

**PETUNJUK PRAKTIKUM
METALURGI**



Penyusun

**I Dewa Gede Ary Subagia,ST.,MT.,Ph.D
196806011994121001**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS UDAYANA
JURUSAN TEKNIK MESIN
FEBRUARI 2018**

KATA PENGANTAR

Praktikum metalurgi (MKB 306) merupakan sarana untuk mengetahui penerapan teori dari mata kuliah metalurgi dan pengetahuan material yang telah diberikan pada saat kuliah. Mahasiswa yang mengambil praktikum metalurgi diwajibkan telah lulus/ minimal sudah pernah mengambil mata kuliah pengetahuan material teknik (MK112) dan metalurgi (MKB 213).

Dengan melakukan praktikum di Laboratorium pengujian bahan, mahasiswa dapat melakukan berbagai pengujian yaitu : pengujian kekerasan, pengujian tarik, pengujian impact, pengujian mikrostruktur, dan pengujian keretakan dengan metode liquid penetrant suatu bahan. Sehingga mahasiswa diharapkan dapat mengetahui harga kekerasan, kekuatan tarik, daya tahan terhadap beban dinamis, mikrostruktur dan keretakan dalam suatu bahan. Dalam pelaksanaan praktikum, disiplin dan kerja sama antar mahasiswa dalam satu kelompok diharapkan dapat menciptakan forum diskusi yang baik berdasarkan kajian ilmiah yang telah diberikan.

Meskipun waktu yang diberikan masa praktikum relatif sempit dan dengan sarana yang terbatas tetapi diharapkan mahasiswa mampu menganalisa hasil dari pengujian yang telah dilakukan dengan maksimal berkat kerja sama yang baik dengan laboran, asisten laboratorium, dosen pembimbing dan kepala laboratorium.

Selamat melaksanakan kegiatan praktikum di Laboratorium Metalurgi, Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana.

Badung, 15.02.2018

Tim Penyusun

Tata Tertib

Umum

1. Praktikan diharapkan hadir 15 menit sebelum pelaksanaan praktikum.
2. Peraturan Praktikum
3. Syarat Praktikum
 - a. Lulus pretest
 - b. Menggunakan baju berkerah, celana panjang, sepatu dan jas lab
 - c. Sudah memiliki dan membawa kartu praktikum
4. Praktikum dilakukan 8.30 sampai selesai
5. Kartu asistensi dan benda kerja wajib dibawa ketika asistensi. Jika tidak, asistensi dibatalkan.
6. Tidak melakukan asistensi sama sekali maka anggota kelompok yang bersangkutan akan dianggap gugur praktikum.
7. Tanda tangan lembar persetujuan pada laporan, tugas, dan kartu asistensi oleh asisten tiap bab paling lambat 25 hari setelah praktikum. Jika tidak akan dikenai sanksi yang akan ditentukan kemudian.
8. Tanda tangan lembar persetujuan pada laporan, tugas, oleh koordinator asisten paling lambat 4 minggu setelah praktikum. Jika tidak akan dikenai sanksi yang akan ditentukan kemudian.

Praktikan

1. Peraturan Praktikum
 - a. Praktikan tidak dalam pengaruh minuman keras dan narkoba.
 - b. Praktikan memakai baju berkerah, celana panjang, sepatu dan jas lab. Jika tidak, maka tidak diperbolehkan mengikuti praktikum.
 - c. Praktikan dilarang meninggalkan laboratorium tanpa seijin asisten.
 - d. Praktikan wajib menjaga kesehatan dan keselamatan kerja
 - e. Praktikan wajib menjaga kebersihan di lingkungan laboratorium logam.
 - f. Sebelum pelaksanaan praktikum, praktikan sudah harus mempelajari buku petunjuk praktikum dengan baik terutama cara pengoperasian mesin/peralatan yang akan digunakan.
 - g. Selama kegiatan praktikum, praktikan dilarang keras merokok, makan, bersendau gurau, dan mengoperasikan alat elektronik apapun kecuali seizin asisten yang bertugas.

Praktikan diperkenankan minum dengan seizin asisten yang bertugas. Apabila melanggar akan dikeluarkan dari laboratorium dan tidak mendapat nilai praktikum.

- h. Pelanggaran poin a-g akan dikenai sanksi poin D
 - i. Segala macam kerusakan alat/mesin yang disebabkan kelalaian praktikan akan dikenai sanksi poin B
 - j. Praktikan dilarang mengotak-atik dan mengoperasikan mesin tanpa seizin asisten, segala bentuk hasil kelalaian dari tindakan ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab praktikan.
 - k. Praktikan berkewajiban untuk menjaga mesin dan peralatan yang digunakan selama praktikum. Kerusakan atau hilangnya alat praktikum menjadi tanggung jawab praktikan.
 - l. Praktikan yang berambut panjang diharuskan mengikat rambutnya untuk menghindari terjadinya hal yang tidak diinginkan saat pengoperasian mesin.
 - m. Praktikan bertanggung jawab atas kebersihan di dalam Laboratorium Logam
 - n. Tiap pelanggaran ringan yang dilakukan oleh praktikan akan diberi sanksi pengurangan nilai akhir sebesar 5 poin.
 - o. Keterlambatan praktikan kurang dari 30 menit pada saat praktikum (terhitung dari jam yang tertulis pada jadwal) akan dikenai sanksi pengurangan nilai akhir sebesar 5 poin. Keterlambatan lebih dari 30 menit (terhitung dari jam yang tertulis pada jadwal), praktikan tetap diperkenankan mengikuti praktikum tapi tidak mendapat nilai praktikum, dan nilai akhir dikurangi 10 poin.
 - p. Tidak mengikuti praktikum tanpa keterangan yang jelas, maka praktikan akan dianggap mengundurkan diri dari keikutsertaannya pada Praktikum.
 - q. Jika tidak dapat mengikuti praktikum, praktikan harus mengajukan surat ijin resmi kepada Kepala Laboratorium diketahui Ketua Jurusan atau Ketua Program Studi maksimal 2 hari sebelum praktikum, dan harus mengganti kegiatan praktikumnya pada hari praktikum yang lain serta praktikan sudah mendapatkan penggantinya. Jika tidak dapat mengganti waktu praktikum, peserta akan digugurkan keikutsertaannya dalam Praktikum Logam.
 - r. Praktikan wajib mengikuti seluruh rangkaian praktikum pada waktu yang sudah ditentukan.
2. Peraturan Asistensi
- a. Praktikan dilarang makan, minum, merokok.
 - b. Praktikan tidak dalam pengaruh minuman keras dan narkoba.
 - c. Pakaian bebas rapi dan bersepatu

