

The background of the cover is a photograph of a precision machine, likely a coordinate measuring machine (CMM), measuring a large metal ring. The machine's probe is visible, touching the top of the ring. The scene is set in a laboratory or industrial environment with various equipment visible in the background. A large blue diagonal overlay covers the left and bottom portions of the image, providing a background for the title text.

METROLOGI INDUSTRI

Dr. Mochamad Cholik. M.Pd

METROLOGI INDUSTRI

METROLOGI INDUSTRI

Dr. Mochamad Cholik. M.Pd



METROLOGI INDUSTRI

Penulis:

Dr. Mochamad Cholik. M.Pd

Editor:

Erik Santoso

Layouter :

Tim Kreatif PRCI

Cover:

Rusli

Cetakan Pertama : April 2022

Hak Cipta 2020, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia

ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT

Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151

Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website : www.rcipress.rcipublisher.org

E-mail : rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2022 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I – : Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2022
; 15,5 x 23 cm

ISBN 978-623-448-509-7 (PDF)

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta
Pasal 72

Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling sedikit 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta terkait sebagai dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT dan berkat Rakhmat-Nya penyelesaian buku Monograf Metrologi Industri dapat diselesaikan.

Buku ini disusun bertujuan semata untuk memenuhi kebutuhan tentang metrologi industri, antara lain kepada: teknis manufaktur, operator manufaktur atau pekerja yang membutuhkan pengukuran presisi pada bidang permesinan serta masyarakat yang membutuhkan pengukuran presisi.

Buku ini juga dilengkapi contoh-contoh perhitungan agar pembaca dapat secara pasti menguasai cara membaca sekala nonius yang terdapat pada alat ukur.

Buku monograf Metrologi Industri ini masih banyak kekurangan, tegur sapa untuk perbaikan penulisan buku ini masih diperlukan untuk penerbitan buku sejenis pada kesempatan mendatang. Akhir kata semoga buku ini bermanfaat. Amin

Surabaya, 17 April 2022

Penulis

Mochamad Cholik

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Definisi Metrologi Industri Dan Kontrol Kualitas.....	1
B. Maksud Dan Tujuan Pengukuran	2
C. Besaran Dan Satuan	4
D. Beberapa Istilah Penting Dalam Pengukuran.....	8
1.Ketelitian (Accuracy)	8
2.Ketepatan (Precision).....	9
3.Ukuran Dasar (Basic Size)	10
4.Toleransi (Tolerance)	10
5.Harga Batas (Limits)	13
6.Kelonggaran (Clearance)	13
E. Sistem dan Standar Pengukuran.....	14
1.Sistem Metrik.....	17
2.Sistem Inchi.....	20
3.Konversi antara Metrik dan Inchi.....	22
4.Standar Pengukuran	24
5.Organisasi Standar Pengukuran	26
F. Batasan dan Suaian (Limit dan Fit).....	29
1. Batasan	29
2.Macam Suaian	30
3.Simbol ISO Untuk Toleransi dan Suaian.....	32
G. Alat Ukur dan Pengukuran.....	45
1.Konstruksi Umum Dari Alat Ukur	45
2.Klasifikasi Pengukuran.....	69
3.Klasifikasi Alat Ukur	71

4.Sifat Umum Alat Ukur.....	74
H. Sumber-sumber Kesalahan Pengukuran.....	78
1.Kesalahan Yang Bersumber Dari Alat Ukur	78
2.Kesalahan Yang Bersumber Dari Benda Ukur.....	79
3.Keasalahan Yang Bersumber Dari Posisi Pengukuran	81
4.Keasalahan Yang Bersumber Dari Lingkungan.....	81
5.Kesalahan Yang Bersumber Dari Si Pengukur	84
BAB II PENGUKURAN LINEAR.....	86
A. Alat Ukur Linear Langsung	86
1.Mistar ukur	86
2.Mistar Ingsut (Vernier Caliper).....	90
3.Micrometer	113
B. Alat Ukur Linear Tak Langsung	144
1.Alat Ukur Standar	144
BAB III PENGUKURAN SUDUT.....	152
A. Penggunaan Alat Ukur Sudut Langsung.....	152
1.Busur Baja (Steel Enginer Protractor)	152
2.Busur bilah (Universal Bevel Protractor).....	153
3.Proyektor Bentuk (Profile Projector).....	157
B. Alat Ukur Sudut Tak Langsung.....	159
1.Pelingkup Sudut.....	159
2.Blok Sudut (Angle Gauge).....	160
3.Batang Sinus (Sine Bar).....	163
4.Senter Sinus (Sine Center)	165
5.Rol dan Bola Baja.....	166
C. Petunjuk Praktik Pengukuran Sudut.....	173
1.Mengukur Sudut Dengan Busur Baja.....	173
2.Mengukur Konis Luar Dengan Mistar Ingsut	174
3.Mengukur Sudut Plat Luar Dengan Mistar Ingsut	

