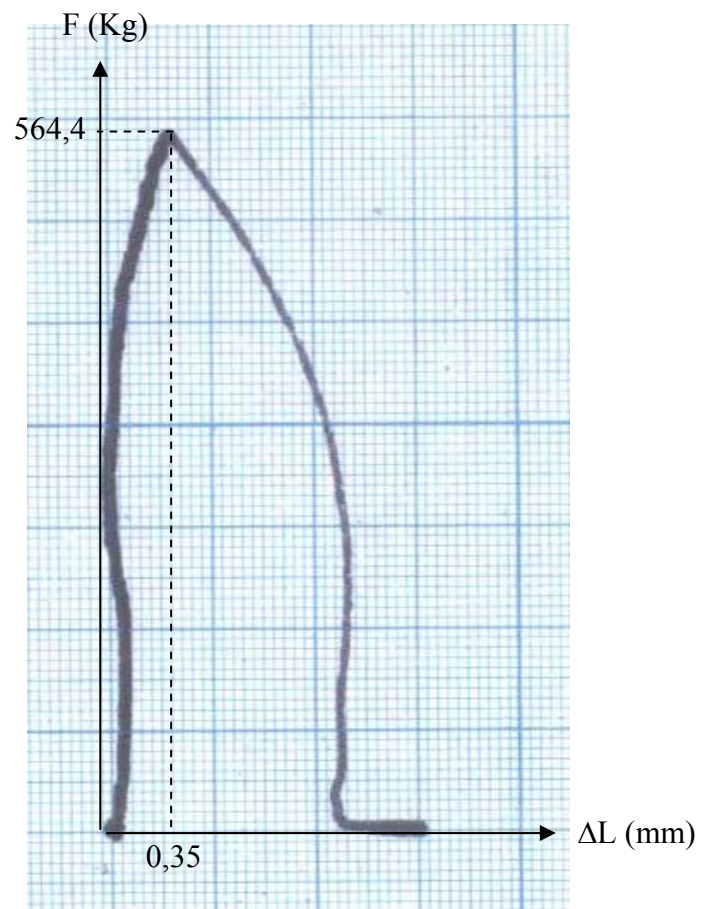
Gb.2.b



Gb.2.c

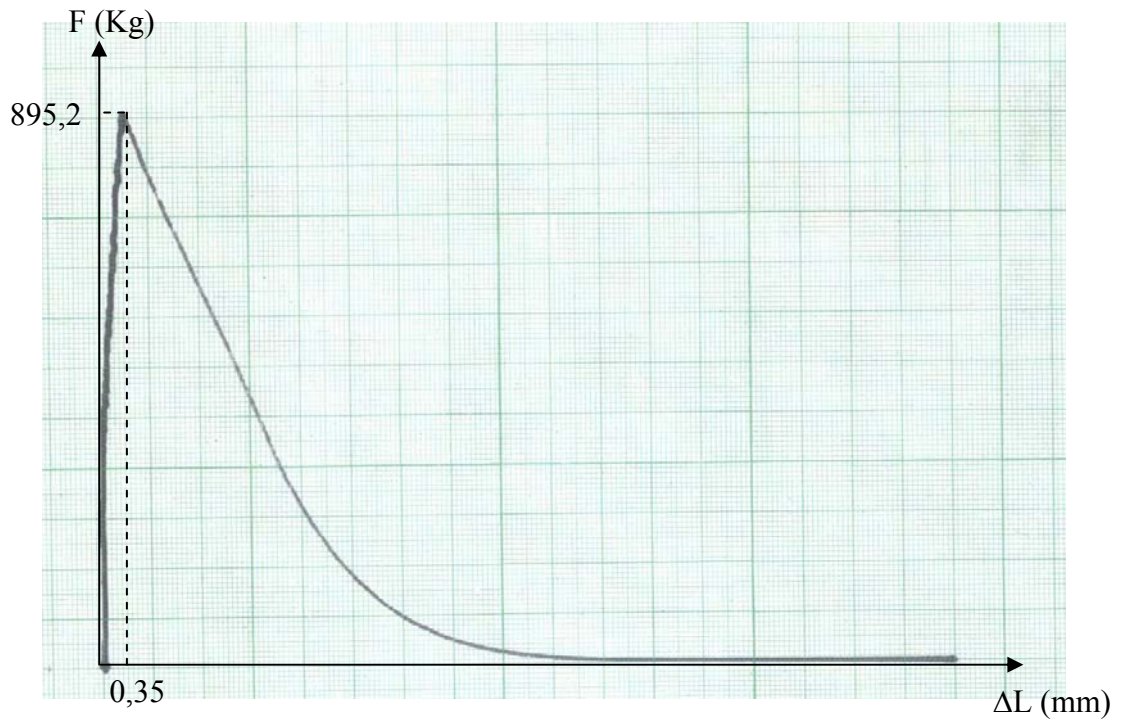


Gb.2.d

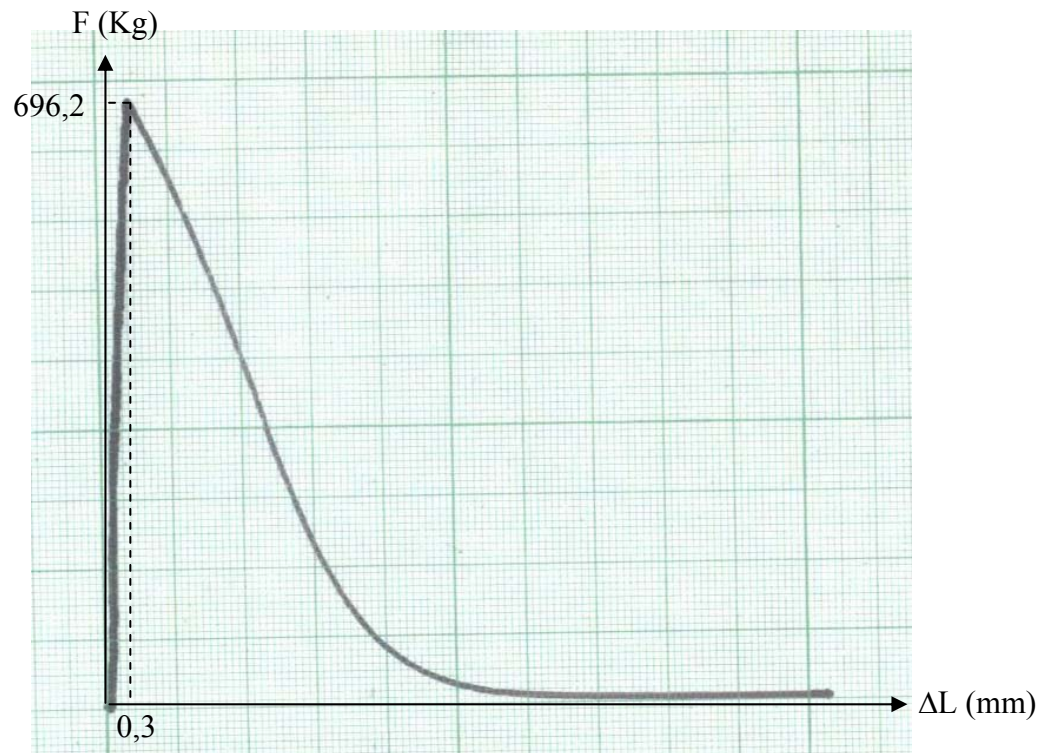