- d. Pelanggaran poin a-c akan dikenai sanksi poin D
3. Peraturan umum Laboratorium
- a. Praktikan dilarang menngoperasikan alat tanpa pengawasan dan ijin dari asisten
 - b. Praktikan wajib berpakaian rapi dan bersepatu saat berada di Lab
 - d. Praktikan dilarang makan, minum dan merokok di area Lab.
 - e. Praktikan wajib menjaga kesehatan dan keselamatan kerja
 - f. Praktikan wajib menjaga kebersihan di area laboratorium
 - g. Pelanggaran poin a-f dapat dikenai sanksi poin D
 - h. Segala bentuk peminjaman alat maupun literature adalah tanggung jawab praktikan yang bersangkutan, apabila terjadi kerusakan maka akan dikenai sanksi poin B
4. Sanksi :
- a. Keterlambatan dalam mengikuti Instruksi akan dikenakan sanksi poin A.
 - b. Keterlambatan praktikan dalam mengikuti praktikum dapat dikenakan sanksi Poin A.
 - c. Jika Praktikan tidak mengikuti praktikum tanpa ada konfirmasi kepada Ko. Asisten dari pihak yang bersangkutan akan dikenai sanksi poin C
 - d. Keterlambatan pengumpulan laporan nilai surat puas = 10 (skala 100)
 - e. Keterlambatan praktikum akan dikenai sanksi poin A
 - f. Segala bentuk kecurangan yang dilakukan praktikan baik dalam praktikum, asistensi, maupun pembuatan laporan akan dianggap Mengundurkan Diri
5. Laporan :
- a. Praktikan wajib membuat satu laporan individu untuk setiap anggota kelompok dan satu laporan kelompok untuk satu kelompok
 - b. Setiap laporan individu wajib ditulis tangan dengan kertas A4
 - c. Laporan kelompok wajib dicetak dengan kertas A4
 - d. Pengumpulan laporan dilaksanakan maksimal 4 minggu setelah pelaksanaan praktikum
 - e. Praktikan wajib mengumpulkan laporan dan tugas beserta softcopy nya sesuai dengan format yang ditentukan pihak laboratorium.
 - f. Laporan praktikan ditambah 1 eksemplar kelompok dikumpulkan ke laboratorium sesuai dengan format yang ditentukan oleh pihak laboratorium pada tanggal yang telah ditentukan.
 - g. Masing-masing kelompok wajib mengumpulkan satu CD-RW yang berisikan softcopy laporan dan buku tugas beserta kelengkapannya dengan format PDF.
- Ketentuan yang belum tertulis akan ditentukan dikemudian waktu.

Keterangan sanksi:

Sanksi poin A = Sanksi literature

Sanksi poin B = Sanksi alat

Sanksi poin C = Gugur

Sanksi poin D = Pengurangan nilai Laporan

PELANGGARAN SEBANYAK 3 KALI MAKA AKAN DIBERIKAN SANKSI POIN C

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Tata Tertib.....	ii
Daftar Isi	vi
Bab I. Pendahuluan	1
BAB II. Pengujian kekerasan	2
Lembar kerja pengujian kekerasan brinell.....	6
Lembar kerja pengujian kekerasan vickers.....	8
Bab 2. Pengujian tarik	10
Lembar kerja	18
Bab 3. Pengujian impact charpy	22
Lembar kerja	26
Bab 4. Pemeriksaan metalografi	28
Lembar kerja	32
Bab 5. Pengujian liquid penetrant	34
Lembar kerja	

BAB I

PENDAHULUAN

Proses pengujian logam adalah proses pemeriksaan bahan-bahan untuk diketahui sifat dan karakteristiknya yang meliputi sifat mekanik, sifat fisik, bentuk struktur, dan komposisi unsur-unsur yang terdapat di dalamnya. Adapun proses pengujiannya dikelompokkan ke dalam tiga kelompok metode pengujian, yaitu :

1. *Destructive Test* (DT), yaitu proses pengujian logam yang dapat menimbulkan kerusakan logam yang diuji.
2. *Non Destructive Test* (NDT), yaitu proses pengujian logam yang tidak dapat menimbulkan kerusakan logam atau benda yang diuji.
3. *Metallography*, yaitu proses pemeriksaan logam tentang komposisi kimianya, unsur-unsur yang terdapat di dalamnya, dan bentuk strukturnya.

Penjelasan mengenai pengujian logam akan dijelaskan lebih lanjut pada sub bab-sub bab berikutnya.

BAB II

UJI KEKERASAN

2.1 DASAR TEORI

Uji kekerasan digunakan untuk mengetahui kemampuan material terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap. Benda uji akan mengalami deformasi ketika gaya pembebanan tertentu diberikan pada benda uji. Kita dapat menganalisis besarnya tingkat kekerasan bahan tersebut melalui besarnya beban yang diberikan terhadap luas bidang yang menerima pembebanan tersebut.

Kita harus mempertimbangkan kekuatan dari benda kerja ketika memilih bahan benda tersebut. Dengan pertimbangan itu, kita cenderung memilih bahan benda kerja yang memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi. Alasannya, logam keras dianggap lebih kuat jika dibandingkan dengan logam lunak. Meskipun demikian, logam keras biasanya cenderung lebih rapuh dan sebaliknya.

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui angka kekerasan atau tingkat kekerasan logam tersebut. Metode pengujian kekerasan terdiri dari penekanan, goresan, dan dinamik. Pengujian kekerasan dengan penekanan banyak digunakan oleh industri permesinan karena prosesnya mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan logam jika dibandingkan dengan metode lainnya. Pengujian kekerasan metode penekanan adalah dengan metode *Rockwell*, *Brinell*, dan *Vickers*. Metode *Brinell* dan *Vickers* yang menitikberatkan pada perhitungan kekuatan bahan terhadap setiap daya luas penampang bidang yang menerima pembebanan tersebut. Sedangkan metode *Rockwell* menitikberatkan pada pengukuran kedalaman hasil penekanan atau penekan (indenter) yang membentuk bekasnya (indentasi) pada benda uji.

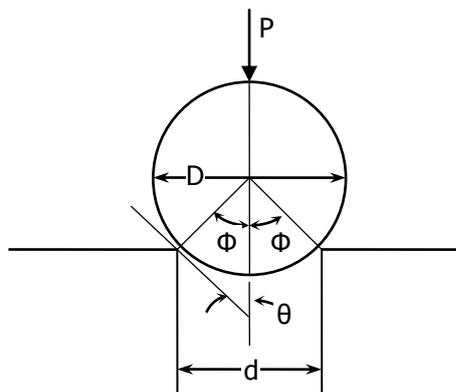
Perbedaan cara pengujian ini menghasilkan nilai satuannya juga berbeda. Karena itu, tiap-tiap pengujian memiliki satuannya masing-masing sesuai dengan proses penekannya, yang mendapat pengakuan standar internasional. Perbedaan satuan itu ditunjukkan dalam bentuk tulisan angka hasil pengujiannya.



Gambar 2.1 Mesin uji kekerasan

2.1.1 Metode Pengujian *Brinell*

Pengujian *Brinell* dilakukan dengan penekanan sebuah bola baja diperkeras (terbuat dari baja krom) dengan diameter tertentu oleh gaya tekan secara statis pada permukaan logam. Permukaan logam yang diuji harus rata dan bersih. Setelah gaya tekan ditiadakan dan bola baja dikeluarkan dari bekas lekukan, maka diameter lekukan paling atas diukur guna menentukan kekerasan logam yang diuji



Gambar 2.2 Parameter-parameter pada Brinell test

dengan menggunakan rumus:

$$BHN = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$$

dimana :

P = beban yang diberikan (Kg atau Kgf)

D = diameter indenter (mm)

d = diameter bekas lekukan (mm)

Kekerasan ini disebut kekerasan *Brinell*, atau BHN (*Brinell Hardness Number*). Semakin keras logam yang diuji, maka semakin tinggi nilai BHN. Apabila kita memakai bola baja untuk uji *Brinell*, biasanya yang terbuat dari baja krom yang telah disepuh atau *cermentite carbide*. Bola *Brinell* ini tidak boleh berdeformasi sama sekali saat proses penekanan ke permukaan logam uji.

