

MODUL PRATIKUM FENOMENA DASAR  
MESIN LABORATORIUM FENOMENA DASAR  
MESIN PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK

by

Junaidi dan Fadly Ahmad Kurniawan

# MODUL PRATIKUM

# FENOMENA DASAR MESIN



**LABORATORIUM FENOMENA DASAR MESIN**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HARAPAN MEDAN**



**MEDAN 2019**

## KATA PENGANTAR

**Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,**

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Allah SWT atas terselesainya buku "***Panduan Praktikum Fenomena Dasar Mesin***" ini. Buku panduan ini ditujukan sebagai suatu bahan pegangan bagi mahasiswa-mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Harapan Medan yang sedang mengikuti Praktikum Fenomena Dasar Mesin serta bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin dari Perguruan Tinggi lain yang bekerjasama mengikuti praktikum ini. Sangat disadari bahwa praktikum adalah salah satu komponen penting dalam proses belajar-mengajar, terutama dalam kaitannya dengan pengembangan keahlian praktis dan kemampuan analitis yang sangat dibutuhkan bagi para lulusan pada saat terjun ke dalam dunia kerja sebagai seorang sarjana teknik mesin.

Oleh sebab itu buku petunjuk praktikum ini didisain sebagai salah satu alat pendukung utama bagi mahasiswa untuk bisa memahami dan mendalami teori-teori yang diberikan dalam mata kuliah Metalurgi Fisik.

Target utama yang ingin dicapai dengan penyelenggaraan praktikum ini adalah agar mahasiswa mampu memahami:

1. Karakteristik dislokasi sebagai salah satu bentuk cacat di dalam material, dimana di satu sisi kehadiran mereka dalam jumlah besar harus dihindari tetapi di sisi lain dibutuhkan karena dengan adanya dislokasi inilah material khususnya logam dapat dideformasi dan dibentuk sesuai dengan aplikasi yang diinginkan.
2. Mekanisme pergerakan dislokasi sebagai sebab kegagalan logam maupun kemampu bentukannya (*formability*).
3. Interaksi dislokasi dengan berbagai macam penghalang (*obstacle*) di dalam material sehingga pada akhirnya para mahasiswa mampu menjelaskan dengan baik bagaimana

kekuatan di dalam logam dapat ditingkatkan dengan berbagai mekanisme penguatan di dalam material yang dapat diterapkan dalam aplikasi praktis di dalam industri dan masyarakat.

Tentunya buku panduan praktikum ini masih jauh dari sempurna. Saran dan kritik konstruktif dari semua pihak sangat diharapkan bagi perbaikan buku ini demi tercapainya tujuan proses belajar-mengajar di Program Studi Teknik Mesin, yaitu dihasilkannya lulusan sarjana teknik metalurgi dan material yang memiliki kemampuan komprehensif dalam desain material dan teknologi proses.

Tidak lupa kami sampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan buku panduan ini.

**Wassalamu'alaikum warrahmatullahi wabarakatuh.**

**Medan, 02 Juli 2019**

**Kepala Laboratorium**

**( Ir. Junaidi, S.Pd., MM., MT )**

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>PERCOBAAN 1 HEAT TREATMENT TEST</b> .....	1
1.1. Tujuan Percobaan .....	1
1.2. Kajian Pustaka .....	1
1.3. Peralatan dan Material .....	3
1.4. Prosedur Percobaan .....	4
<b>PERCOBAAN 2 METALLOGRAPHY TEST</b> .....	6
2.1. Tujuan Percobaan .....	6
2.2. Kajian Pustaka .....	6
2.3. Peralatan dan Material .....	12
2.4. Prosedur Percobaan .....	12
<b>PERCOBAAN 3 HARDNESS TEST</b> .....	14
3.1. Tujuan Percobaan .....	14
3.2. Kajian Pustaka .....	14
3.3. Peralatan dan Material .....	19
3.4. Prosedur Percobaan .....	19
<b>PERCOBAAN 4 IMPACT TEST</b> .....	22
4.1. Tujuan Percobaan .....	22
4.2. Kajian Pustaka .....	22
4.3. Peralatan dan Material .....	28
4.4. Prosedur Percobaan .....	28
<b>PERCOBAAN 5 DEFLECTION TEST</b>	
5.1. Tujuan Percobaan .....	31
5.2. Kajian Pustaka .....	31
5.3. Peralatan dan Material .....	31
5.4. Prosedur Percobaan .....	32
<b>PERCOBAAN 6 TORSION TEST</b>	
6.1. Tujuan Pratikum .....	33
6.2. Kajian Pustaka .....	33
6.3. Prosedur Pengujian .....	4

# **PERCOBAAN 1**

## **HEAT TREATMENT**

### **1.1. Tujuan Percobaan**

Mahasiswa mampu menguasai metode mengubah sifat mekanis bahan (baja) melalui proses heat treatment [1].

### **1.2. Kajian Pustaka**

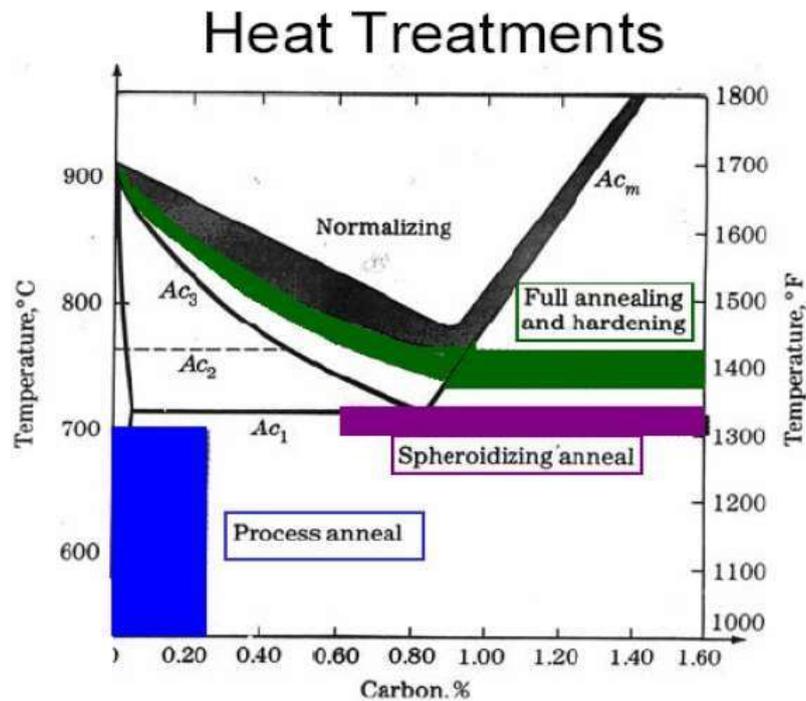
Heat treatment adalah suatu cara untuk mengubah sifat mekanis material ferrous dalam keadaan padat dengan komposisi yang tetap dengan jalan pemanasan yang terkontrol diikuti dengan pendinginan. Perlakuan panas untuk baja diklasifikasikan jadi 4 bagian, yaitu:

- a. Proses melunakkan (annealing process)
- b. Proses menormalkan (normalizing process)
- c. Proses mengeraskan (hardening process)
- d. Proses menemper (tempering process)

Perlakuan panas terhadap baja didasarkan pada diagram keseimbangan besi karbon yang menunjukkan daerah masing – masing pemanasan. Perlakuan panas dapat juga dilakukan terhadap besi cor dan non ferrous metal.

Proses pemanasan baja pada temperatur austenite adalah untuk membentuk daerah austenite dan ketangguhan yang tinggi pada kondisi ini yang nantinya akan dihasilkan baja karbon dengan tingkat kekerasan yang tinggi. Tingkat kekerasan pada baja karbon rendah sulit untuk dilakukan peningkatan. Hal ini karena baja karbon rendah hanya memiliki sedikit kadar karbon. Jumlah kadar karbon yang terkandung pada suatu baja akan menunjukkan tingkat kekerasannya.

Pada diagram TTT (Transformation Temperature Time) menjelaskan dekomposisi austenite dari suatu baja dalam keadaan non equilibrium yang hubungannya adalah transformasi austenite dengan waktu dan kondisi temperatur. Diagram TTT dapat juga disebut diagram IT (Isothermal Transformation). Oleh karena austenite tidak stabil di bawah temperatur kritis, perlu diketahui berapa lama waktu austenite bertransformasi pada temperatur subcritical[2].



Gambar 1.1. Diagram TTT

Ada empat faktor yang dapat merubah posisi kurva diagram IT ini, yaitu[3]:

- a. Komposisi kimia
- b. Perubahan butir austenite
- c. Kandungan karbon dan paduan
- d. Lambatnya transformasi butiran austenite

Beberapa media pendinginan (quenching medium) yang sering digunakan, yaitu :

1. Udara bebas

Daya pendinginan udara bebas sangat rendah sehingga waktu pendinginan agak lama dan biasanya digunakan untuk mendinginkan spesimen yang tidak terlalu panas.

2. Air biasa

Daya pendinginan air tergolong tinggi. Media ini banyak digunakan karena biayamurah. Tapi air mudah menguap sehingga pendinginan yang dihasilkan tidak merata (homogen).

3. Air garam

Daya pendinginan cenderung tinggi dengan penambahan 10 % garam dalam air. Namun air garam dapat menimbulkan korosi sehingga sering digunakan sebagai media pendingin pada material tahan karat.

4. Oli

Daya pendinginan lebih rendah dari air. Digunakan pada proses pendinginan yang sifatnya khusus. Oli digunakan pada material yang punya titik nyala tinggi.

5. Solar

Memiliki daya pendinginan yang sama dengan oli. Punya titik nyala yang tinggi.



Gambar 1.2. Furnace[4]

### 1.3. Peralatan dan Material

1. Kertas Pasir
2. Jangka Sorong
3. *Hardness Tester*
4. *Electric Muffle Furnaces*
5. Penjepit
6. Spesimen Uji
7. Kertas Pasir
8. Media pendingin: Oli SAE 30

### 1.4. Prosedur Percobaan

1. Siapkan semua peralatan dan bahan yang akan digunakan.
2. Permukaan specimen dihaluskan dengan kertas pasir untuk menghilangkan kotoran-kotoran dan korosi.
3. Dimensi specimen diukur dengan jangka sorong.
4. Tentukan tingkat kekerasan salah satu permukaan specimen sebelum dilakukan heat treatment dengan *Hardness Tester* sebanyak enam kali pengujian pada titik yang berlainan pada satu permukaan (beban 1471 N atau 187,5 kg selama 15 detik).

5. Tentukan kedalaman minimum (*minimum thickness*) indentasi/jejak bola baja menggunakan tabel konversi kekerasan (*Hardness conversion tables for metals*).
6. Lakukan pemanasan dengan furnaces sampai suhu yang telah ditentukan (waktu pemanasan dicatat) .
7. Keluarkan specimen yang telah dipanaskan dengan penjepit dan lakukan pendinginan dengan media pendingin sampai dingin dan dapat dipegang (waktu yang digunakan untuk pendinginan dicatat).
8. Selanjutnya permukaan specimen yang belum diuji kekerasannya dibersihkan dengan kertas pasir.
9. Permukaan specimen yang belum diuji tersebut kemudian kekerasannya dengan *Hardness Tester* dengan tiga kali pengujian pada titik yang berbeda seperti langkah 4.
10. Lakukan langkah nomor 5 dan 6.
11. Akan diperoleh kekerasan yang berbeda pada setiap permukaan setelah dilakukan heat treatment.
12. Ketika mengangkat specimen dari mesin pemanas, specimen harus benar-benar dijepit.
13. Jangan memegang specimen dalam keadaan panas dengan tangan kosong.
14. Ketentuan-ketentuan lain dapat diberikan oleh asisten mengenai hal-hal yang belum dijelaskan di atas.

