PENGARUH BENTUK TAKIK TERHADAP SIFAT FISIS DAN KELELAHAN PADA ALUMINIUM PADUAN Cu

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Jurusan Teknik Mesin

Disusun oleh :

EMILIO PRIYO WIDODO

NIM : 985214094

NIRM : 980051123109120094

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SANATA DHARMA

YOGYAKARTA

2006

THE EFFECT OF NOTCH TYPE TO PHYSICAL CHARACTERISTICS AND FATIQUE OF ALUMINIUM – CU ALLOY

FINAL PROJECT
Presented as Partial Fulfillment of the Requirements
to Obtain the *Sarjana Teknik* Degree
in Mechanical Engineering

by

Emilio Priyo Widodo

Student Number : 985214094

MECHANICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
ENGINEERING FACULTY
SANATA DHARMA UNIVERSITY
YOGYAKARTA
2006

TUGAS AKHIR

PENGARUH BENTUK TAKIK TERHADAP SIFAT FISIS DAN KELELAHAN PADA ALUMINIUM PADUAN Cu

Disusun oleh :

Emilio Priyo Widodo
NIM : 985214094
980051123109120094

Telah disetujui oleh :

Dosen Pembimbing

Doddy Purwadianto, S.T., M.T.

Tanggal.....

TUGAS AKHIR

PENGARUH BENTUK TAKIK TERHADAP SIFAT FISIS DAN KELELAHAN PADA ALUMINIUM PADUAN Cu

Dipersiapkan dan ditulis oleh :

Emilio Priyo Widodo

NIM : 985214094

980051123109120094

Telah dipertahankan di depan panitia penguji

Pada tanggal : 30 Januari 2006

dan dinyatakan memenuhi syarat.

Susunan Penguji

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

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

Anggota : Doddy Purwadianto.S.T.,M.T.

Yogyakarta, 30 Januari 2006

Fakultas Teknik
Universitas Sanata Dharma
Yogyakarta

Dekan

(Ir.Greg.Heliarko S.J.,S.S.,B.S.T.,M.A.,Msc.)

PERNYATAAN

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

Yogyakarta 28 Januari 2006

Penulis

Emilio Priyo Widodo

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SANATA DHARMA

Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman -Yogyakarta

Telp.(0274) 883037, 883968, 886530; Fax.(0274) 886529; Email :teknik@staff.usd.ac.id

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

No : 608 / TA / FT-USD / TM Oktober/ 2005

Nama	: Emilio Priya Widodo
NIM	: 985214094
Program Studi	: Teknik Mesin
Fakultas	: Teknik, Univ. Sanata Dharma Yogyakarta
Judul	: *Pengaruh takik terhadap Sifat Fisis dan Kelelahan pada Aluminium paduan Cu.*
Tanggal dimulai	: 21 Oktober 2005

Yogyakarta, 24 oktober 2005

Pembimbing II

Pembimbing I

Doddy Purwadianto, S.T., M.T.

Inti Sari

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bentuk takik terhadap sifat fisis dan kelelahan terhadap poros dengan bentuk takik U dan V, yang meliputi kekuatan tarik, stuktur mikro dan kekuatan lelah Aluminium paduan Cu. Paduan ini mempunyai kandungan unsur kimia sebagai berikut : (Al 88,85 %; Cu 2,084 %; Si 2,37 %; unsur lain 6,37 %).

Penelitian ini dilakukan dalam empat tahap. Tahap pertama adalah pengujian tarik, dengan mesin Testing Machine dengan kapasitas 10000 kg. Tahap kedua adalah pengujian kelelahan, yang dilakukan untuk masing bentuk takik. Tahap ketiga adalah pengujian struktur mikro bahan, yang dilakukan dengan mikroskop yang dilengkapi dengan kamera untuk mengambil foto sturktur mikro bahan. Tahap keempat adalah analisa bentuk patahan, yang dilakukan dengan menggunakan mikroskop untuk mengambil gambar bentuk patah bahan.

Hasil dari penelitian menunjukkan kekuatan lelah tertinggi adalah untuk spesimen poros tanpa takik (beban 3 kg, siklus 3.062.084 Rpm), dan ketahanan lelah terendah adalah spesimen dengan bentuk takik V (beban 2.25 kg, siklus 2.437.772). Struktur mikro menunjukkan adanya porositas pada bahan, dan untuk pengamatan bentuk patah pada bahan dapat dilihat retak awal dan jenis patahan bahan.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Yesus Tuhan dan Allahku atas segala penyertaan dan anugerahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tugas ini disusun dalam rangka untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa tugas ini dapat terselesaikan tidak lepas dari bantuan banyak pihak. Oleh karena itu perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ir. Greg. Heliarko S.J.,SS., B.S.T., M.A., MSc, Dekan Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma.
2. Bapak Yosef Agung C, S.T., M.T., Ketua Program Studi Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma.
3. Bapak Doddy Purwadianto S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir.
4. Ir. F.A Rusdi Sambada., selaku dosen pembimbing akademik angkatan 1998.
5. Keluarga Bapak Carolus Triyono, atas semua perhatian, dukungan serta cinta dan kasihnya, dan untuk sesuatu yang tak terlupakan.
6. M.M. Sekar Puri dan Y.F. Listi Cindhe atas perhatian dan kasihnya.
7. Teman-teman seperjuangan angkatan 98 (Agus, Gondes, Bimo, Bagong, Totok. Tulis, Bina, Dedi, yogi, Heri, Dedet dan semua yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
8. Teman-teman Mudika Santo Yusup Medari dan Margorejo, atas segala dukungannya.
9. Semua Pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan-kekurangan dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu segala masukan kritik maupun saran dari pembaca sekalian sangat penulis harapkan sebagai koreksi, sehingga dalam penyusunan tugas atau karya ilmiah lain kelak dapat lebih maksimal dan lebih baik lagi.

Yogyakarta, 29 Januari 2006

Penulis

MOTTO

Segala pekerjaan besar yang ***AKAN*** dan ***TELAH*** terjadi, pastilah bermula dari sebuah pekerjaan kecil yang ***AKAN*** dan ***TELAH*** terlewati.

(Mahatma Ghandhi)

Bawalah hidupmu seperti ***AIR*** yang mengalir ataupun seperti ***ANGIN*** yang berhembus, jadilah dirimu sendiri.

(J. Sumantri)

Kupersembahkan karya ini untuk mereka

yang kukasihi :

Yesus Kristus Tuhan dan Allahku

Yang selalu mempunyai rencana-rencana indah dalam hidupku

Keluarga Bapak Carolus Triyono

Atas segala dukungan serta perhatian dan untuk sesuatu yang istimewa

Maria Marganingsih Sekar Puri

Atas perhatian dan kasih serta dukungannya

Yohana Fransisca Listi Cindhe W

Yang selalu menemani dan selalu memberikan perhatian dan kasihnya

Teman-temanku

Yang selalu memberikan pengalaman-pengalaman yang sangat berharga

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL..... i
HALAMAN JUDUL..... ii
HALAMAN PERSETUJUAN iii
HALAMAN PENGESAHAN..... iv
HALAMAN PERNYATAAN..... v
HALAMAN SOAL..... vi
INTI SARI..... vii
KATA PENGANTAR..... viii
HALAMAN MOTTO ix
HALAMAN PERSEMBAHAN..... x
DAFTAR ISI..... xi
DAFTAR TABEL..... xiii
DAFTAR GAMBAR..... xiv
DAFTAR LAMPIRAN..... xvi

BAB I PENDAHULUAN..... 1
1.1 Latar Belakang Masalah..... 1
1.2 Tujuan Penelitian..... 2
1.3 Batasan Masalah..... 2
1.5 Metode Pengumpulan Data..... 4

BAB II DASAR TEORI..... 5
2.1 Pengertian Bahan Penelitian..... 5
2.1.1 Aluminium (Al)..... 6
2.1.2 Aluminium Murni..... 7
2.1.3 Paduan Aluminium..... 8
2.2 Sifat Bahan Penelitian..... 13
2.3 Patah Bahan..... 15
2.4 Kelelahan..... 21
2.4.1 Pengertian Kelelahan..... 21

2.4.2 Hal-hal yang Berpengaruh Pada Kegagalan Kelelahan..... 25
2.4.3 Batas Kelelahan..... 28
2.4.4 Efek Takik..... 28
2.4.5 Faktor Konsentrasi Tegangan Takik V Akibat Momen Lengkung..... 29
2.4.6 Pengaruh Konsentrasi Tegangan Pada Kelelahan..... 30

BAB III METODE PENELITIAN..... 32
3.1 Alat dan Bahan..... 32
3.1.1 Alat..... 32
3.1.2 Bahan..... 32
3.2 Pelaksanaan Pengujian..... 33
3.2.1 Pengujian Tarik..... 33
3.2.2 Pengujian Kelelahan..... 35
3.2.3 Pengujian Struktur Mikro..... 36
3.2.4 Pengujian Struktur Makro..... 37
3.2.5 Diagram Alir Penelitian..... 39

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... 40
4.1 Hasil Penelitian..... 40
4.1.1 Pengujian Tarik..... 40
4.1.2 Pengujian Kelelahan..... 41
4.1.3 Pengujian Struktur Mikro..... 46
4.1.4 Analisa Bentuk Patahan..... 48
4.2 Pembahasan..... 53

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... 55

DAFTAR PUSTAKA..... 56

LAMPIRAN..... 57

DAFTAR TABEL

1	Tabel 2.1	Sifat Fisik Aluminium Murni	7
2	Tabel 2.2	Sifat Mekanik Aluminium	8
3	Tabel 2.3	Klasifikasi Paduan Aluminium Tempa	9
4	Tabel 2.4	Klasifikasi Paduan Aluminium Tuang / Cor	9
5	Tabel 4.1	Hasil pengujian tarik	41
6	Tabel 4.2	Hasil pengujian kelelahan spesimen tanpa takik	42
7	Tabel 4.3	Hasil pengujian kelelahan spesimen dengan takik U	43
8	Tabel 4.4	Hasil pengujian kelelahan spesimen dengan takik V	43

DAFTAR GAMBAR

1.	Gambar 1.1	Benda uji	3
2.	Gambar 2.1	Diagram Fase Al-Cu	15
3.	Gambar 2.2	Bentuk Patahan Getas	16
4.	Gambar 2.2	Bentuk Patahan Ulet	17
5.	Gambar 2.4	Retak Ductile Paduan Al-Cu-Mg	18
6.	Gambar 2.5	Macam-Macam Bentuk Patahan	20
7.	Gambar 2.6	Skema Perpatahan Kelelahan	21
8.	Gambar 2.7	Pengujian Kelelahan	23
9.	Gambar 2.8	Hubungan Tegangan (S) dengan Siklus (N)	30
10.	Gambar 2.9	Kurva S-N Benda Bertakik dan Tak Bertakik	31
11.	Gambar 2.10	Kurva Kelelahan Untuk Logam Besi dan Non Besi	31
12.	Gambar 3.1	Standar Benda Uji Kelelahan	35
13.	Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian	39
14.	Gambar 4.1	Gravik S-N Hasil Pengujian Spesimen Rata	44
15.	Gambar 4.2	Gravik S-N Hasil Pengujian Spesimen Takik U	44
16.	Gambar 4.3	Gravik S-N Hasil Pengujian Spesimen Takik V	45
17.	Gambar 4.4	Gravik S-N Hasil Pengujian Kelelahan	45
18.	Gambar 4.9	Struktur mikro pembesaran 100 X dengan porositas	47
19.	Gambar 4.7	Struktur mikro pembesaran 200 X tanpa porositas	47
20.	Gambar 4.11	Bentuk patahan beban 7 kg spesimen tanpa takik	48

21. Gambar 4.12 Bentuk patahan beban 3.75 kg
spesimen tanpa takik 49
22. Gambar 4.13 Bentuk patahan beban 3.5 kg
spesimen tanpa takik 49
23. Gambar 4.14 Bentuk patahan beban 7 kg
spesimen dengan takik U 50
24. Gambar 4.15 Bentuk patahan beban 3.25 kg
spesimen dengan takik U 50
25 Gambar 4.16 Bentuk patahan beban 3 kg
spesimen dengan takik U 51
26 Gambar 4.17 Bentuk patahan beban 7 kg
spesimen dengan takik V 51
27 Gambar 4.18 Bentuk patahan beban 3.5 kg
spesimen dengan takik V 52
28 Gambar 4.19 Bentuk patahan beban 2.25 kg
spesimen dengan takik V 52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang masalah

Dewasa ini kemajuan teknologi semakin berkembang pesat khususnya dalam bidang industri, yang menyebabkan kebutuhan-kebutuhan sarana penunjang semakin meningkat pula hal ini menuntut manusia untuk dapat berkembang dan maju hal itulah yang dapat kita lihat sekarang ini.

Dalam dunia industri permesinan, sarana yang mendukung sangatlah penting, dimana sasaran yang ingin dicapai adalah tepat guna dan efektivitas suatu perangkat sehingga dapat digunakan sesuai keinginan. Dalam permesinan sendiri dapat terbagi bermacam-macam elemen penyusunnya, salah satunya adalah poros, dimana poros digunakan untuk meneruskan daya ataupun sebagai penyangga beban yang akan ditransmisikan. Dalam prakteknya bahan-bahan penyusun poros sangat penting untuk diperhitungkan, karena dari bahan itulah akan didapat suatu komposisi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Setiap bahan mempunyai karakteristik sendiri-sendiri, aluminium sendiri memiliki beberapa sifat khusus, disamping dari paduannya, aluminium juga sedikit dalam biaya produksi dibandingkan dengan logam lainnya.

1.2 Tujuan Penelitian

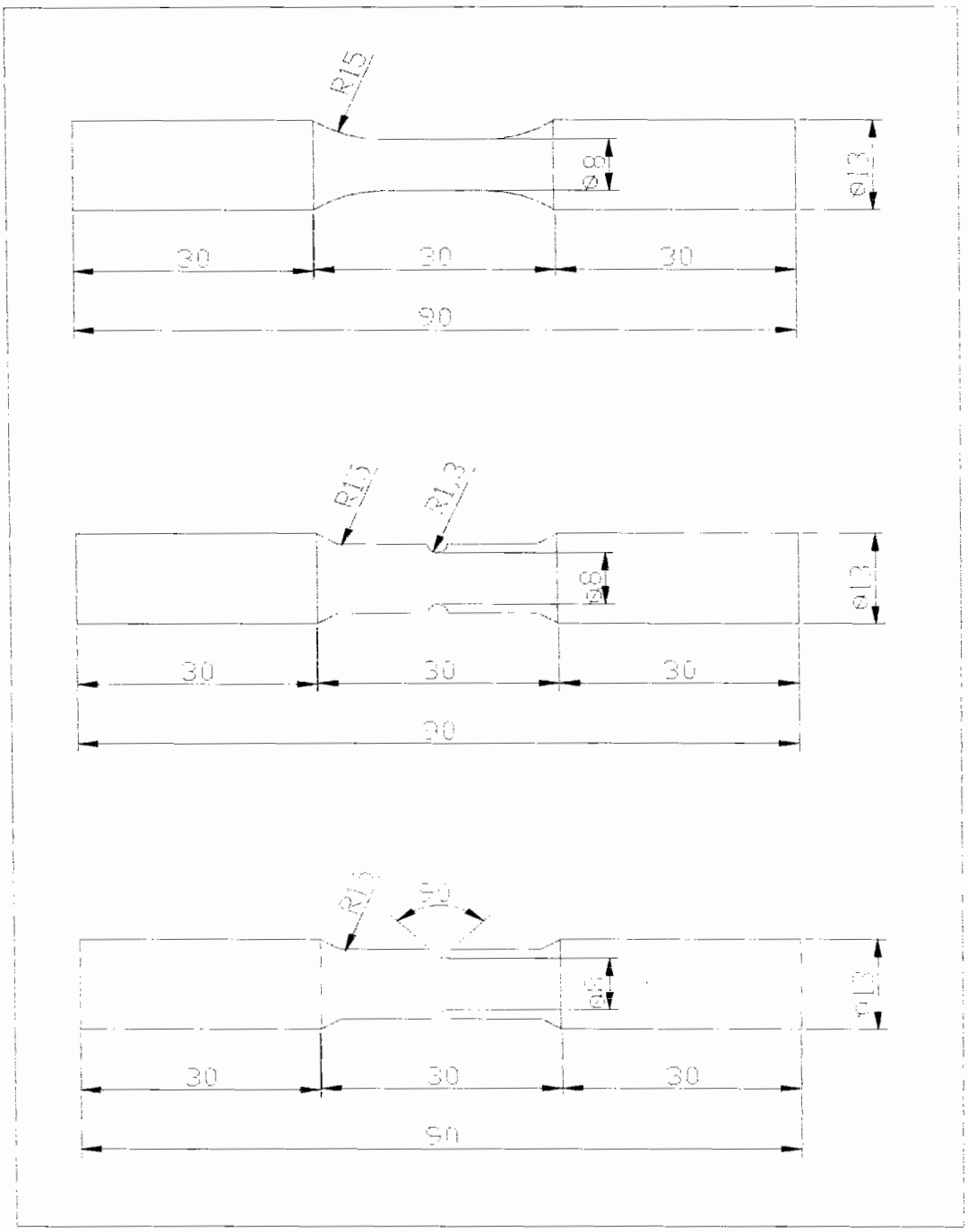
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1) Mengetahui pengaruh bentuk takik U dan V terhadap sifat fisis dan ketahanan lelah dari Aluminium paduan (Al-Cu)
2) Menganalisa kurva S-N dari hasil penelitian untuk masing-masing jenis takik pada benda uji.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini , penulis memberikan batasan-batasan agar dalam penulisan tugas akhir ini dapat terarah dengan baik. Batasan tersebut meliputi :

1) Bahan :
   - Bahan yang digunakan dari paduan aluminium (AL-Cu).
2) Pengujian fisis :
   - Uji struktur mikro bahan .
   - Uji Struktur makro bentuk patahan.
3) Pengujian mekanis :
   - Pengujian tarik.
   - Pengujian kelelahan.



