

BAB II

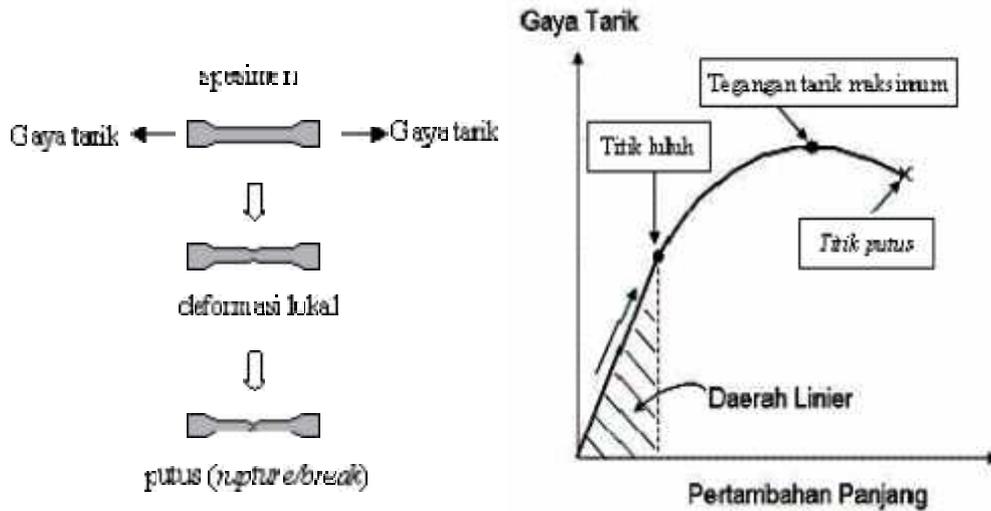
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pandangan Umum terhadap Mesin Uji Tarik

Untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan, tentu kita harus mengadakan pengujian terhadap bahan tersebut. Ada empat jenis uji coba yang biasa dilakukan, yaitu uji tarik (*tensile test*), uji tekan (*compression test*), uji torsi (*torsion test*), dan uji geser (*shear test*). Dalam tulisan ini kita akan membahas tentang uji tarik dan sifat-sifat mekanik logam yang didapatkan dari interpretasi hasil uji tarik.

Uji tarik adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, misalnya di Amerika dengan ASTM E8 dan Jepang dengan JIS 2241. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*). Brand terkenal untuk alat uji tarik antara lain adalah antara lain adalah Shimadzu, Instron dan Dartec.

Banyak hal yang dapat kita pelajari dari hasil uji tarik. Bila kita terus menarik suatu bahan (dalam hal ini suatu logam) sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva seperti digambarkan pada Gambar 1. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut.



Gambar 1 Gambaran singkat uji tarik dan datanya

Biasanya yang menjadi fokus perhatian adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban. Kemampuan ini umumnya disebut “*Ultimate Tensile Strength*” disingkat dengan **UTS**, dalam bahasa Indonesia disebut tegangan tarik maksimum.

A. Hukum Hooke (*Hooke’s Law*)

Untuk hampir semua logam, pada tahap sangat awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau *linear zone*. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang vs beban mengikuti aturan Hooke sebagai berikut:

Rasio tegangan (stress) dan regangan (strain) adalah konstan Stress adalah beban dibagi luas penampang bahan dan strain adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan.

$$= F/A \dots\dots\dots(Lit 4)$$

$$= L/L \dots\dots\dots(Lit 4)$$

Keterangan:

- F : gaya tarikan (N) : stress/tegangan (N/ m²)
- A : luas penampang (m²) : strain/regangan
- L : pertambahan panjang (m) L : panjang awal (m)

