

ALAT UKUR DAN INSTRUMEN UKUR

Oleh : Koes Sulistiadji dan Joko Pitoyo *)

I. PENGERTIAN DASAR

Pada dasarnya pengukuran bertujuan untuk mendapatkan **informasi** mengenai sifat-sifat fisik, kimia dan biologi dari suatu **benda** atau suatu **keadaan/proses**, atau untuk **mengatur** sesuai dengan **informasi** yang diinginkan. Bantuan alat atau dalam hal ini alat ukur dan instrumen diperlukan untuk mentransformasikan informasi tersebut secara kualitatif dan kuantitatif untuk ditanggapi oleh indera manusia. Tidak diketahui secara pasti, sejak kapan kegiatan ukur-mengukur dimulai. Akan tetapi tak dapat dipungkiri bahwa gejala dan kegiatan alam hanya diketahui melalui kegiatan pengukuran, meskipun dimulai dengan cara yang masih sederhana dengan menggunakan panca indera penglihatan.

- **Pengukuran (measurement)**

Serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk menentukan nilai suatu besaran dalam bentuk angka (kuantitatif). 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. Atau secara Umum (sederhana) adalah : Membandingkan suatu besaran yang tidak diketahui harganya dengan besaran lain yang telah diketahui nilainya. Alat ukur digunakan untuk keperluan pengukuran.

Pengukuran akan 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 tidak memuaskan atau bahkan mengecewakan”.

- **Alat ukur**

Alat untuk mengetahui harga suatu besaran atau suatu variabel. Prinsip kerja alat ukur harus dipahami agar alat ukur dapat digunakan dengan cermat dan sesuai dengan pemakaian yang telah direncanakan. Contoh alat ukur untuk : (1) dimensi PANJANG : Meteran Kain,

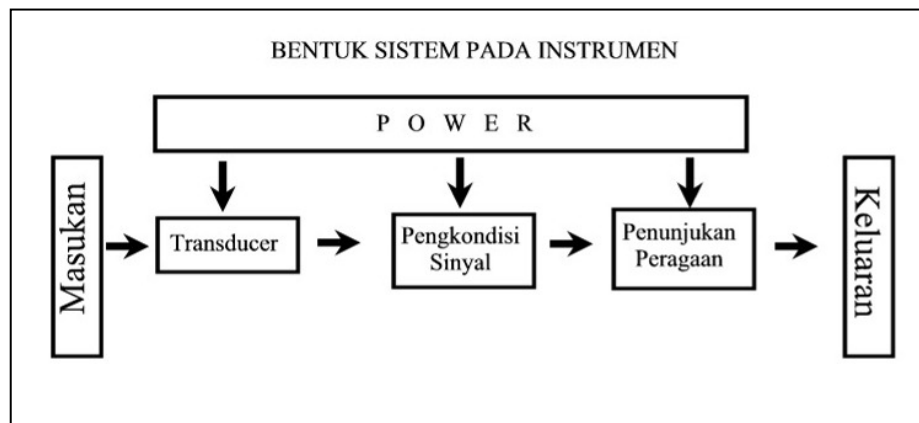
*) Koes Sulistiadji & Joko Pitoyo : Staf Perekayasa pada BBP Mektan, Serpong,(2009)

Pengaris/Mistar , Roll Meter, Caliper, dll ; (2) demensi BOBOT / MASSA : Timbangan Pegas, Timbangan Skala, Timbangan Balance, dll ; (3) demensi SUHU : Termometer ; dan (4) demensi WAKTU : Jam tangan , Stop Watch, dll.

- **Instrumen**

Instrumen adalah Alat ukur yang mempunyai sifat KOMPLEK, yang minimal terdiri atas komponen : (a) Transducer atau Sensor atau Elemen Pengindra, (b) Pengkondisi Sinyal tercakup a.l : Amplifier/penguat, Peredam, dan Penyaring, dan (c) Unit Keluaran Analog (Skala Jarum dll) atau Peraga Digital atau Monitor. Sensor dipakai untuk menangkap adanya perubahan sinyal, Pengkondisi Sinyal untuk merubah nilai kekuatan sinyal yang ditangkap, Monitor sebagai penunjuk pengukuran atau sinyal yang diperoleh.

Fungsi instrumen yang banyak digunakan di industri maupun di Lab. pengujian antara lain : alat ukur kadar air, alat ukur suhu, alat ukur tekanan, alat ukur gaya, alat ukur getaran, alat ukur tingkat kebisingan, tachometer digital dan lain-lain, dan yang harus mampu secara akurat mendeteksi setiap perubahan.



