

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 pajang 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) berbentuk "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 menunjukkan 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:

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

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

Dimana : P = Beban (Kg)

D = Diameter Indentor (mm)

d = Diameter tapak tekan (mm)P

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; $\sigma_t = 0,35 BHN$

PENGUJIAN VICKERS

Prinsip Pengujian Vickers sama seperti Pengujian Brinell. Dimana Indentor ditusukan/ditekan terhadap benda uji dengan beban tertentu, sampai menghasilkan tapak/bekas penekanan yang permanen, indentor yang dipakai adalah piramida intan dengan sudut puncak 136^0 . Bekas tapak tekan diukur diagonalnya , untuk dipakai menghitung luasnya. Kekerasan Vickers dihitung dengan cara beban dibagi oleh luas penampang tapak tekan.. Untuk menghasilkan tapak tekan yang akurat , pembebanan ditahan 15 detik untuk logam keras, dan 30 detik untuk logam lunak/ulet.

$$HV = \frac{P}{A} (Kg / mm^2)$$

$A = a^2 (mm^2)$ dimana $a =$ panjang sisi tapak tekan (mm)
 $a = 2 \sin 68^0 \cdot d$

$$A = (2 \sin 68^0 \cdot d)^2$$

$d =$ diagonal tapak tekan

$$\text{Jadi } HV = 1,854 \frac{P}{d^2} (Kg/mm^2)$$

Grr. Prinsip Pengujian Vickers

Pengujian Vickers dapat dipakai untuk segala jenis bahan logam dan berbagai ketebalan, pembebanan dapat dipilih mulai 1 Kg sampai 120 Kg., tetapi yang sering dipakai adalah 30 Kg, 50 Kg dan 120 Kg. Pemilihan beban harus memperhatikan ketebalan bahan uji dan kekerasannya. Pada dasarnya makin keras

bahan uji makin besar beban dan untuk bahan uji tipis lebih ringan beban. Hasil Pengujian Vickers ditulis : HV 30= 270 (contoh)

HV = Hardness Vickers

30 = Beban yang dipakai

270 = Nilai kekerasan Vickers

Pedoman penentuan beban dikaitkan dengan jenis bahan dan ketebalan bahan uji, secara empirik dapat diambil berdasarkan tabel berikut.

Tabel Hubungan jenis bahan uji , beban dan waktu pembebanan

Jenis Bahan	Beban (Kg)	Waktu Pembebanan
Baja Lunak (Mild Steel) Besi Cor	30,50	20 detik
Baja karbon tinggi, Baja dikeraskan Baja Karbida	120	15 detik

Tabel Hubungan Tebal benda uji dan beban

Tebal Benda Uji (mm)	Beban (Kg)
1 - 6	30
6 - 10	50
Lebih 10	120

Hal yang harus diperhatikan agar pengujian akurat

1. Benda uji dipersiapkan dengan baik, permukaannya harus halus ,rata, sejajar Terbebas dari kotoran
2. Pemilihan 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. Tapak tekan
5. Pengukuran tapak tekan harus cermat. .

Catatan :

1. Pengujian Vicker sebaiknya digunakan untuk bahan dengan kekerasan HV 400
2. Kekerasan HV secara empirik hampir 3 kali Tegangan Tarik
 $HV = 3 \sigma_t$

Hubungan antara kekerasan Brinell dan kekerasan Vicker (BHN10-3000 dan HV) Dapat dilihat pada Grafik berikut.

Grafik Hubungan BHN dan HV

PENGUJIAN ROCKWELL

Pengujian Rockwell berbeda prinsip dengan pengujian kekerasan Brinell dan Vickers. Pada pengujian Rockwell kekerasan bahan ditentukan berdasarkan dalamnya penembusan yang terjadi akibat penekanan indentor. Dalamnya penembusan tersebut kemudian diterjemahkan sebagai kekerasan bahan menurut skala Rockwell, setelah dimanipulasi dengan bilangan tertentu.

Indentor yang dipakai yaitu bola baja yang dikeraskan dengan dia. 1/16 inci dan Kerucut intan dengan sudut puncak 120°. Kedua Indentor ini dipakai untuk menguji Berbagai jenis bahan dengan ketentuan yang diatur oleh skala yang berjumlah 16, Akan tetapi yang paling banyak dipakai hanya tiga skala saja yakni skala A, B dan C. Sehingga masing-masing disebut Pengujian Rockwell A, B dan Rockwell C, ketiganya dianggap sudah dapat mewakili keseluruhan skala yang ada.

