



3. kuadratkan kedua sisi persamaan untuk menghilangkan hasil perkalian.

Contoh: misalkan persamaan perkalian

$$Q = A_1 F^a G^b H^c$$

dimana  $A_1, a, b, c$  adalah konstanta yang dapat berharga positif maupun negatif. Untuk mencari pengaruh kesalahan dalam  $F, G$ , dan  $H$  pada fungsi  $Q$ , dilakukan dengan mengubah persamaan menjadi persamaan logaritma alam menjadi

$$\ln Q = \ln A_1 F^a G^b H^c$$

Persamaan ini kemudian didiferensiasi menjadi

$$\frac{dQ}{Q} = a \frac{dF}{F} + b \frac{dG}{G} + c \frac{dH}{H}$$

Dengan menganggap bahwa diferensial adalah kesalahan dan mengkuadratkan persamaan, akan diperoleh

$$\left( \frac{dQ}{Q} \right)^2 = a^2 \left( \frac{dF}{F} \right)^2 + b^2 \left( \frac{dG}{G} \right)^2 + c^2 \left( \frac{dH}{H} \right)^2$$

Pada persamaan ini dapat dilihat bahwa kuadrat dari fraksi atau persentase kesalahan pada tiap variabel dipengaruhi oleh kuadrat pangkatnya.

Hasil ini sangat berguna dalam perencanaan eksperimen karena menunjukkan bahwa variabel yang muncul dengan pangkat besar harus diukur lebih teliti daripada variabel dengan pangkat lebih kecil.

Sebagai contoh, pada suatu eksperimen aka diukur  $F, G$ , dan  $H$  dalam persamaan  $Q = AF^{1/2}G^{-3}H^{1/3}$  dimana  $A$  adalah konstanta.

Kesalahan persentase dalam  $G$  adalah 6 kali lebih penting dibanding kesalahan dalam  $F$  karena  $G$  mempunyai pangkat 3 dan  $F$  mempunyai pangkat  $\frac{1}{2}$ .

### Memperkirakan kesalahan ukur $\varepsilon_i$

Untuk memperkirakan ketidakpastian "yang diketahui" dalam variabel, harus dilihat ketepatan pada spesifikasi alat ukur yang diberikan oleh pabrik, atau membuat perkiraan berdasarkan pengalaman. Dalam hal tidak terdapat pengalaman untuk membuat perkiraan, aturan-aturan sederhana berikut dapat diterapkan untuk alat-alat ukur analog maupun digital.

$\pm 10\%$  dari pembagian mayor terkecil untuk alat ukur kualitas laboratorium

$\pm 30\%$  dari pembagian mayor terkecil untuk alat ukur kualitas industri.

Pembagian skala mayor adalah sebuah tanda dengan garis lebih tebal dibanding tanda minor, dan biasanya memiliki angka di atasnya. Alat ukur biasanya mempunyai sekitar 10 pembagian mayor sepanjang skala.

Alat ukur digital biasanya *misleading* karena menampilkan terlalu banyak digit. Perkiraan yang baik untuk ketepatan alat ukur digital adalah:

$\pm 3$  angka digit paling belakang untuk alat ukur kualitas laboratorium

$\pm 10\%$  dari skala penuh untuk alat ukur kualitas industri.

Kesalahan eksternal di atas tidak termasuk kesalahan yang diakibatkan *noise* yang tidak terduga, pergeseran waktu dan temperatur, offset nol, dan kesalahan manusia.

### PENUTUP

Kesalahan eksternal merupakan kesalahan yang diakibatkan oleh persamaan. Kesalahan eksternal dapat diperkirakan dengan cara mengubah persamaan menjadi persamaan logaritma alam, kemudian mendiferensiasi persamaan logaritma alam, dan mengkuadratkan persamaan diferensialnya. Sedangkan harga-harga kesalahan variabel yang diukur, dapat diperkirakan dari ketepatan alat ukur pada spesifikasi alat ukur yang diberikan oleh pabrik.