



# Konsep Ketidakpastian Pengukuran

Semarang, 04 November 2021

Dr. Eng. Munadi  
Magang Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP) 2021



# 1. Kuantitas

---

- **Kuantitas**

Kuantitas adalah properti dari suatu fenomena, tubuh, atau substansi, di mana suatu angka dapat ditetapkan sehubungan dengan referensi. Referensi dapat berupa unit pengukuran, prosedur pengukuran, atau bahan referensi. Misalnya, massa benda adalah kuantitas yang merupakan property benda itu dan dapat diberi nilai sehubungan dengan satuan pengukuran, yaitu kilogram.

- **Sistem Kuantitas Dasar**

Atau biasa dikenal dengan istilah besaran pokok, Ini adalah sekumpulan jumlah dasar sehingga setiap kuantitas lain dapat dinyatakan dalam jumlah dasar atau kombinasinya.

**Sebagai contoh**, semua jumlah mekanik dapat dinyatakan dalam bentuk massa, panjang, dan waktu. Sistem satuan internasional didasarkan pada tujuh kuantitas, yaitu massa, panjang, waktu, arus listrik, suhu, intensitas cahaya, dan jumlah zat.

# 1. Kuantitas

---

**Tabel 1.1 Kuantitas Dasar Berdasarkan Satuan Internasional**

Besaran Dasar	Satuan internasional		
	Satuan	Lambang	Simbol besaran
1. Panjang	Meter	m	l
2. Massa	Kilogram	kg	m
3. Waktu	Sekon	s	t
4. Arus Listrik	Ampere	A	I
5. Suhu Termodinamika	Kelvin	K	T
6. Jumlah Zat	Mola	mol	N
7. Intensitas cahaya	Kandela	cd	Iv

# 1. Kuantitas

## ■ Kuantitas Turun

Atau dikenal dengan istilah besaran turunan, Kuantitas dalam sistem kuantitas dasar, yang didefinisikan dalam jumlah dasar, dikenal sebagai kuantitas turunan.

**Sebagai contoh**, kecepatan adalah perbandingan panjang dan waktu, sedangkan energi kinetik adalah produk dari massa benda yang bergerak dan kuadrat dari kecepatannya.

**Tabel 1.2 Kuantitas Turun dari penjabaran Kuantitas Dasar**

No.	Besaran Turunan	Penjabaran dari Besaran Pokok	Satuan Sistem MKS
1	Luas	Panjang $\times$ Lebar	$\text{m}^2$
2	Volume	Panjang $\times$ Lebar $\times$ Tinggi	$\text{m}^3$
3	Massa jenis	Massa : Volume	$\text{kg}/\text{m}^3$
4	Kecepatan	Perpindahan : Waktu	$\text{m}/\text{s}$
5	Percepatan	Kecepatan : Waktu	$\text{m}/\text{s}^2$
6	Gaya	Massa $\times$ Percepatan	newton (N) = $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$
7	Usaha	Gaya $\times$ Perpindahan	joule (J) = $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$
8	Daya	Usaha : Waktu	watt (W) = $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3$
9	Tekanan	Gaya : Luas	pascal (Pa) = $\text{N}/\text{m}^2$
10	Momentum	Massa $\times$ Kecepatan	$\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}$

## 2. Pengukuran

---

- **Pengukuran**

**Merupakan** kegiatan menentukan nilai kuantitas tertentu.

Definisi pengukuran adalah penentuan besaran, dimensi, atau kapasitas, biasanya terhadap suatu standar atau satuan ukur. Selain itu, pengukuran juga dapat diartikan sebagai pemberian angka terhadap suatu atribut atau karakteristik tertentu yang dimiliki oleh seseorang, hal, atau objek tertentu menurut aturan atau formulasi yang jelas dan disepakati.

- **Metode Pengukuran,**

Teknik yang di gunakan dalam pengukuran sesuai dengan prinsip yang diberikan. Metode pengukuran dapat dikualifikasikan lebih lanjut dengan beberapa cara di antaranya : metode substitusi, metode diferensial, dan metode Null.