## **FORMAT LAPORAN**

### **KATA PENGANTAR**

### **DAFTAR ISI**

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

- a. Deskripsi singkat tentang heattreatment.
- b. Jelaskan dengan singkat pengujian apa yang dilakukan dan untuk bahan apa.
- c. Jelaskan pemanasan dan pendinginan yang dilakukan pada pengujian tersebut.
- d. Hasil yang diperoleh dalam 2 – 3 kalimat.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

- a. Gambarkan diagram besi karbon yang lengkap dan gambarkan daerah pemanasan untuk tiap macam heattreatment serta jelaskan.
- b. Mengapa daerah austenite perlu untuk pengerasan baja.

- c. Apa yang dimaksud dengan martensite dan mengapa baja menjadi bertambah keras dengan adanya transformasi martensite.
- d. Gambarkan diagram TTT untuk baja hypo dan baja eutectoid serta jelaskan cara penggunaannya.
- e. Mengapa baja karbon rendah sukar untuk dikeraskan.
- f. Jelaskan macam - macam media pendinginan dan bandingkan.

### **BAB 3 METODE PERCOBAAN**

3.1. Alat dan Bahan

3.2. Prosedur Percobaan

### **BAB 4 HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA**

- a. Lampirkan data sheet dari percobaan.
- b. Grafik kekerasan specimen sebelum dan setelah dipanaskan (diameter indentation vs BHN).
- c. Jelaskan hasil percobaan dengan menggunakan grafik yang telah dibuat.

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

### **DAFTAR PUSTAKA**

## **PERCOBAAN 2**

### **METALLOGRAPHY**

#### **2.1. Tujuan Percobaan**

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk melihat secara langsung bentuk dari mikrostruktur permukaan logam akibat perlakuan panas maupun tanpa perlakuan panas.

#### **2.2. Kajian Pustaka**

Metallography test adalah cara untuk mencari hubungan antara mikrostruktur permukaan logam dengan sifat – sifat fisis dan mekanis dari suatu logam. Perubahan mikrostruktur akan mempengaruhi dan menyebabkan terjadinya perubahan sifat fisis dan mekanis[5].

Proses pendinginan setelah proses heattreatment sangat mempengaruhi bentuk mikrostruktur dari logam. Karena pendinginan yang cepat akan menghasilkan fasa yang sangat berbeda jika dibandingkan dengan proses pendinginan yang lambat.

Sebelum diteliti di bawah mikroskop, maka specimen akan melewati tahapan – tahapan agar permukaan specimen menjadi halus.

##### **1. Pemotongan**

Pemotongan *specimen* cukup dalam dimensi yang tidak terlalu besar (<10 x 10 x 10mm) dan tidak boleh terjadi panas berlebihan dalam proses pemotongan untuk menghindari rusaknya stuktur *specimen* tersebut akibat panas.

##### **2. Penyalutan (mounting)**

Karena benda kerja yang kecil sukar untuk dipegang pada proses penggerindaan dan pemolesan, maka perlu disalut lebih dahulu. Sebagai penyalut digunakan bahan *thermoplastik*, seperti *resin*. Bahan penyalut ini mencair pada temperature 150°C.

##### **3. Meratakan permukaan dari korosi[6]**

Permukaan spesimen yang akan diuji diratakan terlebih dahulu. Pengerjaannya dapat dilakukan dengan kikir atau kertas pasir. Proses ini menggunakan kertas amplas yang kasar sampai halus. Tingkat kehalusan kertas amplas ini ditentukan oleh ukuran serbuk *silicon carbida* yang menempel pada kertas tersebut. Misalnya ada amplas yang memiliki tingkat kehalusan hingga 220, angka 220 menunjukkan bahwa serbuk *silicon carbida* pada kertas amplas itu bisa lolos dari ayakan hingga mencapai 220 lubang pada luas 1 inchi<sup>2</sup> (sekitar 625 mm<sup>2</sup>). Untuk langkah pertama penggosokkan menggunakan amplas no. 400 dalam satu arah pada permukaan *specimen* yang akan diteliti keadaan strukturnya. Setelah

itu menggosok kasar lanjutan permukaan *specimen* tersebut dengan kertas amplas no. 600 dengan arah lurus arah penggosokkan pertama (arah kedua), dilanjutkan penggosokkan halus permukaan tersebut dengan amplas no. 800 dengan arah sama dengan arah pertama. Penggosokkan halus permukaan dengan amplas no. 1000 dan dilanjutkan no. 1200 dengan arah sama dengan arah penggosokkan kasar lanjut.

#### 4. Polishing

Polishing bertujuan untuk menghilangkan goresan akibat proses perataan permukaan. Proses polishing menggunakan piringa *Metallographic polishing table*, yaitu sebuah mesin poles yang digunakan untuk lebih memperhalus permukaan yang telah mengalami penggosokkan halus dengan berbagai macam no. amplas. Mesin ini mempunyai sebuah piringan yang mana di atasnya terdapat semacam kain beludru. Cara pemolesannya, benda uji diletakkan di atas piringan yang berputar, kain poles diberi sedikit pasta oles. Pasta oles yang biasa digunakan adalah alumina ( $Al_2O_3$ ). Dalam istilah perdagangan diberi nama *autosol* atau *gama alumina*. Bila garis-garis bekas amplasan masih terlihat, pemolesan diteruskan agar betul-betul diperoleh permukaan yang halus tanpa cacat. Dan bila tampak sudah rata, *specimen* dibersihkan dan dilanjutkan dengan pengetsaan.

#### 5. Mengetsa ( Etching )

Hasil pemolesan yang terakhir akan menghasilkan suatu laspisan yang menutupi permukaan struktur logam. Agar struktur mikro dapat terlihat dengan jelas dibawah mikroskop, lapisan tersebut harus dilarutkan (dihilangkan) dengan cara mengetsa. Dalam proses etsa diperlukan bejana dan *etching reagents*. Bejana diperlukan untuk tempat *etching reagents (echant)* yang akan digunakan bagi pekerjaan "etsa" permukaan *specimen* yang telah mengalami *polishing*.

Mengetsa dalam kamus dapat diartikan sebagai proses pembuatan gambar atau ukiran pada pelat tembaga yang dilapisi lilin dengan benda tajam, kemudian membiarkan garis-garis yang diperoleh itu terkena korosi cairan asam. Hasil pemrosesan ini ialah etsa, yaitu untuk pemeriksaan *makro* dan *mikro* yang biasa dipakai dalam *metalografi*.

Bahan larutan yang digunakan untuk etsa *makro* adalah :

- a. *Hydrochoric*, komposisinya 50% asam *hydrochloric* dalam air dengan suhu antara 70°-80°C dan waktu yang dibutuhkan 1 jam. Pemakaiannya untuk bahan baja dan besi.
- b. *Sulphuric*, komposisinya 20% asam *sulphuric* dalam air dengan suhu 80°C dan waktu yang diperlukan antara 10 hingga 20 detik. Pemakaiannya untuk bahan besi dan baja.

- c. *Nitric*, komposisinya 20% asam *nitric* dalam air, hanya saja *nitric* boleh dingin jika cocok. Pemakaiannya untuk bahan besi dan baja.
- d. *Alcoholic feric chloride*, komposisinya 96 cm<sup>3</sup> *ethyl alcohol*, 59 gram *feric chloride*, dan 2 cm<sup>3</sup> asam *hydrochloric*.
- e. Bahan etsa, komposisinya *copper ammonium chloride* 9 gram dan air 91 ml, *specimen* untuk baja. Waktu etsa lebih lama daripada etsa *mikro* struktur.
- f. Untuk mengetsa baja agar didapat hasil etsa yang dalam dan tebal lapisannya digunakan bahan etsa yang baik, yaitu *hydrochloric acid* (HCl) 140 ml, *sulphuric acid* (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 3 ml, dan air 50 ml dengan waktu etsa antara 15 hingga 20 menit.
- g. *Specimen* alumunium atau campuran alumunium bahan etsa adalah *hydroflorideacid* (HF) 10 ml, *nitrid acid* (HNO<sub>3</sub>) 1 ml, dan air 200 ml, waktu pengetsannya sangat singkat dan karena itu, jika terjadi lapisan hitam yang tebal dapat dihilangkan dengan cara merendam pada asam nitrat (HNO<sub>3</sub>). Waktu pengetsaan ini lebih lama daripada etsa untuk *mikro* struktur.

Setelah melakukan pengetsaan, dapat dilihat bagian mana yang bengkok atau mengambang dari serat (alur) benda kerja tersebut. *Macro test* ini biasanya dilakukan pada benda yang pembuatannya ditempa, dituang dan hasil pengerolan.

Bahan larutan yang digunakan untuk etsa *mikro* adalah:

- a. Asam *nitrat*, komposisinya asam nitrat 2 ml dan alkohol 95% atau 98 ml. Pemakaiannya untuk bahan karbon, baja paduan rendah, dan baja paduan sedang. Waktu yang diperlukan beberapa detik sampai menit.
- b. Asam *pikrat*, komposisinya *pikrat* 4 gram, alkohol 95% atau 98 ml. Pemakaiannya untuk baja karbon dalam keadaan normal, dilunakan, dikeraskan (*hardening*) dan ditemper (*tempering*). Waktu pengetsannya sampai beberapa detik sampai 1 menit.
- c. NH<sub>4</sub>OH dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, komposisinya NH<sub>4</sub>OH sebagai dasar dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> beberapa tetes. Pemakaiannya untuk bahan tembaga dan paduannya. Waktu pengetsannya sampai sampai bahan uji berwarna biru.
- d. Bahan etsa adalah *natal* 2%, yaitu 2 ml asam *nitrat* (HNO<sub>3</sub>) dan 98 ml *methyl* alkohol dalam waktu 10-30 detik.

- e. Bahan etsa menggunakan asam yang terdiri dari 10% *ammonium ferisulfat*, 25% *ammonium acrocide*  $\text{NH}_4(\text{OH})$ , dan 65% larutan asam *chrom* dalam waktu 10-30 detik. Pemakaiannya untuk tembaga dan campurannya.

### **Cara menetsa:**

Setelah bahan uji melalui beberapa tahapan, maka benda uji dapat langsung dietsa, caranya tempatkan asam yang akan digunakan untuk menetsa pada sebuah cawan, kemudian celupkan permukaan benda uji pada asam tersebut dengan waktu yang telah ditetapkan, lalu cuci dengan air hangat (alkohol) untuk menghentikan reaksi. Lalu keringkan dengan udara (kompresor).

### **Pengaruh etsa:**

Etsa larutan kimia sangat mempengaruhi bentuk permukaan benda uji. Dengan kata lain, baik tidaknya hasil penetsaan sedikit banyak dipengaruhi oleh larutan kimia untuk penetsaan. Setelah bahan uji dietsa, diatas seluruh permukaan benda uji akan tampak garis-garis yang tidak teratur. Garis-garis yang tampak itu menunjukkan adanya batas antar butir kristal logam tersebut. Untuk memperjelas bentuk dan corak butir-butir kristal yang berbeda jenisnya itu, bisa diamati dengan menggunakan mikroskop. Dengan mikroskop ini kita bisa menunjukkan adanya perbedaan beberapa elemen yang terkandung dalam bahan uji tersebut meskipun begitu, tidak semua proses penetsaan menghasilkan hasil etsaan yang memuaskan. Dengan kata lain, dalam satu proses penetsaan terkadang kita tidak berhasil menetsa benda yang kita uji.