Pemakaian Skala Rockwell A, B dan C dihubungkan dengan jenis bahan yang diuji dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel Pemakaian Pengujian Rockwell

Skala	Indentor	Beban	Bahan yang di uji
A	Intan Kerucut	60 Kg	Baja Keras hasil pengerasan kulit Atau baja keras tipis/plat
B	Bola baja $\frac{1}{16}$ inci	100 Kg	Baja Lunak, logam non ferro dan paduannya
C	Kerucut Intan	120 Kg	Baja keras atau hasil pengerasan Baja karbida

Catatan : Beban tersebut termasuk beban awal 10 Kg.

Hasil kekerasan Rockwell dapat dibaca langsung , yang ditunjukkan oleh alat pencatat kekerasan sesuai dengan skala kekerasan yang dipakai. Jika indentor yang dipakai Kerucut Intan (skala Kekerasan Rockwell A dan C) , skala ukuran yang dipakai ditulis warna hitam; Indentor Bola baja (Skala Kekerasan Rockwell B), skala ukuran yang dipakai ditulis warna merah. Angka kekerasan tersebut akan ditunjukkan langsung oleh jarum penunjuk.

Contoh Penulisan hasil kekerasan : HRA 40; atau HRB 60 atau HRC 54.

Pada pelaksanaanya , pembebanan diawali dengan beban awal 10 Kg, dan jarum akan bergerak, tunggu sampai berhenti bergerak, kemudian tambah beban utama (lihat tabel di atas). Jarum akan bergerak, setelah berhenti bergerak, lihat jarum menunjuk angka tertentu. Angka tsb merupakan ukuran kekerasan bahan yang diuji.

Gbr. Prinsip Pengujian Rockwell

Untuk memperoleh hasil pengujian yang akurat, maka bahan harus dipersiapkan dengan baik (seperti pada pengujian Brinell dan Vicker) dan lakukan pengujian sedikitnya tiga kali penekanan pada bahan yang sama pada posisi berbeda dengan jarak yang memadai.

PENGUJIAN SKLEROSKOP SHORE

Prinsip Pengujian kekerasan dengan Skleroskop Shore adalah dengan cara mengukur tinggi pantulan bobot seberat 1,5 gram (baja yang beujung intan), yang dijatuhkan dari ketinggian tertentu (kira-kira 20 CM) terhadap permukaan benda uji. Tinggi pantulan dibaca melalui tabung kaca yang diberi garis-garis skala ukuran kekerasan. Cara ini cocok dilakukan untuk menguji kekerasan benda uji tipis atau baja hasil pengerasan kulit atau menguji kekerasan hasil pelapisan khrom. Pengujian ini juga tidak meinggalkan bekas/cacat, sehingga tidak merusak tampilan produk jadi.

Gbr. Prinsip Pengujian Skleroskop Shore

PENGUJIAN POLDI HAMMER (PALU POLDI)

Prinsip Pengujian *Poldi Hammer* adalah dengan cara menumbukan bola baja kecil (dia 1,5 mm) memakai kekuatan pegas terhadap permukaan benda uji, pada benda uji akan meninggalkan bekas tumbukan. Ukuran diameter bekas tumbukan tersebut kemudian diukur dan dirujuk terhadap tabel standar untuk menentukan kekerasan bahan yang diuji.

Alat ini ukurannya kecil sehingga dapat dibawa dengan mudah, dan dapat dipakai menguji kekerasan komponen /alat yang masih terpasang dalam suatu konstruksi.

Gbr. Prinsip Pengujian Palu Poldi

PENGUJIAN BENGKOK (BENDING TEST)

Tujuan pengujian bengkok adalah mengetahui ketahanan bengkok suatu bahan. Pengujian dapat dilakukan terhadap logam keras/getas seperti besi cor atau terhadap logam liat/ulet.