## 2. Pengukuran

---

- **Pengukuran langsung**

yaitu membandingkan nilai besaran yang diukur dengan besaran standar yang diterima sebagai satuan.

- **Pengukuran tidak langsung**

yaitu pengukuran untuk mengukur suatu besaran dengan cara mengukur besaran lain.

**Sebagai contoh** pengukuran yaitu ketika membeli beras dan penjual mengukur massa dari beras, yang artinya penjual membandingkan nilai besaran massa dengan satuan massa yang sudah ditentukan. Seperti satuan Massa kilogram (kg), gram (g) dan satuan massa lainnya

### 3. Kesalahan Pengukuran

---

- **Kesalahan Pengukuran**

Kesalahan muncul karena ketidaktepatan dalam pengukuran, Kesalahan juga mungkin disebabkan kondisi lingkungan, dan proses pengukuran. Kesalahan Palsu, Kesalahan palsu adalah karena kesalahan oleh pengamat, gangguan fungsi instrumen dan ini membatalkan pengamatan. Pengamatan dengan kesalahan tersebut tidak untuk dimasukkan dalam analisis statistik.

- **Kesalahan Relatif**

Kesalahan pengukuran dibagi dengan nilai sebenarnya dari pengukuran. Karena nilai sebenarnya dari pengukuran tidak dapat ditentukan.

- **Kesalahan Acak,**

Kesalahan ini mungkin disebabkan oleh kondisi lingkungan yang tidak terkendali, penilaian pribadi dari pengamat, dan ketidakstabilan yang melekat dari alat ukur atau penyebab lain yang bersifat acak.

**Misalnya** Jika Anda mengambil beberapa pengukuran, nilai-nilai mengelompok di sekitar nilai sebenarnya. Dengan demikian, kesalahan acak terutama mempengaruhi presisi . Biasanya, kesalahan acak mempengaruhi digit signifikan terakhir dari pengukuran.

### 3. Kesalahan Pengukuran

---

- **Kesalahan Sistematis**

Kesalahan ini mungkin disebabkan oleh ketidakmampuan dalam mendeteksi sistem pengukuran, bias konstan, kesalahan dalam nilai standar, fisik konstan, dan properti medium atau faktor konversi yang digunakan. Kesalahan sistematis dapat secara luas diklasifikasikan sebagai konstan dan variabel.

Kesalahan sistematis konstan adalah kesalahan yang tidak berubah seiring waktu tetapi terkadang dapat bervariasi sesuai dengan besarnya kuantitas yang diukur. Penyebab khas dari kesalahan sistematis meliputi kesalahan pengamatan, tidak sempurna kalibrasi instrumen, dan gangguan lingkungan.



### 3. Kesalahan Pengukuran

---

- **Keakuratan Pengukuran**

Hasil pengukuran yang mendekati nilai sebenarnya dari pengukuran tersebut.

- **Ketepatan Hasil,**

Pengukuran Ketepatan suatu instrumen mencerminkan jumlah digit signifikan dalam hasil yang dinyatakan.

- **Pengulangan,**

Pengukuran berturut-turut dari pengukuran yang sama dan dilakukan dalam Prosedur pengukuran yang sama, Pengamat yang sama, Kondisi yang sama (lingkungan), Lokasi yang sama dan Pengulangan dilakukan dalam periode waktu yang singkat.

- **Hasil Pengukuran,**

Hasil yang diperoleh dari proses pengukuran dan dinyatakan dalam kuantitas **Koreksi**.

Koreksi adalah jumlah kecil yang harus ditambahkan secara aljabar ke nilai yang diamati. Ini mungkin berkaitan dengan instrumen atau standar yang digunakan (Koreksi Sertifikat), Untuk membawa nilai yang terukur ke kondisi lingkungan referensi seperti suhu, kelembaban tekanan, dll.