Gb.2.e

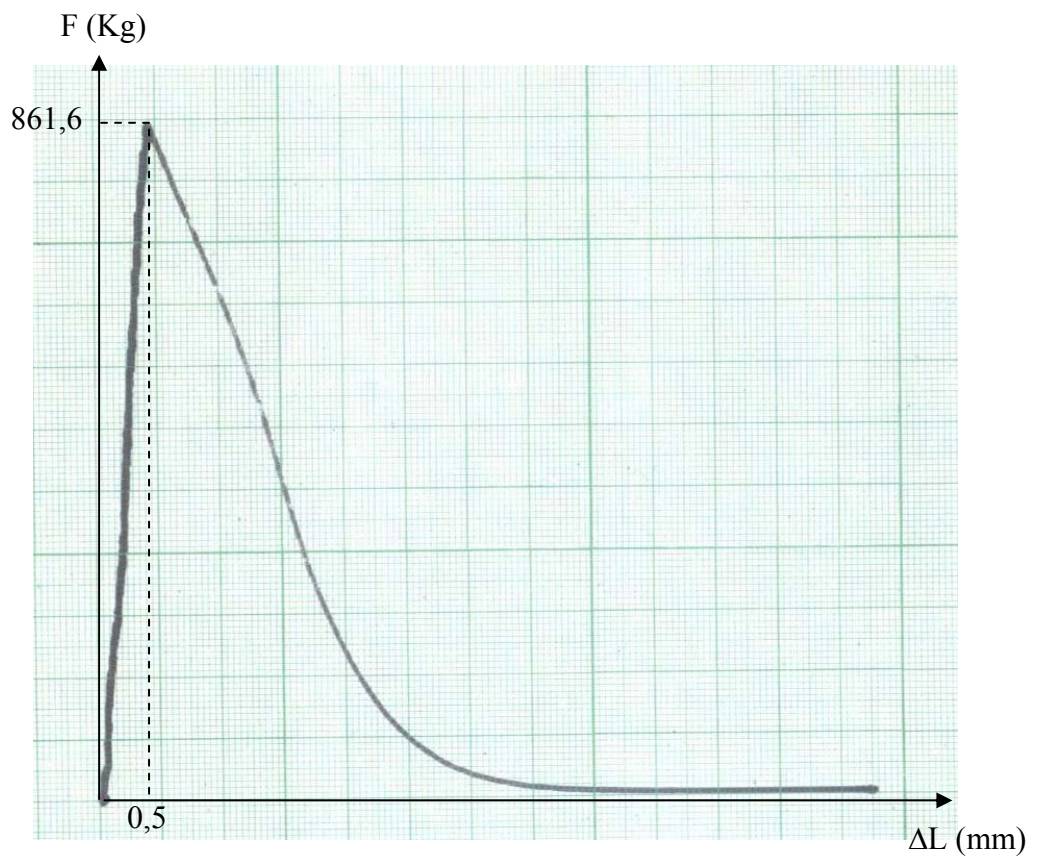
- Gambar diagram F - ΔL kelima spesimen aluminium + 6%Si



