



PENGANTAR MATERIAL TEKNIK DAN SIFAT MATERIAL

Muhammad Budi Haryono

- Materials are probably more deep-seated in our culture than most of us realize. Transportation, housing, clothing, communication, recreation, and food production— virtually every segment of our everyday lives is influenced to one degree or another by materials.



- the development and advancement of societies have been intimately tied to the members' ability to produce and manipulate materials to fill their needs.

- The earliest humans had access to only a very limited number of materials, those that occur naturally: stone, wood, clay, skins, and so on.
- With time they discovered techniques for producing materials that had properties superior to those of the natural ones; these new materials included pottery and various metals (metals, plastics, glasses, and fibers) . Furthermore, it was discovered that the properties of a material could be altered by heat treatments and by the addition of other substances.
- “materials science” involves investigating the relationships that exist between the structures and properties of materials. In contrast, “materials engineering” is, on the basis of these structure–property correlations, designing or engineering the structure of a material to produce a predetermined set of properties
- the structure of a material usually relates to the arrangement of its internal components. Subatomic structure involves electrons within the individual atoms and interactions with their nuclei. On an atomic level, structure encompasses the organization of atoms or molecules relative to one another. The next larger structural realm, which contains large groups of atoms that are normally agglomerated together, is termed “microscopic,” meaning that which is subject to direct observation using some type of microscope. Finally, structural elements that may be viewed with the naked eye are termed “macroscopic.”
- definitions of properties are made independent of material shape and size

CLASSIFICATION OF MATERIALS

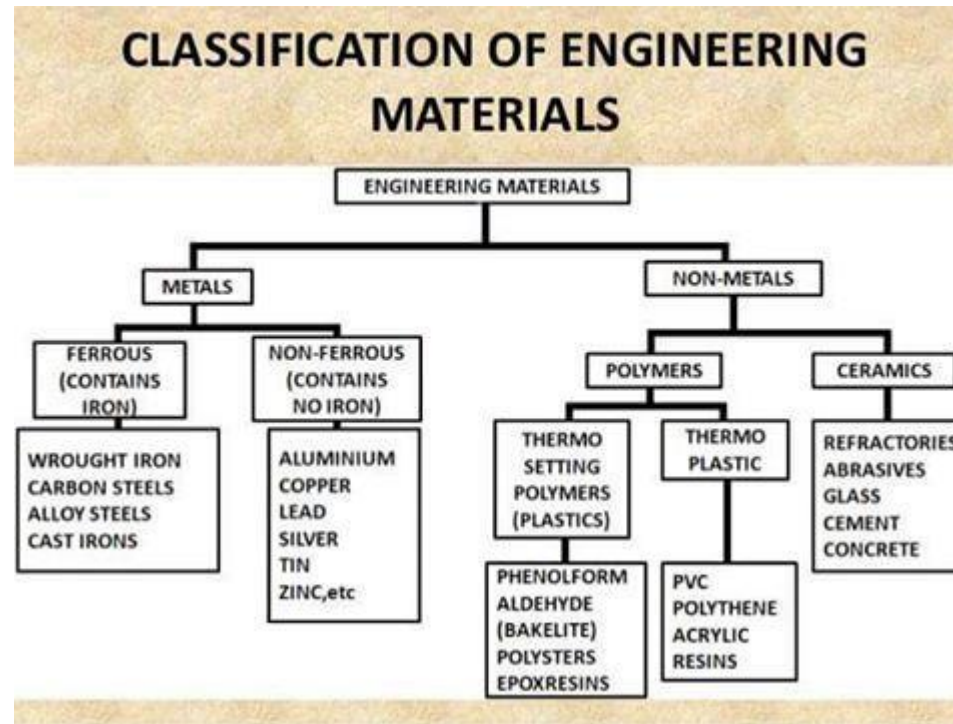


Figure 1.3

Bar-chart of room-temperature density values for various metals, ceramics, polymers, and composite materials.

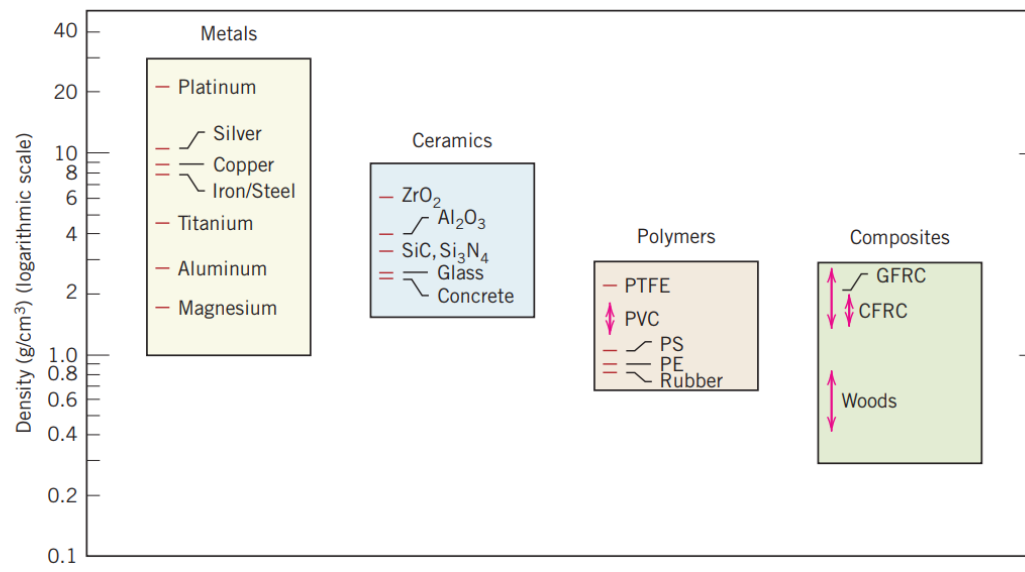


Figure 1.5

Bar-chart of room-temperature strength (i.e., tensile strength) values for various metals, ceramics, polymers, and composite materials.

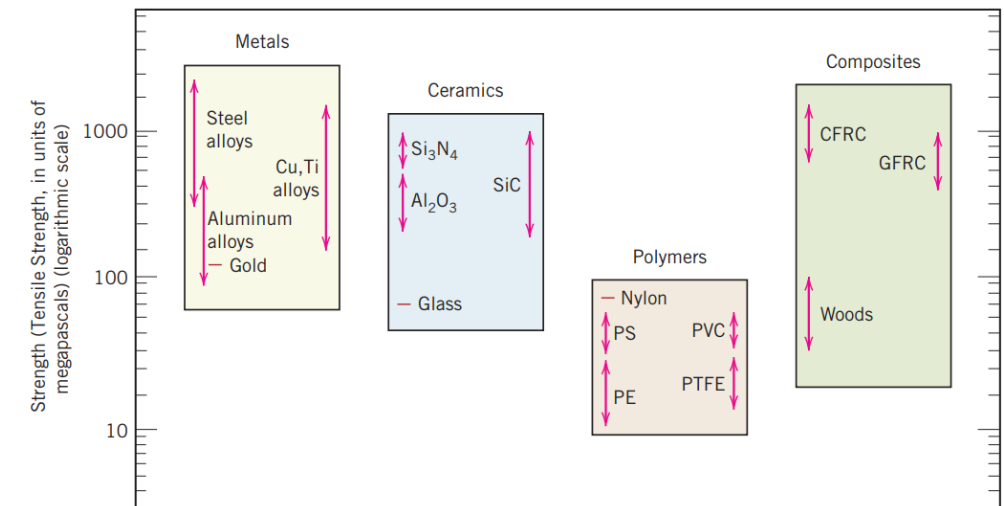


Figure 1.7
Bar-chart of room-temperature electrical conductivity ranges for metals, ceramics, polymers, and semiconducting materials.

