KETIDAKPASTIAN HASIL PENGUKURAN
(CARA MELAPORKAN HASIL PENGUKURAN)

1. Bentuk pelaporan hasil pengukuran:

$$x = x_o \pm \Delta x$$

Dimana:

$x_o =$ nilai benar

untuk data tunggal berupa hasil bacaan pada alat ukur

untuk data berulang adalah nilai rata-rata hasil pengukuran $x_o = \bar{x}$

Δx= ketidakpastian mutlak

Contoh:
Hasil pengukuran panjang buku menggunakan mistar adalah :
P = (20,15 $\pm$ 0,05) cm
Nilai benarnya adalah 20,15 cm
Ketidakpastian mutlak = 0,05 cm

2. Ketidakpastian Mutlak
Berhubungan dengan ketepatan atau **presisi** dalam pengukuran. Semakin kecil ketidakpastian mutlak makin tepat pengukuran atau makin presisi pengukuran. Semakin kecil nilai skala terkecil pada alat ukur, semakin presisi alat ukur tersebut.

Untuk data tunggal berupa ½ skala terkecil
Untuk data berulang sama dengan simpangan baku, dengan rumus simpangan baku sbb:

$$S_x = \frac{1}{N}\sqrt{\frac{N\sum x_i^{\ 2} - \left(\sum x_i\right)^2}{N-1}}$$

Contoh:
Pengukuran panjang (3,700 $\pm$0,005)cm memiliki ketepatan lebih tinggi daripada (3,70 $\pm$ 0,05) cm.
Pengukuran kuat arus (3,6 $\pm$ 0,1)mA memiliki ketepatan lebih tinggi daripada (3,6 $\pm$ 0,2) mA

3. Ketidakpastian relatif
Berhubungan dengan **ketelitian** pengukuran. Semakin kecil ketidakpastian relatif, semakin tinggi ketelitian pengukuran tersebut. Semakin kecil perbedaan hasil pengukuran berulang semakin teliti pengukuran yang dilakukan.

Ketidakpastian relatif $=\frac{\Delta x}{x}$ (tidak bersatuan)

ketidakpastian relatif dalam persen = $\frac{\Delta x}{x}$x100%

Contoh:
Sebuah amperemeter digunakan untuk mengukur dua kuat arus yang berbeda
I_1 = (10,00 $\pm$ 0,05)mA
I_2 = (20,00 $\pm$ 0,05)mA

Mana yang lebih teliti ?
Ketidakpastian relatif pengukuran I_1= $\frac{0,05}{10,00} \times 100\% = 0,5\%$
Ketidakpastian relatif pengukuran I_2= $\frac{0,05}{20,00} \times 100\% = 0,25\%$

Nilai ketidakpastian relatif I_2 lebih kecil dari I_1 maka dikatakan hasil pengukuran I_2 lebih teliti.

Tetapi perhatikan kedua pengukuran memiliki presisi yang sama.

4. Penurunan ketidakpastian

Dalam pengukuran besaran turunan dimana pengukuran langsungnya dilakukan dengan mengukur besaran pokok penyusun besaran turunan tersebut, kemudian dilakukan perhitungan dalam rumus untuk mendapatkan nilai akhir besaran turunan tersebut. Ketidakpastian hasil pengukuran besaran pokoknya pada saat dilakukan pengukuran akan diperhitungkan pula untuk mendapatkan ketidakpastian hasil perhitungan besaran turunannya.