Standar dari bola *Brinell* yaitu \varnothing 10 mm atau 0,3937 in, dengan penyimpangan maksimal 0,005 mm atau 0,0002 in. Selain yang telah distandarkan di atas, terdapat juga bola-bola *Brinell* dengan diameter lebih kecil (\varnothing 5 mm, \varnothing 2,5 mm, \varnothing 2 mm, \varnothing 1,25 mm, \varnothing 1 mm, \varnothing 0,65 mm) yang juga mempunyai toleransi-toleransi tersendiri. Misalnya, untuk diameter 1 sampai dengan 3 mm adalah lebih kurang 0,0035 mm, antara 3 sampai dengan 6 mm adalah 0,004 mm, dan antara 6 sampai dengan 10 mm adalah 0,005 mm. Penggunaannya bergantung pada gaya tekan P dan jenis logam yang diuji, maka penguji harus dapat memilih diameter bola yang paling sesuai.

2.1.2 Metode Pengujian *Vickers*

Metode *Vickers* merupakan penekanan oleh suatu gaya tekan tertentu oleh sebuah indenter berupa *pyramid diamond* terbalik dengan sudut puncak 136° ke permukaan logam yang akan diuji kekerasannya, dimana permukaan logam yang diuji ini harus rata dan bersih.

Setelah gaya tekan secara statis ini kemudian ditiadakan dan *pyramid diamond* dikeluarkan dari bekas yang terjadi, maka diagonal segi empat bekas teratas diukur secara teliti, yang digunakan sebagai kekerasan logam yang akan diuji. Permukaan tekan merupakan segi empat karena *pyramid* merupakan piramida sama sisi. Nilai kekerasan yang diperoleh disebut sebagai kekerasan *Vickers*, yang biasa disingkat dengan HV atau VHN (*Vickers Hardness Number*). Untuk memperoleh nilai kekerasan *Vickers*, maka hasil penekanan yang diperoleh dimasukkan ke dalam rumus berikut :

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

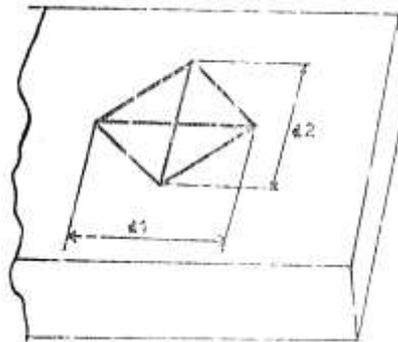
$$HVN = \frac{2 \cdot P \cdot \sin(\theta/2)}{d^2} = 1.854 \frac{P}{d^2} \text{ kg.mm}^2$$

dengan:

d = diagonal rata – rata (mm)

P = beban (kg)

θ = sudut puncak = 136°



Gambar 2.3 Hasil penekanan pada uji kekerasan *Vickers*

Hal terpenting yang harus dipelajari dalam pengujian *Vickers* adalah bagaimana menggunakan alat uji kekerasan *Vickers* dalam hal memasang indenter *pyramid diamond*, meletakkan *specimen* di tempatnya, menyetel beban yang akan dipakai, melihat dan mengukur diagonal persegi empat teratas dari bekas yang terjadi seteliti mungkin.

2.2 LEMBAR KERJA

2.2.1 Uji Kekerasan Brinell

Hari, tanggal :

Tujuan : Mahasiswa dapat:

- Mempersiapkan bahan dan perlengkapan uji kekerasan Brinell.
- Melakukan pengujian kekerasan Brinell.
- Menentukan harga kekerasan suatu bahan dengan metode Brinell.

Alat dan Bahan :

- Mesin uji kekerasan.
- Mikroskop
- Bola baja untuk Brinell (Brinell Ball).
- Jangka sorong.
- Mesin gerinda.
- Ampelas kasar dan halus.
- Benda uji.

Langkah kerja :

- 1 Lakukan treatment pada specimen sesuai spesifikasi yang diberikan untuk diuji (pemanasan, holding time, pendinginan)
- 2 Haluskan salah satu sisi dengan diampelas dan dipolish
- 3 Periksa beban, diameter bila baja dan pengukur waktu
- 4 Lakukan pembebanan pada permukaan sebanyak lima kali
- 5 Pindahkan specimen ke mikroskop lalu ukur diameternya masing-masing.

Data Pengamatan :

Alat uji kekerasan =

Indentor = d =

.....mm

Beban penekanan =

Waktu penekanan =

Bahan	Pengujian ke-	Diameter indentasi (mm)	Harga kekerasan Brinell (kg/mm ²)	Rata-rata (kg/mm ²)
	1.			
	2.			
	3.			
	4.			
	5.			

C. Pembahasan

D. Kesimpulan

E. Saran

2.2.1 Uji Kekerasan Vickers

Hari, tanggal :

Tujuan : Mahasiswa dapat

- Mempersiapkan bahan dan perlengkapan uji kekerasan Vickers.
- Melakukan pengujian kekerasan Vickers.
- Menentukan harga kekerasan suatu bahan dengan metode Vickers.

Alat dan Bahan :

- Mesin uji kekerasan.
- Mikroskop.
- Indentor *pyramid diamond*.
- Jangka sorong.
- Mesin gerinda.
- Ampelas kasar dan halus.
- Benda uji.

Langkah kerja :

- 1 Lakukan treatment pada specimen sesuai spesifikasi yang diberikan untuk diuji (pemanasan, holding time, pendinginan)
- 2 Haluskan salah satu sisi dengan diampelas dan dipolish
- 3 Periksa beban, diameter bila baja dan pengukur waktu
- 4 Lakukan pembebanan pada permukaan sebanyak lima kali
- 5 Pindahkan specimen ke mikroskop lalu ukur diameternya masing-masing.

Data Pengamatan :

Alat uji kekerasan dan sistem uji =

Indentor =

Beban penekanan =

No.	Bahan	Diagonal indentasi (mm)		Diagonal indentasi rata-rata = $(d_1+d_2)/2$ (mm)	Harga kekerasan Vickers (kg/mm^2)	Harga kekerasan Vickers rata-rata (kg/mm^2)
		d ₁	d ₂			
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

Pembahasan:

Kesimpulan

Saran

Asisten

()

BAB III

UJI TARIK

3.1 DASAR TEORI

Pengujian tarik dapat memberi informasi tentang kekuatan material yang akan dipakai dalam keperluan disain dan untuk menentukan spesifikasi dari material.

Pengujian tarik didasarkan pada “Standard Methods of Tension Testing of Metallie Materials” dari ASTM Designation E8 - 69, “Annual Book of ASTM Standards” America Society for Testing and Materials. Pada pengujian ini yang diamati secara terus menerus adalah perkembangan beban dan pertambahan panjang dari benda uji. Dari pengamatan ini dapat dibuat kurva Beban - Perpanjangan, dengan dasar kurva ini baru dapat dibuat kurva Tegangan - Regangan Teknik (Stress - Strain Engineering Curve). Tegangan yang dimaksud adalah tegangan rata - rata (Average Stress) longitudinal dari benda uji yaitu:

$$\tau = \frac{P}{A_0}$$

Dimana:

τ = tegangan teknik (kgf/cm²)

P = beban (kgf)

A₀ = luas penampang melintang awal (cm²)

Perhitungan regangan teknik, dipakai regangan rata - rata (Average strain tinier) sebagai berikut:

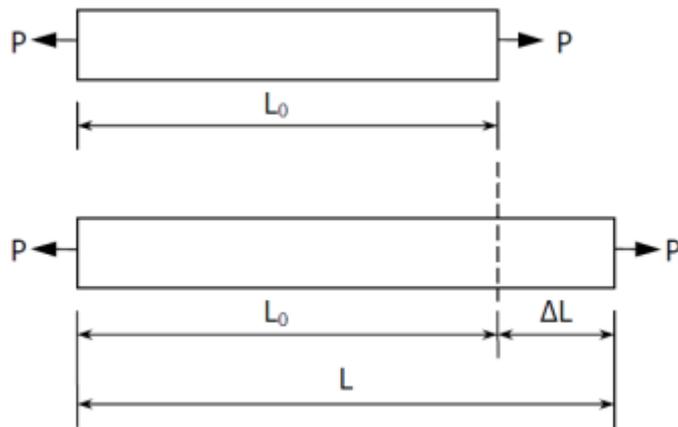
$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0}$$