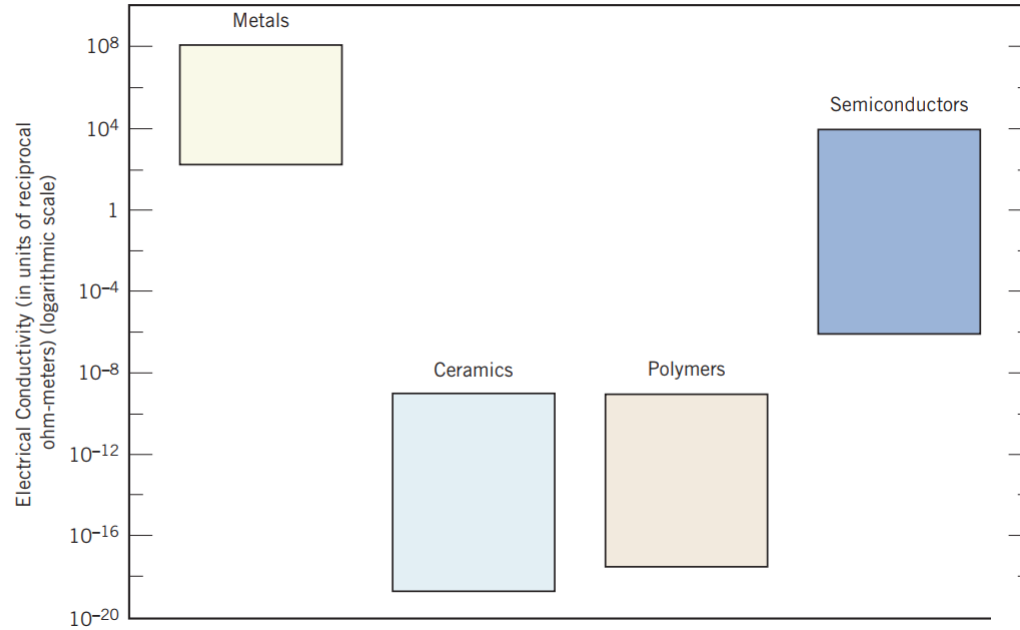
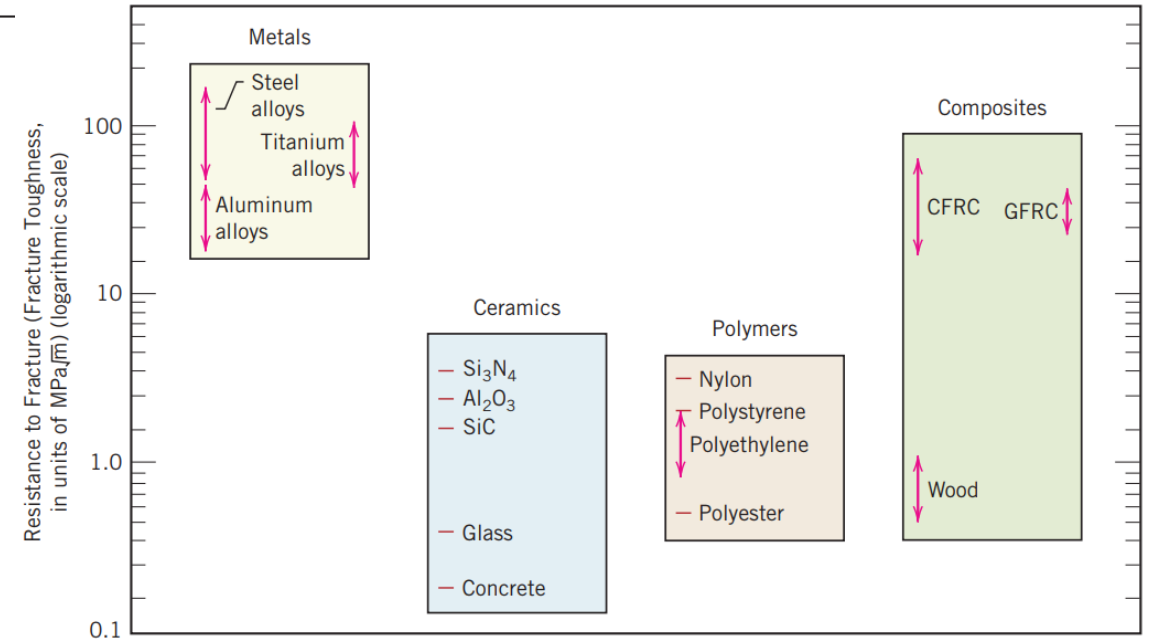
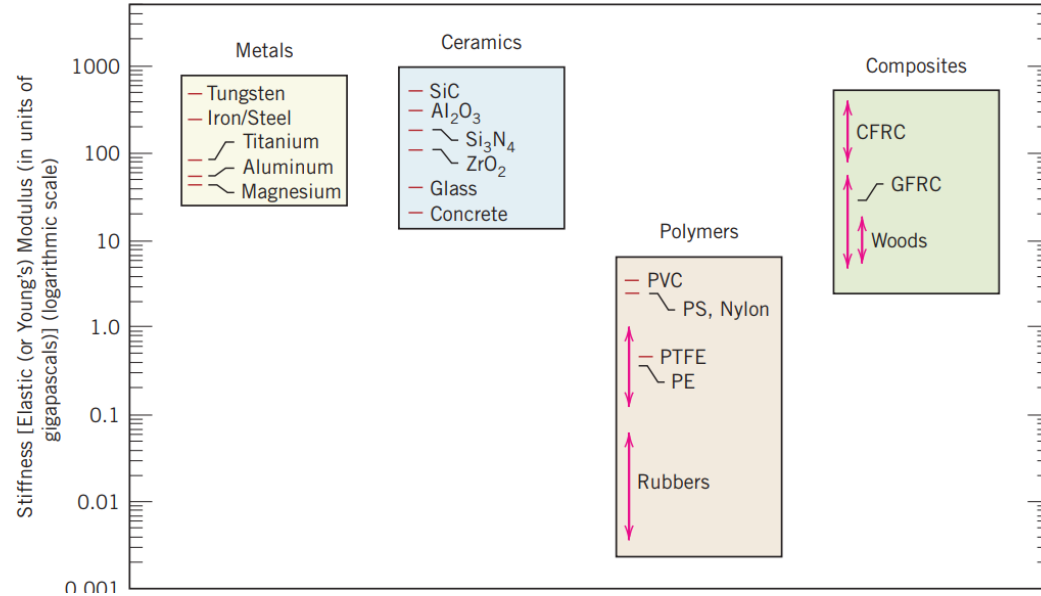


Figure 1.4
Bar-chart of room-temperature stiffness (i.e., elastic modulus) values for various metals, ceramics, polymers, and composite materials.