Ada beberapa cara untuk mendapatkan ketidakpastian hasil perhitungan dalam rumus.

a. Ketidakpastian hasil perhitungan besaran turunan untuk **pengukuran tunggal** :

Fungsi	ketidakpastian
z = x + y (penjumlahan dan pengurangan)	$\Delta z = \lvert\Delta x\rvert + \lvert\Delta y\rvert$ “+” tetap berlaku pada pengurangan
z = xy (perkalian dan pembagian)	$\frac{\Delta z}{z} = \left\lvert\frac{\Delta x}{x}\right\rvert + \left\lvert\frac{\Delta y}{y}\right\rvert$ “+” tetap berlaku pada pembagian
z = $ax^n y^m$ (bilangan berpangkat)	$\frac{\Delta z}{z} = \lvert n\rvert\left\lvert\frac{\Delta x}{x}\right\rvert + \lvert m\rvert\left\lvert\frac{\Delta y}{y}\right\rvert$

Contoh:

Daya listrik dihitung dengan rumus P = I^2.R. dalam pengukuran yang dilakukan satu kali besar kuat arus dan hambatan adalah (2,00 $\pm$ 0,01)A dan (100,0 $\pm$ 0,2)ohm. (a) Tentukan ketidakpastian perhitungan daya listrik tersebut (b) laporan hasil pengukuran daya.

Jawab:

Diketahui:

I = 2,00 A

ΔI = 0,01 A

R = 100,0 ohm

ΔR= 0,2 ohm

Ditanyakan:

a. ΔP= ….
b. $(P \pm \Delta P)$= ….

Penyelesaian:

a. Rumus P = I^2. R, memiliki perhitungan ketidakpastian:

$\frac{\Delta P}{P} = 2\left\lvert\frac{\Delta I}{I}\right\rvert + \left\lvert\frac{\Delta R}{R}\right\rvert$

$\frac{\Delta P}{P} = 2\left\lvert\frac{0{,}01}{2{,}00}\right\rvert + \left\lvert\frac{0{,}2}{100{,}0}\right\rvert$=0,012

(0,012 x 100%=1,2% : hasil pengukuran berhak atas 3 angka penting)

P = I^2.R = $(2{,}00)^2$ (100) = 40<u>0</u> watt (3 angka penting)

Ketidakpastian ΔPadalah:

$\Delta P = 0{,}012 \times P$= 0,012 x 400 = 4,8 watt

b. Hasil perhitungan daya dilaporkan:

P = (400 $\pm$ 4,8) watt. Nilai dibelakang koma harus disamakan sehingga :

P = (400 $\pm$ 5) watt

b. Ketidakpastian hasil perhitungan besaran turunan untuk **pengukuran berulang** :

Untuk fungsi dua variabel $z = a\, x^m\, y^n$ adalah

$$\frac{\Delta z}{z} = \sqrt{\left(n\frac{\Delta x}{x}\right)^2 + \left(m\frac{\Delta y}{y}\right)^2}$$

Dimana Δxdan Δyadalah ketidakpastian mutlak yang dihitung dengan rumus simpangan baku.

a konstanta tidak masuk dalam perhitungan

n dan m adalah bilangan bulat, pecahan (positif maupun negatif)

Contoh:

Hasil pengukuran sistem jembatan wheatstone diperoleh masing masing hambatan

R_A = (840 + 1) ohm

R_B = (90 + 0,5) ohm

R_R = (250 + 1) ohm

Berapakah nilai R_x jika persamaan yang diperlukan adalah :

$$R_x = \frac{R_R . R_A}{R_B} = R_R .\ R_A . R_B^{-1} \quad ?$$

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \sqrt{\left((1)\frac{\Delta R_R}{R_R}\right)^2 + \left((1)\frac{\Delta R_A}{R_A}\right)^2 + \left((-\ 1)\frac{\Delta R_B}{R_b}\right)^2}$$

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \sqrt{\left((1)\frac{1}{250}\right)^2 + \left((1)\frac{1}{840}\right)^2 + \left((-\ 1)\frac{0,5}{90}\right)^2} = 0,00695$$

= 0,00695 x 100% = 0,695 = 0,7% mendekati 1%, jadi berhak atas 3 angka penting

$$R_x = \frac{R_R . R_A}{R_B} = \frac{250 \times 840}{90} = 2333$$

ΔRx= (0,00695 . 2333) = 16,2

Jadi R_x = (2333 + 16,2) ohm

= (23$\underline{3}$0 + 16) ohm