Gambar1.1 Benda uji

I.4 Metode Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan untuk menunjang penelitian ini, maka penyusunan dan kelengkapan data sangat penting. Hal ini dapat diperoleh dengan pengamatan pada proses persiapan sampai dengan saat akhir dari proses yang berupa penelitian dan pengumpulan data-data saat pengujian, namun demikian juga dibutuhkan referensi dari sumber lain sebagai acuan tambahan.

BAB II
DASAR TEORI

2.1. Pengertian Bahan Penelitian

2.1.1 Aluminium (Al)

Aluminium pertama kali ditemukan oleh Sir Humphrey Davy pada tahun 1809 dan pertama kali direduksi oleh Hans Christian Oersted tahun 1825, dan pada tahun 1886, Paul Heroult di perancis dasn C.M. Hall di Amerika secara terpisah telah menemukan logam Alumunium dari Alumina dengan cara Elektrolisa. Bahan dasarnya berupa Bauksit yang umumnya banyak terdapat didaerah tropis. Penggunaan Aluminium lebih banyak diantara logam non-fero, hal ini disebabkan karena Aluminium mempunyai sifat-sifat :

a) Kekuatan
b) Ringan
c) Tahan Korosi
d) Mudah Dibentuk
e) Konduktifitas Panas dan Listrik yang baik

Dewasa ini penggunaan Aluminium semakin berkembang, dikarenakan ---- Aluminium mempunyai nilai ekonomis yang dapat diperhitungkan, disamping lebih murah Aluminium juga mempunyai beberapa keunggulan dari sifat mekanis dan non mekanisnya seperti :

a) **Kerapatan (Density)**

Aluminium mempunyai berat jenis yang rendah yaitu sebesar 2700 kg/m^3, bandingkan dengan baja yang mempunyai kerapatan sebesar 7770 kg/m^3.

b) **Tahan korosi**

Aluminium mempunyai lapisan atau selaput tipis oksida transparan dan jenuh oksigen dipermukaan. Selaput ini mengendalikan laju oksigen dan melindungi lapisan dibawahnya.

c) **Sifat mekanis**

Aluminium mempunyai kekuatan tarik, kekerasan dan sifat mekanis yang sebanding dengan paduan bukan besi.

d) **Penghantar panas dan listrik yang baik**

Aluminium murni mempunyai daya hantar listrik 60% dari daya hantar listrik tembaga.

e) **Tidak beracun**

Aluminium sering digunakan untuk kaleng makanan, hal ini dikarenakan Aluminium tidak menghasilkan racun ketika bereaksi dengan makanan dan minuman.

f) **Mampu bentuk**

Aluminium mempunyai sifat mudah dibentuk, Aluminium juga memiliki sifat mudah ditempa yang memungkinkan dibuat dalam bentuk plat atau lembaran tipis.

g) Titik cair rendah

Aluminium mempunyai titik lebur pada suhu 660^0, hal ini relatif rendah sehingga dalam proses pembentukaanya lebih murah biaya dan lebih cepat.

2.1.2 Aluminium Murni

Aluminium didapat dalam keadaan cair dengan dielektrolisa, dan umumnya mencapai kemurnian 99.85 % berat. Dengan mengelektrolisa kembali dapat dicapai kemurnian 99.99 %, yaitu dicapai dengan angka sembilannya empat.

Tabel 2.1 Sifat Fisik Aluminium

Sifat-Sifat	Kemurnian Al (%)	
	99.996	> 99.0
Massa Jenis (20°C)	2.6989	2.71
Titik Cair	660.2	653-657
Panas Jenis (cal/g °C) (100)	0.2226	0.2297
Hantaran Listrik (%)	64.94	59 (dianil)
Tahanan Listrik Koefisien Temperatur (/°C)	0.00429	0.0115
Koefisien Pemuaian (20-100°C)	23.86×10^{-6}	23×10^{-6}
Jenis Kristal, Kontraksi Kisi	fcc, a = 4.013k X	fcc, a = 4.013kX

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

Tabel 2.2 Sifat Mekanik Aluminium

Sifat-Sifat	Kemurnian Al (%)			
	99.996		> 99.0	
	Dianil	75% dirol dingin	Dianil	H18
Kekuatan Tarik (kg/mm^2)	4.9	11.6	9.3	16.9
Kekuatan Mulur (kg/mm^2)	1.3	11.0	3.5	14.8
Perpanjangan (%)	48.8	48.8	5.5	5
Kekerasan Brinel	17	17	27	4.4

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

2.1.3 Paduan Aluminium

Paduan Aluminium diklarifikasikan dalam berbagai bentuk standar oleh berbagai negara. Paduan Aluminium dikelompokkan dalam 2 kelompok umum, yaitu :

1) Paduan Aluminium tuang/cor *(Cast Aluminium alloys)*

2) Paduan Aluminium tempa *(Wrought Aluminium alloys)*

Setiap kelompok dibagi lagi menjadi 2 kategori, yaitu paduan dengan perlakuan panas dan paduan tanpa perlakuan panas.

Tabel 2.3 Klasifikasi paduan Aluminium tempa

Seri Paduan	Unsur Paduan Utama
1XXX	Al ≥ 99%
2XXX	Cu
3XXX	Si + Cu atau Mg
4XXX	Si
5XXX	Mg
6XXX	Tidak digunakan
7XXX	Zn
8XXX	Sn

(Sumber : Smallman R.E., 1991, Metaluggi Fisik Modern, Edisi Keempat, Jakarta)

Tabel 2.4 Klasifikasi paduan Aluminium cor/tuang

Standar AA	Standar Alco terdahulu	Keterangan
1001	1S	Al murni 99.5 % atau diatasnya
1100	2s	Al murni 99.0 % atau diatasnya
2010-2029	10S-29S	Cu merupakan unsur paduan utama
300-3-3009	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	50S-69S	Mg_{2Si} merupakan unsur paduan utama
7070-7079	70S-79S	Zn merupakan unsur paduan utama

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

Untuk mendapatkan kekerasan yang sesuai biasanya dalam pembentukannya sering ditambah dengan unsur unsur lainnya, seperti Cu, Si, Ni dan lain sebagainya, adapun beberapa jenis bahan campuran untuk Aluminium adalah seperti dibawah ini :

a) Silicon (Si)

Keunggulan :

- Mempermudah proses pengecoran
- Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
- Memperbaiki sifat-sifat atau karakteristik coran
- Menurunkan penyusutan dalam hasil cor

Kekurangan

- Penurunan kekuatan terhadap beban kejut
- Hasil cor akan rapuh bila kandungan Si cukup tinggi

b) Tembaga (Cu)

Keunggulan :

- Meningkatkan kekerasan bahan
- Memperba iki kekuatan tarik
- Mempermudah proses dalam pengerjaan mesin

Kekurangan :

- Menurunkan daya tahan terhadap korosi
- Mengurangi keuletan bahan
- Menurunkan kemampuan dibentuk

c) Mangan (Mn)

Keunggulan :

- Meningkatkan kekuatan dan daya tahan terhadap temperatur tinggi
- Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
- Mengurangi pengaruh buruk unsur besi

Kekurangan :

- Menurunkan kemampuan penuangan
- Meningkatkan kekasaran unsur butiran partikel

d) Magnesium (Mg)

Keunggulan :

- Mempermudah proses penuangan
- Meningkatkan kemampuan pengerjaan mesin
- Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
- Meningkatkan ketahanan terhadap beban kejut dan impak

Kekurangan :

- Meningkatkan kemungkinan timbulnya cacat pada hasil cor
- Memungkinkan adanya ketidak mulusan bahan

e) Nikel (Ni)

Keuntungan :

- Meningkatkan kekuatan dan ketahanan pada temperatur tinggi
- Menurunkan pengaruh buruk unsur Fe dalam paduan
- Meningkatkan daya yahan terhadap korosi

f) Besi (Fe)

Keuntungan :

- Mencegah terjadinya penempelan logam cair pada cetakan selama proses penuangan
- Meningkatkan kekerasa bahan

Kekuranga :

- Penurunan sifat mekanis
- Penurunan kekuatan tarik

g) Seng (Zn)

Keuntungan :

- Meningkatkan sifat mampu cor
- Mempermudah dalam permbentukan
- Meningkatkan keuletan bahan

Kekurangan :

- Menurunkan ketahanan korosi
- Bila kadar Zn cukup tinggi dapat menimbulkan cacat rongga udara

h) Titanium (Ti)

Keuntungan :

- Meningkatkan kekuatan hasil cor pada temperatur tinggi
- Memperhalus butir kristal pada permukaan
- Mempermudah proses penuangan

Kekurangan :

- Meningkatkan viskositas logam cair dan Mengurangi fluiditas logam

Sedangkan contoh Aluminium paduan sendiri sering kali sudah didapatkan secara instan, bahan tersebut dapat dibeli sudah dalam bentuk bahan jadi Aluminium paduan, paduan yang paling populer adalah Duralumin yaitu campuran antara Al-Cu-Mg, campuran ini menghasilkan kekuatan yang cukup tinggi dan juga dapat disepuh. Biasanya sering digunakan pada pesawat terbang.

2.2 Sifat Bahan Penelitian (Al-Cu)

Poros adalah salah satu elemen penting dalam permesinan, dimana digunakan sebagai piranti untuk mentransmisikan atau untuk meneruskan daya. Dalam perkembangannya banyak sekali pertimbangan pertimbangan dalam pemilihan suatu poros agar dapat bekerja seefisien mungkin, karena harus disesuaikan dengan fungsi dan kemampuan kerja dari poros tersebut. Adapun pertimbangan-pertimbangan tersebut adalah :

1. Bahan pembuatan poros tersebut.
2. Perlakuan panas yang diberikan.
3. Beban atau kapasitas yang akan diberikan pada poros tersebut.

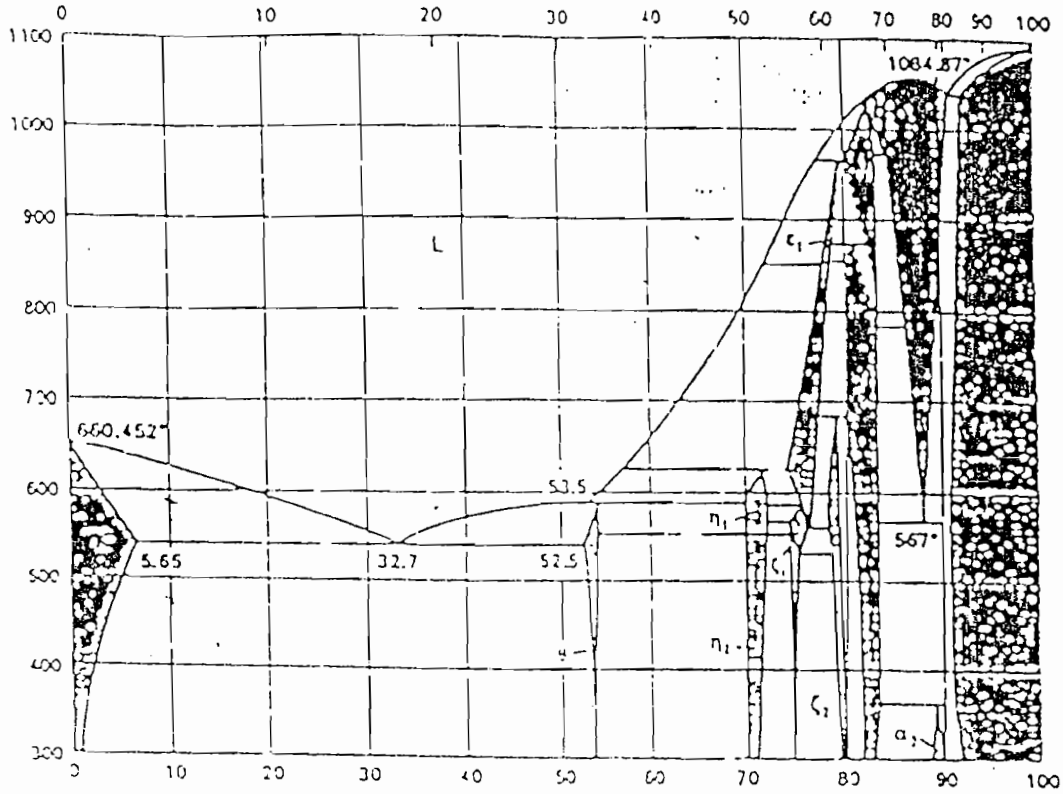
Hal-hal tersebut harus diperhatikan agar dapat benar-benar mendapatkan suatu poros yang sesuai dengan kebutuhan. Karena dalam perkembangannya telah banyak dipasarkan berbagai jenis dan macam dari poros tersebut

mengingat begitu kompleksnya penggunaan dari poros tersebut. Adapun paduan Aluminium dengan tembaga (Al-Cu), sendiri mempunyai beberapa nilai ekonomis akibat dari perpaduan tersebut, antara lain :

1. Memiliki sifat mekanis dan mampu mesin yang baik.
2. Campuran Cu dapat meningkatkan kekerasan bahan
3. Mudah dalam pengerjaan dengan mesin
4. Lebih murah dalam pembiayaan dibanding jenis lain

Namun demikian tentunya bahan ini juga mempunyai beberapa kekurangan, seperti :

1. Ketahanan terhadap korosi berkurang karena campuran Cu
2. Keuletan bahan berkurang
3. Kurang dalam mampu bentuk



Gambar 2.1 Diagram fase Al-Cu (Binari Alloys Phasse Diagrams, American Society for Metal, Metel Park, Ohio,1986)

2.3 Patah Bahan

Patah pada bahan biasanya dimulai dengan adanya retak pada permukaan, dan mekanismenya harus melalui proses yang bergantung pembebanan siklus patah akibat kelelahan. Biasanya dimulai dari permukaan dimana lenturan dan puntiran akan menyebabkan tegangan yang tinggi sehingga menyebabkan konsentrasi tegangan pada bagian tertentu yang akan menyebabkan patah pada daerah tersebut. Ada 2 mekanisme perpatahan yaitu :

