

METROLOGI INDUSTRI & KONTROL KUALITAS

Penulis:

Dr. Muchamad, M.T.

Deny Prasanta, M.T.

Bedy Kribhanta, S.T., M.T.

R. Agus Adnan, S.T., M.M., M.T., IPW, ICR



Buku Ajar Program Studi Teknik Mesin

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA





Metrologi Industri & Kontrol Kualitas
BUKU AJAR PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA

Penulis

Ir. Muchayar, M.T
Denny Prumanto, M.T
Dedy Krisbianto, ST, M.T
Ir. Aries Abbas, ST, MM, MT, IPM, AER

ISBN : 978-623-7815-63-1

Penyelia

Dr. Abdul Rahman H., M.T., C.T

Editor

Ir. Aries Abbas, ST, MM, MT, IPM, AER

Desain Sampul

Lukas Liani

Layout

Asep Nugraha

Cetakan Pertama, Juni 2020

V + 108 hlm ; 14.8 x 21 cm

Penerbit

Yayasan Pendidikan dan Sosial
Indonesia Maju (YPSIM) Banten

BCP 2 Blok E. 18 No.14 Desa Ranjeng Kec. Ciruas Kab. Serang Banten 42182

E-mail: Ypsimbanten@gmail.com
Website : www.ypsimbanten.com
WhatsApp: 0815 9516 818

**ANGGOTA IKAPI
(IKATAN PENERBIT INDONESIA)**

*Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-undang Dilarang
mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi
buku ini dalam bentuk apapun juga tanpa izin tertulis
dari Penerbit*

KATA PENGANTAR

Teknik pengukuran atau istilah yang sering disebut juga dengan Metrologi Industri, merupakan bagian yang penting pada dunia manufaktur. Sebagaimana diketahui bersama tuntutan akan kemajuan teknologi di dunia industri mengarah menuju otomasi industri menyebabkan tuntutan akan penjaminan terhadap kualitas produk yang terjamin. Maka dari itu pengukuran yang benar dan akurat menjadi tuntutan utama kesesuaian antara hasil pengukuran dengan kualitas produk suatu proses permesinan pada khususnya, dan bidang lain pada umumnya.

Karakter fungsional sangat dipengaruhi oleh geometris suatu benda kerja yang meliputi dimensi / ukuran tepat, bentuk yang sempurna serta permukaan yang halus (performance). Dengan kata lain setiap penyimpangan yang terjadi harus bisa terdeteksi di awal serta rekaman penyimpangan yang terjadi terdokumentasikan dengan akurat.

Kontrol Kualitas adalah upaya untuk mendeteksi potensi penyimpangan (deviasi) terhadap hasil produksi masal yang menyimpang terhadap standard berbanding dengan target produksi yang akan dihasilkan. Untuk itulah perlu dipahami pengertian tentang ukuran + toleransinya, jenis jenis pengukuran + alat ukur yang digunakan, cara pengukuran yang benar dan baik, sifat sifat alat ukur, kesalahan pengukuran + sumber penyebab kesalahan, serta perhitungan yang sering digunakan dalam proses pengukuran.

Semoga buku ini bisa membantu dalam memahami konsep pengukuran dan kontrol kualitas yang baik dan benar, serta menjadi pelengkap untuk proses belajar mengajar di

perguruan tinggi khususnya di Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana Jakarta yang kita cintai ini.

Penulis memahami banyak kekurangan yang perlu diperbaiki dan disempurnakan, untuk itu segala masukan dan usulan demi kesempurnaan buku ini sangatlah diharapkan. Sekian dan terimakasih.

Jakarta, Medio Februari 2016
TIM BUKU AJAR

TIM PENYUSUN BUKU AJAR

Penanggung jawab : Ka.Prodi Teknik Mesin

Ketua Tim : Ir.Muchayar,M.T

Anggota : Denny Prumanto, M.T

: Dedy Krisbianto,ST,M.T

: ir.Aries Abbas,ST,MM,MT, IPM,AER

Editor & Ilustrasi: Ir.Aries Abbas,ST,MM,MT,IPM,AER

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Tim Penyusun	iii
Daftar Isi	iv
BAB.I PENDAHULUAN	1
1.1. Definisi Metrologi.....	1
1.2. Definisi Pengukuran	1
1.3. Syarat Besaran Standar.....	1
1.4. Tujuan Pengukuran.....	2
BAB.II. JENIS DAN CARA PENGUKURAN	4
2.1. Alat Ukur Langsung.....	5
2.2. Alat Ukur Pembanding	5
2.3. Alat Ukur Standar... ..	6
2.4. Alat Ukur Batas	8
2.5. Alat Ukur Bantu	9
BAB.III. SIFAT UMUM ALAT UKUR	12
BAB.IV. KESALAHAN PENGUKURAN	16
4.1. Sumber Kesalahan.....	17
4.2. Kesalahan dan Koreksi	23
BAB.V. ALAT UKUR LINIER LANGSUNG	30
5.1. Height Gauges	30
5.2. Caliper	31
5.3. Micrometer	33
BAB.VI. ALAT UKUR LINIER TAK LANGSUNG	36
6.1. Gauges Block	36
6.2. Height Master	43

6.3. Pupitas.....	43
BAB.VII. ALAT UKUR LAIN	45
7.1. Universal BevelProtactor	45
7.2. Profil Projector.....	47
7.3. Coordinate Measuring Machine.....	49
7.4. Refractormeter	50
BAB.VIII. KALIBRASI	58
8.1. Interval Kalibrasi.....	58
8.2. Metode Penyusunan Interval Kalibrasi	58
8.3. Alat Ukur Yang Tidak Sesuai.....	60
8.4. Sumber Ketidak Pastian Alat Ukur	60
8.5. Kalibrasi Outside Micrometer.....	62
8.6. Kalibrasi Caliper	66
8.7. Kalibrasi Outside Dial Indicator.....	69
BAB.IX. KONTROL KUALITAS DENGAN METODE SAMPLING.....	73
9.1. Pendahuluan.....	73
9.1.1. Definisi Metode Sampling	73
9.2. Teori Sampling	74
9.2.1. Teknik Penerapan Sampling.....	74
9.3. Kriteria Statistik Sampling	75
9.4. Deviasi (Penyimpangan).....	77
Lampiran.....	87
Daftar Pustaka	108

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Definisi Metrologi :

Adalah ilmu yang dipakai untuk melakukan pengukuran karakteristik geometris suatu produk dengan alat dan cara yang tepat sedemikian rupa sehingga hasil pengukurannya dianggap yang paling mendekati geometri sesungguhnya.

1.2. Definisi Pengukuran :

Merupakan proses membandingkan suatu besaran dengan besaran standard

1.3. Syarat besaran standard :

- Dapat didefinisikan secara fisik
- Jelas dan tidak berubah terhadap waktu
- Dapat digunakan dengan pembanding di semua tempat

BESARAN DASAR	SATUAN DASAR	SIMBOL
Panjang	meter	m
Massa	kilogram	kg
Waktu	detik	s(sekon)
Arus listrik	Ampere	A
Temperatur (Termodinamika)	Kelvin	K
Jumlah zat	mol	Mol
Intensitas cahaya	candela	cd

Contoh besaran turunan :

- Luas bidang : m^2
- Kecepatan : $\frac{m}{s}$
- Gaya : $\frac{kg \cdot m}{s^2}$





- Daya : $\frac{\square \square \square^2}{\square \square \cdot \square^2 \square^3}$
- Tahanan listrik : $\frac{\square}{\square^3 \cdot \square^2}$
- Dll

1.4. Tujuan pengukuran :

Mencapai karakteristik geometris yang ideal (sesuai kondisi sesungguhnya), meliputi :

- 1) Ukuran / dimensi yang tepat
- 2) Bentuk yang sempurna
- 3) Kekhalusan permukaan yang sesuai





Untuk karakteristik fungsional meliputi :

-  Kekuatan konstruksi
-  Umur pakai minimal yang terlampaui
-  Kemudahan pada saat proses assembling
-  Fungsi benda kerja yang terpenuhi

Untuk standard pengukuran kehalusan permukaan, digunakan standard ISO (*International Standard Organization*) *Roughness Parameter*, yaitu :

STANDARD	N0	N1	N2	N3	N4	N5
$\square \square h \square \square \square \square \square \square (\square \square)$	0.0125	0.025	0.05	0.1	0.3	0.4
STANDARD	N6	N7	N8	N9	N10	N11
$\square \square h \square \square \square \square \square \square (\square \square)$	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5	25

Alat untuk mengukur kehalusan permukaan :

-  Perthometer : produk mahr
-  Surf meter : produk mitutoyo
-  Hommel tester: produk hommel
-  Rugosurf : produk tesa

Pengontrolan inspeksi dan peralatan pengukuran adalah sebuah bagian dari manajemen kualitas yang berkembang

lebih penting dari sebelumnya. Pengenalan ke standard ISO telah membuat perubahan yang besar di bidang ini, menurut ISO 9001 :

“ All inspection and measuring equipment that can affect product quality must be identified, calibrated and adjusted at prescribed interval, or prior to use, against certified equipment having a known valid relationship to internationally or nationally recognized standards”

“ Semua peralatan pengecekan dan pengukuran yang berpengaruh pada kualitas produk harus teridentifikasi, dikalibrasi dan di set dalam jangka waktu yang sudah ditentukan atau sebelum digunakan, disertai adanya jaminan yang mempunyai hubungan atau diakui oleh standard nasional ataupun internasional.”

BAB II

JENIS DAN CARA PENGUKURAN

Berikut jenis pengukuran yang umum digunakan dalam manufaktur, diantaranya :

1. Pengukuran linier

Misal : pengukuran panjang, ketinggian, diameter, ketebalan, kedalaman, dll

2. Pengukuran sudut dan kemiringan

Misal : pengukuran konus, bidang miring, taper, inklinasi sudut, taper ratio, dll

3. Pengukuran kedataran

Misal : pengukuran straightness, setting keparalelan, ketinggian mesin, leveling, dll

4. Pengukuran profil

Misal : pengukuran form, bentuk cam, contour cetakan, profil khusus, dll.

5. Pengukuran ulir

Misal : pengukuran pitch, fungsional profil ulir, diameter dalam, kedalaman ulir, dll

6. Pengukuran roda gigi

Misal : pengukuran modul roda gigi, tebal gigi, profil gigi, diameter pitch, tinggi kepala, clearance, dll

7. Pengukuran kekasaran permukaan

Misal : pengukuran flattness, surface roughness, permukaan tertentu, fungsional proses (formtracer), dll

8. Pengukuran kekerasan

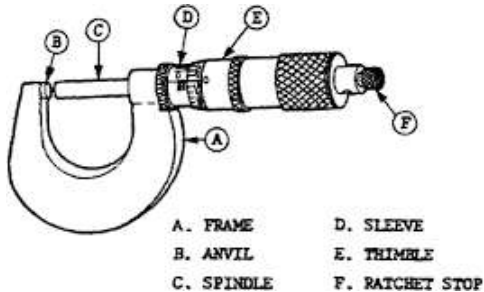
Misal : kekerasan material, kekerasan profil, non metal hardness, kekerasan permukaan, sheet metal, dll

Jenis-jenis alat ukur yang umum digunakan dalam manufaktur, diantaranya :

2.1. Alat ukur langsung

Merupakan alat ukur yang mempunyai skala ukur yang telah dikalibrasi, dimana hasil pengukuran dapat langsung dibaca pada skala ukur tersebut.

Misal : Mistar, caliper (jangka sorong), outside/inside micrometer, high gauge, wide micrometer, dll

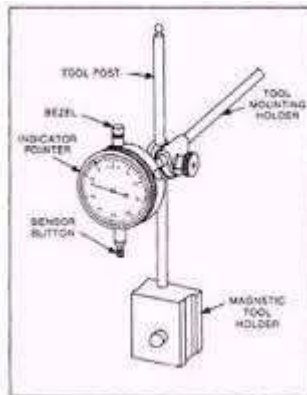
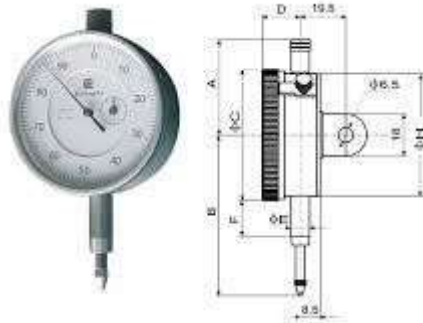


Outside micrometer merupakan alat ukur langsung yang digunakan untuk pengukuran dimensi yang presisi hingga skala perseribu / mikron

2.2. Alat ukur pembanding

Alat ukur yang mempunyai skala ukur yang terbatas dan telah dikalibrasi. Alat ini hanya digunakan sebagai pembacaan besarnya selisih dari suatu dimensi terhadap ukuran standard.

Misal : Outside dial indicator, comparator, dll



Outside dial indicator digunakan sebagai alat ukur pembeding yang biasanya digunakan untuk setting benda kerja pada proses manufaktur

2.3. Alat ukur standard

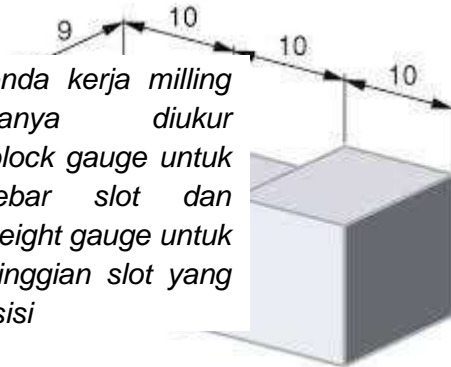
Alat ukur yang hanya mampu menunjukkan suatu harga ukuran tertentu saja. Biasa dipakai bersama dengan alat ukur pembeding.

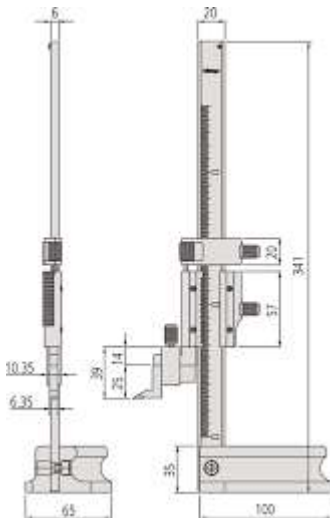
Misal : block gauge, height master, cylinder gauge, dll



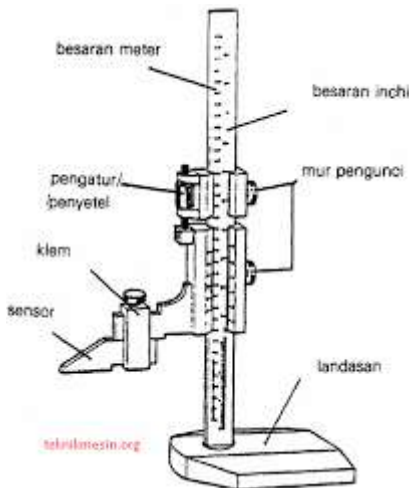
Block gauge merupakan salah satu alat ukur standard yang hanya dapat digunakan sebagai alat pengukur suatu bentukan tertentu saja semisal pada pengecekan alur slotting pada benda kerja milling

Alur slotting benda kerja milling yang biasanya diukur menggunakan block gauge untuk pengukuran lebar slot dan menggunakan height gauge untuk pengukuran ketinggian slot yang bertoleransi presisi





Height gauge merupakan salah satu alat ukur standard yang digunakan untuk pengukuran ketinggian maupun kedalaman kontur secara presisi



Plug gauge dengan profil Go & NO GO untuk pengukuran lubang

2.4. Alat ukur batas

Alat ukur yang hanya mampu menunjukkan apakah suatu dimensi terletak didalam atau diluar daerah toleransi ukuran. Misal : limit plug gauge, snap gauge, thread plug gauge, dll



Ring thread gauge dengan profil Go & NO GO untuk pengukuran poros berulir yang dibuat dengan proses permesinan

2.5. Alat ukur bantu

Bukan merupakan alat ukur dalam arti sesungguhnya, tetapi cukup penting dalam melaksanakan proses pengukuran.

Misal : mal, patron, dll

Cara pengukuran yang standard adalah sebagai berikut :

1) **Pengukuran langsung**

Pengukuran dengan menggunakan alat ukur dimana hasil pengukuran dapat langsung dibaca pada skala ukurnya.

Contoh : penggunaan caliper untuk mengukur diameter benda kerja silindris

2) Pengukuran tak langsung

Merupakan pengukuran dengan menggunakan alat-alat ukur pembanding, standard atau bantu. Hasil pengukuran dapat berupa ukuran sesungguhnya/selisih ukuran.

Contoh : pengukuran selisih ketinggian benda dengan dial indicator dibandingkan dengan block gauge

3) Pengukuran dengan kaliber batas

Pengukuran dengan tidak menentukan dimensi ukuran dengan pasti, tetapi hanya menunjukkan apakah dimensi tersebut berada didalam atau diluar daerah toleransi.

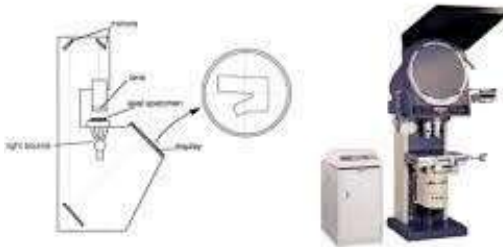
Contoh : penggunaan plug dan ring gauge untuk mengukur lubang dan poros bertoleransi ISO, penggunaan thread gauge untuk mengukur pembuatan ulir, dll

4) Membandingkan dengan bentuk standard

Cara mengukur dengan tidak menentukan dimensi ukuran secara langsung, tetapi membandingkan dengan suatu bentuk standard.

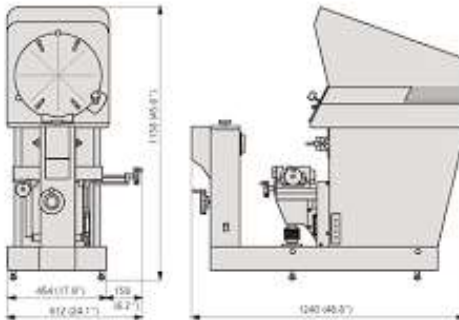
Contoh : mengukur dengan alat ukur proyeksi untuk melihat bentuk detail contour suatu benda.

Profile Projector



PHAM

Unit: mm



Profile projector merupakan alat ukur yang bersifat pembanding, dimana secara prinsip alat ini membutuhkan cahaya dan lensa yang akan memproyeksikan bentuk profil benda yang akan diukur ke layar uji.

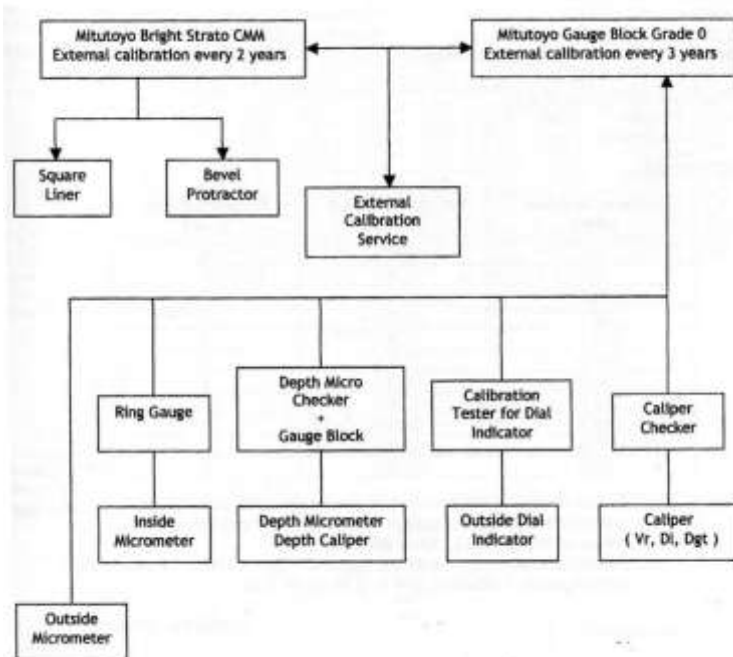
BAB III SIFAT UMUM ALAT UKUR

Beberapa sifat yang dimiliki oleh alat ukur adalah sebagai berikut :

1. *Rantai kalibrasi / mampu usut (trace ability)*

Harga-harga yang tercantum pada skala ukur harus bisa dicocokkan dengan harga-harga standard / harga sebenarnya. Bisa dibuktikan dengan adanya sertifikat resmi yang dikeluarkan oleh badan/institusi yang melakukan kalibrasi.