4.Mengukur Konis Luar Dengan Kaliber Tinggi.....	176
5.Mengukur Sudut Dengan Batang Sinus.....	177
6.Mengukur Sudut Konis Dalam Dengan 2 Bola.....	179
BAB IV PENGUKRAN ULIR.....	181
A. Jenis Ulir dan Fungsinya	181
1.Jenis Ulir Menurut Arah Gerakan Ulir.....	181
2.Jenis Ulir Menurut Jumlah Ulir Tiap Gang (Pitch).....	182
3.Jenis Ulir Menurut Bentuk Sisi Ulir	183
4.Fungsi Ulir	184
B. Istilah Penting Pada Ulir.....	185
C. Standar Umum Ulir	186
1.Ulir ISO Metrik.....	186
2.Ulir <i>Unfied</i>	187
D. Metode Pengukuran Ulir.....	188
1.Pengukuran Diameter Mayor Ulir.....	188
2.Pengukuran Diameter Minor Ulir	189
3.Pengukuran Diameter Efektif (Tusuk)	190
4.Pengukuran Sudut dan Jarak Puncak Ulir	196
5.Macam – Macam Pengukuran Ulir	197
DAFTAR PUSTAKA	204
DAFTAR GLOSARIUM.....	205
BIODATA PENULIS	208

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Besaran Pokok.....	7
Tabel 1. 2 Besaran Turunan	7
Tabel 1. 3 Besaran Poko, Satuan, dan Dimensi.....	7
Tabel 1. 4 Besaran Sudut	7
Tabel 1. 5 Beberapa Besaran Turunan.....	8
Tabel 1. 6Tabel Konversi Metrik dan Kilogram	18
Tabel 1. 7 Konvesi Metrik ke Inchi	23
Tabel 1. 8 Satuan Dasar SI.....	27
Tabel 1. 9 Contoh Satuan Turunan.....	27
Tabel 1. 10 Nama Awalan untuk Membentuk Hasil Kali dengan Bilangan Dasar Sepuluh Bagi Satuan Standar.....	28
Tabel 1. 11 Harga toleransi standar untuk IT 5 sampai IT 1638	
Tabel 1. 12 Harga toleransi standar untuk kualitas 01, 0 dan 1	39
Tabel 1. 13 Harga toleransi standar untuk diameter sampai dengan 500mm.....	39
Tabel 1. 14 Penyimpangan Fundamental Poros ($D \leq 500$ mm)	41
Tabel 1. 15 Contoh Skala Nonius Satu Dimensi	66
Tabel 2. 1 Pembagian skala jam ukur pada mistar insut jam ukur.....	92
Tabel 2. 2 Jumlah baris maksimum (ketidak sejajaran maksimum) yang diijinkan menurut standard Jepang JIS B7502.....	124
Tabel 2. 3 Satu set blok ukur 112 buah dengan tebal dasar 1 mm	146
Tabel 2. 4 kelas dari blok ukur beserta penggunaannya	147