Terjadinya kegagalan ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor, seperti:

- a. Benda kerja kotor karena terlalu lunak atau ada minyak.
- b. Pada waktu mencuci, benda kerja tidak bersih.
- c. Kurangnya waktu penetsaan
- d. Terlalu lama waktu yang digunakan dalam penetsaan.
- e. Salah memilih dan menggunakan cairan etsa (*etcing reagent*).

### **6. Mikroskop[5]**

Pada dasarnya, mikroskop terdiri dari dua buah lensa *positif*. Lensa yang menerima sinar langsung dari bendanya atau lensa dekat dengan benda yang akan dilihat disebut lensa *objective*, sedangkan lensa yang dipasang dekat dengan mata disebut lensa *okuler*. Pembesaran total oleh mikroskop ini didefinisikan sebagai perbandingan antara tangen "sudut buka bayangan akhir" dan sudut "buka tanpa menggunakan alat" pembesaran sebuah mikroskop biasanya berkisar 50, 100, 200, 400, dan 1000 kali dari besar benda uji.

Perhitungan pembesaran struktur *mikro* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus dasar:

### **LOK x LOB x FK x Ukuran Foto**

Keterangan :

LOK = Lensa *okuler* (nilai 2,5)

LKB = Lensa *objective*/Lensa yang dipakai mikroskop

FK = Faktor kamera (nilai 1)

Ukuran foto 3R nilai 4

#### **Contoh:**

a. LOB = 10

maka perbesarannya :

$$\begin{aligned}\text{Perbesaran} &= \text{LOK} \times \text{LOB} \times \text{FK} \times \text{Ukuran Foto} \\ &= 2,5 \times 10 \times 1 \times 4 \\ &= 100 \text{ kali}\end{aligned}$$

b. LOB = 40

maka perbesarannya :

$$\begin{aligned}\text{Perbesaran} &= \text{LOK} \times \text{LOB} \times \text{FK} \times \text{Ukuran Foto} \\ &= 2,5 \times 40 \times 1 \times 4 \\ &= 400 \text{ kali}\end{aligned}$$

## **7. Pengambilan Gambar**

*Camera* digunakan untuk memotret gambar struktur yang sedang terlihat dibawah mikroskop, sehingga *camera* ini harus dapat dipasang pada mikroskop untuk dapat melakukan pemotretan *mikro* struktur dengan mudah dan cepat.



Gambar 2.1. Metallographic polishing table



Gambar 2.2. Metallography Microscope[7]

### 2.3. Peralatan dan Material

Sebelum kita melakukan percobaan terlebih dahulu siapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan, antara lain sebagai berikut :

1. Spesimen Uji
2. Kertas Pasir nomor 400, 600, 800, dan 1000
3. *Metallographic polishing table*
4. Kain poles (kain beludru)
5. Serbuk Aluminium Okside ( $Al_2O_3$ ) atau Autosol
6. Asam Nitrat ( $HNO_3$ )
7. Alkohol
8. Kapas
9. Mikroskop
10. Camera

## **2.4. Prosedur Percobaan**

Agar percobaan ini dapat berjalan dan memperoleh hasil sesuai dengan yang kita inginkan, maka ada baiknya kita mengikuti prosedur percobaan di bawah ini :

1. Siapkan specimen yang akan dilakukan pengujian.
2. Permukaan specimen tersebut diampelas pada mesin polisher dengan kertas pasir nomor 400 selama 10 menit, 600 selama 10 menit, 800 selama 15 menit, dan 1000 selama 15 menit.
3. Spesimen yang telah diampelas kemudian dipolish dengan mesin polisher dengan menaburkan serbuk Aluminium Okside ( $Al_2O_3$ ) selama 10 menit dan permukaan specimen tidak boleh kena kotoran lagi.
4. Lalu permukaan specimen dicelupkan dalam cairan Asam Nitrat selama 10 detik kemudian disiram alcohol untuk menghilangkan sisa – sisa kotoran.
5. Permukaan yang telah diampelas tersebut dapat dilihat struktur fasanya dengan mikroskop dengan skala pembesaran tertentu.
6. Apabila mikrostrukturnya sudah jelas maka dapat dilakukan pemotretan untuk mendapatkan fotonya.
7. Ketentuan-ketentuan lain dapat diberikan oleh asisten mengenai hal-hal yang belum dijelaskan di atas.

## **FORMAT LAPORAN**

### **KATA PENGANTAR**

### **DAFTAR ISI**

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

- a. Deskripsi singkat tentang metallografi dan tujuan percobaan.
- b. Secara singkat percobaan yang dilakukan dan untuk bahan apa.
- c. Hasil percobaan dalam 2 – 3 kalimat.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

- a. Analisa dalam metallografi test.
- b. Jelaskan media polishing yang sering digunakan.
- c. Jelaskan proses mengetsa dan bahan yang dipakai.
- d. Struktur mikro dan sifat – sifatnya.

### **BAB 3 METODE PERCOBAAN**

3.1. Alat dan Bahan

3.2. Prosedur Percobaan

### **BAB 4 HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA**

a. Lampirkan data sheet dari hasil percobaan.

b. Jelaskan hasil percobaan yang diperoleh, apakah sesuai dengan teori.

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

### **DAFTAR PUSTAKA**

## **PERCOBAAN 3**

### **HARDNESS TEST[3]**

#### **3.1. Tujuan Percobaan**

Mahasiswa mampu menguasai beberapa metode pengujian yang umum dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan logam dan daya tahan permukaan logam terhadap perubahan bentuk plastisnya..

#### **3.2. Kajian Pustaka**

Makna nilai kekerasan suatu material berbeda untuk kelompok bidang ilmu yang berbeda. Bagi insinyur metalurgi nilai kekerasan adalah ketahanan material terhadap penetrasi sementara untuk para insinyur disain nilai tersebut adalah ukuran dari tegangan alir, untuk insinyur lubrikasi kekerasan berarti ketahanan terhadap mekanisme keausan, untuk para insinyur mineralogi nilai itu adalah ketahanan terhadap goresan, dan untuk para mekanik workshop lebih bermakna kepada ketahanan material terhadap pemotongan dari alat potong. Begitu banyak konsep kekerasan material yang dipahami oleh kelompok ilmu, walaupun demikian konsep-konsep tersebut dapat dihubungkan pada satu mekanisme yaitu tegangan alir plastis dari material yang diuji.

Dari uraian singkat di atas maka kekerasan suatu material dapat didefinisikan sebagai ketahanan material tersebut terhadap gaya penekanan dari material lain yang lebih keras. Penekanan tersebut dapat berupa mekanisme penggoresan (*scratching*), pantulan ataupun indentasi dari material keras terhadap suatu permukaan benda uji. Berdasarkan mekanisme penekanan tersebut, dikenal 3 metode uji kekerasan:

##### **1. Metode Gores**

Metode ini tidak banyak lagi digunakan dalam dunia metalurgi dan material lanjut, tetapi masih sering dipakai dalam dunia mineralogi. Metode ini dikenalkan oleh Friedrich Mohs yang membagi kekerasan material di dunia ini berdasarkan skala (yang kemudian dikenal sebagai skala Mohs). Skala ini bervariasi dari nilai 1 untuk kekerasan yang paling rendah, sebagaimana dimiliki oleh material talk, hingga skala 10 sebagai nilai kekerasan tertinggi, sebagaimana dimiliki oleh intan. Dalam skala Mohs urutan nilai kekerasan material di dunia ini diwakili oleh:

1. Talc
2. Gypsum
3. Calcite
4. Fluorite
5. Apatite
6. Orthoclase
7. Quartz
8. Topaz
9. Corundum
10. Diamond (intan)

### **Prinsip pengujian:**

Bila suatu mineral mampu digores oleh Orthoclase (no. 6) tetapi tidak mampudigores oleh Apatite (no. 5), maka kekerasan mineral tersebut berada antara 5 dan 6. Berdasarkan hal ini, jelas terlihat bahwa metode ini memiliki kekurangan utama berupa ketidak akuratan nilai kekerasan suatu material. Bila kekerasan mineral-mineral diuji dengan metode lain, ditemukan bahwa nilai-nilainya berkisar antara 1-9 saja, sedangkan nilai 9-10 memiliki rentang yang besar.

### **2. Metode Elastik/Pantul (rebound)**

Dengan metode ini, kekerasan suatu material ditentukan oleh alat *Scleroscope* yang mengukur tinggi pantulan suatu pemukul (*hammer*) dengan berat tertentu yang dijatuhkan dari suatu ketinggian terhadap permukaan benda uji. Tinggi pantulan (*rebound*) yang dihasilkan mewakili kekerasan benda uji. Semakin tinggi pantulan tersebut, yang ditunjukkan oleh dial pada alat pengukur, maka kekerasan benda uji dinilai semakin tinggi.

### **3. Metode Indentasi**

Pengujian dengan metode ini dilakukan dengan penekanan benda uji dengan indenter dengan gaya tekan dan waktu indentasi yang ditentukan. Kekerasan suatu material ditentukan oleh dalam ataupun luas area indentasi yang dihasilkan (tergantung jenis indenter dan jenis pengujian). Berdasarkan prinsip bekerjanya metode uji kekerasan dengan cara indentasi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

#### **a. Metode Brinell**

Metode ini diperkenalkan pertama kali oleh J.A. Brinell pada tahun 1900. Pengujian kekerasan dilakukan dengan memakai bola baja yang diperkeras (*hardened steel ball*) dengan beban dan waktu indentasi tertentu, sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 3.1. Hasil penekanan adalah jejak berbentuk lingkaran bulat, yang harus dihitung diameternya di bawah

mikroskop khusus pengukur jejak. Contoh pengukuran hasil penjejakan diberikan oleh Gambar 3.2. Pengukuran nilai kekerasan suatu material diberikan oleh rumus:

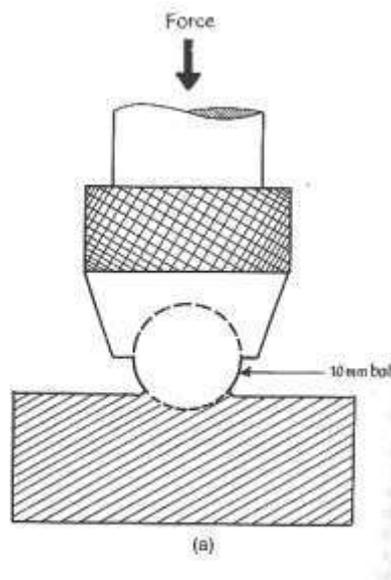
$$BHN = \frac{2P}{(\pi D)(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Dimana :

$P$  = beban (kg)

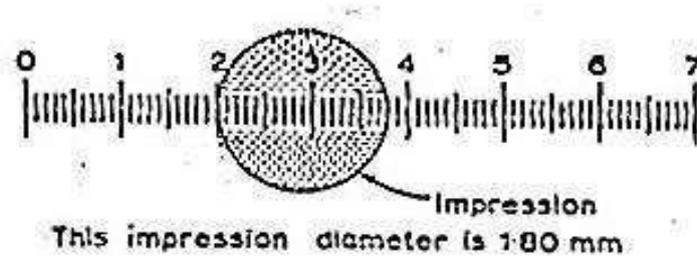
$D$  = diameter indenter (mm)

$d$  = diameter jejak (mm).



