

PENGUJIAN BAHAN

Pengujian bahan bertujuan mengetahui sifat-sifat mekanik bahan atau cacat pada bahan/produk, sehingga pemilihan bahan dapat dilakukan dengan tepat untuk suatu keperluan .

Cara pengujian bahan dibagi dalam dua kelompok yaitu pengujian dengan merusak (destructive test) dan pengujian tanpa merusak (non destructive test).

Pengujian dengan merusak dilakukan dengan cara merusak benda uji dengan cara pembebanan/ penekanan sampai benda uji tersebut rusak, dari pengujian ini akan diperoleh informasi tentang kekuatan dan sifat mekanik bahan.

Pengujian tanpa merusak dilaksanakan memberi perlakuan tertentu terhadap bahan uji atau produk jadi sehingga diketahui adanya cacat berupa retak atau rongga pada benda uji /produk tsb.

Pengujian dengan merusak (destructive test) terdiri dari:

1. Pengujian Tarik (Tensile Test)
2. Pengujian Tekan (Compressed Test)
3. Pengujian Bengkok (Bending Test)
4. Pengujian Pukul (Impact Test)
5. Pengujian Puntir (Torsion Test)
6. Pengujian Lelah (Fatigue Test)
7. Pengujian Kekerasan (Hardness Test).

Pengujian tanpa merusak (non destruktive test) terdiri dari:

1. Dye Penetrant Test
2. Electro Magnetic Test
3. Ultrasonic Test
4. Sinar Rongent

Pengujian Bahan untuk mengetahui struktur mikro dan komposisi bahan dilakukan dengan cara Metalografis dan Spectrograf.

Pengujian tersebut diatas memerlukan piranti keras maupun piranti lunak yang baku dan terstandar, sehingga hasil pengujian dapat diterima berbagai kalangan dan dapat dijadikan acuan sebagai data dalam perancangan sistem maupun produk.

SIFAT-SIFAT MEKANIK BAHAN LOGAM

Sifat-sifat mekanik bahan sangat dipengaruhi oleh jenis dan komposisi bahan logam serta perlakuan terhadap bahan tersebut. Sifat sifat mekanik logam tersebut antara lain, keras (Hardness), Liat (ductile), lunak (malleable), tangguh (Toughness).

Bahan logam dikatakan keras apabila memiliki ketahanan terhadap penetrasi terhadap logam lain atau bahan pembanding standar (sebagai contoh bahan pembanding adalah intan Intan), atau memiliki kemampuan melakukan penetrasi terhadap logam lain. (contoh baja HSS atau HCS, baja karbida)

Bahan Logam dikatakan Liat apabila memiliki kemampuan dibentuk dengan proses penarikan dingin tanpa putus. (contoh tembaga).

Bahan logam dikatakan lunak apabila mampu dibentuk dengan proses penekanan dingin tanpa pecah/retak (contoh : Timah).

Bahan logam dikatakan tangguh apabila mampu menahan pembebanan gabungan dan berulang dalam rentang waktu tertentu tanpa rusak.

Sifat-sifat mekanik tersebut dapat dirubah apabila kita merubah komposisi bahan tersebut atau memberikan perlakuan panas terhadap bahan tersebut.

Bila dikaitkan dengan proses produksi , maka sifat bahan bisa dikategorikan mampu mesin (machine ability) atau tidak mampu mesin ,serta mampu bentuk atau tidak mampu bentuk. Apabila bahan dapat dikerjakan dengan mudah pada mesin konvensional (mesin produksi yang memakai alat potong dan menghasilkan tatal),Disebut mampu mesin. Logam mampu bentuk apabila dapat dibentuk dengan proses penekanan tanpa retak atau pecah.

Sifat – sifat bahan logam tersebut di atas dapat diketahui dengan cara melakukan pengujian- pengujian bahan yang akan dibahas pada buku bahan ajar ini.

PENGUJIAN TARIK

Tujuan : Mengetahui kekuatan tarik maksimum/ tegangan maksimum bahan (Ultimate Tensile Strength/ UTS). Setelah dilakukan pengolahan data hasil pengujian tarik dapat diketahui pula Tegangan lumer (Yield strength), Tegangan Putus (Fracture Strength), Regangan (Strain)). Secara kasar dapat pula diketahui apakah logam tersebut termasuk liat, keras, atau lunak, setelah kita menganalisa grafik pengujian tarik yang terekam dan bekas patahan benda uji tsb.