Calibration trace ability



Gambar skema rantai kalibrasi mitutoyo

Contoh sertifikasi kalibrasi dengan keterangan traceability:



LABORATORIUM KALIBRASI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA



Nomor : 05/UNKRIS/MT/0206
Tanggal : 04 Februari 2006

Order No : EOWM6059
Halaman : 2 dari 8

SERTIFIKAT KALIBRASI

Nama Alat : Outside Micrometer
Merek : Mitutoyo
Type : 103 – 138
Kapasitas : 25 – 50 mm
Ketelitian : 0.01 mm
No Seri : 6211263
Pemilik : PT. XYZ

Lab Kalibrasi : UNKRIS Jakarta
Tanggal Terima : 2 Februari 2006
Tanggal Kalibrasi : 4 Februari 2006
Prosedur Kalibrasi : DIN 863
Temperatur Kalibrasi : 20°C ± 1°C
Kelembaban Relatif : 52 %

Pengamatan permukaan ukur :

- Kerapatan : 0.005
- Keperalelan : 0.001

Hasil kalibrasi :

Panjang Nominal (mm)	Pembacaan Alat (mm)	Penyimpangan (μm)
0.0	0.000	0
27.5	27.500	0
30.1	30.100	0
32.7	32.701	1
35.3	35.302	2
37.9	37.901	1
40.0	40.001	1
42.6	42.602	2
45.2	45.201	1
47.8	47.801	1
50.0	50.002	2

Catatan :

1. Alat ini dikalibrasi dengan Mitutoyo Gauge Block No.Seri : 0004430, mampu telusur ke Laboratorium Kalibrasi dan Penguji Bandung, nomor sertifikat : 0833 / KAL / BBLM / VI / 04
2. Pengamatan Permukaan ukur menggunakan Optical Flat dan Optical Paralel
3. Ketidakpastian kalibrasi $U_{95\%} = \pm 3.34 \mu\text{m}$ ($k = 2$)

Official for Measuring Tool

(_____)



Nomor : 05/UNKRIS/MT/0206
Tanggal : 04 Februari 2006

Order No : EDWM6059
Halaman : 3 dari 8

LEMBAR KALIBRASI OUTSIDE MICROMETER

Lab Kalibrasi	Outside Micrometer	Nama Alat	: Outside Micrometer
Tanggal Kalibrasi	: 4 Februari 2006	Merk	: Minatoyo
Tanggal Kalibrasi Ulang	: 15 Agustus 2006	No. Identitas	: 6211263
Temperatur	: 20°C ± 1°C	Rentang	: 25 – 50 mm
Kelambaban	: 42 %	Graduation	: 0.01 mm

Pengamatan: Paralel dan Kempatan

	Kemataan			Paralel		
	R	R	R	R	R	R
Pengamatan 1	3	4	3	3	4	0
Pengamatan 2	4	4	3	4	4	0

Pengukuran :

Nominal	Penyimpangan (µm)			\bar{X} (µm)	s (µm)	error (µm)	U_1 (µm)	U_2 (µm)	U_3 (µm)	U_4 (µm)	U (µm)
	1	2	3								
0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.1000	1.6667	1.6697	3.3393
27.5	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.1025	1.6667	1.6698	3.3396
30.1	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.1051	1.6667	1.6700	3.3400
32.7	1	1	1	1.000	0.000	1.000	0.000	0.1077	1.6667	1.6701	3.3403
35.3	2	2	2	2.000	0.000	2.000	0.000	0.1103	1.6667	1.6703	3.3406
37.9	1	1	1	1.000	0.000	1.000	0.000	0.1129	1.6667	1.6705	3.3410
40.0	1	1	1	1.000	0.000	1.000	0.000	0.1150	1.6667	1.6706	3.3413
42.6	2	2	2	2.000	0.000	2.000	0.000	0.1176	1.6667	1.6708	3.3416
45.2	1	1	1	1.000	0.000	1.000	0.000	0.1202	1.6667	1.6710	3.3420
47.8	1	1	1	1.000	0.000	1.000	0.000	0.1228	1.6667	1.6712	3.3424
50.0	2	2	2	2.000	0.000	2.000	0.000	0.1250	1.6667	1.6713	3.3427

Degradasi ketebatan efektif untuk confidence interval 95% (k) = 2

U1 = ketidaktelitian korksi

S = simpangan baku

U3 = ketidaktelitian Resolusi Alat

U1 = ketidaktelitian standard micrometer

Uc = Ketidaktelitian Gabungan



- Alat ini dikalibrasi dengan : Gauge Block grade 0 (D833/KAL/BB1M/V/04, Valid until 8 Juni 2007)
- Standard : DIN 863
- Batas penyimpangan : 0.004 mm

Hasil Kalibrasi :

Penyimpangan	: 0.0020 mm	Resolusi yang diijinkan	: 0.01 mm
Ketidaktelitian	: 0.0033 mm	Kemataan permukaan ukur	: baik
Tingkat kepercayaan	: ± 95 %	Keparalelisan permukaan ukur	: baik

Dikalibrasi Oleh :

()

2. Kepekaan (sensitivity)

Kemampuan alat ukur untuk merasakan suatu perbedaan yang relatif kecil dari harga yang diukur. Sehingga berlaku istilah semakin peka / sensitif alat ukur maka akan semakin baik dan akurat hasil ukur yang akan didapat

3. Kemudahan pembacaan (*read ability*)

Kemampuan sistem penunjuk dari alat ukur untuk memberikan angka yang jelas dan berarti. Juga dimungkinkan pembacaan ukuran dalam waktu yang relatif sangat singkat. Sebagai perbandingan adalah pembacaan penunjukkan ukuran *vernier caliper* dengan digital caliper.

4. Histerisis

Penyimpangan yang timbul sewaktu dilakuka pengukuran secara kontinyu dari dua arah yang berlawanan. Biasa terjadi karena ada "*spelling*" yang harus di *counter*. Pada alat ukur yang baik terdapat part / bagian untuk mengeliminir hal tersebut, contoh : *spring* pembalik / *counter spring*.

5. Kepasifan / kelambatan reaksi (*passivity*)

Kejadian dimana suatu perbedaan kecil dari harga yang diukur (yang dirasakan sensor) tidak menunjukkan suatu perubahan apapun apda jarum penunjuk. Biasanya berhubungan dengan alat ukur temperatur.

6. Pergeseran (*shifting / drift*)

Apabila terjadi suatu perubahan harga yang ditunjukkan pada skala, sedangkan sensor tidak mengisyaratkan suatu perubahan.

Sebagai contoh : kaliper digital sewaktu dilakukan pengukuran tetap, angka penunjuk terakhir bisa berubah-ubah

7. Kestabilan nol (*zero stability*)

Apabila benda ukur diambil seketika, maka jarum penunjuk harus kembali ke posisi semula (posisi nol). Posisi jarum penunjuk kecil dan besar harus tetap pada posisi semula

8. Pengambangn (*floating*)

Apabila jarum penunjuk selalu berubah posisi (bergetar), dikarenakan kurang kokoh ataupun tergantung getaran, tsb.

BAB IV

KESALAHAN PENGUKURAN

Tidak ada satu cara maupun proses pengukuran yang dapat memberikan ketelitian yang absolut. Kesalahan akan selalu ada, dimana definisi kesalahan pengukuran yaitu hasil pengukuran dengan harga yang dianggap benar / ukuran sebenarnya. Dalam proses produksi masal, dan pengukuran yang dilakukan berdasarkan sample digunakan metode *deviasi* (penyimpangan) untuk mengantisipasi kesalahan pengukuran yang akan menjadikan variant nilai lebih banyak di setiap object ukur. Hal mengenai *deviasi* ini akan dibahas pada bab selanjutnya.

Ada 2 hal utama yang menjadi penting dalam pengukuran :

1) Ketelitian (Accuracy)

Kesesuaian hasil pengukuran dengan harga sebenarnya.

2) Ketepatan (precision, repeatability)

Kemampuan proses pengukuran untuk dapat menunjukkan hasil yang sama dari pengukuran yang dilakukan berulang-ulang.

Jenis kesalahan (error) pada pengukuran

➤ Systematic error

Jika pada kondisi yang sama, terdapat harga kesalahan yang sama pada beberapa harga nominal pengukuran. Kesalahan biasanya dalam harga dan tanda (\pm) yang konstan, atau mengikuti hukum yang berlaku jika kondisi berubah. Penyebab kesalahan *dapat diketahui* atau *tidak dapat diketahui*.

Misal : setiap kelipatan panjang 50 mm ada selisih 0.02 mm.
Systematic error dapat dibagi menjadi 2, yaitu :

- Dapat ditentukan

Dengan perhitungan dan percobaan tertentu, sehingga kesalahan dapat dikoreksi / dikurangi.

- Tidak dapat ditentukan

Kadang hanya dapat diperkirakan, dan kesalahan selalu bertanda (+) atau (-), tetapi tidak selalu diketahui. Pada perhitungan ketidak pastian pengukuran kadang diperlakukan sebagai random error dan dinyatakan dengan tanda (\pm).

➤ **Random error**

Kesalahan yang bervariasi dan tidak dapat diperkirakan dalam harga ataupun tanda ketika pengukuran dilakukan pada kondisi yang sama. Biasanya hal ini dapat diantisipasi berdasarkan pengalaman.

4.1. Sumber kesalahan / ERROR

Kesalahan yang sering terjadi dan bersumber dari beberapa penyebab, diantaranya :

1. Benda kerja

a) Kesalahan bentuk dan posisi :

- Deviasi geometri, misal : flatness, perpendicularity, paralelisme, bentuk silinder, lubang, dll
- Kesalahan posisi benda kerja : karena ada chips, cacat permukaan, flatness dan parallelism error, dll

b) Hasil akhir permukaan

Chips, kerusakan pada ujung benda, kekasaran permukaan, dll

c) Penyimpangan benda kerja

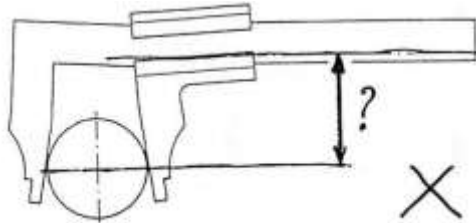
Material sheet metal, ring tipis, benda plastik, dll

2. Cara dan metode pengukuran

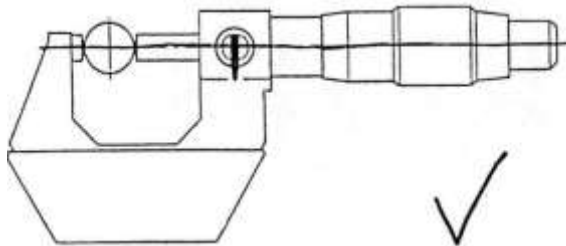
a) Mengabaikan *ABBE principle*

Contoh gambar :

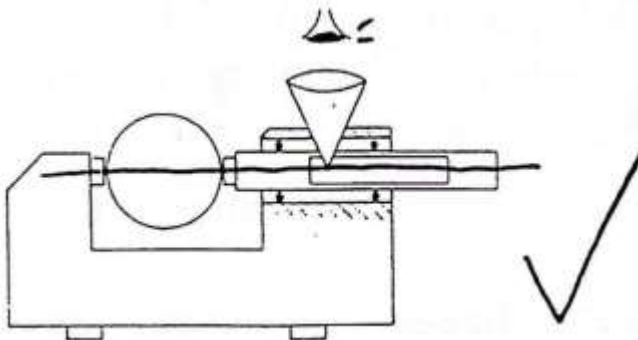
Failure to respect the *ABBE principle*



Caliper vernier berpotensi besar terhadap kesalahan (*error*) karena pada beberapa desain mengabaikan prinsip *ABBE*.

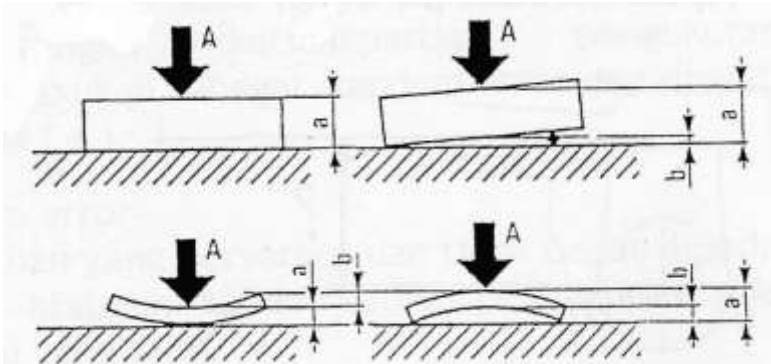


Micrometer didesain lebih sesuai dengan prinsip *ABBE*

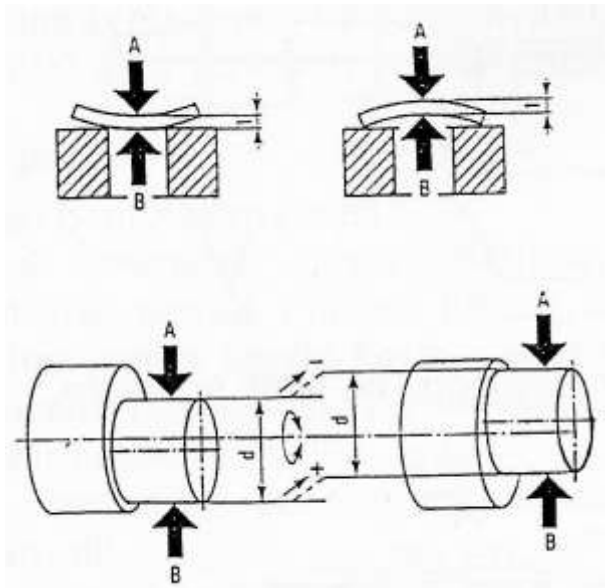


Prinsip *ABBE* : “ Untuk mengurangi kesalahan, adalah penting bahwa sistem pengukuran dan objek yang diukur berada pada sumbu yang sama”

- b) Waktu pengesetan salah / tidak pas
- c) Posisi benda kerja dan posisi pengukuran

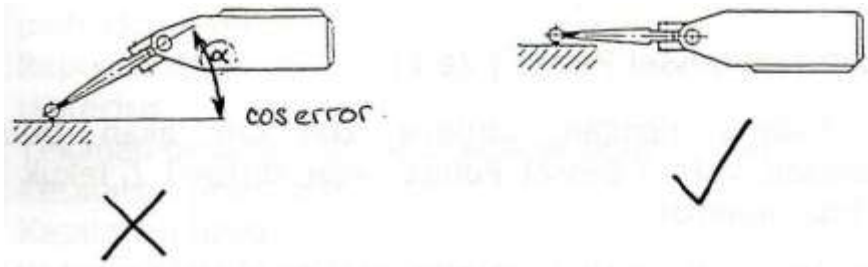


Prosedur pengukuran *sum* sebagai sarana menangkal bentuk dan posisi kesalahan dari benda kerja.



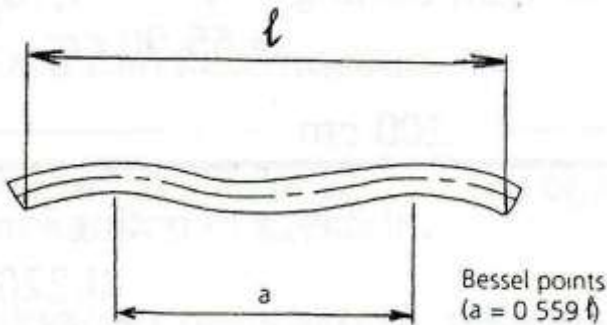
Jika 2 kepala pengukur yang saling bertentangan digunakan, seperti pada *metode ukur sum*, maka dampak dari bentuk dan kesalahan posisi di benda kerja dapat diminimalisir.

d) Alat ukur dengan jenis *lever-typed*



e) Pengaruh Gravitasi

- ❖ Pengukuran dengan Bessel Point (minimumm distortion)



Bessel point digunakan untuk menyangga 2 titik dan meminimalkan perubahan panjang secara keseluruhan.

Fitur : distorsi minimal pada sumbu netral, memberikan perubahan pendek yang minimal pada jarak “L” antara 2 permukaan bendakerja atau gauge yang disetting.

Contoh pengukuran dengan Bessel Points :

Sebuah batang dengan panjang 200cm akan ditumpu menggunakan sistem Bessel Point, agar distorsi / lekuk yang terjadi bisa minimal. Berapa jarak masing-masing penumpu

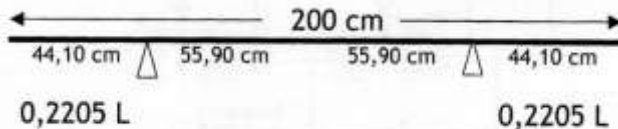
dari tengah-tengah batang agar memenuhi sistem Bessel Points?

Jawab :

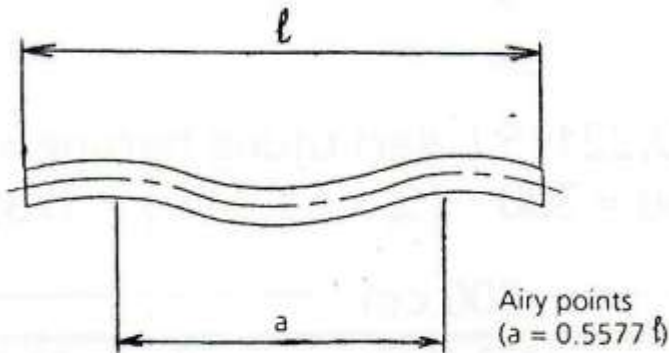
Rumus Bessel Points : $0.2205 L$

Jarak penumpu dari ujung batang = $0.2205 L = 44.1 \text{ cm}$

Jarak penumpu dari tengah batang = $\frac{1}{2} L - 44.1 = 55.9 \text{ cm}$



❖ Pengukuran dengan *Airy Point* (parallelism)



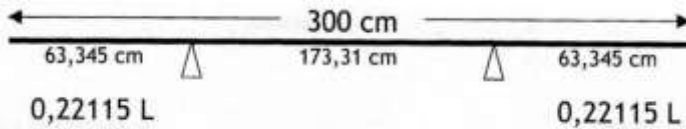
Fitur : mempertahankan paralelitas dari 2 permukaan benda. Sangat berguna bagi alat ukur dalam melakukan pengukuran sehingga terjadi perbedaan panjang hingga 100 mm

Contoh pengukuran dengan *Airy Points* :

Sebuah batang panjang 300 cm ditumpu menggunakan sistem *airy points*, dengan maksud agar ujung kedua sisinya bisa sejajar / tegak lurus garis centernya. Berapakah jarak antara kedua penumpu yang akan dipasang tepat mengapit tengah-tengah batang?

Jawab :

Rumus Airy Point : $0,22115 L$ dari ujung batang = $63,345 \text{ cm}$
Jarak kedua penumpu = $300 - (2 \times 63,345) = 173,31 \text{ cm}$



3. Alat ukur itu sendiri

- Referensi, semisal : Pitch error, akurasi yang tidak baik, deviasi pada skala, dll
- Repeatability
- Histerisis
- Tekanan pengukuran : titik kontak pengukuran
- Kesalahan posisi nol (zero point)
- Kesalahan linear
- Kesalahan pada setting gauge
- Kesalahan pemilihan alat ukur
- Koefisien suhu pada alat ukur
- Keausan alat ukur

4. Lingkungan

- Temperatur
- Tekanan udara dan kelembaban
- Kebersihan
- Medan magnet
- Getaran : mekanik & elektrik

5. Personel pelaksanaan (pengukur)

- Kesalahan mengukur
- Kesalahan baca
- Kapasitas memutuskan (*decision maker*)
- Kepekaan pada waktu mengukur
- Kesalahan pengekleman

4.2. KESALAHAN DAN KOREKSI

Berikut definisi dalam pembahasan kesalahan dan koreksi pada suatu alat dan metoda ukur :

- ❖ **Absolute error**, yaitu perbedaan antara hasil pengukuran dengan harga sebenarnya
- ❖ **Correction**, yaitu harga yang harus ditambahkan pada hasil pengukuran untuk mencapai hasil pengukuran yang benar. Harga koreksi berlawanan tanda dengan absolute error
- ❖ **Relative error**, merupakan hasil bagi absolute error dengan harga nominal.
- ❖ **Percentage error**, merupakan kesalahan pengukuran yang dinyatakan sebagai prosentase (%) terhadap total kesalahan atau total range pengukuran. Biasa dipakai dalam instrumen elektronika.