Gambar 3.1. Skematis prinsip indentasi dengan metode Brinell

Prosedur standar pengujian mensyaratkan bola baja dengan diameter 10 mm dan beban 3000 kg untuk pengujian logam-logam ferrous, atau 500 kg untuk logam-logam non-ferrous. Untuk logam-logam ferrous, waktu indentasi biasanya sekitar 10 detik sementara untuk logam-logam non-ferrous sekitar 30 detik. Walaupun demikian pengaturan beban dan waktu indentasi untuk setiap material dapat pula ditentukan oleh karakteristik alat penguji. Nilai kekerasan suatu material yang dinotasikan dengan 'HB' tanpa tambahan angka di belakangnya menyatakan kondisi pengujian standar dengan indenter bola baja 10 mm, beban 3000 kg selama waktu 1—15 detik. Untuk kondisi yang lain, nilai kekerasan HB diikuti angka-angka yang menyatakan kondisi pengujian. Contoh: 75 HB 10/500/30 menyatakan nilai kekerasan Brinell sebesar 75 dihasilkan oleh suatu pengujian dengan indenter 10 mm, pembebanan 500 kg selama 30 detik.



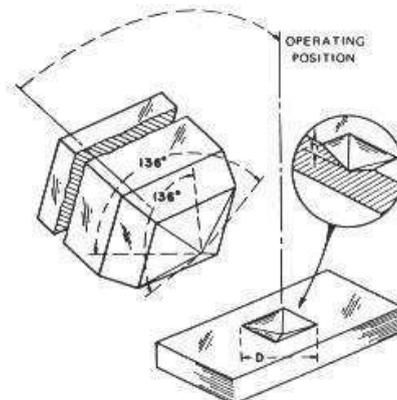
Gambar 3.2. Hasil indentasi Brinell berupa jejak berbentuk lingkaran dengan ukuran diameter dalam skala mm.

### b. Metode Vickers

Pada metode ini digunakan indenter intan berbentuk piramida dengan sudut  $136^\circ$ , seperti diperlihatkan oleh Gambar 3.3. Prinsip pengujian adalah sama dengan metode Brinell, walaupun jejak yang dihasilkan berbentuk bujur sangkar berdiagonal. Panjang diagonal diukur dengan skala pada mikroskop pengukur jejak. Nilai kekerasan suatu material diberikan oleh:

$$VHN = \frac{1854 P}{d^2}$$

dimana  $d$  adalah panjang diagonal rata-rata dari jejak berbentuk bujur sangkar.



Gambar 3.3. Skematis prinsip indentasi dengan metode Vickers

### c. Metode Rockwell

Berbeda dengan metode Brinell dan Vickers dimana kekerasan suatu bahan dinilai dari diameter/diagonal jejak yang dihasilkan maka metode Rockwell merupakan uji kekerasan dengan pembacaan langsung (*direct-reading*). Metode ini banyak dipakai dalam industry karena pertimbangan praktis. Variasi dalam beban dan indetor yang digunakan membuat metode ini memiliki banyak macamnya. Metode yang paling umum dipakai adalah Rockwell B (dengan indetor bola baja berdiameter 1/6 inci dan beban 100 kg) dan Rockwell C (dengan indetor intan dengan beban 150 kg). Walaupun demikian metode Rockwell

lainnya juga biasa dipakai. Oleh karenanya skala kekerasan Rockwell suatu material harus dispesifikasikan dengan jelas. Contohnya 82 HRB, yang menyatakan material diukur dengan skala B: indentor 1/6 inci dan beban 100 kg. Berikut ini diberikan Tabel 3.1 yang memperlihatkan perbedaan skala dan range uji dalam skala Rockwell:

Tabel 3.1. Skala pada Metode Uji Kekerasan Rockwell

**TABLE 1-5 The Rockwell Hardness Scales\***

SCALE	MAJOR LOAD, KG	TYPE OF INDENTER	TYPICAL MATERIALS TESTED
A	60	Diamond cone	Extremely hard materials, tungsten carbides, etc.
B	100	1/16" ball	Medium hard materials, low- and medium-carbon steels, brass, bronze, etc.
C	150	Diamond cone	Hardened steels, hardened and tempered alloys
D	100	Diamond cone	Case-hardened steel
E	100	1/8" ball	Cast iron, aluminum and magnesium alloys
F	60	1/16" ball	Annealed brass and copper
G	150	1/16" ball	Beryllium copper, phosphor bronze, etc.
H	60	1/8" ball	Aluminum sheet
K	150	1/8" ball	Cast iron, aluminum alloys
L	60	1/4" ball	Plastics and soft metals such as lead
M	100	1/4" ball	Same as L scale
P	150	1/4" ball	Same as L scale
R	60	1/2" ball	Same as L scale
S	100	1/2" ball	Same as L scale
V	150	1/2" ball	Same as L scale

\* Ametek Testing Equipment Systems, East Moline, Ill.



Gambar 3.4. Hardness Testers

### 3.3. Peralatan dan Material[8]

Sebelum kita melakukan percobaan terlebih dahulu siapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan, antara lain sebagai berikut :

1. Kertas Pasir
2. Jangka Sorong
3. *Hardness Tester*
4. *Electric Muffle Furnaces*
5. Penjepit
6. Spesimen Uji
7. Media pendingin: Minyak Solar.

### 3.4. Prosedur Percobaan

Agar percobaan ini dapat berjalan dan memperoleh hasil sesuai dengan yang kita inginkan, maka ada baiknya kita mengikuti prosedur percobaan di bawah ini :

1. Siapkan semua peralatan dan bahan yang digunakan.
2. Permukaan spesimen dihaluskan dengan kertas pasir untuk menghilangkan kotoran-kotoran dan korosi.
3. Dimensi specimen diukur dengan jangka sorong.
4. Spesimen diberi tanda 3 titik pada permukaan yang sudah dibersihkan dengan spidol/pulpen.
5. Spesimen diletakkan pada landasan specimen yang ada pada *Hardness Tester*.

6. Tentukan tingkat kekerasan salah satu permukaan specimen sebelum dilakukan heat treatment dengan *Hardness Tester* sebanyak tiga kali pengujian pada titik yang berlainan pada satu permukaan (beban 1471 N atau 187,5 kg selama 15 detik).
7. Tentukan kedalaman minimum (*minimum thickness*) indentasi/jejak bola baja menggunakan tabel konversi kekerasan (*Hardness conversion tables for metals*). Kemudian diberi beban dengan menggunakan handel hingga 1500 kg dan tahan selama 15 detik.]
8. Lakukan pemanasan dengan furnaces sampai suhu yang telah ditentukan (waktu pemanasan dicatat).
9. Keluarkan specimen yang telah dipanaskan dengan penjepit dan lakukan pendinginan dengan media pendingin sampai dingin dan dapat dipegang (waktu yang digunakan untuk pendinginan dicatat).
10. Selanjutnya permukaan specimen yang belum diuji kekerasannya dibersihkan dengan kertas pasir.
11. Permukaan specimen yang belum diuji tersebut kemudian kekerasannya dengan *Hardness Tester* dengan tiga kali pengujian pada titik yang berbeda seperti langkah 4.
12. Lakukan langkah nomor 5 dan 6.
13. Akan diperoleh kekerasan yang berbeda pada setiap permukaan setelah dilakukan heat treatment.
14. Ketentuan-ketentuan lain dapat diberikan oleh asisten mengenai hal-hal yang belum dijelaskan di atas.

## **FORMAT LAPORAN**

### **KATA PENGANTAR**

### **DAFTAR ISI**

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

- a. Deskripsi singkat tentang hardness.
- b. Pengujian apa yang dilakukan, untuk bahan apa, dan metode atau cara pengujian.
- c. Hasil yang diperoleh dalam 2 – 3 kalimat.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

- a. Teori mengenai percobaan hardness.

- b. Jelaskan cara menentukan kekerasan pada logam.
- c. Jelaskan metode Brinell, Rockwell, dan Vicker.
- d. Faktor yang mempengaruhi kekerasan benda kerja.
- e. Contoh aplikasi kekerasan dalam teknik.

### **BAB 3 METODE PERCOBAAN**

- 3.1. Alat dan Bahan
- 3.2. Prosedur Percobaan

### **BAB 4 HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA**

- a. Lampirkan data sheet dari percobaan.
- b. Grafik kekerasan (diameter indentasi vs BHN).
- c. Hitung hasil percobaan dengan menggunakan rumus empiris.

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

### **DAFTAR PUSTAKA**

## PERCOBAAN 4

### IMPACT TEST[9]

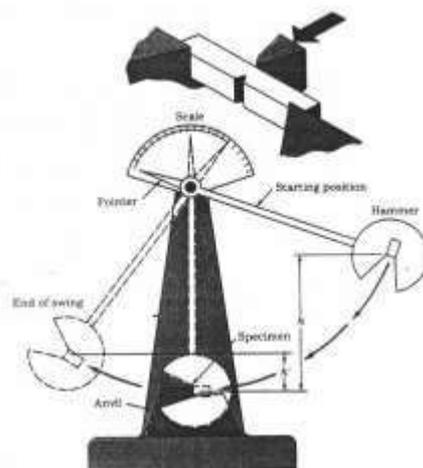
#### 1.1. Tujuan Percobaan

- Untuk menentukan kekuatan Spesimen dan sifat-sifat bahan terhadap pembebanan tiba – tiba/gaya kejut.
- Mahasiswa diharapkan mampu menganalisis hasil uji impak beberapa jenis logam sebagai fungsi temperatur dan karakteristik perpatahan yang dihasilkan.

#### 1.2. Kajian Pustaka

Pengujian impak merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Inilah yang membedakan pengujian impak dengan pengujian tarik dan kekerasan dimana pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan. Pengujian impak merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba, contoh deformasi pada bumper mobil pada saat terjadinya tumbukan kecelakaan.

Dasar pengujian impak ini adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi. Gambar 1.1 di bawah ini memberikan ilustrasi suatu pengujian impak dengan metode Charpy:



Gambar 4.1. Ilustrasi skematis pengujian impak dengan benda uji Charpy[10]

Pada pengujian impak ini banyaknya energi yang diserap oleh bahan untuk terjadinya perpatahan merupakan ukuran *ketahanan impak* atau *ketangguhan* bahan tersebut.

Pada Gambar 1.1 di atas dapat dilihat bahwa setelah benda uji patah akibat deformasi, bandul pendulum melanjutkan ayunannya hingga posisi  $h'$ . Bila bahan tersebut tangguh yaitu makin mampu menyerap energi lebih besar maka makin rendah posisi  $h'$ . Suatu material dikatakan tangguh bila memiliki kemampuan menyerap beban kejut yang besar tanpa terjadinya retak atau terdeformasi dengan mudah.