Benda uji berbentuk penampang bulat dia. 20mm atau 30 mm ,sepanjang 450 mm atau 650 mm ,ditumpu pada kedua ujungnya dengan jarak tumpu 400 mm atau 600 mm, kemudian pada tengah batang uji tersebut diberi beban dengan tekanan alat penekan.hidrolik.,beban bertambah secara teratur

Pelaksanaan pengujian logam keras/getas dilakukan sampai benda uji patah, kemudian dihitung ketahanan bengkoknya, sedangkan untuk logam liat pengujian dilaksanakan sampai benda uji bengkok mencapai sudut tertentu (biasanya 30,60 atau 90⁰) atau sampai benda uji berbentuk U. Pada kondisi pembengkokan seperti diatas benda uji tidak boleh retak atau patah.

Ketahanan bengkok dihitung dengan rumus; $\sigma_b = \frac{Mb}{Wb}$ Kg/mm²

Dimana Mb = P . L Kgmm

$$Wb = \frac{\pi}{32} d^3 \text{ (mm}^3\text{)}$$

Keterangan P = Beban maksimum (Kg)

L = Jarak tumpuan (mm)

W= Momen tahan thd lengkung

Tabel. Ukuran benda uji bengkok

Diameter (mm)	Panjang (mm)	Jarak Tumpu (mm)
10	250	200
20	450	400
30	650	600

Defleksi atau jarak lenturan yang terjadi terhadap benda uji, dipengaruhi oleh nilai elastisitas bahan , untuk baja nilai modulus elatis umumnya : E = 21000 Kg/mm²

Besar defleksi dapat dihitung dengan rumus:

$$f = \frac{P.l^3}{48EI} \text{ (mm) sehingga } E = \frac{Pl^3}{48If} \text{ (Kg/mm}^2\text{)}$$

dimana f= defleksi (mm)

P= Beban penekanan (Kg)

l = Jarak tumpu (mm)

E = Modulus elatis bahan (Kg/mm²)

I = Momen kelembaman (mm⁴)

Untuk benda uji penampang bulat $I = \frac{\pi}{64} d^4$ (mm⁴)

Gbr. Prinsip Pengujiang Bengkok

Tabel . Perbandingan sifat mekanik beberapa bahan

Bahan	σ_t (Kg/mm ²)	Regangan (%)	Kekerasan Brinell	Elastisitas (Kg/mm ²)	σ_y (kg/mm ²)
Besi tuang	14	s/d 0,5	120	7000	
Bt perlitis	24	s/d 0,5	200	11.000	
Bt nodular	70	3			
Bt tempa	30-60	10		20.000	
Baja St 52	52	18	175	21.000	26
Alumunium	9	36	22	7800	3
Silumin (pad.Al)	17	6	55	7200	8
Tembaga	17	35	60	12.000	10
Kuningan 63	15	7	45	10.500	13
Perunggu					
Gbr10-2	22	12	65	10.000	10
Seng	14	50		10.000	7
Magnesium	18	5	32	4400	14

PENGUJIAN LELAH (FATIGUE TEST)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan menahan pembebanan dinamis, ketahanan bahan diukur terhadap jumlah siklus yang mampu ditahan benda uji sampai benda uji tersebut patah, setara dengan berapa lama bahan tersebut mampu bertahan menerima pembebanan dinamis. Beban yang diterima benda uji dibedakan atas beban tarik, beban lengkung, lengkung yang berputar dan puntiran.

Berdasarkan penelitiannya, Wohler menemukan bahwa, untuk memperoleh usia pakai yang lebih panjang, maka pebebanan dinamis harus lebih rendah dari tegangan lumer bahan. Lihat grafik di bawah ini

Grafik Hubungan pembebanan dinamis thd jumlah siklus beban dinamis

Pelaksanaan pengujian lelah dilakukan pada mesin/alat seperti yang digambarkan berikut.

Gambar. Prinsip Pengujian Lelah

Benda uji berpenampang bulat (poros) ditempatkan pada bagian pemegang benda uji yang dapat berputar. Pada bagian tengah panjang benda uji ditempatkan beban radial/tegak lurus terhadap sumbu benda uji (menggantung), yang dilengkapi bantalan. Pada saat benda uji diputar oleh putaran motor listrik, maka poros akan menerima beban dinamis secara kontinyu. Pada kedua sisi poros akan menerima pembebanan yang berbeda, sisi atas menerima tekanan, sisi bawah menerima tarikan, keadaan ini akan berubah terus menerus, sehingga poros akan menerima tegangan dinamis positif dan negatif yang sama besar, dan akhirnya akan patah tanpa terjadi pengecilan penampang. Putaran motor tidak boleh melebihi 10.000 rpm. Apabila pengujian sampai 10^7 siklus benda uji belum patah, maka bahan tsb akantahan pula untuk jumlah siklus yang lebih besar, sebab pada titik tersebut garis grafik wohler sudah datar. Hasil percobaan ini memberikan informasi lebih akurat, disebabkan dalam kenyataan dalam kontruksi sebenarnya lebih sering terjadi pembebanan dinamis, seperti pada poros- poros transmisi.

