




2 DIMENSI & SATUAN



TUJUAN INSTRUKSIONAL

- * Mahasiswa akan mengetahui dan memahami prinsip-prinsip satuan dan dimensi pada operasi injinering
- * Mahasiswa akan mampu menggunakan analisis satuan dan dimensi dalam menyelesaikan soal injinering (kasus industri pangan)

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

DIMENSI DAN SATUAN

- **DIMENSI** : Suatu konsep dasar untuk memberikan diskripsi kualitatif ttg entitas fisik seperti panjang, volume, luas, densitas, energi, suhu, gaya, massa, waktu, kecepatan, dll.

- **Contoh :**

$$\text{luas [A]} = L \times L = L^2$$

$$\text{volume [V]} = L \times L \times L = L^3$$

dimana L : panjang

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

DIMENSI DAN SATUAN

SATUAN : Suatu cara untuk menyatakan diskripsi kuantitatif/besaran entitas fisik

Contoh :

satuan untuk panjang : m, cm, ft, dll

satuan untuk luas : m², cm², dll

satuan untuk volume : m³, dll


Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

SISTEM SATUAN INJINERING

Ada beberapa sistim satuan

Paling umum :

- Sistem Inggris (English System)
- Sistem cgs (centimeter, gram, second)
- Sistem mks (meter, kilogram, second).
- **Sistem Internasional (SI) atau**
(systeme International d'Unite)




Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

SISTEM SATUAN INJINERING

Satuan SI mempunyai 7 satuan dasar :

entitas fisik	nama satuan	simbol
panjang	meter	m
massa	kilogram	kg
waktu	detik (second)	s
arus listrik	amper	A
suhu	kelvin	K
jumlah zat	mol	mol
intensitas cahaya	lilin (candela)	cd



Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

DEFINISI INTERNASIONAL SATUAN DASAR

Panjang, Meter

1 M adalah jarak yang ditempuh oleh cahaya untuk merambat melalui ruang hampa selama $1/299792453$ detik.

Massa, Kilogram

1 kg adalah massa dari suatu model kilogram internasional berupa silinder yang terbuat dari paduan platinum-iridium dengan diameter dan tinggi sama dengan 39 mm.

Waktu, Sekon/Detik

1 s adalah waktu yang diperlukan oleh suatu atom sesium-133 dalam keadaan transisi dengan pancaran gelombang sebanyak 9192631770 putaran



DEFINISI INTERNASIONAL SATUAN DASAR

Arus Listrik, Ampere

1 A adalah arus yang - dalam keadaan mengalir melalui dua konduktor berciri lurus dan sejajar dengan panjang tak terhingga dan luas penampang yang diabaikan serta ditempatkan pada ruang hampa dengan terpisah oleh jarak sepanjang 1 m, menghasilkan diantara kedua konduktor pada setiap meter panjangnya gaya sebesar $0,2 \cdot 10^{-6}$ N.

Suhu, Kelvin

1 K adalah $1/273,17$ suhu termodinamis dari air (H_2O) pada titik bekunya. Pada skala celcius, suhu titik beku air sama dengan $0,01^\circ C$. Dalam hal ini $0^\circ C = 273,16$ K
Interval skala temperature untuk $1^\circ C$ sama dengan interval skala untuk 1 K.



DEFINISI INTERNASIONAL SATUAN DASAR

Intensitas Cahaya, Kandela

1 cd adalah intensitas cahaya dari sumber radiasi sinar monokromatik dengan frekuensi 540 Thz (Terahertz) pada arah tertentu, dalam keadaan intensitas radiasi sumber cahaya tersebut pada arah ini adalah 1/683 W/sr (watt per steradial)

1 steradial adalah suatu satuan sudut ruang yang mencakup 1 m² luas permukaan bola dengan jari-jari 1 m. Luas permukaan keseluruhan dari bola ini dapat dituliskan sebagai $A_{sp(1m)} = 4\pi \text{ m}^2$. Sehingga sudut ruang keseluruhan dari steradial adalah $= 4\pi$.