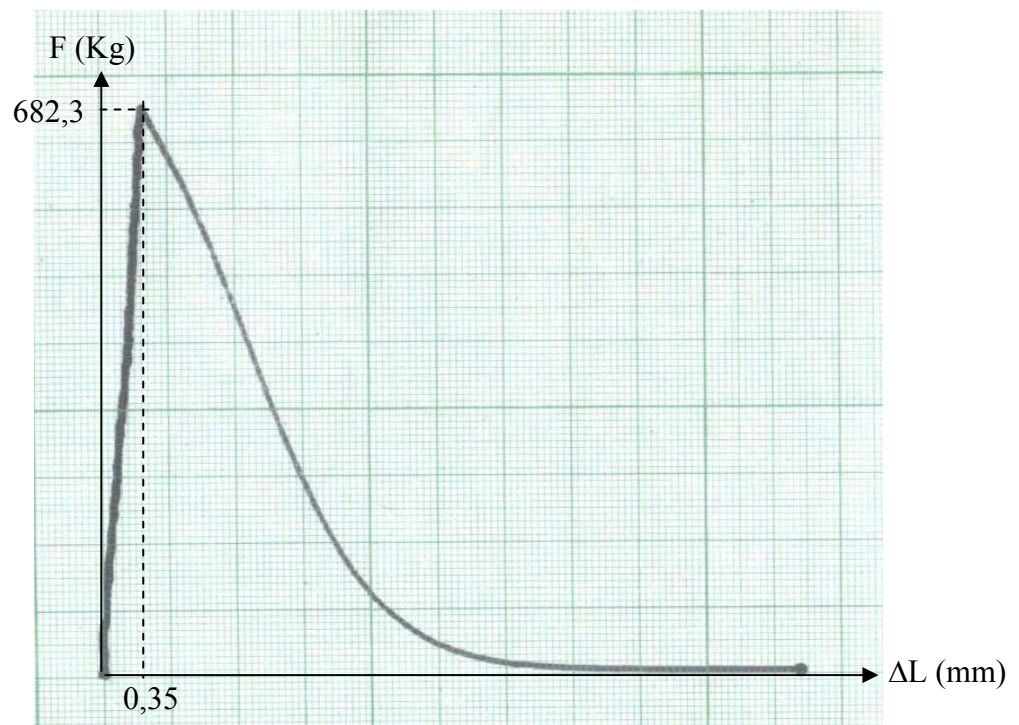
Gb.3.a



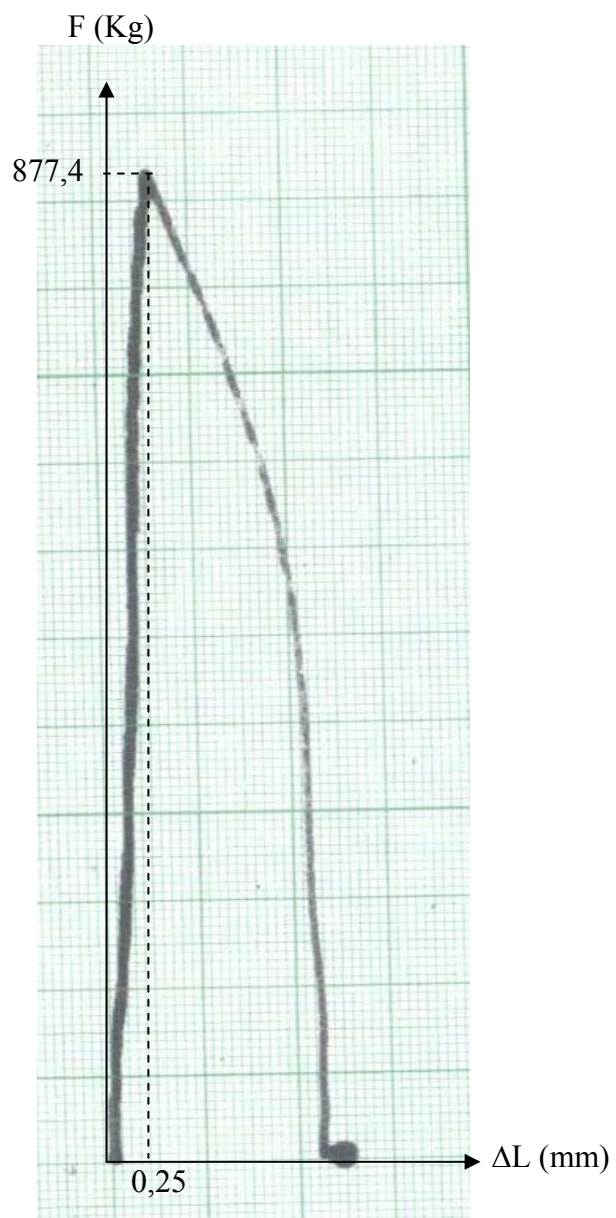
Gb.3.b



Gb.3.c

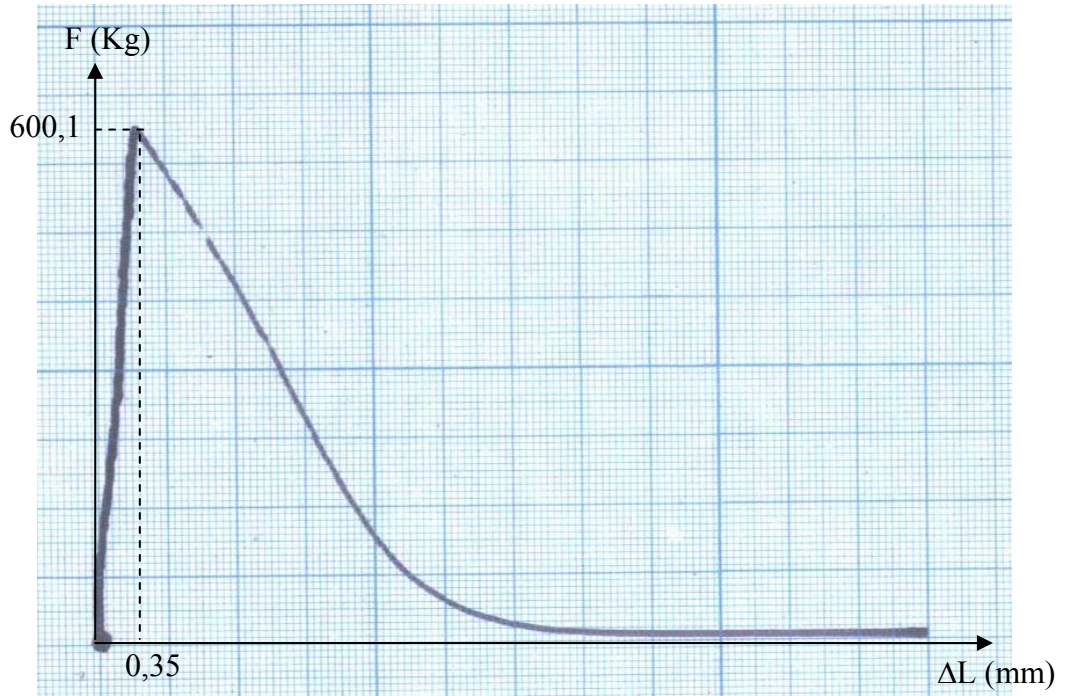