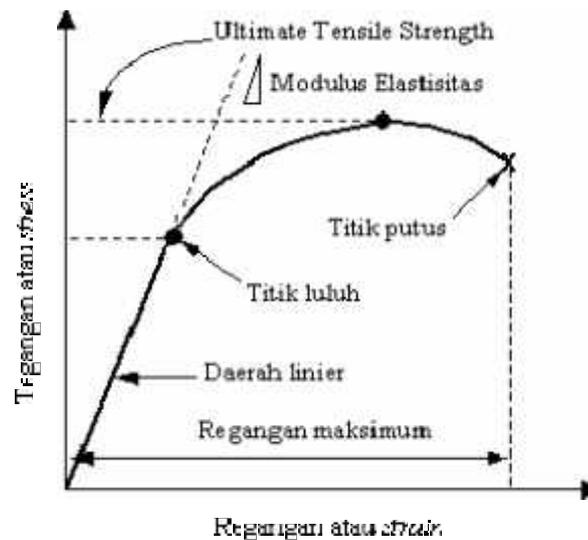
Hubungan antara stress dan strain dirumuskan:

$$E = \frac{\text{stress/tegangan}}{\text{strain/regangan}} \dots\dots\dots(\text{Lit 4})$$

Keterangan:

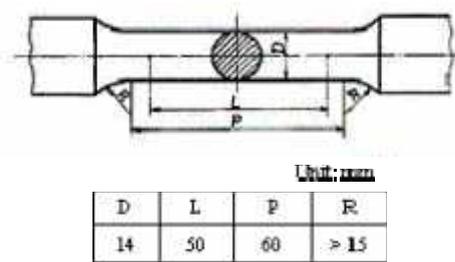
- E : Modulus Elastisitas (N/m^2)
- : *stress/tegangan* (N/m^2)
- : *strain/regangan*

Untuk memudahkan pembahasan, Gambar 1 kita modifikasi sedikit dari hubungan antara gaya tarikan dan pertambahan panjang menjadi hubungan antara tegangan dan regangan (*stress vs strain*). Selanjutnya kita dapatkan Gambar 2, yang merupakan kurva standar ketika melakukan eksperimen uji tarik. E adalah gradien kurva dalam daerah linier, di mana perbandingan tegangan () dan regangan () selalu tetap. E diberi nama “*Modulus Elastisitas*” atau “*Young Modulus*”. Kurva yang menyatakan hubungan antara *strain* dan *stress* seperti ini kerap disingkat kurva SS (*SS curve*).

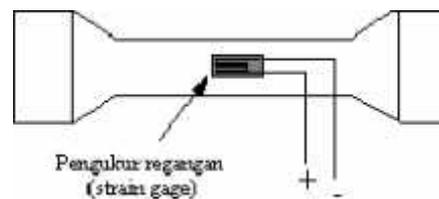


Gambar 2 Kurva tegangan-regangan

Bentuk bahan yang diuji, untuk logam biasanya dibuat *spesimen* dengan dimensi seperti pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3 Dimensi spesimen uji tarik (JIS Z2201)

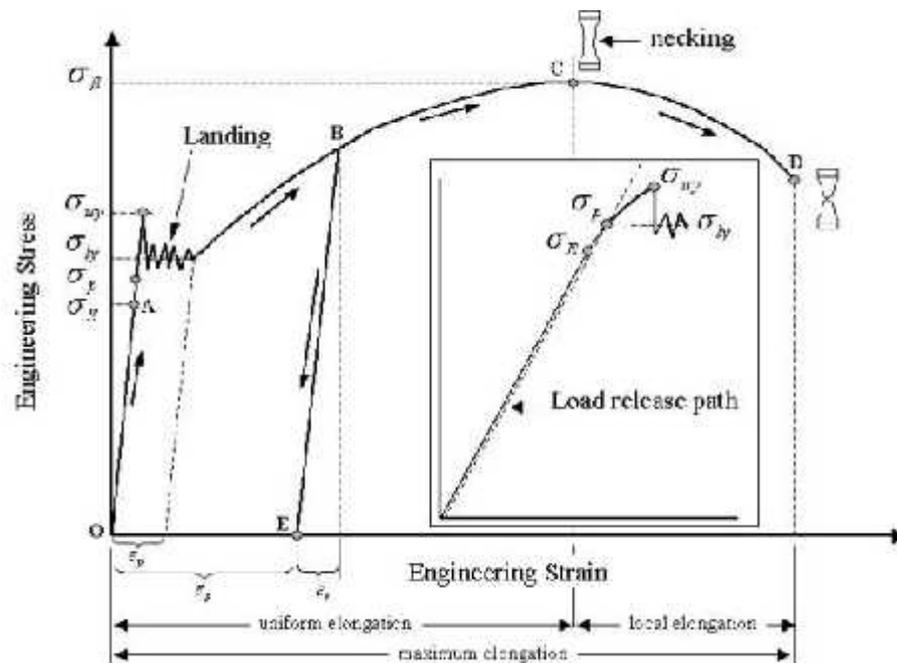


Gambar 4 Ilustrasi pengukur regangan pada spesimen

Perubahan panjang dari spesimen dideteksi lewat pengukur regangan (*strain gage*) yang ditempelkan pada spesimen seperti diilustrasikan pada Gambar 4. Bila pengukur regangan ini mengalami perubahan panjang dan penampang, terjadi perubahan nilai hambatan listrik yang dibaca oleh detektor dan kemudian dikonversi menjadi perubahan regangan.