A. Perpatahan Getas (cleavage fracture)

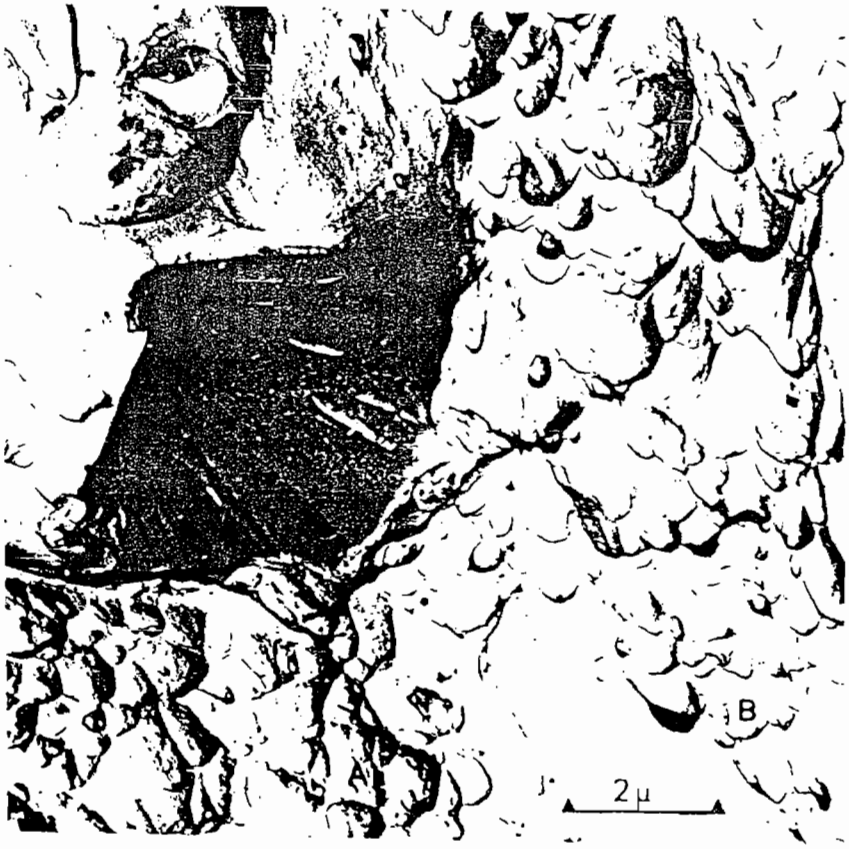
Yaitu bentuk perpatahan yang paling getas yang terjadi didalam material kristalin. Patah getas yang terjadi pada material ulet disebabkan karena beroperasi pada suhu yang rendah dan laju pembebanan yang tinggi. Karakteristik dari patah getas sendiri adalah bahwa penampang patah berhubungan dengan bidang kristalografik secara khusus. Patahan ini menghasilkan bentuk patahan yang rata dan memberikan warna yang terang pada permukaan patah.

Gambar 2.2 : Bentuk Perpatahan Getas "cleavage fracture"

Sumber referensi

B. Perpatahan Ulet (ductile fracture)

Perpatahan ulet atau liat adalah bila spesimen ditarik dengan beban berlebih yang akan menyebabkan perpanjangan dan terkonsentrasi secara lokal pada suatu titik, mekanisme perpatahan ulet ini terjadi pada pengujian tarik. Mekanisme diawali oleh pertumbuhan dan bergabungnya kekosongan mikro yang kemudian diikuti dengan perpanjangan plastis secara lokal atau ***necking*** (pengecilan setempat).



Gambar 2.3 : Bentuk perpatahan Ulet "ductile fracture"

Sumber : referensi

Perpatahan pada logam sendiri biasanya diawali oleh adanya retak pada bahan, retak sendiri adalah deformasi plastis yang terjadi pada suhu tinggi akibat beban lebih yang konstan slama peride tertentu, retak juga bervariasi dengan berubahnya tegangan yang terjadi. Ada 4 macam penyebab terbentuknya retak :

1) Adanya dislokasi yang menghasilkan slip
2) Pergeseran batas butir
3) Difusi kekosongan
4) Panjatan dislokasi yang menghasilkan slip

Gambar 2.4 : Retak ductile pada paduan Al-Cu-Mg
Sumber Referensi

Ketelitian pengerjaan permukaan terutama kehalusan pada bagian yang berputar mutlak dibutuhkan ketelitian yang optimal, hal ini berpengaruh pada bahan terhadap kelelahan akibat beban tekan dan beban puntir, karena dari sinilah retak awat atau *initial crack* terjadi setelah pengujian dilakukan. Ciri patahan sendiri adalah dengan pelepasan sejumlah besar dislokasi secara tiba-tiba sewaktu luluh. Dislokasi tersebut bersama dan membentuk retak, bila retak merambat pada waktu yang singkat sehingga terjadi tegangan secara slip didaerah yang saling berdekatan maka akan terjadi perpatahan dan hal ini juga karena pengaruh dari tegangan geser pada bahan sewaktu terjadi puntiran. Patah pada bahan sendiri dapat disebabkan oleh beberapa hal :

1. **Komposisi Bahan**

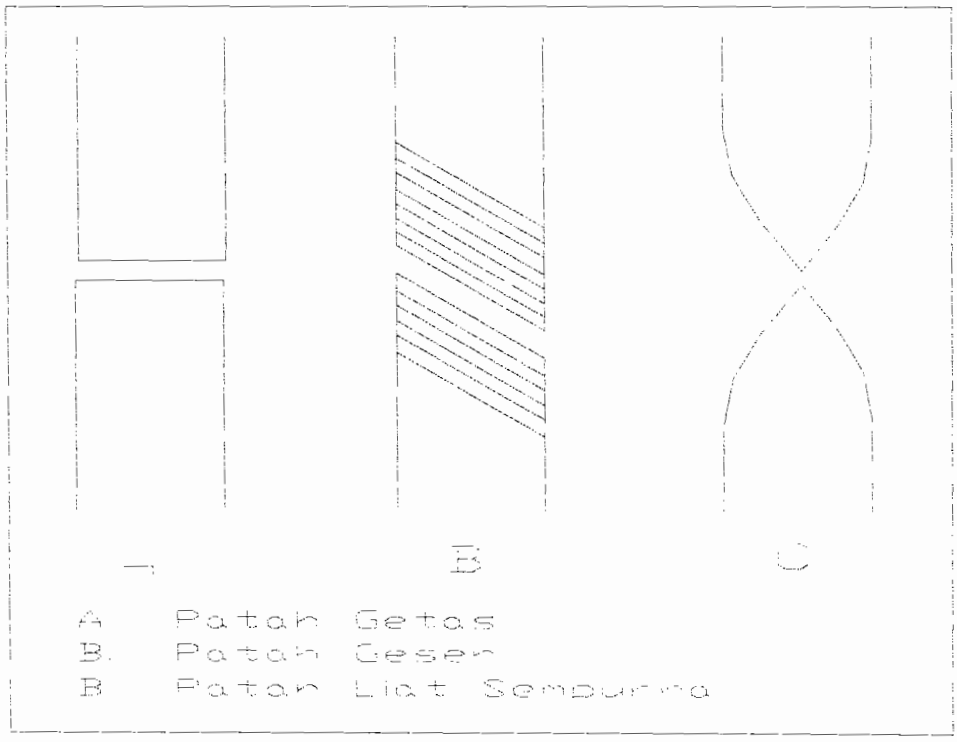
   Komposisi dari bahan sangat berpengaruh, karena setiap bahan mempunyai karakteristik yang berbeda, selain itu juga adanya pengaru campuran pada bahan yang dapat memberikan kelebihan dan kekurangan pada bahan tersebut.

2. **Perlakuan Panas**

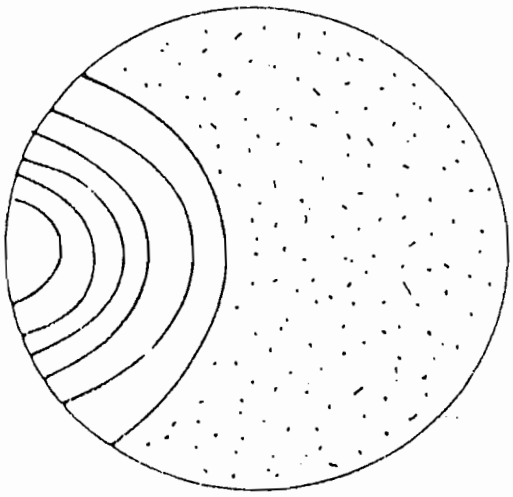
   Perlakuan panas biasanya dilakukan untuk mengendalikan besar butir benda uji dan untuk menghaluskan struktur, pada struktur yang halus akan memberikan keuletan yang lebih menjamin namun demikian juga tergantung dari perlakuan yang diberikan.

3. Pengerasan

Deformasi plastis yang kecil pada temperatur ruang akan meningkatkan keuletan pada temperatur rendah, akan tetapi umumnya deformasi yang digunakan untuk pengerasan dapat merapuhkan logam karena disini terjadi pembentukan dislokasi yang saling berpotongan, kekosongan dan cacat.



Gambar 2.5 Macam-macam bentuk patahan, Metalurgi Mekanik, Dieter. Edisi ketiga, jilid 1



Gambar 2.6 Skema Perpatahan Kelelahan R.E Smallman, 1991

2.4 Kelelahan

2.4.1 Pengertian Kelelahan

Kelelahan adalah jenis pengujian untuk mencari titik aman suatu poros dengan menggunakan putaran dan beban yang telah ditentukan, sampai pada putaran tertentu yang menunjukkan titik aman suatu poros. Kelelahan berkaitan dengan perpatahan logam secara prematur karena tegangan rendah

1. Besar tegangan maksimum
2. Beban yang bekerja
3. Putaran

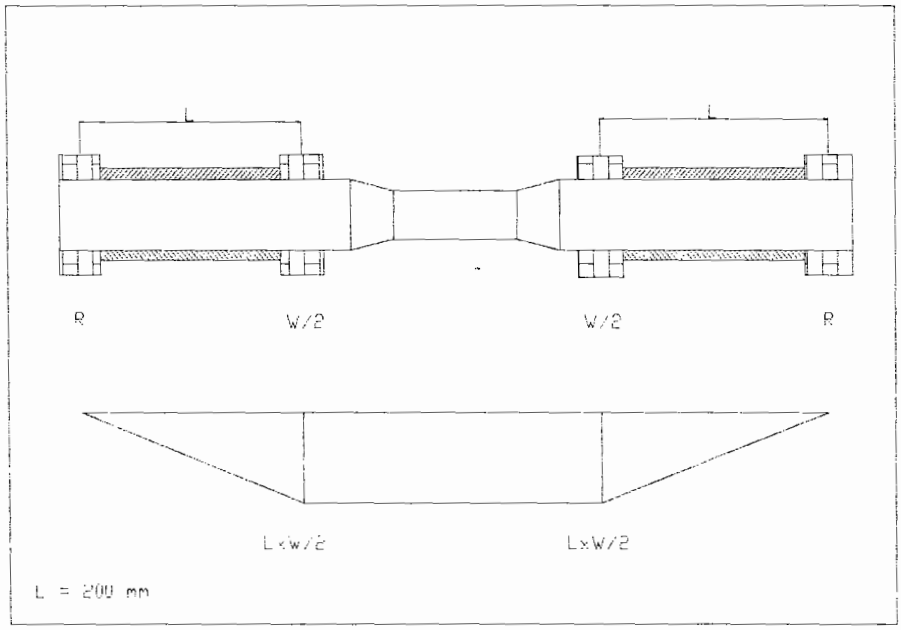
Dalam penelitian sering digunakan siklus berulang. Sample yang mendapatkan beban lengkung dan putaran secara terus menerus akan menyebabkan kondisi tarik dan tekan. Kondisi ini akan berlangsung berulang-ulang hingga pada akhirnya sample akan mengalami kelelahan dan akhirnya patah. Adapun rumus untuk mencari tegangan untuk pengujian lelah adalah sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{Lx\frac{W}{2}}{\frac{\pi}{32}x\,d^3}\left(kg/mm^2\right)$$

dengan : L = Jarak antar tumpuan (mm)

d = Diameter ukur (mm)

w = Beban (kg)



Gambar 2.7 Pengujian Kelelahan

Untuk melaksanakan melaksanakan pengujian dengan alat uji kelelahan menggunakan kurun tegangan (S) yang berbeda untuk setiap benda uji, jumlah siklus tegangan (N) yang dialami oleh benda uji pada setiap tegangan tertentu dicatat dan dibuat gambar diagram kelelahan atau sering disebut diagram S-N. untuk benda uji tertentu mempunyai titik aman pada siklus tertentu pula, hal ini disebabkan karena :

a) Kegagalan akibat kelelahan bahan

Kegagalan lelah timbul akibat adanya retak kecil *(initial crack)* retak ini sangat kecil sehingga tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, retak tersebut timbul pada titik ketidak mulusan bahan seperti pada perubahan penampang ,alur sisa pengerjaan mesin dan lubang. Sekali saja retak awal

terjadi maka akan terjadi pengaruh pemusatan tegangan menjadi lebih besar lagi dan retak tersebut merambat lebih cepat pada penampang bahan, begitu ukuran luas yang menerima tegangan berkurang, maka tagangan bertambah besar sampai akhirnya luas yang tersisa tidak dapat menerima tegangan tersebut dan terjadilah kegagalan lelah. Adapun penyebab kegagalan lelah yaitu :

- Karena perkembangan dari retak yang ada
- Patahan mendadak pada bagian bahan yang rapuh

Kegagalan lelah sering digolongkan sebagai kegagalan lelah akibat siklus, umur, dan waktu penggunaan bahan. Daerah umur tak terhingga *(infinite life region)*, meliputi perancangan yang melampaui batas siklus tegangan lelah atau disebut kegagalan bersiklus tinggi. Daerah umur hingga *(finite life region)*, pada umur ini bahan memang dibuat umur pendek terutama untuk produksi massal, kegagalan ini juga disebut kegagalan bersiklus pendek antara putaran setengah sampai putaran dengan seribu siklus.

b) Kekuatan Bahan

Untuk menyusun kekuatan lelah suatu bahan diperlukan beberapa

Benda uji,dengan jumlah putaran yang sama pada setiap bahan sampai bahan patah dan didapatkan hasilnya, yang selanjutnya dibuat diagram S-N. sehingga dapat dilihat bentuk dari grafik sampai dengan siklus

amannya. Koordinat pada diagram S-N disebut kekuatan lelah suatu pernyataan yang harus diikuti dengan jumlah siklus (N) yang bersangkutan.

c) **Batas Ketahanan Kelelahan**

Dalam menentukan batas kelelahan kita perlu menyelesaikan semua pengujian terlebih dahulu sehingga dapat kita ketahui seberapa besar batas ketahanan terhadap kelelahan. Pada grafik akan terlihat garis mendatar setelah diberi tegangan dan jumlah siklus tertentu, maka akan terbaca bahwa bahan sudah dapat melalui batas ketahanan lelahnya. Tanpa memperhatikan berapa besar jumlah siklus yang dilakuakan kekuatan yang berkaitan dengan hal tersebut disebut ketahanan lelah *(endurace limit).*

2.4.2 Hal-hal yang berpengaruh pada kegagalan lelah

1. **Pengaruh Ukuran**

   pengaruh ukuran suatu bahan sangat berpengaruh dalam pengujian kelelahan, kekuatan lelah yang besar lebih baik dari yang kecil.perubahan luas penampang yang mempengaruhi perubahan volume sehingga mengakibatkan perbedaan tegangan.

2. **Pengaruh Suhu**

   Suhu mempengaruhi sifat mekanis bahan dan adanya tegangan statis dan dinamis akan menyebabkan perubahan bahan secara berlahan, dan hal ini akan menyebabkan perubahan bentuk grafik pada diagram S-N.

jika dipakai pada suhu yang tinggi, suhu yang tinggi menyebabkan disisolasidan pada bahan akan mengurangi ketahanan terhadap kelelahan

3. Pengaruh Permukaan Bahan

Halus dan tidaknya permukaan merupakan faktor utama timbulnya retakan awal bahan, karena pada permukaan yang kasar akan banyak terdapat ketidak rataan permukaan, akan tetapi pada permukaan yang halus akan sedikit terdapat lubang atau bekas sayatan pada saat pembuatan benda uji. Halus dan kekasaran bahan sangat berpengaruh untuk pengujian kelelahan. Tiap pengerjaan yang meningkatkan kekerasan atau kekuatan luluh bahan akan meningkatkan level tegangan yang diperlukan untuk slip dan hal ini dengan sendirinya akan langsung meningkatkan kekuatan lelah , makin halus ukuran butiran makin tinggi kekuatan fatik pada temperatur tertentu.