Gb.3.d

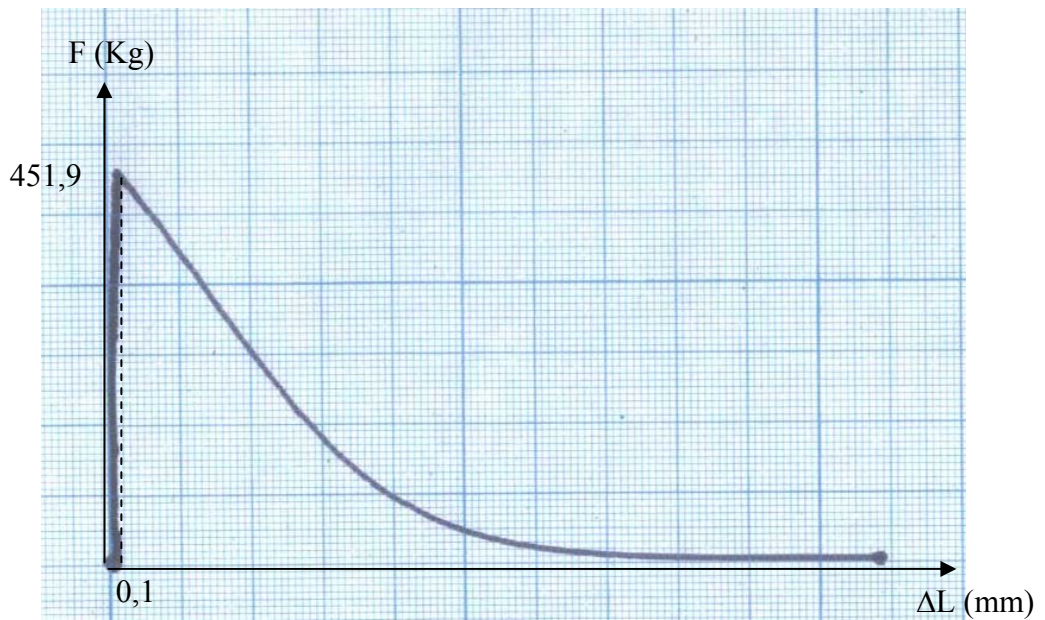


Gb.3.e

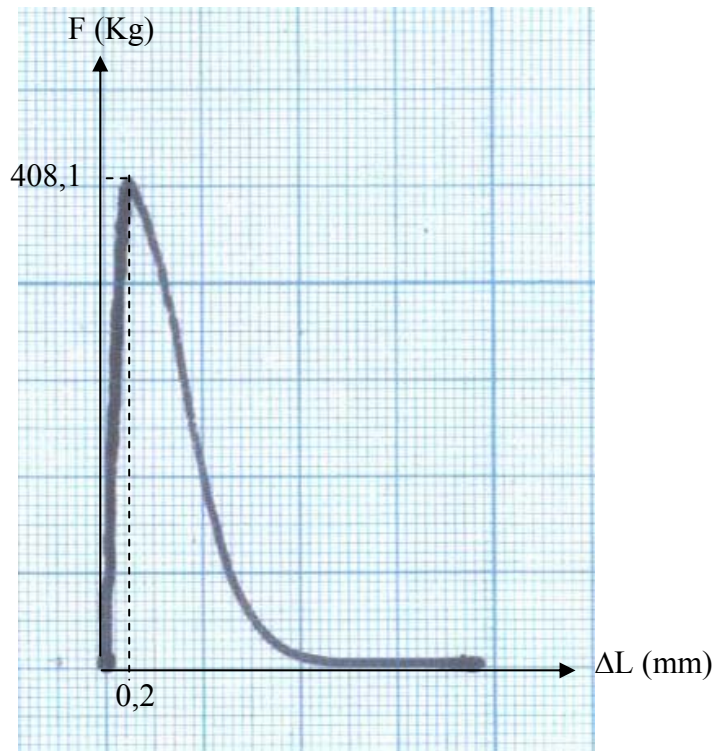
- Gambar diagram F - ΔL kelima spesimen aluminium + 8%Si



