

**STUDI KOMPARASI ALAT UJI TARIK RAKITAN TERHADAP  
ALAT UJI TARIK PABRIKAN DENGAN MENGGUNAKAN  
BAHAN BAJA ST 40**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**JUHAN ANDIKA PUTRA LUBIS**

**10.813.0047**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2015**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS .....	iii
ABSTRAK/ABSTRAC .....	iv
RIWAYAT HIDUP .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Metodologi Penelitian .....	5
1.7 Sistematika Penulisan .....	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	8
2.1 Sifat Mekanik Material .....	8
2.2 Uji Tarik (Tensile Strength) .....	9
2.3 Bentuk dan Dimensi spesiemen uji .....	12
2.4 Grip dan face selection .....	13
2.5 Kekuatan Luluh (Yield Strength) .....	20
2.6 Pengukuran Keliatan (keuletan) .....	21

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23

2.7 Modulus Elastisitas .....	22
2.8 Kelentingan (resilience) .....	22
2.9 Ketangguhan (Toughness).....	23
2.10 Mode Perpatahan Material .....	24
2.11 Mikroskop Metarulgi.....	28
2.12 Koefisien Ekspansi Termal .....	29
2.13 Logam Besi .....	30
2.14 Struktur Mikro Logam .....	36
<b>BAB III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>49</b>
3.1 Tempat dan Jadwal Penelitian.....	49
3.2 Bahan dan Alat Penelitian .....	49
3.3 Penyiapan Spesiemen Uji.....	51
3.4 Prosedur Pengujian.....	51
3.5 Variabel Penelitian .....	52
3.6 Diagram Penelitian.....	53
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>54</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	54
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>58</b>
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran.....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>59</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>.....</b>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Logam adalah unsur kimia yang mempunyai sifat kuat, liat, keras, dan mempunyai titik cair yang tinggi. Logam terbuat dari bijih logam yang ditemukan dalam keadaan murni atau bercampur. Bijih logam ini didapat dari proses penambangan mulai dari pendahuluan, pengeboran, sampai pengolahan logam. Dari pengolahan logam ini baru didapat logam yang kita inginkan. Logam yang telah jadi masih disebut logam setengah jadi (*raw material*) sehingga masih diperlukan pengerjaan-pengerjaan dengan mesin, untuk mendapatkan bentuk dan kualitas yang lebih baik. Agar memperoleh hasil yang baik, komponen-komponen dari hasil mesin skrap, mesin bubut, mesin frais, yang selanjutnya diberi perlakuan panas seperti pengerasan, penempaan, penormalan, yang bertujuan memperbaiki sifat-sifat logam tersebut. Dari bagian mesin, sering dijumpai suatu bahan yang diperlukan kekerasan dan ketelitiannya. Misalnya poros transmisi dan roda gigi. Saat mengalami perpindahan persneling, poros transmisi dan roda gigi mengalami beban puntir. Komponen tersebut juga harus mempunyai sifat lentur, karena dengan sifat lentur ketika terjadi perpindahan transmisi, diharapkan dapat gabungan antara beban puntir dan lentur, juga diperlukan pada saat transmisi dan roda gigi mengalami beban berat dan putaran tinggi.

Dengan mempertimbangkan kondisi di atas, maka diinginkan suatu konstruksi bahan yang keras pada permukaan dan ulet pada intinya untuk

mencegah kerusakan. Kemudian agar memperoleh hasil yang baik, komponen-komponen dari mesin-mesin tersebut selanjutnya diberi perlakuan panas seperti pengerasan, penempaan, penemperan yang bertujuan memperbaiki sifat-sifat logam tersebut. Perlakuan panas (*heat treatment*) adalah proses memanaskan bahan sampai suhu tertentu dan kemudian didinginkan dengan metode tertentu [Amanto, 1999 : 63<sup>1</sup>]. Perlakuan panas terutama ditujukan untuk memperoleh sifat-sifat yang sesuai dengan penggunaannya, khususnya untuk mendapatkan kekerasan, kekuatan dan sifat liat yang diperlukan. Untuk mencegah keausan pada logam, maka logam perlu mendapatkan kekerasan pada bagian permukaan saja sedang inti tetap ulet. Untuk itu perlu dilakukan proses pengerasan permukaan (*surface treatment*). Jadi dalam hal ini pengerasan dapat dilakukan pada bagian-bagian tertentu saja sesuai kebutuhan dan fungsi alat tersebut.

Menurut Palallo [1995: 57<sup>2</sup>] menuliskan proses carburizing adalah proses penambahan unsur karbon ke dalam logam pada bagian permukaan yang didapat dari bahan-bahan yang mengandung karbon sehingga kekerasan meningkat dengan adanya penambahan unsur karbon pada logam, menyebabkan ukuran butir membesar.

Pemanasan pada temperatur tinggi untuk jangka waktu yang relatif lama menyebabkan ukuran butir membesar, ini berarti butir-butir ferrit di bagian dalam dan butir-butir perlit pada bagian permukaan menjadi kasar [Suratman, 1994: 143<sup>3</sup>]. Kekurangan pada proses carburizing pada logam dapat diperbaiki dengan proses pengerasan lanjut (*double hardening*). Proses double hardening dilakukan untuk memperhalus ukuran butir struktur logam. Ukuran struktur yang halus dapat menghasilkan kekerasan yang lebih baik dari pada ukuran butir struktur logam

yang besar [Endri Maulana, 2006: 2<sup>4</sup>]. Perlakuan panas tempering akan menghasilkan struktur yang homogen, tegangan sisa, mengembalikan kondisi bahan pada kondisi normal akibat pengaruh pengerjaan sebelumnya, memperhalus kristal yang akan berpengaruh terhadap keuletan bahan dan meningkatkan kekuatan serta memperbaiki struktur setelah bahan mengalami deformasi dalam keadaan panas dan dingin sehingga bahan mempunyai sifat bagian luar getas sedangkan bagian dalam ulet.

Untuk mengetahui sejauh mana perlakuan panas proses carburizing, double hardening – tempering terhadap perubahan sifat-sifat bahan dan ketangguhan bahan setelah mengalami perlakuan. Untuk pengkajian lebih lanjut maka perlu dilakukan pengujian bahan dengan menggunakan uji impact dan uji struktur mikro.

Baja merupakan bahan dasar vital untuk industri. Semua segmen kehidupan, mulai dari peralatan dapur transportasi, generator pembangkit listrik, sampai kerangka gedung dan jembatan menggunakan baja. Besi baja menduduki peringkat pertama diantara barang tambang logam dan produknya melingkupi hampir 90% dari barang berbahan logam.

Dari pertimbangan-pertimbangan tersebut di atas maka perlu diadakan penelitian **“STUDI KOMPARASI ALAT UJI TARIK RAKITAN TERHADAP ALAT UJI TARIK PABRIKAN DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAJA ST 40”**

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan menjadi pokok bahasan dalam penelitian ini adalah melakukan metode pengujian mekanis dan struktur mikro dengan bahan logam baja ST 40 menggunakan alat uji tarik rakitan.

## 1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini menitik beratkan pada perubahan sifat mekanis terhadap kekuatan tarik yang dikerjakan oleh alat uji tarik rakitan. Adapun pembatasan masalah pada skripsi ini yaitu:

- 1.3.1. Material yang digunakan adalah logam besi ST 40 yang dijual secara komersil.
- 1.3.2. Pengujian tarik dikerjakan pada alat uji tarik rakitan.
- 1.3.3. Penelitian ini diaplikasikan untuk perbaikan sifat mekanis (kekerasan dan kekuatan tarik) untuk mendapatkan keakuratan alat uji tarik rakitan.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Untuk mendapatkan perbedaan hasil uji terhadap bahan baja ST 40, antara alat uji tarik rakitan dengan alat uji tarik pabrikan.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini:

- 1.5.1. Bagi peneliti dapat menambah pengetahuan, wawasan dan pengalaman tentang metalurgi logam.

1.5.2. Bagi akademik, penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi tambahan untuk penelitian tentang pengujian tarik logam.

1.5.3. Bagi industri dapat digunakan sebagai acuan atau pedoman dalam pembuatan bahan logam besi ST 40.

## 1.6 Metodologi Penelitian

Dalam metodologi ini saya ingin meneliti dan memahami hasil dari pengujian tarik baja ST 40 menggunakan alat uji tarik yang kami rakit, kemudian membandingkannya dengan menggunakan alat uji tarik pabrikan/Standard Internasional.

Dalam pelaksanaan program langkah- langkah yang harus kita lakukan adalah:

### 1.6.1 Pembuatan gambar kerja

Disini di proses pembuatan gambar, kita terlebih dahulu membuat sketsa gambar dengan jelas dan teliti agar tidak ada selip atau salah paham dengan apa yang kita maksud dengan proses pembuatannya nanti.

### 1.6.2 Persiapan Alat dan Bahan

Proses ini dimulai setelah selesainya model rancangan detail. Alat-alat dan bahan yang diperlukan disiapkan secara keseluruhan, sehingga proses pembuatan terlaksana dengan baik.

### 1.6.3 Pembuatan Alat

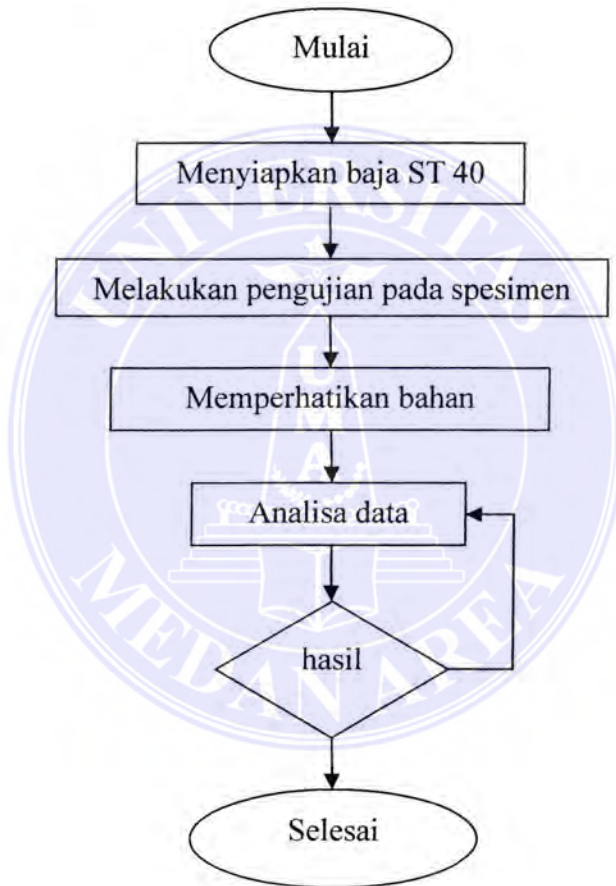
Persiapan yang telah direncanakan dilaksanakan sesuai model rancangan yang dibuat, kemudian membuat rangka komponen, merakit semua komponen lalu diuji kinerja. Bila dalam proses ini ada suatu kesalahan atau



kekurangan pada alat, maka akan dilakukan perbaikan sampai alat ini dapat berfungsi dengan baik. Kemudian langkah terakhir adalah penyempurnaan alat.

#### 1.6.4 Pengujian Alat

Pengujian alat dilaksanakan pada waktu dan tempat di Laboraturium Teknik Universitas Medan Area.



Gambar 1.1 Diagram alur penelitian

## 1.7 Sistematik Penulisan

Sistematik penulisan disusun sedemikian rupa sehingga konsep penulisan menjadi berurutan dalam kerangka alur, pemikiran yang mudah dan praktis. Sistematik tersebut disusun dalam bentuk bab-bab yang saling berkaitan satu sama lain, yaitu:

Bab I Pendahuluan

Bab I berisikan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab II berisikan pendahuluan logam besi, deformasi menyeluruh, pengujian mekanik, mikrostruktur (*Metallography test*), perhitungan besar butir.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab III berisikan waktu dan tempat, prosedur penelitian, pembuatan spesimen, alat pengujian tarik, alat pengujian metalografi, dan proses yang dilaksanakan

Bab IV Pengujian dan Analisis Penelitian

Bab IV berisikan penyajian hasil yang diberikan dari pengujian uji tarik dan metalografi.