II. TERMINOLOGI dan DEFINISI

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 (kuantitatif). 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.

Definisi lain dari Ketelitian adalah : Harga terdekat suatu pembacaan instrumen dari variabel yang diukur terhadap harga sebenarnya sehingga tingkat kesalahan pengukuran menjadi lebih kecil. Ketelitian berkaitan dengan alat ukur yang digunakan pada saat pengukuran.

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.

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.

Definisi lain dari Ketepatan adalah : Tingkat kesamaan nilai pada sekelompok pengukuran atau sejumlah nilai dimana pengukuran dilakukan secara berulang-ulang dengan instrumen yang

*) Koes Sulistiadji & Joko Pitoyo : Staf Perekrayasa pada BBP Mektan, Serpong,(2009)

sama. Dalam hal ini yang harus diperhatikan adalah cara melakukan pengukuran. Contoh-contoh masalah dalam ketelitian atau presisi : (1) adanya kesalahan paralax ; (2) adanya kesesuaian (conformity) ; dan (3) adanya jumlah angka berarti → jumlah angka dibelakang koma untuk menyatakan hasil pengukuran.

Sensitivitas (sensitivity)

Perbandingan antara sinyal keluaran/respon instrumen terhadap perubahan variabel masukan yang diukur.

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.

Definisi lain dari Kesalahan adalah : Penyimpangan variabel yang diukur dari nilai sebenarnya.

Resolusi (resolution) :

Besar pernyataan dari kemampuan peralatan untuk membedakan arti dari dua tanda harga atau skala yang paling berdekatan dari besaran yang ditunjukkan. Atau dengan kata lain adalah perubahan terkecil pada nilai yang diukur dari respon suatu instrumen.

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.

**) Koes Sulistiadji & Joko Pitoyo : Staf Perekayasa pada BBP Mektan, Serpong,(2009)*

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

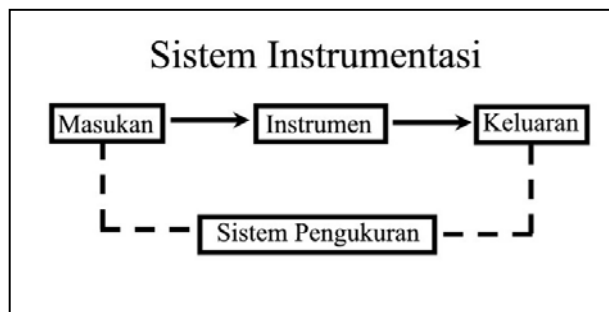
**) Koes Sulistiadji & Joko Pitoyo : Staf Perekayasa pada BBP Mektan, Serpong,(2009)*

III.MANFAAT PENGUKURAN

Sarana untuk mendapatkan data guna mengambil keputusan perlu/ tidaknya meng-adjust proses pengeringan gabah. Sarana untuk menentukan keterkaitan antara 2 variable atau lebih (mis. Temperatur pengeringan gabah dengan daya perkecambahan gabah)

IV.SISTEM PENGUKURAN

Sekumpulan proses atau aktifitas atau prosedur, dengan masukan (INPUT) berupa alat ukur, software dan orang dengan tujuan (OUTPUT) mendapatkan data pengukuran terhadap karakteristik yang sedang diukur.



V. SUMBER KESALAHAN

Yang sering menjadikan masalah dalam pengukuran adalah tingkat kesalahan yang terjadi, dalam hal ini sangat diperlukan, untuk mengerti : (a) karakteristik operasional alat ukur dan cara pengujian, (b) mematuhi kinerja yang telah ditentukan dalam panduan yang disertakan. Secara umum tingkatkesalahan dapat dibagi atas 3 bagian :

1. Gross errors (Kesalahan umum)

Penyebabnya adalah kesalahan manusia misalnya salah menafsirkan nilai pembagian skala. Kesalahan ini dapat dikurangi dengan cara melakukan pengukuran oleh beberapa orang kemudian ditentukan harga rata-rata dari hasil pengukuran. Cara seperti ini perlu waktu yang lama maka dilakukan apabila benar-benar perlu. contoh → loading effect, setting yang tidak tepat, ketidak_tepatan penggunaan alat ukur

*) Koes Sulistiadji & Joko Pitoyo : Staf Perekayasa pada BBP Mektan, Serpong,(2009)

2. Kesalahan Sistematis

Kesalahan ini terjadi karena sistem pengukuran (dapat diakibatkan kesalahan pada : alat ukur, metoda, atau kesalahan manusia / human faktor). Kesalahan Sistemis dapat dikelompokkan menjadi :

- kesalahan statis → batasan sifat fisika alat ukur → Instrumental errors
- kesalahan dinamis → respon pada perubahan measuran → Enviromental errors

- **Instrumental errors**

Penyebabnya adalah struktur mekanis alat ukur (usia alat ukur, gesekan pada tumpuan alat penunjuk, suhu, peneraan).