Tabel 4. 1Ukuran diameter kawat untuk pengukuran diameter efektif ulir.	193
---	-----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 diagram hubungan antara toleransi dengan biaya pembuatan.....	12
Gambar 1. 2 Ukuran Dengan Toleransi	13
Gambar 1. 3 Standar garis satu yard.....	25
Gambar 1. 4 Tiga jenis suaian dalam sistem basis poros dan sistem basis lubang	32
Gambar 1. 5 Posisi danri daerah toleransi untuk suatu diamater tertentu bagi pros dan lubang.....	36
Gambar 1. 6. Posisi daerah toleransi poros terhadap garis nol.	37
Gambar 1. 7 Pehitungan Fundamental	45
Gambar 1. 8 Pengubah kinematis dari mikrometer dan jam ukur	48
Gambar 1. 9 Sistem pengubah mekanis dari Eden-Rolt “Milionth” Comparator	48
Gambar 1. 10. Konstruksi dari Johanson Mikrokator	50
Gambar 1. 11. Konstruksi dari Sigma Comparator.....	51
Gambar 1. 12 Prinsip kerja dari Pengubah Mekanis Optis ...	53
Gambar 1. 13. Prinsip dari lensa pembesar	55
Gambar 1. 14. Prinsip dari mikroskop	56
Gambar 1. 15 Prinsip dari mikroskop	57
Gambar 1. 16 Prinsip dari telskop	57
Gambar 1. 17. Prinsip autokolimator	59
Gambar 1. 18 Pengubah pneumatis sistem tekanan balik.....	61
Gambar 1. 19Kurva hubungan P_a/P_i dengan A_2/A_1	61
Gambar 1. 20 Pengubah pneumatis sistem kecepatan aliran	63
Gambar 1. 21 Skala dengan garis indeks dan jarum penunjuk	64
Gambar 1. 22 Garis indeks serta prinsip skala nonius satu dimensi.....	66

Gambar 1. 23 Skala nonius dua dimensi.....	68
Gambar 1. 24 Pembacaan skala nonius dua dimensi.....	68
Gambar 1. 25 pengukuran secara langsung dengan mikrometer	70
Gambar 1. 26 Pengukuran tak langsung.....	70
Gambar 1. 27 Pengukuran dengan kaliber batas	71
Gambar 1. 28 Pengukuran dengan cara membandingkan....	71
Gambar 1. 29 Histerisis	76
Gambar 1. 30 Elastisitas benda ukur pada waktu pengukuran	80
Gambar 1. 31 Kealahan Cosinus dan Sinus.....	81
Gambar 2. 1 Contoh Pembacaan Skala Ukuran Mistar Ukur Dalam Sistem Metrik dan Penggunaan Mistar Baja Pada Macam – Macam Obyek Ukur	87
Gambar 2. 2 Meteran Lipat	88
Gambar 2. 3 Meteran Gulung	88
Gambar 2. 4 Mistar Ukur Berkait	89
Gambar 2. 5 penggunaan alat ukur linear langsung mistar ukur	89
Gambar 2. 6 Bagian umum dari mistar insut dengan skala nonius.....	91
Gambar 2. 7 Mistar insut dengan jam ukur.....	93
Gambar 2. 8 Mistar insut pengukur tinggi dengan penunjuk digital dan manual	93
Gambar 2. 9 Nama-nama bagian dari mistar insut pengukur tinggi	94
Gambar 2. 10 Penggunaan mistar insut pengukur tinggi untuk mengukur ketinggian benda	95
Gambar 2. 11 Penggunaan mistar insut pengukur tinggi untuk membuat garis gores.....	95

Gambar 2. 12 Penggunaan mistar ingsut pengukur tinggi untuk pembanding.....	96
Gambar 2. 13 Penggunaan mistar ingsut pengukur tinggi untuk mengukur kemiringan sudut	96
Gambar 2. 14 Hasil pengukuran mistar ingsut dengan tingkat ketelitian 0,1 mm	97
Gambar 2. 15 Hasil pengukuran mistar ingsut dengan tingkat ketelitian 0,05 mm	98
Gambar 2. 16 Hasil pengukuran mistar ingsut dengan tingkat ketelitian 0,02 mm	99
Gambar 2. 17 Hasil pengukuran mistar ingsut dengan tingkat ketelitian 1/128 inci.....	100
Gambar 2. 18 Hasil pengukuran mistar ingsut dengan tingkat ketelitian 1/0,001 inci.....	100
Gambar 2. 19 Cara membaca skala pengukuran pada mistar ingsut dengan ketelitian 0,1 mm	101
Gambar 2. 20 Cara membaca skala pengukuran pada mistar ingsut dengan ketelitian 0,05 mm	102
Gambar 2. 21 Cara membaca skala pengukuran pada mistar ingsut dengan ketelitian 0,02 mm	102
Gambar 2. 22 Cara membaca skala pengukuran pada mistar ingsut dengan ketelitian 1/128 mm.....	103
Gambar 2. 23 Mistar ingsut Tak Sebidang (Off Set Yaws Vernier Caliper).....	104
Gambar 2. 24 Mistar ingsut Jarak Tengah (Vernier Caliper Center).....	105
Gambar 2. 25 Mistar ingsut Diameter Alur Dalam (Groove Vernier Caliper).....	105
Gambar 2. 26 Mistar ingsut Pipa (Pipe Vernier caliper).....	106
Gambar 2. 27 Mistar ingsut Posisi dan Lebar Alur (Vernier Caliper With Hooked Jaws).....	106