Jumlah Zat, Mol

1 mol adalah banyaknya materi dari suatu zat yang sama dengan banyaknya partikel-partikel atom C-12 sebanyak 0,012 kg. Macam dari partikel-partikel harus disebutkan.



SELAIN SISTEM SI ?

Sistem	panjang	waktu	massa	gaya	energi	suhu
cgs	cm	s	g	dyne	erg	K, °C
FPS*	ft	s	lbm	lbf	ft.lbf	°R, °F
American engineering	ft	s	lbm	lbf	Btu (hp)	°R, °F

* Foot-pound-second



SATUAN TURUNAN

Satuan Turunan :

- kombinasi aljabar dari satuan dasar
- sering dinyatakan dengan nama khusus

Contoh :

Entitas fisik	satuan	nama khusus	simbol
Gaya	kg.m.s^{-2}	Newton	N
Energi	$\text{kg.m}^2.\text{s}^{-2}$	Joule	J
Daya	$\text{kg.m}^2.\text{s}^{-3}$ (Js^{-1})	Watt	W
Beda potensial	W/A	Volt	V
Tahanan listrik	V/A	ohm	Ω
Tekanan	Nm^{-2}	paskal	Pa
Frekuensi	s^{-1}	hertz	hz

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

CONTOH LAIN SATUAN TURUNAN ???

Besaran	Nama Satuan SI	Simbol Satuan
Viskositas	Pascal second	Pa.s
Panas jenis	Joule per kilogram Kelvin	J/(kg.K)
Konduktifitas panas	Watt per meter Kelvin	W/(m.K)
Tegangan permukaan	Newton per meter	N/m
..... dll		

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

FAKTOR KONVERSI DAN FAKTOR SATUAN

Densitas

$$1 \text{ g cm}^{-3} = 1000 \text{ kg m}^{-3} = 62.428 \text{ lbm ft}^{-3} = 0.0361 \text{ lbm in}^{-3}$$

$$1 \text{ lbm ft}^{-3} = 16.0185 \text{ kg m}^{-3}$$

Massa dan Gaya

$$1 \text{ lbm} = 16 \text{ oz} = 0.45359 \text{ kg} = 453.593 \text{ g}$$

$$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g} = 0.001 \text{ metric ton} = 2.20462 \text{ lbm} = 35.274 \text{ oz}$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m s}^{-2} = 10^5 \text{ dyne} = 10^5 \text{ g cm s}^{-2} = 0.22481 \text{ lbf}$$

$$1 \text{ lbf} = 4.448 \text{ N} = 32.174 \text{ lbm ft s}^{-2}$$

Panjang

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm} = 10^6 \text{ m m} = 3.2808 \text{ ft} = 39.37 \text{ in} = 1.0936 \text{ yd}$$

$$1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm} = 25.40 \text{ mm} = 0.0254 \text{ m} = 0.0833 \text{ ft} = 0.02778 \text{ yd}$$

$$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m (not recommended)}$$



FAKTOR KONVERSI DAN FAKTOR SATUAN

Power, Torque, and Energy

$$1 \text{ hp} = 550 \text{ ft lbf s}^{-1} = 745.70 \text{ W} = 0.7457 \text{ kW} = 0.7068 \text{ Btu s}^{-1}$$

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J s}^{-1} = 0.23901 \text{ cal s}^{-1} = 3.414 \text{ Btu h}^{-1} = 1.341 (10^{-3}) \text{ hp}$$

$$1 \text{ Btu hr}^{-1} = 0.2931 \text{ W} = 0.2931 \text{ J s}^{-1}$$

$$1 \text{ N m} = 1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} = 10^7 \text{ dyne cm} = 0.7376 \text{ ft lbf} = 9.486 (10^{-4}) \text{ Btu}$$

$$1 \text{ N m} = 100 \text{ N cm} = 141.61 \text{ in ozf} = 8.85 \text{ in lbf} = 0.23901 \text{ cal}$$

$$1 \text{ dyne cm} = 10^{-7} \text{ N m} = 10^{-5} \text{ N cm}$$

$$1 \text{ ft lbf} = 1.35582 \text{ N m} = 1.35582 \text{ J} = 1.2851 (10^{-3}) \text{ Btu}$$