Pada pengujian impact, energi yang diserap oleh benda uji biasanya dinyatakan dalam satuan Joule dan dibaca langsung pada skala (*dial*) penunjuk yang telah dikalibrasi yang terdapat pada mesin penguji. Harga impact (**HI**) suatu bahan yang diuji dengan metode Charpy diberikan oleh :

$$HI = \frac{E}{A}$$

dimana :

$E$  = adalah energi yang diserap [J]

=  $W \times g$

=  $G \lambda (\cos \beta - \cos \alpha) \times g$

$W$  = usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji [kg.m]

$G$  = berat pendulum [kg]

$\lambda$  = panjang lengan pengayun [m]

$\alpha$  = sudut posisi awal pendulum

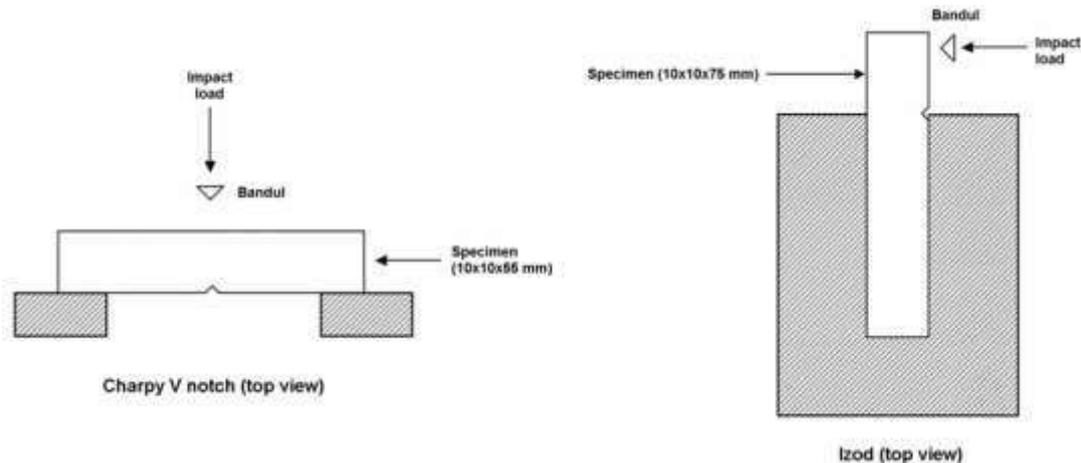
$\beta$  = sudut posisi akhir pendulum

= gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

$A$  = luas penampang di bawah takik [ $\text{m}^2$ ]

Secara umum benda uji impact dikelompokkan ke dalam dua golongan sampel standar yaitu batang uji **Charpy** sebagaimana telah ditunjukkan pada Gambar 1.1, banyak digunakan di Amerika Serikat dan batang uji **Izod** yang lazim digunakan di Inggris dan Eropa. Benda uji Charpy memiliki luas penampang lintang bujur sangkar ( $10 \times 10 \text{ mm}$ ) dan memiliki takik (*notch*) berbentuk V dengan sudut  $45^\circ$ , dengan jari-jari dasar  $0,25 \text{ mm}$  dan kedalaman  $2 \text{ mm}$ . Benda uji diletakkan pada tumpuan dalam posisi mendatar dan bagian yang bertakik diberi beban impact dari ayunan bandul, sebagaimana telah ditunjukkan oleh Gambar 4.1. Benda uji Izod mempunyai penampang lintang bujur sangkar atau lingkaran dengan takik V di dekat

ujung yang dijepit. Perbedaan cara pembebanan antara metode Charpy dan Izod ditunjukkan oleh Gambar 1.2 di bawah ini:



Gambar 4.2. Ilustrasi skematik pembebanan impact pada benda uji Charpy dan Izod

Serangkaian uji Charpy pada satu material umumnya dilakukan pada berbagai temperature sebagai upaya untuk mengetahui temperatur transisi (akan diterangkan pada paragrafparagraf selanjutnya). Sementara uji impact dengan metode Izod umumnya dilakukan hanya pada temperatur ruang dan ditujukan untuk material-material yang didisain untuk berfungsi sebagai *cantilever*.

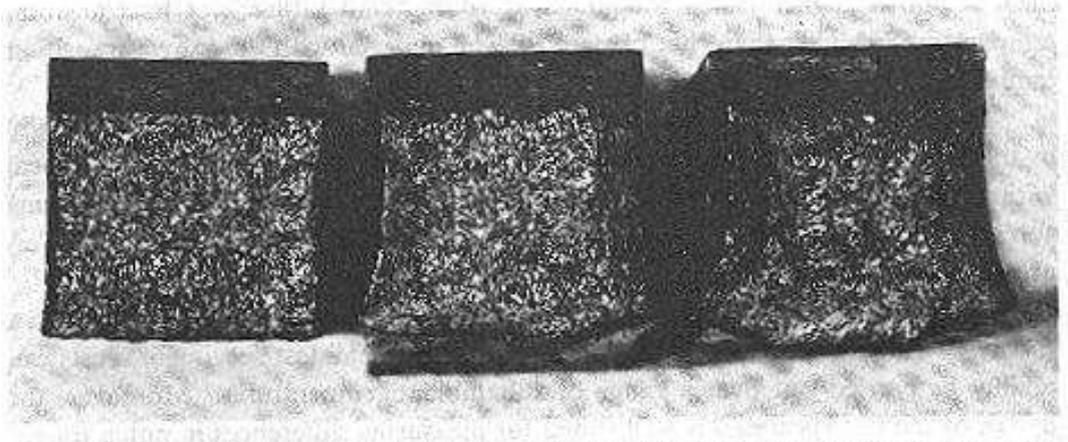
Takik (*notch*) dalam benda uji standar ditujukan sebagai suatu konsentrasi tegangan sehingga perpatahan diharapkan akan terjadi di bagian tersebut. Selain berbentuk V dengan sudut  $45^\circ$ , takik dapat pula dibuat dengan bentuk lubang kunci (*key hole*), lihat Gambar 1.5 di bagian akhir bab ini.

Pengukuran lain yang biasa dilakukan dalam pengujian impact Charpy adalah penelaahan permukaan perpatahan untuk menentukan jenis perpatahan (*fracografi*) yang terjadi. Secara umum sebagaimana analisis perpatahan pada benda hasil uji tarik maka perpatahan impact digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Perpatahan berserat (*fibrous fracture*), yang melibatkan mekanisme pergeseran bidangbidang kristal di dalam bahan (logam) yang ulet (*ductile*). Ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.
2. Perpatahan granular/kristalin, yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan (*cleavage*) pada butir-butir dari bahan (logam) yang rapuh (*brittle*). Ditandai dengan permukaan patahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi (mengkilat).

3. Perpatahan campuran (berserat dan granular). Merupakan kombinasi dua jenis perpatahan di atas.

Gambar 1.3 berikut ini memperlihatkan ilustrasi tampilan perpatahan benda uji hasil uji impak Charpy:



Gambar 4.3. Ilustrasi permukaan patahan (fractografi) benda uji impak Charpy

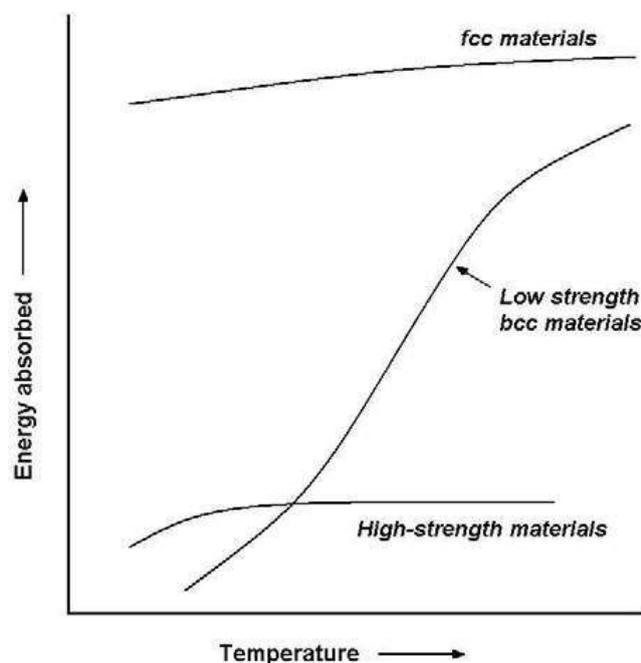
Selain dengan harga impak yang ditunjukkan oleh alat uji, pengukuran ketangguhan suatu bahan dapat dilakukan dengan memperkirakan berapa persen patahan berserat dan patahan kristalin yang dihasilkan oleh benda uji yang diuji pada temperatur tertentu. Semakin banyak persentase patahan berserat maka dapat dinilai semakin tangguh bahan tersebut. Cara ini dapat dilakukan dengan mengamati permukaan patahan benda uji di bawah mikroskop *stereoscan*.

Informasi lain yang dapat dihasilkan dari pengujian impak adalah temperatur transisi bahan. *Temperatur transisi* adalah temperatur yang menunjukkan transisi perubahan jenis perpatahan suatu bahan bila diuji pada temperatur yang berbeda-beda. Pada pengujian dengan temperatur yang berbeda-beda maka akan terlihat bahwa pada temperatur tinggi material akan bersifat ulet (*ductile*) sedangkan pada temperatur rendah material akan bersifat rapuh atau getas (*brittle*). Fenomena ini berkaitan dengan vibrasi atom-atom bahan pada temperatur yang berbeda dimana pada temperatur kamar vibrasi itu berada dalam kondisi kesetimbangan dan selanjutnya akan menjadi tinggi bila temperatur dinaikkan (ingatlah bahwa energi panas merupakan suatu driving force terhadap pergerakan partikel atom bahan). Vibrasi atom inilah yang berperan sebagai suatu penghalang (*obstacle*) terhadap pergerakan dislokasi pada saat terjadi deformasi kejut/impak dari luar.

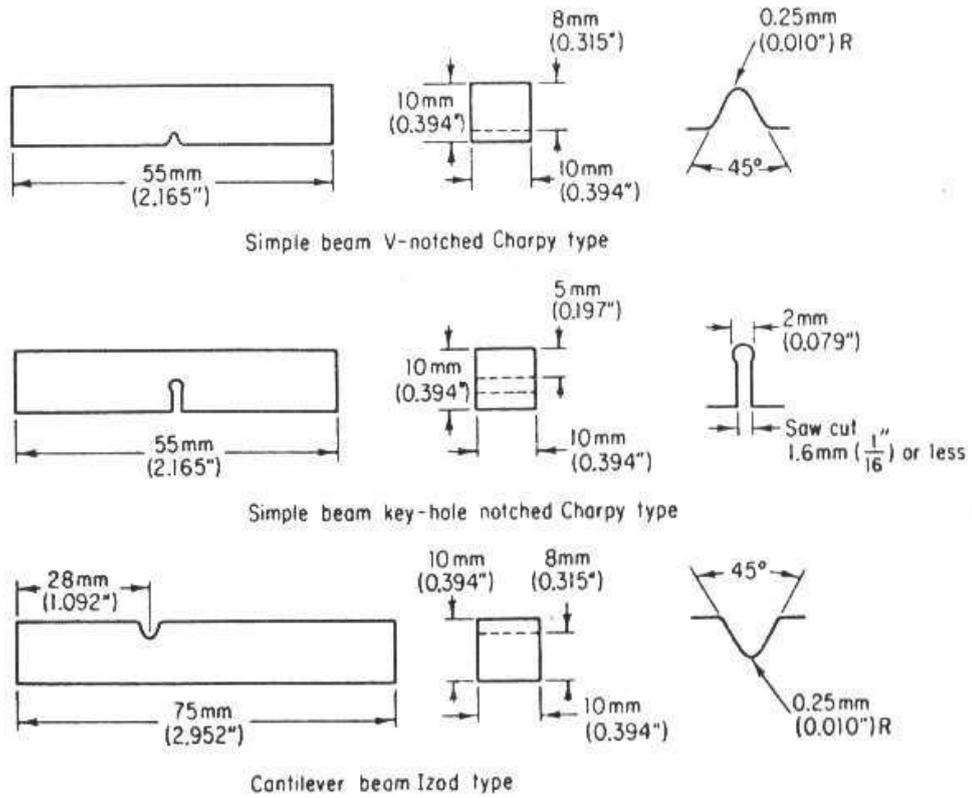
Dengan semakin tinggi vibrasi itu maka pergerakan dislokasi mejadi relatif sulit sehingga dibutuhkan energi yang lebih besar untuk mematahkan benda uji. Sebaliknya pada temperatur di bawah nol derajat Celcius, vibrasi atom relatif sedikit sehingga pada saat bahan dideformasi pergerakan dislokasi menjadi lebih mudah dan benda uji menjadi lebih mudah dipatahkan dengan energi yang relatif lebih rendah.