Beberapa hal yang mempengaruhi kelelahan pada permukaan bahan :

a. Tegangan Sisa Permukaan

pembentukan tegangan sisa pada permukaan dapat meningkatkan ketahanan lelah bahan. Tegangan ini dihasilkan oleh beban luar (tarik dan tekan), dengan adanya tegangan sisa akan memperkecil celah pada suatu titik dipermukaan, oleh karena itu perlu adanya perimbanganantara tegangan sisa tekan dengan tegangan sisa tarik agar tahan terhadap kelelahan.

b. Perubahan Permukaan

Perubahan permukaan dapat terjadi karena proses panas dalam pembentukan bahan tersebut, hal ini biasanya dilakukan dalam peleburan awal untuk mendapatkan komposisi bahan yang sesuai dengan yang diinginkan. Proses pelapisan permukaan ini pada kelanjutannya akan menentukan menambah atau mengurangi kekuatan lelah bahan.

c. Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan akan mempengaruhi kekuatan lelah suatu bahan, biasanya hal ini timbul dari pengerjaan awal benda uji pada mesin bubut atau mesin perkakas lainnya, semakin kasar suatu bahan akan semakin mudah mengalami keretakan sehingga memudahkan kelelahan dan cepat patah.

d. Lingkungan

Lingkungan dapat mempengaruhi fatik, dimana lingkungan tersebut dapat menimbulkan korosi, serangan korosi yang terjadi serempak dengan pembebanan fatik akan menyebabkan efek perusakan yang lebih parah. Hal ini biasanya disebabkan oleh media cair, namun demikian udara juga dapat menyebabkan korosi.

2.4.3 Batas kelelahan (Enduronce limit)

Dalam menentukan batas kelelahan kita perlu menyelesaikan semua pengujian lebih dulu, kemudian baru membuat diagram S-N, sehingga dapat kita ketahui seberapa besar batas ketahanan terhadap kelelahan, dan jumlah siklus antara satu juta sampai 10 juta dianggap bahan sudah melalui ketahanan lelahnya. Kecuali besar jumlah siklus, kekuatan yang berkaitan dengan yang diatas disebut batas ketahanan lelah *(endurance limit).*

2.4.4 Efek Takik

Takik merupakan konsentrasi tegangan, dan dasar takik mempunyai dimensi yang berbeda. Keadaan demikian akan mendorong terbentuknya retakan lelah. Perubahan yang terjadi akibat adanya takik mempunyai dampak yang penting pada proses patahan. Dimana diketahui bahwa suatu takik akan menimbulkan puncak tegangan lokal pada pangkal takik. Sebuah takik juga dapat menimbulkan kondisi tegangan triaksial setempat. Aliran plastik mulai dari pangkal takik bila tegangan lokal tersebut mencapai luluh bahan. Namun efek pokok kehadiran takik bukanlah menimbulkan konsentrasi tegangan akan tetapi menghasilkan keadaan tegangan triaksial pada takik.

Oleh karena itu, efek lain dari takik adalah menimbulkan regangan terkonsentrasi setempat yang tinggi. Pengerasan regangan yang menyertainya dapat menimbulkan terbentuknya rongga ulet yang kemudian

dapat berubah menjadi getas, karena volume pengerasan regang plastik dibawah takik sangat kecil, konsentrasi regangan membentuk retak tanpa melibatkan kerja plastik yang berarti. Akibat lain dari konsentrasi regangan plastik pada takik yang tak kurang pentingnya ialah bahwa laju regangan setempat lebih tinggi daripada harga laju regangan rata-rata. *(Dieter,1990)*

2.4.5 Faktor Konsentrasi Tegangan.

Faktor konsentrasi tegangan adalah perbandingan tegangan maksimal terhadap tegangan nominal. Adanya faktor konsentrasi tegangan karena terjadi konsentrasi tegangan pada daerah dimana terjadi perubahan penampang pada sebuah elemen yang mengalami pembebanan.

Langkah awal yang menjadi kunci adalah pemodelan, karena hal ini akan menghemat waktu dan usaha untuk analisa tegangan *(Plane Stress Plane Strain)*, kondisi simetris dan geometri benda.

2.4.6 Pengaruh Konsentrasi Tegangan Pada Kelelahan.

Pengaruh konsentrasi tegangan terhadap kelelahan, biasanya diteliti dengan menggunakan benda uji yang mengandung titik, pada umunya takik-V atau takik lingkaran. Konsentrasi tegangan ini akan menurunkan sifat lelah material. Keefektifan takik dalam menurunkan sifat lelah material dinyatakan sebagai *Faktor pemerkecil kekuatan lelah* atau *titik lelah* yang dipengaryhi oleh :

1). Ketajaman bentuk takik,

2). Jenis takik,

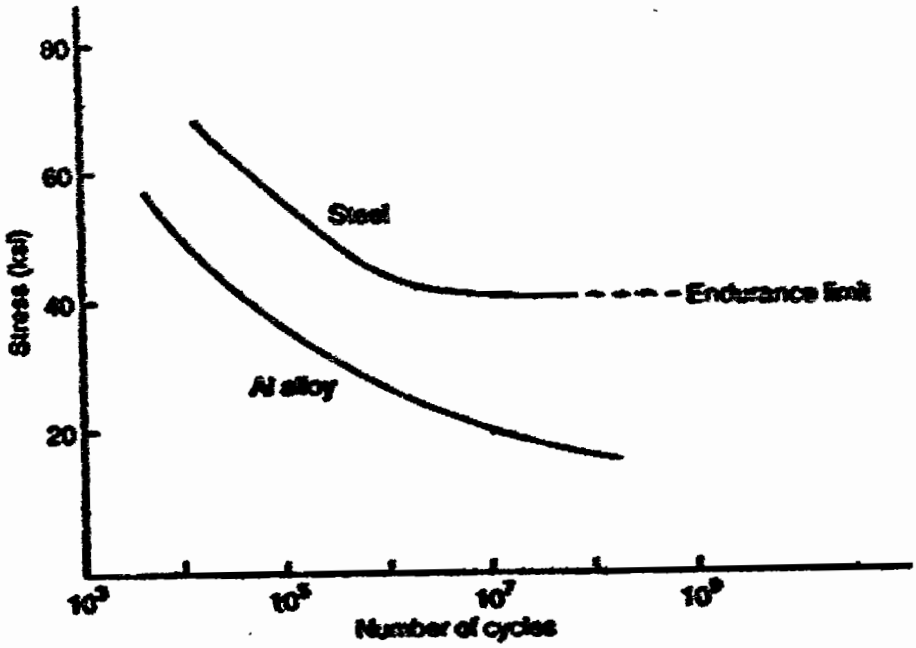
3). Jenis bahan,

4). Jenis pembebanan, dan

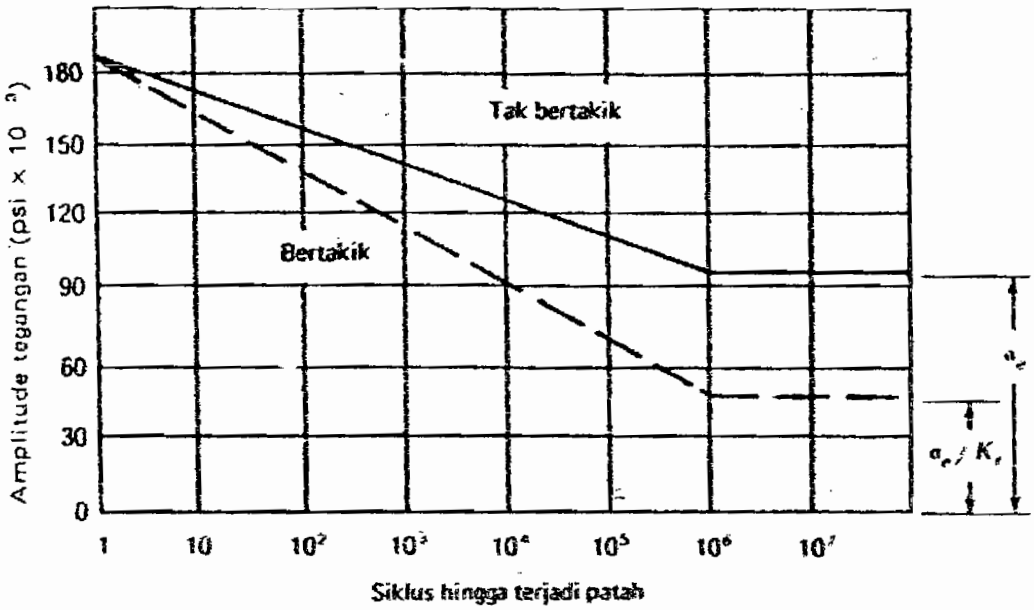
5). Level tegangan.

Adanya takik tersebut dapat menimbulkan kecenderungan patah getas, yaitu dengan cara :

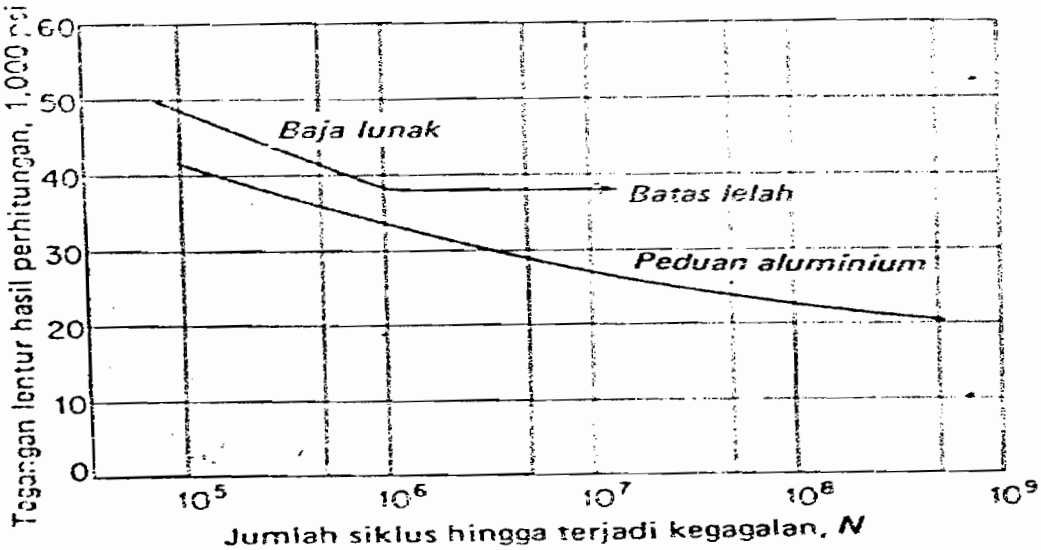
- Menghasilkan tegangan setempat yang tinggi
- Menghasilkan tegangan tarik triaksial
- Menghasilkan retakan yang tinggi
- Menghasilkan laju regangan (setempat)



Gambar 2.8 Hubungan Tegangan (S) dengan Jumlah Siklus (N)
(Sumber : Industrial Materials Metal and Alloy, A. Colling)



Gambar 2.9 : Kurva S-N Benda Bertakik dan Tak Bertakik
(Sumber : Dieter, Metalurgi Mekanik, Erlangga 1987)



Gambar 2.10 Kurva Kelelahan Untuk Logam Besi dan Non Besi
(Sumber : Dieter, Metalurgi Mekanik, Erlangga 1987)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 ALAT DAN BAHAN

3.1.1 Alat

Alat-alat yang digunakan untuk menunjang proses pengujian dan penelitian Al-Cu yang telah dibuat dalam bentuk poros ini adalah :

1. Mesin uji tarik, dengan kapasitas 10 ton, milik Laboratorium Institut saint dan Teknologi Akprind.
2. Mesin uji kelelahan *Rotary Bending Fatique Testing Machine* milik laboratorium Universitas Sanata Dharma.
3. Mikroskop untuk uji mikro dan makro
4. Kamera untuk pemotretan.
5. Peralatan bengkel (jangka sorong, amplas, dll)

3.1.2 Bahan

Bahan yang telah ditentukan untuk penelitian ini adalah dari Aluminium Paduan (Al-Cu). Bahan tersebut didapat masih dalam bentuk batangan dengan diameter 15 mm, yang selanjutnya dibuat menjadi spesimen pengujian di Lab. Fakultas Teknik USD Yogyakarta.

3.2 Pelaksanaan Pengujian

3.2.1 Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah salah satu cara untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tarik yang dapat di terima oleh suatu bahan. Dimana dari pengujian tersebut akan diketahui beban maksimum dan tegangan maksimum yang dapat diterima oleh bahan tersebut. Pengujian ini dilakukan untuk memberikan titik aman dari penggunaan bahan tersebut untuk kebutuhan suatu produksi. Adapun langkah pengujiannya adalah pertama-tama benda uji disiapkan kemudian dijepit pada mesin uji dengan pembebanan perlahan-lahan meningkat sampai suatu beban tertentu, sampai benda uji mengalami patah. Tujuan pengujian tarik ini untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum dari benda uji. Pada pengujian tarik yang telah dilakukan, dari pengujian tarik tersebut maka dapat dicari harga-harga untuk σmaksimum, dan e (regangan).

1. **Tegangan Maksimum** (σmaksimum)

   Tegangan maksimum atau sering juga disebut kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*), adalah beban maksimum dibagi dengan luas penampang spesimen.

   $$\sigma = \frac{P}{A_O},$$

   dimana $Ao = \frac{\pi}{4} d^2$;

dengan :

σ = Tegangan tarik maksimum (kg/mm²)

P = Beban (kg)

A0 = Luas penampang spesimen (mm)

d = Diameter benda uji (mm)

2. Regangan (*e*)

Regangan adalah merupakan pertambahan panjang dari spesimen setelah mengalami pengujian, yang diperoleh saat spesimen mengalami patah menjadi 2 bagian. Adalah dengan membagi perubahan panjang spesimen setelah patah dengan panjang awal spesimen sebelum patah.

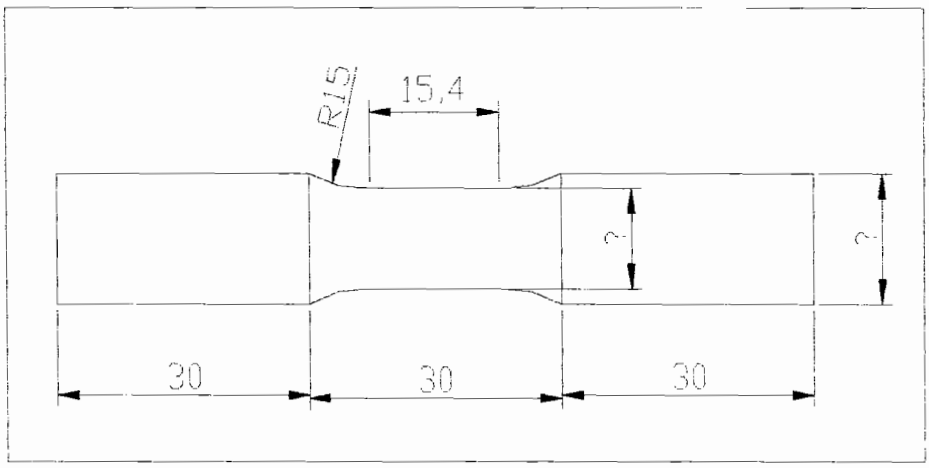
$$e = \frac{AL}{L0} = \frac{L - L0}{L0}$$

dengan :

e = Regangan (%)

L = Panjang ukuran akhir (mm)

L0 = Panjang ukuran awal (mm)



Gambar 3.1 Standar Uji Kelelahan

3.2.2 Pengujian Kelelahan

Pengujian kelelahan yang dilakukan pada spesimen dilaksanakan di laboratorium Ilmu Logam Universitas Sanata Dharma, adapun proses pengujiannya sebagai berikut :

- Benda uji dipersiapkan
- Benda uji dipasang pada penjepit
- Kemudian mesin dihidupkan untuk menguji kesentrisan putaran bahan.
- Beban diberikan sesuai perhitungan
- Benda uji ditunggu hingga mengalami kelelahan dan patah.
- Catat semua data hasil pengujian yang tertera dalam alat digital yang ada

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan mesin uji kelelahan *Hung Ta Rotary Bending Fatique Testing Machine*, pada pengujian kelelahan ini selanjutnya dilakukan pengamatan pada patahan penampang benda uji. Pada pengamatan penampang patahan akan terlihat patahan bahan karena beban *overload* atau patah karena disebabkan beban minimalnya.