FAKTOR KONVERSI DAN FAKTOR SATUAN

Pressure and Stress

1 bar = 10^5 Pa = 14.5038 lbf in⁻² = 0.987 atm = 10.2 m H₂O = 33.48 ft H₂O
 1 Pa = 1 N m⁻² = 10 dyne cm⁻² = 9.8692 (10⁻⁶) atm = 7.5 (10⁻³) torr
 1 lbf in⁻² = 6894.8 Pa = 6.804 (10⁻²) atm = 6.895 kPa = 2.309 ft H₂O
 1 dyne cm⁻² = 0.10 Pa = 10⁻⁶ bar = 0.987 (10⁻⁶) atm
 1 atm = 1.01325 (10⁵) N m⁻² = 101.325 kPa = 14.696 psi = 1.013 bar
 1 atm = 760 mm Hg at 0°C = 33.90 ft H₂O at 4°C = 1.01325 (10⁶) dyne cm⁻²
 1 atm = 760 torr = 29.921 in Hg @ 0° C

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

FAKTOR KONVERSI DAN FAKTOR SATUAN

Specific Heat, Thermal Conductivity, and Convection Coefficient

1 Btu lbm⁻¹ ° F⁻¹ = 4184 J kg⁻¹ K⁻¹
 1 Btu ft⁻¹ h⁻¹ ° F⁻¹ = 1.730 W m⁻¹ K⁻¹
 1 Btu ft⁻¹ h⁻² ° F⁻¹ = 5.678 W m⁻² K⁻¹

Viscosity (Absolute or Dynamic, followed by Kinematic)

1 P = 1 dyne s cm⁻² = 0.1 Pa s = 100 cP = 100 mPa s
 1 Pa s = 1000 cP = 10 P = 1 kg m⁻¹ s⁻¹ = 1 N s m⁻² = 0.67197 lbm ft⁻¹ s⁻¹
 1 cP = 1 mPa s = 0.001 Pa s = 0.01 P
 1 lbm ft⁻¹ s⁻¹ = 1.4882 kg m⁻¹ s⁻¹ = 1488.2 cP

kinematic viscosity (cSt) = absolute viscosity (cP) / density (g cm⁻³)

1 cSt = 0.000001 m² s⁻¹ = 1 mm² s⁻¹ = 5.58001 in² hr⁻¹ = 0.00155 in² s⁻¹
 1 St = 100 cSt = 0.0001 m² s⁻¹
 1 m² s⁻¹ = 10⁵ cSt = 10.7639 ft² s⁻¹

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

FAKTOR KONVERSI DAN FAKTOR SATUAN

Volume

1 m³ = 10⁶ cm³ = 10³ L (liter) = 264.17 gal (US)

1 m³ = 35.3145 ft³ = 219.97 gal (UK)

1 ft³ = 0.028317 m³ = 7.4805 gal (US) = 28.317 L

1 ft³ = 6.2288 gal(UK)

1 gal (US) = 4 qt = 3.7854 L = 3785.4 cm³ = 0.8327 gal (UK)

1 gal (US) = 0.003785 m³ = 0.13368 ft³

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

PERPANGKATAN DAN PECAHAN DESIMAL

Pangkat desimal	Awalan	Lambang
10 ¹⁸	Eksa	E
10 ¹⁵	Peta	P
10 ¹²	Tera	T
10 ⁹	Giga	G
10 ⁶	Mega	M
10 ³	Kilo	k
10 ⁻¹	Desi	d
10 ⁻²	Senti	c
10 ⁻³	Mili	m
10 ⁻⁶	Mikro	u
10 ⁻⁹	Nano	n
10 ⁻¹²	Piko	p
10 ⁻¹⁵	Femto	f
10 ⁻¹⁸	Ato	a

- Tidak diperbolehkan :
- menggunakan huruf besar sebagai ganti huruf kecil dan juga sebaliknya
- menggabungkan awalan-awalan

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

KONVERSI SUHU ...1

Konversi?