Cara mengatasi kesalahan instrumental

- pemilihan instrument yang tepat untuk pemakaian tertentu
- menggunakan faktor koreksi untuk kondisi tertentu
- kalibrasi terhadap instrument standart

- **Enviromental errors**

Penyebabnya adalah keadaan disekitar alat ukur seperti pengaruh medan magnet dan medan listrik, suhu, kelembaban serta tahanan bocor. Kesalahan seperti ini dapat dikurangi dengan memilih alat ukur yang tepat dan menerapkan metode yang benar.

3. Kesalahan acak

Kesalahan seperti ini tidak diketahui penyebabnya dan tetap selalu terjadi meskipun telah diantisipasi semua sumber kesalahan.

Pada pelaksanaan pengukuran harus dipilih alat ukur, cara, kondisi dan prosedur pengukuran yang benar agar sumber-sumber kesalahan yang akan terjadi dapat dihindari sehingga hasil pengukuran memiliki tingkat akurasi tinggi.

Kesalahan alat ukur biasanya sering dinyatakan dalam spesifikasi alat yang dikeluarkan oleh pabrik berupa rekomendasi besar kesalahan yang mungkin terjadi, contoh :

- Osiloskop memiliki spesifikasi kesalahan alat ukur 3%. Hasil suatu pengukuran menunjukkan amplitudo sebesar 10 volt. Maka harga sebenarnya dari hasil pengukuran adalah : $10 \text{ volt} \pm 3\%$.
- Range alat ukur penunjuk 10 volt sedangkan jarum penunjuknya pada angka 10 volt skala penuh. Harga tegangan sebenarnya adalah 10,2 volt. Maka prosentase kesalahan alat ukur jarum penunjuk :

*) Koes Sulistiadji & Joko Pitoyo : Staf Perekayasa pada BBP Mektan, Serpong,(2009)

$$\frac{(\text{Harga sebenarnya} - \text{Harga Pengukuran})}{(\text{Harga Sebenarnya})} * 100 \% \text{ atau } \frac{\{(10,2) - (10)\}}{(10,2)} / (100 \%) = 2 \%$$

VI. BIAS

Definisi : Perbedaan antara rata-rata pengukuran dengan “reference value”

Reference value : Master value, atau rata-rata pengukuran dengan alat ukur yang lebih presisi

Sebab-sebab terjadinya bias :

- Salah part (komponen suku cadang)
- Part (komponen suku cadang) sudah 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	Xbar = $\Sigma X / 10$
X3	0.80	X8	0.75	= 7.5/10
X4	0.80	X9	0.75	= 0.75
X5	0.65	X10	0.70	

VII. METODA PENGAMATAN PENGUKURAN

- **Metoda langsung**

Pengamatan secara langsung dengan melihat skala alat ukur.

**) Koes Sulistiadji & Joko Pitoyo : Staf Perekrayasa pada BBP Mektan, Serpong,(2009)*

- **Metoda tidak langsung**

Suatu metoda untuk mendapatkan besaran pengukuran dengan mengukur besaran lainnya dimana pengamatan dilakukan secara langsung.

- **Defleksi**

Pengamatan dengan mengkonversi penyimpangan jarum penunjuk instrumen pengukuran.

- **Metoda Nol**

Upaya untuk memperoleh suatu besaran dengan mengkalibrasi dimana besaran hasil pengukuran disamakan dengan suatu referensi standar.

- **Metoda substitusi**

Merupakan cara semacam metoda nol dimana besaran yang akan diukur disubstitusikan dengan besaran referensi dan hasilnya adalah perbandingan kedua pembacaan. Keuntungannya adalah untuk mengurangi kesalahan yang sama pada kedua alat ukur.