B. Detail profil uji tarik dan sifat mekanik logam

Sekarang akan kita bahas profil data dari tensile test secara lebih detail. Untuk keperluan kebanyakan analisa teknik, data yang didapatkan dari uji tarik dapat digeneralisasi seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 Profil data hasil uji tarik

Kita akan membahas istilah mengenai sifat-sifat mekanik bahan dengan berpedoman pada hasil uji tarik seperti pada Gambar 5. Asumsikan bahwa kita melakukan uji tarik mulai dari titik O sampai D sesuai dengan arah panah dalam gambar.

1. Batas elastis ϵ_E (*elastic limit*)

Dalam Gambar 5 dinyatakan dengan titik A. Bila sebuah bahan diberi beban sampai pada titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke kondisi semula (tepatnya *hampir kembali ke kondisi semula*) yaitu regangan “nol” pada titik O (lihat inset dalam Gambar 5). Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, hukum Hooke tidak lagi berlaku dan terdapat perubahan permanen dari bahan. Terdapat konvensi batas regangan permanen (*permanent strain*) sehingga masih disebut perubahan elastis yaitu kurang dari 0.03%, tetapi sebagian referensi menyebutkan 0.005%. Tidak ada standarisasi yang universal mengenai nilai ini. [1]

2. Batas proporsional ϵ_p (*proportional limit*)

Titik sampai di mana penerapan hukum Hook masih bisa ditolerir.

Tidak ada standarisasi tentang nilai ini. Dalam praktek, biasanya batas proporsional sama dengan batas elastis.

3. Deformasi plastis (*plastic deformation*)

Yaitu perubahan bentuk yang tidak kembali ke keadaan semula. Pada Gambar 5 yaitu bila bahan ditarik sampai melewati batas proporsional dan mencapai daerah *landing*.

4. Tegangan luluh atas σ_{uy} (*upper yield stress*)

Tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah *landing* peralihan deformasi elastis ke plastis.

5. Tegangan luluh bawah σ_{ly} (*lower yield stress*)

Tegangan rata-rata daerah *landing* sebelum benar-benar memasuki fase deformasi plastis. Bila hanya disebutkan tegangan luluh (*yield stress*), maka yang dimaksud adalah tegangan ini.

6. Regangan luluh ϵ_y (*yield strain*)

Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.

7. Regangan elastis ϵ_e (*elastic strain*)

Regangan yang diakibatkan perubahan elastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula.

8. Regangan plastis ϵ_p (*plastic strain*)

Regangan yang diakibatkan perubahan plastis. Pada saat beban dilepaskan regangan ini tetap tinggal sebagai perubahan permanen bahan.

9. Regangan total (*total strain*)

Merupakan gabungan regangan plastis dan regangan elastis, $\epsilon_T = \epsilon_e + \epsilon_p$. Perhatikan beban dengan arah OABE. Pada titik B, regangan yang ada adalah regangan total. Ketika beban dilepaskan, posisi regangan ada pada titik E dan besar regangan yang tinggal (OE) adalah regangan plastis.

10. Tegangan tarik maksimum TTM (*UTS, ultimate tensile strength*)

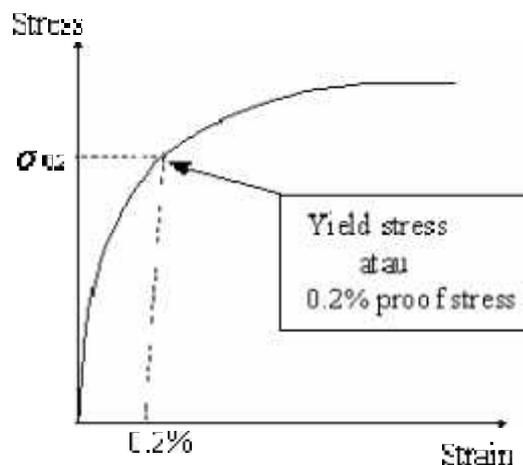
Pada Gambar 5 ditunjukkan dengan titik C (), merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.