PENGUJIAN RANGKAK (CREEP TEST)

Pengujian rangkak bertujuan mengetahui perubahan regangan bahan akibat pengaruh panas. Pelaksanaannya benda uji diberi beban tarik dalam keadaan panas (konstan/tetap) dalam rentang waktu tertentu. Besar beban yang diberikan sebesar beban lumer bahan yang bersangkutan atau lebih kecil, temperatur benda uji untuk baja berkisar 350°C , waktu penarikan 100 jam dan kelipatannya, sampai 100.000 jam. Setelah selesai dan benda kerja dingin diukur berapa regangannya.

Pada umumnya logam kekuatan tarik akan berkurang sejalan dengan bertambahnya suhu, awal pengurangan perlahan semakin lama semakin cepat. Jika baja pada temperatur tinggi dibebani oleh beban dibawah batas lumer, akan terjadi pertambahan panjang permanen, semakin lama pembebanan pertambahan panjang semakin besar, dan pada saat waktu tertentu benda uji akan patah, peristiwa ini disebut perangkakkan (Inggris : to creep). Kecepatan rangkak akan bertambah selaras dengan tingginya temperatur.

Percobaan ini sangat berguna untuk memilih bahan untuk bejana tekan dengan temperatur tinggi, misal ketel uap. agar dapat ditentukan usia pakainya.

Karena pengujian rangkak ini memakan waktu lama, maka ditentukan percobaan yang tidak terlalu lama, dengan batasan-batasan sbb:

Batas Kecepatan rangkak, yakni tegangan pada temperatur yang ditentukan, kecepatan rangkak rata-rata 0,001% tiap jam, lama pengujian 24 jam

Batas Regang rangkak, yakni tegangan pada temperatur yang ditentukan, pertambahan panjang permanen sebesar 0,2% dari panjang benda uji, lama percobaan 45 jam.

Jika suatu alat atau komponen dalam beroperasinya akan menerima panas, maka pembebanan yang diberikan harus diberikan dibawah batas lumernya, untuk mengatasi terjadinya *creep*.

Percobaan lain:

Lantak, tekan, lengkung bolak-balik, putus geser, percobaan kempa dan vakum untuk bejana tekan. (tugas mahasiswa untuk mencari).

PENGUJIAN TANPA MERUSAK (NON DESTRUCTIVE TEST)

1. PENGUJIAN DENGAN SINAR RÖNTGEN

Pengujian sinar rontgen digunakan untuk memeriksa cacat pada logam atau produk logam, Cacat dimaksud adalah cacat retak atau cacat rongga atau cacat pori yang sulit dilihat mata. Pengujian dilaksanakan dengan cara penyinaran terhadap benda kerja langsung, hasil penyinaran direkam dalam film negatif yang ditempatkan dibalik benda kerja. Sinar rontgen akan lebih mudah menembus pada bagian benda yang retak atau berongga, sehingga intensitas cahaya masih cukup kuat pada saat menembus logam, dengan demikian akan lebih kuat menyinari film negatif, dan akan terekam lebih terang (putih). Sebaliknya pada logam yang padat lebih sulit ditembus, terekam pada film lebih gelap. Kekuatan penembusan sinar rontgen dipengaruhi oleh jenis bahan, tebal benda kerja dan panjang gelombang sinar rontgen. Sinar rontgen dihasilkan dari sebuah tabung pembangkit, makin besar daya listrik yang dipakai, makin kuat daya penembusannya. Untuk daya 150 KV mampu menembus baja 50mm sampai 55mm. Daya 300KV mampu menembus baja sedalam 100 mm sampai 110 mm. Untuk logam-logam lunak, seperti Aluminium mampu menembus lebih dalam (150 KV menembus 300mm). Pemeriksaan cacat hasil las, benda hasil coran, tepat diperiksa dengan cara ini, karena cacat retak, rongga, pori dapat dideteksi dengan baik. Pada pelaksanaan pengujian dianjurkan memakai tegangan yang paling rendah dengan waktu penyinaran 5 – 8 menit