## 4. Sumber-sumber Kesalahan

---

- **Sumber-sumber kesalahan:**

- Instrumen, seperti kalibrasi alat yang tidak sempurna
- Observasi, seperti kesalahan paralaks pembacaan
- Environmental, seperti tegangan listrik yang tidak stabil
- Teori, seperti pengabaian gaya gesek

- **Jenis-jenis kesalahan:**

- Kesalahan umum atau keteledoran (*grass error*)
- Kesalahan acak (*random error*)
- Kesalahan sistematis (*systematic error*)

## 5. Jenis-jenis Kesalahan

---

- **Kesalahan umum atau keteledoran (*grass error*) :**

Kesalahan ini kebanyakan disebabkan oleh manusia sebagai pengukur atau pengamat karena faktor kurang terampil dalam menggunakan alat ukur yang dipakai. Selama manusia terlibat dalam pengukuran baik langsung maupun tidak langsung, kesalahan jenis ini tidak dapat dihindari, namun jenis kesalahan ini tidak mungkin dihilangkan begitu saja secara keseluruhan dan harus ada usaha untuk mencegah dan memperbaiki.

- **Contoh jenis-jenis kesalahan umum:**

- Kekurangan keterampilan menggunakan alat
- Kalibrasi tidak tepat
- Kesalahan dalam membaca skala
- Posisi mata saat membaca skala yang tidak benar

## 5. Jenis-jenis Kesalahan

---

- **Kesalahan Acak (random error):**

Kesalahan acak yaitu kesalahan yang tidak disengaja dan tidak dapat dikendalikan atau diatasi semuanya sekaligus dalam pengukuran, hal ini dikarenakan adanya fluktuasi pada kondisi-kondisi pengukuran. Selain itu, Lingkungan yang tidak menentu bisa menyebabkan kesalahan dalam pengukuran. Kesalahan pengukuran yang disebabkan oleh kondisi lingkungan disebut kesalahan acak.

- **Contoh jenis-jenis kesalahan umum:**

- Terjadinya fluktuasi tegangan listrik, misalnya sumber tegangan dari PLN atau generator AC dan bahkan aki (baterai), hal ini dapat mengalami fluktuasi akibat perubahan kecil yang tidak teratur dan berlalu sangat cepat.
- Terjadi bising elektronik (noise), berupa fluktuasi pada tegangan dalam alat yang sangat cepat karena komponen alat yang bergantung pada temperatur.

## 6. Jenis-jenis Kesalahan

---

- **Kesalahan Sistematis (Systematic error)**

Kesalahan sistematis dapat menyebabkan hasil pengukuran menyimpang dari hasil sebenarnya dan simpangan tersebut mempunyai arah tertentu.

- **Contoh jenis-jenis kesalahan umum:**

- Kesalahan titik nol, artinya kesalahan yang terjadi karena titik nol skala tidak berimpit dengan titik nol jarum penunjuk, atau jarum penunjuk pada alat ukur tidak kembali tepat pada angka nol. Bila sudah diatur maksimal tetapi tidak tepat pada skala nol, maka untuk mengatasinya harus diperhitungkan selisih kesalahan tersebut setiap kali melakukan pembacaan skala.
- Kesalahan kalibrasi (faktor alat), kesalahan ini terjadi pada saat pembuatan produk dimana cara memberi nilai skala alat tidak sesuai sehingga berakibat setiap kali alat digunakan. Hal ini dapat diketahui dengan cara membandingkan alat yang tidak sesuai skalanya dengan alat standar yang baku.