11. Kekuatan patah (*breaking strength*)

Pada Gambar 5 ditunjukkan dengan titik D, merupakan besar tegangan di mana bahan yang diuji putus atau patah.

C. Tegangan luluh pada data tanpa batas jelas antara perubahan elastis dan plastis

Untuk hasil uji tarik yang tidak memiliki daerah linier dan landing yang jelas, tegangan luluh biasanya didefinisikan sebagai tegangan yang menghasilkan regangan permanen sebesar 0.2%, regangan ini disebut *offset-strain* (Gambar 6).



Gambar 6 Penentuan tegangan luluh (*yield stress*) untuk kurva tanpa daerah linier,

Perlu untuk diingat bahwa satuan SI untuk tegangan (*stress*) adalah Pa (Pascal, N/m^2) dan strain adalah besaran tanpa satuan.

D. Istilah-istilah lain

Selanjutnya akan kita bahas beberapa istilah lain yang penting seputar interpretasi hasil uji tarik.

1. Kelenturan (*ductility*)

Merupakan sifat mekanik bahan yang menunjukkan derajat deformasi plastis yang terjadi sebelum suatu bahan putus atau gagal pada uji tarik. Bahan disebut lentur (*ductile*) bila regangan plastis yang terjadi sebelum putus lebih dari 5%, bila kurang dari itu suatu bahan disebut getas (*brittle*).

2. Derajat kelentingan (*resilience*)

Derajat kelentingan didefinisikan sebagai kapasitas suatu bahan menyerap energi dalam fase perubahan elastis. Sering disebut dengan Modulus Kelentingan (*Modulus of Resilience*), dengan satuan *strain energy per unit volume* (Joule/m³ atau Pa). Dalam Gambar 1, modulus kelentingan ditunjukkan oleh luas daerah yang diarsir.

3. Derajat ketangguhan (*toughness*)

Kapasitas suatu bahan menyerap energi dalam fase plastis sampai bahan tersebut putus. Sering disebut dengan Modulus Ketangguhan (*modulus of toughness*). Dalam Gambar 5, modulus ketangguhan sama dengan luas daerah dibawah kurva OABCD.

4. Pengerasan regang (*strain hardening*)

Sifat kebanyakan logam yang ditandai dengan naiknya nilai tegangan berbanding regangan setelah memasuki fase plastis.

5. Tegangan sejati, regangan sejati (*true stress, true strain*)

Dalam beberapa kasus definisi tegangan dan regangan seperti yang telah dibahas di atas tidak dapat dipakai. Untuk itu dipakai definisi tegangan dan regangan sejati, yaitu tegangan dan regangan berdasarkan luas penampang bahan secara *real time*.

2.2 Dasar Pemilihan Bahan

A. Faktor-faktor dalam pemilihan bahan:

Pemilihan bahan merupakan salah satu faktor yang terpenting dalam membuat rancang bangun suatu mesin. Suatu rancang bangun akan berhasil dengan baik, jika dalam pemilihan bahan memperhatikan spesifikasi alat atau komponen yang direncanakan. Tujuan dari pemilihan bahan adalah untuk mendapatkan suatu konstruksi yang kuat, tahan lama, mudah dikerjakan dan mudah didapat dipasaran.

B. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan bahan, yaitu :

1. Sifat mekanis bahan

Sifat mekanis bahan adalah daya tahan dan kekuatan bahan terhadap gaya yang diterima. Dalam satu rancang bangun perlu diketahui sifat mekanis bahan, agar dalam menentukan bahan yang akan digunakan lebih efektif dan efisien. Dengan mengetahui sifat mekanis bahan, maka dapat diketahui bahan tersebut mampu menerima beban yang sesuai dengan fungsi dari masing-masing komponen pada konstruksi yang akan di buat. Sifat mekanis bahan yang meliputi kekuatan tarik modulus eleastisitas, tegangan geser dan tegangan puntir.

