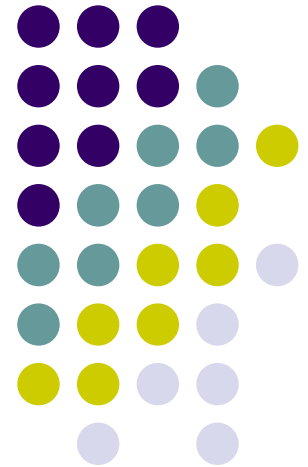
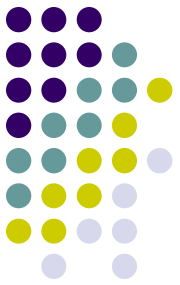


# Dasar-Dasar Pengukuran dan Kesalahan Pengukuran



**P2M Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknik,  
Universitas Indonesia**





## Manfaat Pengukuran :

Sarana untuk mendapatkan data guna mengambil keputusan perlu/tidaknya meng-adjust proses manufaktur.

Sarana untuk menentukan keterkaitan antara 2 variable atau lebih ( mis. Temperatur tuang aluminium dengan porositas )

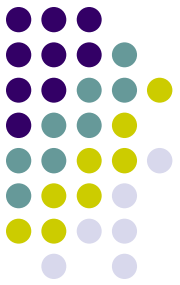
## Kualitas data pengukuran

Bias

Variance

## Sistem Pengukuran :

Sekumpulan aktifitas, prosedur, alat ukur, software dan orang yang bertujuan mendapatkan data pengukuran terhadap karakteristik yang sedang diukur.



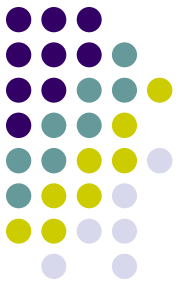
# KONSEP DASAR PENGUKURAN

## **Terminologi**

Berbagai istilah penting yang diberikan disini adalah istilah-istilah yang di ambil dari standar International. Istilah-istilah tersebut kebanyakan mempunyai pengertian dan aplikasi khusus dibandingkan dengan definisi umum yang terdapat dalam kamus,dengan demikian berbagai definisi yang diberikan lebih ditekankan untuk memperjelas penggunaan atau memperlancar komunikasi dan kesamaan pengertian.

## **Metrologi ( *Metrology* )**

Ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan pengukuran

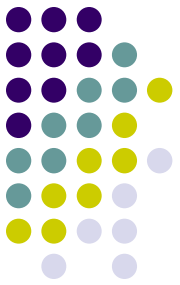


## **Instrumentasi**

Bidang ilmu dan teknologi yang mencakup perancangan, pembuatan, penggunaan instrumen/alat fisika atau sistem instrumen untuk keperluan deteksi, penelitian, pengukuran serta pengolahan data.

## **Pengukuran ( *measurement* )**

Serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk menentukan nilai suatu besaran dalam bentuk angka (kwantitatif). Jadi mengukur adalah suatu proses mengaitkan angka secara empirik dan obyektif pada sifat-sifat obyek atau kejadian nyata sehingga angka yang diperoleh tersebut dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai obyek atau kejadian yang diukur.



## **Ketelitian (*accuracy*)**

Kemampuan dari alat ukur untuk memberikan indikasi pendekatan terhadap harga sebenarnya dari obyek yang diukur.

## **Ketepatan (*precision*)**

Kedekatan nilai-nilai pengukuran individual yang didistribusikan sekitar nilai rata-ratanya atau penyebaran nilai pengukuran individual dari nilai rata-ratanya.

*Alat ukur yang mempunyai presisi yang bagus tidak menjamin bahwa alat ukur tersebut mempunyai akurasi yang bagus.*



## **Repeatabilitas (*repeatability*)**

Kemampuan alat ukur untuk menunjukkan hasil yang sama dari proses pengukuran yang dilakukan berulang-ulang dan identik.

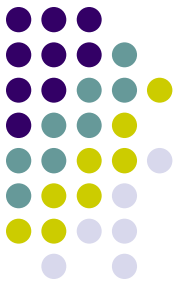
## **Kesalahan (*error*)**

Beda aljabar antara nilai ukuran yang terbaca dengan nilai “sebenarnya “ dari obyek yang diukur.

Perubahan pada reaksi alat ukur dibagi oleh hubungan perubahan aksinya.

## **Resolusi (*resolution*)**

Besar pernyataan dari kemampuan peralatan untuk membedakan arti dari dua tanda harga atau skala yang paling berdekatan dari besaran yang ditunjukkan.



