

# Kalibrasi

Munawar A Riyadi, PhD

Program Magang PLP Undip - 29 Oktober 2021



**UNDIP** | UNIVERSITAS  
DIPONEGORO  
becomes an excellent research university

# Konsep pengukuran

- Pengukuran: Perbandingan antara standar dan apa yang ingin kita ukur (besaran ukur/*measurand*).
- Hasilnya dinyatakan dalam nilai numerik.
- Syarat dasar untuk pengukuran yang bermakna:
  - Standar yang digunakan untuk pembanding harus didefinisikan secara akurat dan harus diterima secara umum.
  - Aparatus yang digunakan dan metode yang digunakan harus dapat dibuktikan (*verifiable*).



# Metode pengukuran

- **METODE LANGSUNG:** Dalam metode ini, kuantitas yang tidak diketahui (besaran ukur) dibandingkan secara langsung dengan standar.
- **METODE TIDAK LANGSUNG:** Pengukuran dengan metode langsung tidak selalu memungkinkan, layak dan praktis. Dalam aplikasi rekayasa keteknikan, sistem pengukuran kadang membutuhkan metode tidak langsung untuk tujuan pengukuran.



# Karakteristik sistem pengukuran

- Untuk memilih instrumen yang paling cocok untuk aplikasi pengukuran tertentu, harus diketahui karakteristik sistem.
- Karakteristik kinerja dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu karakteristik 'statis' dan karakteristik 'dinamis'.
- **karakteristik statis:** kriteria kinerja untuk pengukuran nilai yang tetap/konstan, atau bervariasi cukup lambat.
- **karakteristik dinamis:** hubungan antara sistem input dan output ketika kuantitas yang diukur bervariasi dengan cepat.



# Evolusi Instrumen

- Mechanical

Instrumen ini sangat andal untuk kondisi statis dan stabil. Tetapi kelemahannya adalah bahwa mereka tidak dapat merespons pengukuran kondisi dinamis dan transien dengan cepat.

- Electrical

Lebih cepat daripada mekanis, menunjukkan output lebih cepat daripada metode mekanis. Tapi itu tergantung pada gerakan mekanis meter. Responnya adalah 0,5 hingga 24 detik.

- Electronic Instrument

Lebih dapat diandalkan daripada sistem lain. Ini menggunakan perangkat semikonduktor dan sinyal lemah juga dapat dideteksi.