Gambar. Prinsip pengujian Rontgen

2. Pengujian Dye Penetrant

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui cacat retak yang tembus ke permukaan Logam atau benda kerja. Pelaksanaan pengujian dengan cara melumuri (di kwas atau disemprot atau dicelupkan) benda yang akan diuji oleh suatu cairan yang mengnadung floresen. Dengan tujuan agar cairan floresen tersebut mengisi bagian yang retak. Kemudian dikeringkan, dan terus dibersihkan memakai air, dan dikeringkan kembali. Kemudian dilihat dengan cara disinari oleh sinar ultra violet, maka cairan floresen yang mengisi bagian retak pada logam akan terlihat dengan jelas karena memancarkan cahaya

3. Pengujian Manetografis

Pengujian ini bertujuan mengetahui cacat retak atau rongga pada logam atau produk logam. (Baja, besi cor dan sejenisnya).

Pada pengujian magnetografis, maka benda kerja yang akan diperiksa terlebih dahulu dijadikan magnit, kemudian ditaburi serbuk besi/baja yang halus . Dengan pengujian ini dapat diketahui retak, rongga pada produk logam yang sulit dilihat oleh mata, pada umumnya cacat terbuka pada permukaan benda kerja.

Pada benda kerja yang mulus tidak ada cacat, maka serbuk logam akan menempel secara homogen/merata pada seluruh permukaan benda kerja. Jika ada cacat maka serbuk logam akan menempel lebih banyak pada sekitar cacat.

Gbr. Prinsip Pengujian Magnetografis

Untuk mengubah benda kerja menjadi magnet dapat digunakan arus AC atau arus DC. Memakai AC akan mendeteksi cacat retak permukaan karena pengaruh *skin effect*, memakai arus DC dapat ditemukan cacat yang lebih dalam.

4. PENGUJIAN METALOGRAFIS

Pengujian ini bertujuan mengetahui struktur mikro bahan logam. Hasil pengujian berupa foto struktur mikro bahan yang diperbesar sampai 5000 kali, atau visualisasi langsung memakai mikroskop optik. Dari visualisasi tersebut dapat dilihat bentuk struktur mikro bahan dan jenis struktur mikro bahan. Jika pengujian memakai alat yang lebih canggih dapat pula diketahui komposisi bahan selain bentuk dan jenis struktur mikro bahan yang diuji.

Pengujian ini, agar memperoleh hasil yang baik diperlukan langkah-langkah persiapan sebagai berikut:

- 1) Persiapan bahan uji (sampel)
 - a. Ambil sebagian kecil (10X 10 mm) sebagai sampel
 - b. Ikat bahan sampel tsb. Memakai resin plastik atau lak, agar mudah dipegang pada saat dipoles.
 - c. Haluskan permukaan benda kerja sampai mencapai kehalusan N6 (seperti kaca) gunakan kertas ampelas no. 600
 - d. Dipoles memakai kompon atau serbuk amril
 - e. Bersihkan permukaan benda uji memakai cairan etsa (asam sulfat) dari lemak dan kotoran lain.
 - f. Cuci benda uji pakai air bersih
 - g. Keringkan (jaga jangan kotor lagi atau dipegang bagian permukaannya)
- 2) Pelaksanaan pengujian
 - a. Tempatkan benda uji pada meja uji (dibawah alat foto atau mikroskop optik dengan baik, tidak miring)
 - b. Atur fokus dan skala perbesaran alat foto atau mikroskop
 - c. Lakukan pemotretan atau visualisasi langsung
 - d. Analisa dan hasil pengujian

Gambar/foto berikut adalah beberapa contoh hasil pengujian metalografis

TUGAS PRAKTEK PENGUJIAN BAHAN

A. Destructive test

1. Pengujian Tarik
2. Pengujian kekerasan (Rockwell)
3. Pengujian Pukul
4. Pengujian bending

B. Non Destructive test

1. Metalografis test
2. Pengujian dye penetrant
3. Pengujian Ultrasonic

Buat laporan tertulis hasil praktek pengujian tersebut diatas, mencakup

1. Persiapan
2. Pelaksanaan Pengujian
3. Analisa hasil pengujian
4. Kesimpulan

BUKU SUMBER

- 1.