Contoh :

Benda kerja mempunyai ukuran $\varnothing 20$ mm hasil pengukuran \varnothing dengan caliper = 20,02 mm. Berapakah besarnya absolute, correction, relative dan percentages error yang terjadi ?

Jawab :

- ~~✍~~ Absolute error = 20,02 – 20 = 0.02 mm
- ~~✍~~ Correction = - 0,02 mm
- ~~✍~~ Relative error = 0.02 / 20 = 0.001
- ~~✍~~ Percentages error = 0.001 x 100 % = 0.1%

Perhitungan Kesalahan :

~~✍~~ **Pemuaian akibat pengaruh suhu**

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

ΔL = variasi panjang (mm)

α = koefisien ekspansi linier = $\frac{\Delta L}{L \Delta T} = ^\circ\text{C}^{-1}$

L = panjang terukur (mm)

ΔT = perbedaan temperatur ($^\circ\text{C}$)

Contoh soal :

1. Sebuah poros baja dibuat dimesin bubut pada suhu 32°C . Ukuran yang terjadi $\text{Ø}40,018$ mm. tuntutan ukuran poros pada gambar $\text{Ø}40 - h6$. Benda kerja diukur dengan alat ukur yang dilengkapi kompensasi suhu, dan diukur pada temperatur standard 20°C

Diasumsikan besaran α yang berlaku (α dan λ diabaikan).

Pertanyaan :

- a) Apakah poros tersebut masuk toleransi pada suhu 20°C ?
- b) Berapakah ukuran “diameter ideal” poros dari proses permesinan (selesai dibubut pada 32°C)?

Jawab :

Diketahui :

poros baja $\alpha_1 = 32^\circ\text{C}$ $\alpha_2 = 20^\circ\text{C}$ $\Delta\alpha = -12^\circ\text{C}$ $\alpha = 12 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$

$\alpha_1 = 40 - h_6 = 40^{+0}_{-0.016}$ $\alpha_2 = 40.018$ mm

$\alpha = \alpha_1 \cdot \alpha_2 = \alpha_2 \times \Delta\alpha \times \alpha = 40.018 \times (-12) \times 12 \times 10^{-6} = 0.00576$ mm

Maka

$$\phi_3 = \phi_2 - \phi =$$

$$39.992 - 40 = -0.008 \text{ mm}$$

Diameter ideal= diameter dengan toleransi tengah

$$= 40 - 0.008 = 39.992 \text{ mm}$$

$$\phi = \phi \times \Delta \times \phi = \phi \times (-12) \times 12 \times 10^{-6}$$

$$\phi - \phi = 39992 \text{ mm} \quad \phi = \phi - 39992 \text{ mm}$$

Kedua rumus digabung menjadi $\phi - 0.000144 = 39992$ sehingga $\phi = 39.9978 \text{ mm}$

Jadi besarnya diameter poros selesai di proses mesin bubut pada suhu 32°C adalah **Ø39.9978 mm**.

- 2 Suatu poros alumunium dibuat dengan ukuran Ø30 mm, dengan toleransi +0.004 ; +0.010. Pasangannya adalah lubang dengan diameter sama memiliki toleransi -0,010 ; -0,016. Suhu ruang saat itu 26°C. Berapakah suhu minimal lubang ideal, sehingga porosnya pada ukuran ideal dapat dimasukkan kedalamnya? (selisih poros – lubang agar bisa masuk = 0.005 mm)

Jawab :

Diketahui: poros alumunium $\phi_1 = 26^\circ\text{C}$ $\phi_2 = ??^\circ\text{C}$

$$\phi = 30^{+0.004}_{+0.01} \quad \phi = 30.007 \text{ mm} (\phi \text{ maksimum maksimum})$$

$$\phi = 30^{-0.010}_{-0.016} \quad \phi = 29.987 \text{ mm} (\phi \text{ minimum minimum})$$

Dari persamaan $\phi = \phi \cdot \Delta \cdot \phi$ maka didapatkan persamaan

$$\Delta \phi = \frac{\phi}{\phi} = \frac{0.0025}{29987 \times 0.000024}$$

$$\Delta \phi = 0.000034^\circ\text{C}$$

Jadi suhu minimal lubang = $26^{\circ}\text{C} + 34.737^{\circ}\text{C} = 60.737^{\circ}\text{C}$

3. Dua batang material yang berbeda mempunyai diameter dan panjang yang sama yaitu : 40mm dan 200mm, dari temperatur 25°C dinaikkan menjadi 40°C . Ternyata panjang batang pertama = 200,0258 mm dan panjang batang kedua = 200,012 mm. dari α yang didapat, apakah jenis material 1 dan 2?

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$$

$$\Delta L_1 = 0.0258 \text{ mm}$$

$$\Delta L_2 = 0.012 \text{ mm}$$

$$L_1 = 200 \text{ mm}$$

$$L_2 = 200 \text{ mm}$$

$$\Delta T_1 = 15^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_2 = 15^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha_1 = \frac{\Delta L_1}{L_1 \cdot \Delta T_1} = \frac{0.0258}{200 \times 15} = 0.0000086 = 8.6 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$$

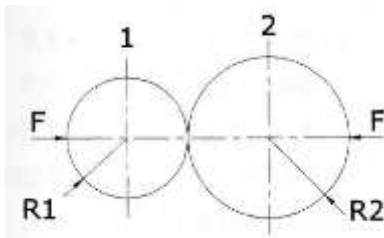
Berdasarkan tabel material jenis material 1 adalah **Titanium**

$$\alpha_2 = \frac{\Delta L_2}{L_2 \cdot \Delta T_2} = \frac{0.012}{200 \times 15} = 0.000004 = 4 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$$

Berdasarkan tabel material jenis material 2 adalah **Porcelain**

Local Flattening

Teori Hertzian :



$$\alpha = \frac{\alpha_1 \cdot \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}$$

$$\alpha_2 = \infty \rightarrow \alpha = \alpha_1$$

$$\alpha = 2 \frac{\alpha_1 \cdot \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}$$

	$\alpha_1 \approx \alpha_2$	$\alpha \approx 0.3$
Flattening	$\alpha = 1310^3 \frac{\alpha^2}{(1 - \sqrt{\alpha^2})^2}$	$\alpha = 1231^3 \frac{\alpha^2}{\sqrt{\alpha^2}}$

ν = Poisson ratio (steel $\nu = 0.3$)

F = contact force (N)

E = Young's modulus (steel = $21 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$)

R = radius (mm), $\rho \approx (\frac{\text{g}}{\text{cm}^3})$

Pemendekan saat posisi vertikal

Berlaku dengan kondisi :

- Material yang homogen
- Memiliki penampang yang sama

$$\Delta L = \frac{L \cdot \lambda}{E}$$









ΔL = Reduksi panjang (mm)

λ = Berat jenis ($\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$)

E = Young's modulus ($\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$)

L = panjang (mm)

Daftar berat jenis (λ) dalam $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

 Emas = 19.5	 Alumunium, tuang = 2.6
 Perak = 10.5	 Baja = 7.8
 Porselen = 2.3	 Besi, tuang = 7.5
 Tembaga = 8.9	 Besi, murni = 7.88

☞ Aluminium = 2.58

☞ Fiber = 1.28

Daftar Young's Modulus / Modulus elastisitet (E)

☞ Kayu = $0.1 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$ = 10000 $\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$

☞ Besi tuang = $1 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$ = 100000 $\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$

☞ Baja = $2.1 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$ = 210000 $\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$

Contoh soal :

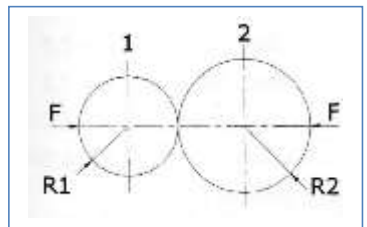
1. Diketahui dua material baja seperti pada gambar dibawah ini, dengan data sebagai berikut hitunglah flattening yang terjadi?

$F_1 = F_2 = 12 \text{ N}$ $\rho = 0.3$
 $R_1 = 20 \text{ mm}$ $R_2 = 12 \text{ mm}$

$$\rho = \frac{2.1 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}}{2.1 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}} = 75 \text{ cm}$$

$$\rho = \frac{2(2 \times 10^5)^2}{2(2.1 \times 10^5)} = 210000 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$\rho = 1231 \sqrt[3]{\frac{12^2}{210000 \times 75}} = 0.000000 \text{ cm}$$



2. Dua buah batang dari baja dan besi tuang dengan Ø80mm dan panjang 220mm hanya bisa diukur pada posisi vertikal. Material manakah yang akan mengalami proses pemendekan (saat pengukuran) yang lebih besar?

Jawab :

Material 1 = baja

$$(L_1 = 78 \text{ mm} / \text{mm}^3 \quad L_2 = 21 \times 10^5 \text{ mm} / \text{mm}^2 \quad L_3 = 220 \text{ mm})$$

Material 2 = besi tuang

$$(L_1 = 75 \text{ mm} / \text{mm}^3 \quad L_2 = 1 \times 10^5 \text{ mm} / \text{mm}^2 \quad L_3 = 220 \text{ mm})$$

$$\Delta L_1 = \frac{L_1 \times L_3 \times \Delta T}{L_2} = \frac{78 \text{ mm} / \text{mm}^3 \times 220^2 \text{ mm}^2}{2 \text{ mm} \times 21 \times 10^5 \text{ mm} / \text{mm}^2} = \frac{0.37035}{420000} = 0.0000008817 \text{ mm}$$

$$\Delta L_2 = \frac{L_1 \times L_3 \times \Delta T}{L_2} = \frac{75 \text{ mm} / \text{mm}^3 \times 220^2 \text{ mm}^2}{2 \text{ mm} \times 1 \times 10^5 \text{ mm} / \text{mm}^2} = \frac{0.356}{200000} = 0.00000178 \text{ mm}$$

Jadi material yang mengalami pemendekkan lebih besar adalah *Besi Tuang*

Orang-orang yang berkecimpung dalam pengukuran harus memperhatikan beberapa hal, diantaranya :

- ✍ Mempunyai pengalaman praktik dengan didasari penguasaan teknik pengukuran
- ✍ Tahu akan kemungkinan letak dari ~~sumbu~~ penyimpangan dan tahu bagaimana cara meminimalisir pengaruhnya terhadap hasil pengukuran
- ✍ Mempunyai dasar pengetahuan yang baik tentang :
 - ✍ Alat ukur
 - ✍ Cara kerja alat ukur
 - ✍ Cara pengukuran
 - ✍ Cara kalibrasi
 - ✍ Cara pemeliharaan alat ukur
- ✍ Mampu menganalisa suatu persoalan pengukuran, menentukan cara pengukuran sesuai tingkat kecermatan yang diminta, memilih alat ukur yang sesuai untuk kemudian dilakukan pengukuran.
- ✍ Sadar hasil pengukurannya adalah sepenuhnya merupakan tanggung jawab.

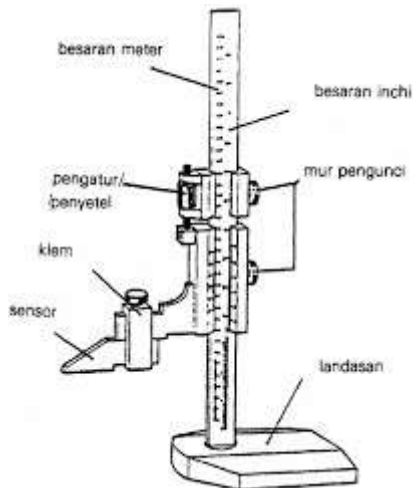
BAB V

ALAT UKUR LINIER LANGSUNG

Yang termasuk kedalam kategori alat ukur linier langsung, adalah :

- ✍ Penggaris (mistar, gulung, roll linen, lipat, dsb)
- ✍ *High gauge* (*vernier*, dial, digimatic, *high precision*, dsb)
- ✍ Jangka sorong / caliper (*vernier*, dial, depth)
- ✍ Micrometer (*outside*, *inside*, depth, wide, dsb)







5.1. Height Gages



Gambar Vernier Heigh Gages

Digunakan untuk mengukur ketinggian, dengan rahang ukur bergerak vertikal pada batang berskala yang tegak lurus dengan landasan. Pada manufaktur Heigh Gages digunakan untuk beberapa hal, diantaranya :

- ✍ Mengukur tinggi

-  Membuat garis gores (marking)
-  Mengukur kedalaman
-  Alat ukur pembanding (dengan bantuan alat lain misalnya : dial indicator)
-  Mengukur kemiringan (+ bevel protactor)
-  Mengukur jarak antara 2 lubang
-  Mengukur step / celah

Pada pemakaiannya *height gages* biasanya diletakkan pada *surface plate* yang merupakan satu-satunya alat ukur bantu yang harus dipakai.

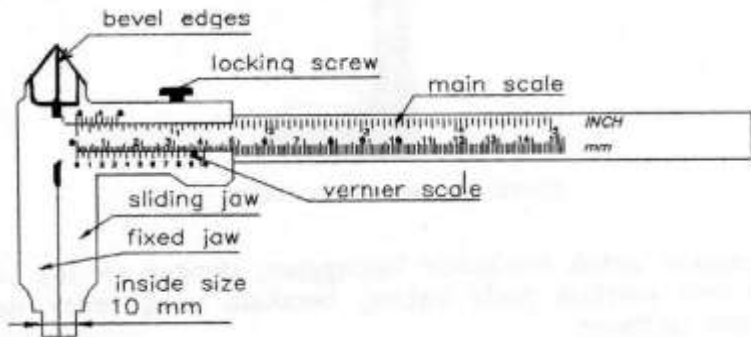
Kualitas *surface plate* setiap panjang 100mm

Kualitas	00	0	1	2	3
Toleransi (□□)	2	4	11	22	44

5.2. Caliper (Jangka Sorong)

Caliper merupakan alat ukur yang paling sering digunakan dalam bengkel mesin dikarenakan secara fungsional dan penggunaannya paling sesuai serta memenuhi tuntutan ketelitian.

Bagian-bagian dari caliper :



Dari skala pengukurannya, caliper dibedakan menjadi beberapa jenis antara lain :

- ♣ Vernier caliper (skala garis)
- ♣ Dial caliper (penunjuk jarum)
- ♣ Digimatic caliper (digital)

Dari ketelitiannya, caliper dibedakan menjadi beberapa jenis :

- ❖ High accuracy caliper (ketelitian $\leq 0.02\text{mm}$)
- ❖ Average accuracy caliper ($0.02\text{ mm} > A \geq 0.05\text{ mm}$)
- ❖ Low accuracy caliper (ketelitian $> 0.05\text{ mm}$)

Dari bentuk rahangnya, caliper dibedakan menjadi :

- Standard jaws caliper
- Long jaw caliper (menjangkau lebih dalam)
- Nib style jaws caliper (khusus pengukuran \emptyset dalam)
- Point jaws caliper (ujung berupa titik arah \leftrightarrow atau \updownarrow)
- Blade type caliper (pengukuran groove sempit)
- Hook type caliper (menjangkau groove yang menjorok)

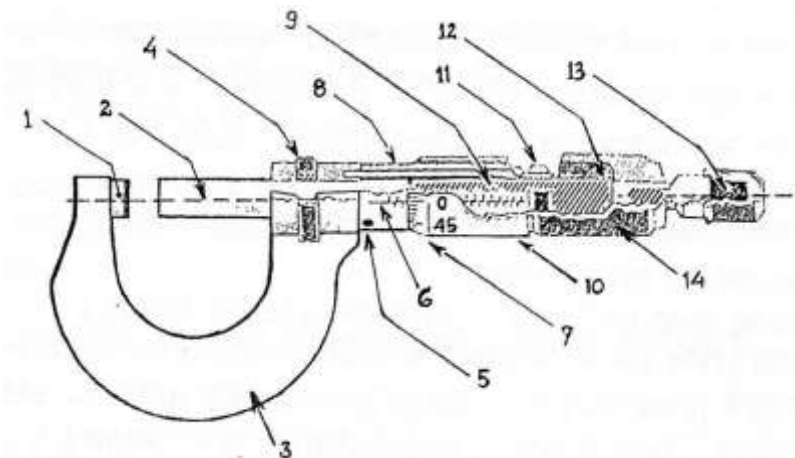
- Inside groove caliper (mengukur slot dalam)
- Back jaws centreline caliper (khusus pengukur PCD)
- Scribing jaws caliper (bisa memarking benda kerja)
- Interchangeable jaws caliper (penggunaan universal)

Untuk pembacaan skala utama dan skala vernier caliper, bisa dilihat pada kolom lampiran buku ini beserta pelatihan pembacaan alat ukur.

5.3. *Micrometer*

Micrometer merupakan suatu alat ukur langsung yang menggunakan sistem ulir halus (dengan **pitch** 0.5 mm / 0.025 mm) pada *spindle* utamanya sebagai referensi pengukuran.




Contoh micrometer :






Bagian utama dari micrometer, adalah :

- | | |
|--------------------|----------------------|
| 1. Fixed anvil | 8. Sleeve |
| 2. Moving anvil | 9. Lead screw |
| 3. Frame | 10. thimble |
| 4. Lock nut | 11. Adjustment nut |
| 5. Adjustment zero | 12. Taper nut |
| 6. Main scale | 13. Ratchet stop |
| 7. Vernier scale | 14. Friction thimble |

Dari skala pengukurannya, micrometer dibedakan menjadi :

-  Standard micrometer
-  Mechanical counter micrometer
-  Digimatic micrometer (digital)

Menurut penggunaannya, micrometer dibedakan menjadi :

-  Outside micrometer
-  Inside micrometer
-  Micrometer heads (depth)

Dari bentuk anvil-nya, micrometer dibedakan menjadi :

- Standard anvil micrometer
- Point micrometer (ujung berupa titik arah ↔ atau ↑)
- Tube micrometer (anvil berbentuk ½ bola atau cylindrical tegak)
- Blade micrometer (khusus pengukuran groove dan shaft)
- V-anvil micrometer (pengukuran flut ganjil)
- Disk micrometer (pengukuran kaki roda gigi)
- Sheet metal micrometers (khusus mengukur ketebalan plat, plastik, kertas, komponen karet, dll)
- Universal micrometer (interchangeable anvil type)

Selain itu ada beberapa special micrometer, contohnya :

- ♣ Can seam micrometer (untuk mengukur ujung karet)
- ♣ Wire micrometer (untuk mengukur diameter kawat)
- ♣ Low force micrometer (untuk mengukur benda elastis)
- ♣ Limit micrometer (dobel micro sebagai GO & NO GO)
- ♣ Dust / water protection micrometer (micrometer anti debu dan air)

Untuk pembacaan skala utama dan skala vernier micrometer, bisa dilihat pada kolom lampiran buku ini beserta pelatihan pembacaan alat ukur.