Bab V Kesimpulan dan Saran

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sifat Mekanik Material

Baja karbon yang banyak digunakan pada industri-industri otomotif, kebutuhan rumah tangga yaitu mempunyai sifat sesuai kebutuhan, maka baja karbon tersebut dikenai perlakuan panas (*heat treatment*). Pengarbonan bertujuan memberikan kandungan karbon yang lebih banyak pada bagian permukaan dibanding dengan dinding bagian dalam pada suhu  $900^{\circ}\text{C}$  s.d  $950^{\circ}\text{C}$  [Surdia, T, 2000<sup>5</sup>]. Pada dasarnya proses perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat logam tersebut. Salah satu perlakuan panas adalah carburizing. Dari hasil carburizing, perbedaan karbon yang ada dalam bahan dari bagian kulit dengan bagian inti sangat berbeda. Misalnya kulit 0,8% C dan ada bagian intinya tetap pada 0,2% C sehingga pada bagian dalam adalah baja hipoentektoid dan bagian kulit baja adalah baja hyperentektoid. Oleh karena itu untuk menyamakan kandungan karbon antara bagian permukaan dengan inti diperlukan perlakuan panas lanjut dengan melakukan proses double hardening (pengerasan ganda). Double hardening (pengerasan ganda) adalah proses pengerasan dari bahan yang telah mengalami proses carburizing untuk memperbaiki struktur bagian kulit sama pada bagian inti benda kerja [Frederick Palallo, 1995: 53<sup>2</sup>]. Pemanasan pertama dilakukan pada suhu  $880^{\circ}\text{C}$  s.d  $900^{\circ}\text{C}$  yaitu untuk memperbaiki bagian dalam benda kerja yang mengalami pemanasan yang berlebihan pada waktu proses carburizing dan memecahkan cementit pada bagian luar sehingga akan terjadi

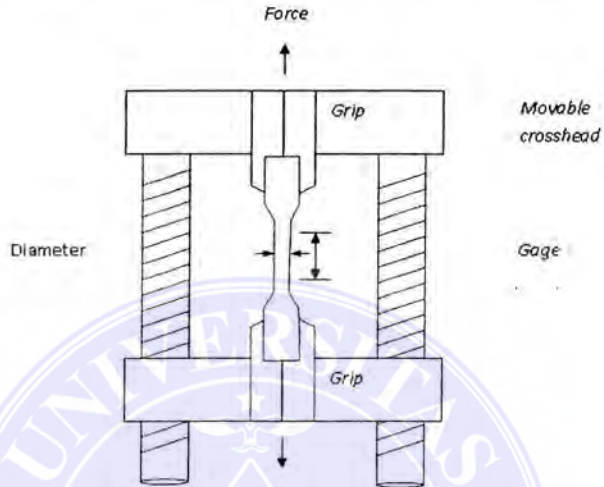
pengerasan unsur karbon pada bagian luar ke bagian inti kemudian didinginkan dengan cepat. Pemanasan kedua dilakukan pada suhu  $750^{\circ}\text{C}$  s.d  $780^{\circ}\text{C}$  untuk mengurangi tegangan-tegangan akibat pemanasan yang berlebihan dan memperbaiki kekerasan yang tinggi dari hasil carburizing kemudian didinginkan dengan cepat dari hasil pengerasan ganda, akan menghasilkan butiran-butiran kristal yang halus. Dari proses ini harus diakhiri dengan proses pemudaan (*tempering*) pada suhu  $150^{\circ}\text{C}$  s.d  $180^{\circ}\text{C}$ . Tempering ini hanya untuk mengurangi tegangan-tegangan dan kerapuhan pada baja.

Pemahaman yang menyeluruh mengenai sifat-sifat material, perlakuan, dan proses pembuatannya sangat penting untuk perancangan mesin yang baik. Sifat material umumnya diklasifikasikan menjadi sifat mekanik, sifat fisik, sifat kimiawi. Sifat mekanik secara umum ditentukan melalui pengujian destruktif dari sampel material pada kondisi pembebanan yang terkontrol. Sifat mekanik yang paling baik adalah didapat dengan melakukan pengujian prototipe atau desain sebenarnya dengan aplikasi pembebanan yang sebenarnya. Namun data spesifik seperti ini tidak mudah diperoleh sehingga umumnya digunakan data hasil pengujian standar seperti yang telah dipublikasikan oleh ASTM (*American Society of Mechanical Engineer*).

## 2.2 Uji Tarik (Tensile Strength)

Uji Tarik adalah tegangan maksimum yang ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan itu patah. Uji Tarik merupakan suatu metode yang digunakan untuk menguji bahan/material dengan cara

memberikan beban gaya sesumbu. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk, karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat.

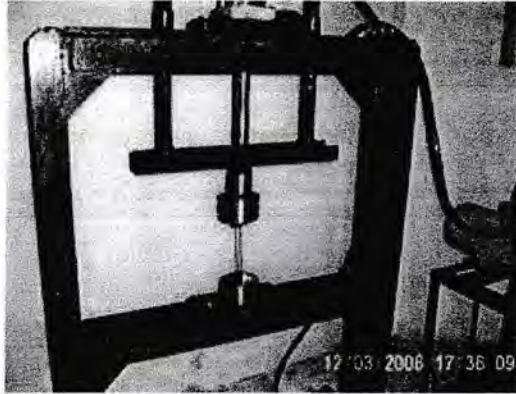


Gambar 2.1 Alat Uji Tarik dilengkapi spesimen ukuran standard.

Seperti pada gambar di atas benda yang di Uji Tarik diberi pembebanan dari kedua arah sumbunya. Pemberian beban pada kedua arah sumbunya diberi beban yang sama besarnya.

Ada beberapa jenis alat uji tarik, di lihat dari semakin berkembangnya teknologi, Alat Uji mengalami perubahan bentuk dari segi pembuatan. Ada pun jenisnya :

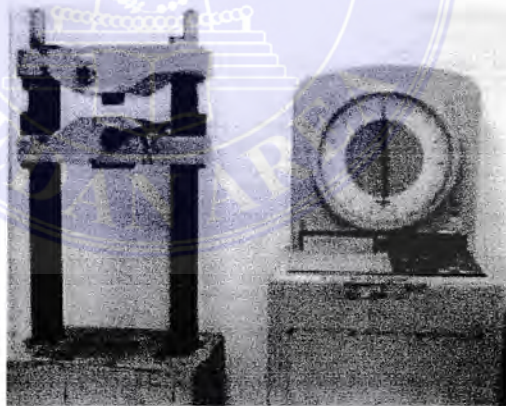
### 2.2.1 Alat Uji Uarik Rakitan



Gambar 2.2 Alat Uji Tarik Rakitan

Alat Uji Tarik Rakitan ini tergolong alat uji tarik konvensional, karena pengukuran pengujian dengan menggunakan pressure gauge sebagai pengukur tekanan dan rol baja sebagai pengukur jarak.

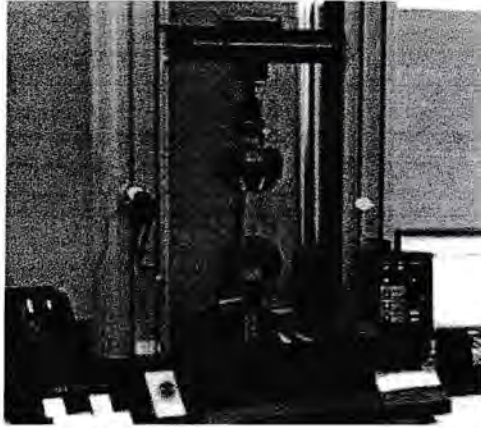
### 2.2.2 Alat Uji Tarik Standard



Gambar 2.3 Alat Uji Tarik Standard

Alat Uji Tarik Standard sudah mengalami perubahan bentuk dengan jenis pengukuran yang sudah menjadi satu bagian untuk lebih memudahkan pengukuran.

### 2.2.3 Alat uji tarik standard dilengkapi sensor



Gambar 2.4 Alat Uji Tarik standard dilengkapi sensor

Alat Uji Tarik ini sudah cukup canggih karena sistem pengukurannya lebih spesifik dan akurat. Sistem pengukurannya sudah menggunakan sensor dan dapat dilihat dengan menggunakan monitor yaitu komputer. Di sini langsung dapat terlihat nilai tegangan regangan berbentuk digital dan grafik.

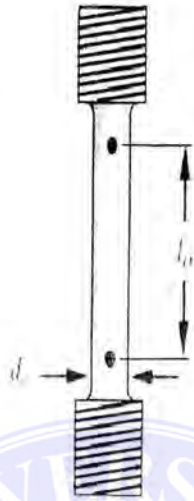
Pengujian tarik adalah dasar dari pengujian mekanik yang dipergunakan pada material. Dimana spesimen uji yang telah distandarisasi, dilakukan pembebanan uniaxial sehingga spesimen uji mengalami peregangan dan bertambah panjang hingga akhirnya patah. Pengujian tarik relatif sederhana, mudah dan sangat terstandarisasi dibanding pengujian lain.

Hal-hal yang perlu diperhatikan agar pengujian menghasilkan nilai yang valid adalah bentuk dan dimensi spesimen uji, pemilihan grips dan lain-lain.

### 2.3 Bentuk dan Dimensi Spesimen Uji

Spesimen uji harus memenuhi standard dan spesifikasi dari ASTM (*American Society of Mechanical Engineer*) atau bentuk dari spesimen penting karena kita harus menghindari terjadinya patah atau retak pada daerah grip atau

yang lainnya. Jadi standarisasi dari bentuk spesimen uji dimaksud adalah agar retak dan patah terjadi di daerah gage length.



Gambar 2.5 Specimen Uji Tarik

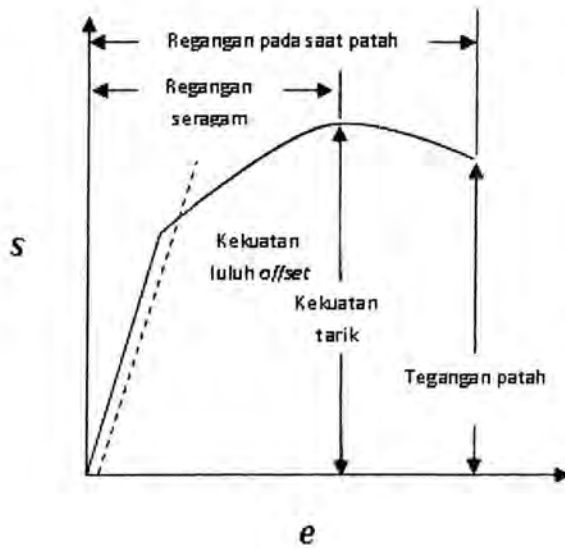
## 2.4 Grip dan Face Selection

Face dan grip adalah faktor penting. Dengan pemilihan setting yang tidak tepat, spesimen uji akan terjadi slip atau bahkan pecah dalam daerah grip. Ini akan menghasilkan hasil yang tidak valid. Face harus selalu tertutupi di seluruh permukaan yang kontak dengan grip. Agar spesimen uji tidak bergesekan langsung dengan face.

Beban yang diberikan pada bahan yang di uji ditransmisikan pada pegangan bahan yang di uji. Dimensi dan ukuran pada benda uji disesuaikan dengan standar baku pengujian.

Kurva tegangan-regangan teknik dibuat dari hasil pengujian yang didapatkan.





Gambar 2.6 Contoh kurva uji tarik

Tegangan yang digunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik. Tegangan teknik tersebut diperoleh dengan cara membagi beban yang diberikan dibagi dengan luas awal penampang benda uji. Dituliskan seperti dalam persamaan 2.1 berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

$\sigma$  = besarnya tegangan (kg/mm<sup>2</sup>)

$P$  = beban yang diberikan (kg)

$A_0$  = luas penampang awal benda uji (mm<sup>2</sup>)

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan-regangan teknik adalah regangan linear rata-rata, yang diperoleh dengan cara membagi perpanjangan yang dihasilkan setelah pengujian dilakukan dengan panjang awal. Ditulis dalam persamaan 2.2 berikut:

$$e = \frac{L-L_0}{L_0} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

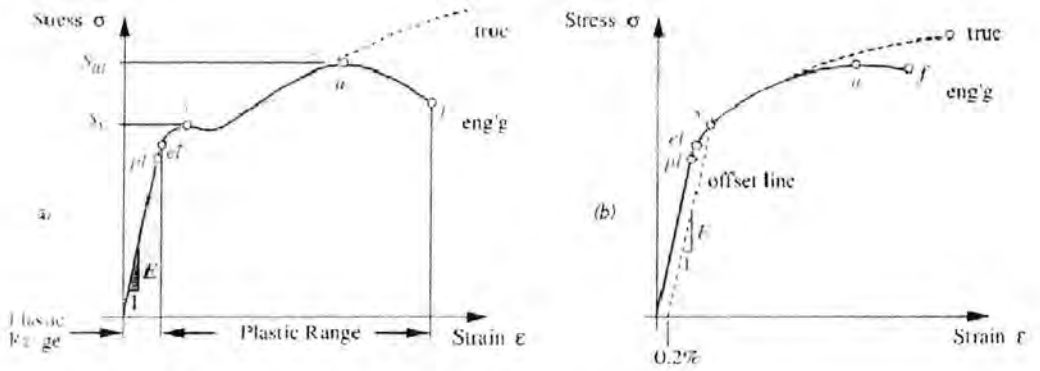
$e$  = besar regangan

$L$  = panjang benda uji setelah pengujian (mm)

$L_0$  = panjang awal benda uji (mm)

Bentuk dan besaran pada kurva tegangan-regangan suatu baja tergantung pada komposisi, perlakuan panas, deformasi plastik, laju regangan, temperatur dan keadaan tegangan yang menentukan selama pengujian. Parameter yang digunakan untuk menggambarkan kurva tegangan-regangan baja adalah kekuatan tiori, kekuatan luluh, atau titik luluh, persen perpanjangan dan pengurangan luas. Dan parameter pertama adalah parameter kekuatan, dan dua terakhir menyatakan keuletan bahan.