Informasi mengenai temperatur transisi menjadi demikian penting bila suatu material akan didisain untuk aplikasi yang melibatkan rentang temperatur yang besar, misalnya dari temperatur di bawah nol derajat Celcius hingga temperatur tinggi di atas 100 derajat Celcius, contoh sistem penukar panas (*heat exchanger*). Hampir semua logam berkekuatan rendah dengan struktur kristal FCC seperti tembaga dan aluminium bersifat ulet pada semua temperatur sementara bahan dengan kekuatan luluh yang tinggi bersifat rapuh. Bahan keramik, polimer dan logam-logam BCC dengan kekuatan luluh rendah dan sedang memiliki transisi rapuh-ulet bila temperatur dinaikkan.

Hampir semua baja karbon yang dipakai pada jembatan, kapal, jaringan pipa dan sebagainya bersifat rapuh pada temperatur rendah. Gambar 1.4 memberikan ilustrasi efek temperatur terhadap ketangguhan impak beberapa bahan, sedangkan Gambar 1.5 menyajikan bentuk benda uji impak berdasarkan ASTM E-23-56T.



Gambar 4.4. Efek temperatur terhadap ketangguhan impak beberapa material.



Gambar 4.5. Bentuk dan dimensi benda uji impact berdasarkan ASTM E23-56T



Gambar 4.6. Alat Uji Impact

### 1.3. Peralatan dan Material

Sebelum kita melakukan percobaan terlebih dahulu siapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan, antara lain sebagai berikut:

1. Impact testing machine (metode *Charpy*)
2. Caliper/micrometer
3. Mal ukur
4. Centre Setting
5. Sampel uji impak

### 1.4. Prosedur Percobaan

Agar percobaan ini dapat berjalan dan memperoleh hasil sesuai dengan yang kita inginkan, maka ada baiknya kita mengikuti prosedur percobaan di bawah ini :

1. Siapkan semua peralatan dan bahan yang digunakan.
2. Dengan menggunakan caliper/mikrometer lakukan pengukuran dimensi dari sampel uji. Catatlah hasil pengukuran anda di dalam lembar data. Spesimen memiliki takikan yang berada di tengah Spesimen tersebut dengan sudut takikan  $45^\circ$ , takikan berbentuk V dan kedalaman takikan 2 mm.
3. Letakkan benda uji pada tempatnya dengan takik membelakangi arah datangnya pendulum. Pastikan benda uji tepat berada di tengah dengan bantuan centre setting.
4. Bila benda uji telah siap, tariklah centre setting ke posisi semula. Jangan sekali-kali meninggalkan centre setting ini di belakang benda uji karena akan ikut mengalami tumbukan oleh pendulum.
5. Berhati-hatilah, jangan letakkan lengan pada garis ayunan gaya pendulum. Bersiaplah melakukan pengujian pada posisi di samping alat uji.
6. Lepaskan tombol pada tangkai pendulum sehingga pendulum berayun dan menumbuk benda uji.
7. Bacalah nilai sudut pemukulan akhir dan catat dalam lembar data anda.
8. Hitunglah harga impak material dengan rumus dasar.
9. Ambil benda uji dan amatilah permukaannya patahannya.
10. Buatlah sketsa patahannya di dalam lembar data anda.
11. Ulangi pengujian untuk sampel-sampel lain.
12. Ketentuan – ketentuan lain dapat diberikan oleh asisten mengenai hal – hal yang belum dijelaskan di atas.

## PERCOBAAN 5

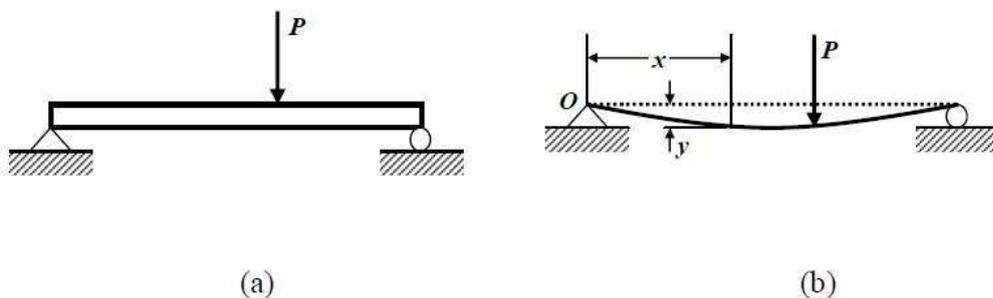
### DEFLECTION TEST[11]

#### 2.1. Tujuan Percobaan

- a. Mengetahui fenomena defleksi (lendutan) pada batang atau balok
- b. Membuktikan kebenaran rumus defleksi teoritis dengan hasil percobaan.

#### 2.2. Kajian Pustaka

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertical yang diberikan pada balok atau batang. Deformasi pada balok secara sangat mudah dapat dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. Gambar 1(a) memperlihatkan balok pada posisi awal sebelum terjadi deformasi dan Gambar 1(b) adalah balok dalam konfigurasi terdeformasi yang diasumsikan akibat aksi pembebanan.



Gambar 1. (a)Balok sebelum terjadi deformasi,(b)Balok dalam konfigurasi terdeformasi

Jarak perpindahan  $y$  didefinisikan sebagai defleksi balok. Dalam penerapan, kadang kita harus menentukan defleksi pada setiap nilai  $x$  disepanjang balok. Hubungan ini dapat ditulis dalam bentuk persamaan yang sering disebut persamaan defleksi kurva (atau kurva elastis) dari balok. Sistem struktur yang di letakkan horizontal dan yang terutama di peruntukkan memikul beban lateral,yaitu beban yang bekerja tegak lurus sumbu aksial batang (*Binsar Hariandja 1996*). Beban semacam ini khususnya muncul sebagai beban gravitasi,seperti misalnya bobot sendiri,beban hidup vertical, beban keran(*crane*) dan lain-lain. Contoh systembalok dapat di kemukakan antara lain,balok lantai gedung, gelagar jembatan, balok penyangga keran,dan sebagainya. Hal-hal yang mempengaruhi terjadinya defleksi yaitu:

#### 1. Kekakuan batang

Semakin kaku suatu batang maka lendutan batang yang akan terjadi pada batang akan semakin kecil

#### 2. Besarnya kecil gaya yang diberikan

Besar-kecilnya gaya yang diberikan pada batang berbanding lurus dengan besarnya defleksi yang terjadi. Dengan kata lain semakin besar beban yang dialami batang maka defleksi yang terjadi pun semakin kecil

#### 4. Jenis tumpuan yang diberikan

Jumlah reaksi dan arah pada tiap jenis tumpuan berbeda-beda. Jika karena itu besarnya defleksi pada penggunaan tumpuan yang berbeda-beda tidaklah sama. Semakin banyak reaksi dari tumpuan yang melawan gaya dari beban maka defleksi yang terjadi pada tumpuan rol lebih besar dari tumpuan pin (pasak) dan defleksi yang terjadi pada tumpuan pin lebih besar dari tumpuan jepit.

#### 5. Jenis beban yang terjadi pada batang

Beban terdistribusi merata dengan beban titik, keduanya memiliki kurva defleksi yang berbeda-beda. Pada beban terdistribusi merata slope yang terjadi pada bagian batang yang paling dekat lebih besar dari slope titik. Ini karena sepanjang batang mengalami beban sedangkan pada beban titik hanya terjadi pada beban titik tertentu saja (Binsar Hariandja 1996).

### **2.2.1. Metode perhitungan Defleksi**

Ada beberapa metode yang dapat dipergunakan untuk menyelesaikan persoalan-persoalan defleksi pada balok terdiri dari [12][13]:

1. Metode integrasi ganda (*doubel integrations*)
2. Metode luas bidang momen (*Momen Area Method*)
3. Metode energy
4. Metode superposisi.

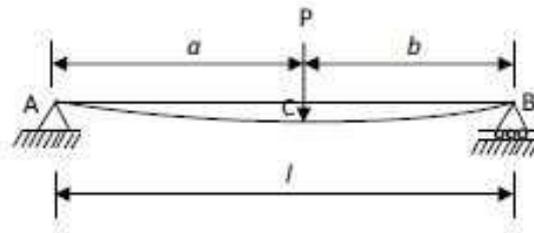
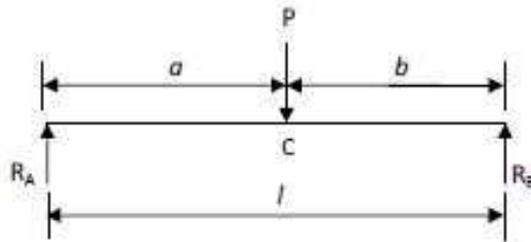


Diagram benda bebas



Gambar 14. Balok Sederhana dengan beban titik

Dari gambar 14 diatas maka dapat di tentukan besarnya momen dan reaksi tiap tumpuan:

$$R_A = \frac{Pb}{L}, \text{ dan } R_B = \frac{Pa}{L}$$

$$M_x = \frac{Pbx}{L}$$

Untuk  $a < x < l$

$$M_x = \frac{Pbx}{L} - P$$

Untuk  $0 < x < a$

$$EI \left( \frac{d^2y}{dx^2} \right) = -\frac{Pbx}{l}$$

Untuk  $a < x < l$

$$EI \left( \frac{d^2y}{dx^2} \right) = -\frac{Pbx}{l} + p(x - a)$$

Kemudian kedua persamaan di atas diintegalkan terhadap x sehingga didapat:

$$EI \left( \frac{dy}{dx} \right) = -\frac{Pbx^2}{2l} + C_1 \dots \dots \dots (5.1)$$

$$EI \left( \frac{dy}{dx} \right) = -\frac{Pbx^2}{2l} + \frac{p(x-a)^2}{2} + C_2 \dots \dots \dots (5.2)$$

Pada  $x = a$ , kedua persamaan (5.1) dan (5.2) di atas hasilnya akan sama.

Jika diintegral lagi mendapatkan persamaan :

$$EIy = -\frac{Pbx^3}{6l} + C_3x + C_4 \dots \dots \dots (5.3)$$

$$EIy = -\frac{Pbx^3}{6l} + \frac{p(x-a)^3}{6} + C_5x + C_6 \dots \dots \dots (5.4)$$

Pada  $x = a$ , maka nilai  $C_3$  harus sama dengan  $C_5$ , maka  $C_3 = C_5$ , sehingga persamaannya menjadi :

$$EIy = -\frac{Pbx^3}{6l} + \frac{p(x-a)^3}{6} + C_3x + C_4 \dots \dots \dots (5.5)$$

Untuk  $x = 0$ , maka  $y = 0$ , sehingga nilai  $C_3 = C_4 = 0$

Untuk  $x = L$ , maka  $y = 0$ ,

sehingga persamaan (j.15) dapat ditulis menjadi :

$$0 = -\frac{Pb}{6l} \cdot l^3 + \frac{P(l-a)^3}{6} + C_3l + 0$$

Besarnya  $L - a = b$

$$C_3 = \frac{Pbl}{6} - \frac{P(l-a)^3}{6l} = \frac{Pbl}{6} - \frac{Pb^3}{6l}$$

$$C_3 = \frac{Pb}{6l} (l^2 - b^2)$$

Sehingga setelah disubstitusi menghasilkan persamaan :

Untuk  $0 < x < a$

$$\delta_c = Y = \frac{1}{EI} \left[ -\frac{Pbx^3}{6l} + \frac{Pb(l^2 - b^2)}{6l} x \right]$$

$$= \frac{Pbx}{EI.6l} (l^2 - b^2 - x^2) \dots\dots\dots (5.6)$$

Untuk  $a < x < l$

$$\delta_c = Y = \frac{1}{EI} \left[ -\frac{Pbx^3}{6l} + \frac{P(x-a)^3}{6} + \frac{Pb(l^2 - b^2)}{6l} x \right]$$

$$= \frac{Pbx}{EI.6l} (l^2 - b^2 - x^2) + \frac{P(x-a)^3}{6EI} \dots\dots\dots (5.7)$$

Untuk  $a = b$

$$\delta_c = Y = \frac{PL^3}{48EI} \dots\dots\dots (5.8)$$



Gambar 5.2. Alat uji Defleksi

### 2.3. Peralatan dan Material

Sebelum kita melakukan percobaan terlebih dahulu siapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan, antara lain sebagai berikut:

1. Alat uji defleksi
2. Caliper/micrometer
3. Batang uji

### 2.4. Prosedur Percobaan

Sebelum percobaan ini dimulai, terlebih dahulu dilakukan pengukuran dimensi spesimen pada titik tertentu sepanjang batang. Dalam hal ini yang diukur adalah panjang ( $l$ ), lebar ( $b$ ), dan tebal ( $h$ ) pada jarak tertentu dari ujung batang.