Composites

A composite is composed of two (or more) individual materials, which come from the categories discussed above—viz., metals, ceramics, and polymers. The design goal of a composite is to achieve a combination of properties that is not displayed by any single material, and also to incorporate the best characteristics of each of the component materials. A large number of composite types exist that are represented by different combinations of metals, ceramics, and polymers. Furthermore, some naturally-occurring materials are also considered to be composites—for example, wood and bone

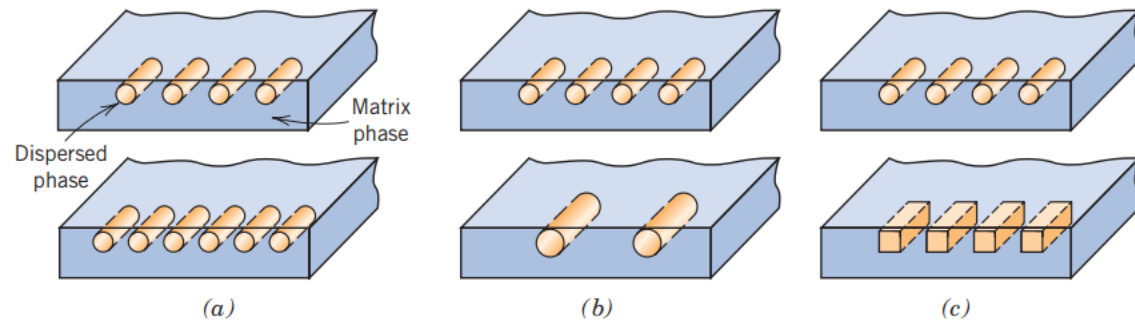


Figure 16.8 Schematic representations of (a) continuous and aligned, (b) discontinuous and aligned, and (c) discontinuous and randomly oriented fiber-reinforced composites.

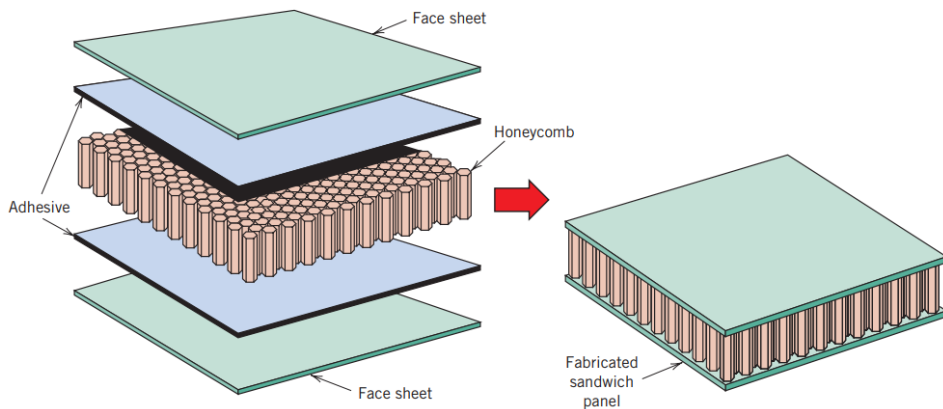
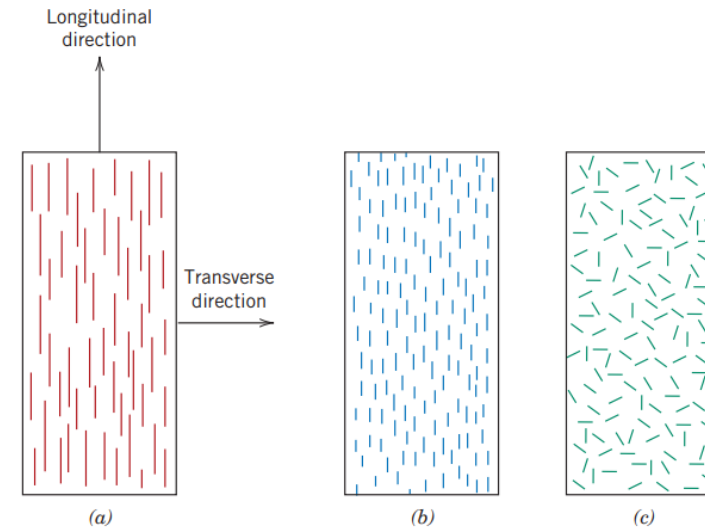
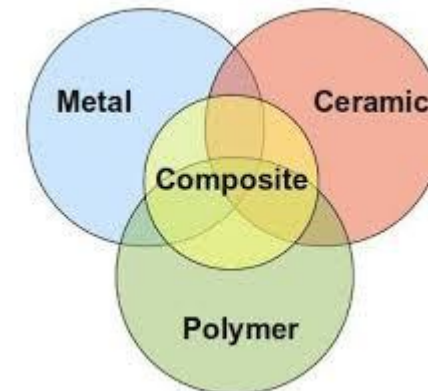


Figure 16.18 Schematic diagram showing the construction of a honeycomb core sandwich panel. (Reprinted with permission from *Engineered Materials Handbook*, Vol. 1, *Composites*, ASM International, Metals Park, OH, 1987.)

Activate Win



ADVANCED MATERIALS

Materials that are utilized in high-technology (or high-tech) applications are sometimes termed *advanced materials*

Semiconductors

Semiconductors have electrical properties that are intermediate between the electrical conductors (viz. metals and metal alloys) and insulators (viz. ceramics and polymers)

Biomaterials

Biomaterials are employed in components implanted into the human body for replacement of diseased or damaged body parts. These materials must not produce toxic substances and must be compatible with body tissues (i.e., must not cause adverse biological reactions). All of the above materials—metals, ceramics, polymers, composites, and semiconductors—may be used as biomaterials