## 7. Faktor Koreksi dan Bias

1. Data : 2 3 4 5 5 5 6 6 6 6 6 7 7 7 7 8 8 9 9 9 9 9 9

N = 23

a. Mean

$$\bar{x} = \frac{2 + 3 + 4 + (3 \times 5) + (5 \times 6) + (4 \times 7) + (2 \times 8) + (6 \times 9)}{23} = 6,61$$

b. Modus

Angka 9

c. Median

Karena jumlah data ganjil maka:  $Med = x_{\frac{n+1}{2}} = x_{\frac{23+1}{2}} =$

$$x_{12} = 7$$

2. a. Standar deviasi

$$s = \left[ \sum_{p=1}^{p=n} \frac{(x_p - \bar{x})^2}{n} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$s = \left[ \sum_{p=1}^{p=n} \frac{O^2}{23} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1,972399$$

b. Varians

$$s^2 = \sum_{p=1}^{p=n} \frac{(x_p - \bar{x})^2}{n}$$

$$= 4,067194$$

3. Berdasarkan tabel di bawah :

PERLAKUAN	Kelompok				JUMLAH
	1	2	3	4	
P0	27,7	33	26,3	37,7	124,7
P1	36,6	33,8	27	39	136,4
P2	37,4	41,2	45,4	44,6	168,6
P3	42,2	46	45,9	46,2	180,3
P4	39,8	39,5	40,9	44	164,2
P5	42,9	45,9	43,9	45,6	178,3

a. Faktor Koreksi :

$$Y = 124,7 + 136,4 + 168,6 + 180,3 + 164,2 + 178,3 = 952,5$$

$$\text{Faktir Koreksi (FK)} = (952,5)^2 / (4) \cdot (6) = 37802,3$$

b. Jumlak Kuadrat (JK)

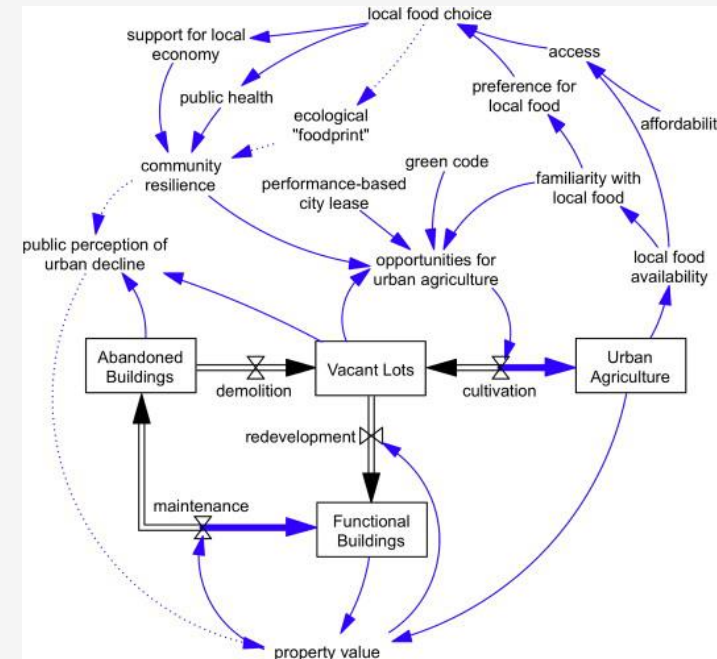
$$\text{JK Total (JKT)} = 27,7^2 + 33^2 + 26,3^2 + \dots + 45,9^2 + 43,9^2 + 45,6^2 - 37802,3 = 890,43$$