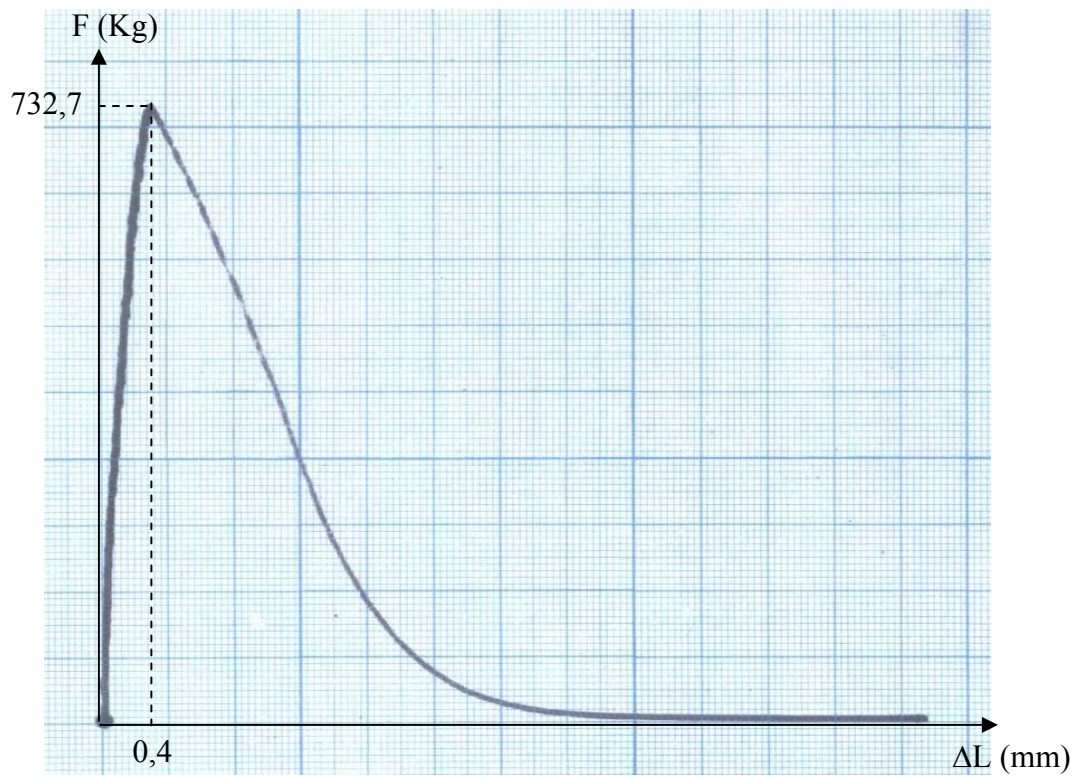
Gb.4.a



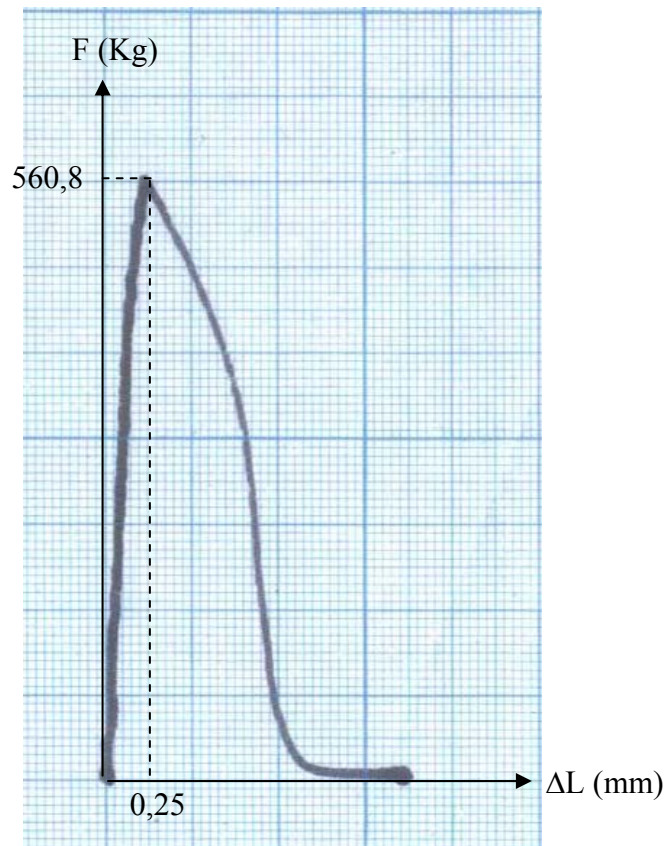
Gb.4.b



Gb.4.c

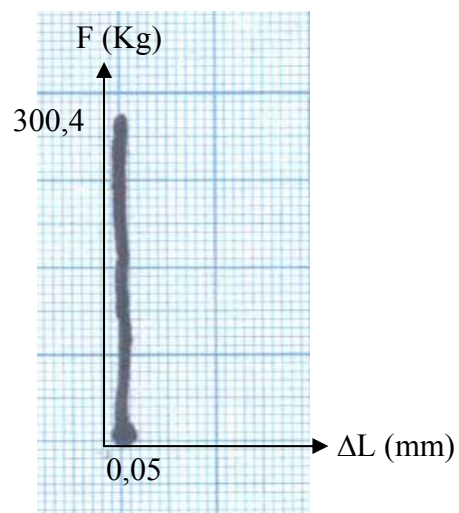