BAB VI ALAT UKUR LINIER TAK LANGSUNG

Dalam manufaktur pengukuran menggunakan alat ukur linier tak langsung sering dilakukan terutama dalam proses permesinan, hal ini dilakukan dalam kaitannya dengan pengecekan pada pekerjaan masal, ataupun proses setting benda kerja pada mesin. Yang termasuk alat ukur linier tak langsung akan dijabarkan sebagai berikut :

1. **GAUGES BLOCK**



Gambar master block gauge set grade 0

Block gauge merupakan suatu alat ukur standard yang dibuat sangat halus kedua permukaannya, rata, sejajar dan mempunyai jarak / ukuran tertentu. Dibuat dari bahan baja karbon tinggi, baja paduan, karbida logam atau keramik yang memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Tahan aus, kekerasan harus tinggi (65 HRC)

- Tahan korosi dan kestabilan dimensi yang baik
- Koefisien muai \approx baja komponen mesin ($12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$)

Satu set *block gauge* di-standarisasi ukuran dan jumlahnya menjadi beberapa kategori, yaitu : 27, 33, 50, 87, 105 dan 112 pcs. Dibawah ini adalah tabel ukuran satu set *block gauge* dengan jumlah 112 pc

Selang (jarak antara)	Kenaikan (step dalam mm)	Jumlah block
1.01 – 1.009	0.001	9 pcs
1.01 – 1.49	0.01	49 pcs
0.5 – 24.5	0.5	49 pcs
25 – 100	25	4 pcs
1.0005	-----	1 pcs
Jumlah total		112 pcs

Masing-masing set ukur dibuat menurut kualitas dengan toleransi ISO, yang terdiri dari kelas (grade) 00, kelas 0, kelas 1, kelas 2 dan kelas 3. Dengan pembagian menurut kelas, maka block gauge digunakan sebagai ukuran standard sesuai dengan tingkat kecermatan pengukuran seperti dibawah ini :



Contoh block gauge

Kelas <i>Block Gauge</i>	Pemeriksaan	Digunakan sebagai ukuran standard
Kelas 3	Komparator, dibandingkan dengan kelas 1	Bagian produksi
Kelas 2	Komparator peka, dibandingkan dengan kelas 0	Kamar alat (too room) bagian produksi
Kelas 1	Komparator peka, dibandingkan dengan kelas 0	Kamar alat atau lab metrologi
Kelas 0 (master gauge)	Komparator peka dibandingkan kelas 1	Laboratorium metrologi industri

Kelas 00 (standard nasional)	interferometer	Laboratorium metrologi industri nasional
---------------------------------	----------------	--

Block gauge seharusnya digunakan dalam ruangan yang bersih dan harus dikontrol kondisi ruangnya (temperatur 20°C dan kelembaban 50-60% RH). Karena merupakan alat ukur standard, maka penggunaannya dan penanganannya harus diperhatikan, diantaranya :

- Pengambilan harus hati-hati dan diletakkan pada lap yang kering, bersih dan tidak meninggalkan serat
- Vaseline / oli yang menutupi dibersihkan dengan bensin / alkohol dan dikeringkan dengan lap lembut. Peletakkan block diatas alas bersih dengan muka ukur menghadap ke samping. Muka ukur jangan tersentuh atau berpegang pada sisi yang lain.
- Cara menyatukan *block* dengan meletakkan salah satu menyilang 90° terhadap yang lain dan dengan penekanan yang cukup salah satu diputar hingga sejajar. Cara penyatuan ini lebih baik daripada cara penyatuan yang dimulai dari ujung kemudian menggeserkan sampai berimpit karena gesekan yang terjadi lebih banyak.
- *Block* tipis jangan disatukan dengan *block* tipis yang lain, sebab akan menyebabkan melengkung pada permukaan. Lengkungan kecil sekalipun akan dapat menghilangkan sifat lekat. Apabila dua *block* tipis terpaksa disatukan, penyatuan dilakukan dengan cara menggeser. Pada penyusunan, sebaiknya *block* tipis diletakkan di tengah. Gunakan *block* pelindung pada kedua ujungnya bila perlu untuk mencegah keausan pada muka ukurnya.

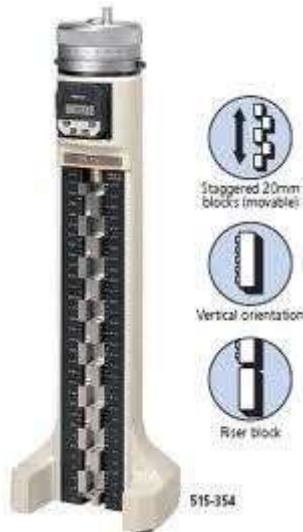
- *Block* yang dipegang terlalu lama memiliki temperatur yang lebih tinggi dari alat ukur dan objek lainnya. Meski kecil, pemuaian dapat mengakibatkan kesalahan pengukuran.
- Pada waktu pengukuran dilakukan, muka ukur harus dijaga dengan hati-hati dan hindari gesekan dan benturan yang berlebihan.
- *Block* tidak boleh melekat dalam waktu yang lama. Pisahkan susunan dengan cara menggeser satu persatu dengan cara **mematahkan**
- Setelah selesai pemakaian, *block* harus disimpan kembali ke dalam kotaknya dengan sebelumnya telah dibersihkan dan dilapisi cairan pelumas khusus untuk mencegah karat ataupun deformasi karena kelembaban.

GAUGE BLOCK TOLERANCE

Range of nominal length (mm)		Tolerance and permissible variations (□□)							
		Grade 00		Grade 0		Grade 1		Grade 2	
over	Up to and including	Tolerance on nominal length at any points	Permissible variation in length	Tolerances on nominal length at any points	Permissible variation in length	Tolerances on nominal length at any points	Permissible variation in length	Tolerances on nominal length at any points	Permissible variation in length
-	10	± 0.06	0.05	± 0.12	0.10	± 0.20	0.16	± 0.45	0.30
10	25	± 0.07	0.05	± 0.14	0.10	± 0.30	0.16	± 0.60	0.30
25	50	± 0.10	0.06	± 0.20	0.10	± 0.40	0.18	± 0.80	0.30
50	75	± 0.12	0.06	± 0.25	0.12	± 0.50	0.18	± 1.00	0.35
75	100	± 0.14	0.07	± 0.30	0.12	± 0.60	0.20	± 1.20	0.35
100	150	± 0.20	0.08	± 0.40	0.14	± 0.80	0.20	± 1.60	0.40
150	200	± 0.25	0.09	± 0.50	0.16	± 1.00	0.25	± 2.00	0.40
200	250	± 0.30	0.10	± 0.60	0.16	± 1.20	0.25	± 2.40	0.45
250	300	± 0.35	0.10	± 0.70	0.18	± 1.40	0.25	± 2.80	0.50
300	400	± 0.45	0.12	± 0.90	0.20	± 1.80	0.30	± 3.60	0.50
400	500	± 0.50	0.14	± 1.10	0.25	± 2.20	0.35	± 4.40	0.60
500	600	± 0.60	0.16	± 1.30	0.25	± 2.60	0.40	± 5.00	0.70

600	700	± 0.70	0.18	± 1.50	0.30	± 3.00	0.45	± 6.00	0.70
700	800	± 0.80	0.20	± 1.70	0.30	± 3.40	0.50	± 6.50	0.80
800	900	± 0.90	0.20	± 1.90	0.35	± 3.80	0.50	± 7.50	0.90
900	1000	± 1.00	0.25	± 2.00	0.40	± 4.20	0.60	± 8.0	1.00

2. HEIGHT MASTER



Gambar Universal Height Master

Height master merupakan alat ukur standard yang merupakan gabungan dari susunan block ukur dan mikrometer, sehingga diperoleh jarak yang selalu tetap dan dapat diatur melalui suatu mikrometer peka yang terletak di atasnya. Dalam pemakaian biasanya *height master* menggunakan alat ukur pembanding dan diletakkan di atas surface plate

3. PUPITAS / INSIDE DIAL



Gambar inside dial

Sejenis dengan *outside dial indicator*, tetapi hanya mempunyai kapasitas ukur 0.8 sampai 3 mm saja, sebab lintasan gerak sensor tidak berupa garis lurus tetapi berupa busur pendek. Posisi jarum peraba dapat diatur dan harus diperhatikan, sebab garis pengukuran harus selalu berimpit dengan garis dimensi obyek ukur atau harus sejajar dengan permukaan ukur. Apabila posisi sensor miring, maka akan terjadi kesalahan cosinus (*cosinus error*).

Tabel kesalahan pupitas akibat sudut yang terjadi antara jarum dial dengan obyek ukur.

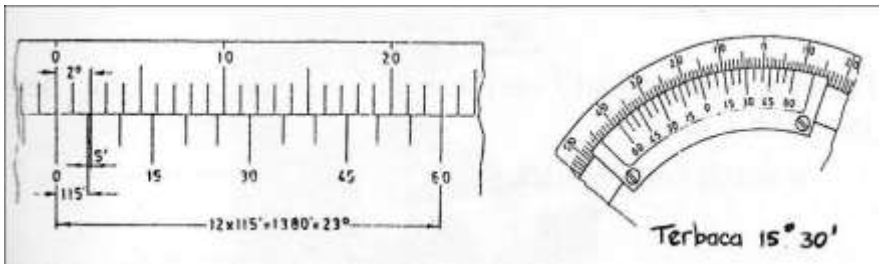
SUDUT (°)	KOREKSI TERHADAP (°)
5°	0.996
10°	0.984
15°	0.966
30°	0.866
45°	0.707
60°	0.500

BAB VII ALAT UKUR LAIN

1. Universal Bevel Protactor

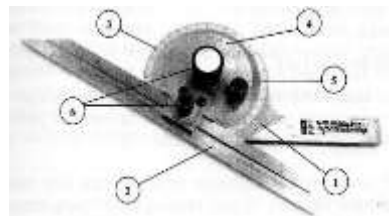
Alat ukur yang digunakan untuk mengukur sudut suatu benda kerja. Pengukuran bisa akurat / presisi dengan adanya skala vernier untuk mencapai ketelitian sampai 5' (menit).

Skala vernier :



Bagian-bagian utama bevel protactor :

- 1 : dudukan tetap
- 2 : dudukan geser
- 3 : skala derajat / utama
- 4 : skala vernier
- 5 : baut pemutar (adjuster)
- 6 : baut pengencang



Pedoman pembacaan sudut pada *bevel protactor* :

☞ Untuk sudut lancip, pembacaan langsung pada skala utama dan skala vernier yang terjadi

☞ Untuk sudut tumpul, berlaku = $180^\circ -$

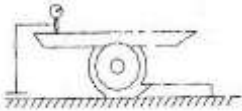
□□□□□□ □□□□□□

Catatan :

Dalam penggunaan *bevel protactor*, selalu dipastikan kontak antara kaki / dudukan *protactor* dengan permukaan benda kerja rapat, serta pastikan dudukan geser bertumpu baik saat dikencangkan.

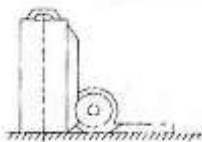
Proses pengecekan / verifikasi untuk bevel protactor dengan jalan sbb:

☞ Untuk keparalelan, posisi :



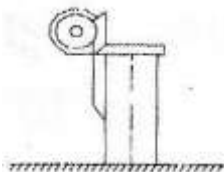
Dengan ketentuan = maksimal 0.25 mm / 200 mm

☞ Untuk sudut 90° luar, posisi :



Dengan ketentuan = maksimal 5 menit (5')

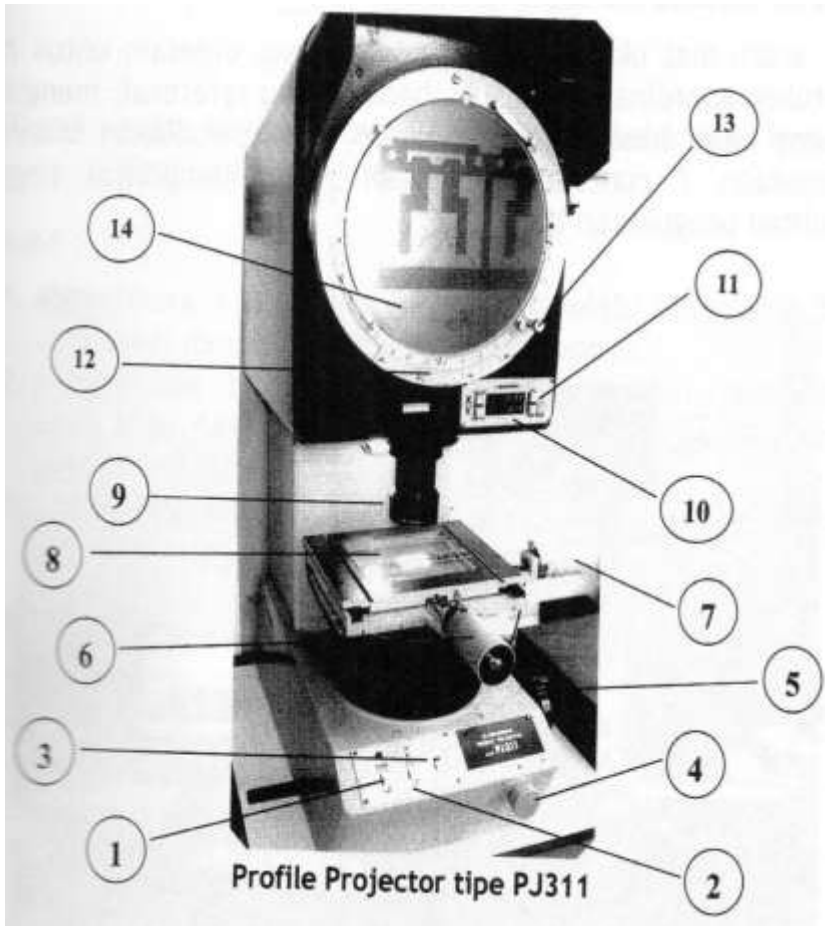
☞ Untuk sudut 90° dalam, posisi :



Dengan ketentuan = maksimal 5 menit (5')

2. Profil Projector

Suatu alat ukur yang berfungsi untuk melihat contour benda kerja dari bayangan yang terbentuk, serta melihat permukaan suatu benda dari pantulan yang terjadi. Dari hasil pantulan dan bayangan tersebut, kita bisa mengukur dimensi dengan bantuan “Digital Reading Scale” yang mempunyai ketelitian 0.02 mm dan resolusinya sampai 0.001 mm atau mengukur sudut dengan skala rotarinya, sampai ketelitian 5 menit (5')



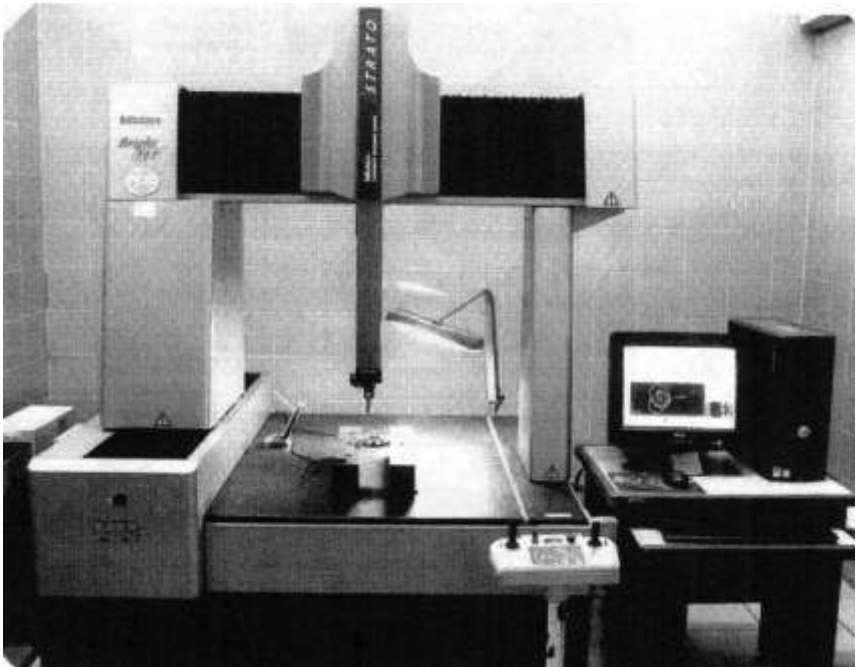
Bagian-bagian profil projector :

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. Saklar utama | 8. Meja landasan dengan kaca transparan |
| 2. Saklar lampu pantulan | 9. Lensa proyeksi |
| 3. Saklar lampu bayangan | 10. Penunjukan skala X & Y |
| 4. Pengatur tampilan layar | 11. Tombol reset skala X Y |

5. Penggerak lensa naik turun
6. Eretan sumbu Y
7. Eretan sumbu X
12. Skala vernier rotari
13. Baut penggerak rotari
14. Layar protaktor

3. Coordinate Measuring Machine (CMM)

Adalah suatu alat ukur berupa mesin yang khusus didesain untuk menentukan koordinat / posisi terhadap suatu referensi, mengukur dimensi atau besaran benda kerja, serta melakukan scanning permukaan / contour / cetakan yang mempunyai tingkat kesulitan pengukuran tinggi.



Gambar mesin cmm

Tingkat resolusi CMM bervariasi mulai dari 0.001mm, 0,0005mm, 0.0001mm, dan 0.00001mm. Sedangkan tingkat akurasinya mulai dari 0.006mm, 0.005mm, 0.004mm, 0.002mm, 0.001mm, 0.6 μ m, dan terendah 0.45 μ m. hal tersebut dipengaruhi oleh kepekaan “probe” yang terpasang serta sistem (manual touch-signal probe, high accuracy scanning probe, QVP vision probe atau laser scanning probe).

4. Refractometer

Adalah alat yang digunakan untuk menentukan konsentrasi suatu larutan pada zat cair. Prinsip kerja alat ini mempunyai kesamaan dengan profil projector hanya yang membedakan adalah objek ukurnya. Pada profil projector objek benda kerja yang diukur adalah benda padat sedangkan pada refractometer object ukurnya berupa larutan (zat cair).

Alat ukur ini biasanya digunakan pada saat pengukuran konsentrasi larutan pada cairan pendingin mesin (cooling) perkakas, supaya dapat menghasilkan efektifitas pendinginan yang maksimal pada saat proses metalworking.

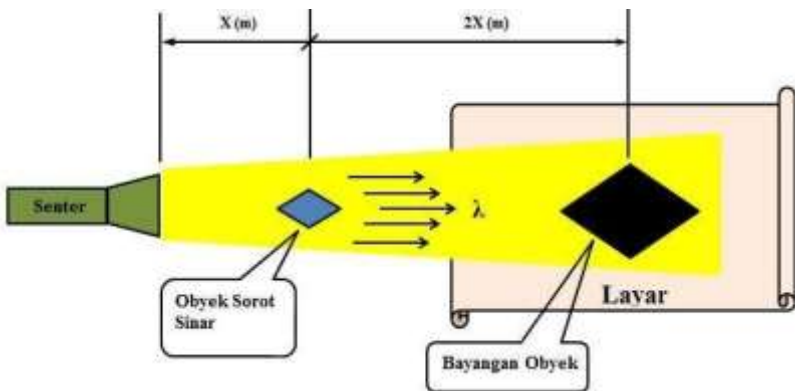


Refractometer

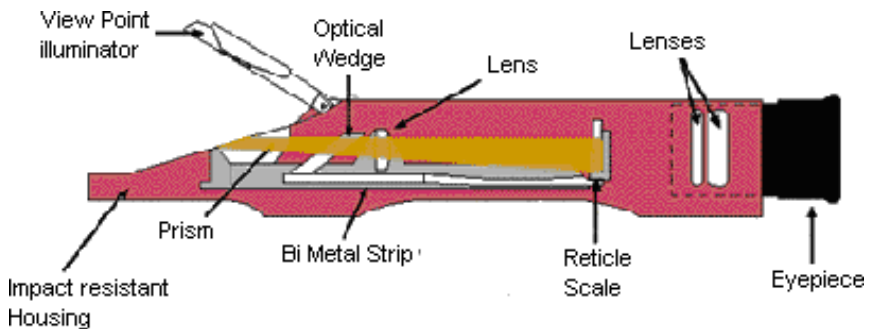
Prinsip kerja refractometer dalam pengukuran konsentrasi larutan antara air dan zat lainnya, yaitu dengan memanfaatkan efek pembiasan cahaya akibat perbedaan panjang gelombangnya (λ). Sebagai catatan refractometer

dapat dipakai secara optimal pada suhu ruang pengukuran adalah 20°C, apabila pengukuran dilakukan diluar suhu tersebut maka pada hasil pengukuran konsentrasi ada kompensasi nilai yang harus dilakukan berdasarkan tabel kompensasi yang telah dikeluarkann oleh pabrikannya masing-masing alat ukur refractometer tersebut.

Simulasi panjang gelombang cahaya dan pembiasan pada larutan



Prinsip kerja refractometer



☞ Cairan pada permukaan prisma (**ingat**: setiap mempunyai panjang gelombang yang berbeda)

dilewati cahaya dan dibelokkan menuju *optical wedge*.

- ☞ Cahaya masuk ke *optical wedge* lalu dibiasakan sesuai dengan panjang gelombangnya
- ☞ Lalu cahaya masuk ke *lens* untuk diubah menjadi sinar monokromatis dan difokuskan di *rectile scale*.
- ☞ *Rectile scale* inilah yang menunjukkan konsentrasi dalam gradasi warna biru dan jernih
- ☞ Sistem ini masih terkoreksi oleh suhu permukaan sehingga beberapa alat tanpa ATC (Automatic Temperature Compensation) perlu koreksi hasil pengukuran.