Semiconductors



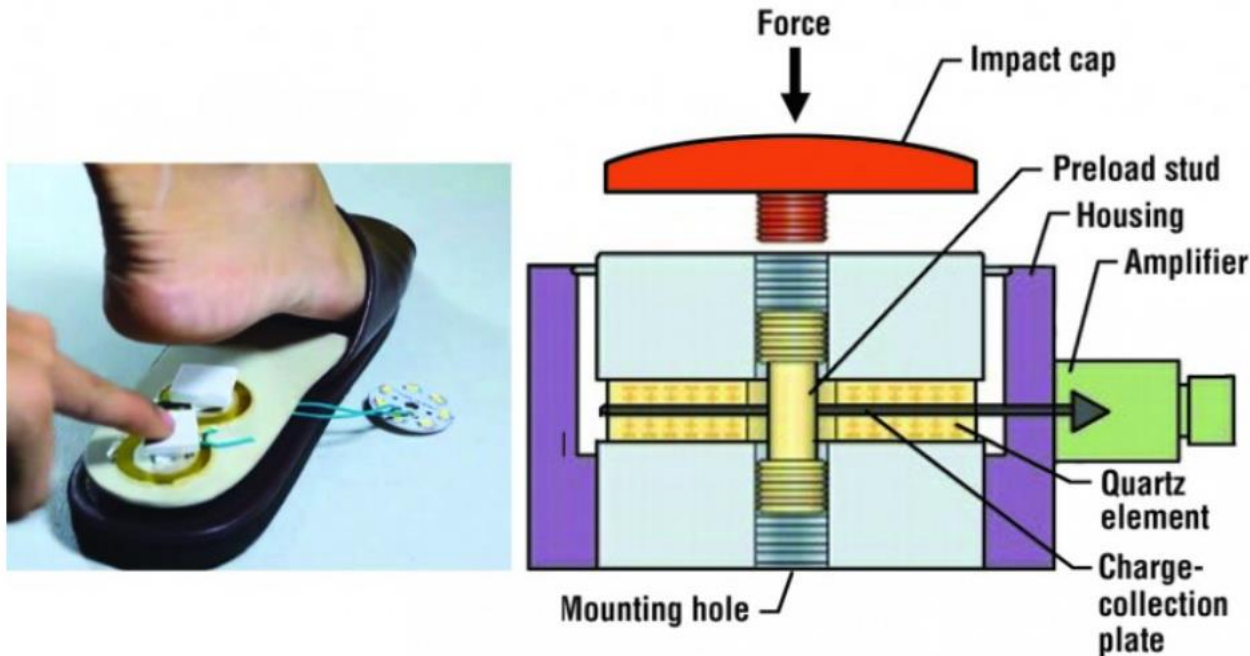
Biomaterials

Smart Materials

Smart (or intelligent) materials are a group of new and state-of-the-art materials now being developed that will have a significant influence on many of our technologies. The adjective “smart” implies that these materials are able to sense changes in their environments and then respond to these changes in predetermined manners— traits that are also found in living organisms. In addition, this “smart” concept is being extended to rather sophisticated systems that consist of both smart and traditional materials.

Components of a smart material (or system) include some type of sensor (that detects an input signal), and an actuator (that performs a responsive and adaptive function)

shape memory alloys, piezoelectric ceramics, magnetostrictive materials, and electrorheological/magnetorheological fluids



piezoelectric ceramics



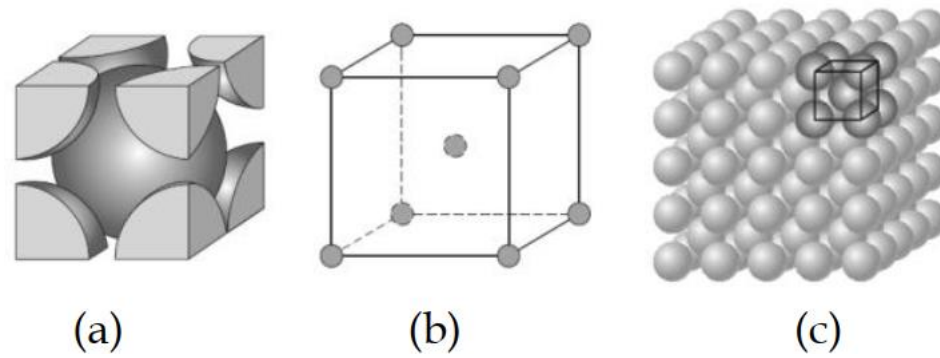
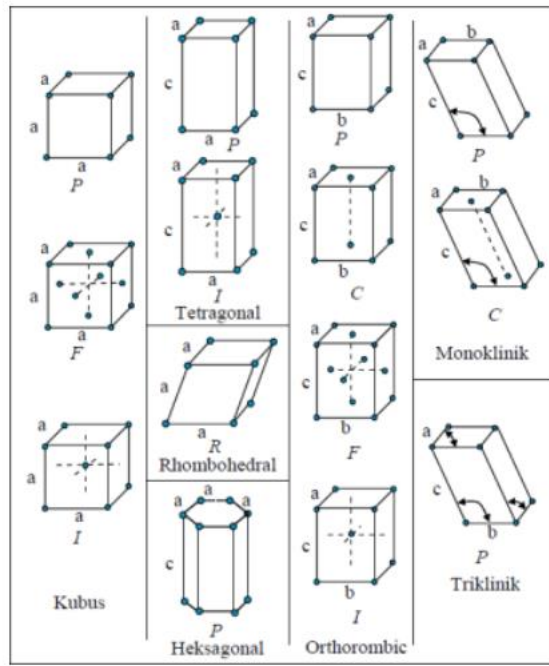
magnetostrictive materials

MATERIAL PROPERTIES

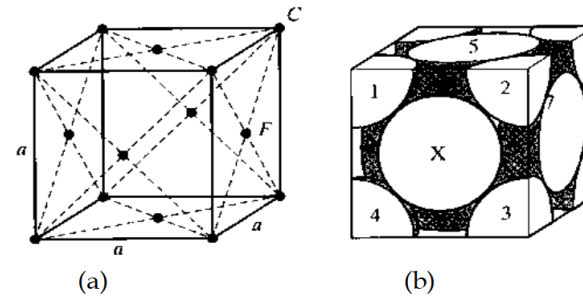
- Virtually all important properties of solid materials may be grouped into six different categories: mechanical, electrical, thermal, magnetic, optical, and deteriorative
- Mechanical properties relate deformation to an applied load or force; examples include elastic modulus and strength
- For electrical properties, such as electrical conductivity and dielectric constant, the stimulus is an electric field
- The thermal behavior of solids can be represented in terms of heat capacity and thermal conductivity
- Magnetic properties demonstrate the response of a material to the application of a magnetic field
- For optical properties, the stimulus is electromagnetic or light radiation; index of refraction and reflectivity are representative optical properties
- deteriorative characteristics relate to the chemical reactivity of materials.



Figure 1.1 The four components of the discipline of materials science and engineering and their interrelationship.



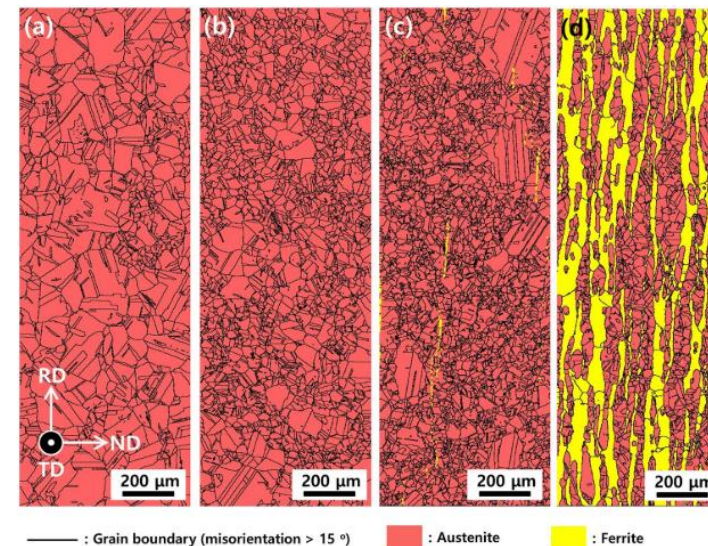
Besi (BCC)