Gb.4.d

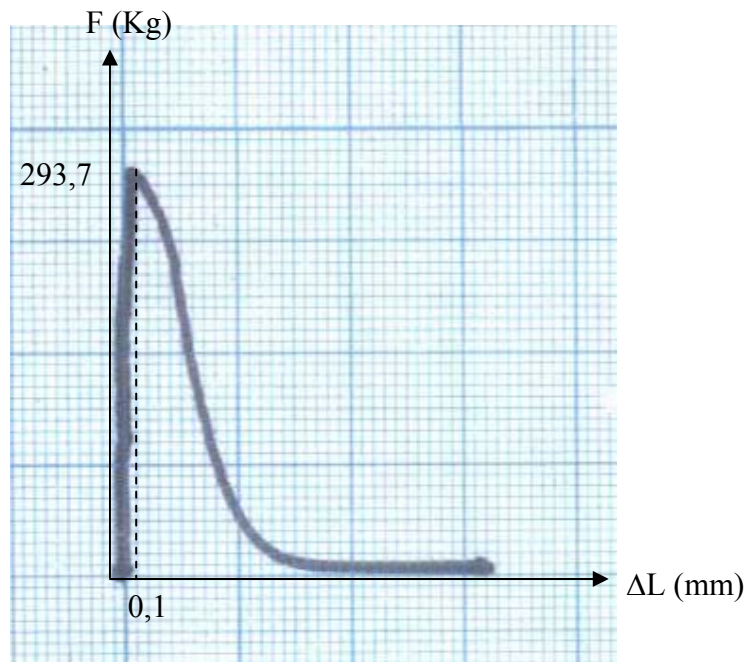


Gb.4.e

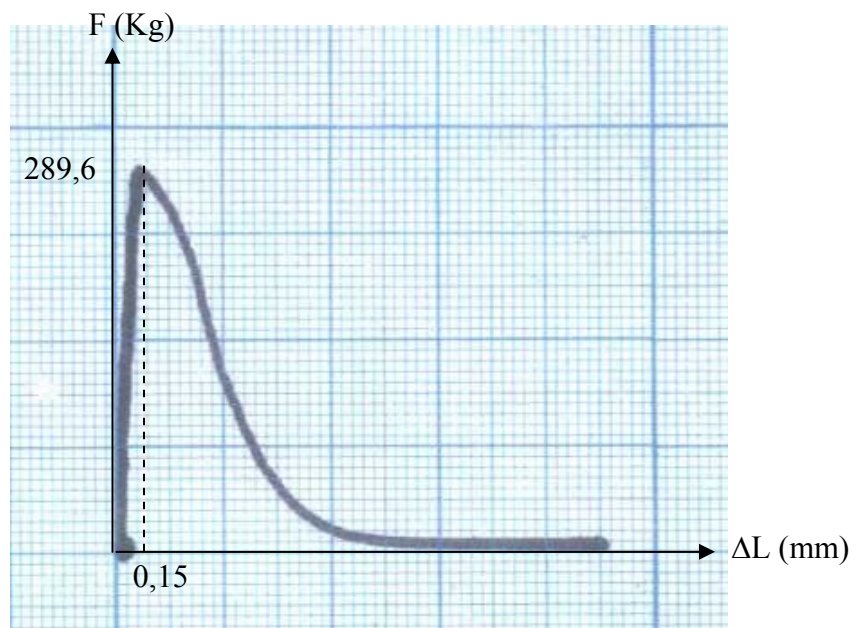
- Gambar diagram F - ΔL kelima spesimen aluminium +10%Si