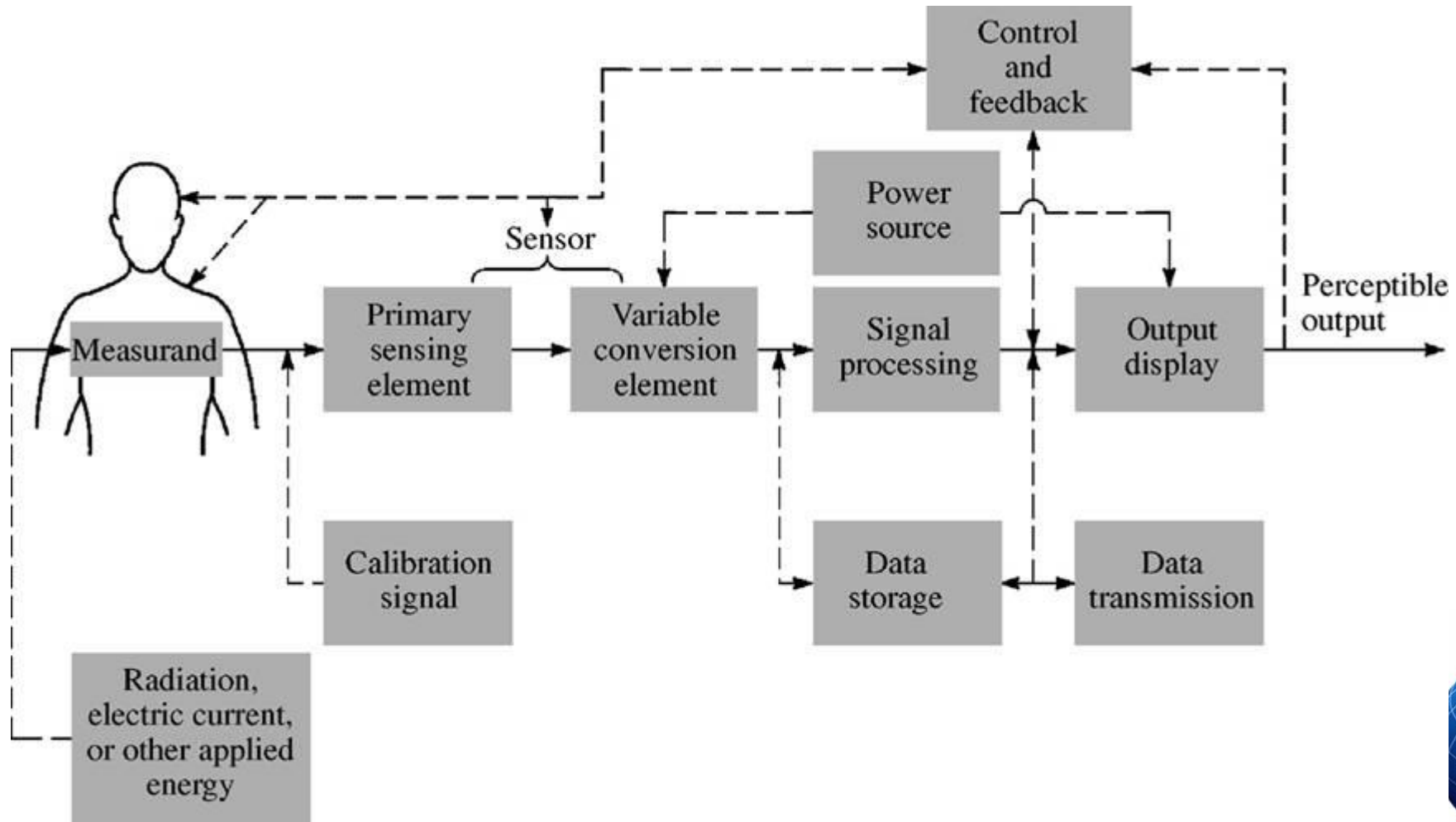


# Instrumen Absolut dan Sekunder

- **ABSOLUT/MUTLAK:** Instrumen ini memberikan besaran jika kuantitas yang diukur ditunjukkan dalam konstanta fisik instrumen.
- **SEKUNDER :** Alat-alat ini dikalibrasi dengan perbandingan dengan alat-alat mutlak yang sudah dikalibrasi.

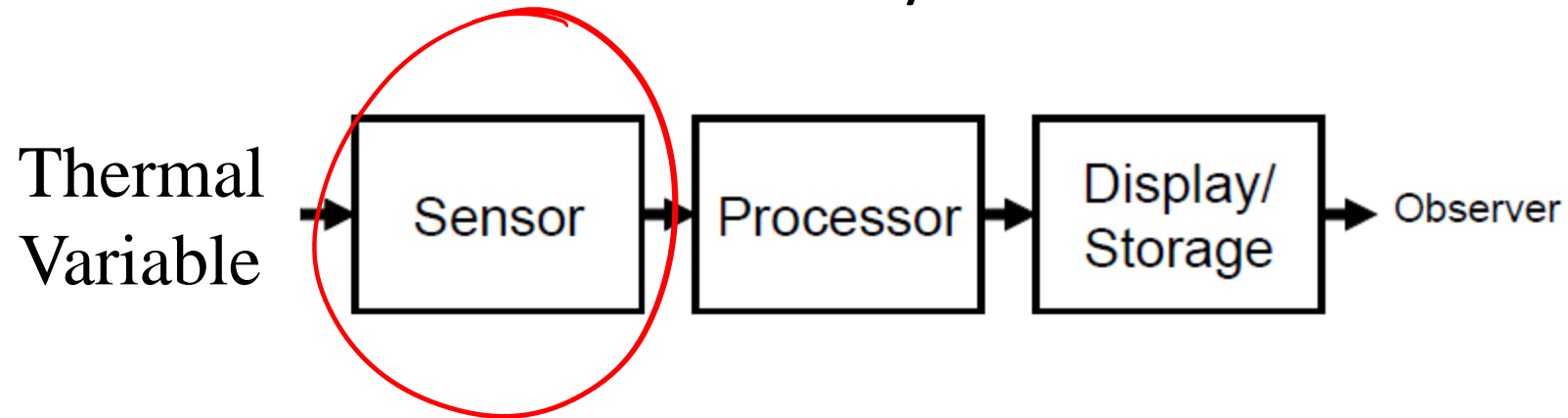


# Sistem Instrumentasi Secara umum

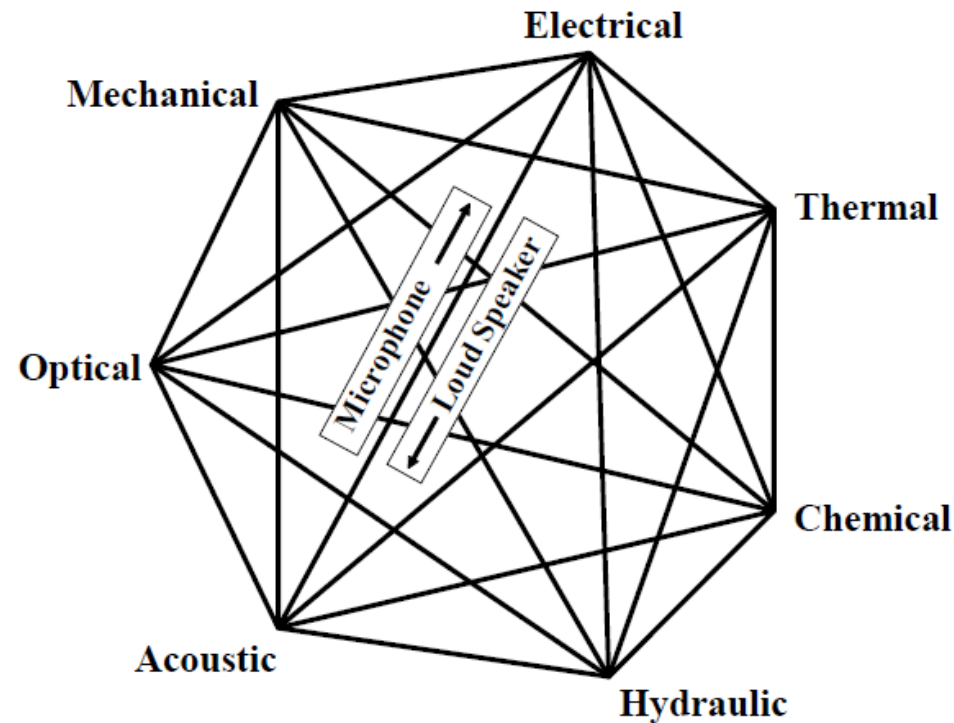




# Instrument System



## Possible Types of Transducers





# Kinerja Statik Instrumen

karakteristik sistematis:

- Range
- Span
- Linearity
- Sensitivity
- Environmental effects
- Hysteresis
- Resolution
- Death space



# Range / Rentang

- Rentang input mendefinisikan nilai minimum dan maksimum dari variabel yang diukur.
- Rentang output mendefinisikan nilai minimum dan maksimum dari sinyal yang diberikan oleh transduser.
- Asumsikan transduser suhu yang kisaran suhu dari  $100^{\circ}\text{C}$  sampai  $250^{\circ}\text{C}$  dan rentang output diberikan dari 4 sampai 10 mV.

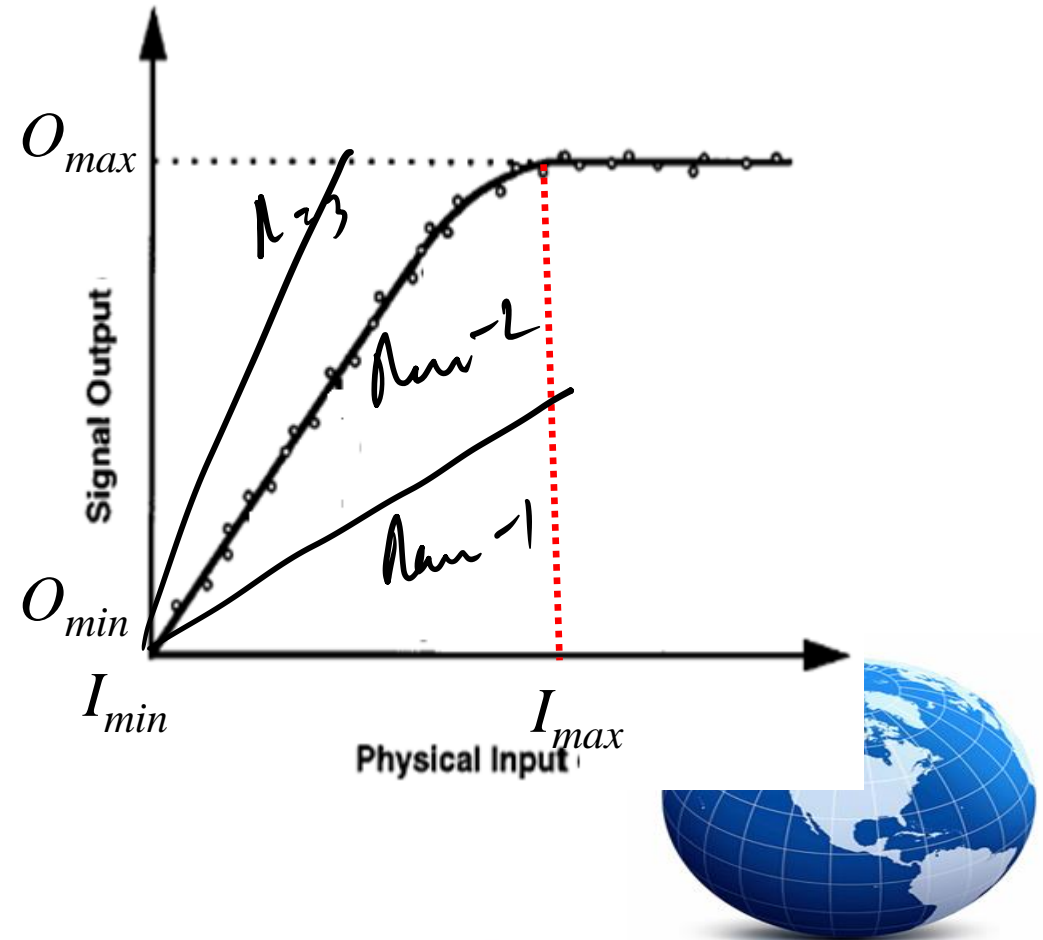
Handwritten diagram illustrating the range of a temperature transducer. It shows a curved line representing the range, with the input range labeled as  $100 - 250^{\circ}\text{C}$  and the output range labeled as  $4 - 10\text{ mV}$ . The output range is also labeled as  $6\text{ mV}$ .