Pelaksanaan pengujian tarik dilakukan pada mesin uji tarik dengan kekuatan hidrolis sampai 20 Ton (20 KN). Benda uji tarik standar ditempatkan pada alat pengecam di kedua ujungnya, pembebanan tarik dilukan searah sumbu benda uji tarik, laju pembenanan diatur melalui panel kontrol hidrolis, panarikan dilakukan sampai benda uji putus. Data hasil pengujian akan terekam pada grafik hasil uji tarik, berupa besar pembebanan, penambahan panjang (elongation), Pengecilan Penampang (Reduction of area) dan elastisitas bahan.

Dari benda uji tarik dapat diketahui dia. Bahan setelah putus, panjang benda setelah putus.

Data hasil pengujian tersebut kemudian diolah (dihitung) dengan menggunakan rumus-rumus sbb:

Tegangan Lumer : Beban Lumer dibagi luas penampang asal benda uji

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_0} \quad \text{kg/mm}^2$$

Tegangan Tarik : Beban Maksimum dibagi luas penampang asal benda uji

$$\sigma_t = \frac{F_{\max}}{A_0} \quad \text{kg/mm}^2$$

Tegangan Putus : Beban Putus dibagi luas penampang putus benda uji

$$\sigma_p = \frac{F_p}{A_p} \text{ Kg/mm}^2$$

Regangan : Pertambahan panjang dibagi panjang asal benda uji

$$\varepsilon = \frac{L_0 - \Delta l}{L_0} \times 100(\%)$$

Pengecilan Penampang : Selisih/beda luas penampang asal dan penampang putus dibagi luas penampang asal.

$$\phi = \frac{L_p - L_o}{L_o} \times 100\%$$

Elastisitas : Tegangan Tarik dibagi Regangan

$$E = \frac{\sigma_t}{\varepsilon} \text{ Kg/mm}^2$$

Elastisitas adalah Kemampuan bahan melawan perubahan bentuk/deformasi permanen akibat pembebanan.. Bila batas elastis ini dilewati maka bahan akan mengalami perubahan/deformasi permanen, walaupun beban dihilangkan, biasa disebut plastis.

GRAFIK HASIL UJI TARIK

Grafik uji tarik dinyatakan sebagai grafik beban- pertambahan panjang

- Grafik hasil Uji Tarik :
- Grafik Uji Tarik logam keras
 - Grafik Uji Tarik Logam liat/ulet
 - Grafik Uji Tarik logam lunak

Ketiga grafik di atas memiliki perbedaan-perbedaan yang mudah dianalisa, perbedaan tsb. Antara lain :

- Grafik Uji Tarik Logam keras :
- tidak tampak adanya daerah lumer/ batas elastis
 - menjelang benda uji putus beban tidak turun

Grafik Uji tarik logam ulet : - tampak jelas adanya batas lumer/ elastis
- Beban bertambah setelah batas lumer
- Terjadi penurunan beban menjelang benda uji Putus

Grafik Uji tarik logam lunak : - Tidak terlihat adanya batas lumer/elastis
- Terjadi penurunan beban ,menjelang benda uji Putus

Setiap bahan logam memiliki batas elastis, tetapi untuk logam keras karena sulit diamati melalui grafik, maka ditentukan dengan cara sebesar 0,2 % dari regangan. Ditarik garis sejajar thd garis proporsional/elastis grafik sampai memotong grs lengkungan grafik, titik perpotongan tsb ditentukan sebagai batas elastis bahan.

Grafik uji tarik dinyatakan sebagai grafik tegangan- regangan

Keterangan :

Garis a-b : Daerah proporsional (garis lurus), berlaku hukum Hooke, dimana pertambahan panjang berbanding lurus dengan pertambahan beban. Titik b merupakan titik batas elastis.

Garis b-c : Daerah lumer (garis tidak beraturan), dimana pertambahan panjang terjadi lebih cepat pada beban relatif tetap/konstan, pada benda uji terjadi deformasi permanen.

Garis c-d : Terjadi pemadatan struktur logam akibat deformasi, sehingga logam mengalami penguatan diri, sehingga mampu menahan beban lebih besar, diiringi terjadinya pengecilan penampang benda uji dan akhirnya putus pada titik d.

Pada grafik terlihat bahwa garis a-b, membentuk sudut α terhadap garis sumbu datar (garis regangan). Oleh karenanya $tg\alpha = \frac{\sigma}{\epsilon}$, artinya $tg\alpha = E$.

Logam semakin kuat sudut α semakin besar, dan sebaliknya untuk logam lunak sudut α semakin kecil.

BENDA UJI TARIK

Benda uji tarik, bentuk dan ukurannya sudah terstandar, dalam kasus-kasus tertentu diizinkan memakai bentuk dan ukuran benda uji tidak standar.