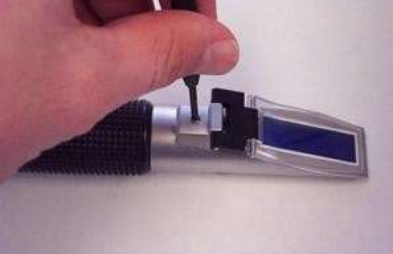
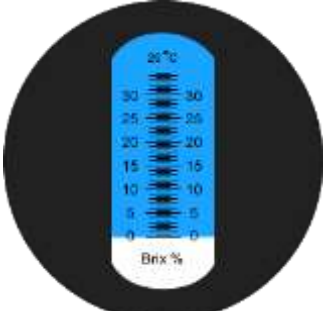
Langkah-langkah pemakaian refractometer



a. Lakukan proses kalibrasi awal dengan cara tetesi area prisma dengan 2-3 tetes air dengan PH netral (aquades). Kemudian tutup cover prisma.



b. Peganglah seperti pada gambar lalu intiplah pada sisi pengelihatan, perhatikan suhu ruang

	<p>pengukuran direkomendasikan pada suhu 20°C</p>
 <p>The image shows a circular view of a refractometer scale. The scale is blue with white markings. The temperature is indicated as 20 °C at the top. The Brix scale ranges from 0 to 30, with major markings every 5 units and minor markings every 1 unit. The reading is 29% Brix.</p>	<p>c. Tampilan skala yang terlihat sebelum adjustment (penyetingan)</p>
 <p>The image shows a hand using a screwdriver to adjust the screw adjustment on the refractometer. The refractometer is shown in a side view, and the hand is turning the screw to adjust the scale.</p>	<p>d. Putarlah screw adjustment sesuai kebutuhan</p>
 <p>The image shows a circular view of a refractometer scale. The scale is blue with white markings. The temperature is indicated as 20 °C at the top. The Brix scale ranges from 0 to 30, with major markings every 5 units and minor markings every 1 unit. The reading is 0% Brix.</p>	<p>e. Adjust skala sampai angka 0 pada skala brix %</p>

	<p>Proses pengukuran :</p> <p>f. Bersihkan aquades kemudian tetesi prisma dengan larutan yang akan diukur</p> <p>g. Contoh skala brix diangka 23% , berarti konsentrasi campuran adalah 23 % pada suhu 20°C</p> <p>h. Apabila suhu ruangan tidak 20°C maka diperlukan koreksi terhadap hasil pengukuran</p>
---	---

Tabel koreksi refractometer



Correction Table Temperature

Room Temperature (°C)	Corection for Brix Scale in Refractometer Measurement		Example	
			# Measurement	#After Corection
< 4	Note Recommended for Measure		# 40%	Can't Corrected
5	8	-2%		# 38%
9	14	-1.50%		# 38.5%
15	17	-1%		# 39%
18	19	-0.50%		# 39.5%
20	30	0%		# 40%
31	35	1%		#41%
36	38	2%		# 42%
38	40	3.50%		# 43.5%
> 40	Note Recommended for Measure			Can't Corrected

Catatan :

Tabel koreksi dikeluarkan oleh setiap masing-masing pabrikan alat ukur yang memproduksi refractometer

Perhitungan penentuan konsentrasi suatu larutan

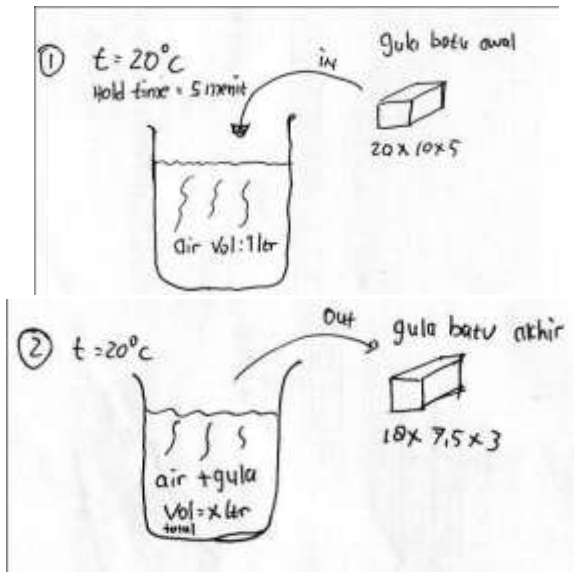
Perhatikan kasus berikut ini untuk lebih memahami tentang konsep konsentrasi pada larutan

Kasus :

Sebuah pengujian konsentrasi larutan dijabarkan urutan pengujian adalah sebagai berikut

- ☞ Gula batu dengan ukuran (20 X 10 X 5) mm dimasukkan kedalam sebuah wadah berisi air 1 liter dengan suhu 20°C dan dibiarkan selama 5 menit (Gb.1)
- ☞ Gulabatu dikeluarkan dari wadah yang berisi air tersebut dan ukuran gula batu tersebut berubah menjadi (18 X 7.5 X 3) mm. larutan (air + gula) dalam wadah menjadi "X" liter dengan suhu 20°C dan konsentrasi menjadi "Y"% (Gb.2)

☞ Larutan akan diukur menggunakan refractometer
 Tentukan nilai X dan nilai Y bila dibaca menggunakan refractometer?



Jawab :

Air

Volume air = 1 lt = 1 dm³

Gula

Volume gula awal = 20x10x5 = 1000 mm³

Volume gula akhir = 18x7,5x3 = 405 mm³

Volume gula larut (vol terlarut) = vol awal – vol akhir
 = 595 mm³ = 5,95x10⁻⁴ dm³
 = 5,95x10⁻⁴ lt

Larutan

Volume Larutan "X" = 1 lt + 5,95x10⁻⁴ lt = **1,000595 lt**

Konsentrasi pada skala brix refractometer

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi "Y"} &= (\text{Vol terlarut} / \text{Vol larutan}) \times 100\% \\ &= (0,000595/1,000595) \times 100\% \\ &= \mathbf{0,0595\%}\end{aligned}$$

Maka bila larutan tersebut diukur menggunakan refractometer maka skala brix yang terbaca adalah **0,0595%**

BAB VIII KALIBRASI

Definisi kalibrasi adalah suatu kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukan alat ukur.

Tujuan utama dari proses kalibrasi adalah :

1. Memelihara kondisi alat ukur agar selalu dalam keadaan siap pakai dan sesuai dengan spesifikasinya
2. Menentukan deviasi dari kebenaran nilai penunjukan alat ukur atau deviasi dimensi nominal yang seharusnya dari suatu benda ukur
3. Untuk menjamin hasil-hasil pengukuran sesuai dengan standar nasional maupun internasional.

Interval kalibrasi ditentukan berdasarkan :

1. Tipe alat
2. Rekomendasi pabrik
3. Data dari laporan sebelumnya
4. Data perawatan
5. Frekuensi dan kualitas penggunaan
6. Kecenderungan untuk menyimpang selama pemakaian (potensi masalah)
7. Formalitas kalibrasi internal
8. Kondisi lingkungan pemakaian (suhu, kelembaban, getaran)
9. Tujuan mencari ketepatan tinggi
10. Salah penanganan → alat ukur menjadi tidak tepat

Metode penyusunan interval kalibrasi :

1. *Automatic or "staircase" adjustment*

Alat dikonfirmasi dengan jadwal rutin yang dapat diperpanjang atau dikurangi sesuai kondisi. Jika rekaman dipelihara dan digunakan, kemungkinan kerusakan, modifikasi atau preventiv maintenance akan terlihat dari data. Kerugian cara ini adalah sulit menjaga pemakaian alat

ukur selalu teratur dan seimbang, dan membutuhkan rencana yang lebih rumit.

2. Control chart

Hasil kalibrasi terhadap waktu dituangkan pada sebuah grafik sehingga sebaran penyimpangan dapat diamati dan dihitung. Metode ini sulit dilakukan karena banyaknya jenis alat. Sebelum perhitungan, pengetahuan akan variasi alat sangat diperlukan. Selain itu, sulit untuk mencapai beban kerja yang seimbang setiap intervalnya.

3. Calender time

Kalibrasi dilakukan berdasarkan kesamaan konstruksi, stabilitas serta interval disusun berdasarkan pengalaman. Dapat dengan mudah diketahui berapa alat yang kembali pada saatnya atau rusak sebelum, atau pada saat kalibrasi dan dapat diketahui jumlah ketidaksesuaiannya. Pada kasus ketidak sesuaian tinggi, interval dapat dikurangi atau beberapa item dapat digabungkan dengan kelompok lain. Atau sebaliknya, jika ketidaksesuaian pada saat kalibrasi rendah, interval kalibrasi dapat dibuat lebih lama.

4. "In-use" time

Metode ini lebih mengutamakan pada jam terbang pada setiap alat. Setiap alat dapat disertai catatan waktu penggunaan dan harus dikalibrasi jika sudah melewati interval yang ditentukan. Tetapi, metode ini mempunyai beberapa kerugian, misalnya :

- Tidak bisa diterapkan pada alat ukur pasif seperti komponen elektronik (resistor, kapasitor, trafo, dll)
- Tidak bisa digunakan pada alat yang kondisinya semakin memburuk ketika dipakai
- Perlu perangkat dan biaya yang tinggi dalam pengadaan pencatat waktu (timer) bagi masing-masing alat.

- Sulit untuk mencapai interval yang teratur, karena selalu dibutuhkan data yang lengkap kapan kalibrasi akan dilaksanakan.

5. In service atau “black box” testing

Merupakan gabungan dari beberapa metode sebelumnya .metode ini dapat menyediakan informasi dan pedoman yang mendekati pada konfirmasi setiap alat ukur. Metode ini merupakan gabungan dari metode 1 dan 2 serta cocok untuk instrumen yang rumit.

Alat ukur dikatakan tidak sesuai apabila :

1. Jika mengalami kerusakan / kecelakaan
2. Bekerja diatas beban yang seharusnya atau salah pemakaian selama beberapa waktu
3. Tidak berfungsi
4. Hasil ukuran meragukan
5. Interval kalibrasi terlewati (kadaluwarsa)
6. Tanda atau ID tidak ada (lepas/hilang)

Sumber – sumber ketidakpastian pada alat ukur :

a. Standard atau acuan

Standard atau acuan sebagai pembanding alat yang dikalibrasi memiliki ketidakpastian sendiri. Umumnya standar yang digunakan telah dikalibrasi sehingga ketidakpastian dapat ditelusuri dari sertifikat kalibrasi.

b. Benda ukur

Besaran ukur merupakan satu karakteristik benda ukur yang ingin diketahui. Tingkat ketelitian penentuan besaran ukur bergantung sekali pada mutu benda ukurnya.

c. Peralatan

Cara pemakaian alat bisa merubah besaran ukur. Misalnya deformasi pada waktu penggunaan alat ukur. Gejala – gejala itu mungkin dapat diukur atau ditaksir sehingga koreksinya dapat diberikan, tetapi sebagian kecil kesalahan tetap saja

tidak bisa ditentukan sehingga menjadi sebuah komponen ketidakpastian hasil pengukuran.

d. Metode

Tidak jarang terdapat lebih dari satu metode untuk mengukur suatu besaran. Metode nol atau metode non kontak disarankan digunakan, jika alat ukur bisa mempengaruhi besaran ukur. Metode menghitung perbedaan yang besar tetapi berdekatan sebaiknya dihindarkan karena kesalahan – kesalahan kecil pada bilangan yang besar akan menjadi besar untuk nilai perbedaan itu.

e. Lingkungan

Lingkungan pengukuran merupakan sumber besaran-besaran berpengaruh paling umum, misalnya pengaruh suhu. Jika suatu besaran ukur berada dalam lingkungan yang berbeda dengan kondisi yang diinginkan menjelang pengukuran, maka diperlukan penyesuaian sebelum pengukuran dimulai.

f. Personil atau pelaku pengukuran

Orang yang melakukan pengukuran jelas bisa menjadi ketidakpastian pengukur. Sumber ini mencakup kesalahan pembacaan skala, pengesetan titik nol, dan juga panas yang dikeluarkan tubuh.

g. Sumber-sumber lain

Sumber ketidakpastian pengukuran lainnya dapat timbul atau disebabkan oleh :

- Definisi besaran ukur yang tidak memadai
- Ketidakpastian dalam nilai standar acuan
- Ketidakpresisian konstanta-konstanta yang digunakan dalam pengukuran
- Pengamatan berulang yang berbeda hasilnya pada kondisi yang kelihatan sama

Hal – hal berikut tidak termasuk dalam sumber ketidakpastian pengukuran, yaitu :

- Kesalahan pemakaian alat ukur
- Kesalahan program komputer
- Kesalahan pemindahan data
- Kesalahan karena kecerobohan

Berikut beberapa acuan standard Instruksi Kerja (IK) kalibrasi alat ukur berdasarkan standard DIN (Deutsches Institut für Normung), diantaranya :

A. KALIBRASI OUTSIDE MICROMETER

I. Referensi standar

DIN 863 – 1983 part 1 : micrometers, standard design micrometer calliper for external measurement

II. Ruang lingkup

Instruksi kerja kalibrasi ini digunakan untuk mengkalibrasi outside micrometer dengan rentang ukur 0 – 300 mm, range 25mm

III. Peralatan, alat bantu dan bahan

- Gauge block kelas 0 (kalibrator)
- Caliper checker



- Dudukan mikrometer
- Kunci-kunci penyetel

- Alkohol / wash bensin
- Sarung tangan
- Kapas atau tissue halus
- Optical flat & optical parallel
- Chamois (lap pembersih)
- Thermometer
- Alat pengukur kelembaban udara

IV. *Prosedur kalibrasi*

1. Persiapan

- a) Bersihkan alat ukur dan block gauge dari kotoran atau debu dengan menggunakan cairan alkohol / wash bensin, kemudian di lap dengan kulit (chamois)
- b) Alat ukur dikondisikan didalam ruang kalibrasi minimal 30 menit ($20^{\circ} \pm 1^{\circ}C$, $50 - 60\%$)
- c) Isi data atau formulir administrasi yang terstandarkan oleh institusi menurut ISO 9001

2. Penujian kerataan

- a) Micrometer disetel nol
- b) Letakkan micrometer dengan posisi yang sempurna pada dudukan
- c) Letakkan optical flat tepat dipermukaan ukur dengan hati-hati
- d) Perhatikan permukaan ukur dengan mengamati dari bagian-bagian atas optical flat
- e) Perhatikan jumlah frinji yang terlihat diantara permukaan ukur dengan optical flat
- f) Lakukan point c, d dan e untuk permukaan kedua
- g) Catat hasil pengamatan dalam lembar kerja, jumlah frinji standard 4 buah

3. Penujian keparalelan

- a) Micrometer di-set nol

- b) Letakkan micrometer dengan posisi yang sempurna pada dudukan
- c) Letakkan paralel optik tepat diantara kedua permukaan ukur dengan hati-hati, atur baut pengencang hingga paralel optik terjepit seperti benda kerja
- d) Perhatikan permukaan ukur dengan mengamati dari bagian atas paralel optik
- e) Perhatikan jumlah frinji yang terlihat antara permukaan ukur dan paralel optik
- f) Ganti paralel optik dengan ukuran yang berbeda sebanyak 4 kali. Untuk micrometer diatas 25 mm, jumlah paralel optik 3 buah.
- g) Catat hasil pengamatan dalam lembar kerja standard, jumlah frinji standard 8 buah.

4. **Kalibrasi**

- a) Atur spindle pada posisi nol atau posisi awal dengan merapatkan kedua permukaan ukur, bila setting awal tidak nol maka gunakan standard micrometer atau gauge block yang sesuai.
- b) Periksa penyimpangan pengukuran pada posisi yang telah ditentukan, misal pada posisi 2.5, 7.7, 12.9, 20.2 dan 25 mm untuk micrometer dengan rentan ukur 0 – 25 mm
- c) Gauge block
 - ☞ Apabila gauge block dengan nilai nominal seperti diatas tidak ada, maka dapat diperoleh dengan cara “wringing”
 - ☞ Untuk mencapai nominal diatas 100 mm, gauge block bisa di “wringing” dengan caliper checker.
 - ☞ Hindarkan gauge block dari sentuhan ~~terang~~ langsung dan benturan dengan benda keras

- d) Kalibrasi dilakukan sampai lima kali untuk tiap posisi
- e) Catat hasil kalibrasi dalam lembar kerja
- f) Kesalahan pergeseran posisi yang direkomendasikan :

$$\Delta = \pm(\Delta + \frac{\Delta}{\Delta})$$

f= toleransi yang diijinkan

A = setting awal micrometer

- g) Jika diperlukan penyetelan dilakukan dengan memperhatikan penyimpangan posisi permukaan ukur minimal dan maksimal. Ulangi langkah a – e untuk mengetahui hasil penyetelan.

5. Kalibrasi

- a) Pembuatan laporan kalibrasi bisa memakai alat bantu komputer
- b) Nomor laporan (Standard DIN)

Nomor laporan dibagi menjadi 3 kolom, pemisah antar kolom diberi tanda garis strip (-). Contoh : 25 – OM - 0901

Kolom I : Nomor alat ukur

Kolom II : Kode alat ukur

Kolom III : bulan dan tahun kalibrasi

Sehingga pada contoh diatas dapat diartikan sebagai berikut :

No alat ukur : 25

Kode alat ukur: OM = Outside Micrometer

Waktu kalibrasi : bulan 9 (september) tahun 01 (2001)

- c) Data administrasi
 - Data administrasi diisi sesuai dengan lembar kerja yang terstandarkan oleh institusi (Versi ISO 9001)

- Kolom **tanggal kalibrasi** dan **tanggal kalibrasi ulang** diisi sesuai **Daftar Induk Alat Ukur**

d) Data kalibrasi

Masukan data kalibrasi sesuai dengan kolom yang telah tersedia

e) Laporan kalibrasi disimpan oleh unit kerja Lab Metrologi

6. **Sticker**

- Tulis data yang diperlukan berdasarkan laporan kalibrasi
- Tempelkan pada bagian alat ukur yang sesuai

7. **Ekspedisi**

Alat ukur yang diserahkan kepada departemen pemilik, dicatat kedalam lembar ekspedisi yang telah distandardkan.

B. KALIBRASI CALIPER

I. ***Referensi standar***

DIN 862 – 1988 : Vernier Caliper

II. ***Ruang lingkup***

Instruksi kerja ini digunakan untuk mengkalibrasi vernier calliper dengan rentang ukur 0 – 300 mm

III. ***Peralatan, alat bantu dan bahan***

- Caliper checker, rentang ukur 10 – 300 mm
- Block gauge kelas 0
- Depth micro checker
- Optical flat
- Alkohol / wash bensin
- Kapas atau tissue halus
- Chamois (lap pembersih)
- Thermometer
- Alat pengukur kelembababn udara



IV. *Prosedur kalibrasi*

1. *Persiapan*

- a) Bersihkan alat ukur dan kalibrator dari kotoran atau debu dengan cairan alkohol / wash bensin dengan kapas, kemudian lap dengan lap kulit (chamois).
- b) Alat ukur dikondisikan di dalam ruang kalibrasi minimal 30 menit ($20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, □□□□□□□□□□ 50 – 65%)
- c) Isi data atau formulir administrasi yang terstandarkan oleh institusi menurut ISO 9001

2. *Pengujian kerataan dan keparalelan permukaan ukur*

- a) Periksa kerataan muka ukur vernier caliper secara visual atau menggunakan alat pengukur kerataan
- b) Periksa keparalelan muka ukur secara visual dengan merapatkan kedua permukaan ukur, bila ada cahaya yang bisa dilewati selah kedua permukaan maka keparalelan permukaan ukur sudah tidak baik

3. *Kalibrasi pengukuran luar dan pengukuran dalam*

- a) Pengukuran IN
 - Pengukuran biasanya dilakukan setiap 0.1 pada skala dial indicator (tergantung panjang langkah dan graduation)
 - Selisih ukuran / penyimpangan index – disc kalibrator dicatat pada lembar yang telah ditandardkan. Penulisan angka desimal dibelakang koma sesuai graduation alat ukur
 - Ulangi kedua langkah diatas sesuai rentang ukur.
- b) Pengukuran OUT

Menghilangkan play / spelling : pengukuran IN maksimal, teruskan putaran dan kembalikan lagi ke ukuran IN maksimal. Catat penyimpangan OUT.