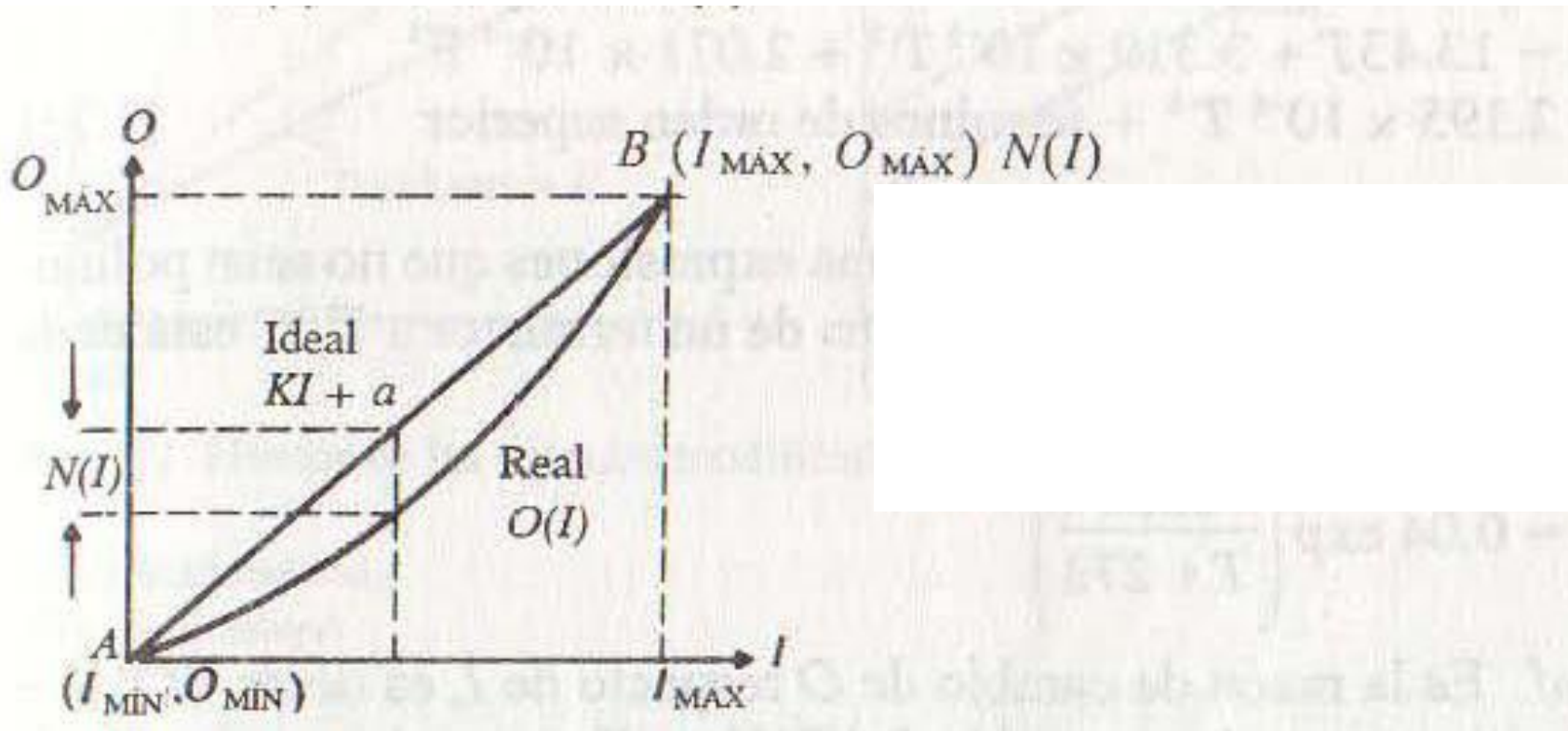
# Linearitas

- Umumnya diinginkan bahwa output pembacaan instrumen berbanding lurus dengan kuantitas yang diukur.
- Sebuah instrumen dianggap linier jika hubungan antara output-input dapat ditunjukkan dalam garis.

$$O - O_{MIN} = \left\{ \frac{O_{MAX} - O_{MIN}}{I_{MAX} - I_{MIN}} \right\} \times (I - I_{MIN})$$



- Ketidaksi-  
linearitas ga



Output di

No-Linearity :

$$N(I) = O[I] - \{K \times I + a\}$$

Maximum % of No-Linearity :

$$= \frac{N_{\max}(I)}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100$$



# Sensitivitas

- Sensitivitas pengukuran adalah ukuran dari perubahan output instrumen yang terjadi ketika kuantitas yang diukur berubah dengan jumlah tertentu.
- Dengan demikian, sensitivitas adalah rasio:

$$\frac{\text{scale deflection}}{\text{value of measurand producing deflection}}$$



# Pengaruh Lingkungan

- Semua kalibrasi dan spesifikasi dari alat hanya berlaku dalam kondisi yang terkendali suhu, tekanan dll
- Kondisi ruangan standar biasanya didefinisikan dalam spesifikasi instrument (@ 25 °C, dst).
- Jika variasi terjadi pada suhu sekitar dll, karakteristik instrumen statis tertentu berubah, dan kepekaan terhadap gangguan adalah ukuran dari besarnya perubahan ini.
- Perubahan lingkungan mempengaruhi instrumen dalam dua cara utama: *zero drift* dan *sensitivity drift*.
- *zero drift* dikenal dengan istilah lain: *Bias*.