Gambar 1.9. Ilustrasi Sistem Kristal

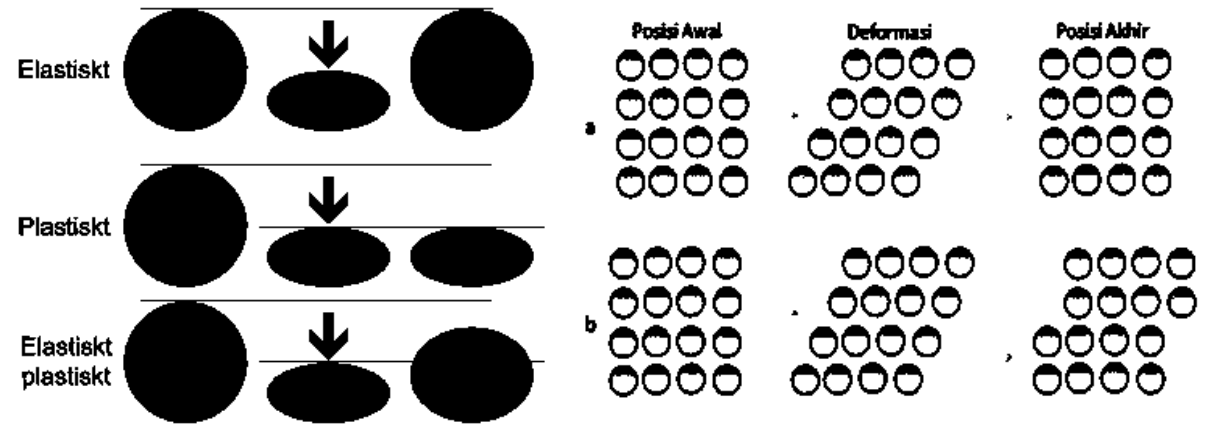
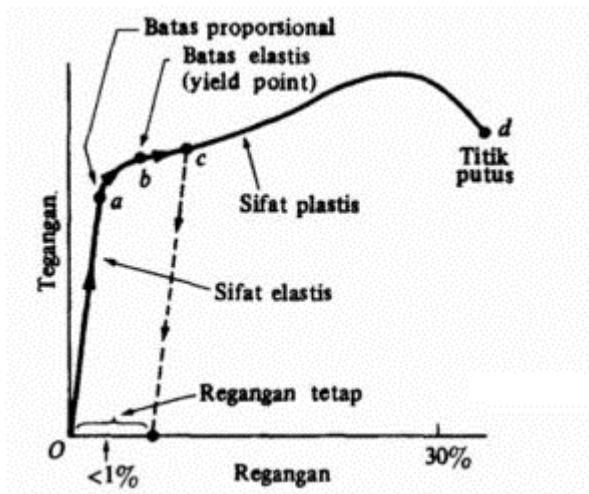
Gambar 1.11. Struktur FCC; (a) Bravais Lattice; dan (b) hard-sphere model.

Alloy	Phase fraction (%)		Average grain size (μm)	
	Austenite	Ferrite	Austenite	Ferrite
1.1C–20Mn	100.0	–	73.4	–
0.8C–30Mn	100.0	–	44.3	–
0.8C–20Mn	98.9	1.1	34.7	7.5
0.4C–20Mn	58.2	41.8	22.2	17.1



DEFORMASI

- Deformasi pada umumnya dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu; **deformasi elastis** dan **deformasi plastis**
- Deformasi elastis merupakan suatu perubahan bentuk yang bersifat sementara atau perubahan/ deformasi yang akan hilang apabila beban yang diberikan itu diiadakan, dikarenakan beban dihilangkan maka benda akan Kembali ke bentuk dan ukuran asalnya
- Deformasi plastis merupakan perubahan bentuk yang bersifat permanen, meskipun beban telah diiadakan



Ilustrasi deformasi elastis dan deformasi plastis

- Apabila suatu material diberikan beban sampai dengan daerah plastis. Maka perubahan bentuk yang saat itu terjadi adalah gabungan dari deformasi elastis dan deformasi plastis (penjumlahan ini sering disebut deformasi total. Apabila beban dihilangkan, maka deformasi elastis akan hilang juga, oleh karena itu perubahan bentuk yang ada hanyalah deformasi plastis.

DEFORMASI ELASTIS

- Deformasi elastis dapat terjadi apabila sebuah logam atau material padat dibebani oleh suatu gaya.
- Jika beban berupa gaya tarik, benda tersebut akan bertambah panjang, setelah gaya dihilangkan, benda tersebut akan kembali ke bentuk semula. Sebaliknya, jika beban berupa gaya tekan akan mengakibatkan benda menjadi sedikit pendek.
- Regangan elastis adalah hasil dari perpanjangan sel satuan dalam arah tegangan tarik, atau kontraksi dari sel satuan dalam arah tekanan.
- Apabila hanya terdapat deformasi elastis, regangan akan sebanding dengan tegangan. Perbandingan antara tegangan dan regangan disebut modulus elastisitas (Modulus Young), dan merupakan sebuah karakteristik suatu logam tertentu.
- Makin besar gaya tarik menarik antara atom logam, makin tinggi pula modulus elastisitasnya.

DEFORMASI PLASTIS

- Deformasi plastis terjadi apabila suatu logam atau material padat terbebani gaya. Suatu logam akan mengalami suatu perubahan bentuk permanen setelah gaya atau beban dihilangkan. Hal tersebut disebabkan oleh sliding antar bidang atom, dan atau ikatan atom-atomnya pecah.