- c) Pengukuran repeatability

Lihat penyimpangan maksimal pada ukuran IN. ulangi pengukuran pada nominal tersebut

4. Kalibrasi pengukuran kedalaman

- a) Periksa penyimpangan pengukuran caliper dengan menggunakan depth *micro checker* di “wringing” dengan block gauge
- b) Kalibrasi dilakukan 3 – 5 kali untuk tiap posisi
- c) Catat hasil pengukuran pada lembar kerja yang telah distandardkan

5. Laporan

- a) Pembuatan laporan kalibrasi bisa memakai alat bantu komputer
- b) Nomor laporan

Nomor laporan dibagi kedalam 3 kolom, pemisah antar kolom diberi tanda garis strip (-). Contoh : 25 - CD - 0901.

Kolom I : Nomor alat ukur

Kolom II : Kode alat ukur

Kolom III : bulan dan tahun kalibrasi

Sehingga pada contoh diatas dapat diartikan sebagai berikut :

No alat ukur : 25

Kode alat ukur: CD = Caliper Dial

Waktu kalibrasi : bulan 9 (september) tahun 01 (2001)

- c) Data administrasi
 - Data administrasi diisi sesuai dengan lembar kerja yang terstandardkan oleh institusi (Versi ISO 9001)
 - Kolom **tanggal kalibrasi** dan **tanggal kalibrasi ulang** diisi sesuai **Daftar Induk Alat Ukur**
- d) Data kalibrasi
 - Masukan data kalibrasi sesuai dengan kolom yang telah tersedia

- Masukkan data repeatability pada kolom yang tersedia
- e) Laporan kalibrasi disimpan oleh unit kerja Lab Metrologi

5. **Sticker**

- Tulis data yang diperlukan berdasarkan laporan kalibrasi
- Tempelkan pada bagian alat ukur yang sesuai

6. **Ekspedisi**

Alat ukur yang diserahkan kepada departemen pemilik, dicatat kedalam lembar ekspedisi yang telah distandardkan.

C. KALIBRASI OUTSIDE DIAL INDICATOR

I. ***Referensi standar***

DIN 878 – 1983 : Dial Gauge

II. ***Ruang lingkup***

Instruksi kerja ini digunakan untuk mengkalibrasi dial indicator dengan rentang ukur 0 – 25 mm dengan resolusi 0.01 – 0.001 mm

III. ***Peralatan, alat bantu dan bahan***

- Caliper tester for indicator(kalibrator), rentang ukur 0 – 25 mm
- Optical flat
- Alkohol / wash bensin
- Kapas atau tissue halus
- Chamois (lap pembersih)
- Thermometer
- hygrometer



IV. ***Prosedur kalibrasi***

1. ***Persiapan***

- a) Bersihkan kalibrator dari pelumas dan debu. Check kerataan ujung spindel (A) dengan optical flat

- b) Bersihkan alat ukur dari pelumas dan debu. Check apakah alat ukur layak dikalibrasi, perlu penyetelan awal atau direparasi terlebih
- c) Kondisi alat ukur di dalam ruang kalibrasi, minimal 30 menit ($20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $50 - 65\%$)
- d) Pemasangan dial indikator :
 - Pasang dial pada dudukan (B)
 - Setel baut pengencang agar kesalahan cosinus tidak terjadi
 - Atur posisi pembacaan dari reference, garis index-disc, dan skala dial indicator dalam satu arah agar kesalahan paralax tidak terjadi

2. Setting

- a) Putar index-disc kalibrator (C) sampai ujung spindle-nya menyentuh dial indicator, teruskan " $\frac{1}{4}$ putaran atau secukupnya " untuk memberi awalan, putar skala dial indicator posisi $\pm "0"$
- b) Settingan nol
 - Kalibrator : kendorkan pengencang disc clamp (D) dan putar index-disc pada posisi "0"
 - Putar kembali index – disc dial indicator dan alat kalibrator sampai pada posisi "0", tepat pada garis reference

3. Kalibrasi

- a) Pengukuran IN
 - Pengukuran biasanya dilakukan setiap 0.1 pada skala dial indicator (tergantung panjang langkah dan graduation)
 - Selisih ukuran / penyimpangan index – disc kalibrator dicatat pada lembar yang telah distandardkan. Penulisan angka desimal dibelakang koma sesuai graduation alat ukur

- Ulangi kedua langkah diatas sesuai rentang ukur.

b) Pengukuran OUT

Menghilangkan play / spelling : pengukuran IN maksimal, teruskan putaran dan kembalikan lagi ke ukuran IN maksimal. Catat penyimpangan OUT.

c) Pengukuran repeatability

Lihat penyimpangan maksimal pada ukuran IN. ulangi pengukuran pada nominal tersebut

4. Laporan

- a) Pembuatan laporan kalibrasi bisa memakai alat bantu komputer

b) Nomor laporan

Nomor laporan dibagi kedalam 3 kolom, pemisah antar kolom diberi tanda garis strip (-).Contoh : 25 - OD - 0901.

Kolom I : Nomor alat ukur

Kolom II : Kode alat ukur

Kolom III : bulan dan tahun kalibrasi

Sehingga pada contoh diatas dapat diartikan sebagai berikut :

No alat ukur : 25

Kode alat ukur: OD = Outside Dial

Waktu kalibrasi : bulan 9 (september) tahun 01 (2001)

f) Data administrasi

- Data administrasi diisi sesuai dengan lembar kerja yang terstandarkan oleh institusi (Versi ISO 9001)
- Kolom **tanggal kalibrasi** dan **tanggal kalibrasi ulang** diisi sesuai **Daftar Induk Alat Ukur**

g) Data kalibrasi

- Masukkan data kalibrasi sesuai dengan kolom yang telah tersedia
- Masukkan data repeatability pada kolom yang tersedia

h) Laporan kalibrasi disimpan oleh unit kerja Lab Metrologi

7. Sticker

- Tulis data yang diperlukan berdasarkan laporan kalibrasi
- Tempelkan pada bagian alat ukur yang sesuai

8. Ekspedisi

Alat ukur yang diserahkan kepada departemen pemilik, dicatat kedalam lembar ekspedisi yang telah distandardkan.

BAB IX

KONTROL KUALITAS DENGAN METODA SAMPLING

9.1. PENDAHULUAN

Pengetahuan yang baik dari proses sampling (penarikan sampel) dan tujuan analisis data menghindarkan kekeliruan yang dapat terjadi pada proses manufaktur. Tingkat validitas suatu data analisis tergantung pada cara sampling yang digunakan dalam analisis industri. Sampel harus bersifat mewakili (representative) keseluruhan produk yang akan dianalisis dan harus homogeny. Analisis yang valid harus sudah mengetahui beberapa hal tentang tentang sampling, diantaranya :

- Latar belakang ststistik sampel
- Metode umum sampling
- Pengetahuan tentang cara pemindahan dan enyimpanan sample
- Kecerobohan yang data menyebabkan penyipangan ada samle
- Pemakaian analisis untuk pengolahan data
- Informasi tambahan mengenai sampling

9.1.1. Definisi Metoda Sampling

Sampling bukanlah suatu pengembangan modern tetapi pendahuluan metode statistik dan kontrol kualitas dalam berbagai jenis industri. Dalam teknik sampling perlu dimengerti bahwa sampel adalah bagian terpilih dari materi yang memiliki sifat-sifat yang pada dasarnya sama dengan keseluruhan materi. Suatu unit sampling dapat didefinisikan sebagai besar paket minimum materi yang akan digunakan sebagai sampel. Suatu penambahan dari sampel menyatakan sejumlah tertentu materi yang diambil dari setiap unit sampling. Sedangkan sampel bruto adalah satu

yang dipersiapkan dengan mencampur berbagai penambahan bersama. Suatu subsampel adalah suatu sampel bruto dengan ukuran lebih kecil. Sampel Analisis adalah banyaknya sampel yang diambil untuk dianalisis.

9.2. TEORI SAMPLING

Suatu sampel yang valid harus memiliki semua sifat intensif yang identik dengan keseluruhan materi dari mana dia berasal. Faktor-faktor yang harus diperhatikan terutama adalah variasi yang diperbolehkan dalam sampel, ketepatan metode pengujian dan keadaan dari materi yang digunakan.

Terdapat potensi kekeliruan dalam sampling yang diberi istilah kecerobohan sampling. Sebagai contoh, adalah suatu hal yang ceroboh bila menerima materi sampel untuk dianalisis tanpa suatu pengetahuan tentang latar belakangnya, misal range suhu, penyimpanan, pengaruh kelembaban, dll. Pemilihan random adalah suatu bentuk penyimpangan dalam sampling. Pemisahan ukuran partikel dapat pula menghasilkan kesalahan yang serius.

9.2.1. Teknik Penerapan Sampling

Beberapa teknik sampling terhadap produk bisa didapati dalam 3 jenis zat sampel diantaranya :

❖ Sampel Zat Gas

Gas biasanya dikumpulkan dengan penghisapan, bilas, pemindahan dengan suatu cairan dan diekspansi dalam suatu wadah vakum kemudian dilakukan penelitian spesifikasi sampel tersebut. Sifat fisika dari pengotor (kontaminan) akan mempengaruhi metode penelitian sampel.

❖ ***Sampel Zat Cair***

Sampling suatu cairan murni atau cairan homogen prosedurnya sederhana karena cairan tersebut bersifat homogen, dapat dilihat secara visual, bau, rasa, warna,kekentalan, dll.

❖ ***Sampel Zat Padat***

Sampling suatu padatan menciptakan suatu variable yang tidak dijumpai dalam sampling zat yang lain, yaitu perbedaan ukuran partikel. Maka dari itu sampling pada zat padat lebih mudah dilakukkann karena secara visual sudah terlihat tingkat homogenisasinya, dan pengecekan dengan alat ukur akan lebih mudah dilakukan untuk menentukan data pengukuran terhada sampel zat padat.

9.3. KRITERIA STATISTIK SAMPLING

Secara garis besar skema sampling baru dapat dinyatakan bila rata-rata sampel memberikan sebuah estimasi yang tidak menyimpang/bias dari rata-rata populasi sampel. Sampel juga harus memberikan sebuah estimasi yang tidak menyimpang dari varians populasi. Kedua hal ini dapat diperoleh apabila setiap unit ukuran yang mungkin terpilih menjadi sampel mempunyai kesempatan yang sama untuk mencapai estimasi nilai pusat dan penyebarannya seteliti mungkin dengan prosedur stratifikasi. Faktor penting berikutnya adalah estimasi ukuran sampel yang diperlukan dari materi yang bersifat partikel kasar di setiap zat uji. Untuk materi tersebut, berat sampel diambil secara acak harus makin besar sebanding dengan makin bertambahnya variasi komposisi. Tergantung dari ketelitian analisis yang dikehendaki dan sifat ukuran partikel ujinya. Kriteria utamanya adalah jumlah sampel yang minimal yang dapat diambil sehingga kesalahan samplingnya masih dibawah

batas, sehingga kesalahan analitik dan kesalahan sampling dapat segera teridentifikasi. (lihat contoh soal 1 dan 2)

Suatu prosedur sampling yang acak adalah prosedur dimana masing-masing porsi dari keseluruhan yang diberikan mempunyai kesempatan yang sama agar dapat muncul sebagai sampel. Ada artinya di dalam proses produksi pengambilan sample secara acak dilakukan pada interval unit tertentu, dimana interval unit dibedakan menjadi 2 hal utama yaitu :

❖ **Time Unit Based**

Pengambilan sampel acak pada unit produksi berdasarkan kurun waktu tertentu misalnya pengambilan sampel sejumlah X disetiap interval waktu T tertentu. X dalam pcs dan T dalam menit, melalui penjabaran fungsi diferensial

kecepatan $\frac{dx}{dt}$

❖ **Quantity Unit Based**

Pengambilan sampel acak pada unit produksi berdasarkan kurun waktu tertentu misalnya pengambilan sampel sejumlah X disetiap interval waktu T tertentu. X dalam pcs dan T dalam (menit), melalui penjabaran fungsi integrasi jumlah $\int dx = x + C$

Prosedur sampling dengan *Interval Unit* yang seragam akan memberikan analisis yang lebih valid dan teliti dari pada prosedur acak tanpa *Interval Unit*.

Kesalahan analisis sampling dapat ditekan dengan 2 cara yaitu :

- ***Memperbesar frekuensi sampling.***

Umumnya masing-masing unit analisis secara terpisah dan hasilnya dirata-ratakan. Sebanyak n unit diambil sampling acak dengan Interval Unit yang ditentukan dengan jumlah tertentu di setiap pengambilan sampling acak. Semakin kecil interval Unit maka hasil analisa akan semakin valid, tetapi perlu diketahui semakin kecil Interval Unit yang digunakan maka produktifitas akan semakin menurun.

- ***Memperbanyak Quantity Uji sampling***

Dengan Interval unit tetap namun memperbesar jumlah unit uji sampling maka analisis juga akan semakin valid. Tetapi semakin banyak jumlah unit uji produktifitas akan semakin menurun.

9.4. PENYIMPANGAN / DEVIASI (□)

Pada setiap pengujian sampel yang diambil dari unit produksi akan terdapat penyimpangan pada hasil uji yang disebabkan oleh beberapa hal diantaranya :

- Metode pengujian
- Temperatur dan kelembaban lingkungan
- Material handling
- Ketelitian alat ukur
- Skill matrix eksekutor uji
- dll

Pemberian batas penyimpangan / deviasi ditujukan untuk memberikan batasan wilayah uji kualitas (Range Quality), sehingga dari sampel yang di uji dapat merepresentasikan kondisi kualitas seluruh produk yang dihasilkan dalam proses produksi. Melihat pentingnya pemberian deviasi

standar dalam metode sampling acak suatu produk maka dalam pemberian aturan deviasi standar harus sesuai dengan analisis yang digunakan pada saat pengujian.

Analisis yang digunakan ada sampel kombinasi menggunakan deviasi standar (σ) yang akan digunakan sebagai referensi bagi sampel yang diuji, penentuan deviasi standar (σ) dibedakan menjadi 2 yaitu :

- 1 Pada **sampel kombinasi** dianalisis dengan suatu metode dimana deviasi standar (σ) **sebanding** dengan jumlah variasi hasil pengukuran sampel yang didapatkan, sehingga pengolahan data deviasi dilakukan untuk mendapatkan hasil rata-rata beserta penyimpangannya dengan format ($\bar{x} \pm \Delta x$).

Dimana :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} - \text{rata-rata sampel}$$

$$\Delta x = \frac{h}{\sqrt{2}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

- 2 Pada **sampel tunggal** dianalisis dengan suatu metode dimana deviasi standar (σ) **tidak bergantung** pada jumlah variasi hasil ataupun rata-rata ukuran yang didapat mempunyai nilai yang sama sehingga deviasi yang didapat memiliki nilai 0 (nol), maka untuk deviasi standar (σ) didapatkan dengan rumusan $\sigma = \bar{x}0.4\%$. Untuk hasil rata-rata beserta penyimpangannya dengan format ($\bar{x} \pm \Delta x$).

Dimana :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} - \text{rata-rata sampel}$$

$$\Delta x = \frac{h}{\sqrt{2}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \sigma = \bar{x}0.4\%$$

Menentukan Deviasi Standard untuk sampel kombinasi dan sampel tunggal

Pada sistem sampling kombinasi biasa dilakukan pada produksi skala besar (mass pro) dengan cycle time yang pendek, biasanya metode sampling ini digunakan pada Push System (Sistem Tekan) dimana standard kualitas harus tetap terjaga dengan keterbatasan waktu pengujian yang tidak memungkinkan untuk dilakukan pengujian pada semua produk.

Pada sistem sampling tunggal bisa dilakukan bila terjadi salah satu dari dua kondisi berikut ini :

- i. Jumlah produksi skala besar (mass pro) dengan cycle time yang panjang sehingga hasil yang didapat cukup sedikit yang menyebabkan pengambilan sampel secara tunggal
- ii. Jumlah produksi skala besar (mass pro) dengan cycle time yang pendek tetapi hasil uji sampel yang didapat mempunyai nilai rata-rata \bar{x} yang sama sehingga nilai deviasi nol (0)

Untuk lebih memahami tentang deviasi standard pada sampel kombinasi dan tunggal maka perhatikan contoh kasus berikut ini :

Sebuah perusahaan produk casting aluminium PT.XYZ mempunyai data sbb :

produk	nama produk	brake shoe holder casting
	Dimensi Ukur Utama	holder radius = R 25 Thickness = 20 mm
produksi	kapasitas produksi	1260 pcs include sampel
		Shift 1 = 480 pcs
		Shift 2 = 420 pcs
		Shift 3 = 360 pcs
	jam produksi	21 jam (3shift)
Sampling acak	sample 1% / periode sampling	sampling Shift 1 : 5pcs
		sampling Shift 2 : 5 pcs
		sampling Shift 3 : 4 pcs

Dari kondisi produksi diatas dilakukanlah proses sampling dan didapatkan data sebagai berikut:

Data sampel acak

Shift	No Produk	Hasil Pengukuran Radius	Hasil Pengukuran Thickness
I	1	25	20,1
	2	25	20,2
	3	25	20.13
	4	25	20.15
	5	25	20.7
II	1	25	20.3
	2	25	20.2
	3	25	20.13
	4	25	20.1
	5	25	20.05
III	1	25	20.04
	2	25	20.08
	3	25	20.13
	4	25	20.14

Pengolahan data deviasi

Shift 1

1 Dimensi Ukur Radius

Perhitungan hasil

rata-rata Radius

Produk 1	R25
Produk 2	R25
Produk 3	R25
Produk 4	R25
Produk 5	R25
ΣU	R125

$$\bar{U} = \frac{\Sigma U}{n} = \frac{125}{5} = R25$$

Perhitungan Standard Deviasi Radius

$$\Delta U1 = |\bar{U} - U1| = |25 - 25| = 0$$

$$\Delta U2 = |\bar{U} - U2| = |25 - 25| = 0$$

$$\Delta U3 = |\bar{U} - U3| = |25 - 25| = 0$$

$$\Delta U4 = |\bar{U} - U4| = |25 - 25| = 0$$

$$\Delta U5 = |\bar{U} - U5| = |25 - 25| = 0$$

$\Sigma \Delta U = 0 \rightarrow$ karena deviasi U bernilai 0 maka standard deviasi yang digunakan standard deviasi (ΔU) sampel tunggal yaitu

$$\Delta U = \bar{U} \times 0,4\% = 25 \times 0,4\% = 0,1$$

Maka Deviasi Radius pada shift 1 adalah $(\bar{U} \pm \Delta U) = R(25 \pm 0,1)$

Artinya pada produk yang dihasilkan di shift 1 dalam hal pengukuran radius berada pada area penyimpangan $R(25 \pm 0,1)$ sebanyak 480 pcs berdasarkan sampel acak

2 Dimensi Ukur Thickness

Perhitungan hasil

rata-rata

Produk 1	20.1
Produk 2	20.2
Produk 3	20.13
Produk 4	20.15
Produk 5	20.7
ΣU	101.28

$$\bar{U} = \frac{\Sigma U}{n} = \frac{101,28}{5}$$

$$\bar{U} = 20.256 \text{ mm}$$

Perhitungan Standard Deviasi Thickness

$$\Delta U1 = |\bar{U} - U1| = |20.256 - 20.1| = 0.156$$

$$\Delta U2 = |\bar{U} - U2| = |20.256 - 20.2| = 0.056$$

$$\Delta U3 = |\bar{U} - U3| = |20.256 - 20.13| = 0.126$$

$$\Delta U4 = |\bar{U} - U4| = |20.256 - 20.15| = 0.106$$

$$\Delta U5 = |\bar{U} - U5| = |20.256 - 20.7| = 0.444$$

$$\Sigma \Delta U = 0.888$$

$$\Delta U = \frac{\Sigma \Delta U}{n} = \frac{0,888}{5} = 0.178 \text{ mm}$$

Maka Deviasi Thickness pada shift 1 adalah $(\bar{U} \pm \Delta U) = (20.256 \pm 0.178) \text{ mm}$

Artinya pada produk yang dihasilkan di shift 1 dalam hal pengukuran thickness berada pada area penyimpangan (20.256 ± 0.178) sebanyak 480 pcs berdasarkan sampel acak