Bentuk kurva tegangan-regangan pada daerah elastis tegangan berbanding lurus terhadap regangan. Deformasi tidak berubah pada pembebanan, daerah remangan yang tidak menimbulkan deformasi apabila beban dihilangkan disebut daerah elastis. Apabila beban melampaui nilai yang berekaitan dengan kekuatan luluh, benda mengalami deformasi plastis bruto. Deformasi pada daerah ini bersifat permanen, meskipun bebannya dihilangkan. Tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan deformasi plastis akan bertambah besar dengan bertambahnya regangan plastik.



Gambar 2.7 Kurva tegangan-regangan hasil uji tarik, (a) baja karbon rendah, (b) baja karbon tinggi(annealed)

Pada tegangan dan regangan yang dihasilkan, dapat diketahui nilai modulus elastis. Persamaanya dituliskan dalam persamaan 2.3 berikut:

$$E = \frac{\sigma}{e} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

$E$  = besar modulus elastisitas ( $\text{kg/mm}^2$ )

$e$  = regangan

$\sigma$  = tegangan ( $\text{kg/mm}^2$ )

Pada mulanya pengerasan regangan lebih besar dari yang dibutuhkan untuk mengimbangi penurunan luas penampang lintang benda uji dan tegangan teknik (sebanding dengan beban  $F$ ) yang bertambah terus, dengan bertambah regangan. Akhirnya dicapai suatu titik dimana pengurangan luas penampang lintas lebih besar dibandingkan pertambahan deformasi beban yang diakibatkan oleh pengerasan regang. Keadaan ini untuk pertama kalinya dicapai pada suatu titik dalam benda uji yang sedikit lebih lemah dibandingkan dengan keadaan tanpa

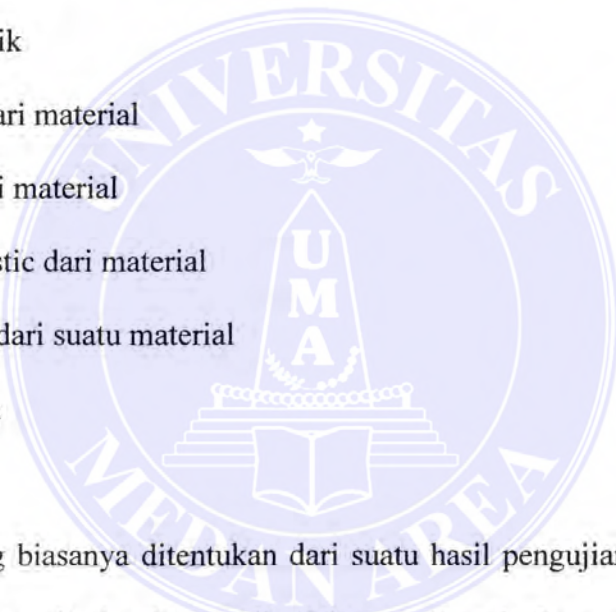
beban. Seluruh deformasi plastis berikutnya terpusat pada daerah tersebut dan



benda uji mulai mengalami penyempitan secara lokal. Karena penurunan luas penampang lintang lebih cepat dari pada deformasi akibat pengerasan regang, beban sebenarnya yang diperlukan untuk mengubah bentuk benda uji akan berkurang dan demikian juga tegangan teknik pada persamaan (2.1) akan berkurang hingga terjadi patah.

Dari kurva uji tarik yang diperoleh dari hasil pengujian akan didapatkan beberapa sifat mekanik yang dimiliki oleh benda uji, sifat-sifat tersebut antara lain:

1. Kekuatan tarik
2. Kuat luluh dari material
3. Keuletan dari material
4. Modulus elastic dari material
5. Kelentingan dari suatu material
6. Ketangguhan



Kekuatan yang biasanya ditentukan dari suatu hasil pengujian tarik adalah kuat luluh (*yield strength*) dan kuat tarik (*Ultimate Tensile Strength*). Kekuatan tarik atau kekuatan tairik maksimum (*Ultimate Tensile Strength/UTS*), adalah beban maksimum dibagi luas penampang lintang awal benda uji. Persamaan 2.4.

$$Su = \frac{P_{maks}}{A_0} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

$Su$  = kuat tarik

$P_{maks}$  = beban maksimum

$A_0$  = luas penampang awal

Untuk logam-logam yang liat, kekuatan tariknya harus dikaitkan dengan beban maksimum dimana logam dapat menahan sesumbu untuk keadaan yang terbatas.

Tegangan tarik merupakan nilai yang paling sering ditulis sebagai hasil uji tarik, tetapi pada kenyataannya nilai tersebut kurang bersifat mendasar dalam kaitannya dalam kekuatan bahan. Untuk logam-logam yang liat kekuatan tariknya harus dikaitkan dengan beban maksimum, dimana logam dapat menahan beban sesumbu untuk keadaan yang sangat terbatas. Akan ditunjukkan bahwa nilai tersebut kaitannya dengan kekuatan logam kecil sekali kegunaannya untuk tegangan yang lebih kompleks, yakni yang biasanya ditemui. Untuk beberapa lama, telah menjadi kebiasaan mendasarkan kekuatan struktur pada kekuatan tarik, dikurangi dengan faktor keamanan yang sesuai.

Kecendrungan yang banyak ditemui adalah menggunakan pendekatan yang lebih rasional yakni mendasarkan rancangan statis logam yang liat pada kekuatan luluhnya. Akan tetapi karena jauh lebih praktis menggunakan kekuatan tarik untuk menentukan kekuatan bahan maka metode ini lebih banyak dikenal, dan merupakan metode identifikasi bahan yang sangat berguna, mirip dengan kegunaan komposisi kimia untuk mengenali logam atau bahan. Selanjutnya, karena kekuatan tarik mudah ditentukan dan merupakan sifat yang mudah dihasilkan kembali (*reproducible*). Kekuatan tersebut berguna untuk keperluan spesifikasi dan kontrol kualitas bahan. Korelasi empiris yang diperluas antara kekuatan tarik dan sifat-sifat bahan misalnya kekerasan dan kekuatan leleh, sering dipergunakan. Untuk bahan-bahan getas, kekuatan tarik merupakan kriteria yang tepat untuk keperluan perancangan.

Tegangan dimana deformasi plastik atau batas luluh mulai teramati tergantung pada kepekaan pengukuran regangan. Sebagian besar bahan mengalami perubahan sifat dari elastik menjadi plastik yang berlangsung sedikit demi sedikit, dan titik dimana deformasi plastik mulai terjadi dan sukar ditentukan secara teliti. Telah digunakan sebagai kriteria permulaan batas luluh yang tergantung pada ketelitian pengukuran regangan dan data-data yang akan digunakan.

1. Batas elastis sejati berdasarkan pada pengukuran regangan mikro pada skala regangan  $2 \times 10^{-6}$  inci /inci. Batas elastis nilainya sangat rendah dan dikaitkan dengan gerakan beberapa ratus diskolasi.
2. Batas proposional adalah tegangan tertinggi untuk daerah hubungan proposional antara tegangan-regangan. Harga ini diperoleh dengan cara mengamati penyimpangan dari bagian garis lurus kurva tegangan regangan.
3. Batas elastis adalah tegangan terbesar yang masih dapat ditahan oleh bahan tanpa terjadi regangan sisa permanen yang terukur pada saat beban ditiadakan. Dengan bertambahnya ketelitian pengukuran regangan, nilai batas elastiknya menurun hingga suatu batas yang sama dengan batas elastik sejatinya yang diperoleh dengan cara pengukuran regangan mikro. Dengan ketelitian regangan yang sering digunakan pada batas proposional. Penentuan batas elastik memerlukan prosedur pengujian yang diberi beban –tak diberi beban (loading-unloading) yang membosankan.

## 2.5 Kekuatan Luluh (yield strength)

Salah satu kekuatan yang biasanya diketahui dari suatu hasil pengujian tarik adalah kuat luluh (*yield strength*). Kekuatan luluh (*yield strength*) merupakan titik yang menunjukkan perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastik [Dieter, 1993<sup>6</sup>]. Besar tegangan luluh dituliskan seperti pada persamaan 2.5, sebagai berikut.

$$Y_s = \frac{P_y}{A_0} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

$Y_s$  = besarnya tegangan luluh (kg/mm<sup>2</sup>)

$P_y$  = besarnya beban di titik yield (kg)

$A_0$  = luas penampang awal benda uji (mm<sup>2</sup>)

Tegangan dimana deformasi plastis atau batas luluh mulai teramati tergantung pada kepekaan pengukuran regangan. Sebagian besar bahan mengalami perubahan sifat dari elastik menjadi plastis yang berlangsung sedikit demi sedikit, dan titik dimana deformasi plastis mulai terjadi dan sukar ditentukan secara teliti.

Kekuatan luluh adalah tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis yang ditetapkan. Definisi yang sering digunakan untuk sifat ini adalah kekuatan luluh ditentukan oleh tegangan yang berkaitan dengan perpotongan antara kurva tegangan-regangan dengan garis yang sejajar dengan elastis offset kurva oleh regangan tertentu. Di Amerika Serikat offset biasanya ditentukan sebagai regangan 0,2 atau 0,1% ( $\epsilon = 0,002$  atau  $0,001$ ) dengan persamaan 2.6 sebagai berikut.

$$S_0 = \frac{F_{[offset]}}{A_0} \dots \dots \dots (2.6)$$

Cara yang baik untuk mengamati kekuatan luluh offset adalah setelah benda uji diberi pembebanan hingga 0,2% kekuatan luluh offset dan kemudian pada saat beban ditiadakan maka benda ujinya akan bertambah panjang 0,1 sampai dengan 0,2%, lebih panjang dari pada saat dalam keadaan diam. Tegangan offset di Brtiania Raya sering dinyatakan sebagai tegangan uji (*proff stress*), dimana harga offsetnya 0,1% atau 0,5%. Kekuatan luluh yang diperoleh dengan metode offset biasanya dipergunakan untuk perancangan dan keperluan spesifikasi, karena metode tersebut terhindar dari kesukaran dalam pengukuran batas elastis atau batas proposional.

## 2.6 Pengukuran Keliatan (keuletan)

Keuletan adalah kemampuan suatu bahan sewaktu menahan beban pada saat diberikan penetrasi dan akan kembali kebentuk semula. Secara umum, pengukuran keuletan dilakukan untuk memenuhi kepentingan tiga buah hal [Dieter, 1993<sup>6</sup>].

2.6.1 Untuk menunjukkan elongasi dimana suatu baja dapat berdeformasi tanpa terjadi patah dalam proses suatu pembentukan baja, misalnya pengerolan dan ekstrusi.

2.6.2 Untuk memberi petunjuk secara umum kepada perancang mengenai kemampuan baja untuk mengalir secara plastis dan patah.

2.6.3 Sebagai petunjuk adanya perubahan permukaan kemurnian atau kondisi pengolahan.



**2.7 Modulus Elastisitas**

Modulus elastisitas adalah ukuran kekuatan suatu bahan akan keelastisitasnya. Makin besar modulus, makin kecil regangan elastik yang dihasilkan akibat pemberian tegangan. Modulus elastisitas ditentukan oleh gaya ikat antar atom, karena gaya-gaya ini tidak dapat dirubah tanpa terjadi perubahan mendasar pada sifat bahannya. Maka modulus elastisitas salah satu sifat mekanik yang tidak dapat diubah. Sifat ini hanya sedikit berubah oleh adanya penambahan paduan, perlakuan panas, atau pengerjaan dingin.