## **FORMAT LAPORAN**

### **KATA PENGANTAR**

### **DAFTAR ISI**

#### **BAB 1 PENDAHULUAN**

- d. Deskripsi singkat tentang Deflection Test
- e. Jelaskan dengan singkat pengujian apa yang dilakukan dan untuk bahan apa.
- f. Hasil percobaan dalam 2 – 3 kalimat.

#### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

- e. Jelaskan Pengertian Deflection Test.
- f. Jelaskan metode-metode pengujian Defleksi.
- g. Jelaskan jenis-jenis bahan uji Defleksi

#### **BAB 3 METODE PERCOBAAN**

- 3.3. Alat dan Bahan
- 3.4. Prosedur Percobaan

#### **BAB 4 HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA**

- c. Lampirkan data sheet dari hasil percobaan.
- d. Jelaskan besar momen inersia dan besar harga defleksi yang diperoleh dari percobaan

#### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

### **DAFTAR PUSTAKA**

## PERCOBAAN 6

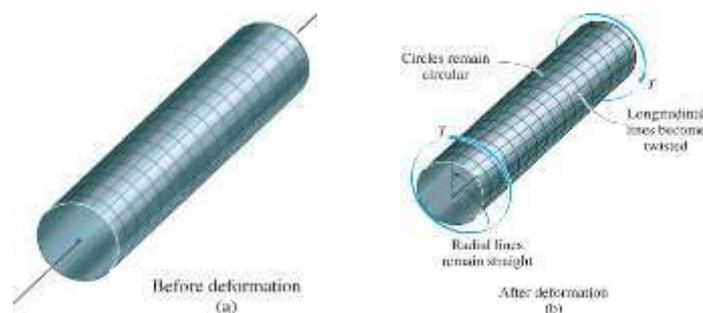
### TORSION TEST[14]

#### 6.1. Tujuan Praktikum

1. Mengetahui perilaku mekanik material yang diakibatkan oleh pembebanan puntir (Torsi).
2. Mendapatkan nilai maksimum kekuatan puntir dan sifat-sifat dari material yang mendapat pembebanan torsi.

#### 6.2. Kajian Pustaka[15]

Torsi adalah momen yang berputar/deformasi anggota sekitar sumbu longitudinal. Dengan pengamatan, jika sudut rotasi kecil, panjang poros dan jari-jarinya tetap tidak berubah, Suatu benda dikatakan mengalami beban torsi bila terhadap beban tersebut bekerja gaya-gaya yang paralel dan berlawanan arah, namun gaya-gaya tersebut tidak terletak pada sumbu longitudinal benda, kombinasi gaya seperti ini disebut kopel-kopel yang timbul akan menghasilkan geseran (*twist*) disepanjang sumbu longitudinal, aksi tegangan dari bagian benda terhadap benda bagian terdekatnya disebut torsi seperti diperlihatkan pada gambar 2.1. di bawah ini.



Gambar 2.14. Benda bebas poros yang mengalami puntiran

Torsi merupakan pendahuluan masalah tegangan variabel. Meskipun teori umum masalah ini rumit, pemakaiannya tidak lebih dari hanya mensubstitusi nilai tertentu kedalam rumus dan cukup mudah.

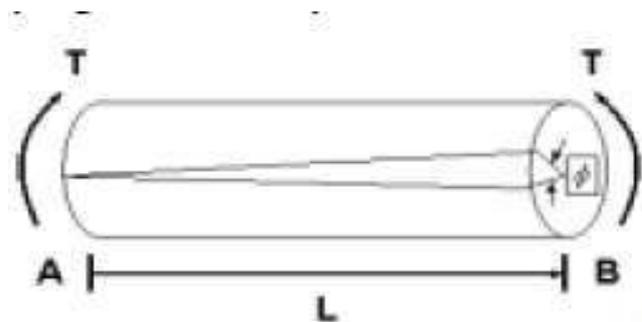
Pada penurunan rumus torsi, kita bisa membuat anggapan yang bisa di buktikan secara matematis dan bisa didemonstrasikan secara eksperimental.

1. Penampang bulat tetap bulat.
2. Penampang bidang tetap dan tidak melengkung.
3. Proyeksi garis radial lurus terhadap penampang melintang didalam penampang tetap lurus.
4. Poros dibebani dengan kopel puntir pada bidang yang tegak lurus sumbu poros.
5. Tegangan tidak melebihi batas proporsional.

### 2.1. Persamaan Torsi Untuk Poros Pejal

Untuk poros padat, tegangan geser bervariasi dari nol pada sumbu longitudinal poros untuk nilai maksimum di permukaan luarnya. Seperti yang diperlihatkan pada gambar di bawah ini. Beban torsi yang sering dijumpai adalah poros yang menghantarkan daya melalui pulley roda gigi, atau lengan system lainnya. Jika torsi yang dialami benda makin besar maka benda akan melawan karena batas elastisitasnya. Dan bila torsi yang diabaikan akan bertambah menyebabkan benda tersebut menjadi plastis. Bila suatu batang silinder dikenai momen puntir pada salah satu ujungnya maka momen puntir akan di bawah oleh tegangan-tegangan yang berbentuk pada penampang elastisitas batang.

Gambar 2.2. memperlihatkan poros padat.



Gambar. 2.15. Poros padat

Karena proporsionalitas segitiga, atau menggunakan hukum Hooke dan persamaan :

$$\tau = \left( \frac{\rho}{c} \right) \tau_{\max} \quad (2.1)$$

$$\tau = \frac{\tau_{\max}}{c} \int A \rho^2 dA \quad (2.2)$$

Integral dalam persamaan dapat direpresentasikan sebagai momen inersia polar J, daerah x-poros yang dihitung sekitar sumbu longitudinal dengan menggunakan rumus :

$$\tau_{maks} = \frac{Tr}{J} \quad (2.3)$$

Dimana :

$\tau_{maks}$  = Tegangan geser di poros, pada permukaan luar.

T = Torsi internal resultan yang bekerja pada bagian x dan persamaan kesetimbangan momen di terapkan pada sumbu membujur.

J = Momen inersia polar di daerah x.

r = Jari-jari luar poros.

## 2.2. Regangan Geser

Regangan geser adalah perbandingan tegangan geser yang terjadi dengan modulus elastisitasnya.

$$\gamma = \frac{r}{G} \quad (2.4)$$

Dimana :

G = modulus elastisitas geser

r = tegangan geser

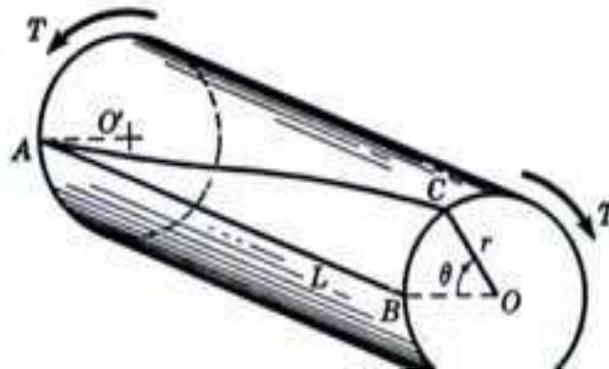
### 2.2.2. Poros Deformasi Bulat

Poros terdiri dari irisan tipis yang tak terkira jumlahnya masing-masing kaku dan bergabung dengan irisan di dekatnya oleh serat elastic. Irisan dua akan berotasi terhadap irisan satu hingga serat elastic yang menghubungkannya cukup terdeformasi sehingga timbul torsi tahanan yang mengimbangi torsi

terpasang. Apabila hal ini terjadi, irisan satu dan dua akan bertindak sebagai benda kaku dan mentransmisikan torsi ke irisan-irisan tiga ini akan berotasi sehingga serat

bergabung dan irisan dua menimbulkan torsi tahanan yang sama dengan torsi terpasang, Tipe deformasi ini terjadi di seluruh panjang poros. Heliks AC adalah garis yang menghubungkan garis acuan original AB pada irisan ini karna irisan ini menjadi sangat tipis.

Kejelasan aksi puntir ini di idealisasi, tetapi heliks yang di dihasilkan di jelaskan secara teliti semua irisan seperti itu berotasi secara serempak relative satu sama lain sesudah torsi terpasang, sudut rotasi semakin besar sesuai dengan pertambahan beban terpasang. Seperti yang di perlihatkan pada gambar 2.3. deformasi poros bulat di bawah ini.



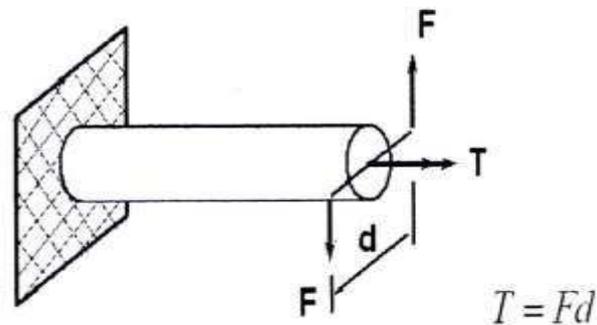
Gambar 2.16. Gambar deformasi poros bulat

### 2.3. Persamaan Uji Torsi

Dilihat dari besarnya momen torsi maksimum yang dialami oleh sebuah material tetapi besar energy yang masih terdapat terserap oleh material telah melewati yield point, dalam hal ini dapat di artikan bahwa menentukan karakteristik benda dari besarnya momen torsi maksimum yang di alami oleh sebuah material tetapi besarnya energy yang masih dapat di serap oleh material. Tegangan residual adalah tegangan sisa bila suatu material di regangkan sampai batas elastic dan kemudian momen puntir yang bekerja dihilangkan maka akan timbul perbedaan lintasan regangan yang mengakibatkan deformasi permanen dari material tersebut akan mengalami sebuah momen regangan elastisitas material.

Suatu benda dikatakan mengalami beban torsi bila terhadap beban tersebut bekerja, gaya-gaya yang paralel dan berlawanan arah nya. Namun gaya tersebut tidak terletak pada sumbu longitudinal benda kombinasi gaya seperti itu dinamakan kopel, kopel yang timbul akan menghasilkan geseran (twist) di sepanjang sumbu longitudinal aksi tegangan dari bagian benda terhadap bagian terdekat nya dinamakan torsi.

Torsi adalah suatu pemuntiran sebuah batang yang diakibatkan oleh kopel-kopel (*couples*) yang menghasilkan necara linier terhadap jari-jari batang. Tegangan geser maksimum di lapisan benda terluar. Seperti di tunjukan pada gambar 2.5.



Gambar 2.17. Gambar momen kopel pada batang.