Shift 2

1 Dimensi Ukur Radius

Perhitungan hasil

rata-rata Radius

Produk 1	R25
Produk 2	R25
Produk 3	R25
Produk 4	R25
Produk 5	R25
ΣU	R125

$$\bar{U} = \frac{\Sigma U}{n} = \frac{125}{5} = R25$$

Perhitungan Standard Deviasi Radius

$$\Delta U1 = |\bar{U} - U1| = |25 - 25| = 0$$

$$\Delta U2 = |\bar{U} - U2| = |25 - 25| = 0$$

$$\Delta U3 = |\bar{U} - U3| = |25 - 25| = 0$$

$$\Delta U4 = |\bar{U} - U4| = |25 - 25| = 0$$

$$\Delta U5 = |\bar{U} - U5| = |25 - 25| = 0$$

$\Sigma \Delta U = 0 \rightarrow$ karena deviasi U bernilai 0 maka standard deviasi yang digunakan standard deviasi (ΔU) sampel tunggal yaitu

$$\Delta U = \bar{U} \times 0,4\% = 25 \times 0,4\% = 0,1$$

Maka Deviasi Radius pada shift 1 adalah $(\bar{U} \pm \Delta U) = R(25 \pm 0,1)$

Artinya pada produk yang dihasilkan di shift 1 dalam hal pengukuran radius berada pada area penyimpangan $R(25 \pm 0,1)$ sebanyak 420 pcs berdasarkan sampel acak

2 Dimensi Ukur Thickness

Perhitungan hasil

rata-rata

Produk 1	20.3
Produk 2	20.2
Produk 3	20.13
Produk 4	20.1
Produk 5	20.05
ΣU	100.78

$$\bar{U} = \frac{\Sigma U}{n} = \frac{107,78}{5}$$

$$\bar{U} = 20.156 \text{ mm}$$

Perhitungan Standard Deviasi Thickness

$$\Delta U1 = |\bar{U} - U1| = |20.156 - 20.3| = 0.144$$

$$\Delta U2 = |\bar{U} - U2| = |20.156 - 20.2| = 0.044$$

$$\Delta U3 = |\bar{U} - U3| = |20.156 - 20.13| = 0.026$$

$$\Delta U4 = |\bar{U} - U4| = |20.156 - 20.1| = 0.056$$

$$\Delta U5 = |\bar{U} - U5| = |20.156 - 20.05| = 0.106$$

$$\Sigma \Delta U = 0.376$$

$$\Delta U = \frac{\Sigma \Delta U}{n} = \frac{0,376}{5} = 0.075 \text{ mm}$$

Maka Deviasi Thickness pada shift 1 adalah $(\bar{U} \pm \Delta U) = (20.156 \pm 0.075) \text{ mm}$

Artinya pada produk yang dihasilkan di shift 1 dalam hal pengukuran thickness berada pada area penyimpangan (20.156 ± 0.075) sebanyak 420 pcs berdasarkan sampel acak

Shift 3

1 Dimensi Ukur Radius

Perhitungan hasil

rata-rata Radius

Produk 1	R25
Produk 2	R25
Produk 3	R25
Produk 4	R25
ΣU	R100

$$\bar{U} = \frac{\Sigma U}{n} = \frac{100}{4} = R25$$

Perhitungan Standard Deviasi Radius

$$\Delta U1 = |\bar{U} - U1| = |25 - 25| = 0$$

$$\Delta U2 = |\bar{U} - U2| = |25 - 25| = 0$$

$$\Delta U3 = |\bar{U} - U3| = |25 - 25| = 0$$

$$\Delta U4 = |\bar{U} - U4| = |25 - 25| = 0$$

$\Sigma \Delta U = 0$ → karena deviasi U bernilai 0 maka standard deviasi yang digunakan standard deviasi (ΔU) sampel tunggal yaitu

$$\Delta U = \bar{U} \times 0,4\% = 25 \times 0,4\% = 0,1$$

Maka Deviasi Radius pada shift 1 adalah $(\bar{U} \pm \Delta U) = R(25 \pm 0,1)$

Artinya pada produk yang dihasilkan di shift 1 dalam hal pengukuran radius berada pada area penyimpangan $R(25 \pm 0,1)$ sebanyak 360 pcs berdasarkan sampel acak

2 Dimensi Ukur Thickness

Perhitungan hasil

rata-rata

Produk 1	20.04
Produk 2	20.08
Produk 3	20.13
Produk 4	20.14
ΣU	80.39

$$\bar{U} = \frac{\Sigma U}{n} = \frac{80,39}{4}$$

$$\bar{U} = 20.098 \text{ mm}$$

Perhitungan Standard Deviasi Thickness

$$\Delta U1 = |\bar{U} - U1| = |20.098 - 20.04| = 0.058$$

$$\Delta U2 = |\bar{U} - U2| = |20.098 - 20.08| = 0.018$$

$$\Delta U3 = |\bar{U} - U3| = |20.098 - 20.13| = 0.032$$

$$\Delta U4 = |\bar{U} - U4| = |20.098 - 20.14| = 0.042$$

$$\Sigma \Delta U = 0.15$$

$$\Delta U = \frac{\Sigma \Delta U}{n} = \frac{0,15}{4} = 0.037 \text{ mm}$$

Maka Deviasi Thickness pada shift 1 adalah $(\bar{U} \pm \Delta U) = (20.098 \pm 0.037) \text{ mm}$

Artinya pada produk yang dihasilkan di shift 1 dalam hal pengukuran thickness berada pada area penyimpangan (20.098 ± 0.037) sebanyak 360 pcs berdasarkan sampel acak

Kesimpulan

Shift	Jumlah (pcs)			Deviasi Uji Sampel	
	sampel	Produk	Total	Radius	Thickness
I	5	475	480	R (25 ± 0,1)	(20,256 ± 0,178)mm
II	5	415	420		(20,156 ± 0,075)mm
III	4	356	360		(20,098 ± 0,037)mm
Keterangan				Deviasi Tunggal	Deviasi kombinasi

Pada olah data diatas dapat dilihat pada perusahaan PT.XYZ dalam memproduksi **Brake Shoe Holder Casting** dengan jumlah kapasitas produksi 1260 pcs/hari yang dibagi dalam 3 shift, dapat di pastikan memiliki kualitas ukuran yang terjaga penyimpangannya dalam hal ini pengukuran radius dan thickness yang dilakukan secara sampling di setiap shift. Hal ini akan memudahkan perusahaan memberikan jaminan produk layak yang sesuai dengan *Customer Satisfaction*.

Soal Latihan

1. Jika unit cacat pada suatu industry adalah 2% dan suatu sampel acak diambil terhadap 10000unit, berapakah besar unit yang cacat dalam sampel? Hitung Deviasi Standardnya ?
2. Suatu sampel produk material logam mempunyai dimensi ukur utama panjang x lebar x tinggi yaitu (50x30x10) mm dimana toleransi standard kualitas yang digunakan di tiap ukuran adalah $\pm 0,3\text{mm}$. Produksi yang dilakukan selama 21 jam sehari dengan produk yang didapat sebanyak 3780 pcs dengan metode sampel yang digunakan adalah 1% ditiap shift.

Produksi dilakukan dalam 3 shift dengan waktu kerja S1-S2-S3 adalah 8-7-6 jam.

Data sampel yang didapat untuk tiap gelombang sampling adalah :

Dimensi	\bar{x}_1	\bar{x}_2	\bar{x}_3
Panjang	50.04	50.26	50,27
Lebar	29.87	29.9	29.97
Tinggi	9.9	9.76	10.2

Keterangan :

1 adalah nilai rata-rata sampel di shift 1

2 adalah nilai rata-rata sampel di shift 2










3 adalah nilai rata-rata sampel di shift 3


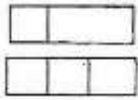
Tentukanlah :

- a. Jumlah sampel (n) di tiap shift ?
- b. Tentukan deviasi standard yang terjadi di tiap ukuran di tiap shift dalam bentuk tabel !
- c. Buat grafik perbandingan produksi antara ukuran standard toleransi dengan deviasi standard sampling di tiap shift !

Lampiran 1

Lambang Tuntutan Pengerjaan + Aplikasinya

	Flatness = Kedataran		Position = posisi referensi
	Straightness = Kelurusan		Symmetry = Kesimetrisan
	Circularity = Kebulatan (Roundness)		Circular Runout = Penyimpangan putar
	Cylindricity = kesilindrisan		Total Runout = penyimpangan putar tertinggi
	Profil of Line = ketepatan bentuk garis		Concentricity = kesentrisan (coaxiality)
	Profil of a Surface = Ketepatan bentuk permukaan		Maximum Material Condition = batas ukur maksimal
	Parallelism = kesejajaran		Surface Finish
	Perpendicularity (Squareness) = Ketegaklurusan		Boxed dimension (Defines true position)

	Angularity = bentuk sudut (kemiringan)		Geometric Symbol Box
---	--	---	-------------------------

Lampiran 2

Perhitungan Ketelitian & Pembacaan Penunjukan Skala

Cara mencari ketelitian suatu alat ukur (vernier caliper) :

- a) Berapa milimeter (dalam satuan) seluruh skala vernier menunjuk pada skala utama
- b) Perbandingan point A (skala utama) dengan jumlah garis skala verniernya
- c) Satu garis skala vernier menunjuk berapa skala utama tersekat (dalam satuan)
- d) Ketelitian => hasil = poin C dikurangi point b.

Contoh soal :

- 1 Ketelitian A. 9 mm Pembacaan
= penunjuk = 24.3 mm

 B. $9 \text{ mm} / 10 =$
 0.9 mm
 C. 1 grs SV → 1
 mm SU
 D. $1 - 0.9 = 0.1$
 mm

- 2 Ketelitian A. 19 mm Pembacaan
= penunjuk = 122.35
 mm

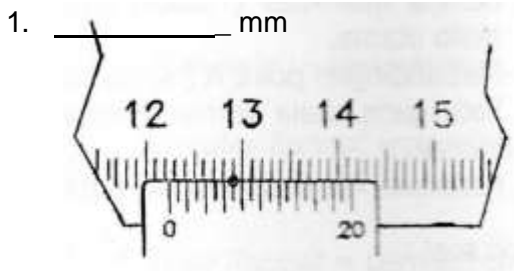
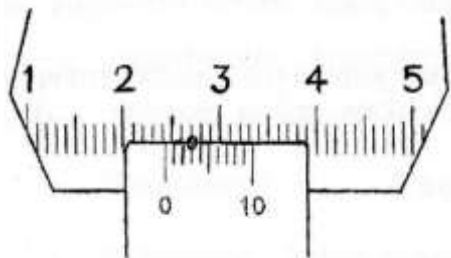
 B. $19 \text{ mm} / 20 =$
 0.95 mm

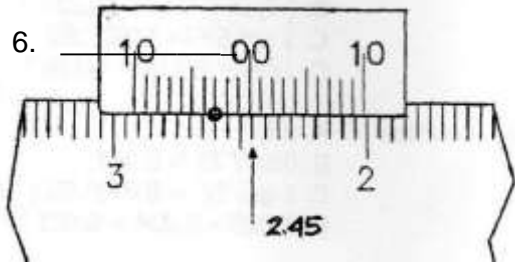
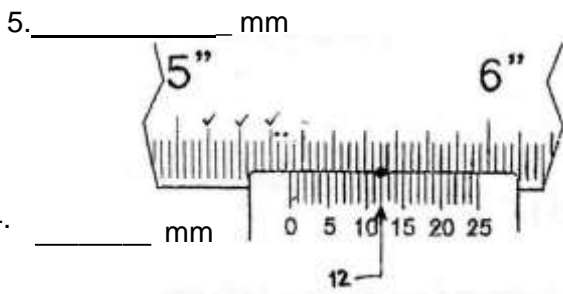
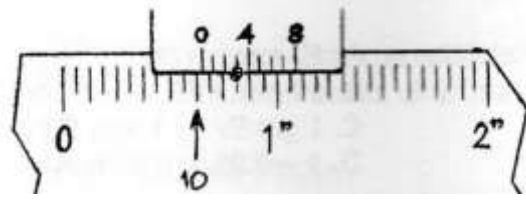
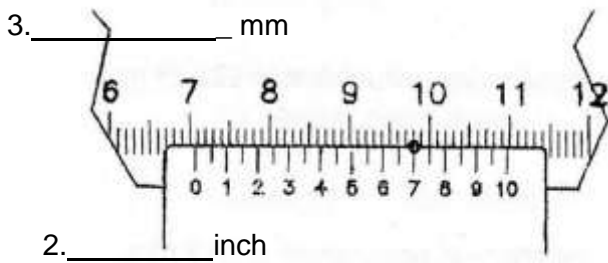
- C. 1 grs SV \rightarrow 1
mm SU
- D. $1 - 0.95 = 0.05$
mm
- 3 Ketelitian = A. 39 mm Pembacaan penunjuk = 70.7 mm
- B. $39 \text{ mm} / 20 = 1.95 \text{ mm}$
- C. 1 grs SV \rightarrow 2
mm SU
- D. $2 - 1.95 = 0.05$
mm
- 4 Ketelitian = A. $7/16$ " Pembacaan penunjuk = $83/128$ "
($10/16 + 3/128$)
- B. $(7/16)'' / 8 = 7/128$ "
- C. 1 grs SV \rightarrow $1/16$ " SU
- D. $1/16 - 7/128 = 1/128$ "
- 5 Ketelitian = A. 0.6 " Pembacaan penunjuk = 5.362 inch
- B. $0.6'' / 25 = 0.024$ " ($5 + 0.3 + 0.05 + 0.012$)
- C. 1 grs SV \rightarrow 0.025 " SU
($1/10/4$)
- D. $0.025 - 0.024 = 0.001$ "

- 6 Ketelitian =
- A. 0.45 mm Pembacaan penunjuk = 2.465 mm
- B. $0.45 \text{ mm} / 10 = 0.045 \text{ mm}$ $(2 + 0.45 + 0.015)$
- C. 1 grs SV
 $\rightarrow 0.05 \text{ mm SU}$
 $(1/20)$
- D. $0.05 - 0.045 = 0.005 \text{ mm}$

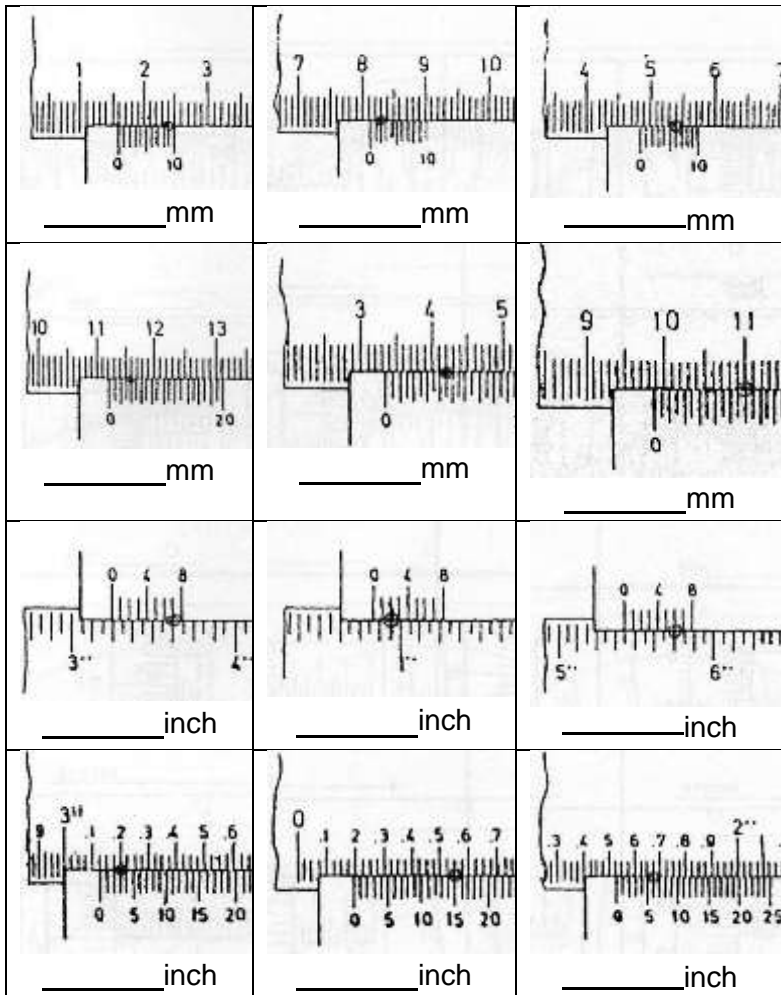
1) Latihan Penghitungan Pembacaan Skala

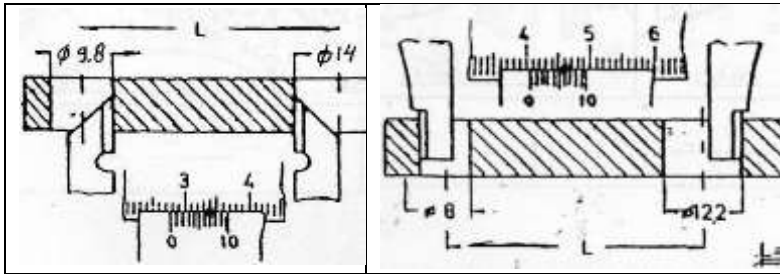
Tentukan nilai pengukuran pada gambar dibawah ini !



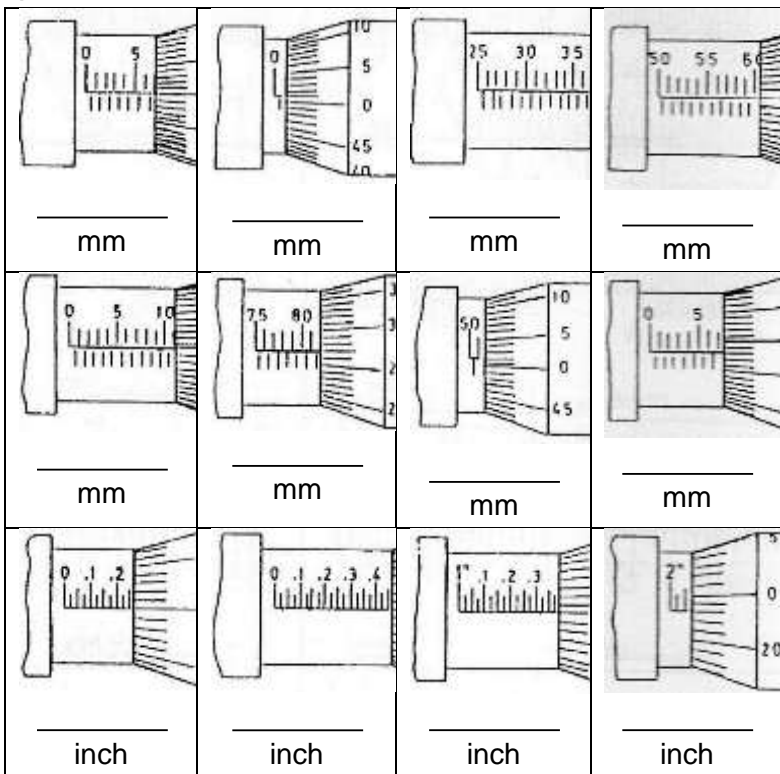


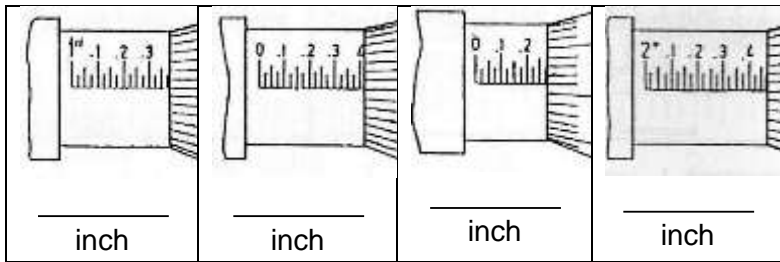
2) Latihan Pembacaan Skala Vernier Caliper