3.2.3 Pengujian Struktur Mikro

Pada pengujian ini kualitas atau komposisi bahan diteliti dengan pengamatan menggunakan mikroskop, disamping itu dapat pula kita amati bagian yang cacat. Dengan bantuan mikroskop dapat diteliti permukaan sample yang telah dipolis. Setelah dipolis permukaan logam yang halus akan tertutup oleh selaput terdeformasi dengan etsa.selaput tersebut terkikis dan permukaan menjadi buram, sebagian batas butir terkikis dan komponen-komponen tertentu akan nampak akibat kikisan selektif dari larutan eksa tadi.larutan yang digunakan untuk alumunium adalah NaOH. Adapun langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

- Pertama-tama bahan dipotong sesuai dengan kebutuhan.
- Kemudian pada permukaan bahan diratakan dan dihaluskan, dengan menggunakan mesin bubut untuk meratakan dan menghalukan, dilanjutkan dengan menggunakan amplas sampai mendapatkan permukaan yang halus.

- Kemudian bahan digosok dengan menggunakan autosol pada kain, yang bertujuan mendapatkan permukaan yang bersih sehingga memudahkan pengamatan dalam mikroskop.

3.2.4 Pengujian Struktur Makro

Pengujian stuktur makro ini dilakukan untuk mengamati bentuk patahan yang terjadi pada permukaan bidang patah pada pengujian *Rotary Bending*, pemeriksaan ini disebut ***Fraktografi***. Dengan pengujian ini dapat diketahui mode patahan bahan, mode ini terbagi dalam beberapa jenis, yairu :

a) Patah belah, yaitu perpatahan rapuh yang terjadi sepanjang bidang kristalografi. Cirinya adalah faset datar yang biasanya sama besar dengan ukuran butir (pada Baja) yang menampilkan ciri sungai (river marking), ciri sungai disebabkan oleh perambatan retak melalui kristal sepanjang sejumlah bidang sejajar yang membentuk lembah dari tepi tajam.

b) Patah belah semu, jenis ini hampir sama dengan jenis patah belah. Jenis ini digunakan karena faset pada permukaan patahan bukan patahan dalam arti sesungguhnya.

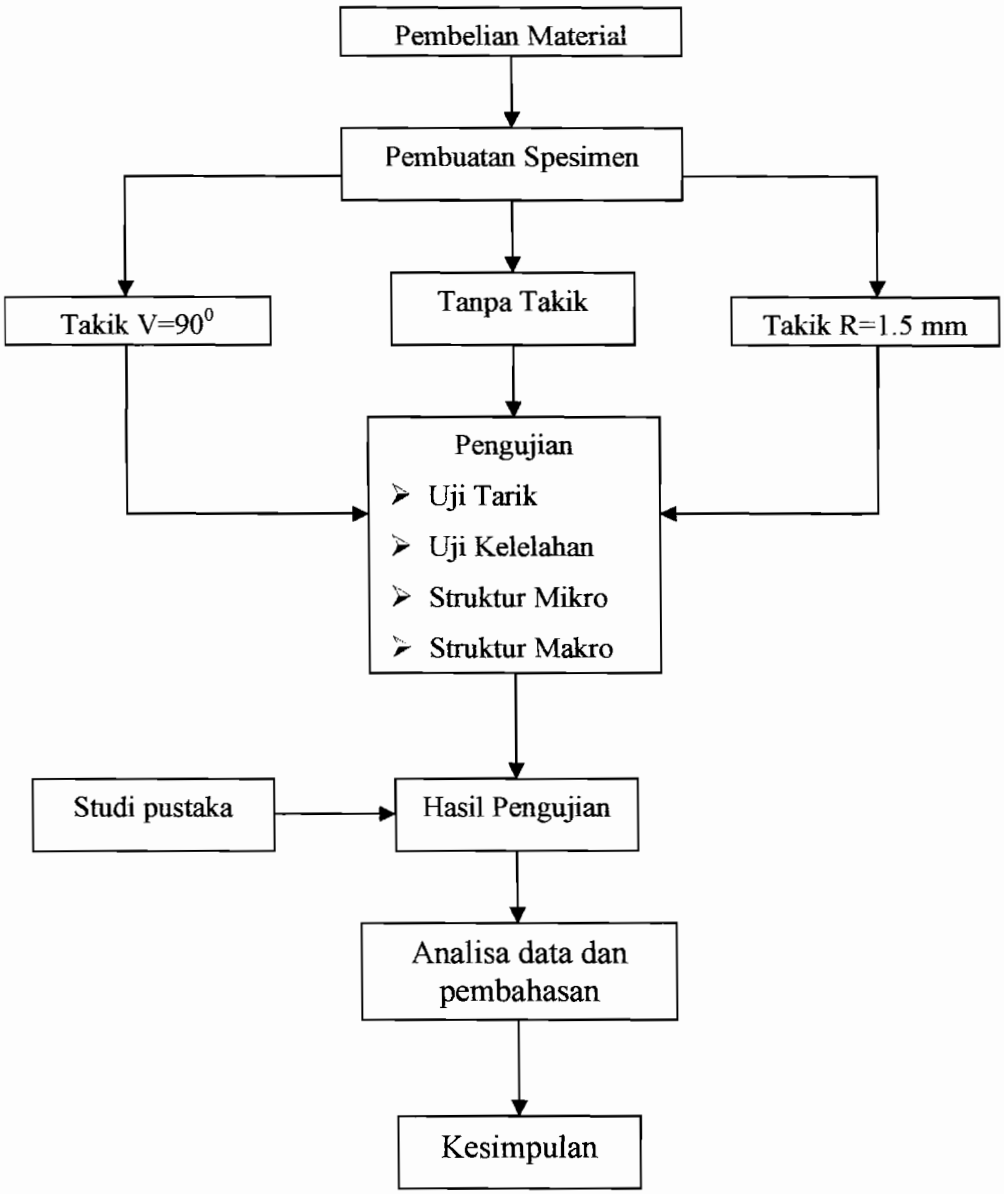
c) Patah dimpel, yaitu jenis patahan yang ditandai oleh adanya cekungan-cekunganyangh berbentuk sama sumbu, parabola atau

elip yang tergantung dari beban. Jenis ini termasuk dalam perpatahan jenis ulet.

Penyajian hasil pengujian ini ditampilkan dalam bentuk gambar (foto) penampang patahan. Dari hasil tersebut dapat diketahui awal mula terjadinya patah pada bahan akibat kelelahan bahan, dimana awal terjadinya patah tersebut dimulai dengan adanya *Initial Crack.*

3.2.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL PENELITIAN

4.1.1 Pengujian Tarik

Dari hasil pengujian tarik yang telah dilakukan, dapat diketahui angka Beban Maksimum dan Beban Patah, Beban Maksimum menunjukkan dimana besarnya beban yang dapat diterima oleh spesimen tersebut, dimana jika beban yang diberikan melebihi dari beban maksimum akan menyebabkan spesimen putus. Sedangkan Beban Patah adalah menyatakan bahan telah mengalami titik jenuh setelah mendapatkan beban yang melebihi beban maksimum yang dapat diterima oleh spesimen tersebut. Permukaan yang rata pada spesimen bila diberi tarikan, dimungkinkan mempunyai perkembangan retakan yang lebih luas, hal ini disebabkan karena perkembangan retak yang menyebabkan putus pada bahan tidak dibatasi.oleh bidang yang sempit Sehingga retak yang menjadi awal mula putus bahan mempunyai bidang lebih luas.

$$\sigma = \frac{P}{A_O}$$

$$= \frac{716}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$$

$$= 14.25 \text{ kg/mm}^2$$

jadi besarnya tegangan awal dari pengujian kelelahan adalah didapat dari hasil perhitungan pada pengujian tarik, yaitu sebesar 14.25 kg/mm^2.

Tabel 4.1 *Hasil Pengujian Tarik*

No	D (mm)	A_o (mm)	Lo (mm)	ΔL (mm)	P_{Mak} (kg/mm^2)	σ_u (kg/mm^2)	ε (%)
1	8	56.26	30	30.08	670	13.33	0.0267
2	8	50.26	30	31	734	14.60	0.0334
3	8	50.26	30	32	744	14.80	0.0667
					716	14.24	0.1268

4.1.2 Pengujian Kelelahan

Data dari hasil pengujian dan perhitungan ini disajikan dalam bentuk data dan grafik, grafik yang disajikan adalah grafik perbandingan tegangan dengan siklus putaran, atau lebih dikenal dengan grafik (S-N). pada pengujian tarik diperoleh hasil tegangan maksimum yang dapat diterima oleh bahan. 70% dari tegangan tersebut digunakan sebagai acuan awal pada pengujian kelelahan untuk spesimen uji. Dari hasil tersebut kita dapat mencari beban awal dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{L\,x\,\frac{W}{2}}{\frac{\pi}{32}\,x\,d^3}\left(kg/mm^2\right)$$

$$14.24 = \frac{200\,x\,\frac{W}{2}}{\frac{\pi}{32}\,x\,8^3}$$

$$W = \frac{715}{100} = 7.15 \text{ kg}$$

dengan : L = Jarak antar tumpuan (mm)

d = Diameter ukur (mm)

w = Beban (kg)

Dengan demikian besarnya beban awal untuk pengujian kelelahan adalah sebesar 7.15 kg dan selanjutnya beban diturunkan sampai mendapatkan siklkus aman perancangan. Jika beban yang diberikan melebihi 7.15kg dimungkinkan dapat menyebabkan bahan akan mengalami kelelahan dan patah pada beban *over load*, atau dekat dengan beban *over loadnya.*

Tabel 4.2 hasil pengujian kelelahan Jenis tanpa Takik

N0	Jenis Poros	*D (mm)*	*W (kg)*	*σ (kg/mm²)*	*N (Rpm)*
1			7.15	14.24	49.367
2			6	11..94	75.735
3			5	9.95	133.711
4	Rata	8	4.5	8.95	385.178
5			4	7.96	1.129.417
6			3.75	7.46	1.504.526
7			3.5	6.96	2.155.699

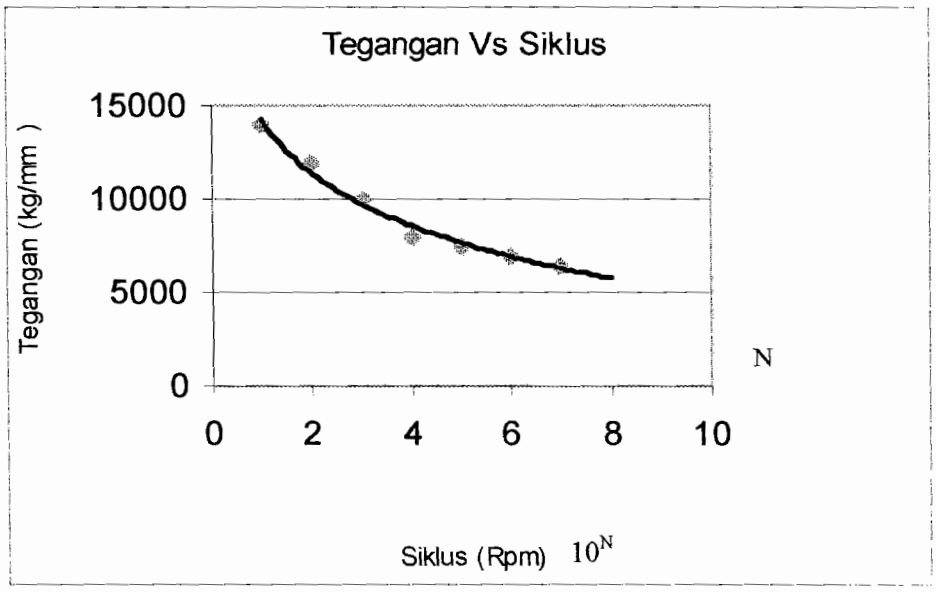
Tabel 4.3 hasil pengujian kelelahan Jenis Takik U

N0	Jenis Poros	*D (mm)*	*W (kg)*	*σ (kg/mm²)*	*N (Rpm)*
1			7.15	14.25	22.153
2			6	11..94	50.463
3			5	9.95	147.045
4	Takik U	8	4	7.96	410.250
5			3.5	6.96	825.597
6			3.25	6.46	1.407.994
7			3	5.97	2.246.133

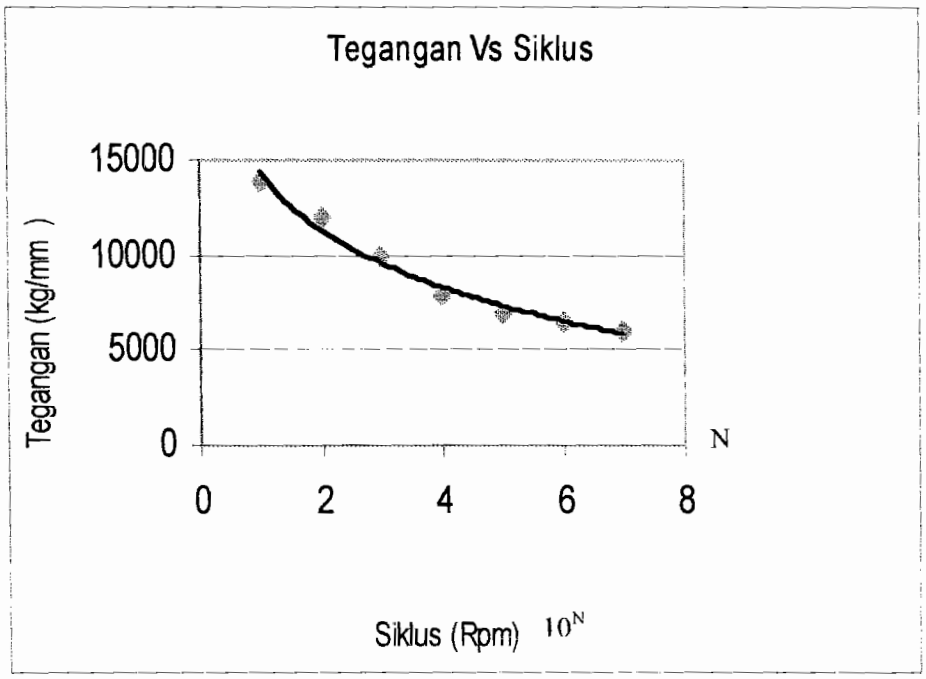
Tabel 4.4 hasil pengujian kelelahan Jenis Takik V

N0	Jenis Poros	*D (mm)*	*W (kg)*	*σ (kg/mm²)*	*N (Rpm)*
1			7.15	14.25	21..211
2			5	9.95	98..266
3			4	7.96	133.549
4	Takik V	8	3.5	6.96	423.183
5			3	5.97	1.201.829
6			2.75	5.47	1.980.321
7			2.25	3.98	2.437.772

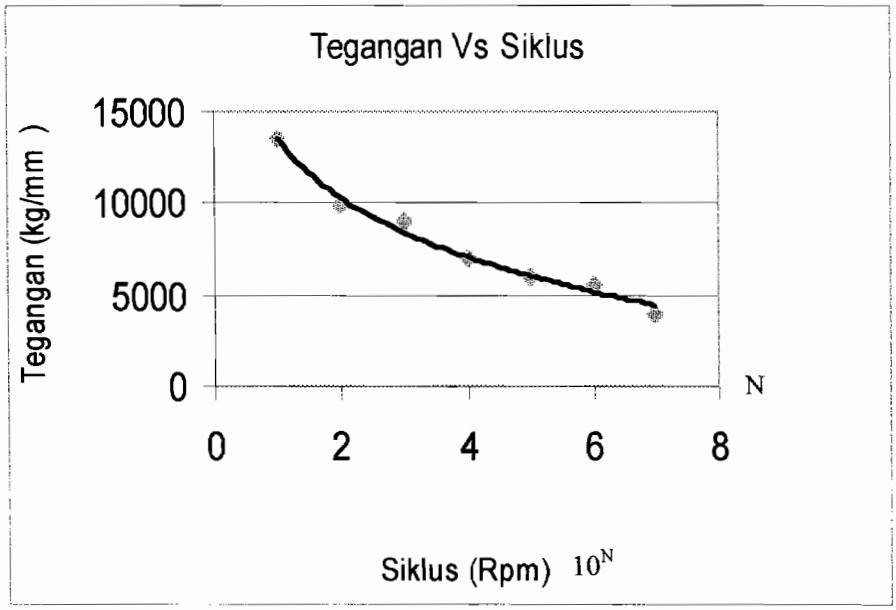
Untuk selanjutnya dari data hasil pengujian tersebut dapat disajikan dalam bentuk Gravik hubungan antara tegangan (S) dengan jumlah siklus putaran (N), dan antara siklus putaran (N),dengan waktu (T).