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{100} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{180}$$

$$^{\circ}\text{C} = \frac{100}{180} (^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$T_{\text{Kelvin}} = T_{\text{Celsius}} + 273$$

$$T_{\text{Kelvin}} = (T_{\text{Fahrenheit}} + 460) / 1.8$$

$$T_{\text{Fahrenheit}} = 1.8 T_{\text{Celsius}} + 32$$

$$T_{\text{Celsius}} = (T_{\text{Fahrenheit}} - 32) / 1.8$$

	F	R	C	K
Titik Didih Air	212	672	100	373
Titik Beku Air	32	492	0	273
Titik Nol Absolut	-460	0	-273	0

$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460$ $^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB


KONVERSI SUHU ...2

	F	C
Titik Beku Air	32	0
Titik Didih Air	212	100

Bagaimana dengan ΔT ??

$\Delta T = 180 \text{ } ^{\circ}\text{F} = 100 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ (sering tetap ditulis $^{\circ}\text{F}$ & $^{\circ}\text{C}$)
 dibaca :
 perbedaan suhu sebesar 180 skala derajat F = 100 skala derajat C

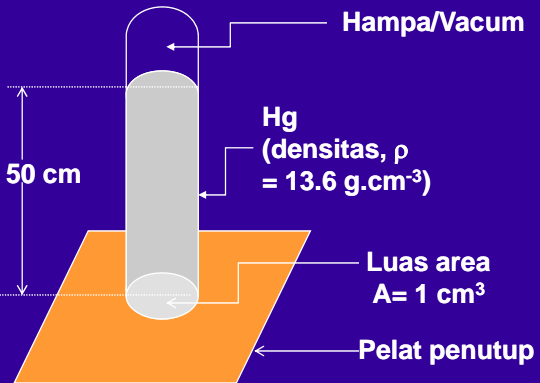
jadi : Z suatu mikroba = 18 $^{\circ}\text{F}$
 dalam $^{\circ}\text{C}$ > Z = 10 $^{\circ}\text{C}$



Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

KONVERSI TEKANAN

Tekanan = gaya per satuan luas
 Tekanan dapat dinyatakan sbg tekanan relatif a absolut



Gaya ke bawah :
 $F = m.g$
 $F = V. \rho.g$
 $F = A.h.\rho.g$ (1)

$P = F/A$ (2)
 (1) dan (2) :
 $P = \rho.g.h$

$$P = 13.6 \left[\frac{g}{cm^3} \right] 980 \left[\frac{cm}{sec^2} \right] 50cm = 666400 \frac{g}{cm.sec^2}$$

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

KONVERSI TEKANAN

$$P = 666400 \frac{g}{cm.sec^2} = \dots\dots\dots \frac{N}{m^2}$$

$$P = \left[666400 \frac{g}{cm.s^2} \right] \left[\frac{1kg}{1000g} \right] \left[\frac{100cm}{1m} \right] \left[\frac{1N}{1kg.m.s^{-2}} \right]$$

$$P = 66640 \frac{N}{m^2}$$

Dalam satuan lbf/ft², berapa P?
 PR

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

TEKANAN RELATIF ATAU TEKANAN ABSOLUT??

Ujung-terbuka:
berhubungan dgn udara/atmosfir

Δh

Air raksa

Manometer ujung-terbuka :
mengukur tekanan relatif terhadap tekanan atmosfer

Δh = menunjukkan tekanan dlm tabung diatas tekanan atmosfer
≡ tekanan gage (gauge)

Ujung-tertutup :
tekanan hampa

Δh

Air raksa

Manometer ujung-tertutup :
mengukur tekanan absolut

Δh = menunjukkan tekanan absolut pada tabung

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

BAROMETER

Δh → menunjukkan tekanan atmosfer
≡ tekanan barometrik

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

TEKANAN ATMOSFIR STANDARD

Tekanan atmosfer standard = 14.696 psia = 760 mm Hg

Nilai tekanan Atmosfir standar :