Secara matematis persamaan modulus elastic dapat ditulis dalam persamaan

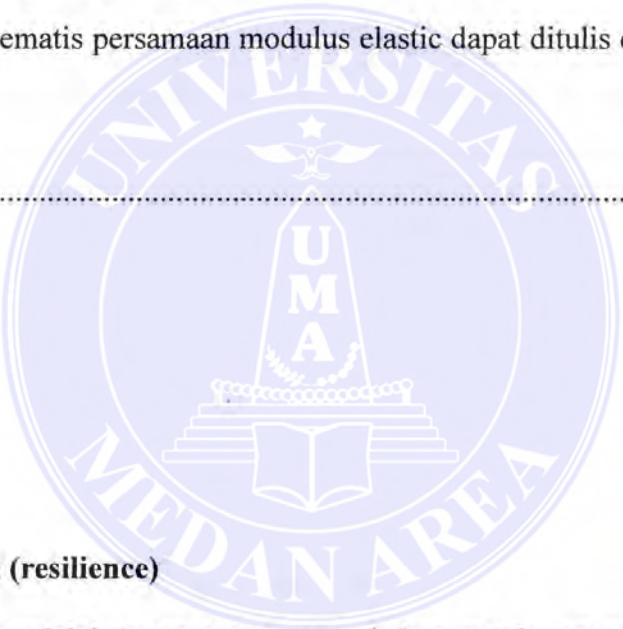
2.7.

$$M_o = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

$\sigma$  = tegangan

$\epsilon$  = regangan



**2.8 Kelentingan (resilience)**

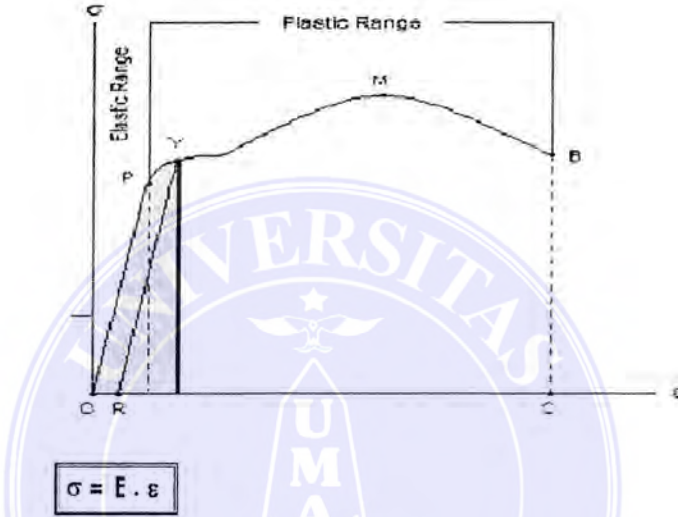
Kelentingan adalah kemampuan suatu bahan untuk menyerap energi pada waktu berdeformasi secara elastis dan kembali ke bentuk awal apabila bebannya dihilangkan [Dieter, 1993<sup>6</sup>]. Kelentingan biasanya dinyatakan sebagai modulus kelentingan, yakni energi regangan tiap satuan volume yang dibutuhkan untuk menekan bahan dari tegangan nol hingga tegangan luluh  $\sigma_o$ . Energi regangan tiap satuan volume untuk beban tarik satu sumbu adalah. Persamaan 2.8.

$$U_0 = \frac{1}{2} \sigma x \dots\dots\dots(2.8)$$

Dari definisi diatas, modulus kelentingan adalah persamaan 2.9.

$$U_o = \frac{1}{2}S_o e_o = \frac{1}{2}S_o \frac{S_o}{E} = \frac{S_o^2}{2E} \dots\dots\dots(2.9)$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa bahan ideal untuk menahan beban energi pada pemakaian dimana bahan tidak mengalami deformasi permanen, misal pegas mekanik, adalah data bahan yang memiliki tegangan luluh tinggi dan modulus elastisitas rendah.



Gambar 2.8 Modulus Resilience

**2.9 Ketangguhan (Toughness)**

Ketangguhan (*Toughness*) adalah kemampuan menyerap energi pada daerah plastik. Pada umumnya ketangguhan menggunakan konsep yang sukar dibuktikan atau didefinisikan. Salah satu menyatakan ketangguhan adalah meninjau luas keseluruhan daerah dibawah kurva tegangan-regangan. Luas menunjukkan jumlah energi tiap satuan volume yang dapat dikenakan kepada bahan tanpa mengakibatkan pecah. Ketangguhan ( $S_o$ ) adalah perbandingan antara kekuatan dan keuletan. Persamaan 2.10 sebagai berikut:

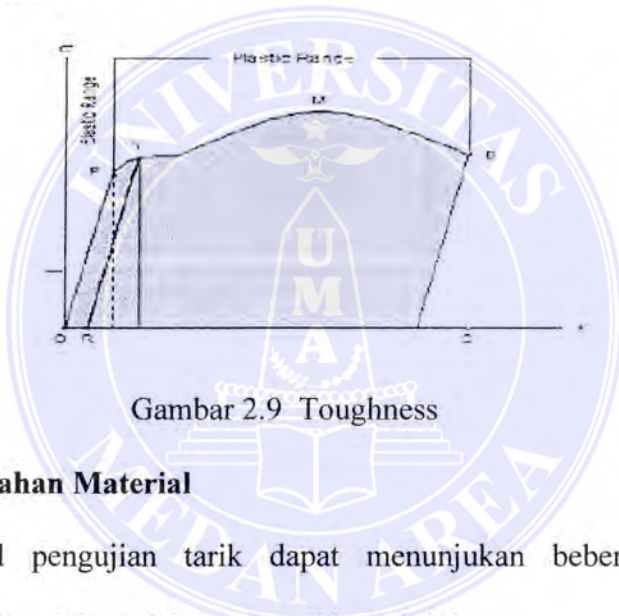
$$UT \approx s_u e_f \text{ atau } UT = \frac{S_o + S_u}{2} e_f \dots\dots\dots(2.10)$$

Untuk material yang getas, persamaan 2.11

$$UT = \frac{2}{3} S_u e_f \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan: UT = Jumlah unit volume

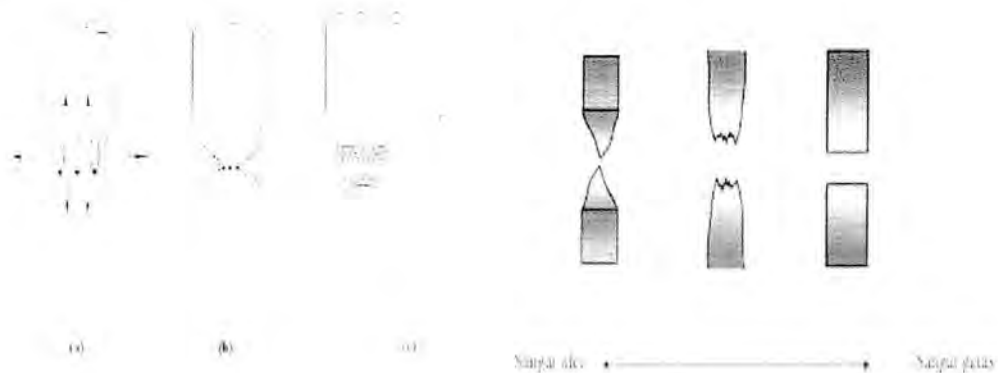
Tegangan patah sejati adalah beban pada waktu patah, dibagi luas penampang lintang. Tegangan ini harus dikoreksi untuk keadaan tegangan tiga sumbu yang terjadi pada benda uji tarik saat terjadi patah. Karena data yang diperlukan untuk koreksi seringkali tidak diperoleh, maka tegangan patah sejati sering tidak tepat nilai.



Gambar 2.9 Toughness

**2.10 Mode Perpatahan Material**

Sampel hasil pengujian tarik dapat menunjukkan beberapa tampilan perpatahan seperti ditunjukkan oleh gambar di bawah ini :

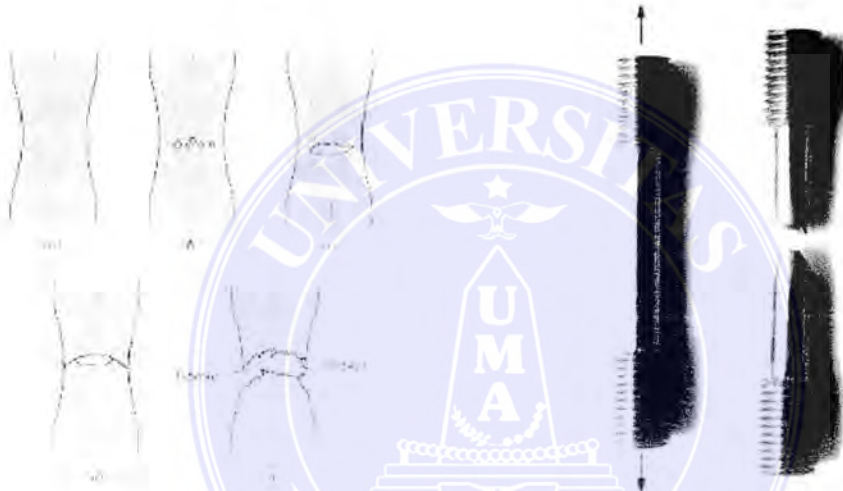


Gambar 2.10 Mekanisme perpatahan

Pengamatan kedua tampilan perpatahan ulet dan getas dapat dilakukan dengan baik dengan mata telanjang maupun dengan bantuan stereoscan microscope. Pengamatan lebih detil dimungkinkan dengan penggunaan SEM(*Scanning Electron Microscope*).

### 2.10.1 Perpatahan Ulet

Perpatahan ulet umumnya lebih tangguh dan memberikan peringatan lebih dahulu sebelum terjadinya kerusakan.



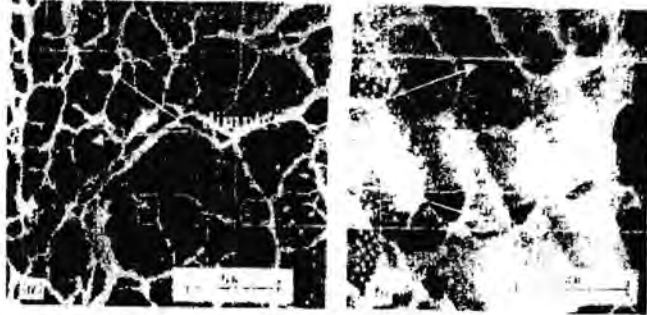
Gamabar 2.12 Perpatahan Ulet

Keterangan :

Tahapan terjadinya perpatahan ulet pada sampel uji tarik:

- a. Penyempitan awal
- b. Pembentukan rongga-rongga kecil (cavity)
- c. Penyatuan rongga-rongga membentuk suatu retakan
- d. Perambatan geser akhir pada sudut 45<sup>o</sup>

Tampilan foto SEM dari perpatahan ulet diberikan oleh gambar berikut:



*(tampilan permukaan patahan dari suatu sampel logam yang ditandai dengan lubang-lubang dimpel sebagai suatu hasil proses penyatuan rongga-rongga kecil (cavity) selama pembebanan berlangsung)*

Gambar 2.13 Perpatahan Ulet

### 2.10.2 Perpatahan Getas

Perpatahan getas memiliki ciri-ciri yang berbeda dengan perpatahan ulet. Pada perpatahan getas tidak ada atau sedikit sekali terjadi deformasi plastis pada material. Perpatahan jenis ini merambat sepanjang bidang-bidang kristalin membelah atom-atom material. Pada material yang lunak dengan butir kasar akan ditemukan pola chevrons atau fanlike pattern yang berkembang keluar dari daerah kegagalan. Material keras dengan butir halus tidak dapat dibedakan sedangkan pada material amorphous memiliki permukaan patahan yang bercahaya dan mulus.



Gambar 2.14 Perpatahan Getas

### 2.10.3 Kekuatan tarik ultimate (Ultimate Tensile Strength)

Tegangan pada kurva tegangan-regangan akan terus meningkat sampai mencapai puncak atau nilai kekuatan tarik ultimate ( $S_{ut}$ ) pada titik u. Pada gambar 2.7 terdapat dua kurva pada masing-masing gambar. Kedua kurva ini adalah kurva Gambar 2.1 Spesimen besi cor getas setelah patah. tegangan-regangan teknik (*engineering stress-strain curve*) dan kurva tegangan-regangan sebenarnya (*true stress-strain curve*). Pada kurva tegangan-regangan teknik, perhitungan tegangan dan regangan dilakukan dengan menggunakan luas penampang awal  $A_o$ , dan panjang ukur awal,  $l_o$ , sedangkan pada kurva tegangan-regangan sebenarnya perhitungan dilakukan dengan memperhitungkan perubahan luas penampang dan panjang sebenarnya.

### 2.10.4 Elongation (perpanjangan)

Pertambahan panjang suatu bahan setelah mengalami uji tarik disebut elongation. Nilai keuletan suatu bahan biasa ditunjukkan dari harga elongation ini.