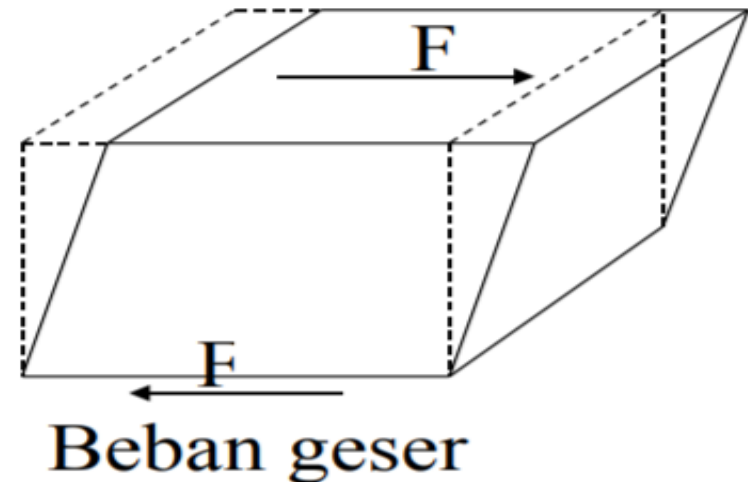
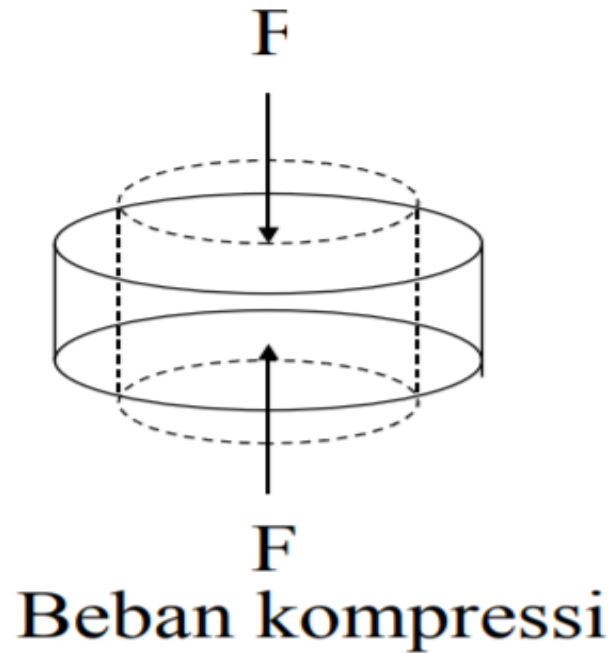
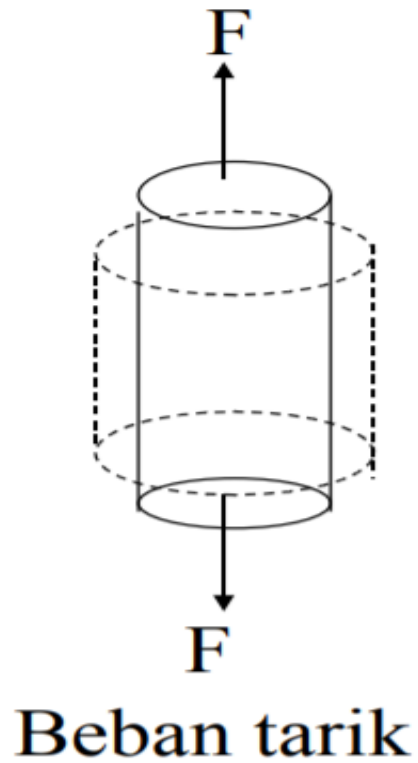
SIFAT MEKANIK

- Sifat mekanik dapat diartikan sebagai respon atau perilaku material terhadap pembebanan yang diberikan, dapat berupa gaya, torsi atau gabungan keduanya
- Untuk mendapatkan sifat mekanik material, biasanya dilakukan pengujian mekanik. Pengujian mekanik pada dasarnya bersifat merusak (destructive test), dari pengujian tersebut akan dihasilkan kurva atau data yang mencirikan keadaan dari material tersebut
- Sifat mekanik tersebut meliputi antara lain: kekuatan tarik, ketangguhan, kelenturan, keuletan, kekerasan, ketahanan aus, kekuatan impak, kekuatan mulur, kekeuatan leleh dan sebagainya

Konsep tegangan (stress) dan regangan (strain)

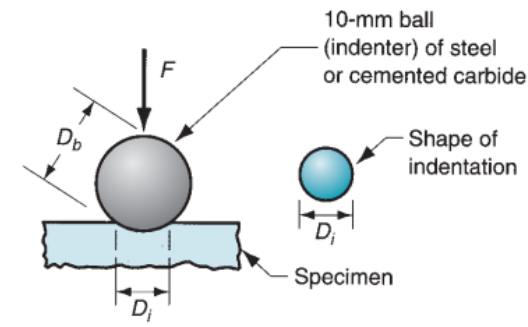
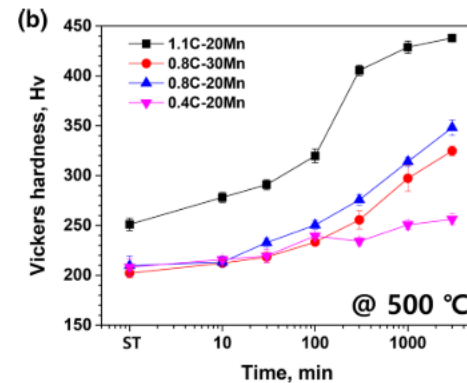
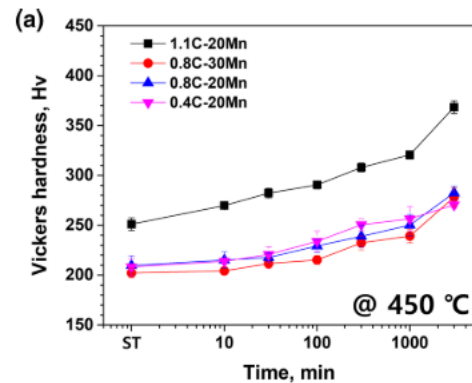
- Pembebanan statik:

- Tarik
- Kompresi
- Geser

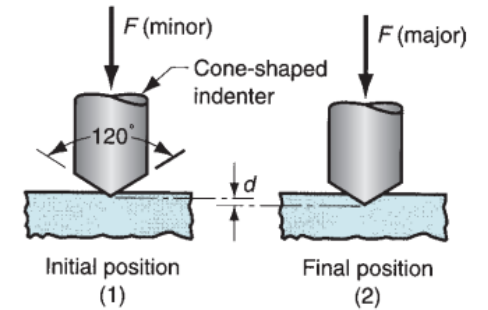


• Kekerasan

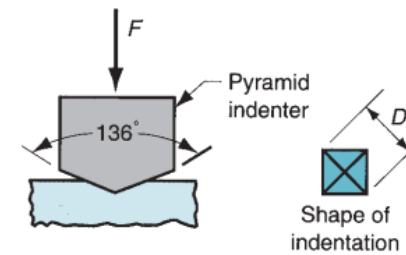
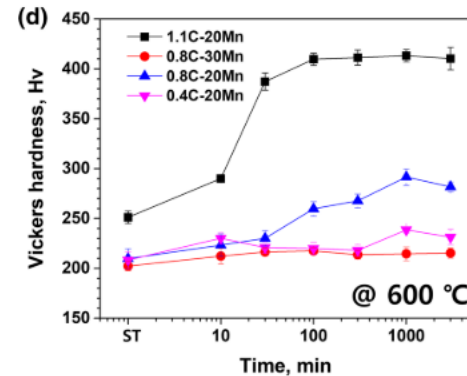
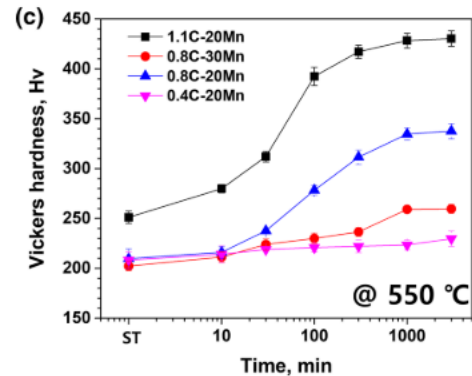
Kekerasan adalah ukuran ketahanan suatu material terhadap deformasi plastis lokal. Nilai kekerasan tersebut dihitung hanya pada tempat dilakukannya pengujian tersebut (lokal), sedangkan pada tempat lain bisa jadi kekerasan suatu material berbeda dengan tempat yang lainnya