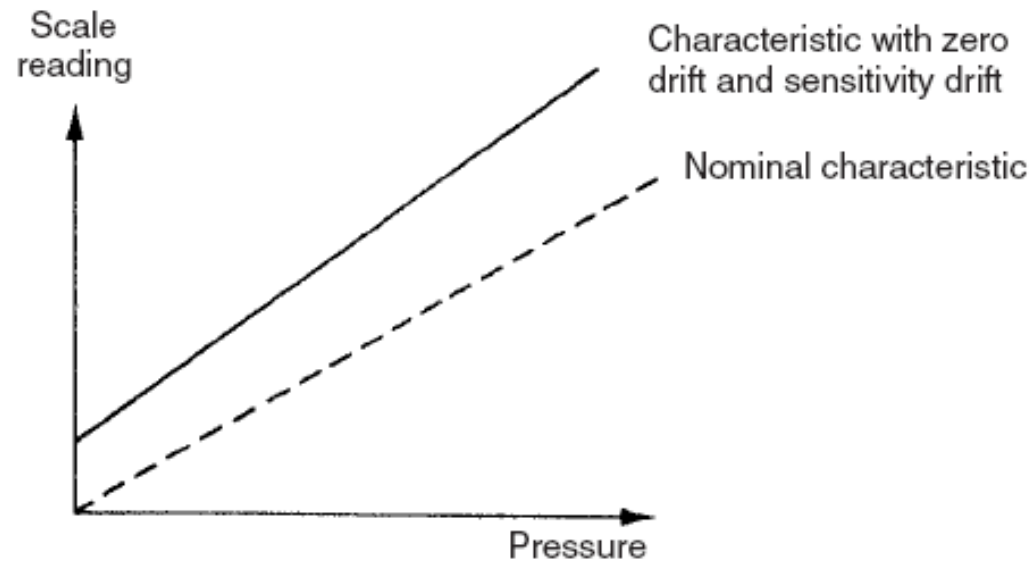
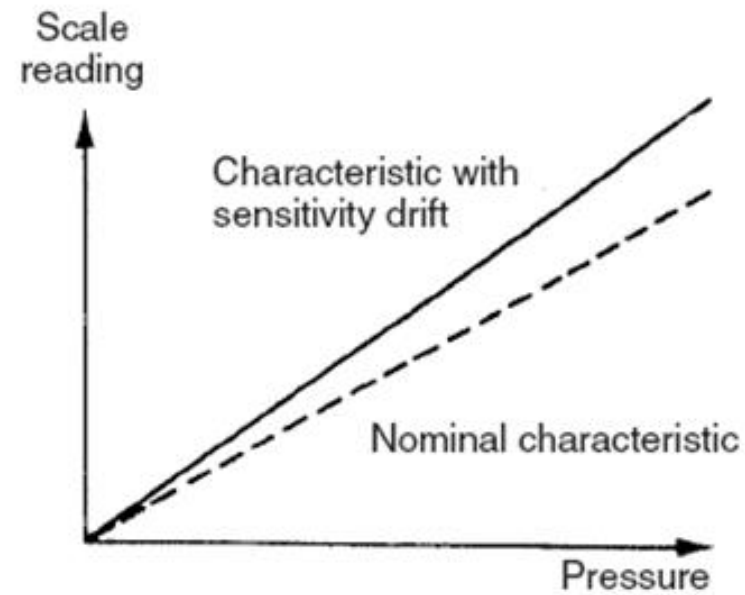
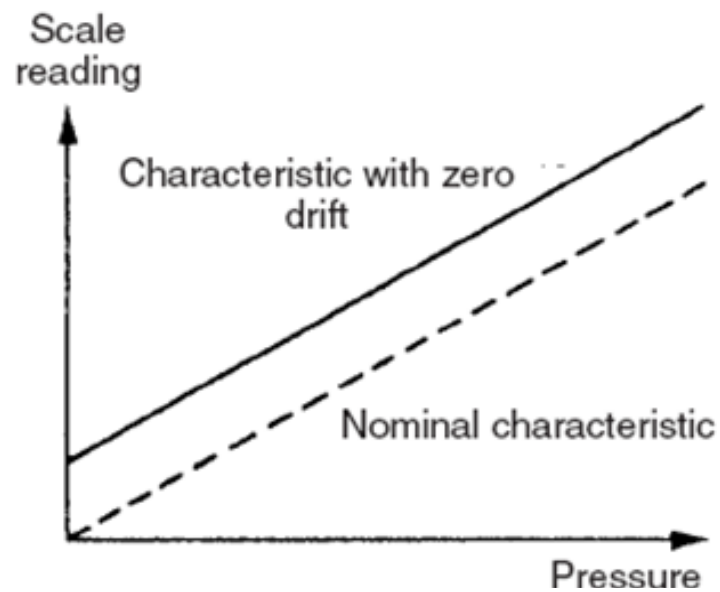
# Drift

- Hal ini disebabkan oleh variasi yang terjadi di bagian-bagian instrumentasi dari waktu ke waktu.
- Sumber utama pada perubahan struktural kimiawi dan perubahan tekanan mekanis.
- Drift adalah fenomena yang kompleks. Efek yang diamati adalah bahwa sensitivitas dan offset berubah.
- Hal ini juga dapat mengubah akurasi instrumen di berbagai nilai amplitudo yang berbeda.