Apabila harga elongation besar maka bahan tersebut dikatakan ulet (*ductility*).  
putus. Persentase elongation dinyatakan dengan persamaan berikut:

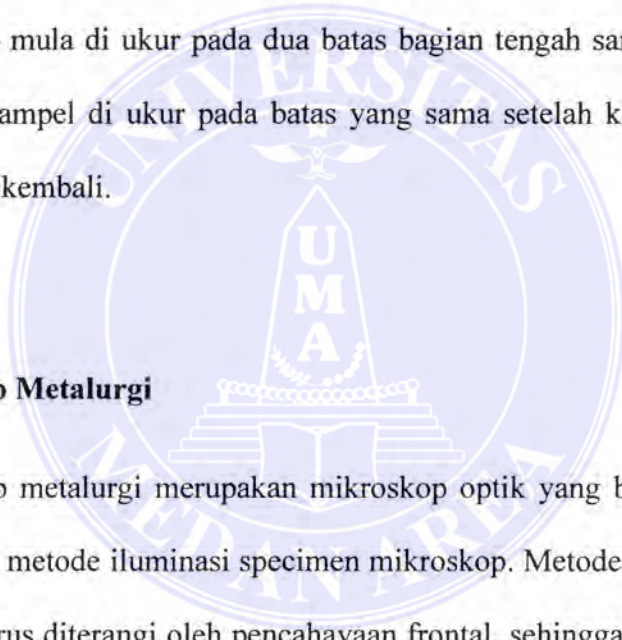
$$\%elongasi = \frac{L-l_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan:

$L_0$  = panjang mula – mula (mm)

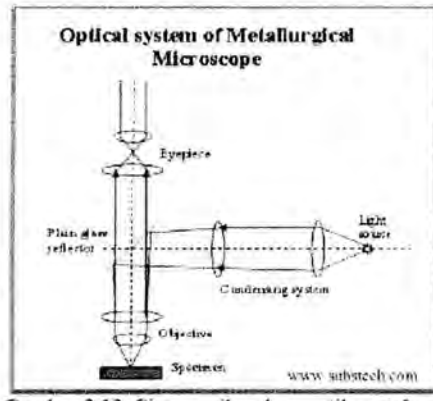
$L$  = panjang setelah bahan putus (mm)

Panjang mula – mula di ukur pada dua batas bagian tengah sampel uji tarik dan panjang akhir sampel di ukur pada batas yang sama setelah kedua bagian yang putus disatukan kembali.



### 2.11 Mikroskop Metalurgi

Mikroskop metalurgi merupakan mikroskop optik yang berbeda dari yang lain yaitu dalam metode iluminasi specimen mikroskop. Metode ini menyebabkan bahan logam harus diterangi oleh pencahayaan frontal, sehingga cahaya berada di dalam tabung mikroskop. Skema mikroskop metalurgi optik diperlihatkan pada gambar 2.16



Gambar 2.15 Sistem mikroskop optik metalurgi

Parameter yang penting dalam mikroskop metalurgi meliputi pembesaran dan resolusi. Umumnya perbesaran dari mikroskop metalurgi berada dalam kisaran 50 kali sampai 1000 kali sedangkan resolusi merupakan ketajaman gambar suatu objek oleh perangkat optik yang baik. Mikroskop metalurgi digunakan untuk berbagai aplikasi diantaranya manufaktur wafer semikonduktor silicon, inspeksi dan pengendali mutu, kristalografi, analisis besi tuang dalam pengecoran logam dan juga dapat digunakan untuk analisis mikrostruktur.

## 2.12 Koefisien Ekspansi Termal

Pada umumnya material apabila dipanaskan atau didinginkan akan mengalami perubahan panjang dan volume secara bolak – balok (*reversible*), sepanjang material tersebut tidak mengalami kerusakan (*distorsi*) yang permanen. Sifat ekspansi termal dari paduan logam *CuPbSn* sangat penting karena ada kaitannya dengan aplikasinya yaitu pada bushing. Untuk bushing yang baik, diharapkan koefisien bahan tersebut harus kecil. Pengujian ekspansi termal untuk



bahan ini digunakan thermomechanical analyzer (TMA). Thermomechanical analyzer (TMA) merupakan bagian dari instrumen analisis termal, seperti DTA, TGA dll. yang digunakan untuk menentukan perubahan sifat – sifat mekanik dari bahan uji melalui pemanasan atau pendinginannya. Melalui analisa grafik yang dicatat recorder TMA, dapat dihitung besarnya koefisien ekspansi termal dengan persamaan [Tipler P.A1998<sup>7</sup>].

$$\alpha = \frac{\Delta L}{l_0 \Delta T} \dots\dots\dots(2.17)$$

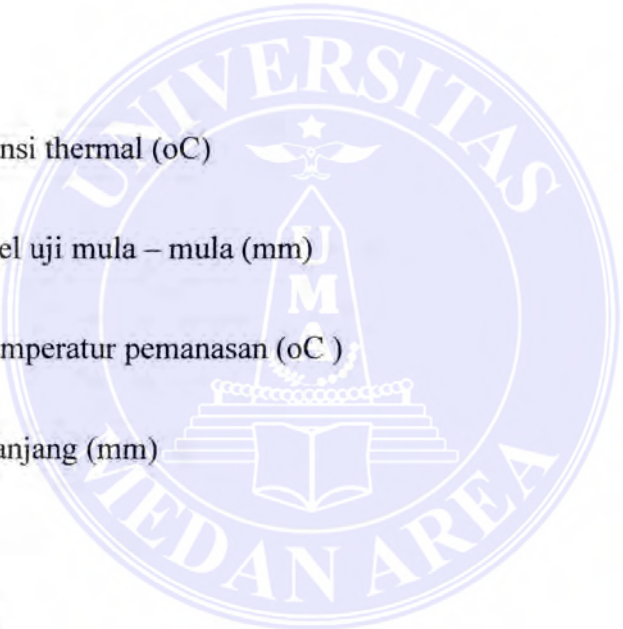
Keterangan :

$\alpha$  = koefisien ekspansi thermal (oC)

$l_0$  = panjang sampel uji mula – mula (mm)

$\Delta T$  = perubahan temperatur pemanasan (oC )

$\Delta L$  = perubahan panjang (mm)



**2.13 Logam besi**

Pada umumnya besi yang ada dipasaran adalah baja yang merupakan suatu campuran dari besi (Fe) dan karbon (C), dimana unsur karbon (C) menjadi dasar. Disamping unsur Fe Dan C, baja juga mengandung unsur campuran lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi. Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon antara 0,1% - 1,7%. Berdasarkan tingkatan banyaknya kadar karbon, baja digolongkan menjadi tiga tingkatan :

### 2.13.1 Baja karbon rendah

Yaitu baja yang mengandung karbon kurang dari 0,30%. Baja karbon rendah dalam perdagangan dibuat dalam bentuk pelat, profil, batangan untuk keperluan tempa, pekerjaan mesin, dan lain-lain.

### 2.13.2 Baja karbon sedang

Baja ini mengandung karbon antara 0,30% – 0,60 %. Didalam perdagangan biasanya dipakai sebagai alat-alat perkakas, baut, poros engkol, roda gigi, ragum, pegas dan lain-lain.

### 2.13.3 Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung karbon antara 0,6% – 1,5%. Baja ini biasanya digunakan untuk keperluan alat-alat konstruksi yang berhubungan dengan panas yang tinggi atau dalam penggunaannya akan menerima atau mengalami panas, misalnya landasan, palu, gergaji, pahat, kikir, bor, bantalan peluru, dan sebagainya [Amanto,1999<sup>1</sup> ]. Beberapa jenis baja karbon tinggi:

#### a. Baja konstruksi umum

Baja konstruksi umumnya terdiri atas baja karbon dan baja kualitas tinggi tanpa paduan yang dipertimbangkan atas tegangan tarik yang tinggi. Baja jenis ini banyak digunakan dalam konstruksi bangunan, gedung, jalan, poros mesin dan roda gigi.

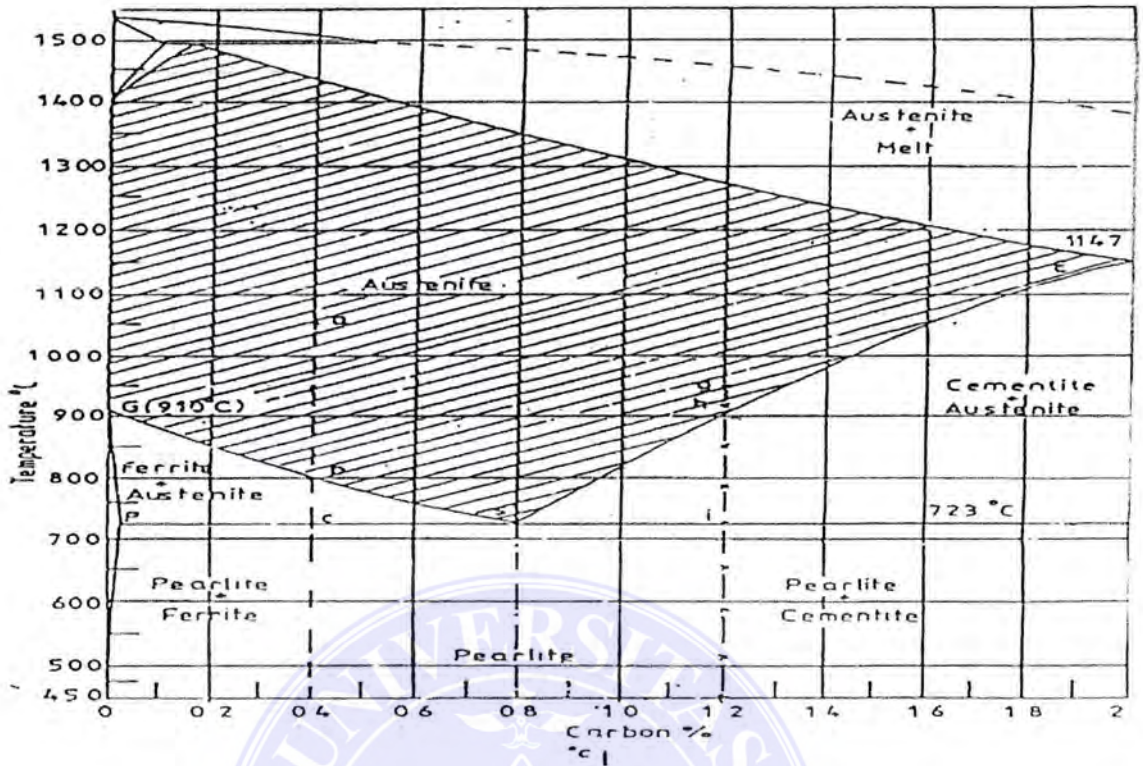
#### b. Baja otomat

Baja otomat terdiri dari baja paduan tinggi, baja ini mengandung 0,07-0,65% Karbon, 0,18-0,2% Belerang, 0,6-1,5% Mangan, 0,05-0,4% Silisium.

c. Baja case hardening

Baja jenis ini diperoleh dengan cara menaruh baja karbon rendah dalam bahan yang kaya akan kandungan karbon dan dipanaskan bersama dalam oven sampai suhu kritis atas, baja case hardening tetap liat pada bagian inti namun keras pada bagian permukaan.

Berdasarkan hasil pemaduan antara besi dengan karbon, karbon berada di dalam besi dapat berbentuk larutan atau berkombinasi membentuk karbida besi ( $Fe_3C$ ). Diagram fasa menggambarkan diagram fasa besi karbon untuk seluruh rentang paduan besi dengan karbon yang mencakup baja dan besi cor. Kadar karbon pada diagram tersebut bervariasi dari nol sampai 2%. Seperti pada tabel atau diagram fasa besi karbon.



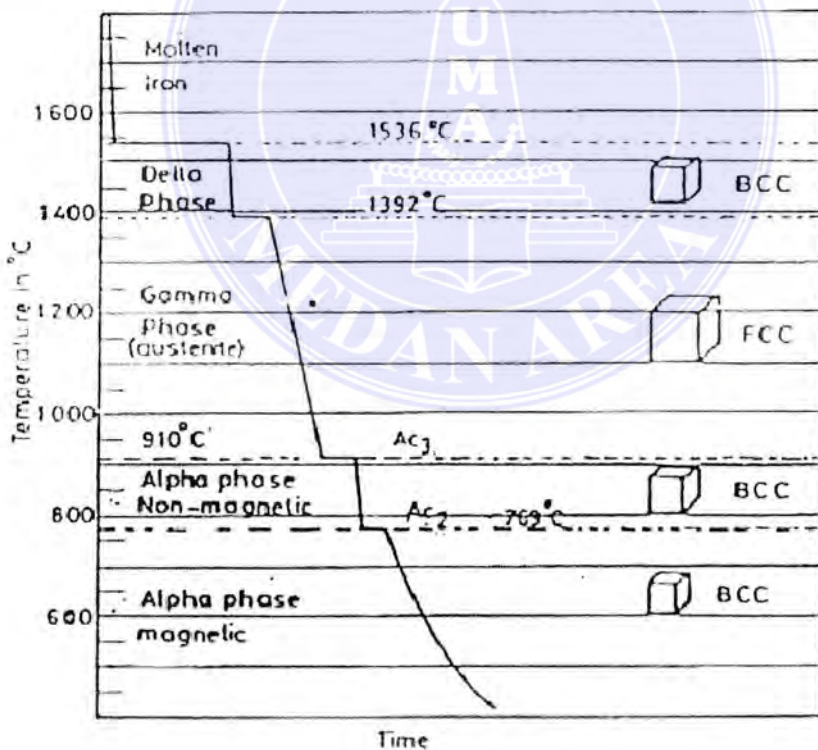
Gambar 2.16 Diagram Fe-C/fasa [Rochim Suratman,1994:93<sup>8</sup>]

Karbon adalah unsur penstabil austenit. Larutan maksimum dari karbon pada austenit adalah sekitar 1,7% (E) pada 11400 C. sedangkan larutan karbon pada ferrit naik dari 0% pada 9100 C menjadi 0,025% pada 7230 C. Pada pendinginan lanjut, larutan karbon pada ferrit menurun menjadi 0,08% pada temperatur kamar. Pada saat presentase karbon mencapai 0,8% pada temperatur 7230 C, titik ini disebut titik autectoid. Baja untuk kadar karbon 0,8% disebut baja autectoid dan sedangkan baja dengan kadar karbon lebih dari 0,8% disebut baja hypereutectoid.