Dimana :

ε = regangan teknik (cm/cm)

L₀ = panjang awal (cm)

L = panjang akhir (cm)

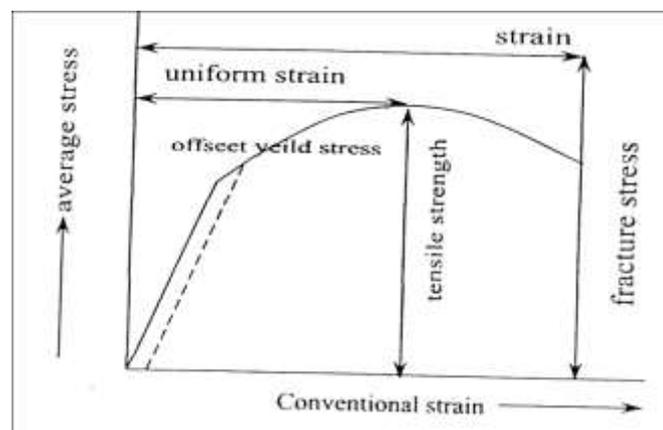


Gambar 3.1 Benda kerja bertambah panjang (ΔL) ketika diberi beban

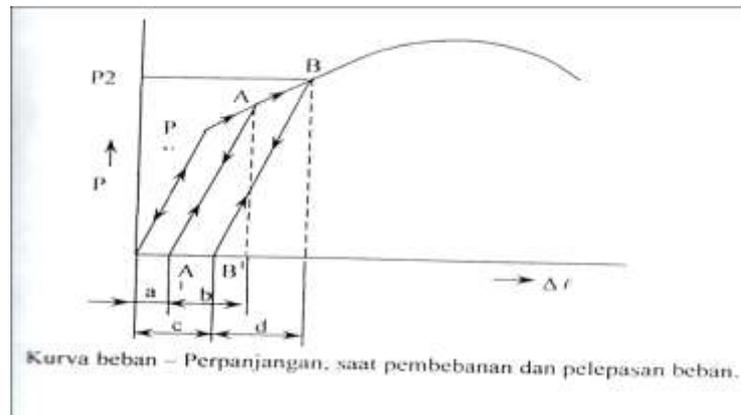
(P)

Besar dan bentuk dari kurva Tegangan - Regangan Teknik dari suatu material bergantung dari komposisi, perlakuan panas, sejarah deformasi plastic sebelumnya dan laju regangan yang diberikan saat test. Parameter-parameter Stress seperti tegangan luluh (Yield Stress), prosentase perpanjangan (Percent Elongation), dan Reduksi area (Reduction of Area) adalah parameter yang menunjukkan keuletan material.

Secara general kurva Tegangan - Regangan teknik terdapat pada gambar dibawah ini dan gambar berikutnya adalah kondisi pembebanan dan saat beban dilepas.



Gambar 3.2 Kurva Tegangan – Regangan Teknik

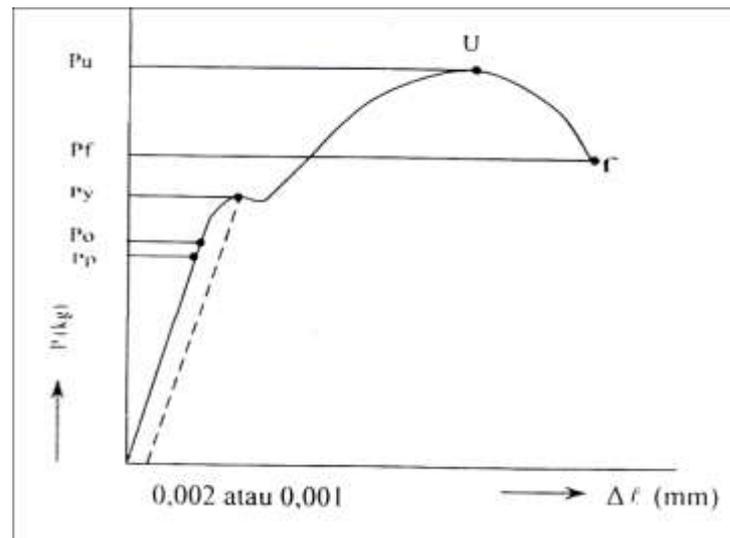


Gambar 3.3 Kurva Beban – Perpanjangan

Jika suatu material dibebani (P_1) yang melebihi batas luluhnya (P_y) dan kemudian beban dilepaskan, kurva dari beban akan mengikuti garis O-A-A', garis AA' sejajar dengan garis OA. Dengan demikian akan didapat jarak OA' pada absisi merupakan panjang deformasi permanen atau deformasi plastik yang tertinggal pada benda kerja. Sedangkan panjang b adalah deformasi elastik pada material yang akan hilang kembali saat beban dilepaskan. Sesuai Hukum Hooke untuk kondisi elastis maka besar b dapat dihitung yaitu: $b = \frac{1}{E} = \frac{(P_1 / A_0)}{E}$. Jika sekarang dari A' benda uji dibebani kembali dengan beban P_2 maka saat beban ini dilepas didapatkan kurva beban akan mengikuti garis A' - B - B' sehingga pada absis akan dapat ditentukan : d = deformasi elastik yang hilang kembali saat beban dilepas dan c = deformasi plastik yang tersisa pada benda uji.

3.1.1 Tegangan-Regangan Teknik

Dari pengujian tarik yang dilakukan pada benda uji dan dengan memplotkan pertambahan panjang benda uji terhadap besarnya beban yang diberikan oleh mesin percobaan didapat kurva $P = f(I)$ sebagai berikut :



Gambar 3.4 Kurva $P = f$ (1)

Diagram/ kurva beban-perpanjangan diatas adalah suatu contoh hasil plot $P = f$ (1), dengan kurva ini akan didapat dicari/dihitung bberapa karakteristik mekanik dari material uji sebagai berikut :

3.1.2 Perhitungan tegangan - tegangan lainnya :

Sesuai dengan yang ditunjukkan pada gambar 3.2, maka akan dapat dihitung tegangan tarik maksimum (*Ultimate Stress*) dan tegangan patah (*Fracture Stress*), bila beban maksimum dan beban patah telah dicatat dengan baik saat pengujian.

Tegangan tarik maksimum, adalah beban maksimum dibagi dengan luasan melintang dari benda uji (luas awal). Tegangan ini menunjukkan besarnya beban maksimum yang dapat diterima oleh material untuk bertahan tidak sampai patah. Sampai batas tegangan ini deformasi yang terjadi pada material masih homogen sepanjang benda uji. Penentuan tegangan saat pengujian cukup mudah, maka umumnya dalam tabel spesifikasi material tegangan ini yang selalu dicantumkan. Dan secara empiris experimental tegangan ini dapat dikorelasikan dengan kekerasan material dan karakteristik fatigue material.