VIII. BESARAN DAN SATUAN

Pengetahuan dasar yang harus diketahui dalam BESARAN DAN SATUAN ini adalah :

1. **Ilmu Fisika** , Dalam ilmu fisika dipelajari :

- A. Sistem Satuan

Sistem satuan yang lazim adalah sistem satuan internasional yang diputuskan pada sidang umum untuk berat dan ukuran tahun 1960. Fungsinya adalah untuk mempermudah perhitungan-perhitungan fisis yang terdapat pada alat Ukur.

- B. Fisika Listrik

Pemahaman tentang sifat-sifat komponen listrik seperti resistor, induktansi, kapasitansi, transistor, serta hukum-hukumnya yang dapat dilakukan oleh fisika listrik.

- C. Fisika Non Listrik

Digunakan untuk memahami koefisien temperatur suatu bahan, konstanta pegas, keseimbangan gaya, momen. Inersia (kelembaman) dan energi.

2. **Ilmu Matematika** , dan **Ilmu Statistika** dipelajari tentang perhitungan angka-angka digital , Derensial dan Integral , Konversi Angka Binary , Komputasi angka Digital, dsb.

**) Koes Sulistiadji & Joko Pitoyo : Staf Perekayasa pada BBP Mektan, Serpong,(2009)*

IX. JENIS-JENIS BESARAN

BESARAN POKOK

- Panjang → meter [m]
- Massa → kilogram [kg]
- Waktu → second [s]
- Arus Listrik → ampere [A]
- Temperatur → kelvin [k]
- Intensitas Cahaya → candela [cd]
- Substansi → mole [mol]

Adapun besaran-besaran tambahan adalah : Sudut bidang datar → radian [rad]

Sudut bidang bola → steradian [sr]

BESARAN-BESARAN YANG DITURUNKAN

- Frekwensi → hertz [Hz] ; $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
- Gaya → newton [N] ; $1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m/s}^2$
- Tekanan → pascal [Pa] ; $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
- Energi → joule [J] ; $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$
- Daya → watt [W] ; $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
- Muatan listrik → coulomb [C] ; $1 \text{ C} = 1 \text{ As}$
- GGL (beda potensial) → volt [V] ; $1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$

X. STANDAR SATUAN

- Standard Internasional

MKS → CGS

Newton = kgm/s^2 → dyne = g.cm/s^2

- Standard Inggris → ft, pon, s, inch, yard
- Sistem MTS → Meter-ton-second → Perancis
- Sistem Indonesia? : tumbak, bata, ons(?), hasta

Sistem Inggris : 1 pon = 0,45359 Kg ; 1 feet = 30,48 cm ; 1 inch = 1/12 feet

Daya → watt, → daya kuda = hp=pk → 745,7 watt

*) Koes Sulistiadji & Joko Pitoyo : Staf Perekrayan pada BBP Mektan, Serpong, (2009)

XI. STANDAR PENGUKURAN

Dikelompokkan berdasarkan fungsi dan pemakaiannya:

- Standar Internasional (**International standard**) : Standar yang dinyatakan dalam perjanjian Internasional sebagai dasar untuk menetapkan suatu harga atau besaran bagi semua standar dari besaran yang ada.
- Standar Nasional (**National standard**) : Standar yang ditetapkan oleh peraturan pemerintah sebagai dasar untuk menetapkan harga atau besaran dalam suatu negara bagi semua standar lain dari besaran yang ada.
- Standar Primer (**Primary standard**) : Standar yang mempunyai kualitas paling tinggi pada suatu besaran tertentu, yang dapat berasal dari Standar Nasional dari berbagai negara di dunia. Catatan : Konsep standar primer berlaku baik untuk satuan dasar atau satuan turunan.
- Standar Sekunder (**secondary standard**) : Standar yang harganya tertentu dibandingkan dengan standar primer, digunakan untuk keperluan di bidang industri tertentu.
- Standar Kerja (**working standard**) : Standar yang dikalibrasi oleh standar reference dan digunakan terus menerus untuk mengkalibrasi dan mengecek alat ukur atau material yang diukur, pada umumnya menjadi standar utama bagi suatu ruang kerja/lab.

XII. PERKALIAN TAMBAHAN DESIMAL

Nama	Simbol	Ekivalen
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
hecto	h	10^2

XIII. ANALISA STATISTIK

Manfaat analisa statistik terhadap data pengukuran adalah untuk menentukan ketidakpastian hasil pengujian. Metode analisa statistik yang dilakukan akan bermanfaat jika pengukurannya dilakukan dengan baik dan benar.

NILAI RATA-RATA

Merupakan nilai termungkin dari suatu variabel yang diukur atas seluruh pembacaan yang dilakukan.