c. JK Perlakuan (JKP) =  $(952,5)/4 - 37802,3 = 658,06$

d. JK Galat (JKG) =  $890,43 - 658,06 = 232,36$

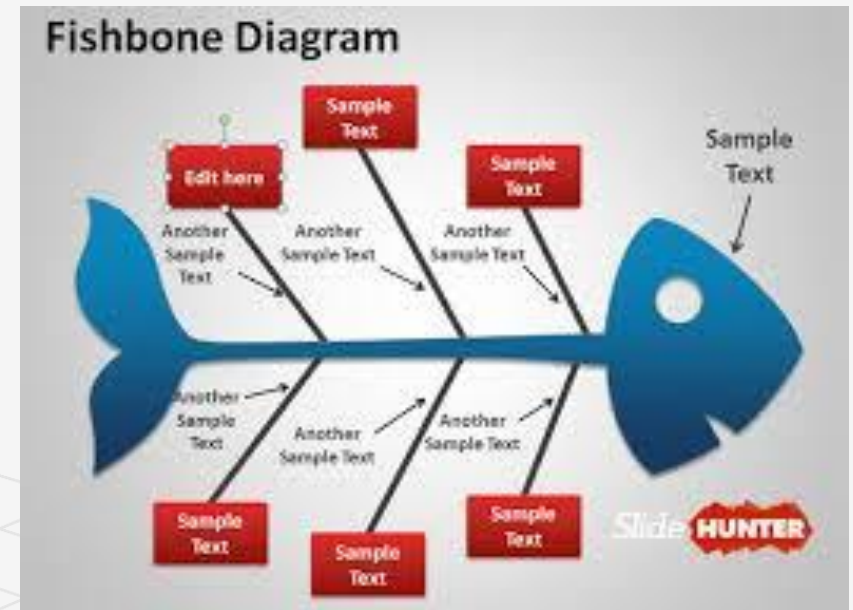
## 8. Fishbone Diagram-Budget Uncertainly

- ❑ Causal map adalah teknik mengilustrasikan masalah dalam suatu diagram atau gambar.
- ❑ Tujuan menggambarkan masalah dalam suatu diagram atau gambar adalah untuk lebih memudahkan kita memahami gambaran permasalahan dan faktor-faktor penyebab munculnya permasalahan dalam satu diagram atau gambar.



## 8. Fishbone Diagram-Budget Uncertainly

- ❑ Ada banyak metode untuk mengetahui akar penyebab dari masalah yang muncul :
  - Ishikawa (Fishbone) diagrams
  - Impacts wheels
  - Issues trees
  - Strategy maps
  - Risk assesment mapping tools (FMEA)
  - Cause and effect diagrams
- ❑ Fishbone Diagrams (diagram tulang ikan) merupakan analisis sebab akibat yang dikembangkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa yang menggambarkan permasalahan dan penyebabnya dalam suatu kerangka tulang ikan.





## 8. Fishbone Diagram-Budget Uncertainly

---

- **Diagram Fishbone** sering juga disebut dengan istilah Diagram Ishikawa. Penyebutan diagram ini sebagai Diagram Ishikawa karena yang mengembangkan model diagram ini adalah Dr. Kaoru Ishikawa pada sekitar Tahun 1960-an. Dr. Kaoru Ishikawa, ilmuwan kelahiran 1915 di Tokyo Jepang yang juga alumni teknik kimia Universitas Tokyo. Sehingga sering juga disebut dengan diagram ishikawa.
- Dr. Ishikawa juga ditengarai sebagai orang pertama yang memperkenalkan 7 alat atau metode pengendalian kualitas (7 tools). Yakni fishbone diagram, control chart, run chart, histogram, scatter diagram, pareto chart, dan flowchart.
- Metode tersebut awalnya lebih banyak digunakan untuk manajemen kualitas yang menggunakan data verbal (non-numerical) atau data kualitatif.
- Mengapa diagram ini dinamai diagram fishbone? Penyebutan diagram ini sebagai diagram fishbone karena diagram ini bentuknya menyerupai kerangka tulang ikan yang bagian-bagiannya meliputi kepala, sirip, dan duri.
- Menurut Scarvada (2004), konsep dasar dari diagram fishbone adalah permasalahan mendasar diletakkan pada bagian kanan dari diagram atau pada bagian kepala dari kerangka tulang ikannya. Penyebab permasalahan digambarkan pada sirip dan durinya.

