

Mengenal Uji Tarik dan Sifat-sifat Mekanik Logam

Oleh Azhari Sastranegara

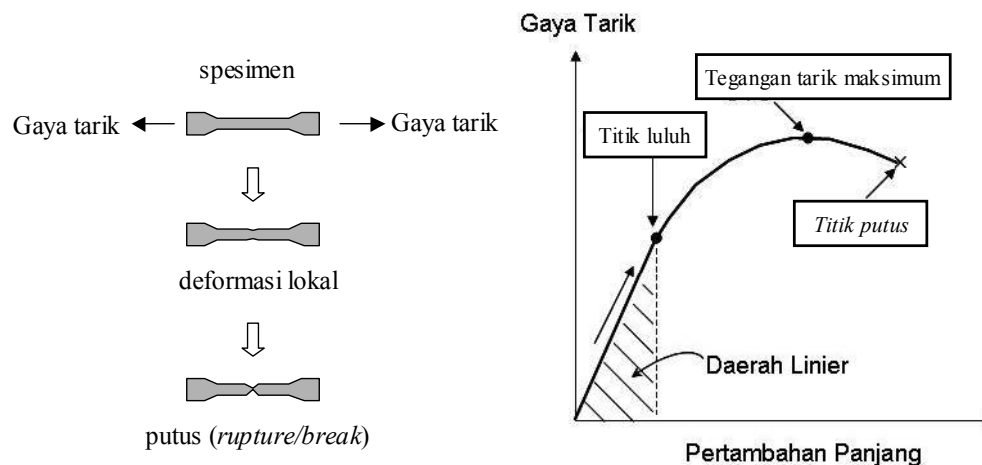


Untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan, tentu kita harus mengadakan pengujian terhadap bahan tersebut. Ada empat jenis uji coba yang biasa dilakukan, yaitu uji tarik (*tensile test*), uji tekan (*compression test*), uji torsi (*torsion test*), dan uji geser (*shear test*). Dalam tulisan ini kita akan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

Uji tarik mungkin 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.

1. Mengapa melakukan Uji Tarik?

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 Gbr.1. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut.



Gbr.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.

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 penambahan 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.

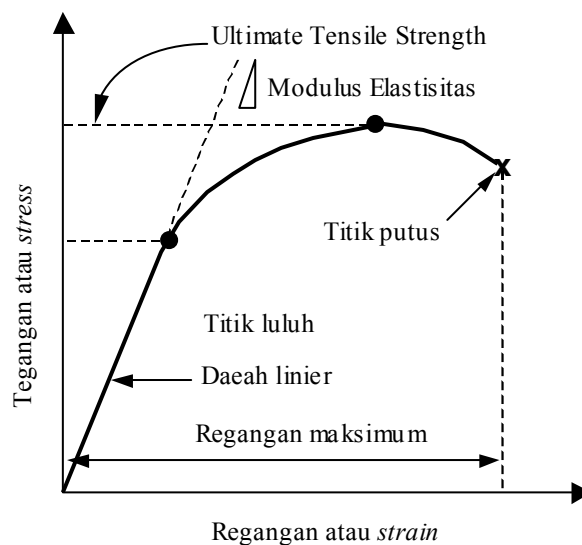
Stress: $\sigma = F/A$ F: gaya tarikan, A: luas penampang

Strain: $\epsilon = \Delta L/L$ ΔL : pertambahan panjang, L: panjang awal

Hubungan antara stress dan strain dirumuskan:

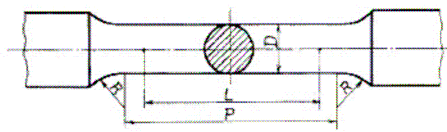
$$E = \sigma / \epsilon$$

Untuk memudahkan pembahasan, Gbr.1 kita modifikasi sedikit dari hubungan antara gaya tarikan dan pertambahan panjang menjadi hubungan antara tegangan dan regangan (*stress vs strain*). Selanjutnya kita dapatkan Gbr.2, yang merupakan kurva standar ketika melakukan eksperimen uji tarik. *E* adalah gradien kurva dalam daerah linier, di mana perbandingan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) 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*).