Bentuk dan ukuran benda uji terstandar disebut juga benda uji proporsional, dan yang tidak terstandar disebut juga benda uji non proporsional.

Bentuk penampang benda uji dapat berbentuk lingkaran atau bentuk segi empat.

Ukuran benda uji yang biasa dipakai standar DP 5 atau DP 10.

DP 5 artinya perbandingan penampang benda uji terhadap panjang benda uji 1/5

$$DP 5 : \frac{D_0}{L_0} = \frac{1}{5} \text{ atau } L_0 = 5 D_0$$

DP 10 : perbandingan penampang benda uji terhadap panjang benda uji 1/10

$$DP 10 : \frac{D_0}{L_0} = \frac{1}{10} \text{ atau } L_0 = 10 D_0$$

Tabel : Ukuran Benda uji Tarik Standar penampang bulat

Specimen	do	Lo	Lt	D1	R
DP 5	5 mm	25 mm	Min 10 mm	10 mm	2,5 mm
DP 10	10 mm	100 mm	Min 20 mm	15 mm	2,5 mm

Tabel : Ukuran benda uji Standar penampang segi empat

Specimen	Tebal (a)	Lebar (b)	Lo	Lt	Lebar B	R
DP 5	1 mm	10 mm	50 mm	Min 20 mm	15 mm	2,5 mm
DP 10	1,5 mm	10 mm	150 mm	Min 25 mm	15 mm	2,5 mm

Syarat benda uji Tarik

1. Tidak ada cacat terutama pada daerah panjang pengujian
2. Tidak terjadi deformasi pada saat proses pembuatan (akibat temperatur, maupun benturan)
3. Pengerjaan teliti ukuran dan halus permukaannya

PENGUJIAN PUKUL

Pengujian Pukul bertujuan untuk mengetahui ketahanan bahan menerima energi pukulan secara tiba-tiba. Prinsip pengujian pukul adalah dengan memberikan Energi pukulan dihasilkan dari ayunan palu pemukul yang dtumbukan terhadap benda uji standar sampai patah. Energi ayunan yang mematahkan benda uji merupakan energi yang diterima, energi inilah yang kemudian dipakai untuk menentukan ketahanan pukul benda uji, dihitung dengan dibagi luas penampang benda uji, ketahanan pukul tsb. Disebut Impat Strenght (IS).

Impact Strenght (IS) merupakan kemampuan bahan menahan/meredam energi pukulan untuk tiap satuan luas penampang bahan.

METODA PENGUJIAN

Pengujian Pukul ada dua metoda yaitu metoda Charpy dan metoda Izod. Kedua Metoda ini dapat memakai mesin yang sama, tetapi cara penjepitan (Clamping) benda uji yang berbeda. Pada Metoda Charpy benda kerja dijepit/ditumpu pada kedua ujungnya, posisi benda uji mendatar, pukulan diarahkan pada bagian tengah panjang benda uji. Pada metoda Izod benda uji dijepit pada salah satu ujungnya, benda uji posisi tegak, pukulan diarahkan pada ujung benda uji yang bebas/tidak dijepit.

Impact Strenght (IS) dihitung dengan cara: Energi pukul yang diterima/diredam benda uji dibagi luas penampang benda uji.

Energi ayunan yang diberikan : $E_b = G \times R \cos \alpha$ Kgm

Energi ayunan Terbuang : $E_t = G \times R \cos \beta$ Kgm

Energi ayunan yang diterima : $E_i = G \times R (\cos \beta - \cos \alpha)$ Kgm

Luas Penampang benda uji standar : $A_o = \text{Lebar} \times \text{tebal} = 10 \times 5 = 50 \text{ mm}^2$

$$\text{Ketahanan pukul :IS} = \frac{G.R(\cos \beta - \cos \alpha)}{A_0} \frac{\text{Kgm}}{\text{mm}^2}$$

BENDA UJI PUKUL

Benda uji pukul berbentuk panampang bujur sangkar 10 mm x 10 mm, dengan panjang 55 mm, pada bagian tengah panjang benda uji dibuat cacat lekuk/ takik (noct) benbentuk “V” atau “U” atau lubang kunci, sedalam 5 mm. Lihat gambar.

Gbr. Benda uji Pukul

Untuk memperoleh hasil pengujian yang teliti, perlu diperhatikan hal-hal sbb.