Baja autectoid didinginkan dari temperatur austenitisasinya, maka pada saat titik-titik sepanjang garis tersebut akan bertransformasi menjadi satu campuran autectoid yang disebut pearlit. Jika baja hypoeutectoid didinginkan dari

temperatur austenitisasi, pada saat garis GS, ferrit akan terbentuk disepanjang batas butir austenit. Jika baja hypereutectoid didinginkan dari temperature austenitisasinya akan terjadi pemisahan cementit pada batas butir austenit disepanjang garis SE.

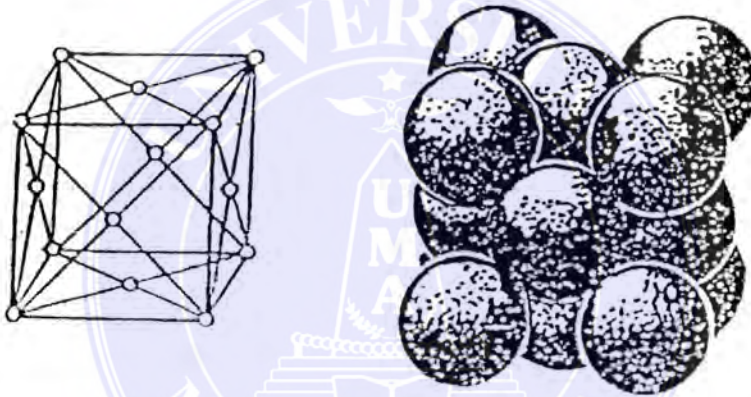
Sifat allotropik dari besi memungkinkan adanya variasi struktur mikro pada berbagai jenis baja. Pengertian allotropik adalah adanya transformasi dari satu bentuk susunan atom (sel satuan) ke bentuk susunan atom yang lain. Besi sangat stabil pada temperatur di bawah 910° C dan disebut sebagai besi alfa (Fe α). Pada temperatur antara 910° C dan 1392° C, besi dikenal dengan besi gamma (Fe γ) dan pada temperatur di atas 1392° C disebut sebagai besi delta (Fe δ).



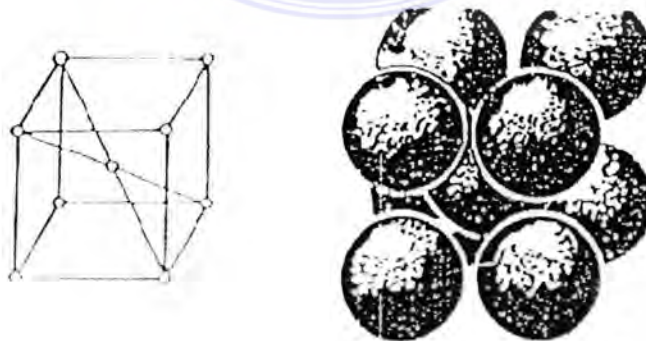
Gambar 2.17 Diagram transformasi besi [Rochim Suratman 1994:92<sup>8</sup>]



Fenomena allotropik dari besi memberikan kemungkinan untuk memperbaiki sifat-sifatnya sesuai dengan kebutuhan dan mencakup dua bentuk susunan atom. Pada temperatur di bawah  $910^{\circ}\text{C}$  susunan atomnya berbentuk Body Centered Cubic (BCC). Mulai suhu  $910^{\circ}\text{C}$  akan terjadi perubahan susunan atom. Di atas suhu tersebut susunan atomnya berubah menjadi bentuk Face Centered Cubic (FCC). Jika proses pemanasan dilanjutkan, bentuk susunan atomnya pada temperatur  $1392^{\circ}\text{C}$  berubah kembali menjadi bentuk BCC lagi dan dikenal dengan sebutan besi delta.



Gambar 2.18 Struktur Face Center Cubic [Rochim Suratman 1994:92<sup>8</sup>]



Gambar 2.19 Struktur Body Center Cubic [Rochim Suratman 1994:92<sup>8</sup>]

## 2.14 Struktur Mikro Logam

Struktur mikro merupakan butiran – butiran suatu benda logam yang sangat kecil dan tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, sehingga perlu menggunakan mikroskop optic atau mikroskop elektron untuk pemeriksaan butiran – butiran logam tersebut. Struktur material berkaitan dengan komposisi, sifat, sejarah dan kinerja pengolahan, sehingga dengan mempelajari struktur mikro akan memberikan informasi yang menghubungkan komposisi dan pengolahan sifat serta kinerjanya. Analisis struktur mikro digunakan untuk menentukan apakah parameter struktur berada dalam spesifikasi tertentu dan didalam penelitian digunakan untuk menentukan perubahan – perubahan struktur mikro yang terjadi sebagai akibat komposisi atau perlakuan panas.

Data mengenai berbagai sifat logam yang mesti dipertimbangkan selama proses akan ditampilkan dalam berbagai sifat mekanik, fisik, dan kimiawi bahan pada kondisi tertentu. Untuk memanfaatkan data tersebut sebaik mungkin, perlu diketahui sifat asal logam yang menyebabkan logam menjadi kuat dan bagaimana sifat itu berubah selama proses produksinya.

Sifat bahan diperoleh dari hasil:

- a. interaksi antar atom bahan;
- b. perilaku gugus-gugus atom tersebut (mungkin mempunyai struktur kristalin yang teratur);
- c. atribut yang berkaitan dengan gabungan gugus-gugus atom tersebut.

Untuk memperoleh pengertian mendasar mengenai sifat bahan, dalam bab ini akan dibahas pengaruh struktur atom, struktur kristalin, dan perilaku bahan dalam bentuknya yang utuh.

#### 2.14.1 Jenis Ikatan dalam bahan padat

Atom terdiri atas inti atom bermuatan positif yang dikelilingi oleh sejumlah elektron (yang dianggap tidak bermassa), jumlah muatan elektron sama dengan muatan inti sehingga secara keseluruhan atom itu netral, dan tidak bermuatan. Elektron tersusun dalam beberapa tingkatan energi atau kulit energi. Kulit energi terluar mempunyai ikatan yang paling lemah dengan intinya. Gambar 2.19 memperlihatkan gambaran dua dimensi untuk magnesium, jenis atom logam yang memiliki dua elektron pada kulit terluar, dan oksigen, atom unsur bukan logam yang mempunyai enam elektron pada kulit paling luar. Keduanya mempunyai dua elektron pada kulit yang paling dekat dengan intinya.

Kemampuan interaksi antar atom berkurang bila kulit terluar diduduki oleh delapan elektron. Atom yang tidak memiliki konfigurasi ini selalu berusaha untuk membentuk ikatan sedemikian rupa sehingga mencapai konfigurasi ini. Karakteristik inilah yang mendorong terbentuknya tiga jenis ikatan atom yaitu ikatan ionik, ikatan kovalen, dan ikatan logam.

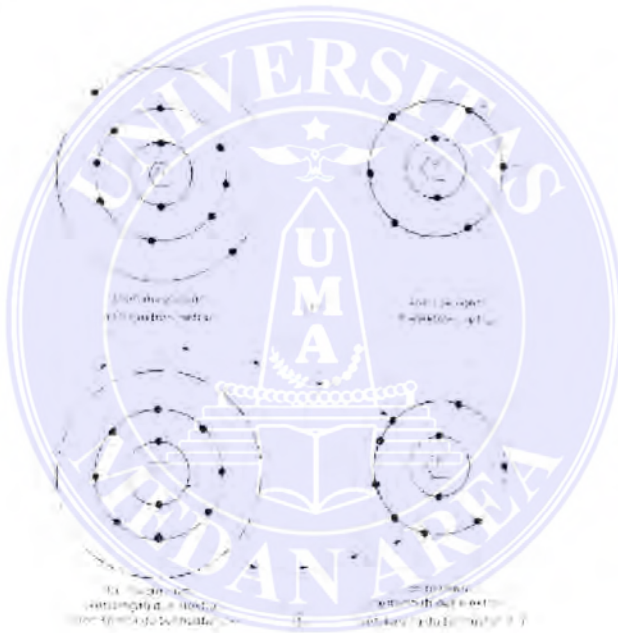
##### a. Ikatan Ionik

Ikatan ionik terjadi antara atom logam dan atom bukan logam dan merupakan ikatan yang sangat kuat. Bahan dengan ikatan ionik mempunyai ciri: temperatur lebur tinggi, keras, dan rapuh. Ikatan ionik terbentuk bila atom oksigen

"menangkap" dua elektron terluar atom magnesium (Gambar 2.19). Dengan



demikian, atom oksigen bertambah dua muatan negatif dan atom magnesium kehilangan dua elektron terluarnya sehingga mempunyai kelebihan dua muatan positif. Baik oksigen maupun magnesium kini memiliki delapan elektron pada kulit terluarnya dan mencapai keseimbangan kimiawi seperti gas mulia. Akan tetapi, kedua atom yang tadinya netral itu sekarang mempunyai muatan elektrostatik yang berlawanan dan inilah yang menghasilkan ikatan ionik, seperti tampak pada Gambar 2.20 yang merupakan gambar dua dimensi senyawa oksida magnesium (MgO).



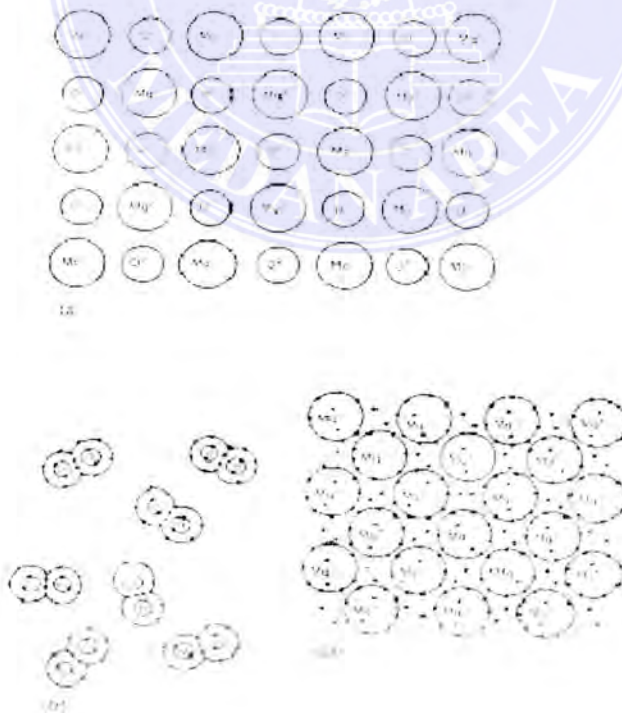
Gambar 2.20 Konfigurasi ikatan atom1

Atom bermuatan sejenis tolak menolak, sedangkan atom dengan muatan berlawanan tarik menarik. Jadi, pada bahan utuh yang terdiri atas atom yang berikatan ionik, terbentuk struktur kristal dengan pola teratur dalam tiga dimensi. Tiap atom dikelilingi oleh atom dengan muatan yang berlawanan. Kekuatan senyawa seperti ini ditentukan oleh kekuatan ikatan elektrostatik antar atom tak sejenis, dan kerapatannya ditentukan oleh ketahanan atom bermuatan terhadap

usaha yang memaksanya menduduki posisi dekat dengan atom yang bermuatan sama. Oksida magnesium menentang gaya yang mendekatkan atom oksigen dan atom magnesium dengan atom sejenis. Bila gaya tersebut cukup besar, kristal akan retak.

b. Ikatan Kovalen

Ikatan kovalen terjadi antara atom dengan empat elektron atau lebih pada kulit terluarnya, suatu kondisi yang dijumpai pada unsur bukan logam. Sebuah atom tak mungkin menampung semua elektron kulit terluar atom lain. Sekiranya hal itu terjadi, maka kulit elektron terluarnya akan kelebihan elektron (jumlah ideal adalah delapan elektron). Bila terdapat empat elektron atau lebih pada kulit terluar, atom sedemikian rupa sehingga mereka dapat berbagi elektron luar, tampak pada Gambar 2.20.