## 8. Fishbone Diagram-Budget Uncertainly

---

### ❑ Identifikasi masalah/kesalahan

Berikut beberapa pendekatan yang bisa dijadikan panduan untuk merumuskan faktor-faktor utama dalam mengawali pembuatan Diagram Fishbone:

#### a. Pendekatan The 4 M's

- Digunakan untuk perusahaan manufaktur
- Faktor-faktor utama yang bisa dijadikan acuan menurut pendekatan ini adalah :
  - a. Machine (Equipment)
  - b. Method (Process/Inspection)
  - c. Material (Raw, Consumables dll.)
  - d. Man power

#### b. Pendekatan The 8 P's

- Digunakan untuk industri jasa
- Faktor-faktor utama yang bisa dijadikan acuan menurut pendekatan ini adalah :
  - a. People; b. Process; c. Policies; d. Procedures;
  - e. Price; f. Promotion; g. Place/Plant; h. Product

#### c. Pendekatan lain

## 8. Fishbone Diagram-Budget Uncertainly

---

### ❑ Merumuskan masalah utama

- Berikut contoh rumusan masalah utama :
  - a. Masalah pada lembaga diklat
    - Rendahnya kualitas lulusan diklat
    - Rendahnya kualitas pelayanan kepada peserta diklat, dan lain-lain
  - b. Masalah pada Bank
    - Panjangnya antrian di kasir atau customer service
    - Tingginya tingkat kredit macet, dan lain-lain
  - c. Kantor Pajak
    - Tidak tercapainya target penerimaan pajak
    - Rendahnya kualitas layanan, dan lain-lain

## 8. Fishbone Diagram-Budget Uncertainly

---

- ❑ Mencari faktor-faktor utama yang berpengaruh atau berakibat pada permasalahan
  - Langkah ini dapat dilakukan dengan teknik brainstorming.
  - Menurut Scarvada (2004), penyebab permasalahan dapat dikelompokkan dalam enam kelompok yaitu materials (bahan baku), machines and equipment (mesin dan peralatan), manpower (sumber daya manusia), methods (metode), Mother Nature/environment (lingkungan), dan measurement (pengukuran).
  - Gaspersz dan Fontana (2011) mengelompokkan penyebab masalah menjadi tujuh yaitu manpower (SDM), machines (mesin dan peralatan), methods (metode), materials (bahan baku), media, motivation (motivasi), dan money (keuangan).
  - Kelompok penyebab masalah ini kita tempatkan di Diagram Fishbone pada sirip ikan