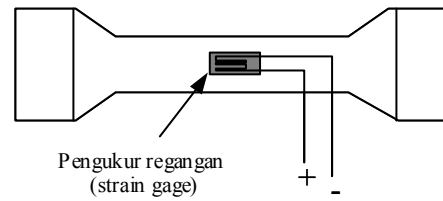
Gbr.2 Kurva tegangan-regangan

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



Unit: mm

D	L	P	R
14	50	60	> 15

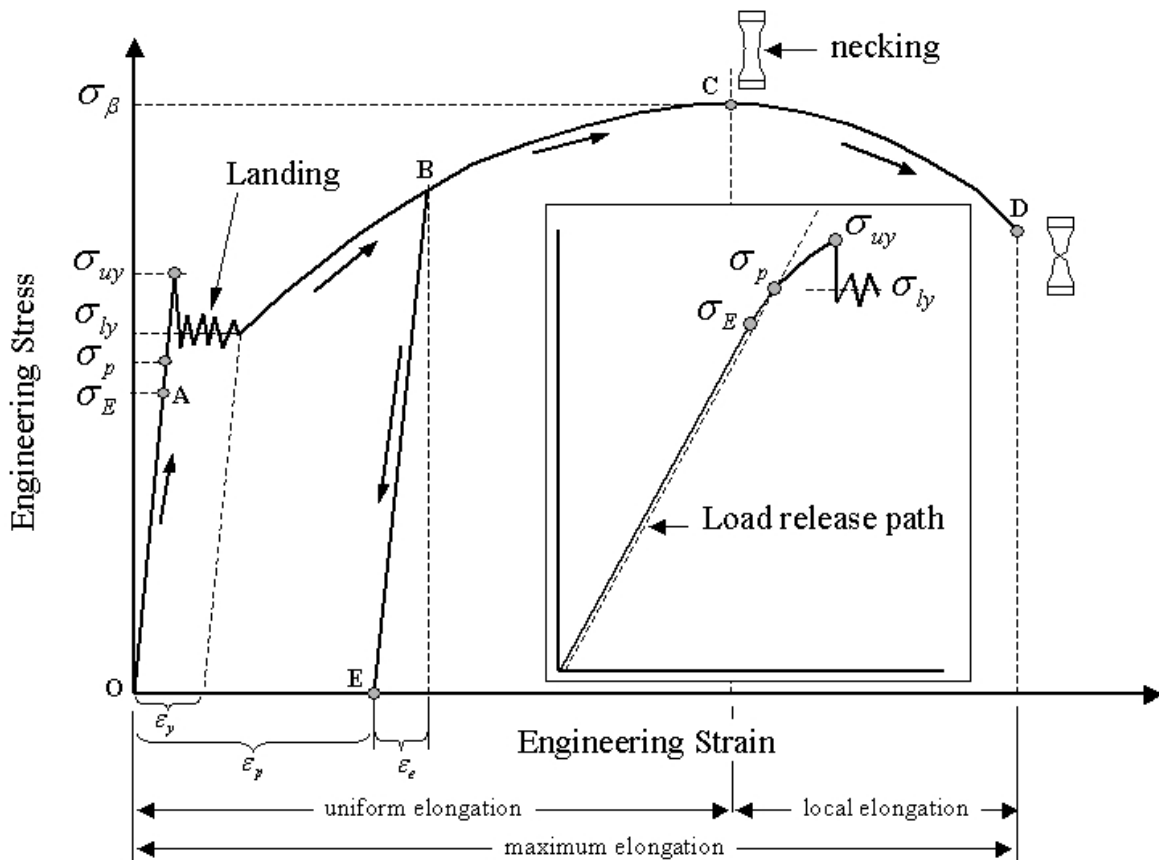


Gbr.3 Dimensi spesimen uji tarik (JIS Z2201). Gbr.4 Ilustrasi pengukur regangan pada spesimen

Perubahan panjang dari spesimen dideteksi lewat pengukur regangan (*strain gage*) yang ditempelkan pada spesimen seperti diilustrasikan pada Gbr.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.

2. 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 Gbr.5.