Tegangan patah adalah tegangan yang tercapai pada saat benda uji patah. Setelah melewati beban maksimum maka akan mulai terjadinya deformasi non homogen artinya terjadi deformasi yang terkoalisi di tempat-tempat tertentu sehingga menyebabkan pengecilan penampang setempat diiringi dengan pertambahan panjang benda uji tanpa kenaikan beban dan sebaliknya justru beban menurun. Tegangan ini lebih kecil dari tegangan maksimum dapat dihitung sebagai berikut:

$$\sigma_f = \frac{P_f}{A_0} \text{ kg / cm}^2$$

3.1.3 Karakteristik Mekanik lainnya

Disamping karakteristik mekanik yang dapat dihitung dengan uraian pada sub bab 3.1.2 diatas, maka ada beberapa karakteristik lain yang dapat diukur maupun dihitung dari hasil pengujian tarik ini yaitu:

Modulus Elastisitas

“Slope” dari bagian linier pada kurva tegangan-regangan disebut sebagai modulus elastisitas dari material atau modulus Young. Modulus ini adalah menyatakan "*stiffness*" dari suatu material. Modulus elastisitas besar/tinggi, regangan elastik dari material akan kecil untuk suatu harga tegangan yang diberikan. Pengetahuan tentang modulus elastisitas ini diperlukan oleh desainer dalam perhitungan desain konstruksi yang menerima defleksi. Modulus elastisitas adalah satu karakteristik material yang tidak sensitive, dia hanya berubah sedikit terhadap penambahan elemen "*alloying*" pada material terhadap perlakuan panas atau pengerjaan dingin. Tapi terhadap temperatur modulus ini berpengaruh yaitu bila temperatur naik, modulus elastisitas turun. Perhitungan modulus elastisitas didasarkan pada hukum Hooke, karena masih berada di daerah elastis, sehingga

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Dimana :

E = modulus elastisitas (kg/cm^2)

σ = tegangan (kg/cm^2)

ε = regangan (%)

Modulus Resilien :

Kemampuan dari material untuk menyerap energi pada saat deformasi secara elastis dan kembali ke bentuk semula bila beban di lepas disebut sebagai modulus resilien dari material. Modulus resilien ini diartikan juga sebagai energi regangan persatuan volume yang dibutuhkan untuk tegangan pada material dari nol sampai tegangan luluhnya (Yield Stress). Diperlukan saat mendesain "Mechanical Spring".

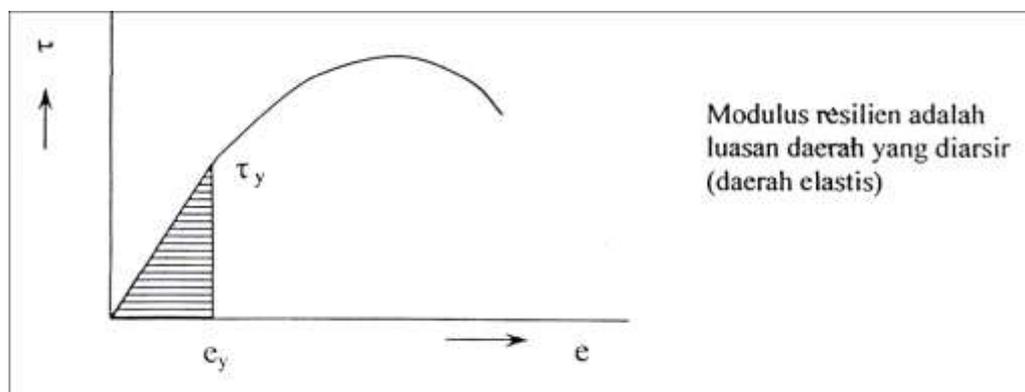
$$U_R = \frac{1}{2} S_y e_y = \frac{1}{2} \frac{S_y \cdot S_y}{E} = \frac{S_y^2}{2E}$$

Dimana: U_R = modulus resilien / satuan volume = $\text{kg/cm}^2/\text{sat. volume}$

y = tegangan luluh = kg/cm^2

E = modulus elastisitas = kg/cm^2

Modulus resilien adalah luasan daerah yang diarsir (daerah elastis)



Gambar 3.5 Kurva Tegangan – Regangan Modulus Resilien

Ketangguhan (Toughness)

Ketangguhan suatu material adalah kemampuan material tersebut dalam menyerap energi di daerah plastik. Kemampuan material untuk bertahan tidak sampai patah pada tegangan diatas tegangan luluh sangat diinginkan khususnya pada perencanaan ketangguhan material ini digunakan pendekatan matematik sebagai berikut :

Untuk material ductile

$$U_T \approx S_u .ef \approx \frac{S_y + S_u}{2} .ef$$

Untuk material brittle

$$U_T \approx \frac{2}{3} .S_u .ef$$

Dimana : U_T = Ketangguhan

y = tegangan luluh

u = tegangan maksimum

f = regangan patah

2.3.4 Tegangan-Regangan Sebenarnya

Tegangan-Regangan teknik yang telah diuraikan di depan tidak memberikan indikasi sebenarnya dari karakteristik deformasi suatu material karena didasarkan pada dimensi awal dari benda uji, dan dimensi ini berubah secara kontinyu selama pengujian dilaksanakan. Tegangan-Regangan sebenarnya (True Stress-Strain) didasarkan pada perluasan penampang melintang benda uji yang sebenarnya didapat saat benda uji terus diberi beban sehingga menghasilkan tegangan sebenarnya. Dan bila regangan selalu diukur dengan pengukuran instant, maka kurva tegangan-regangan yang dihasilkan adalah kurva tegangan-regangan sebenarnya, kurva ini juga dikenal dengan nama “Flow Curve” karena menggambarkan “basic plastic flow” dari material.

Tegangan patah sebenarnya :

$$\sigma_f = \frac{Pl}{A_f}$$

Dimana : A_f = luas penampang melintang setelah patah

Tegangan maksimum sebenarnya:

Diketahui : $\tau_U = \frac{P_{\max}}{A_o}$ dan $\sigma_u = \frac{P_{\max}}{A_u}$. $\epsilon_u = \ln \frac{A_o}{A_u}$

Sehingga $u = \frac{S_u \cdot A_o}{A_u}$ dan $u = S_u \cdot e^{\epsilon_u}$

Dimana : A_u = luas penampang pada saat beban maksimum

3.2 LEMBAR KERJA

Hari, tanggal :

Tujuan : Mahasiswa dapat

- Mempersiapkan perlengkapan uji tarik.
- Melakukan pengujian tarik.
- Membuat kurva tegangan regangan hasil pengujian tarik.
- Menentukan tegangan tarik maksimum, tegangan luluh, dan tegangan patah.
- Menentukan modulus elastisitas bahan.
- Menentukan regangan elastis dan regangan plastis.

Alat dan Bahan : Universal Testing Machine dan specimen uji

Langkah kerja :

1. Melakukan pengukuran – pengukuran pada benda uji. Mengukur panjang, dan diameter.
2. Benda uji dipasang pada mesin pengujian.
3. Memasukkan data benda uji pada computer testing machine
4. Setelah semua data benda uji telah dicatat lengkap, computer secara otomatis akan mengkalkulasikan data yang ada. Barulah pengujian dapat dilaksanakan
5. Mesin dijalankan dengan menekan tombol start pada mesin.
6. Mesin secara otomatis bergerak vertikal menarik benda uji sampai benda uji patah, secara bersamaan komputer secara otomatis mencatat data hasil pengujian.
7. Data hasil pengujian dapat dilihat pada komputer testing machine. Hasil olahan data dari komputer di print.
8. Percobaan selesai

Data pengamatan :

Bahan benda kerja =

Ukuran benda kerja mula-mula: L_0 = mm

l_0 = mm

t_0 = mm

A_0 = $l_0 \times t_0$ = mm²

ΔL (mm)	P (N)	$\epsilon = (\Delta L/L_0) \times 100\%$	$\sigma = P/A_0$ (N/mm ²)
0			
2			
4			
6			
8			
10			
12			
14			
16			
18			
20			
22			
24			
26			
28			
30			
32			
34			
36			
38			
40			
42			
44			
46			
48			
50			
52			
54			
56			
58			
60			
62			

64			
66			
68			
70			

Ukuran benda kerja setelah patah: $L_1 = \dots\dots\dots$ mm

$l_1 = \dots\dots\dots$ mm

$t_1 = \dots\dots\dots$ mm

Gambar Sket benda kerja setelah patah:

Gambar kurva tegangan-regangan:

Tentukan kekuatan tarik maksimumnya, tegangan luluh, tegangan patah, modulus elastisitas, regangan plastis, regangan elastis dan sifat-sifat material tersebut.