## 8. Fishbone Diagram-Budget Uncertainly

---

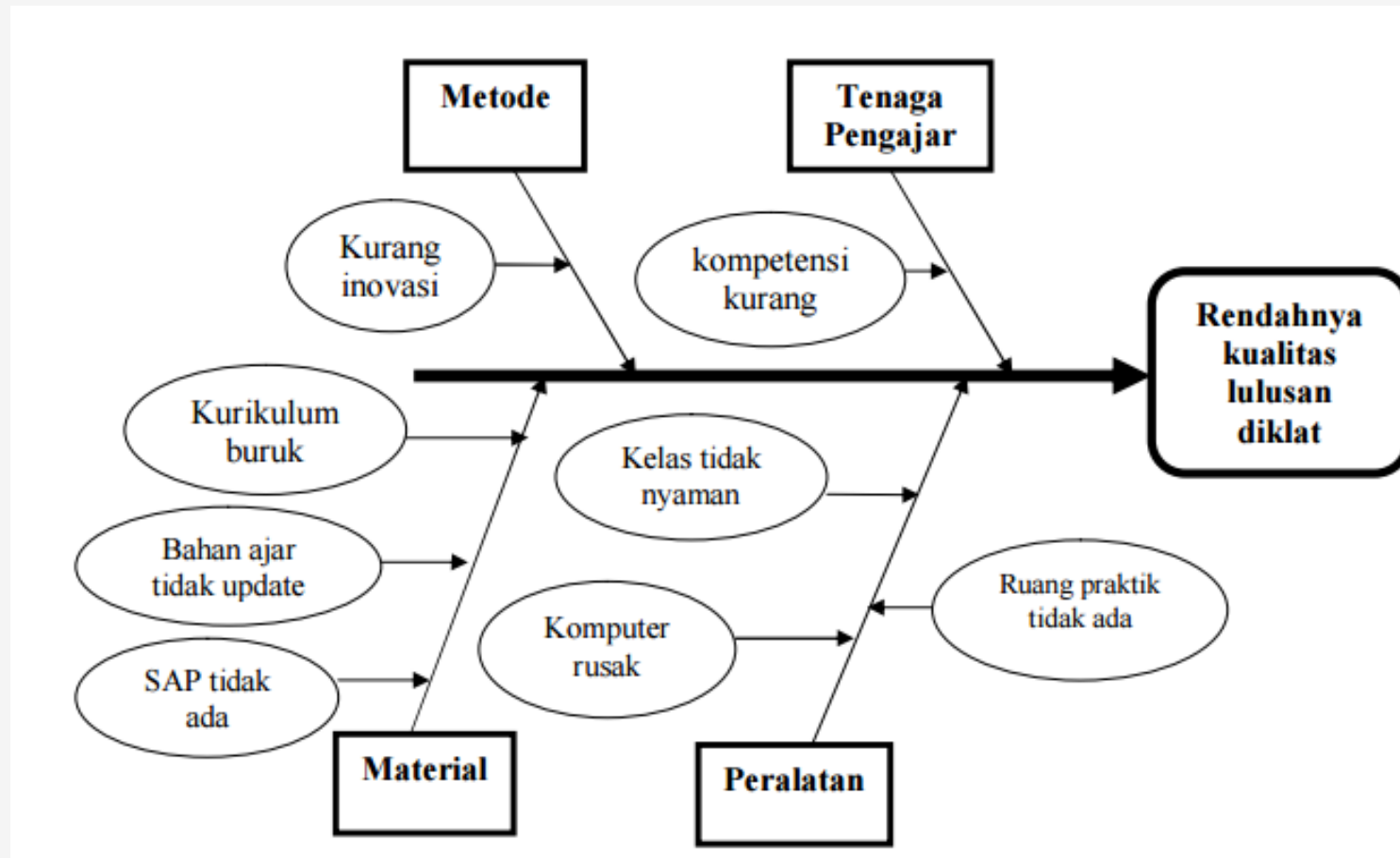
- ❑ Menemukan penyebab untuk masing-masing kelompok penyebab masalah
  - Penyebab ini ditempatkan pada duri ikan.
  - Berikut disajikan contoh penyebab masalah rendahnya kualitas lulusan diklat :
    - a. Kelompok SDM  
Misalnya masalah SDM terkait dengan tenaga pengajar. Penyebab dari unsur tenaga pengajar ini adalah rendahnya kompetensi tenaga pengajar. Terdapat beberapa pengajar yang tidak sesuai dengan bidangnya.
    - b. Kelompok Material  
Terkait dengan diklat, penyebab bahan baku yang kurang baik adalah pertama kualitas kurikulum yang kurang baik. Kedua, bahan ajar banyak yang kurang update dengan perkembangan organisasi. Ketiga, tidak ada rencana pembelajaran dalam bentuk program pengajaran dan Satuan Acara Pembelajaran.

## 8. Fishbone Diagram-Budget Uncertainly

---

- ❑ Menemukan penyebab untuk masing-masing kelompok penyebab masalah
  - c. Kelompok mesin dan peralatan  
Penyebab masalah dari sisi mesin dan peralatan ada tiga yaitu kurang nyamannya ruangan kelas, tidak adanya ruangan untuk praktik, dan banyak komputer dan proyektor yang rusak.
  - d. Kelompok metode  
Penyebab masalah dari sisi metode adalah kurangnya inovasi dalam model pembelajaran.
- Penyebab masalah ini dapat dirinci lebih lanjut dengan mencari penyebab dari penyebab masalah tersebut. Pendalaman lebih lanjut dari penyebab masalah ini dapat dilakukan sampai dengan lima level. Dapat digunakan metode Five Whys untuk pendalaman penyebab masalah ini.

## 8. Fishbone Diagram-Budget Uncertainly





TERIMA KASIH