Momen inersia :

$$J = \frac{\pi}{32} D^4 \quad (2.5)$$

### 2.3.1. Tegangan geser batas proporsional

Adalah tegangan yang terjadi pada batas proporsional dari suatu material, yaitu batang material mengalami deformasi elastic linier dan akan kembali ke bentuk semula bila gaya linier gaya geser yang bekerja di hilangkan.

a. Tegangan geser titik yield

Tegangan geser pada batas yield material, di mana titik ini laju deformasi plastis (*rate of plastis deformasion*) akan meningkat yang di tandai dengan material pada grafik-grafik tegangan regangan

b. Tegangan geser ultimate

Adalah tegangan geser maksimum dan suatu material jika batas tersebut di lewati akan terjadi patahan.

c. Tegangan residual

Adalah tegangan sisa bila suatu material di regangkan sampai batas plastis dan mengalami momen puntir yang bekerja maka akan timbul keadaan yang berbeda

dari lintasan regangan yang mengakibatkan deformasi permanen dari material tersebut.

### 2.3.2. Sudut Puntir

Sudut puntir bentuk pada patahan yang terjadi antara lain bahan yang rapuh dan bahan yang sangat berbeda. Logam yang liat akan rusak akibat geseran sepanjang batang yang mengalami tegangan geser maksimum. Biasanya bidang yang tegak lurus dan polos dengan sumbu longitudinalnya, material yang rapuh akan rusak pada batang yang terjadi sejajar dengan arah bidang tegangan teknik maksimum, Sudut puntir penting ketika menganalisa reaksi-reaksi pada batang statis tak tentu.

$$\theta = \int_0^L \frac{T(x)dx}{J(x)G} \quad (2.6)$$

Dimana :

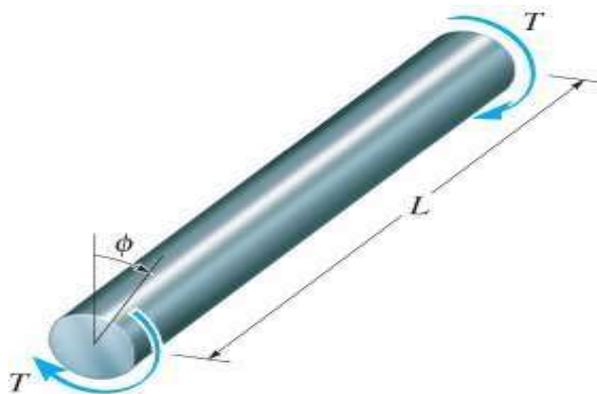
$\phi$  = sudut twist, dalam radian.

$T(x)$  = torsi internal pada posisi  $x$  sewenang-wenang, ditemukan dari metode bagian dan persamaan kesetimbangan momen diterapkan tentang sumbu poros.

$J(x)$  = momen inersia polar sebagai fungsi dari  $x$ .

$G$  = modulus elastisitas geser untuk bahan.

Sudut puntir pada poros dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.18. Gambar Sudut puntir pada poros

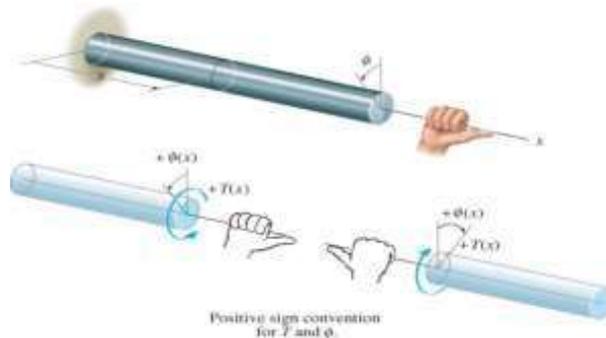
Torsi konstan dan daerah x di gunakan rumus.

$$\theta = \frac{TL}{JG} \quad (2.7)$$

Jika poros mengalami berbagai torsi yang berbeda, atau daerah x atau perubahan modulus geser tiba-tiba dari satu daerah poros ke depan, maka digunakan persamaan.

$$\theta = \Sigma \frac{TL}{JG} \quad (2.8)$$

Dengan menggunakan kaedah tangan kanan, torsi dan sudut puntir adalah positif jika ibu jari mengarah keluar dari batang seperti gambar 2.7. di bawah ini:



Gambar.2.19. Gambar Aturan kaedah tangan kanan

### 6.3. Prosedur Pengujian

Sebelum pengujian dilaksanakan, terlebih dahulu persiapkan hal-hal berikut :

1. Memastikan Mesin uji puntir berfungsi dengan baik.
2. Memastikan semua display monitor berfungsi dengan baik.
3. Melakukan kalibrasi alat ukur dengan baik dan benar dan membersihkan spesimen sebelum melakukan pengukuran untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat.
4. Memasang bahan spesimen ke Three-jou Chuck dengan dengan benar.
5. Memeriksa kembali instalasi alat pengujian sehingga siap untuk dipergunakan.

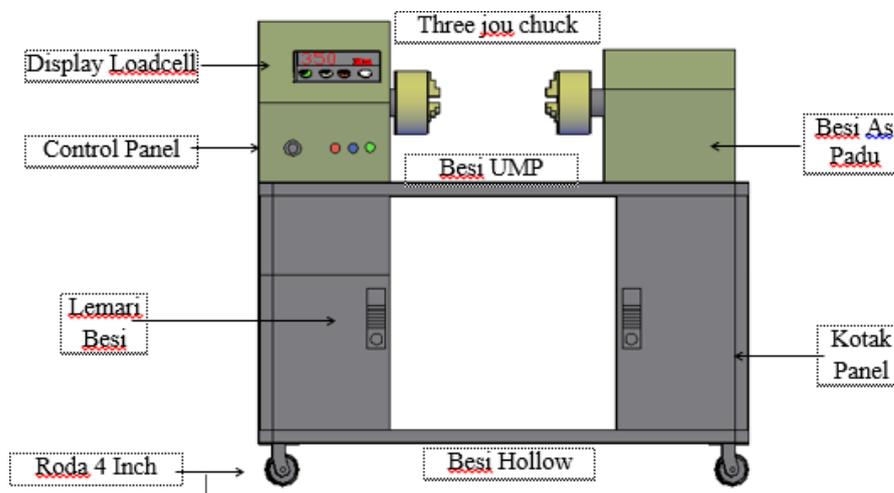
### 3.1. Pengambilan Data

Tahap pengambilan data dapat dilaksanakan setelah seluruh tahap persiapan selesai.

Pengambilan data dapat dimulai dengan :

1. Menekan tombol ON untuk menyalakan alat pengujian
2. Mengatur arah putaran *Three-jou Chuck* dengan mengarahkan Selektor pengarah searah dengan jarum jam.
3. Mengatur frekuensi pada *Inverter* 15 Hz.
4. Mengkalibrasi *Display Load Cell* dan *Encoder Display* dengan menekan tombol *Zero* atau *Rst*.
5. Mengarahkan *Three-jou Chuck* pada pembebanan *Load Cell* dengan mengarahkan Selektor pengarah putaran ke posisi Netral.
6. Memutar kembali tombol Selektor pengarah putaran searah jarum jam (pembebanan *Load Cell*).
7. Melakukan pengamatan dan catat hasil *Display Load Cell* dan *Display Encoder*.
8. Melakukan langkah ketujuh sampai mendapatkan nilai maksimal (Spesimen Patah).

Gambar 3.17 merupakan Prototipe Alat pengujian.



Gambar 3.17 Prototipe Alat Uji Torsi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] “ANNEALING PROCESS ANALYSIS WITH OIL + WATER MEDIA VACATION QUENCING ON AISI 1045 MATERIALS DUE TO TEMPERATURE CHANGE,” *0 Isi Bilim. ve Tek. Derg. = J. Therm. Sci. Technol.*, 2019.
- [2] H. L. Junaidi<sup>1</sup>, Eddi koto<sup>2</sup>, Nismah Panjaitan<sup>3</sup>, “ANALYSIS OF MICRO STRUCTURE AND LAS DISABILITY IN THE PRODUCTION PROCESS OF TRAIN BOGIE FRAMEWORK,” *TEKNOLOGI*, vol. 19, no. 2, pp. 1–9, 2019.
- [3] A. I. Junaidi<sup>1</sup>, Fadly Kurniawan Nasution<sup>2</sup>, Din Aswan Ritonga<sup>3</sup>, “CHARACTERISTIC ANALYSIS OF THE RESULTS OF KELABU CORN IRON PROCESSING WITH VARIATION OF DESIGN OF CORE COR,” *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 19, no. 20, pp. 101–107.
- [4] T. Siagian, I. Siregar, and H. Lubis, “Characteristics of St.37 Steel Materials with Temperature and Time on Heat Treatment Test using Furnace,” 2018.
- [5] S. Hestukoro and A. Yanie Irfansyah Siregar, “Analysis Effects of Exposure time on Long Steel Stainless Steel Material Proper Which Experience Stress Corrosion Cracking.”
- [6] JUNAIDI, “THE EFFECT OF HEAT TREATMENT PROCESS ON VIOLENCE AND MICRO STRUCTURE OF LOW CARBON STEEL ALLOY ST 60,” *JITEKH*, vol. 1, no. 5, pp. 33–42, 2016.
- [7] “EFFECT OF VARIATION OF POINT WELDING ELECTRIC FLOW ON LOW CARBON STEEL, MEDIUM CARBON STEEL AND HIGH CARBON STEEL SHEILDING METAL ARC WELDING (SMAW),” *Tekhnologi*, 2019.
- [8] Junaidi, “WORKING PROCESS OF TU 3A CNC FRAIS MACHINE USING SOFTWARE SYSTEM.”
- [9] B. T. S. Junaidi<sup>1</sup>, Angri Abdirullah<sup>2</sup>, “CHARACTERISTIC ANALYSIS

- OF KNAF FIBER WITH IMPACT LOADING FOR DESIGN WITH SPECIFICATIONS SIZE 80 / 20.70 / 30.60 / 40.50 / 50.40 / 60,” *STASTIKA*, vol. 1, no. 1, p. 2019, 2019.
- [10] B. T. S. Junaidi<sup>1</sup>, Angri Abdirullah<sup>2</sup>, “ANALISA KARAKTERISTIK SERAT KNAF DENGAN PEMBEBANAN IMPACT UNTUK RANCANGAN DENGAN SPESIFIKASI UKURAN 80/20,70/30.60/40,50/50,40/60,” *TEKNOLOGI*, vol. 1, no. 3, pp. 1–9, 2019.
- [11] J. Ahmad Nur Ikshan<sup>1</sup>, Ismi Juwanisa<sup>2</sup>, Taufik Sutoyo<sup>3</sup>, “ANALISIS HASIL PEMERIKSAAN HEATTREATMENT PADA PENGECORAN BAJA ST 37 DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR DAN OLI SAE 40,” *TEKNOLOGI*, pp. 1–9, 2018.
- [12] S. Hestukoro, T. Siagian, A. Bukhori, I. Roza, and I. Siregar, “Characteristics of Silicon Aluminum Material Based on Fracture Period In Torque Test.”
- [13] indra roza junaidi, weriono, “Process Analysis of High Speed Steel Cutting Calculation (HSS) with S45 C Material On Universal Machine Tool,” *IJISRT (International J. Innov. Sci. Res. Technol.)*, vol. 3, no. 1, pp. 447–456, 2018.
- [14] J. Junaidi, S. Hestukoro, A. Yanie, J. Jumadi, and E. Eddy, “IMPLEMENTATION ANALYSIS of CUTTING TOOL CARBIDE with CAST IRON MATERIAL S45 C on UNIVERSAL LATHE,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2017, vol. 930, no. 1.
- [15] J. Junaidi, *METROLOGI DAN PENGUKURAN*, 1st ed. MEDAN: P4M UNHAR, 2018.