## **Kalibrasi ( *calibration* )**

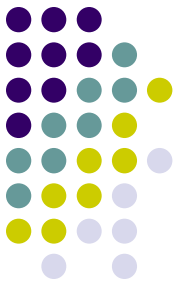
Serangkaian kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional penunjukan alat ukur atau menunjukkan nilai yang diabadikan bahan ukur dengan cara membandingkannya dengan standar ukur yang tertelusuri ke standar nasional dan/atau international.

## **Koreksi ( *correction* )**

Suatu harga yang ditambahkan secara aljabar pada hasil dari alat ukur untuk mengkompensasi penambahan kesalahan sistematis.

## **Ketertelusuran ( *traceability* )**

Terkaitnya hasil pengukuran pada standar nasional/internasional melalui peralatan ukur yang kinerjanya diketahui, standar-standar yang dimiliki laboratorium tempat pengukuran dilakukan dan kemampuan personil lab. tersebut.



## **Kehandalan ( *reliability* )**

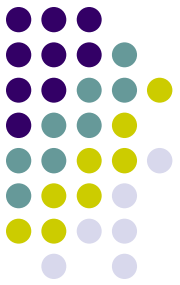
Kesanggupan alat ukur untuk melaksanakan fungsi yang disyaratkan untuk suatu periode yang ditetapkan.

## **Ketidakpastian Pengukuran ( *uncertainty* )**

Perkiraan atau taksiran rentang dari nilai pengukuran dimana nilai sebenarnya dari besaran obyek yang diukur ( measurand ) terletak.

## **Transduser**

Bagian dari alat ukur untuk mengubah atau mengkonveksikan suatu bentuk energi atau besaran fisik yang diterimanya ( sensing elemen ) kedalam bentuk energi yang lain, sehingga mudah diolah oleh peralatan berikutnya.



## **Sensor**

Bagian/elemen dari alat ukur yang secara langsung berhubungan dengan obyek yang terukur (elemen perasa).

## **Rentang ukur (*range*)**

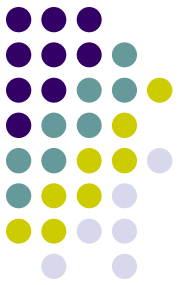
Besar daerah ukur antara batas ukur bawah dan batas ukur atas

## **Jangkauan (*span*)**

Beda modulus antara dua batas rentang nominal dari alat ukur.

Contoh :

*Rentang nominal – 10V sampai 10 Volt. Jangkauan 20V*

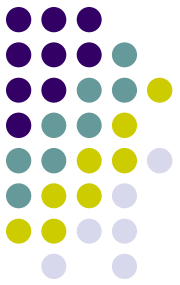


### **Standar Internasional ( *Inernational standard* )**

Standar yang ditetapkan oleh persetujuan international sebagai dasar untuk menetapkan suatu harga atau besaran bagi semua standar lain dari besaran yang ada.

### **Standar Nasional ( *National standard* )**

Standar yang ditetapkan oleh peraturan pemerintah sebagai dasar Untuk menetapkan harga atau besaran dalam suatu negara, untuk Semua standar lain dari besaran yang ada.



## **Standar primer ( *Primary standard* )**

Standar yang mempunyai kualitas paling tinggi pada suatu besaran tertentu.

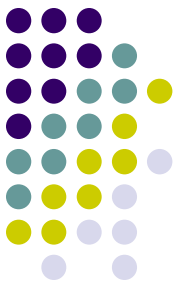
*Catatan : Konsep standar primer berlaku baik untuk satuan dasar atau satuan turunan.*

## **Standar skunder ( *secopndary standard* )**

Standar yang harganya tertentu dibandingkan dengan standar primer.

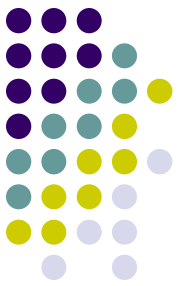
## **Standar kerja ( *working standard* )**

Standar yang dikalibrasi oleh standar reference dan digunakan terus menerus untuk mengkalibrasi dan mengecek alat ukur atau material yang diukur.



## **Konfigurasi dan Karakteristik Alat Ukur**

Pengukuran memberikan arti penting bagi manusia untuk menggambarkan berbagai fenomena alam dalam bentuk kuantitatif atau angka. Lord Kelvin menyatakan : “Bila anda dapat mengukur apa yang anda bicarakan serta menyatakannya dalam bentuk angka, maka anda mengerti apa yang anda bicarakan. Tetapi bila anda tidak dapat mengukurnya dan tidak dapat menyatakannya dalam bentuk angka, maka pengetahuan anda memuaskan atau mengecewakan”. Yang sering menjadikan masalah dalam tingkat kesalahan yang terjadi dalam pengukuran sangat diperlukan, untuk mengerti karakteristik operasional alat ukur dan cara pengujian, kinerja yang telah ditentukan. Untuk melakukan studi lebih lanjut berikut diberikan klasifikasi tentang alat ukur berdasarkan berbagai kriteria maupun berdasarkan bentuk keluarannya.