**) Koes Sulistiadji & Joko Pitoyo : Staf Perakayasa pada BBP Mektan, Serpong,(2009)*

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Semakin banyak data pengamatan maka akan diperoleh hasil pendekatan yang sangat baik.

Pembacaan data pada kenyataannya hanya dapat dilakukan secara terbatas.

DEVIASI

Merupakan penyimpangan pembacaan data dari rata-rata sekelompok pembacaan (asumsi jumlah pembacaan ∞).

$$\tau = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}{n}}$$

dimana $d_1^2 = (x_1 - \bar{x})^2$

Fungsi penggunaan deviasi :

- Sebagai indikator ketepatan instrumen yang digunakan. Bilamana deviasinya rendah berarti menunjukkan ketepatan tinggi.
- Menganalisa kesalahan acak yang terjadi.
- Standart deviasi (untuk data terbatas)

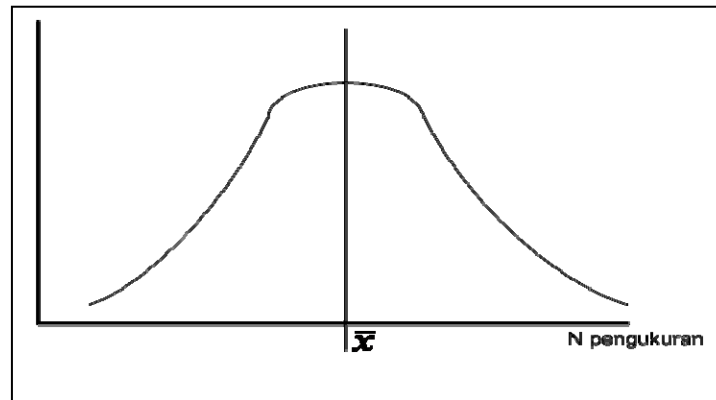
$$\sigma = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2}{n - 1}}$$

$$d = x - \bar{x}$$

VARIANSI : standart deviasi kuadrat

DISTRIBUSI NORMAL

Merupakan distribusi yang diaktualisasikan dalam bentuk kurva Gaussian dimana semakin tajam dan sempit kurva berarti nilai pembacaan termungkin adalah nilai tengah atau pembacaan rata-rata.



Asumsi :

- Semua kesalahan tergolong acak
- Kesalahan bisa positif atau negatif
- Kemungkinan kesalahan acak positif atau negatif sama

Kemungkinan bentuk kurva distribusi kesalahan :

- Kemungkinan kesalahan kecil lebih besar dari kemungkinan kesalahan besar
- Kesalahan-kesalahan besar sangat mustahil
- Kemungkinan kesalahan positif & negatif sama, akan simetris thd nilai rata-rata

Probable error : $\pm 0.6745\sigma$

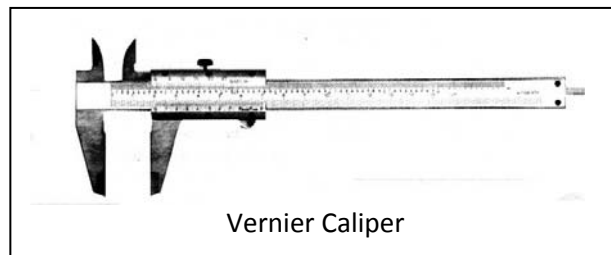
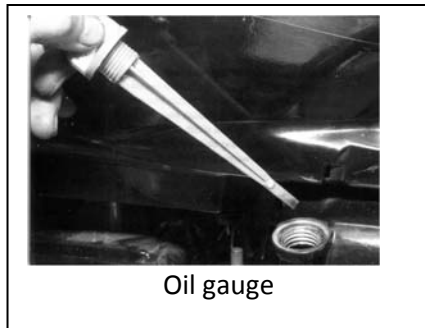
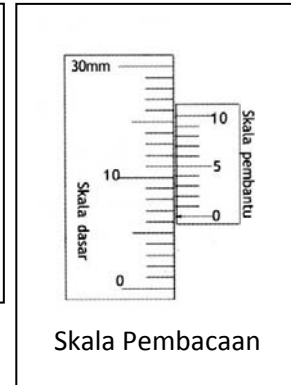
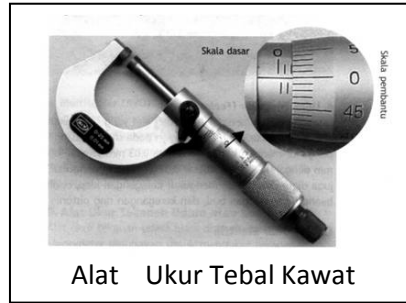
Batas Kesalahan/limiting errors : batasan kesalahan yang dijamin oleh pabrikan, misal : tahanan $500 \Omega \pm 10\%$, Contoh kasus : Voltmeter 0-150V, dijamin sampai 1% kesalahan pada skala penuh. Berapa kesalahan bila penunjukan skala di 80V?