Gambar 2.21 Konfigurasi ikatan atom 2

Pada gambar ini terlihat dua atom oksigen berbagi elektron sehingga setiap atom mempunyai delapan elektron. Ikatan antara bagian atom sangat kuat, tetapi ikatan antara pasangan lemah, demikian lemahnya sehingga oksigen tidak dapat beku dan membentuk kristal mencapai temperatur yang sangat rendah. Bahan yang mempunyai ikatan kovalen dapat berbentuk gas, cairan, atau padatan dan ikatan ini merupakan ikatan yang kuat. Untuk penerapan di bidang teknik, kita mengambil contoh yang relevan, misalnya karbon. Atom karbon mempunyai empat elektron pada kulit terluarnya. Agar jumlah elektron tersebut mencapai delapan, karbon dapat bersenyawa dengan atom karbon lainnya atau dengan empat buah atom berelektron tunggal (pada kulit terluar) seperti hidrogen. Dengan hidrogen, karbon akan membentuk metana ( $\text{CH}_4$ ). Dengan dua atom yang mempunyai elektron ganda (pada kulit terluarnya) seperti oksigen, karbon membentuk dioksida karbon ( $\text{CO}_2$ ). Dengan atom karbon lain, akan terbentuk dua jenis kristal karbon. Bentuk pertama adalah intan. Intan mempunyai struktur kubik dengan atom pada posisi rangkaian tetragonal, sedangkan bentuk kedua mempunyai atom karbon dalam rangkaian bidang heksagonal dan disebut grafit. Grafit dikenal dengan sifat pelumasnya akibat susunan bidangnya yang dapat saling bergeseran. Walaupun atom karbon dikelilingi oleh delapan elektron, jenis ikatannya agak berbeda. Jarak antar bidang lebih besar daripada jarak antar atom dalam bidang itu sendiri, sehingga gaya ikat antar bidang lemah. Selain itu, ikatan semacam ini menggunakan tiga elektron per atom, sedangkan elektron keempat bebas atau dapat bergerak dalam bidang yang sejajar dengan kulit.

Atom karbon yang membentuk ikatan dengan atom lain seperti hydrogen

sering kali membentuk rantai atau untaian yang panjang. Ikatan antar atom yang

seperti rantai ini (yang disebut struktur polimer ) tidak selalu mencerminkan sifat ikatan kovalen karena, meskipun kuat, rantai juga fiksibel dan ikatan antar rantai yang berdekatan lemah.

### c. Ikatan Logam

Dua pertiga dari unsur mempunyai kurang dari empat elektron pada kulit terluarnya. Meskipun jumlahnya memadai untuk mengimbangi muatan positif inti, bila dua jenis unsur ini membentuk ikatan, jumlah electron masih kurang untuk membentuk ikatan keseimbangan kimia dan tidak dapat membentuk ikatan ionik atau ikatan kovalen. Dalam keadaan padat, unsure logam membentuk jenis ikatan yang lain sekali, yang menjadi ciri khas logam. Elektron pada kulit terluar suatu logam bergerak sebagai awan melalui ruang antar inti yang bermuatan positif bersama kulit elektron lainnya.

Inti beserta kulit elektron di bagian dalam dianggap sebagai bola keras yang tersusun padat dengan pola teratur, membentuk apa yang disebut susunan kristal. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.20. Susunan ion positif terikat menjadi satu oleh awan elektron bermuatan negatif membentuk ikatan khas yang disebut ikatan logam. Oleh karena ion tidak memiliki kecenderungan khusus untuk menempati lokasi tertentu, ion dapat bergerak dalam kisi kristal tanpa mengganggu keteraturan pola. Selain itu, awan elektron dapat digerakkan ke arah tertentu oleh potensial listrik, dan menghasilkan arus listrik. Konduktivitas listrik merupakan karakteristik khas logam. Pada kristal dengan ikatan ion atau ikatan kovalen, elektron terikat dan tidak bebas bergerak. Hanya bila potensial cukup tinggi (potensial tembus), elektron dapat ditarik lepas.

#### d. Ikatan dan Pengaruh Gaya Luar

Di samping kemampuan gerak elektron pada ikatan logam, perbedaan besar lain antara ikatan logam dan ikatan lainnya terletak pada perilakunya bila dipengaruhi oleh gaya luar. Gaya kecil tak seberapa pengaruhnya terhadap ketiga jenis ikatan tersebut. Regangan atau perpanjangan yang terjadi lenyap bila gaya ditiadakan. Sifat ini disebut perpanjangan elastik atau kompresi elastik. Bila gaya cukup besar, pada ikatan logam dapat terjadi pergelinciran ion logam membentuk pola sejenis yang tetap bertahan meski gaya ditiadakan. Ini dimungkinkan karena semua ion memiliki sifat yang sama dan elektron tidak terikat pada atom tertentu. Sebaliknya, atom dengan ikatan ion menentang gerak luncuran tersebut karena antara ion dan elektron terdapat ikatan kuat. Oleh karena itu, bahan dengan ikatan ion cenderung rapuh. Karena adanya kemampuan inti untuk saling meluncur, kristal dengan ikatan logam dapat dibentuk secara mekanik dan ikatan antar atomnya tetap kuat. Sifat ini disebut keuletan (*ductility*) atau kenyal bentuk dan merupakan karakteristik keadaan logam.

Apapun bentuk ikatannya, bahan umumnya membentuk susunan tiga dimensi (atau struktur kristal) yang teratur dalam ruang. Ada empat belas jenis struktur, tetapi hanya empat yang biasanya ditemukan pada logam yang digunakan dalam penerapan keteknikan. Sel tunggal sederhana mewakili jumlah atom yang tak terhingga dalam susunan tiga dimensi kristal utuh.

Semua logam, sebagian besar keramik dan beberapa polimer membentuk kristal ketika bahan tersebut membeku. Dengan ini dimaksudkan bahwa atom-

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

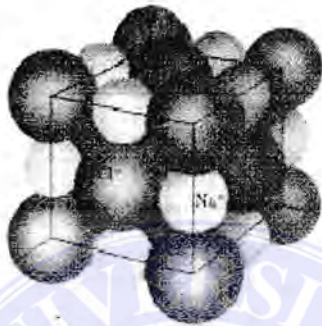
Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

atom mengatur diri secara teratur dan berulang dalam pola 3 dimensi. Struktur semacam ini disebut kristal (Gambar 2.23).



Gambar 2.22 Struktur Kristal

Pola teratur dalam jangkauan panjang yang menyangkut puluhan jarak atom dihasilkan oleh koordinasi atom dalam bahan. Disamping itu pola ini kadangkadangkang menentukan pula bentuk luar dari kristal, contoh yang dapat dikemukakan adalah bentuk bintang enam bunga salju. Permukaan datar batu batuan mulia, kristal kwarsa ( $\text{SiO}_2$ ) bahan garam meja biasa ( $\text{NaCl}$ ) merupakan penampilan luar dari pengaturan di dalam kristal itu sendiri. Dalam setiap contoh yang dikemukakan tadi, pengaturan atom di dalam kristal tetap ada meskipun bentuk permukaan luarnya diubah. Struktur dalam kristal kwarsa tidak berubah meskipun permukaan luar tergesek sebingga membentuk butiran pasir pantai yang bulat-bulat. Hal yang sama kita jumpai pada pengaturan heksagonal molekul air dalam es atau bunga salju.

Tata jangkau panjang yang merupakan karakteristik kristal dapat dilihat pada Gambar 2.24. Model ini memperlihatkan beberapa pola atom kisi yang dapat terjadi bila terdapat satu jenis atom. Karena pola atom ini berulang secara tak terhingga, untuk mudahnya kisi kristal ini dibagi dalam sel satuan. Sel satuan ini yang mempunyai volume terbatas, masing-masing memiliki ciri yang sama, dengan kristal secara keseluruhan. Jarak yang selalu terulang, yang disebut konstanta kisi, dalam pola jangkau panjang kristal. menentukan ukuran sel satuan. jadi dimensi yang berulang atau  $a$ , (lihat Gambar 2.24) juga merupakan dimensi sisi sel satuan. Karena pola kristal Gambar 2.24 identik dalam ketiga arah tegak lurus, sel satuan ini berbentuk kubik dan  $a$  adalah konstanta kisi dalam ketiga arah koordinat. Dalam kristal bukan kubik, konstanta kisi berbeda dalam ketiga arah koordinat.



Gambar 2.23 Sel satuan

Titik sudut sel satuan dapat ditempatkan dimana saja dalam suatu kristal.

jadi, sudut tersebut dapat berada dipusat atom, tempat lain dalam atom-atom atau

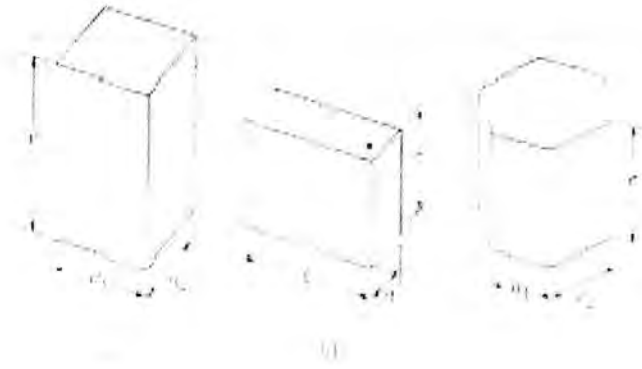
diantara atom-atom, seperti titik pada Gambar 2.25. Dimanapun ia berada, volum yang kecil tadi dapat diduplikasikan dengan volum yang identik disebelahnya (asalkan sel ini memiliki orientasi yang sama dengan pola kristal). Setiap sel mempunyai ciri-ciri geometrik, yang sama dengan kristal keseluruhan.



Gambar 2.24 Konstanta kisi

Kristal kubik memiliki pola yang sama sepanjang ketiga sumbu tegak lurus:  $a_1 = a_2 = a_3$ . Kebanyakan logam dan beberapa jenis keramik berbentuk kubik. Kristal bukan kubik terjadi bila pola ulangnya tidak sama dalam ketiga arah koordinatnya atau sudut antara ketiga sumbu kristal tidak sama dengan 90°. Ada tujuh sistem kristal, dengan karakteristik geometriknnya seperti tercantum dalam Tabel 2.1. Dalam pelajaran pengantar dasar ilmu logam ini perhatian kita tertuju pada bentuk kristal kubik yang lebih sederhana. Akan tetapi disamping itu kita perlu mengenal juga sistem heksagonal. Disamping itu, kristal tetragonal dan ortorombik dengan karakteristik sel satuan seperti Gambar 2.26.





Gambar 2.25 Kristal bukan kubik

Tabel 1-1 : Sistem kristal.

Sistem	Sumbu	Sudut sumbu
Kubik	$a_1 = a_2 = a_3$	semua sudut = $90^\circ$
Tetragonal	$a_1 = a_2 \neq a_3$	semua sudut = $90^\circ$
Ortorombik	$a_1 = a_2 \neq a_3$	semua sudut = $90^\circ$
Monoklinik	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$	dua sudut = $90^\circ$ satunya $\neq 90^\circ$
Triklinik	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$	semua sudut berbeda: tidak ada yang = $90^\circ$
Heksagonal	$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$	semua sudut $90^\circ$ dan $120^\circ$
Rombohedral	$a_1 = a_2 = a_3$	semua sudut sama, tetapi tidak = $90^\circ$

Kristal kubik terdiri dari tiga bentuk kisi, kubik sederhana, kubik pemusatan ruang dan kubik pemusatan sisi. Suatu kisi adalah Pola yang berulang dalam tiga dimensi yang terbentuk dalam kristal. Sebagian besar logam memiliki kisi kubik pemusatan ruang (kpr) atau kisi kubik pemusatan sisi (kps).

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

e. Kubik pemusatan ruang.

Besi mempunyai struktur kubik. Pada suhu ruang sel satuan besi mempunyai atom pada tiap titik sudut kubus dan satu atom pada pusat kubus (Gambar 2.27). Besi merupakan logam yang paling umum dengan struktur kubik pemusatan ruang, tetapi bukan satu-satunya. Krom, tungsten dan unsur lain juga memiliki susunan kubik pemusatan ruang.



Gambar 2.26 Struktur kubik pemusatan ruang 1



Gambar 2.27 Struktur kubik pemusatan ruang 2

Tiap atom besi dalam struktur kubik pemusatan ruang (kpr) ini dikelilingi oleh delapan atom tetangga; hal ini berlaku untuk setiap atom, baik yang terletak pada titik sudut maupun atom dipusat sel satuan. Oleh karena itu setiap atom mempunyai lingkungan geometrik yang sama (Gambar 2.27). Sel satuan logam

kpr mempunyai dua atom. Satu atom dipusat kubus dan delapan seperdelapan atom pada delapan titik sudutnya (Gambar 2.28).