# Klasifikasi Drift

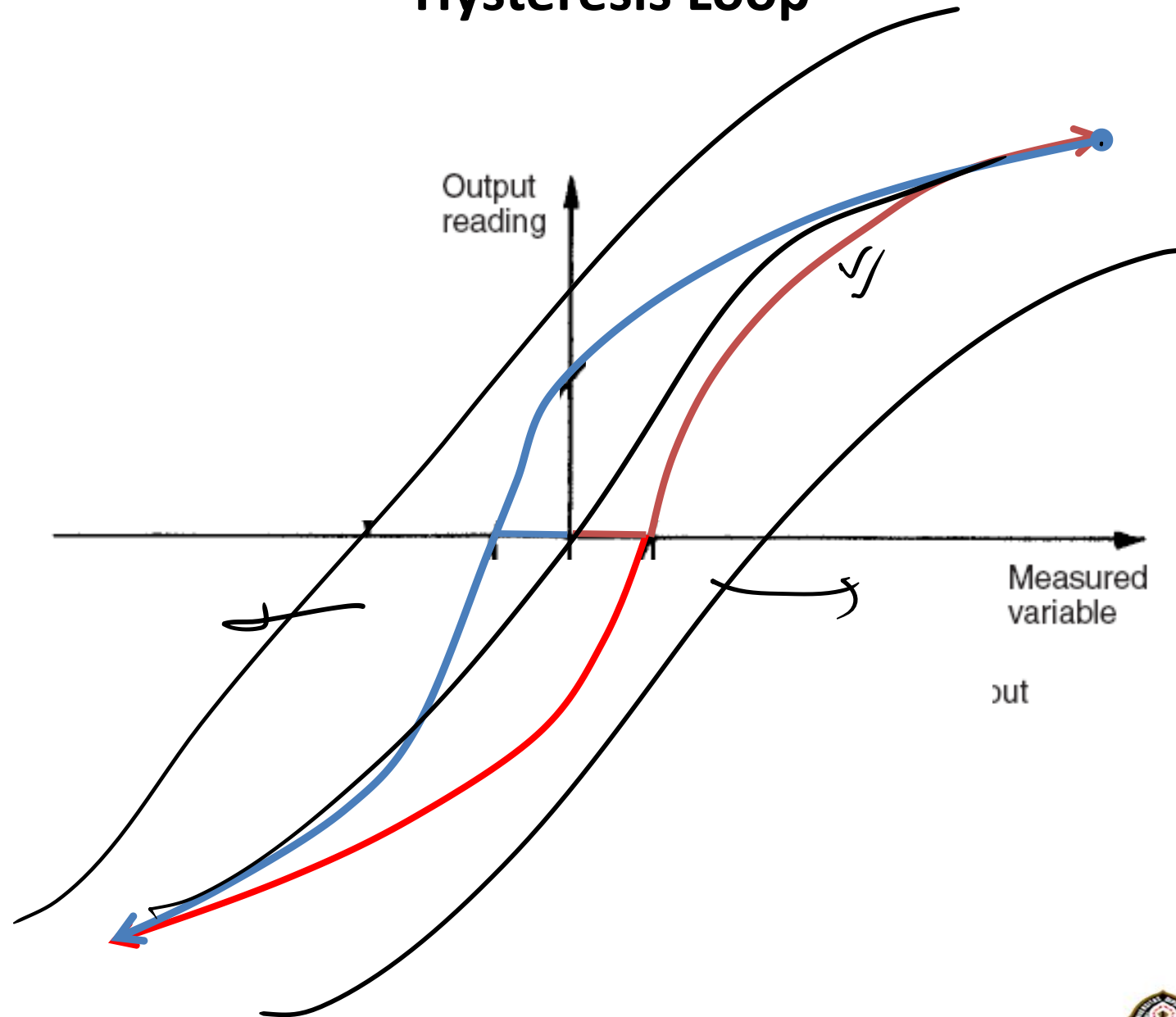


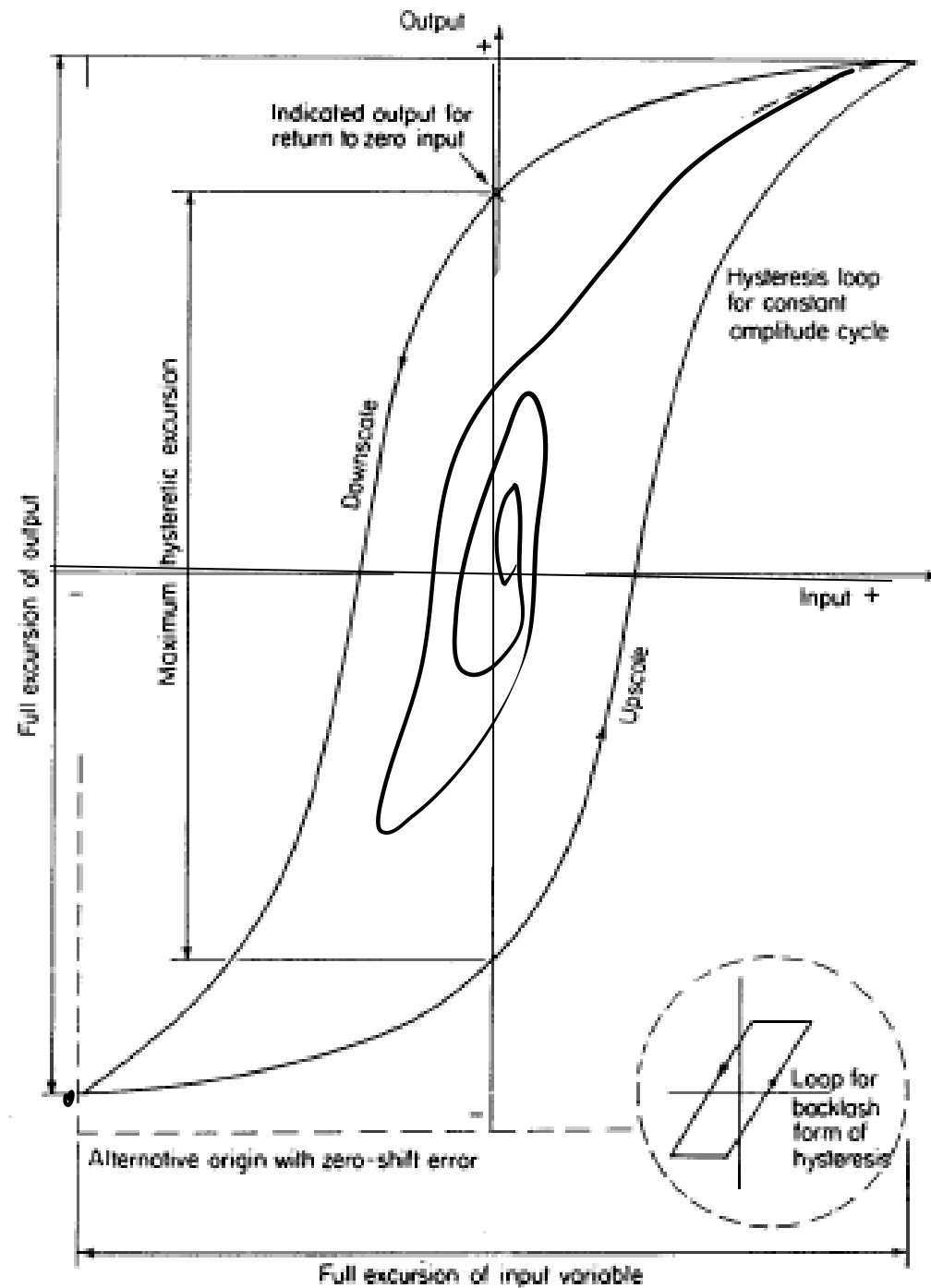
# Hysteresis

- pengamatan yang cermat dari hubungan output / input dari blok kadang-kadang akan mengungkapkan hasil yang berbeda dalam arah gerakan yang berbeda.
- sistem mekanis akan sering menunjukkan perbedaan kecil ketika arah gaya diterapkan terbalik.
- Efek serupa muncul ketika medan magnet dibalik dalam bahan magnetik.
- Karakteristik ini disebut hysteresis
- Hal ini mungkin disebabkan oleh mekanisme yang memberikan perubahan yang tajam, seperti yang disebabkan oleh longgarnya sendi mekanik, atau gaya inersia.



# Hysteresis Loop





# Karakteristik Dinamik

- Speed of response
- Measuring lag
- Fidelity
- Dynamic error



- **KECEPATAN RESPON:** Ini didefinisikan sebagai kecepatan sistem pengukuran yang merespons perubahan kuantitas yang diukur. Ini adalah salah satu karakteristik dinamis dari sistem pengukuran.
- **FIDELITY:** Ini didefinisikan sebagai sejauh mana sistem pengukuran menunjukkan perubahan kuantitas yang diukur tanpa kesalahan dinamis.



- **DYNAMIC ERROR:** Ini adalah perbedaan antara nilai sebenarnya dari kuantitas yang berubah dengan waktu dan nilai yang ditunjukkan oleh sistem pengukuran jika tidak ada kesalahan statis yang diasumsikan. Ini juga disebut kesalahan pengukuran. Ini adalah salah satu karakteristik dinamis