LAMPIRAN 1. CONTOH : NAMA INSTRUMEN

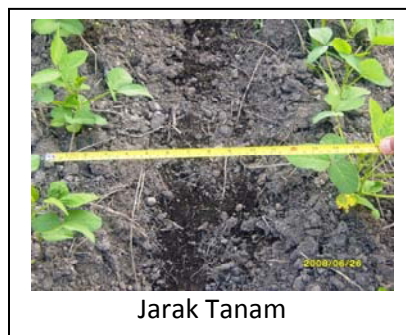
Klasifikasi INSTRUMEN sesuai tujuan pengukuran dalam pengujian Alsin di BBP Mektan, Serpong :

No.	Tujuan pengukuran	Nama Instrumen
1.	Kekerasan tanah	Soil hardness tester
2.	Kadar air bijian	Grain moister tester
3.	Pemisah ukuran bijian	Grain grader
4.	Kualitas bijian	Grain Crak Inspector
5.	Kekerasan Logam	Hardness tester
6.	Gaya tarik traktor roda 4	Dynamometer car
7.	Daya pada poros roda	Prony Brake
8.	Daya pada poros PTO	PTO Dynamometer
9.	Putaran poros	Tachometer
10.	Kebisingan	Sound level meter
11.	Vibrasi	Vibration meter
12.	Daya rontok bili padi	Therebility tester (Shatering habit mater)
13.	Tingkat keputihan beras	Rice whiteness tester
14.	Temperatur	Thermo couple
15.	Pemakean bahan bakar	Fuel Comsumtion meter
16.	Tekanan	Pressure gauge
17.	Kecepatan aliran air	Flow meter
18.	Kecepatan hembusan	Wind speed meter
19.	Gaya tarik dan tekan	Load cell
20.	Torsi (momen puntir)	Torque pickup meter

LAMPIRAN 2. CONTOH : ALAT UKUR



*) Koes Sulistiadji & Joko Pitoyo : Staf Perekraya pada BBP Mektan, Serpong, (2009)



LAMPIRAN 3. CONTOH : INSTRUMEN UKUR



Instrumen Ukur K.A. Gabah



Grain Moisture Tester



Instrumen Ukur K.A. Tapioka



Instrumen Ukur K.A. Palawija



Instrumen Ukur K.A. Benih



Instrumen Ukur K.A. Kopi & Kakao



Instrumen Ukur Kadar Air
MC7821



Grain Moisture Tester



Digital Tachometer



AVO Meter



Digital Tachometer



Instrumen Ukur



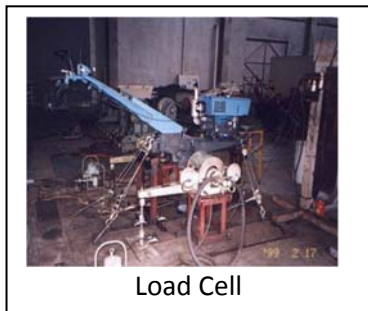
Instrumen Ukur



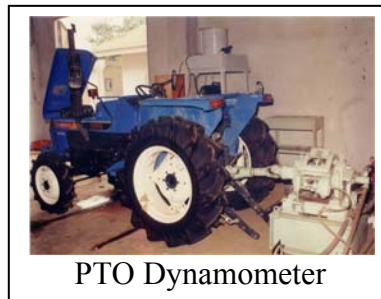
Instrumen Ukur



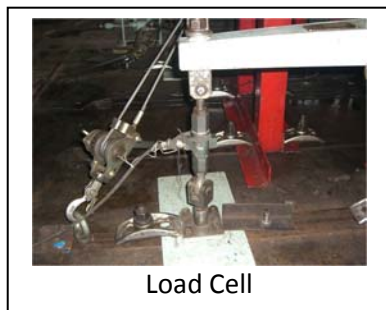
Noise Sound Level



Load Cell



PTO Dynamometer



Load Cell



Load Cell



Anemometer



Digital Tachometer



Grain grader



Dynamometer car