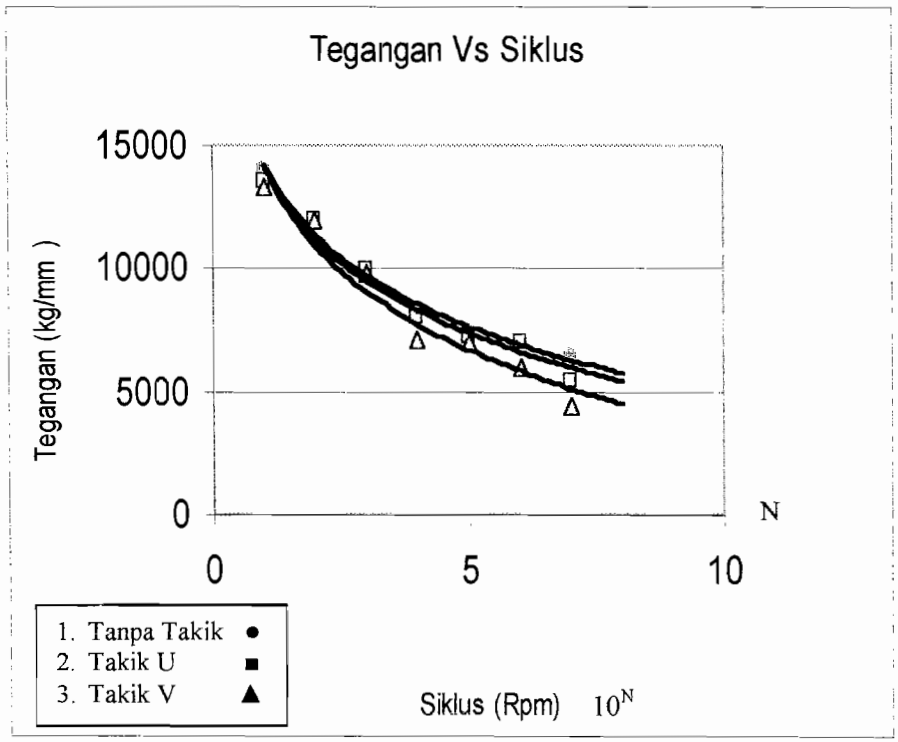
Gambar *4.1 Gravik S-N untuk spesimen rata*



Gambar *4.2 Gravik S-N untuk Takik U*



Gambar *4.3 Gravik S-N untuk Takik V*

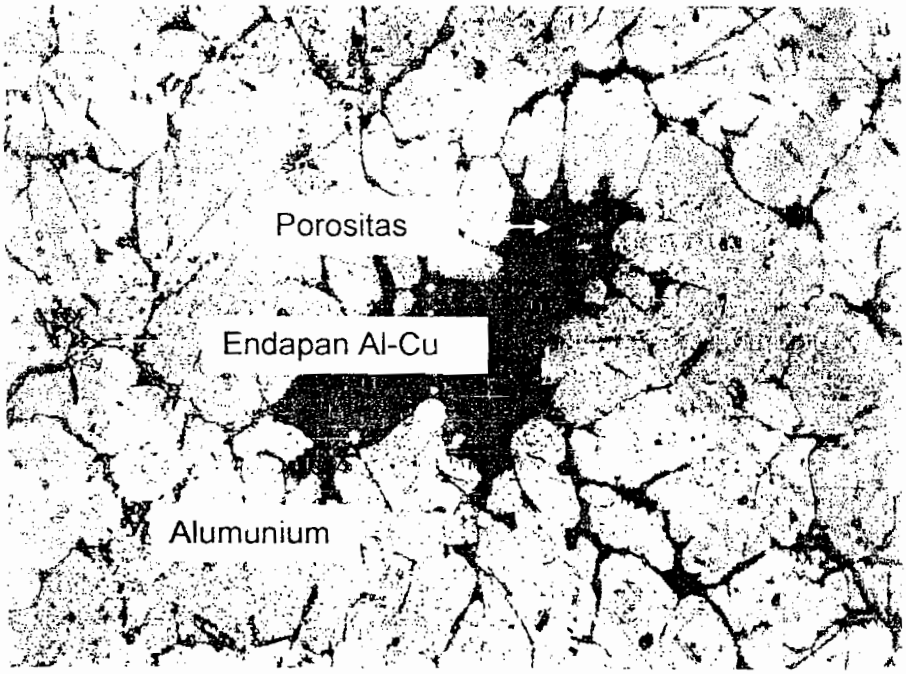


Gambar *4.4 Gravik S-N hasil pengujian kelelahan*

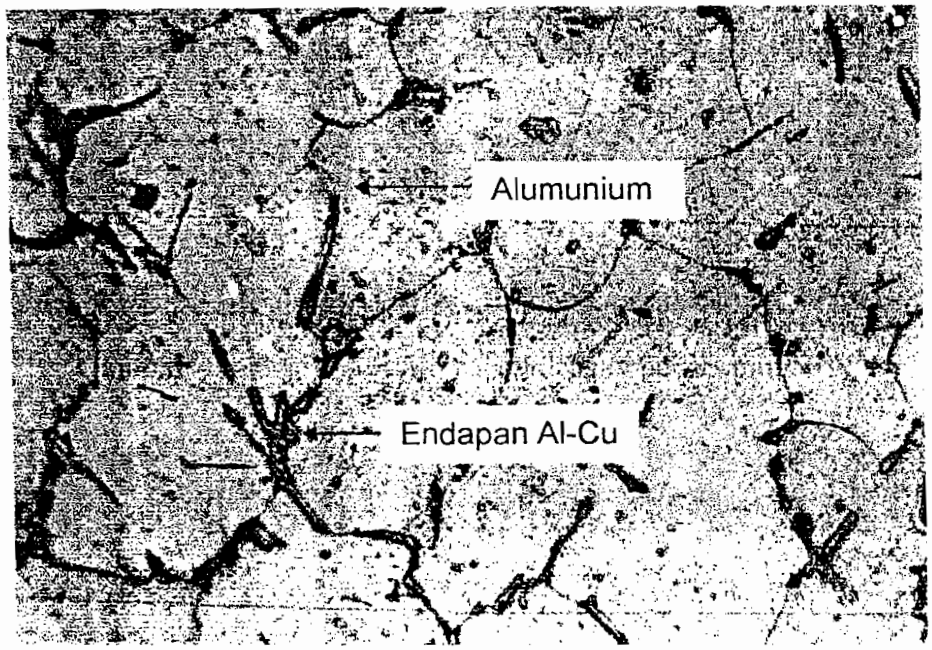
4.1.3 Pengujian Struktur Mikro

Tujuan dari pengujian struktur mikro ini adalah untuk mengetahui hubungan struktur mikro yang diperoleh dengan komposisi kimia dari bahan uji. Analisis pengujian ini disajikan dalam bentuk gambar, dengan menggunakan alat foto untuk pemotretannya. Dari hasil pemotretan dapat dilihat adanya porositas (kropos) yang ditunjukkan dengan warna hitam, sedangkan warna putih adalah warna dari aluminium. Untuk sekat-sekat hitam adalah endapan dari Al-Cu. Pada gambar 4.5 dan 4.6 disajikan hasil pengamatan struktur mikro bahan berturu-turut adalah bagian bahan yang tanpa porositas dan kemudian foto bahan dengan porositas dengan perbesaran 100 X dan 200 X. dari gambar tersebut dapat dilihat dengan jelas besarnya batas butir aluminium, sedangkan endapan Al-Cu terlihat lebih kecil. Unsur alumunium terlihat lebih besar dan endapan Al-Cu terlihat lebih sedikit. Sedangkan gambar sampai dengan menunjukkan adanya porositas yang terdapat didalam bahan tersebut, porositas ini dimungkinkan terjadi padsa saat pembentukan bahan tersebut atau pada saat pengecoran bahan.

Berikut ini adalah gambar hasil pemotretan dengan menggunakan mikroskop yang dilakukan pada sample bahan uji:



Gambar 4.5 Struktur mikro bahan dengan perbesaran 100 X dengan Porositas

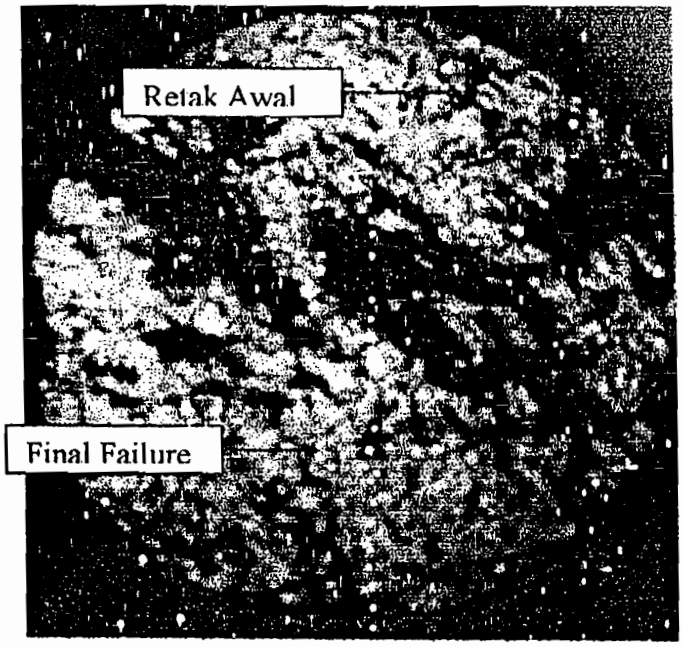


Gambar 4.6 Struktur mikro bahan dengan perbesaran 200 X

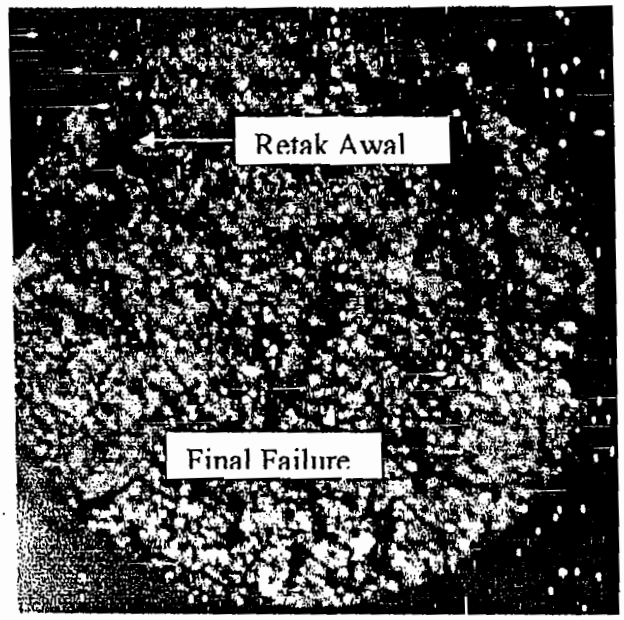
4.1.3 Analisa Bentuk Patahan

Pengamatan ini dilakukan pada permukaan hasil pengujian lelah. Pada gambar 4.11 sampai dengan 4.19 ditampilkan bentuk-bentuk patahan dari hasil pengujian, mula-mula pada bahan pada siklus rendah sampai dengan siklus tinggi, terlihat adanya retak awal yang dimulai dari satu titik permukaan benda uji, yang terus merambat dan akhirnya patah pada suatu titik yang berlawanan dengan arahnya retak awal terjadi.

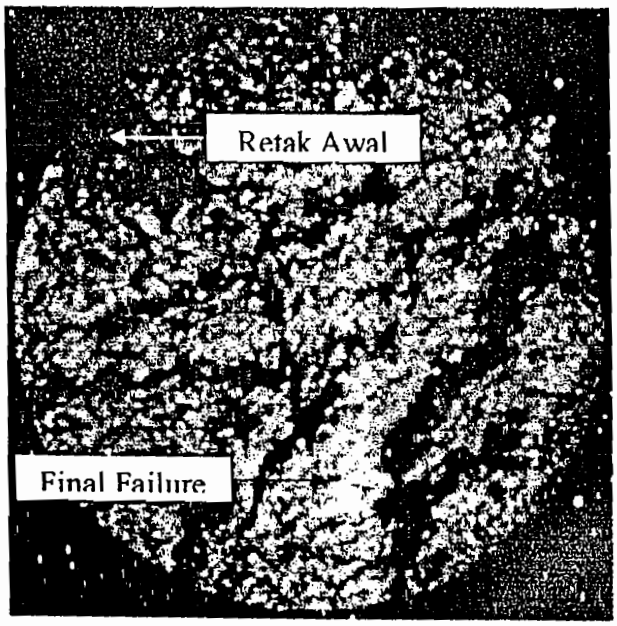
Hasil dari pengamatan bentuk patahan yang terjadi diperlihatkan pada gambar-gambar dibawah ini :



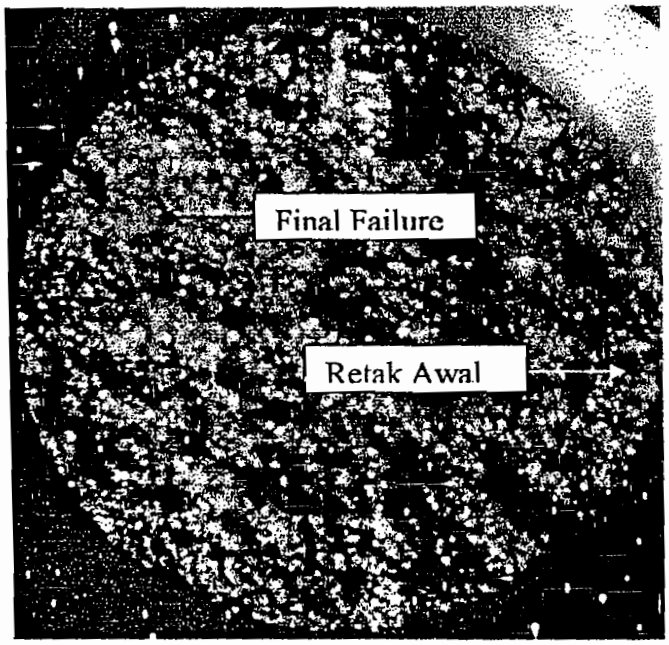
Gambar 4.11 Penampang patah lelah pada beban 7 kg tanpa takik, siklus 49367