2. Sifat fisis bahan

Sifat fisis bahan adalah daya bahan dan kekuatan bahan yang dipengaruhi dari unsur-unsur pembentuk bahan tersebut. Sifat fisis bahan perlu diketahui dalam perencanaan agar dapat menentukan bahan yang cocok untuk digunakan. Sifat fisis bahan dapat meliputi kekerasan, titik leleh bahan dan ketahanan bahan terhadap korosi.

3. Sifat teknis bahan

Kemampuan dari bahan tersebut untuk dapat dikerjakan dengan jenis proses permesinan, proses penempaan, proses pengelasan dan sebagainya. Hal ini dapat mempengaruhi tingkat kepresisian dari komponen-komponen yang akan dibuat sehingga menjadi sebuah mesin, dengan memperhatikan hal tersebut diatas maka dapat diketahui kemampuan bahan tersebut untuk dapat dikerjakan dengan mesin atau dengan proses lainnya.

4. Mudah didapat dipasaran

Bahan yang digunakan diusahakan mudah didapat dipasaran, sehingga memudahkan dalam memilih, mengganti atau memperbaiki komponen yang rusak. Selain itu dapat diusahakan adanya alternatif bahan pengganti bila bahan diperlukan tidak ada. Hal ini yang patut diperhatikan adalah harga bahan yang digunakan. Diusahakan murah namun memiliki kekuatan sesuai dengan perencanaan, sehingga dapat menekan biaya produksi.

2.3 Syarat Desain Alat Produksi

Alat produksi sangat dibutuhkan dalam suatu industri produksi massal. Tentunya, dalam pembuatannya ekonomis dan mudah pada saat pengoperasian. Untuk itu yang perlu diperhatikan syarat dalam desain alat produksi yang baik sebagai berikut :

1. Sederhana dan mudah pengoperasiannya
2. Menghasilkan *part* berkualitas tinggi secara konsisten
3. Menghemat biaya manufaktur
4. Meningkatkan hasil produksi dengan alat bantu atau mesin yang ada
5. Menjamin Keamanan kerja operator
6. Menggunakan material alat bantu yang jangka waktu pemakaiannya panjang.

2.4 Perhitungan Kekerasan Benda

Pengujian ini dilakukan tidak lain agar beberapa sampel dari jumlah produksi dapat diketahui tingkat kekerasan tingkat kekuatan dan daya tahan dari barang yang dihasilkan itu agar sesuai dengan yang diinginkan.

Pengujian bahan pada barang yang dihasilkan ini memiliki peran penting terhadap barang yang dihasilkan masal tersebut. Karena jika dari beberapa sampel didapatkan barang yang memiliki sifat yang sama maka akan dipastikan barang yang lain akan memiliki sifat yang sama dengan sampel yang diambil secara acak tersebut.

Kekerasan adalah ketahanan suatu benda/material terhadap penetrasi/ penekanan/ daya tembus benda lain yang lebih keras dan nilai kekerasannya tidak mutlak.

Kekerasan adalah suatu sifat dari bahan yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsure – unsure paduannya. Carbon di dalam besi secara pasti mempengaruhi kualitas baja dan kekerasan yang dibutuhkan dapat dicapai dengan perlakuan panas.

Untuk mengetahui nilai kekerasan suatu benda dapat dilakukan dengan cara pengetesan, yaitu :

1. Metode Brinnell
2. Metode Rockwell
3. Metode Vickers

A. Metode Brinnell

Metode ini digunakan dengan cara menekan penetrator dengan indenter bola baja ke permukaan material dengan beban penekanan sesuai dengan indenter dan jenis material yang akan diuji.

Alat penetrasi yang digunakan adalah indenter bola baja yang dikeraskan dengan ukuran diameter 10 mm, 5 mm dan 2.5 mm. Metode ini digunakan untuk mengetes/ menguji kekerasan logam yang belum dilakukan proses *Heat-treatment* (perlakuan panas)

Material yang diuji adalah material yang lunak saja dan harga kekerasannya hanya sampai 450 HB (Kg/mm^2), jika hasil pengujiannya didapat harga kekerasannya diatas 450 HB, maka hasil penelitian itu kurang teliti.