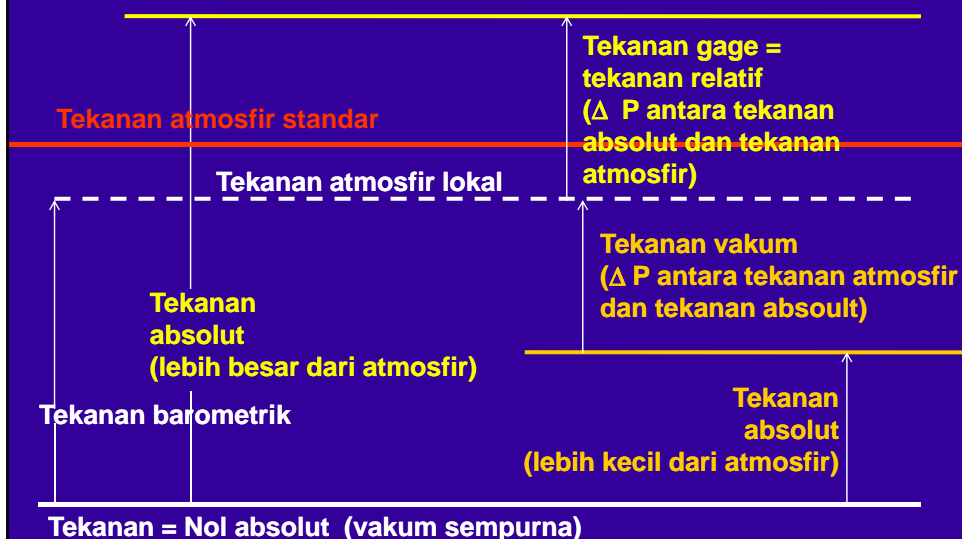
1	atm
33.91	ft H ₂ O
14.7	psia (tepatnya 14.696 psia)
22.92	in. Hg
760	mm Hg
1.013 x 10 ⁵	N.m ⁻²

Gunakan nilai tekanan atmosfer standar ini untuk keperluan konversi

Tekanan gauge + tekanan barometrik = tekanan absolut

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

HUBUNGAN ANTARA TEKANAN GAGE DAN ABSOLUT



Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

TEKANAN DAN TINGGI KOLOM CAIRAN

$$P = \rho gh$$

dimana

ρ = densitas cairan

g = konstanta/percepatan gravitasi

h = tinggi kolom cairan :

.....> sering di"istilah"kan dgn "heads" cairan

jadi :

$$\rho_{\text{Hg}} g h_{\text{Hg}} = \rho_{\text{H}_2\text{O}} g h_{\text{H}_2\text{O}}$$

atau :

$$\frac{h_{\text{Hg}}}{h_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}{\rho_{\text{Hg}}}$$

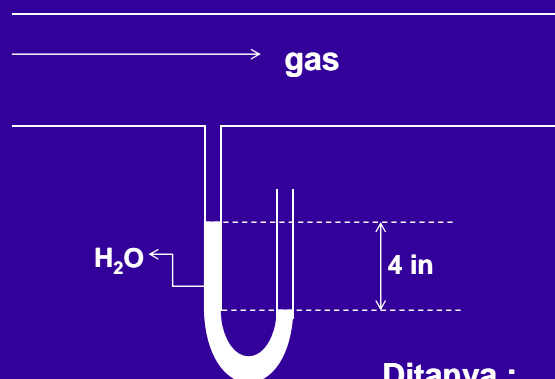
Tekanan Udara dan Ketinggian ...???

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

Soal (Kerjakan!)

Diketahui :

tekanan barometrik : 730 mm Hg




Ditanya :

Berapa tekanan (absolut) gas?