F. Pembahasan

G. Kesimpulan

H. Saran

Asisten

()

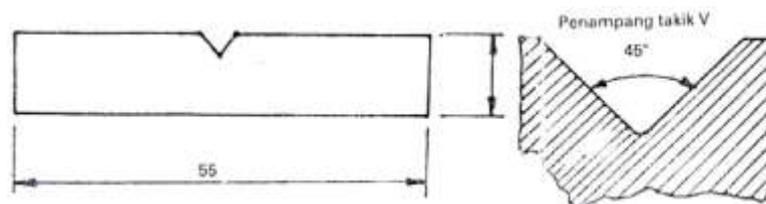
BAB IV

UJI IMPACT

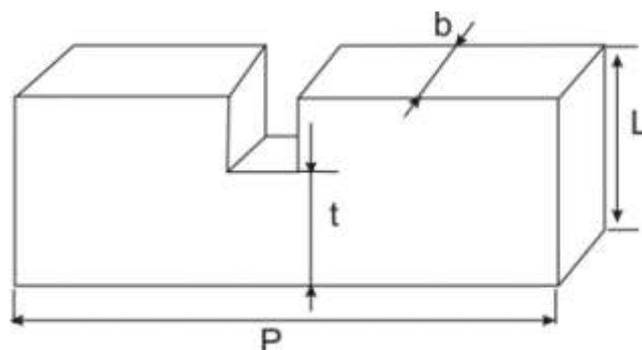
4.1 DASAR TEORI

Uji *impact* digunakan untuk mengetahui kegetasan atau keuletan suatu material dengan pembebanan secara tiba-tiba pada spesimen. Spesimen memiliki takikan sesuai standar JIS Z2202 dan hasil pengujiannya mengakibatkan perubahan bentuk seperti bengkokan atau patahan sesuai tingkat keuletan atau kegetasan spesimen. Mesin uji *impact* digunakan untuk mengetahui harga impact suatu beban yang diakibatkan oleh beban kejut pada spesimen.

Patah getas menjadi permasalahan penting pada baja dan besi. Pengujian *impact charpy* banyak dipergunakan untuk menentukan kualitas bahan. Dalam pembebanan statis dapat terjadi laju deformasi yang tinggi jika bahan diberi takikan. Semakin tajam takikan, maka semakin besar deformasi yang terpusat pada takikan, yang memungkinkan peningkatan laju regangan beberapa kali lipat. Benda uji takikan berbentuk V yang mempunyai keadaan takikan 2 mm banyak dipakai. Sedangkan untuk benda ulet digunakan takikan berbentuk U.



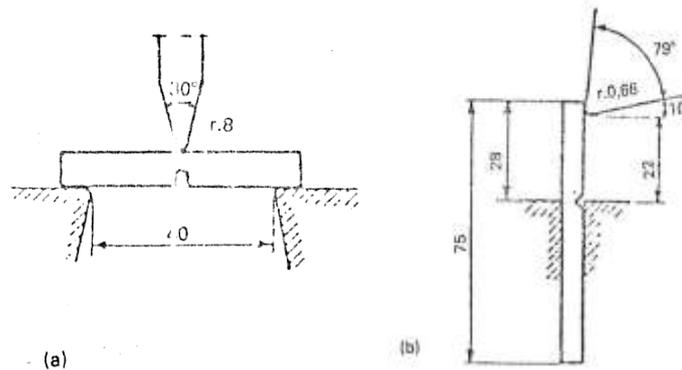
Gambar 4.1 Benda Uji *Impact Charpy* Bentuk V



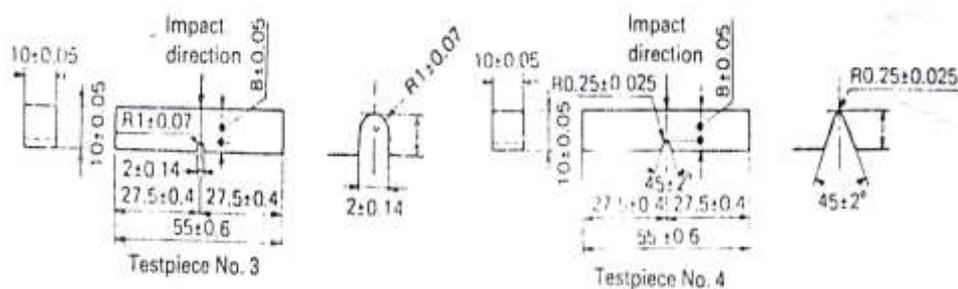
Gambar 4.2 Benda uji *impact charpy* bentuk U

Pada pengujian ini suatu bahan uji yang ditakik (dipukul) oleh pendulum (godam) yang mengayun. Dengan pengujian ini dapat diketahui sifat kegetasan suatu bahan. Cara ini dapat dilakukan dengan *charpy* atau *izod*.

Pada uji *impact charpy*, pendulum diarahkan pada bagian belakang takik dari batang uji. Sedangkan pada uji *impact izod* adalah pukulan pendulum diarahkan pada jarak 22 mm dari penjepit dan takikannya menghadap pada pendulum. Pengerjaan benda uji pada *impact charpy* dan *izod* dikerjakan habis pada semua permukaan. Takikan dibuat dengan mesin fris atau alat *notch* khusus takik.



Gambar 4.3 Sistem Uji *Impact Charpy* Dan *Izod*



Gambar 4.4 Benda Uji Standar JIS Z 2202

Apabila pendulum dengan berat G dan pada kedudukan h_1 dilepaskan, maka akan mengayun bebas sampai kedudukan posisi akhir 4 pada ketinggian h_3 yang juga hampir sama dengan tinggi semula (h_1). Pada mesin uji yang baik,

skala akan menunjukkan usaha lebih dari 0,05 kg.m pada saat pendulum mencapai kedudukan 4.

Apabila batang uji dipasang pada kedudukannya dan pendulum dilepaskan, maka pendulum akan memukul batang uji dan selanjutnya pendulum akan mengayun sampai kedudukan 3 pada ketinggian h_2 . Usaha yang dilakukan pendulum waktu memukul benda uji atau usaha yang diserap benda uji sampai patah dapat dihitung dengan:

$$W_1 = G \times h_1 \text{ (kg m)}$$

dimana :

W_1 = usaha yang dilakukan (kg.m)

G = berat pendulum (kg)

h_1 = jarak awal antara pendulum dengan benda uji (m)

Besarnya usaha yang diperlukan untuk memukul patah benda uji dapat diketahui melalui rumus:

$$W = W_1 - W_2$$

dengan:

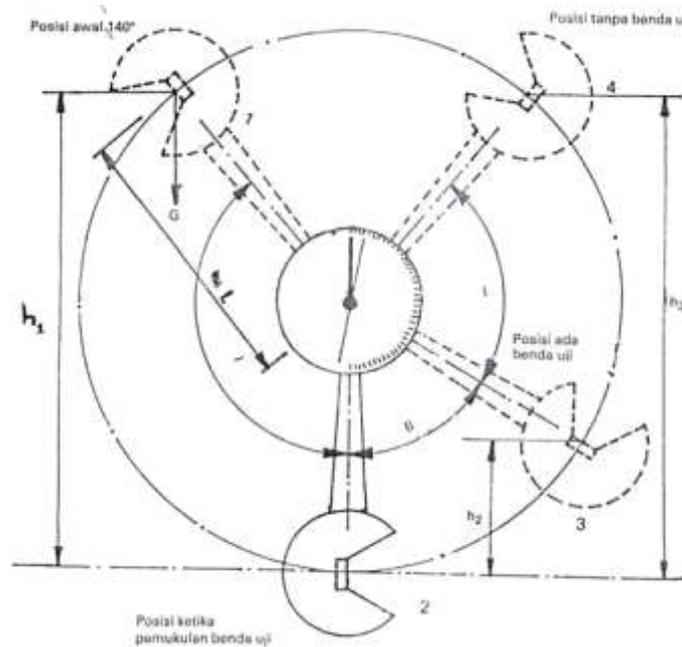
W = usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji (kg m)

W_1 = usaha yang dilakukan (kg m)

W_2 = sisa usaha setelah mematahkan benda uji (kg m)



Gambar 4.5 Mesin Uji *Impact*



Gambar 4.6 Prinsip Dasar Mesin Uji *Impact*

Dan besarnya harga *impact*:

$$K = \frac{W}{A_0}$$

dimana :

K = nilai *impact* (kg m/mm²)

A₀ = luas penampang di bawah takikan (mm²)

4.2 LEMBAR KERJA

Hari, tanggal :

Tujuan :

Alat dan Bahan :

Langkah kerja :

1. Ukur benda kerja lalu catat ukuran dan jenis bahannya.
2. Buat takik pada benda kerja tepat pada bagian tengah dengan ukuran yang sudah ditentukan.
3. Ukur panjang, diameter dan kedalaman takiknya.
4. Bukalah "the safety lock key".
5. Bukalah "triggers".
6. Rentangkan "the outer tup" dan "the inner tup".
7. Pasanglah benda kerja pada "the V notch".
8. Aturilah jarum dial pada angka nol.
9. Tarik "the spring loaded pin" sambil menghentakkan pada knop pelepas pada "triggers", sampai "outer tup" dan "inner tup" berayun.
10. Bacalah pada dial, besar energi yang diserap oleh batang uji (satuan dalam Kg m).

Data pengamatan :

Bahan benda kerja =

Energi tanpa spesimen = Nm

Spesimen	Diameter (b)	Tebal takik (t)	Luas (b.t)	Energi yg diserap (ΔE)
1				
2				
3				

I. Pembahasan

J. Kesimpulan

K. Saran

Asisten

()

BAB V

UJI METALOGRAFI

5.1 DASAR TEORI

Metalografi adalah ilmu yang mempelajari tentang pemeriksaan logam untuk menganalisis sifat, struktur, temperatur, dan persentase campuran logam tersebut. Logam-logam yang telah mengalami perlakuan tertentu baik perlakuan fisik (penempaan, pengerolan, ekstrusi, dsb), termal (pencelupan dingin, pelunakan, normalisir, dsb), atau kombinasi keduanya akan mempunyai sifat-sifat yang berbeda.

Pemeriksaan fisis dapat dibedakan atas pemeriksaan secara makro dan mikro. Pemeriksaan mikro membutuhkan alat bantu berupa mikroskop optik. Scanning Electron Microscope (SEM), atau bahkan Transmission Electron Microscope (TEM). Sedangkan pemeriksaan makro dapat dilakukan dengan mata biasa.

Pemeriksaan makro dilakukan untuk mengetahui jenis pengerjaan mekanis (pengerolan, ekstrusi, penempaan, penekanan, dsb) yang telah dialami oleh sebuah komponen berdasarkan bentuk aliran. Bentuk aliran bahan ini dapat diamati dengan mengetsa komponen dalam larutan etsa.

Pemeriksaan mikro bertujuan untuk memperoleh informasi struktur dalam skala mikro (besar butir, arah dan susunan butir dan fasa-fasa yang ada di dalam kristal logam). Detail struktur mikro yang dapat diamati tergantung pada skala perbesarannya.

Untuk memperoleh gambar struktur mikro yang jelas dan baik sangat bergantung pada persiapan benda kerja dan proses pengetsaannya. Permukaan benda kerja harus rata dan sejajar antara permukaan atas dan bawahnya. Permukaan yang akan diamati dihaluskan dengan kertas ampelas dan dipoles sehingga halus dan tidak terdapat goresan-goresan, kemudian dietsa dengan larutan yang sesuai dengan jenis logamnya.

Adapun langkah-langkah pengujian metalografi adalah sebagai berikut:

1. Pemotongan

Pemotongan *specimen* dengan dimensi yang tidak terlalu besar (< 10×10×10 mm) dan tidak boleh menjadi panas berlebihan dalam proses pemotongan untuk menghindari rusaknya struktur *specimen* tersebut akibat panas.

2. Penyalutan (*Mounting*)

Benda kerja yang kecil sukar dipegang pada proses penggerindaan dan pemolesan, maka perlu disalut terlebih dahulu. Bahan penyalutan yang digunakan adalah termoplastik seperti resin, yang mencair pada temperatur 150 °C.

Tabel 5.1 Bahan-Bahan *Mounting*

NO	Plastik	Tipe	Catatan
1	<i>Phenolic</i> (contohnya bakelit)	<i>Thermosetting</i>	Memerlukan pengontrolan panas dan tekanan dengan secukupnya memberikan bahan pelarut secara perlahan-lahan.
2	<i>Diall phthalete</i> (<i>prepolimer</i>)	<i>Thermosetting</i>	Memerlukan pengontrolan suhu panas antara 130°C - 140°C tekanan, penyusutan rendah, dan karakteristik <i>polishing</i> baik.
3	<i>Phenolic varnish</i>	<i>Thermosetting</i>	Untuk pengisian vakum <i>oxide film</i>
4	<i>Epoxy resin</i> (contohnya <i>Araldite</i>)	<i>Liquid various</i>	<i>Araltide grade</i> ialah suatu cairan tuangan resin yang memberikan penyalutan yang baik tanpa panas dan tekanan, perlahan-lahan waktu proses <i>mounting</i> .
5	<i>Plyvinyl chloride</i>	<i>Thermosetting</i>	Penyusutan rendah, lamban biasa pelarut, tetapi penyelesaian dengan <i>glacialacetic acai</i> .

3. Penggerindaan atau pengampelasan

Proses ini menggunakan kertas ampelas bertingkat dari ampelas kasar sampai halus. Tingkat kehalusan ampelas ditentukan oleh ukuran serbuk silikon karbida yang menempel pada kertas tersebut. Misalnya, terdapat ampelas yang

memiliki tingkat kehalusan hingga 220, angka 220 menunjukkan bahwa serbuk silikon karbida pada kertas ampelas itu bisa lolos dari ayakan hingga mencapai 220 lubang pada luas 1 in² (sekitar 625 mm²).

4. Pemolesan (*polishing*)

Benda uji dipoles menggunakan mesin poles metalografi. Mesin ini terdiri dari piringan yang berputar dengan kain beludru (*selvyt*). Cara pemolesannya, benda uji diletakkan di atas piringan yang berputar, kain poles diberi sedikit pasta oles, umumnya alumina (Al₂O₃). Bila garis-garis bekas pengampelasan masih terlihat, pemolesan diteruskan. Apabila sudah rata, maka *specimen* dibersihkan dan dilanjutkan dengan pengetsaan.