Kita dapat menerapkan konsep tumpukan atom (F.T) pada logam kpr, dengan menggunakan model bola keras maka fraksi volum dari sel satuan yang ditempati oleh bola-bola tersebut, kubik permusatan sisi.



### BAB III

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan oleh pengelola program studi sampai dinyatakan selesai yang direncanakan berlangsung selama ± 2 bulan. Tempat pelaksanaan penelitian adalah di Program Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No	URAIAN	Minggu 1	Minggu 3	Minggu 5	Minggu 7	Minggu 9
1	Pembuatan proposal	■				
2	Seminar proposal		■			
3	Pembuatan Spesimen		■	■		
4	Pengujian spesimen			■	■	
5	Analisa Data				■	■
6	Penulisan skripsi					■
7	Seminar hasil skripsi					■
8	Perbaikan					■
9	Sidang					■

### 3.2 Bahan dan Alat Penelitian

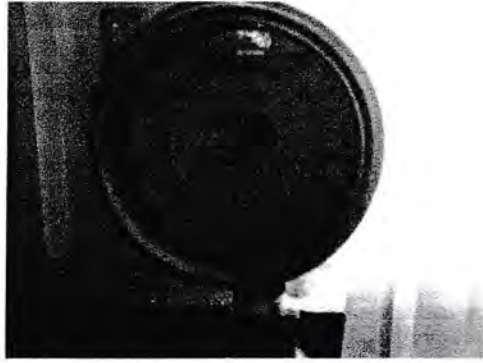
#### 3.2.1 Alat Penelitian

- Kunci Ring
- Tang Jepit
- Kunci sock
- Kamera digital
- Unit alat uji tarik



Gambar 3.1 Alat Uji Tarik Rakitan

Gambar di atas adalah Alat Uji Tarik yang telah kami buat dalam proses Kerja Praktek. Untuk mengetahui kemampuan Alat Uji Tarik ini maka dilakukan pengujian tarik dengan menggunakan bahan baja St40 dan melakukan perbandingan dengan Alat Uji Tarik Pabrikan.



Gambar 3.2 Pressure Gauge

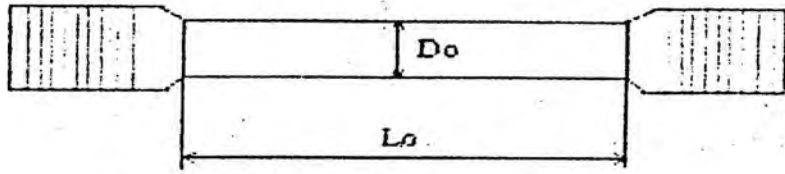
Pressure Gauge ini sebagai alat pengukur tegangan dan tekanan untuk memperoleh nilai dan mencatatnya.



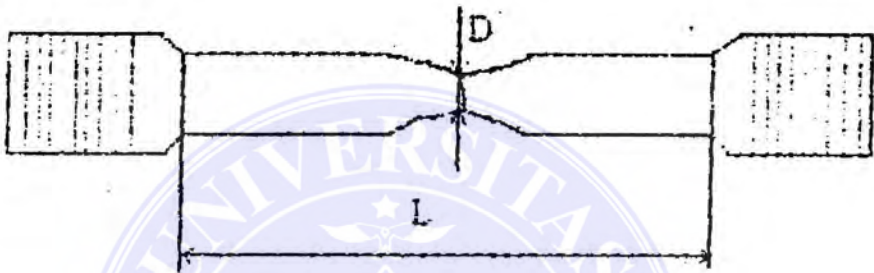
Gambar 3.3 Mistar, Sigmat, dan Micrometer

Mistar, Sigmat, dan Micrometer sebagai alat pengukur panjang, dan diameter bahan uji.

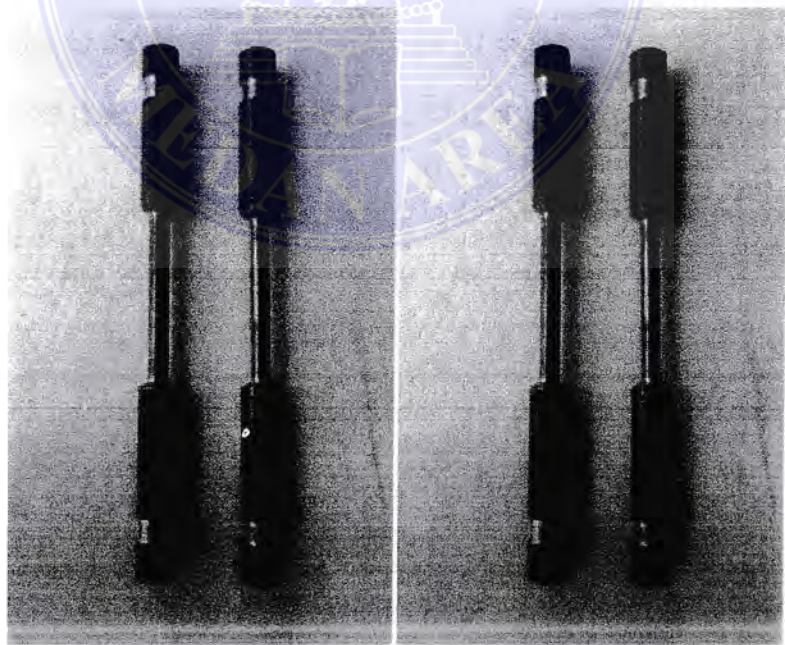
### 3.2.2 Bahan Penelitian



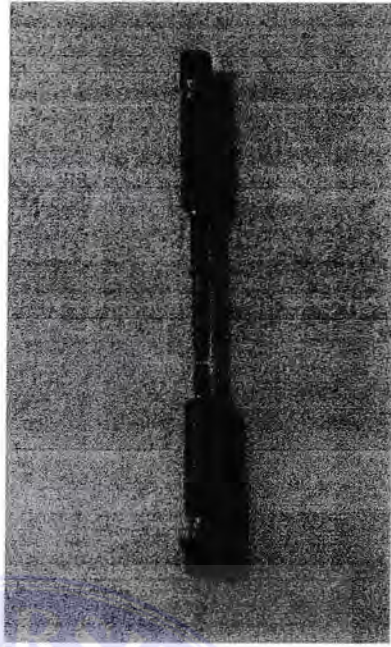
Gambar 3.4 benda uji sebelum ditarik



Gambar 3.5 benda uji setelah ditarik



Gambar 3.6 Spesiemen baja St40 yang akan di uji.



Gambar 3.7 Spesimen yang sudah dilakukan pengujian

### 3.3 Penyiapan Spesimen Uji

Spesimen uji dibuat di mesin bubut.



Gambar 3.8 Dimensi Spesimen

### 3.4 Prosedur Pengujian

Perlakuan pengujian di Laboratorium dengan menggunakan Alat Uji Tarik.

#### 3.4.1 Mengoperasionalkan pompa hidrolik.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23



3.4.2 Memasang spesimen pada kait pembebanan dengan mengatur posisi yang sesuai.

3.4.3 Pastikan ukuran bahan sesuai dengan spesifikasi.

3.4.4 Melakukan uji tarik pada spesimen dengan mencatat waktu dan besar tekanan pada gauge meter.

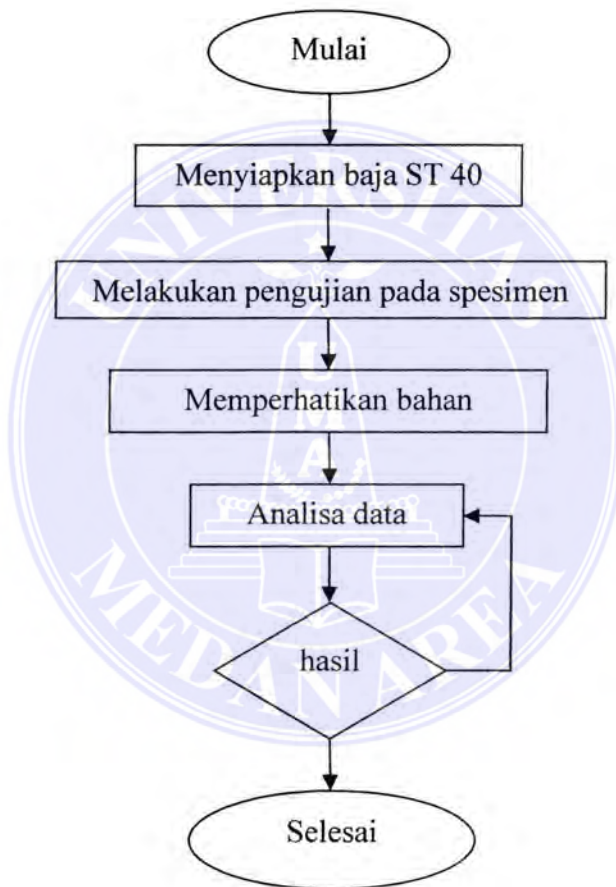
### 3.5 Variabel Penelitian

Pengambilan data dilakukan pada penelitian ini.

Spesimen	$D_0$ (mm)	$L_0$ (mm)	$A_0$ (mm)	$D_1$ (mm)	$L_1$ (mm)	$A_1$ (mm)	$\tau$ (kg.f/cm <sup>2</sup> )
1	5	50					
2	5	50					
3	5	50					
4	5	50					
5	5	50					
6	5	50					
Rata-rata							

### 3.6 Diagram Penelitian

Proses penelitian dimulai dari menyiapkan bahan baja ST40 dengan ukuran standard. Selanjutnya melakukan pengujian pada spesimen. Memperhatikan bahan uji. Melakukan analisa data. Melihat dan memperhitungkan hasil pengujian. Kemudian mendapatkan hasil penelitian uji tarik dengan menggunakan beberapa spesiemen.



## BAB V PENUTUP

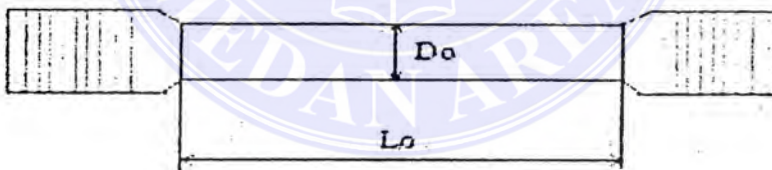
### 5.1 Kesimpulan

Terdapat beda nilai dan sifat yang dihasilkan pada alat Uji Tarik Rakitan dengan Alat Uji Tarik Pabrikan.

Spesiemen	$D_0$ (mm)	$L_0$ (mm)	$A_0$ (mm)	$D_1$ (mm)	$L_1$ (mm)	$A_1$ (mm)	$P$ (kg.f/mm) <sup>2</sup>
Alat Uji Tarik Rakitan	5,11	50	20,56	3,42	57,51	9,26	54,16
Alat Uji Tarik Pabrikan	5,38	50	22,79	3,23	61,73	8,21	60

### 5.2 Saran

Alat ini dapat digunakan untuk pengujian tarik material dengan ukuran, panjang  $L_0$  50 mm dan diameter  $D_0$  5 mm.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ashby, Engineering Materials 1, Butterworth Heinemann.
- [2]. ASM team, 1992, "ASM Metal Handbook Volume 2 Properties and Selection: nonferrous alloys and special-purpose materials", American Society for Metals, Formerly Ninth Edition, The United States of America.
- [3]. ASM team, 2000, "ASM Metal Handbook Volume 8 Mechanical testing and Evaluation", American Society for Metals, Formerly Ninth Edition, The United States of America.
- [4]. ASM team, 2004, "ASM Metal Handbook Volume 9 Metallographic and Microstructures 2004", American Society for Metals, Formerly Ninth Edition, The United States of America.
- [5]. Benner, B.J.M.1985. Ilmu pengetahuan bahan, Jakarta: Bhatara Karya Aksara.
- [6]. Callister, William D., (1994), Material Science and Engineering and Introduction, Third Edition, New York: Jhon Whilley and Sons.
- [7]. Froyen, L., Virlinden, B., (1994), Aluminium Matrix Composites Materials, Belgium: University of Leuven.
- [8]. Hasyim, J., The Production of Cast Metal Matrix Composite By a Modified Stir Casting Method, Jurnal Teknologi, 35(A) Dis.2001: Universiti Teknologi Malaysia.
- [9]. Heinz Tschaetsch, Metal Forming Practise, Sringer, 2005
- [10]. [Http://wikipedia/](http://wikipedia/) 2015.
- [11]. James K. Wessel, 2004, "Handbook of Advanced Materials", John Wiley &

Sons, Inc., New Jersey.

[12]. Ny. Sriati Djaprie, Ilmu dan Teknologi Bahan, Erlangga Jakarta, 1983.