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

DOMINO DAN ANALISIS DIMENSIONAL

- Prinsip Domino


- Perhatikan urutan keluar kartu domino
- Analisis dimensional mengikuti logika yang mirip :
 - Fungsi : mempunyai dimensi/satuan yang homogen

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

FUNGSI : MEMPUNYAI DIMENSI/SATUAN YANG HOMOGEN

Perhatikan ttg konsistensi dimensi dan satuan
 Contoh : Persamaan pindah panas

$$q = hA(T_f - T_w)$$

q = laju pindah panas (energi/waktu)
 h = koef. pindah panas (energi/(waktu.luas area.suhu))
 T = suhu

Cek : apakah pers tsb mempunyai dimensi yang homogen?

$$[q] \left(\frac{\text{kg.m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{\text{s}} \right) = [h] \left(\frac{\text{kg.m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{\text{s.m}^2 \cdot \text{K}} \right) [A](\text{m}^2) [T_f - T_w](\text{K})$$

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

TENTUKAN SATUAN VISKOSITAS μ [=]

Diketahui Hk Newton ttg viskositas

$$\frac{F}{A} = \mu \left(-\frac{dv}{dy} \right) \quad \Rightarrow \quad \mu = \frac{F}{A} \left(-\frac{dv}{dy} \right)^{-1}$$

Prinsip : Fungsi \rightarrow mempunyai dimensi/satuan yg homogen

$$\mu [=] \frac{\text{dyne}}{\text{cm}^2} \left(\frac{\text{cm} / \text{det}}{\text{cm}} \right)^{-1}$$

$$\mu [=] \frac{\text{g} \cdot \text{cm} \cdot \text{det}^{-1}}{\text{cm}^2} \cdot \text{det}$$

$$\mu [=] \text{g cm}^{-1} \text{det}^{-1} = \text{poise}$$

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

CONTOH SOAL 1

•Konversikan 55 mph kedalam ft/s dan km/hr

•Pemecahan

•Faktor Konversi : 5280 ft = 1 mi; 1000 m = 1 km;
0.3048 m = 1 ft; 3600 sec = 1 hr

• Faktor Satuan : $\frac{1 \text{ hr}}{3600\text{s}}$ $\frac{5289 \text{ ft}}{1 \text{ mile}}$ $\frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ ft}}$

$$55 \text{ mph} = 55 \frac{\text{mi}}{\text{hr}} \times \frac{5280 \text{ ft}}{\text{mi}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ s}} = 80.7 \frac{\text{ft}}{\text{s}}$$

$$55 \text{ mph} = 55 \frac{\text{mi}}{\text{hr}} \times \frac{5280 \text{ ft}}{\text{mi}} \times \frac{0,3048 \text{ m}}{\text{ft}} \times \frac{\text{km}}{1000 \text{ m}} = 88.5 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

CONTOH SOAL 2

- Konveyor sabuk bergerak sejauh 3 ft dalam 15 s.
- Cari : kecepatan gerak konveyor dalam satuan m/hr
- Pemecahan :

$$V = \frac{3\text{ft}}{15\text{s}} \times \frac{1\text{m}}{3.281\text{ft}} \times \frac{3600\text{s}}{1\text{hr}} = 219.4 \frac{\text{m}}{\text{hr}}$$

Catatan :

- Prosedur diatas dapat digunakan secara efektif; terutama dalam pemecahan soal
- Kunci : latihan dan latihan

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB

CONTOH SOAL 3

$$1 \text{ g} + 3 \text{ mg} = ?$$

$$1 \text{ g} + 0.003 \text{ g} = 1.003 \text{ g}$$

atau

$$1000 \text{ mg} + 3 \text{ mg} = 1003 \text{ mg}$$

$$7 \text{ m} + 6 \text{ ft} = ?$$

$$7 \text{ m} + 6\text{ft}(1\text{m}/3.281\text{ft}) = 8.828 \text{ m}$$

atau

$$7\text{m}(3.281\text{ft}/1\text{m}) + 6 \text{ ft} = 28.967 \text{ ft}$$

$$10 \text{ m} + 15 \text{ g} = ?$$

.....tidak bisa dikerjakan!!!

Ingat : apple to apple

Purwiyatno Hariyadi/ITP/Fateta/IPB