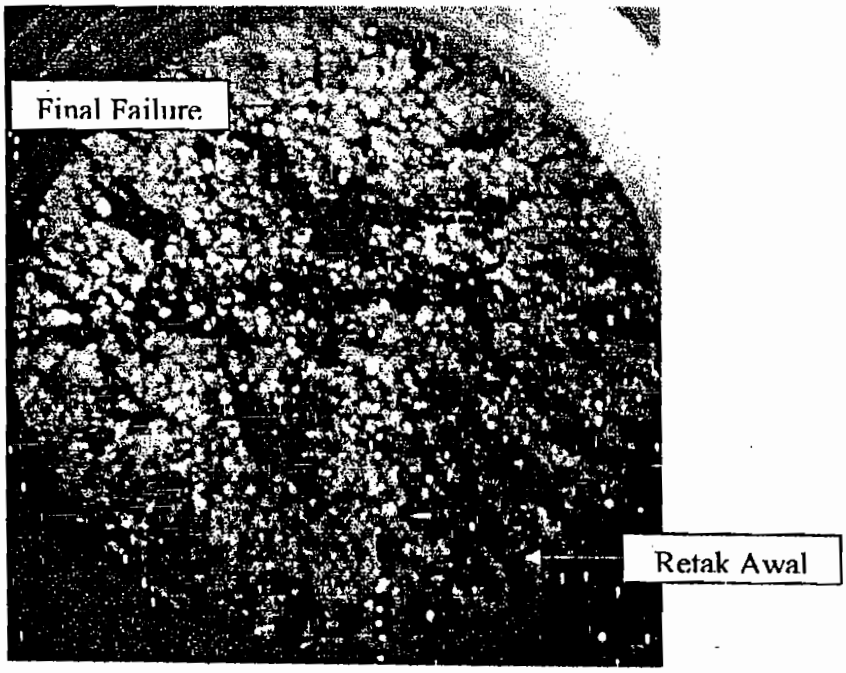
Gambar 4.12 Penampang patah lelah pada beban 3.75 kg tanpa takik, siklus 1504526



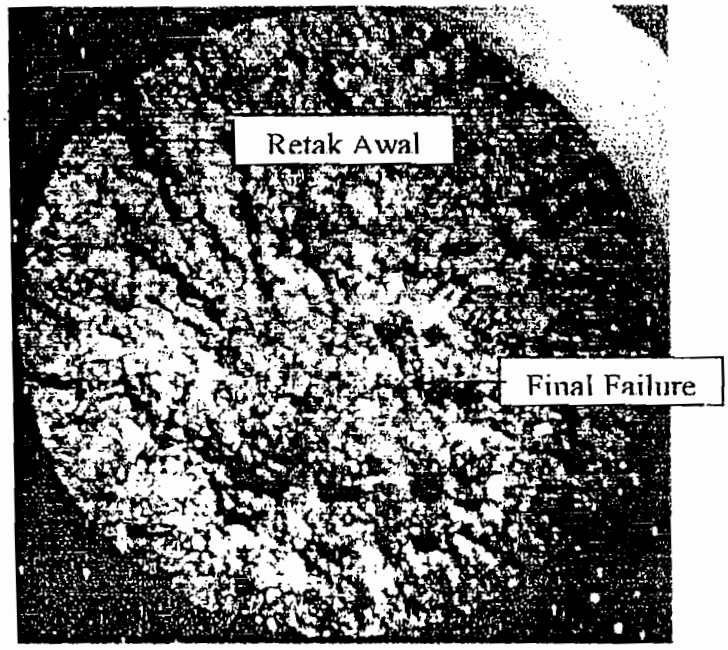
Gambar 4.13 Penampang patah lelah pada beban 3.5 kg tanpa takik, siklus 2155699



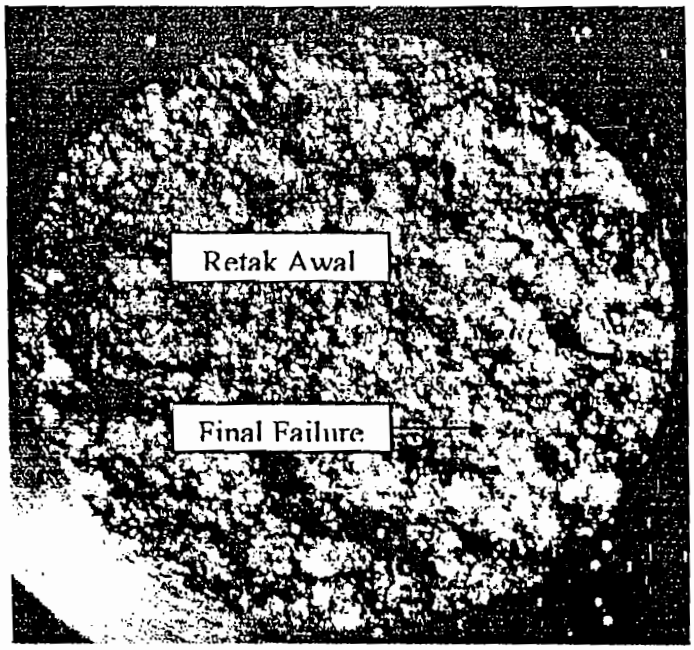
Gambar 4.14 Penampang patah lelah pada beban 7 kg takik U, siklus 22153



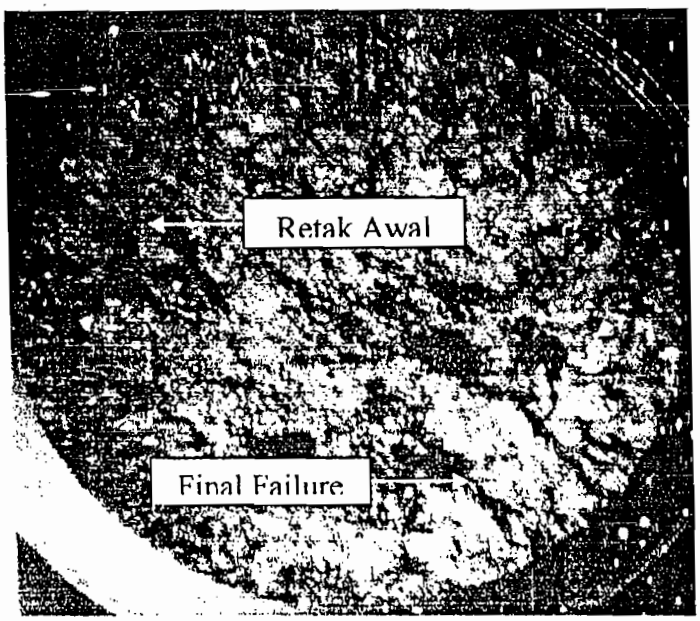
Gambar 4.15 Penampang patah lelah pada beban 3.25 kg takik U, siklus 1407994



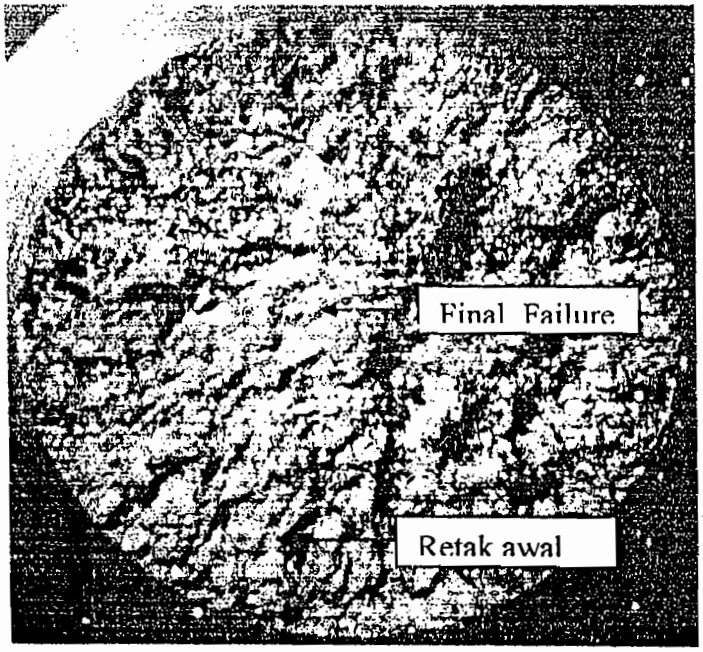
Gambar 4.16 Penampang patah lelah pada beban 3 kg takik U, siklus 2246133



Gambar 4.17 Penampang patah lelah pada beban 7 kg takik V, siklus 21211



Gambar 4.18 Penampang patah lelah pada beban 3.5 kg takik V, siklus 1201829



Gambar 4.19 Penampang patah lelah pada beban 2.25 kg takik V, siklus 2437772

4.2 Pembahasan

Dari data dan gravik hasil pengujian dapat diketahui bahwa takik sangat berpengaruh terhadap ketehanan lelah suatu bahan, dimana adanya takik dapat mengurangi ketahanan lelah suatu bahan, hal ini dikarenakan adanya takik dapat menyebabkan timbulnya retakan yang lebih cepat dan lebih tinggi, dan dapat menyebabkan terkonsentrasinya tegangan didasar takik. Selanjutnya dapat dilihat bahwa :

1) Benda uji tanpa takik mempunyai luasan yang lebih besar bila dibandingkan dengan benda uji yang bertakik, terjadinya patah bahan dapat terjadi demana saja,hal ini dapat dilihat pada hasil pengujian bahwa untuk spesimen tanpa takik, terjadinya patah bisa ditengah, atau dipinggir, tergantung dimana retak awal terjadi dan dimana terdapat kekosongan bahan. Pada jenis ini juga mempunyai panjatan hasil dari pengerjaan mesin, namun demikian panjatan tersebut lebih rata dan teratur.
2) Benda uji dengan takik U, mempunyai ketahanan lelah lebih rendah bila dibanding dengan benda uji tanpa takik. Patah pada spesimen ini lebih terkonsentrasi lagi yaitu didasar takik, namun demikian untuk jenis ini, takik yang ada mempunyai bentuk yang berbeda, dimana untuk jenis ini mempunyai panjatan yang untuk setiap satuan ukurnya mempunyai diameter yang berbeda, sehingga luasan lebih besar dibandingkan dengan spesimen dengan takik V.

3) Benda uji dengan takik V mempunyai harga ketahanan lelah yang paling rendah, karena ujung takik ini mempunyai bentuk yang runcing sehingga tegangan lebih terpusat lagi bila dibandingkan dengan jenis takik U tadi. Hal ini berhubungan dengan proses pembuatan benda uji, karena untuk benda uji bertakik lebih dibutuhkan konsentrasi yang tinggi.

BAB V

KESIMPULAN dan SARAN

Kesimpulan :

1. Takik menyebabkan terjadinya retakan dan regangan setempat yang tinggi, disamping itu takik sangat mempengaruhi ketahanan lelah suatu spesimen uji, yaitu dapat menurunkan kekuatan lelahnya.
2. Dari kurva S-N hasil dari pengujian, dapat dilihat bahwa spesimen rata mempunyai kekuatan lelah yang lebih tinggi, kemudian disusul dengan spesimen dengan takik U, dan spesimen dengan takik V mempunyai kekuatan lelah terendah.

Saran :

1. Pada penelitian ini digunakan bahan Aluminium paduan, dari variasi pembebanan yang dilakukan dapat diketahui ketahanan lelah suatu bahan. Namun demikian, untuk lebih baiknya perlu dikembangkan lebih lanjut mengenai pengujian kelelahan, salah satunya dengan memberikan perlakuan panas kepada benja uji.
2. Proses pengerjaan mesin harus dilakukan dengan ketelitian tinggi, karena jika bahan mulus akan mengurangi perkembangan retak yang dapat menyebabkan patah bahan, jika permukaan bahan memiliki tingkat kehalusan yang tinggi akan dapat mengurangi kegagalan lelah pada bahan, disamping itu untuk pengerjaan bahan yang di tuang, sebaiknya pada saat proses penuangan dikerjakan dengan sebaik mungkin, hal ini untuk mengurangi porositas (keropos) yang terdapat didalam bahan.

DAFTAR PUSTAKA

Colling, A., *Industri Materials Metel And Alloy.*

Dieter, George E., 1987, *Metalurgi Mekanik*, Jilid 1, Edisi Ketiga, alih bahasa oleh Sriati Djaprie, Erlangga, Jakarta

Dieter, George E., 1988, *Metalurgi Mekanik*, Jilid 1, Edisi Keempat, alih bahasa oleh Sriati Djaprie, Erlangga, Jakarta

Donny Setiawan., 2004, *Pengaruh Aging Terhadap Ketahanan LelahCoran Aluminium*, Tugas Akhir, Teknik Mesin, USD

Kaban, N,. *Ilmu Logam*, Jilid II, *Institut Teknologi Nasional Malang.*

Smallman, R.E., 1991, *Metalurgi Fisik Modern*, Edisi Keempat, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

Surdia, T., Saito, S., 1991, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Keempat, PT. Pradya Paramita, Bandung.

Lampiran 1 : Sifat-sifat Mekanis dari Aluminium murni

No	Sifat Mekanis	Dituang	Dipijarkan Lunak	Digiling Keras
1	Kekuatan Tarik.....Kg/mm^2	9 s/d 12	7 s/d 11	15 s/d 16
2	Batas Cair.....Kg/mm^2	3 s/d 4	2.5 s/d 3.2	14 s/d 317
3	Regangan.....%	18 s/d 25	30 s/d 40	4 s/d 8
4	Penorehan.....%	40 s/d 55	80 s/d 95	60 s/d 85
5	Kekerasan Brinel.....Kg/mm^2 ($P = 2{,}5\ D^2$)	24 s/d 32	15 s/d 25	35 s/d 45

Sumber : Ir. N. Kaban., Ilmu Logam, Jilid II. Institut Teknologi Nasional Malang

Lampiran 1 : Sifat-sifat Mekanis Tembaga

No	Sifat Mekanis	Dituang	Dipijarkan Lunak	Digiling Keras
1	Kekuatan Tarik.....Kg/mm^2	15 s/d 20	20 s/d 28	35 s/d 48
2	Batas Cair.....Kg/mm^2	---------	---------	30 s/d 40
3	Regangan.....%	25 s/d 15	50 s/d 35	5 s/d 1
4	Penorehan.....%	30 s/d 15	80 s/d 60	60 s/d 50
5	Kekerasan Brinel.....Kg/mm^2	≈ 50	≈ 50	80 s/d 100

Sumber : Ir. N. Kaban., Ilmu Logam, Jilid II, Institut Teknologi Nasional Malang

Lampiran 2 : Komposisi Kimia Paduan Aluminium

No	Unsur	Prosentase
1	Al	88.85
2	Cu	2.084
3	Si	2.37
4	Unsur Lain	6.37

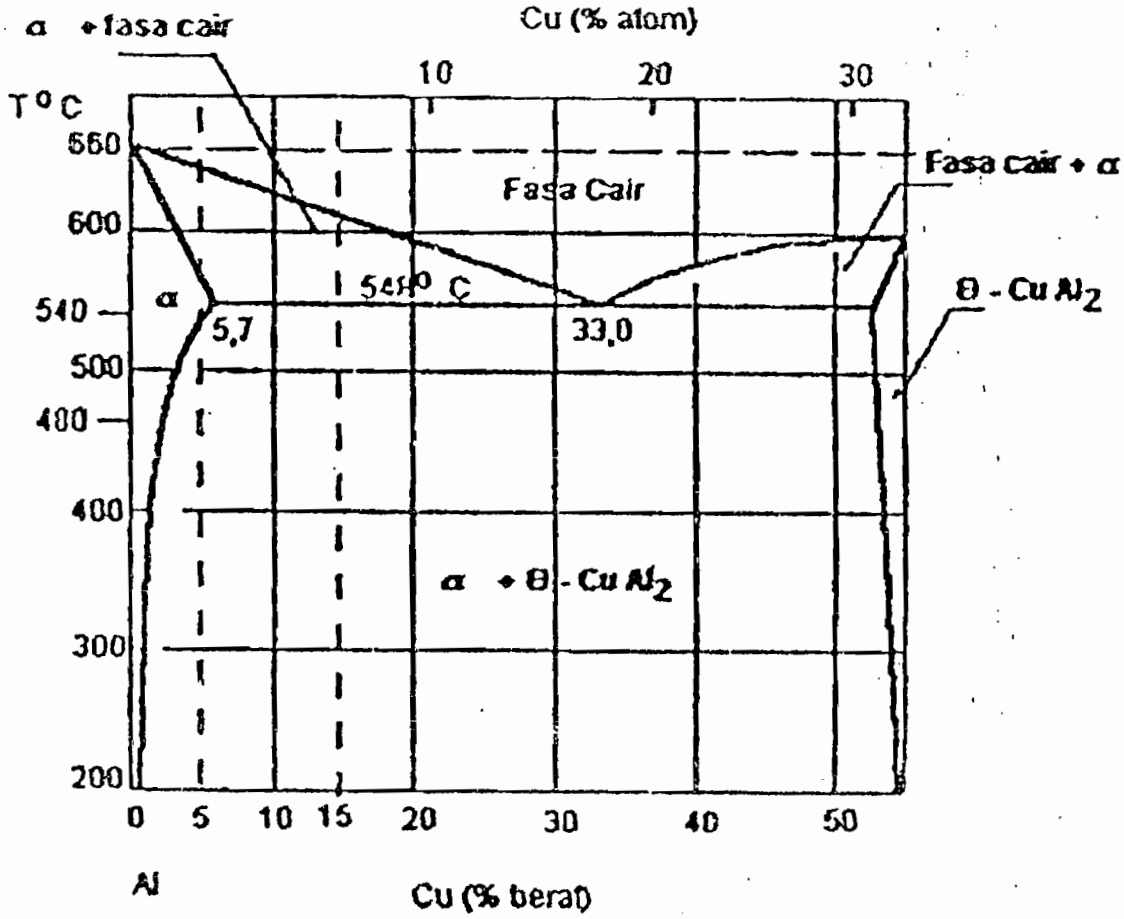
Sumber : Donny Setyawan, Pengaruh Aging Terhadap Ketahanan Lelah Coran Aluminium, Tugas Akhir, Teknik Mesin, USD, 2004