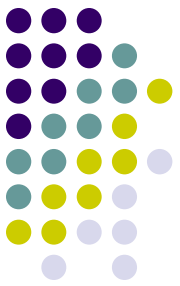


Fungsi alat ukur yang banyak digunakan di industri maupun di Lab. pengujian antara lain alat ukur suhu, alat ukur tekanan, alat ukur gaya dan lain-lain, harus mampu secara akurat mendeteksi setiap perubahan.

Untuk memperoleh unjuk kerja optimum sejumlah karakteristik dasar harus diperhatikan. Karakteristik alat ukur tersebut harus dapat di ekspresikan dalam bentuk kuantitatif.

Akurasi pengukuran adalah salah satu atribut utama dari karakteristik statis yang banyak digunakan sebagai petunjuk penting untuk pemilihan alat ukur. Dalam pengukuran, akurasi setiap alat ukur sangat dipengaruhi oleh sensitifitas rentang kerja, ketidak linieran dan sifat-sifat dari transedur.

Berikut diberikan berbagai parameter yang pada umumnya banyak ditemukan disetiap lembaran data pada setiap alat ukur.

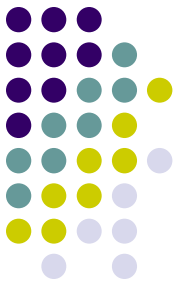


## Akurasi atau Ketelitian

Akurasi pengukuran atau pembacaan adalah istilah yang sangat relatif. Akurasi didefinisikan sebagai beda atau kedekatan (*closeness*) antara nilai yang terbaca dari alat ukur dengan nilai sebenarnya. Dalam eksperimen, nilai sebenarnya yang tidak pernah diketahui diganti dengan suatu nilai standar yang diakui secara konvensional.

Secara umum akurasi sebuah alat ukur ditentukan dengan cara kalibrasi pada kondisi operasi tertentu dan dapat diekspresikan dalam bentuk plus-minus atau presentasi dalam skala tertentu atau pada titik pengukuran yang spesifik. Semua alat ukur dapat diklasifikasikan dalam tingkat atau kelas yang berbeda-beda, tergantung pada akurasinya.

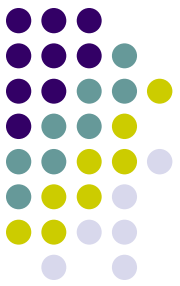
Sedang akurasi dari sebuah sistem tergantung pada akurasi Individual elemen pengindra primer, elemen skunder dan alat manipulasi Yang lain.



Setiap unit mempunyai kontribusi terisah dengan batas tertentu. Jika  $\pm a_1, \pm a_2$  dan  $\pm a_3$  adalah batas akurasi individual, maka akurasi total dari sistem dapat diekspresikan dalam bentuk bawah akurasi seperti berikut :  $A = \pm ( a_1 + a_2 + a_3 ) \dots\dots\dots$

Dalam hal tertentu nilai batas bawah akurasi total diatas mempunyai kelemahan, maka dalam praktek orang lebih sering menggunakan nilai akar kuadrat rata-rata untuk mendefinisikan nilai akurasi dari sebuah sistem, yaitu :

$$A = \pm \sqrt{ ( a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 ) } \dots\dots\dots$$



## Presisi atau Ketepatan

Presisi adalah istilah untuk menggambarkan tingkat kebebasan alat ukur dari kesalahan acak. Jika pengukuran individual dilakukan berulang-ulang, maka sebaran hasil pembacaan akan berubah-ubah disekitar nilai rata-ratanya.

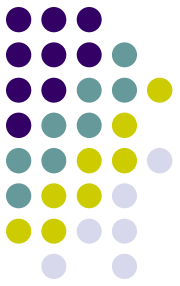
Bila  $X_n$  adalah nilai pengukuran ke n dan  $\bar{X}_n$  adalah nilai rata-ratanya n pengukuran maka secara matematis, presisi dapat dinyatakan sebagai

$$\text{Presisi} = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{X_n} \right| = \left( 1 - \left| \frac{X_n + \bar{X}_n}{X_n} \right| \right) 100\% \dots\dots$$



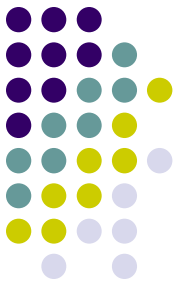
Presisi tinggi dari alat ukur tidak mempunyai implikasi terhadap akurasi pengukuran. Alat ukur yang mempunyai presisi tinggi belum tentu alat ukur tersebut mempunyai akurasi tinggi. Akurasi rendah dari alat ukur yang mempunyai presisi tinggi pada umumnya disebabkan oleh bias dari pengukuran, yang bisa dihilangkan dengan kalibrasi.