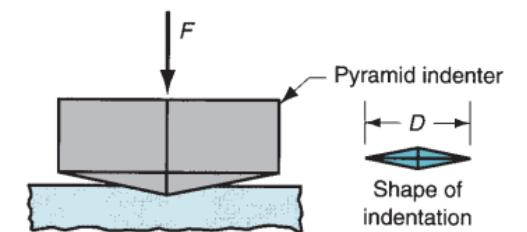
(a) Brinell



(b) Rockwell



(c) Vickers



(d) Knoop

Pengujian Tarik

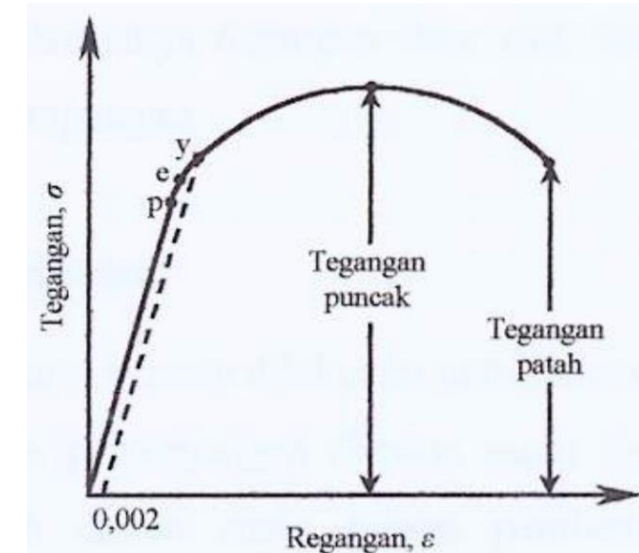
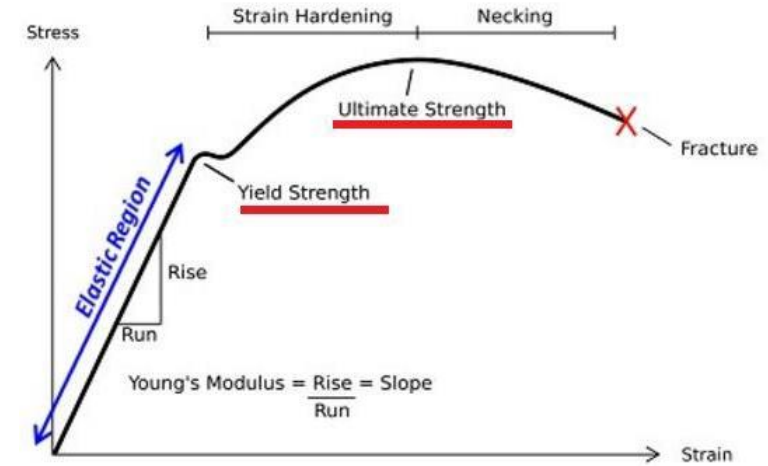
Kekuatan Tarik

- Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (ultimate tensile strenght), adalah nilai yang paling sering dituliskan sebagai hasil suatu uji tarik, tetapi pada kenyataannya nilai tersebut kurang bersifat mendasar dalam kaitannya dengan kekuatan material.
- Untuk logam ulet, kekuatan tariknya harus dikaitkan dengan beban maksimum, dimana logam dapat menahan beban sesumbu untuk keadaan yang sangat terbatas.
- Pada tegangan yang lebih komplek, kaitan nilai tersebut dengan kekuatan logam, kecil sekali kegunaannya.
- Kecenderungan yang banyak ditemui adalah, mendasarkan rancangan statis logam ulet pada kekuatan luluhnya. Tetapi karena jauh lebih praktis menggunakan kekuatan tarik untuk menentukan kekuatan bahan, maka metode ini lebih banyak dipakai.

$$\sigma_u = P_{maks} / A_o$$

Kekuatan Luluh

- Kekuatan luluh menyatakan besarnya tegangan yang dibutuhkan tegangan yang dibutuhkan untuk berdeformasi plastis material.
- Pengukuran besarnya tegangan pada saat mulai terjadi deformasi plastis atau batas luluh, tergantung pada kepekaan pengukuran regangan.
- Sebagian besar material mengalami perubahan sifat dari elastis menjadi plastis, yang berlangsung sedikit demi sedikit dan titik saat deformasi plastis mulai terjadi.
- kekuatan luluh sering dinyatakan sebagai kekuatan luluh offset, yaitu besarnya tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis yang ditetapkan (regangan offset).
- Kekuatan luluh offset ditentukan tegangan pada perpotongan antara kurva tegangan-regangan dengan garis sejajar dengan kemiringan kurva pada regangan tertentu
- Di Amerika Serikat regangan offset ditentukan sebesar 0,2 atau 0,1 %



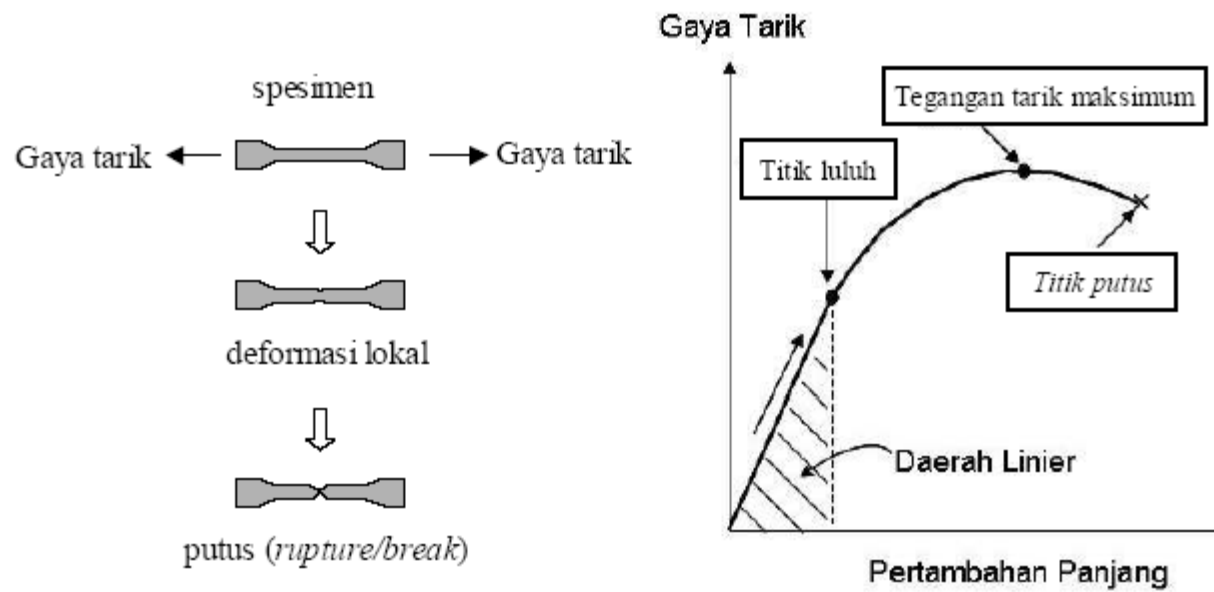
$$\sigma_y = P_{(\text{offset})} / A_o$$