1. Pengerjaan benda uji harus teliti ukuran dan tidak cacat.
2. Tidak terjadi deformasi pada bahan pada saat dibuat.
3. Hambatan udara dan hambatan gesekan diperhitungkan, dengan cara melihat pada saat palu diayunkan bebas, lihat sudut ayunan awal dan akhir, perbedaan sudut diakibatkan hambatan udara dan gesekan.
4. Lakukan pengujian pada bahan sejenis 5 kali pengujian.

PENGUJIAN KEKERASAN

Kekerasan adalah kemampuan bahan menahan penetrasi/penusukan/goresan dari bahan lainya (biasanya bahan pembanding standar: / intan), sampai terjadi deformasi tetap.

SKALA MOHS

Mohs telah menetapkan urutan skala kekerasan beberapa bahan sebb:

Bahan	Skala kekerasan
Grafit	0,5 – 1
Talk	1
Kapur Batu	2
Kapur	3
Spaat lumer	4
Apatit	5
Baja Lunak	Kira-kira 6
Spaat	6
Kwarsa	7
Topaz	8
Baja dikeraskan	Kira-kira 8
Korundum	9
Intan	10

Daftar diatas menunjukan bahwa Intan merupakan bahan paling keras dengan skala kekerasan 10, artinya intan mampu melukai/menggores bahan lainya secara permanen. Jadi bahan dengan skla kekerasan tinggi mampu melakukan penetrasi terhadap bahan lainya dengan skala kekerasan lebih rendah.

PENGUJIAN KEKERASAN METODA BRINELL

Pengujian kekerasan Brinell dilaksanakan oleh alat uji Brinell, dengan memakai penetrator (identor) Bola Baja yang dikeraskan. Bola Baja tsb ditekan terhadap benda uji dengan beban standar, sampai menimbulkan bekas/tapak penekanan yang tetap. Ukuran kekerasan Brinell dihitung dengan cara beban yang diberikan dibagi luas tapak tekan.

Kekerasan Brinell (Brinell Hardness Number/ BHN) : $BHN = \frac{P}{A}$ Kg/mm²

Dimana P = Beban (Kg) dan A = Luas tapak tekan (mm²)

Gbr. Pengujian Brinell

Pengujian Brinell diperuntukan menguji bahan-bahan logam lunak, non ferro atau baja lunak /mild steel, jangan dipakai untuk logam keras (diatas 400 BHN) sebab akan merusak indentor.

Untuk menghasilkan pengujian yang akurat , harus tepat dalam memilih indentor dan pembebanan serta memperhatikan syarat syarat tertentu.

Pemilihan Indentor terhadap tebal benda uji

Tebal Benda uji	Diameter Indentor
3 – 6 mm	2,5 mm
6 – 10 mm	5 mm
Lebih 10 mm	10 mm

Penentuan beban penekanan terhadap jenis bahan yang diuji dan waktu pembebanan

Bahan benda uji	Beban (Kg)	Waktu
Baja Lunak	$P = 30 D^2$	15 detik
Logam non Ferro Dan paduannya	$P = 5 D^2$	30 detik
Logam Lunak (Timah)	$P = 2,5 D^2$	100 detik

Dari proses penekanan akan dihasilkan tapak tekan pada permukaan benda uji, tapak tekan tersebut diproyeksikan pada layar mesin dengan perbesaran 10 kali sampai 50 kali, diameter tapak tekan kemudian diukur pada layar dengan memakai alat ukur dengan skala yang sesuai. Pengukuran dilakukan sampai tapak tekan membekas dengan permanen .Selanjutnya dihitung luas tapak tekan dengan rumus:

$$A = \frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2}) \text{ (mm}^2 \text{)}$$

$$\text{Jadi BHN} = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} \right)$$

Contoh penulisan Hasilnya ditulis :HBN 10/3000/15 = 300

Artinya:

BHN = Brinell Hardness Number

10 = Diameter Bola Baja Indentor 10 mm

3000 = Beban 3000 Kg

15 = Penahanan Beban 15 detik

Hal yang harus diperhatikan agar pengujian akurat

1. Benda uji dipersiapkan dengan baik, permukaannya harus halus ,rata, sejajar dan terbebas dari kotoran.
2. Pemilihan bola baja, Beban dan tebal benda uji harus sesuai
3. Waktu Pembebanan harus sesuai

4. Pengujian lebih dari 3 kali penekanan, jarak penekanan satu dengan lainnya harus lebih besar dari 1,5 dia. Indentor

5. Pengukuran tapak tekan harus cermat. .

Temuan empirik berlaku khusus untuk baja lunak : terdapat hubungan

Kekuatan Tarik dan kekerasan Brinell; $\sigma_t = 0,35 \text{ BHN}$