Dua istilah yang mempunyai arti mirip dengan presisi adalah *repeatability* dan *reproducibility*. Repeatability digunakan untuk menggambarkan kedekatan (*closeness*) keluaran pembacaan bila dimasukkan yang sama digunakan secara berulang-ulang pada periode waktu yang singkat pada kondisi dan lokasi pengukuran yang sama, dan dengan alat ukur yang sama. Reproducibility digunakan untuk menggambarkan kedekatan ( *closeness*) keluaran pembacaan bila masukan yang sama digunakan secara berulang-ulang.



Persamaa pada keduanya adalah menggambarkan sebaran keluaran pembacaan individual untuk masukan yang sama. Sebaran akan mengacu pada repeatability bila kondisi pengukurannya tetap, dan akan mengacu reproducibility kondisi pengukurannya berubah.

Derajat repeatability dan reproducibility dlm. pengukuran hanya merupakan alternatif untuk mengekspresikan presisi dari sebuah alat ukur.



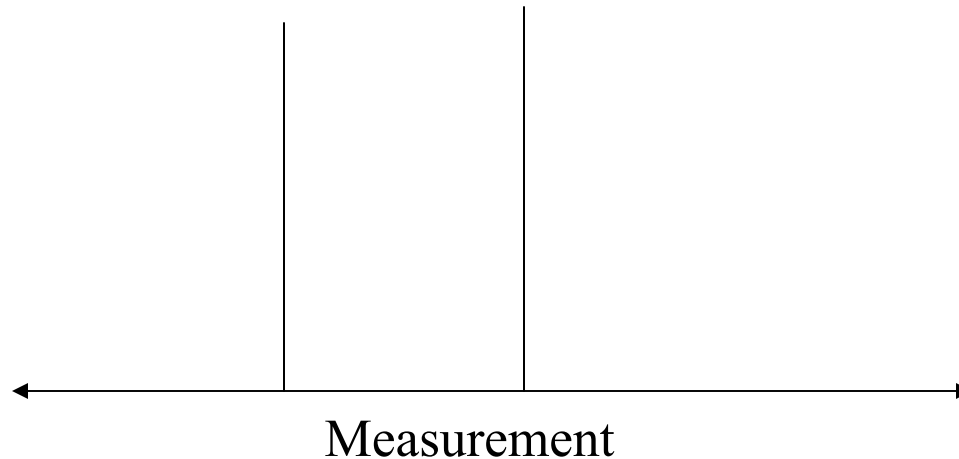
## Standard

National Standard		NIST, Los Alamos Scientific Lab., etc
Primary Standard	}	Departemen of Metrology
Secondary Standard		
Production Standard	}	Company
Operation Standard		

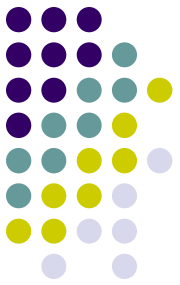
# Tipe-tipe Variasi Sistem Pengukuran



## Bias



Definisi : Perbedaan antara rata-rata pengukuran dengan reference value  
Reference value : Master value, atau rata-rata pengukuran dengan alat ukur yang lebih presisi



## Bias

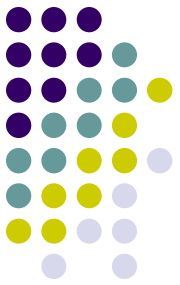
Sebab-sebab terjadinya bias :

- Salah part
- Part usang
- alat ukur salah dimensi
- Alat ukur salah characteristic
- Alat ukur tidak dikalibrasi
- Appraiser/operator tidak trampil

Contoh Bias :

The bias is determined by the difference between the reference value and the observed average measurement. To accomplish this, a sample of one part is measured ten times by one appraiser. The values of the ten measurements are listed below. The reference value determined by layout inspection equipment is 0.80 mm and the process variation for the part is 0.70 mm.

X1	0.75	X6	0.80	
X2	0.75	X7	0.75	$X_{\text{bar}} = \sum X / 10$
X3	0.80	X8	0.75	
X4	0.80	X9	0.75	$= 7.5 / 10$
X5	0.65	X10	0.70	$= 0.75$



# Measurement Systems Variables