Harga Kekerasan Brinnell

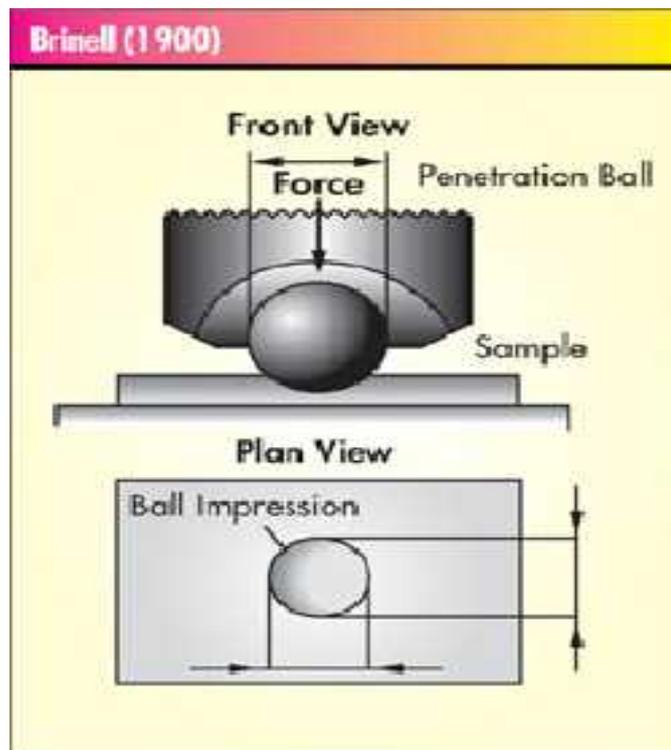
$$HB = \frac{2P}{\pi D(D^2 - d_2^2)} (\text{Kg/mm}^2) \dots\dots\dots(\text{Lit 5})$$

Keterangan:

P = Beban (Kg)

D = diameter indenter (mm)

d₂ = diameter hasil penekanan rata – rata (mm)



Gambar 7 Pengujian *Brinell*

B. Metode Rockwell

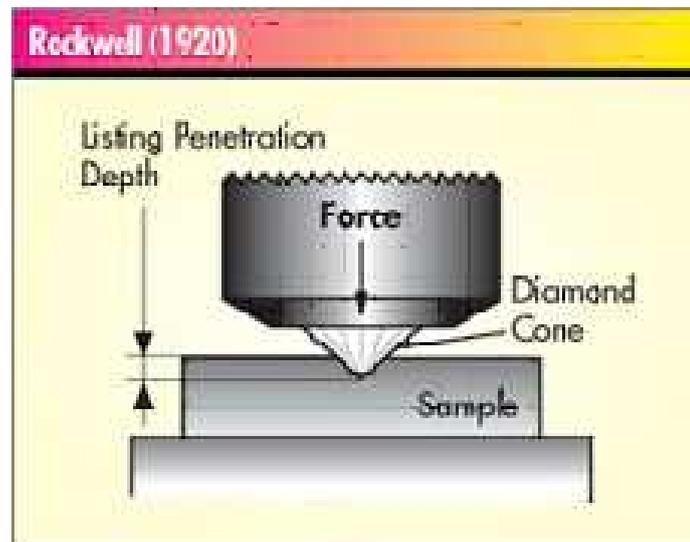
Metode ini sebenarnya merupakan gabungan antara Metode Brinell dan Metode Vickers, sehingga hasilnya pun cukup presisi dan tepat.

Metode ini digunakan dengan cara menekankan penetrator dengan indenter bola baja diameter 1/16'' dan intan yang berbentuk kerucut dengan sudut puncak 120⁰ ke permukaan material yang diuji dengan beban penekanan sesuai dengan indenter yang dipakai.

Indenter yang dipakai dalam pengujian Metode Rockwell:

- a. Untuk logam – logam yang lunak digunakan bola baja diameter 1/16'' dengan beban 100 Kg
- b. Untuk baja – baja yang keras digunakan intan dengan sudut 120⁰ dengan beban 150 Kg.

Metode Rockwell digunakan untuk menguji material dari yang lunak sampai yang keras.

Gambar 8 Pengujian *Rockwell*

C. Metode Vickers

Metode ini sama dengan metode brinnell yaitu besarnya nilai kekerasan ditentukan oleh beban penekanan dibagi dengan luas permukaan bekas penekanan.