5. Pengetsaan

Hasil pemolesan yang terakhir akan menghasilkan suatu lapisan yang menutupi permukaan struktur logam. Struktur mikro dapat terlihat dengan jelas di bawah mikroskop dengan menghilangkan lapisan tersebut dengan cara mengetsa.

Setelah kita mengetsa, kita langsung dapat melihat 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.

Setelah bahan uji melalui beberapa tahapan, maka benda uji dapat langsung dietsa. Pengetsaan dilakukan dengan cara menempatkan asam yang akan digunakan pada sebuah cawan kemudian mencelupkan permukaan benda uji pada asam tersebut sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan. Setelah itu, benda dicuci dengan air hangat atau *alcohol* untuk menghentikan reaksi dan mengeringkan dengan udara.

Etsa larutan kimia sangat mempengaruhi bentuk permukaan benda uji. Dengan kata lain, baik atau tidaknya hasil pengetsaan dapat dipengaruhi oleh larutan kimia yang digunakan untuk mengetsa .

Setelah bahan uji dietsa, di atas 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, dapat diamati pada mikroskop. Dengan mikroskop, kita dapat menunjukkan adanya perbedaan beberapa elemen yang terkandung dalam bahan uji tersebut. Meskipun demikian, tidak semua proses pengetsaan menghasilkan hasil etsa yang memuaskan bahkan tidak berhasil mengetsa benda yang diuji.

Berikut ini merupakan faktor-faktor penyebab terjadinya kegagalan dalam mengetsa, yaitu :

- (1) Benda kerja terlalu kotor karena terlalu lunak atau berminyak.
- (2) Benda kerja tidak bersih pada waktu dicuci.
- (3) Kurangnya waktu pengetsaan.
- (4) Terlalu lama waktu yang digunakan dalam pengetsaan.
- (5) Salah memilih dan menggunakan cairan etsa (*etching reagent*).

5.2 LEMBAR KERJA

Hari, tanggal :

Tujuan : Mahasiswa dapat:

- Mempersiapkan bahan dan perlengkapan pengamatan mikro.
- Melakukan pengamatan mikro terhadap logam dengan prosedur yang benar.
- Mengidentifikasi struktur mikro bahan yang diperiksa.

Alat dan Bahan :

Langkah kerja :

Data pengamatan :

Gambarstrukturmikrobahan:

.....
.....

Perbesaran: kali	Perbesaran: kali	Perbesaran: kali

Pembahasan

Kesimpulan

Saran

Asisten

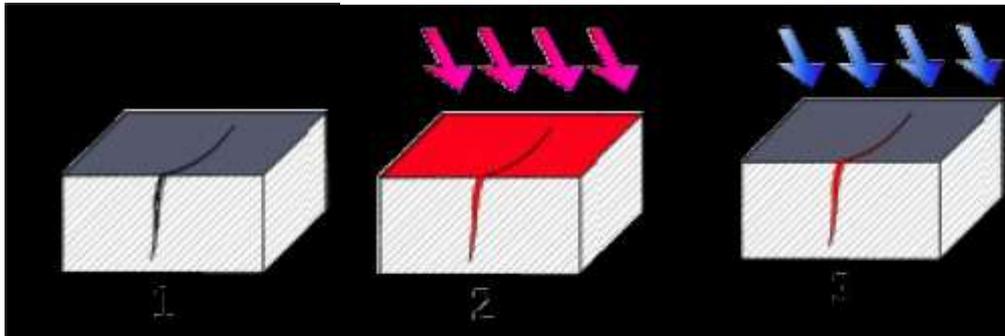
()

BAB VI LIQUID PENETRANT TEST

6.1 DASAR TEORI

Dye Penetrant (penetrant cair) merupakan inspeksi pada cacat yang menggunakan prinsip kapilaritas pada cairan. Prinsip kerjanya adalah dengan menetrasi cacat terbuka pada permukaan benda tak berpori. Uji Tak Rusak (Non Destructive Test) dengan menggunakan cairan penetrant dapat digunakan pada benda ferro dan non ferro, serta alloy dan plastik.

Pengujian ini mempergunakan sifat kapiler benda cair yang tidak kental dan mempunyai tegangan permukaan kecil, biasanya berwarna cerah sebagai penetrant. Benda uji dicelup atau disemprot dengan penetrant sehingga cairan masuk ke dalam retakan pada permukaan benda uji .



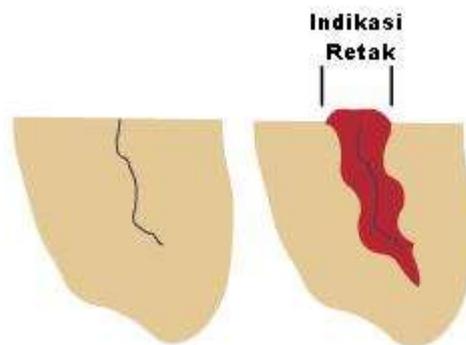
Gambar 6.1 Proses Liquid Penetrant Test

Sedangkan untuk cacat yang tidak sampai ke permukaan cara ini tidak dapat dipakai. Untuk melakukan pengujian dengan metode ini kita harus memastikan beberapa hal seperti:

1. Benda yang diperiksa permukaannya harus bersih terhadap segala macam kotoran, minyak, oli, parafin dan lainnya karena akan menutupi cacat yang diperiksa.
2. Benda yang diperiksa harus dalam keadaan kering dan tidak keropos (porous).
3. Jika permukaan benda dicat, maka hilangkan cat tersebut dengan kertas gosok.

Bahan pembersih benda yang akan diperiksa dapat menggunakan minyak bensin, acetone atau bahan kimia lain yang bersifat serupa dengan bahan pembersih. Sedangkan bahan pembersih untuk membersihkan penetrasi adalah cairan pembersih (cleaner) dan biasanya dijual bersama satu set dengan penetrasi dan developer.

Kelebihan dari inspeksi penetrasi cair adalah menawarkan suatu inspeksi tanpa bantuan alat tambahan sehingga menjadikan cacat lebih mudah dilihat bagi penginspeksi. Ada dua prinsip dasar yang membuat proses inspeksi penetrasi membuat cacat lebih mudah terlihat. Pertama, inspeksi penetrasi cair menghasilkan indikasi cacat yang lebih besar dibanding cacat itu sendiri. Banyak dari cacat yang terlalu kecil sehingga tidak bisa ditangkap oleh mata telanjang.



Gambar 6.2 Perbandingan ukuran keretakan dan indikasinya

Prinsip kedua adalah dihasilkannya indikasi cacat dengan tingkat kontras yang tinggi antara indikasi dan latar belakang sehingga cacat lebih mudah dilihat. Kelemahan pengujian ini adalah pendeteksian cacat hanya bisa dilakukan pada permukaan benda uji.

6.2 LEMBAR KERJA

Hari, tanggal :

Tujuan : Mahasiswa dapat:

- Mempersiapkan benda uji.
- Mengamati retak dengan metode pengamatan langsung dan metode pemberian cairan penetrant

Alat dan Bahan :

- Cleaner
- Penetrant
- Developer
- Plat Weld
- *Stopwatch*
- Kain
- Kamera

Langkah kerja :

- Bersihan (cleaning) permukaan yang akan diinspeksi dan biarkan kering selama 5 menit.
- Pemberian penetran (penetrant application) dan membiarkannya selama 5 menit untuk memberikan kesempatan *liquid penetrant* memasuki celah-celah retakan.
- Pembersihan penetran (penetrant removal)
- Pemberian developer (developer application)
- Evaluasi subjek yang diinspeksi
- Pembersihan akhir dari subjek yang diinspeksi

Data pengamatan :

Pembahasan

Kesimpulan

Saran

Asisten

()