Gbr.5 Profil data hasil uji tarik

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

Batas elastis σ_E (elastic limit)

Dalam Gbr.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 Gbr.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]

Batas proporsional σ_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.

Deformasi plastis (plastic deformation)

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

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

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

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.

Regangan luluh ϵ_y (yield strain)

Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.

Regangan elastis ϵ_e (elastic strain)

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

Regangan plastis ϵ_p (plastic strain)

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

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.

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

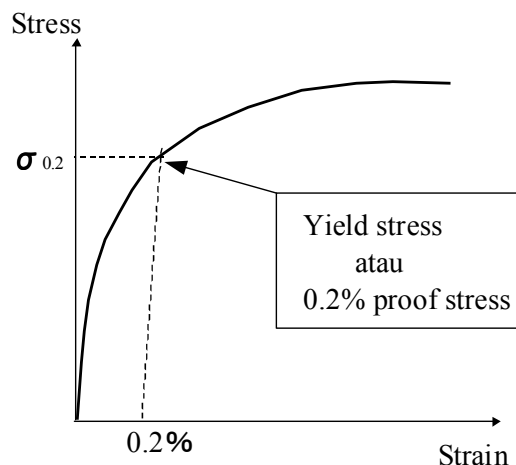
Pada Gbr.5 ditunjukkan dengan titik C (σ_B), merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.

Kekuatan patah (*breaking strength*)

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

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* (Gbr.6).



Gbr.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.

3. Istilah lain

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

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*).

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 Gbr.1, modulus kelentingan ditunjukkan oleh luas daerah yang diarsir.

Derajat ketangguhan (*toughness*)

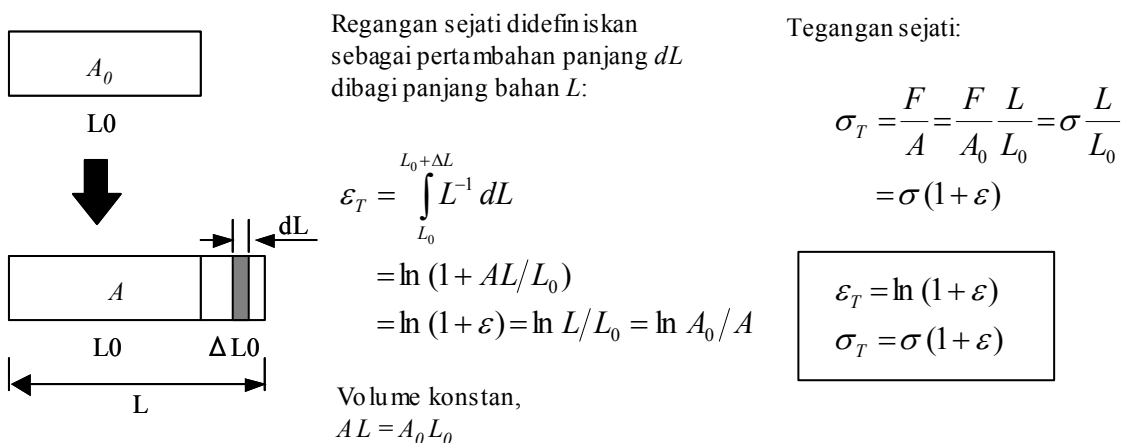
Kapasitas suatu bahan menyerap energi dalam fase plastis sampai bahan tersebut putus. Sering disebut dengan Modulus Ketangguhan (modulus of toughness). Dalam Gbr.5, modulus ketangguhan sama dengan luas daerah dibawah kurva OABCD.

Pengerasan regang (*strain hardening*)

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

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*. Detail definisi tegangan dan regangan sejati ini dapat dilihat pada Gbr.7.



Gbr.7 Tegangan dan regangan berdasarkan panjang bahan sebenarnya

Referensi:

1. Material Testing (Zairyou Shiken). Hajime Shudo. Uchidarokakuho, 1983.
2. Material Science and Engineering: An Introduction. William D. Callister Jr. John Wiley&Sons, 2004.
3. Strength of Materials. William Nash. Schaum's Outlines, 1998.