Keuletan

- Keuletan adalah suatu besaran kualitatif dan sifat subyektif suatu bahan, yang secara umum pengukurannya dilakukan untuk memenuhi tiga kepentingan, yaitu:
 - Menyatakan besarnya deformasi yang mampu dialami suatu material, tanpa terjadi patah. Hal ini penting untuk proses pembentukan logam, seperti pengerolan dan ekstruksi.
 - Menunjukkan kemampuan logam untuk mengalir secara plastis sebelum patah. Keuletan logam yang tinggi menunjukkan kemungkinan yang besar untuk berdeformasi secara lokal tanpa terjadi perpatahan
 - Sebagai petunjuk adanya perubahan kondisi pengolahan
- Cara untuk menentukan keuletan yang diperoleh dari uji tarik adalah regangan teknis pada saat patah (e_f), yang biasa disebut perpanjangan dan pengukuran luas penampang pada patahan (q). Kedua sifat ini didapat setelah terjadi patah, dengan cara menaruh benda uji kembali, kemudian diukur panjang akhir benda uji (L_f) dan diameter pada patahan (D_f), untuk menghitung luas penampang patahan (A_f).

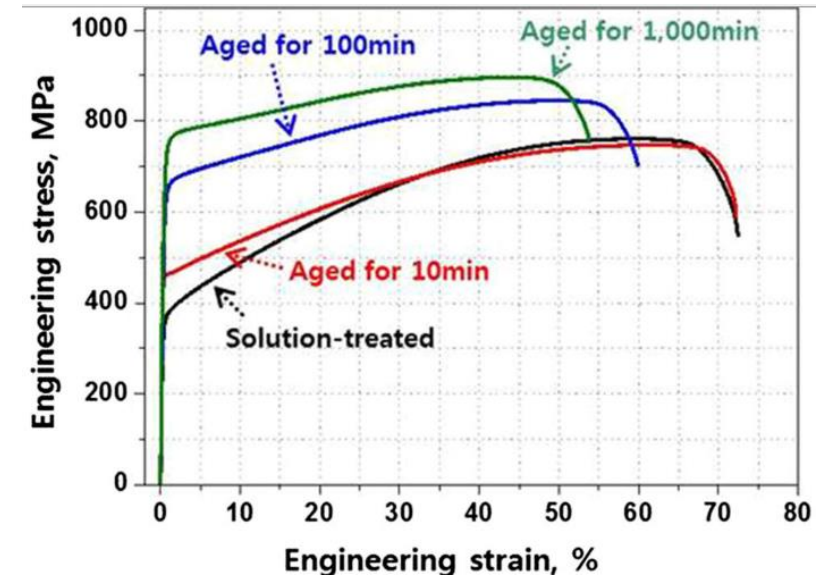
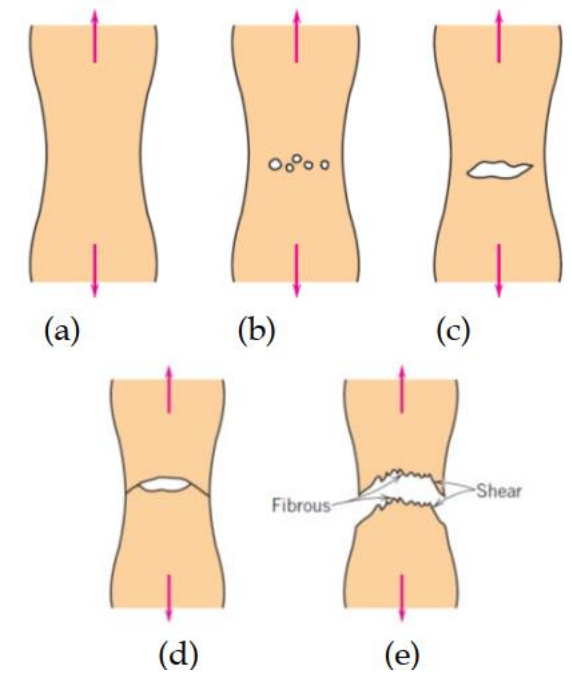
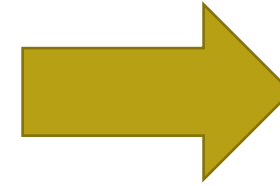
$$e_f = (L_f - L_o) / L_o$$

$$q = (A_o - A_f) / A_o$$



Gbr.1 Gambaran singkat uji tarik dan datanya

Logam	Kekuatan luluh (MPa)	Kekuatan tarik (MPa)	Keuletan %El.
Au	-	130	45
Al	28	69	45
Cu	69	200	45
Fe	130	262	45
Ni	138	480	40
Ti	240	330	30
Mo	565	655	35



Modulus Elastisitas

- Modulus elastisitas adalah ukuran kekakuan suatu bahan
- Makin besar modulus elastisitas makin kecil regangan elastis yang dihasilkan akibat pemberian tegangan

$$E = \sigma / e$$

Paduan Metal	Modulus Elastisitas	
	GPa	10 ⁶ psi
Aluminium	69	10
kuningan	97	14
Tembaga	110	16
Magnesium	45	6.5
Nikel	207	30
Baja	207	30
Titanium	107	15.5
Tungsten	407	59

Kelentingan (Resilience)

- Kelentingan adalah kemampuan suatu bahan untuk menyerap energi pada waktu berdeformasi secara elastis dan kembali ke bentuk awal apabila bebannya dihilangkan. Kelentingan biasa dinyatakan sebagai modulus kelentingan, yaitu energi regangan tiap satuan volume yang dibutuhkan untuk menekan bahan dari tegangan nol hingga tegangan luluh.

Ketangguhan (Toughness)

- Ketangguhan adalah jumlah energi yang diserap material sampai terjadi patah, yang dinyatakan dalam Joule.
- Energi yang diserap digunakan untuk berdeformasi, mengikuti arah pembebanan yang dialami.
- Pada umumnya ketangguhan menggunakan konsep yang sukar dibuktikan atau didefinisikan.

SIFAR-SIFAT MEKANIK MATERIAL YANG PERLU DIPERHATIKAN:

- Tegangan yaitu gaya diserap oleh material selama berdeformasi persatuan luas.
- Regangan yaitu besar deformasi persatuan luas.
- Modulus elastisitas yang menunjukkan ukuran kekuatan material.
- Kekuatan yaitu besarnya tegangan untuk mendeformasi material atau kemampuan material untuk menahan deformasi.
- Kekuatan luluh yaitu besarnya tegangan yang dibutuhkan untuk mendeformasi plastis.
- Kekuatan tarik adalah kekuatan maksimum yang berdasarkan pada ukuran mula.
- Keuletan yaitu besar deformasi plastis sampai terjadi patah.
- Ketangguhan yaitu besar energi yang diperlukan sampai terjadi perpatahan.
- Kekerasan yaitu kemampuan material menahan deformasi plastis lokal akibat penetrasi pada permukaan