Lampiran 2 : Sifat-sifat Mekanis Campuran Aluminium –Tembaga

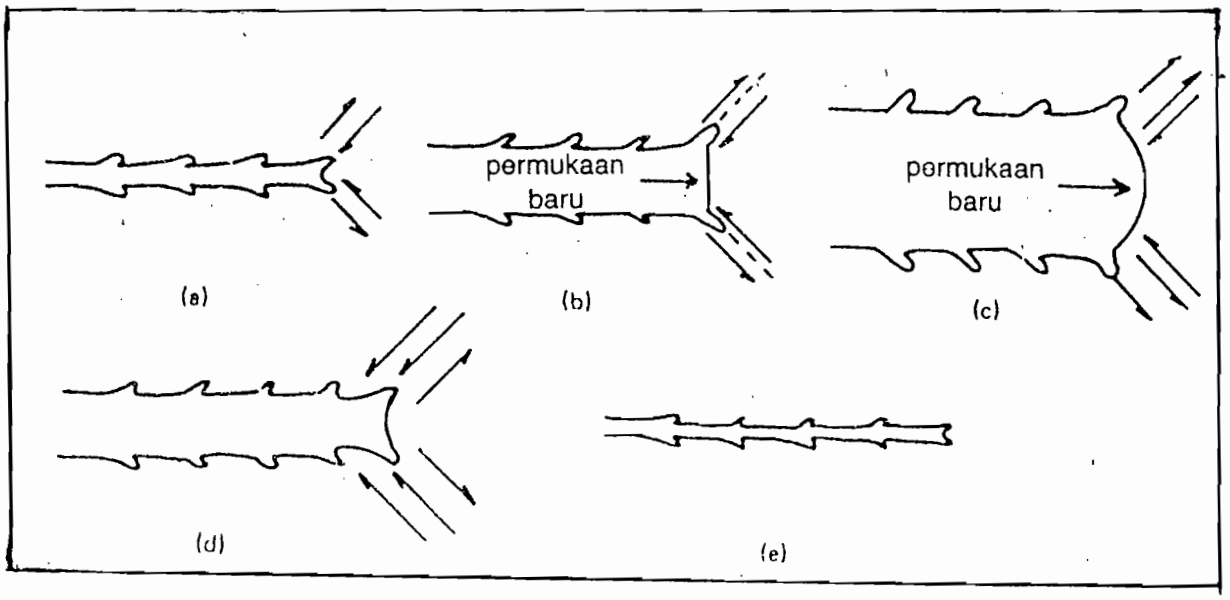
No	Keadaan	Kekuatan Tarik (Kg/mm^2)	Regangan (%)	Kekerasan Brinel (Kg/mm^2)
1	Lunak	35 – 42	40	80
	Keras – Pegas	65 – 80	8	150
2	Lunak	50	30	95
	Keras - pegas	85	5	150

Sumber : Ir. N. Kaban., Ilmu Logam, Jilid II, Institut Teknologi Nasional Malang

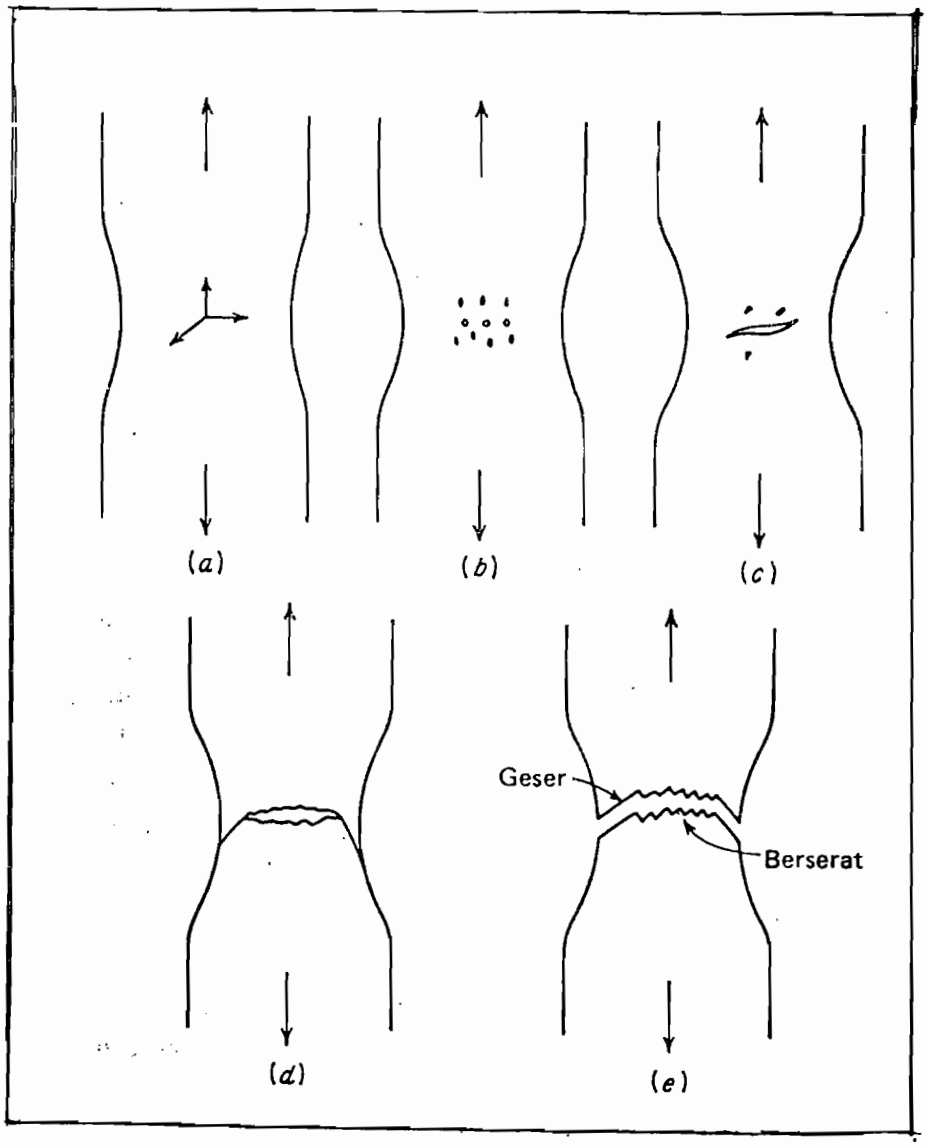
Lampiran 3 : Diagram Fase Al - Cu



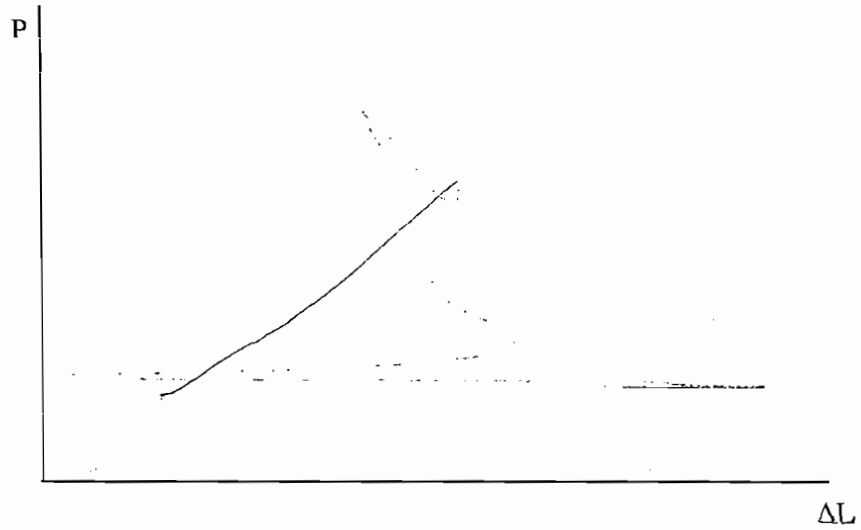
Lampiran 3 : Mekanisme Terjadinya Retak

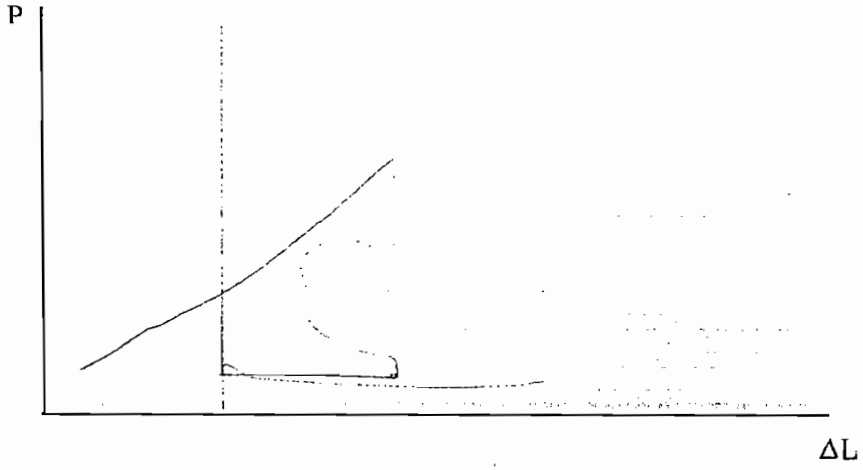


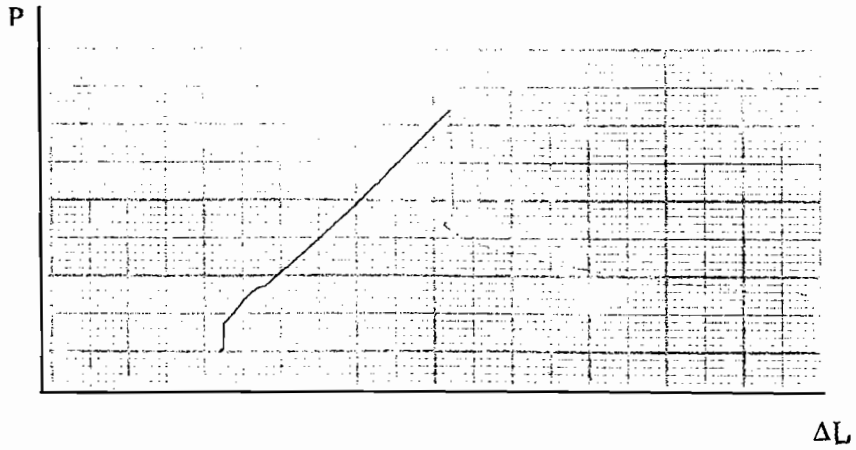
Lampiran 4 : Mekanisme Terjadinya Kelelahan Bahan



Lampiran 5 : Gravik Pengujian Tarik







INSTITUT SAINS & TEKNOLOGI AKPRIND JOGJAKARTA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK MESIN
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
Jl. I Dewa Nyoman Oka 32 Kota Baru, Jogjakarta Telp. (0274) 561338, Email: mesin@akprind.ac.id

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]	[illegible]	STRESS (KG/MM2)
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	14.37

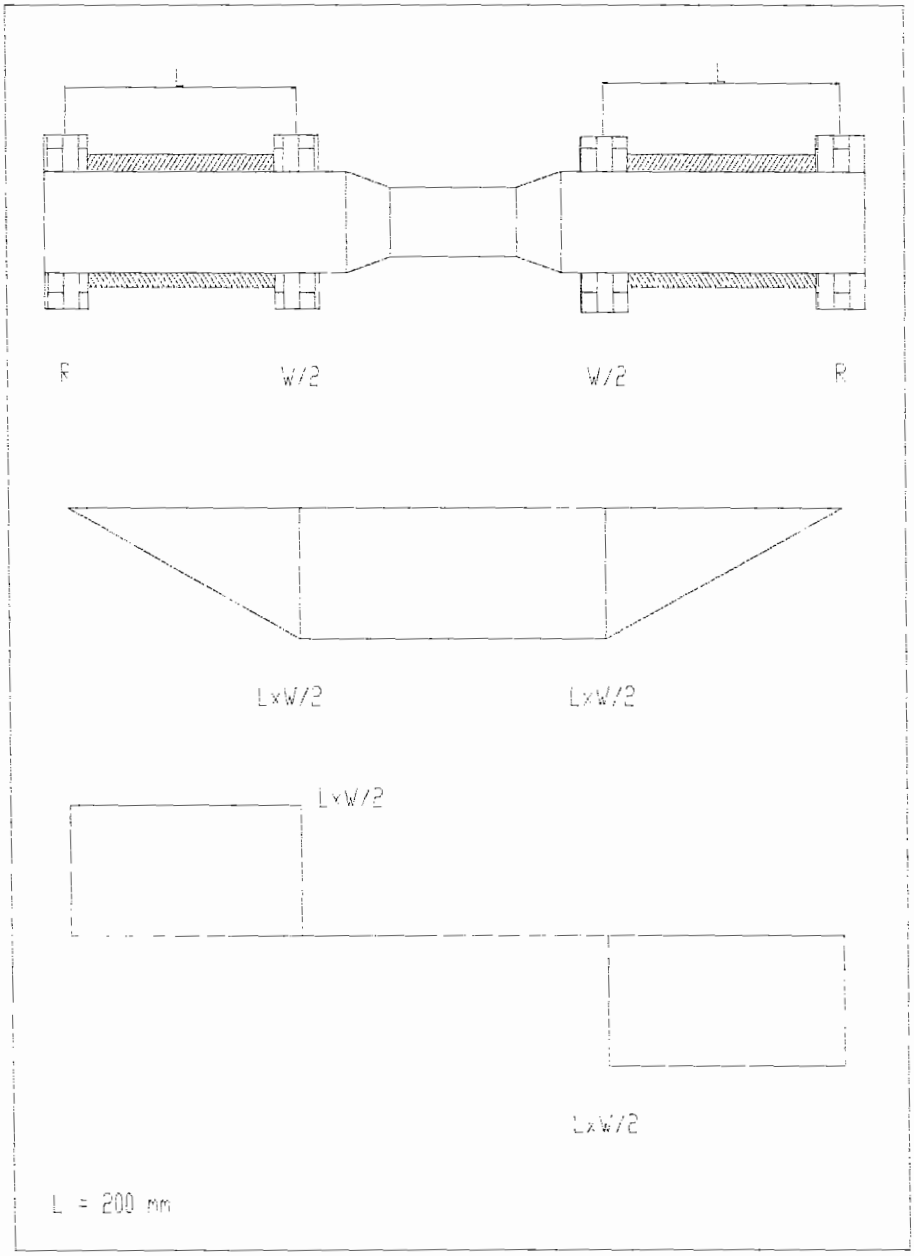
[illegible]

[illegible]	[illegible]	
	FORCE (KG)	STRESS (KG/MM2)
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	14.09

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]

Lampiran 6 : Gambar Pengujian Kelelahan