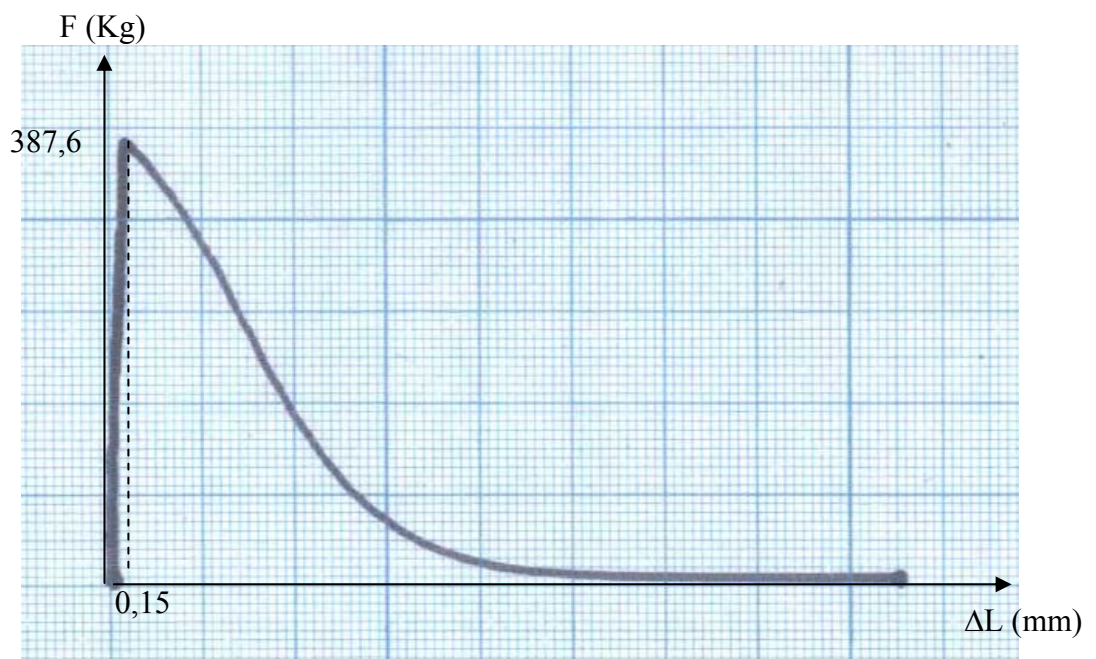
Gb.5.a



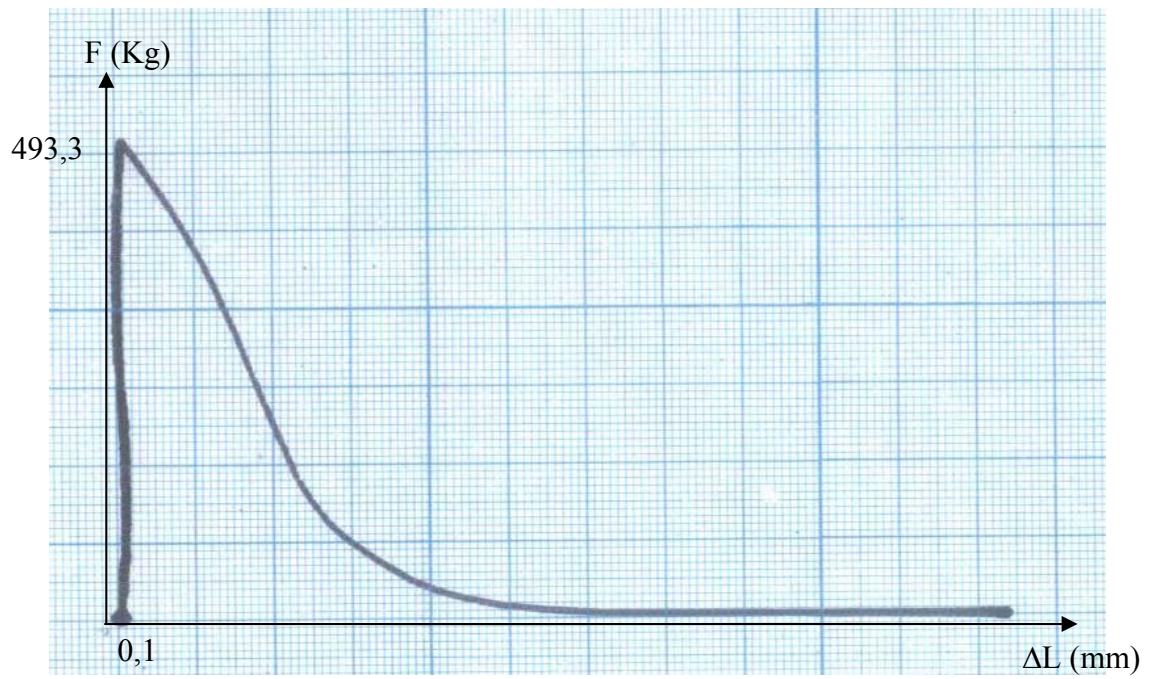
Gb.5.b



Gb.5.c

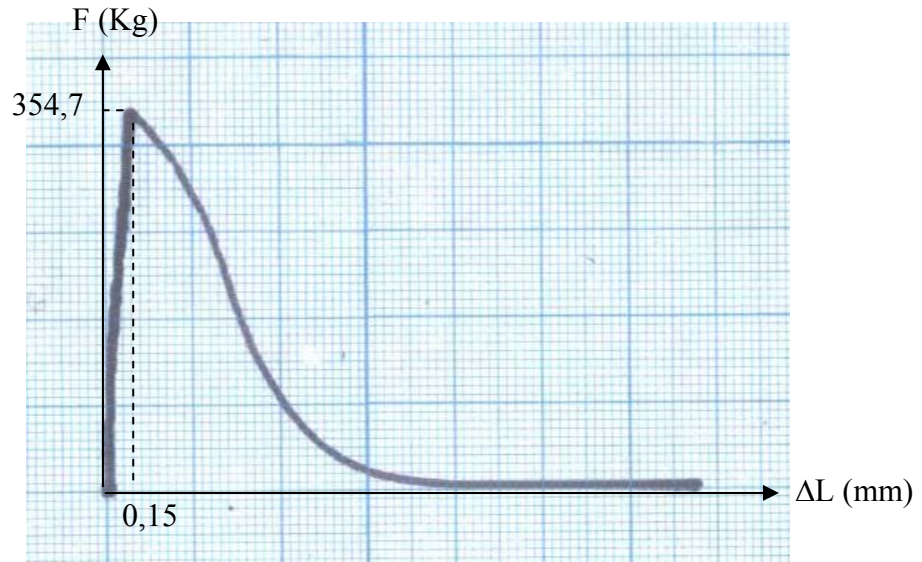


Gb.5.d

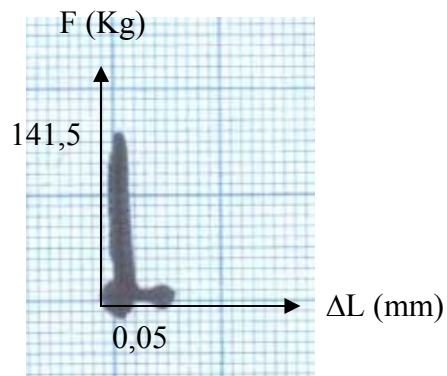


Gb.5.e

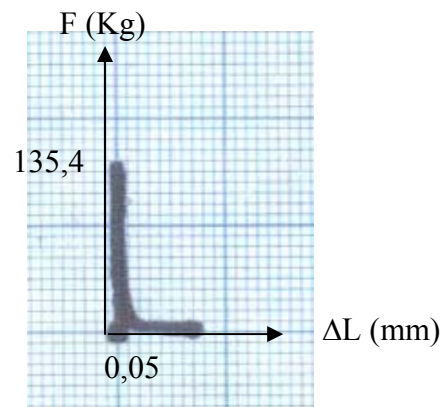
- Gambar diagram F - ΔL ketiga spesimen aluminium + 12%Si



Gb.6.a



Gb.6.b



Gb.6.c



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG

JLN. KANAYAKAN 21 - DAGO - BANDUNG 40135, TROMOL POS 851 - BANDUNG 40008
Tlp. (022) 250 0241 Fax (022) 250 2649. Homepage <http://www.polman-bandung.ac.id> E-mail : sekretariat@polman-bandung.ac.id

Lab No. : 304/sp.lab./Ex Polman/IX/2006
Order No. : PF-80678

11-Sep-06

LAPORAN HASIL ANALISA (REPORT OF ANALYSIS)

Customer :
FX. ANDESTA T.
Jurusan Teknik Mesin
Universitas Sanata Dharma
Jogjakarta

Kode Sampel : AL/11.09.06
Analisa : Spectrometer
Program : ALALMG
Hasil / Results :

Unsur	(%)
Si	0,11793
Fe	0,26192
Cu	0,01958
Mn	0,04813
Mg	0,54342
Zn	0,00384
Ti	0,02371
Cr	0,17684
Ni	0,00397
Pb	0,00068
Sn	0,00028
Na	0,00006
Zr	0,00025
V	0,00716
Sb	-
Al	98,79784



Ka. Divisi Pengecoran,

REZA YADI HIDAYAT
NIP. 431 975 512

Catatan : Sampel dari pemesan, diuji oleh Instansi kami.