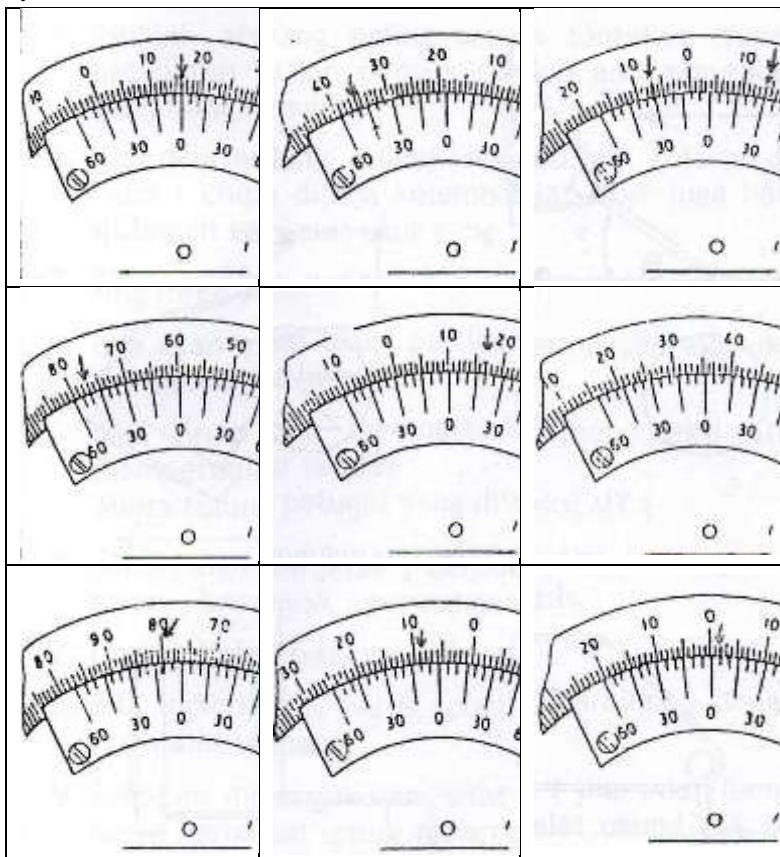


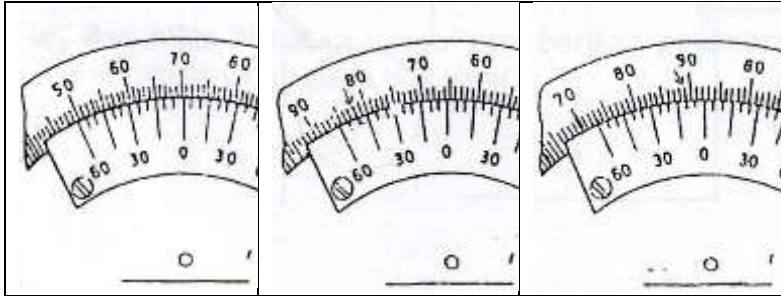
3) Latihan Pembacaan Skala Vernier Micrometer





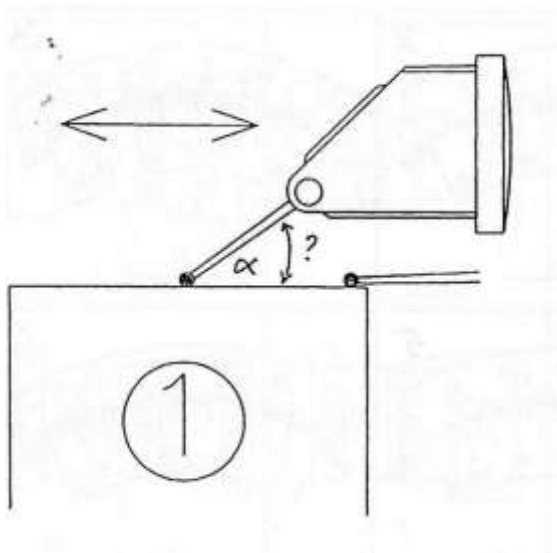
4) Latihan Pembacaan Skala Bevel Protactor

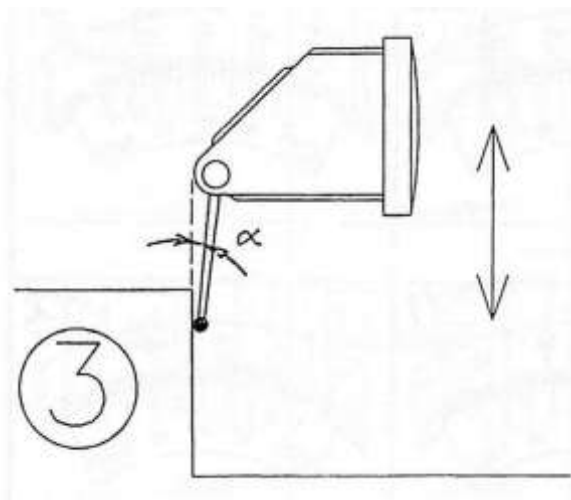
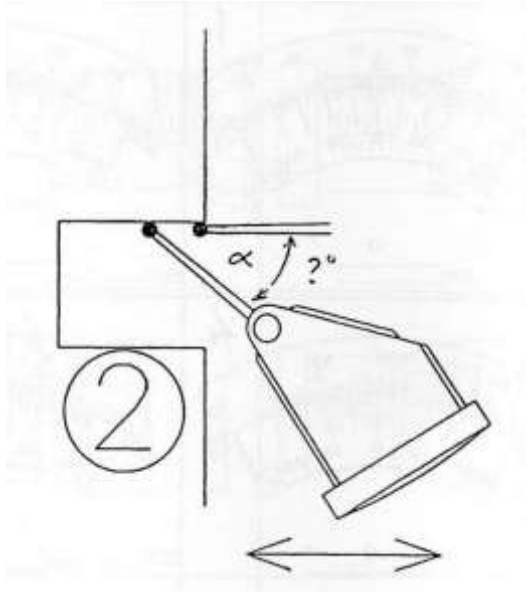


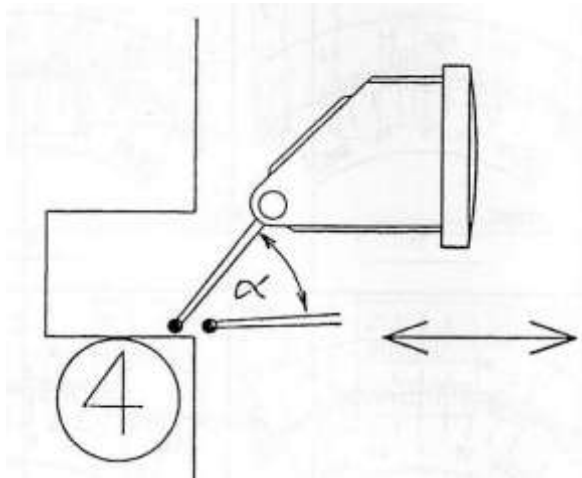


Lampiran 3

Contoh Penggunaan Inside Dial (Pupitas)







Lampiran 4

Aturan Pemakaian Alat Ukur

1. Pilihlah alat ukur yang paling sesuai dengan tuntutan, supaya ketepatan dan ketelitian pengukuran (Precision and accuracy) yang diinginkan terpenuhi
2. Alat ukur harus dilindungi (dibebaskan) dari debu, air, kotoran dan tatal (chips), serta dijaga kelembabannya. Alat ukur juga harus disimpan terpisah dari alat ukur yang lain
3. Selalu memperhatikan penggunaan kekuatan pengukuran (*measuring force*) yang benar.
4. Bila akan memakai alat ukur, pastikan permukaan alat ukur dan benda kerja nyata bersih
5. Jika anda belum bisa memperbaiki, jangan mengoreksi atau memperbaiki alat ukur sendiri. Minta tolonglah pada bagian kalibrasi yang lebih spesialis

6. Jangan melakukan pengukuran pada benda kerja yang bertegangan tinggi, bergerak, berputar, permukaan ukur kotor, panas, basah / berminyak, permukaan rapuh, dsb
7. Lindungi alat ukur dari suhu yang tinggi
8. Bila membaca alat ukur, harus selalu segaris (paralax) dengan skala ukur yang dibaca
9. Sebelum melakukan pengukuran, sifat magnetik (bila ada) benda kerja harus dinetralisir untuk mencegah alat ukur tidak ikut menjadi magnetik
10. Bersihkan alat ukur setelah selesai penggunaan, berikan pelumasan secukupnya lalu simpan pada box yang tersedia

Lampiran 5

Istilah Umum Dalam Metrologi

1. Metrologi adalah ilmu mengenai pengukuran serta hal hal yang berkaitan dengan mengukur
2. Pengukuran adalah proses membandingkan suatu besaran dengan besaran tertentu yang sejenis dan telah ditetapkan serta disebut standard
3. Ketelitian adalah persesuaian antara hasil pengukuran dengan harga sebenarnya
4. Ketepatan (*precision*) adalah kemampuan proses pengukuran untuk menunjukkan hasil yang sama dari pengukuran yang dilakukan berulang – ulang dan identik
5. Penyimpangan (*graduation / deviation*) adalah besaran penyimpangan maksimal yang terjadi dari semua bagian ukur
6. Resolusi / skala terkecil adalah kemampuan penunjukkan skala terkecil dari sebuah alat ukur

7. Kalibrasi adalah suatu kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukkan alat dan bahan ukur
8. Interval waktu kalibrasi adalah jarak / selisih waktu antara satu kalibrasi dengan kalibrasi berikutnya
9. Jenjang kalibrasi adalah tingkatan kalibrasi yang berantai dimulai dari alat ukur yang terendah sampai dengan yang tertinggi ketelitiannya
10. Jaringan kalibrasi adalah himpunan dari unit-unit ukur yang menyelenggarakan kalibrasi dan saling berhubungan satu dengan yang lainnya.

Lampiran 6

Satuan Standard Penghitungan

No	Faktor	Nama Satuan	Simbol
1	10^{18}	Eksa (exa)	E
2	10^{15}	Peta (peta)	P
3	10^{12}	Tera (tera)	T
4	10^9	Giga (giga)	G
5	10^6	Mega (mega)	M
6	10^3	Kilo (kilo)	k
7	10^2	Hekto (hecto)	h
8	10^1	Deka (deca)	da
9	1	Meter (metre)	m
10	10^{-1}	Desi (deci)	d
11	10^{-2}	Senti (centi)	c
12	10^{-3}	Mili (mili)	mm
13	10^{-6}	Mikro (micro)	μ
14	10^{-9}	Nano (nano)	n
15	10^{-12}	Piko (pico)	p

16	10^{-15}	Femto (femto)	f
17	10^{-18}	Ato (ato)	a

Contoh :

1 kg	= 10^3 g	1MW	
	= 10^6 W		
1cm	= 10^{-2} m	1□m	
	= 10^{-6} m		
1mm	= 10^{-3} m	1pm	
	= 10^{-18} m		
12 hm	= 1.2×10^4 mm	460	dm
	= 4.6×10^{-9} pm		
380000 mm	= 3.8×10^7 km	9100	fm
	= 9.1×10^{-16} □m		

Lampiran 7

Urutan Kepresisian Alat Ukur

Urutan 1	=	Gauge block, perwujudan dari kepresisian panjang dan dibandingkan ke panjang gelombang He-Ne laser.
Urutan 2	=	Ring Gauges, satu step dibawah block gauge dan dibandingkan dengan block gauge untuk traceability-nya
Urutan 3	=	Coordinate Measuring Machine, levelnya berada diatas micrometer dikarenakan tingkat akurasi-nya yang lebih baik
Urutan 4	=	High Accuracy Fixed Gauges, contoh yang sesuai untuk fixed gauge adalah plug gauge yang mempunyai tingkat akurasi

		sekitar 5 μ m, dimana terdapat tanda plus / minus untuk ukuran yang berada diatas dan dibawah nominalnya
Urutan 5	=	Micrometer, Electronic Indicator, Electronic Height Gauges, dsb. Kebanyakan mempunyai tingkat resolusi 0,001 mm atau 0,01 mm atau bila dalam inch 0,0001 inch dan 0.001 inch
Urutan 6	=	Calipers, Dial Indicator, Mechanical Height Gauges, dsb. Semua seri baik digital, dial ataupun vernier secara hirarki kepresisian berada di bawah micrometer walaupun lebih banyak kemungkinan pemakaiannya
Urutan 7	=	Steel Rules, sebagaimana dasar / tingkat terendah kepresisian alat ukur yang panjang dikarenakan prosedur pembuatannya dan adanya paralax error penggunaannya.

Lampiran 8

Jenis Suaian dan Toleransinya

No	Jenis Suaian	Penggunaan	Toleransi			
			Sangat Teliti	Teliti	Normal	Kasar
1	Suaian Kempa	Untuk komponen – komponen yang dipasang	---	H7 / p6	---	---

	(Press)	dengan tetap, pemasangannya menggunakan mesin press. Pasangan yang terjadi tidak dapat dilepas lagi. Contoh : cincin gigi kuningan yang dipasang pada roda gigi tuang, rotor motor listrik pada porosnya, dsb.				
2	Suaian Tekan	Untuk komponen – komponen yang terpasang tetap dengan memberikan pukulan yang berat, masih mungkin dilepas guna	H6 / n6 H6 / m5	H7 / n6 H7 / m6	H8 / n7 H8 / m7	---

		keperluan reparasi. Contoh : ring dari bantalan peluru pada poros / rumahnya roda gigi pada porosnya, dsb				
3	Suaian Jepit	Merupakan pasangan tetap dengan cara memberikan pukulan ringan. Dapat dilepas dengan agak susah, biasanya diberi penguat seperti pasak ataupun ring penekan. Contoh : komponen yang dipasang pada poros transmisi	H6 / k5	H7 / k6	H8 / k7	---

4	Suaian Sorong	<p>Dianjurkan untuk pasangan tetap yang sering dibongkar. Pemasangan maupun pembongkaran harus dapat dilakukan dengan mudah. Contoh : roda gigi lepas pada mesin perkakas (disini diperlukan pasak penguat)</p>	H6 / j5	H7 / j6	H8 / j7	---
5	Suaian Lepas	<p>Untuk pasangan yang bergerak tanpa pelumas yang berlebihan. Contoh : bush dari centre tetap</p>	H6 / h5	H7 / h6	H8 / h7	H11 / h11

		pada mesin bubut, pisau frais pada porosnya, dsb				
6	Suaian Jalan Teliti	Untuk pasangan yang bergerak tanpa adanya goyangan. Contoh : roda gigi geser pada rumah roda gigi, kopling tetap, dsb	H6 / g5	H7 / g6	---	---
7	Suaian Jalan	Untuk komponen – komponen yang dapat bergerak bebas tetapi goyangan nya masih tetap kecil. Contoh : bantalan luncur dengan putaran rendah	---	H7 / f7	H8 / f8	---

8	Suaian Jalan Longgar	Apabila pelumasannya baik maka pasangan ini dapat berfungsi dengan baik, untuk komponen yang bergerak / berputar dengan cukup tinggi	---	H7 / e8	H8 / e9	H11 / d11
9	Suaian Longgar	Terutama digunakan untuk poros yang berputar dengan putaran dan beban yang tinggi. Kelonggaran yang cukup besar diperlukan untuk pelumasan hidrodinamis (yang mana harus selalu dijamin	---	H7 / d10	H8 / c10	H11 / c11 H11 / b11 H11 / a11

		adanya pelumasan). Perlu digunakan sistem aliran pelumasan yang tertutup.				
--	--	---	--	--	--	--

DAFTAR PUSTAKA

1. *A.Hald' Statistical Theory With Engineering Application*" Jhon Willey & Sons, Inc New York, 1952.*
2. *AJ.Duncan' Quality Control & Industrial Statistic*" Richard D.Irwin, Inc Illinois 1974.*
3. Armunanto ST, Bram. "Teknik Pengukuran. **Surakarta**", ATMI press
4. *Drake Paul, JR, "Dimensioning & Tolerancing" Handbook*, 1999
5. Dep.Dik.Bud.Dir.Dikmenjur, "Teknik Pengukuran, (Metrologi Industri)", 1980
6. *Farago FT, Ph.D, " Handbook of Dimensional Measurement"*, 1968
7. *Galyer JFW & Shotbolt CR, "Metrology for Engineers"*, 1990
8. *NN, "Measure Definition & Terminology"*, 1990
9. NN, Pengenalan Program Study : Teknik Pengukuran, 2002. Surakarta ATMI Press
10. *Nobuo Suga(MITUTOYO), "Metrology Handbook :The Science of Measurement"*, 2005
11. *Mitutoyo Metrology TC, "Basic Geometric Dimensioning & Tolerancing"*, cetakan 2013
12. Taufiq Rochim & Sri Hardjoko Wirjomartono, ** "Spesifikasi, Metrologi & Kontrol kualitas Geometrik" Lab. Metrologi Industri, Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITB, 1985 Bandung.

PROFIL PENULIS



Ir. Mucheyas, MT lahir di Jakarta, 11 Juni 1954, anak kedua dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Sumarta Bin Syeh. Amriullah (alm) dan Mucheni Serti Bahadrah, pendidikan SD Lulus 1969, STN 2 lulus 1972, STM Lulus 1975. Masing-masing diselesaikan di Jakarta, melanjutkan ke Fakultas Teknik

Universitas Krisnadwipayana pada program Strata Satu (S-1) lulus 1980, Program Strata Dua (S-2) STM Lulus 2005. Penulis sebagai dosen di Fakultas Teknik Program Studi Mekatronika yang sudah dipublikasikan jumlah ilmiah pada "KALPIKA" dan juga sadarun buku ajar Konsep Desain dan Efisiensi Mesin yang ber ISBN dicetak percetakan Kampus Universitas Krisnadwipayana sederajatnya pada tahun 2020 menjadi buku ajar dengan judul "Metrologi Industri dan Kontrol Kualitas Penerbit IPSTN Banten".



Denny Pramanta lahir di Depok - Jawa Barat, 8 Maret 1979, anak kedua dari lima bersaudara, dari pasangan Bapak Moe Sumarta (alm) dan Ibu H. Kambai, pendidikan SDN Depok Jaya Lulus 1990, SMPN 157 Jakarta Lulus 1994, SMPN 29 Jakarta Lulus 1997.

Penulis melanjutkan pendidikan ke program Strata Satu (S-1) di Universitas Krisnadwipayana Jakarta dengan mengambil pendidikan Ilmu Teknik Konsentrasi Teknik Mesin Lulus 2003, yang kemudian melanjutkan pendidikan Program Strata Dua (S-2) di Universitas Pancasila Jakarta Lulus 2012 di jurusan Teknik Mesin dengan koordinator dibidang Manufaktur.



Dedy Krisblianto, ST, MT Lahir di Jakarta, 13 September 1977, anak keempat dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Katanegara (alm) dan Ibu Sri Suprihati, pendidikan SDN Lulus 1984, SMPN Lulus 1988, STM Lulus 1991. Masing-masing diselesaikan di Jakarta, dilanjutkan pendidikan ke Universitas Krisnadwipayana (UNKIP) Jakarta dengan mengambil pendidikan Fakultas Teknik Mesin yang berorientasi dari program Strata Satu (S-1) yang lulus 1997, yang kemudian melanjutkan pendidikan Program Strata Dua (S-2) di Universitas Pancasila (UP) Jakarta dengan jurusan Bekasarya Manufaktur Lulus 2017.

Ir. Aris Abbas ST, MM, MT, IPM AEB lahir di Jakarta, 29 Mei 1965, anak keempat dari lima orang bersaudara, dari pasangan Bapak Abbas Maw (alm) dan Ibu Aranyo Ulin, pendidikan SDN Lulus 1973, SMPN Lulus 1982, SMA Muhammadiyah 5 Jakarta Lulus, UPN Veteran D3 Teknik Mesin Lulus 1988.

Universitas Teknik Mesin Krisnadwipayana Lulus 1995, Universitas Krisnadwipayana S2 Magister Manajemen Lulus 2002, S3 Teknik Meccit Magister Teknik Universitas Pancasila Masing-masing diselesaikan di Jakarta saat ini sedang ambil S3 Teknik Manufaktur Universitas Bina Nusantara, Magistra Ilmu Pendidikan P. Merit Keinsinyuran di Universitas Hasanudin Makassar Lulus tahun 2019, ikut mengikuti Kursus Raha Lathon jenis jurusan Spesial Motor Lulus 1996, ikut kegiatan Latihan Bela Lathon jenis jurusan Teknik Latih Rumah Tinggal Lulus tahun 1988.



Penulis melanjutkan pendidikan ke program Strata Satu (S-1) di Universitas Krisnadwipayana Jakarta dengan mengambil pendidikan Ilmu Teknik Konsentrasi Teknik Mesin Lulus 2003, yang kemudian melanjutkan pendidikan Program Strata Dua (S-2) di Universitas Pancasila Jakarta Lulus 2012 di jurusan Teknik Mesin dengan koordinator dibidang Manufaktur.



UNIVERSITAS KRISNADWI
PAYANA
Jalan Sekeloa Timur No. 101
Kec. Sekeloa Timur, Kota
Depok, Jawa Barat 16158
Telp. (021) 75001000
www.krisnadwipayana.ac.id