Metode ini digunakan dengan cara menekankan penetrator dengan indentor intan yang berbentuk pyramid dengan dasar bujur sangkar dan sudut puncaknya 136° ke permukaan material yang akan diuji.

Beban penekanan yang akan digunakan pada Metode Vickers ini mulai dari 1 Kg sampai 120 Kg.

Keterangan :

Untuk beban 1, 3, 5 Kg dengan tambahan bandul

Untuk beban 10, 30, 100 Kg tanpa tambahan bandul

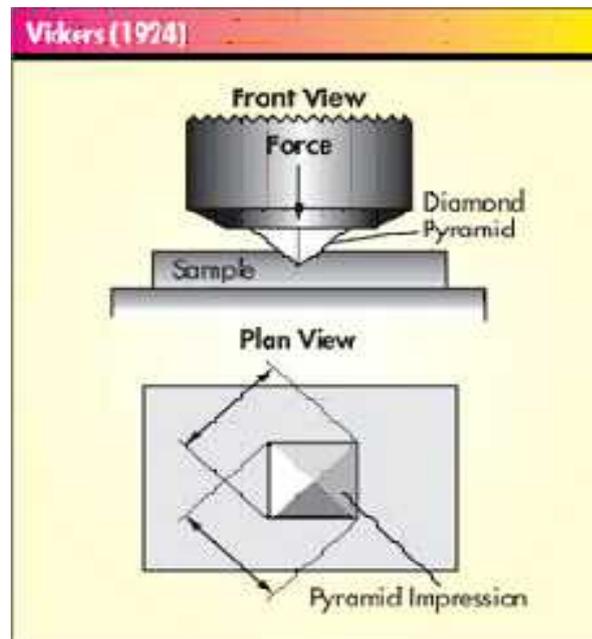
Harga kekerasan Vickers, yaitu

$$HV = 1,854 \frac{P}{d^2} \left(\frac{Kg}{mm^2} \right) \dots\dots\dots(Lit 5)$$

Keterangan:

P = beban penekanan (Kg)

D = diagonal rata – rata (mm)

Gambar 9 Pengujian *Vickers*

2.5 Perhitungan Biaya Produksi

A. Biaya Material

Rumus-rumus yang di pakai dalam mencari harga material setiap komponen dari *press tool* adaah sebagai berikut:

$$W = V \times \dots\dots\dots \text{(Lit 1, hal 85)}$$

Keterangan:

W = Berat bahan (kg)

V = Volume bahan (mm³)

= Massa jenis bahan (kg/mm³)

$$TH = HS \times W \dots\dots\dots \text{(Lit 1, hal 86)}$$

Keterangan:

TH= Total harga per material (Rupiah)

HS= Harga satuan bahan per kilogram

W = Berat material (kg)

C. Biaya Sewa Mesin

Rumus dipakai dalam mencari biaya sewa mesin adalah:

$$BM = T_m \times B \dots\dots\dots \text{(Lit 1, hal 88)}$$

Keterangan:

BM = Biaya sewa mesin (Rupiah)

Tm = Waktu permesinan (Menit)

B = Harga sewa mesin / jam (Rupiah)

D. Biaya Perencanaan / Biaya Tak Terduga (BTT)

Dalam perencanaan ini biaya tak terduga diambil 15 % dari biaya material dan sewa mesin, jadi rumus biaya tak terduga adalah :

$$\text{BTT} = 15\% (\text{Biaya Material} + \text{Biaya Sewa Mesin}) \quad (\text{Lit 1, hal 89})$$

E. Total Biaya Produksi (TBP)

Dalam perencanaan ini rumus yang dipakai untuk mencari biaya total produksi adalah :

$$\text{TBP} = \text{Biaya material} + \text{Biaya sewa mesin} + \text{Biaya tak terduga}$$

Lit 1, hal 89)

F. Keuntungan

Dalam perencanaan ini keuntungan diambil dari 25% dari biaya produksi yaitu :

$$\text{Keuntungan} = 25\% \times \text{Biaya Produksi} \quad \dots\dots\dots(\text{Lit 1, hal 89})$$

G. Harga Jual

Rumus untuk mencari harga jual adalah sebagai berikut :

$$\text{Harga jual} = \text{Biaya Produksi} + \text{Biaya tak terduga} + \text{Keuntungan} \quad (\text{Lit 1, hal 90})$$