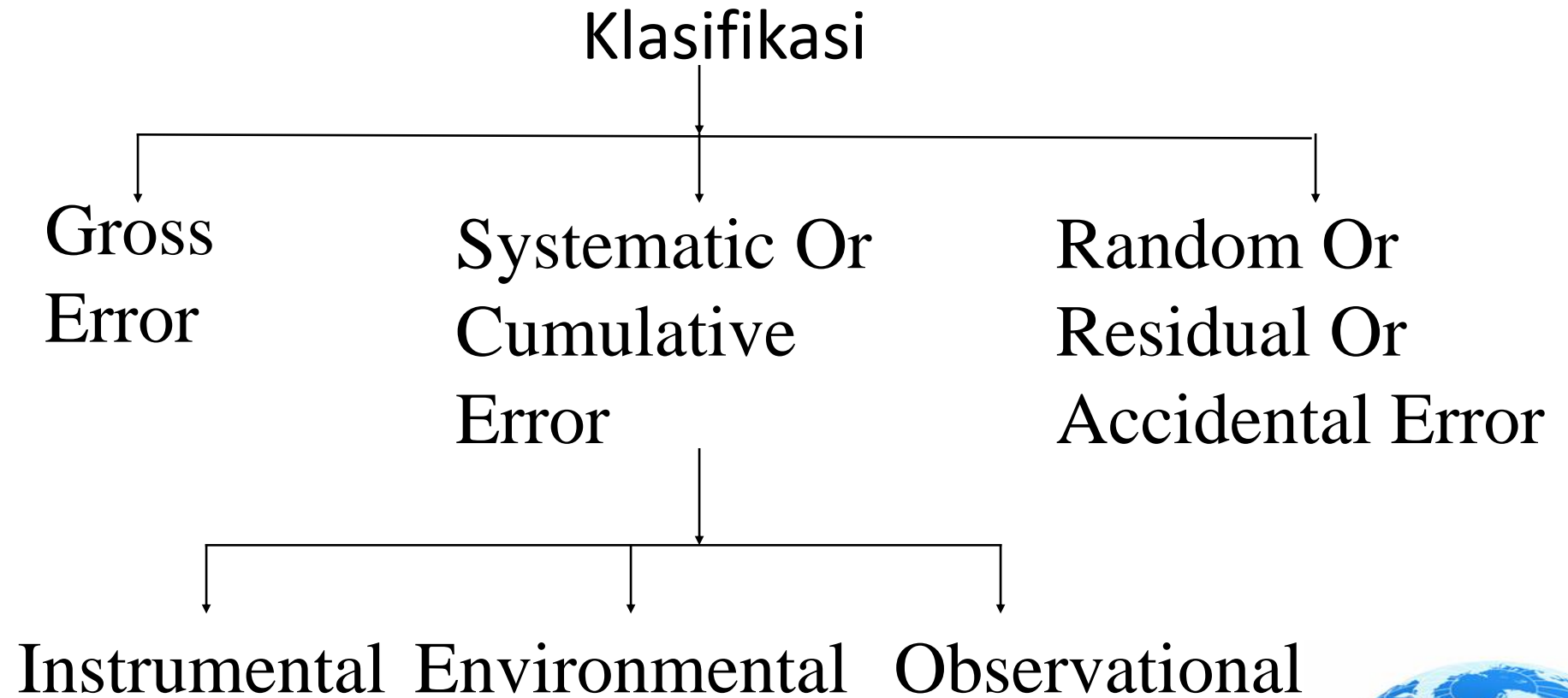


# Measuring Lag

- Ini adalah keterlambatan keterbelakangan dalam respons sistem pengukuran terhadap perubahan kuantitas yang diukur. Ini terdiri dari 2 jenis:
  - Tipe retardasi: Respon dimulai segera setelah terjadi perubahan kuantitas terukur.
  - Waktu tunda: Respons sistem pengukuran dimulai setelah zona mati setelah penerapan input.



# Error dalam Pengukuran



# Gross Error

- Kesalahan Manusia dalam membaca, mencatat dan menghitung hasil pengukuran.
- Pelaku eksperimen mungkin salah membaca skala.
- Misalnya:
  - Karena salah membaca, alih-alih  $21.5^{\circ}\text{C}$ , dibaca sebagai  $31.5^{\circ}\text{C}$
  - posisi pembacaan angka tertukar (seperti terbaca  $25.8^{\circ}\text{C}$  dan dicatat sebagai  $28.5^{\circ}\text{C}$ )



# Systematic Error

- KESALAHAN INSTRUMENT: muncul karena 3 alasan
  - Karena kekurangan yang melekat pada instrumen
  - Karena kesalahan penggunaan instrumen
  - Karena efek loading pada instrumen
- KESALAHAN LINGKUNGAN: disebabkan oleh kondisi di luar alat pengukur, a.l. efek dari suhu, tekanan, kelembaban, debu atau medan elektrostatis atau magnet eksternal.
- KESALAHAN OBSERVASI: Kesalahan karena paralaks adalah kesalahan pengamatan.



# Residual error

- Kesalahan ini disebabkan oleh banyak faktor kecil yang berubah atau berfluktuasi dari satu pengukuran ke pengukuran lainnya. Kejadian atau gangguan yang tidak kita sadari disatukan dan disebut “Acak” atau “Residual”. Oleh karena itu kesalahan yang disebabkan oleh ini disebut kesalahan acak atau residual.



# Kalibrasi

- Kalibrasi adalah tindakan membandingkan perangkat yang sedang diuji (device under test - DUT) yang nilainya tidak diketahui dengan standar referensi yang diketahui nilainya.
- Kalibrasi untuk menentukan kesalahan atau memverifikasi keakuratan nilai DUT yang tidak diketahui.



# Pembanding

- Prosedur kalibrasi melibatkan perbandingan dengan
  - standar primer
  - standar sekunder dengan akurasi yang lebih tinggi dari instrumen yang akan dikalibrasi.
  - instrumen dengan akurasi yang diketahui.





- Standar adalah representasi fisik dari unit pengukuran.
- Istilah 'standar' diterapkan pada peralatan yang memiliki ukuran kuantitas fisik yang diketahui.
- Jenis standar:
  - Standar Internasional (didefinisikan berdasarkan kesepakatan internasional)
  - Standar Primer (dijaga oleh laboratorium standar nasional)
  - Standar Sekunder (digunakan oleh laboratorium pengukuran industri)
  - Standar Kerja (digunakan di laboratorium umum)