Gambar 2. 28 Mistar Ingsut Kedalaman (Depth Vernier Caliper).....	107
Gambar 2. 29 Mistar Ingsut Tekanan Ringan (Low Force Vernier Caliper).....	107
Gambar 2. 30 Mistar Ingsut Putar (Swivel Vernier Caliper)	108
Gambar 2. 31 posisi kedudukan nol pada skala mistar insut	110
Gambar 2. 32 Penggunaan posisi rahang ukur	111
Gambar 2. 33 Pengukuran diameter luar	111
Gambar 2. 34 Pengukuran diameter dalam.....	111
Gambar 2. 35 Pengukuran diameter dalam.....	112
Gambar 2. 36 Pengukuran kedalaman.....	112
Gambar 2. 37 Contoh penggunaan micrometer dalam bidang otomotif.....	114
Gambar 2. 38 Prinsip kerja mikrometer luar	114
Gambar 2. 39 Bagian-bagian dari mikrometer luar	115
Gambar 2. 40 Pemeriksaan kerataan muka ukur mikrometer dengan kaca datar.	122
Gambar 2. 41 Pemeriksaan kesejajaran muka ukur mikrometer dengan kaca paralel.....	124
Gambar 2. 42 Grafik kesalahan kumulatif skala ukur mikrometer	126
Gambar 2. 43 Mikrometer luar dengan ketelitian 0,01 mm.	127
Gambar 2. 44 Hasil pengukuran mikrometer luar dengan ketelitian 0,01 mm	128
Gambar 2. 45 Mikrometer luar dengan ketelitian 0,001 mm	128
Gambar 2. 46 Hasil pengukuran mikrometer luar dengan ketelitian 0,001 mm	129
Gambar 2. 47 Pemeriksaan angka nol pada mikrometer.....	130

Gambar 2. 48	Penyetelan tanda “0” pada mikrometer dengan tingkat kesalahan kurang dari 0,02 mm	131
Gambar 2. 49	Penyetelan tanda “0” pada mikrometer dengan tingkat kesalahan lebih dari 0,02 mm	132
Gambar 2. 50	Mikrometer luar dengan penunjuk berangka/digital (Digit Outside Mikrometer)	133
Gambar 2. 51	Mikrometer bangku (Bench Mikrometer)	134
Gambar 2. 52	Mikrometer Uni (Uni Mikrometer)	134
Gambar 2. 53	Mikrometer dalam silinder (Tubular Inside Mikrometer)	135
Gambar 2. 54	Mikrometer Dalam (Inside Mikrometer)	135
Gambar 2. 55	Mikrometer dalam jenis rahang (Inside Mikrometer Caliper)	136
Gambar 2. 56	Mikrometer luar jenis rahang (Outside Mikrometer Caliper)	136
Gambar 2. 57	Mikrometer kedalaman (Mikrometer Depth)	137
Gambar 2. 58	Mikrometer Landasan V (V-Anvil Mikrometer)	137
Gambar 2. 59	Mikrometer Pipa (Tube Mikrometer)	138
Gambar 2. 60	Mikrometer roda gigi (Gear Mikrometer)	138
Gambar 2. 61	Mikrometer Piringan (Disc Mikrometer)	139
Gambar 2. 62	Mikrometer Alur (Groove Mikrometer)	139
Gambar 2. 63	Mikrometer luar dengan jam ukur (Outside Mikrometer With Dial Indicator)	140
Gambar 2. 64	Satu Set Blok ukur berbagai ukuran	146
Gambar 3. 1	Busur Baja (Steel Enginer Protractor)	153
Gambar 3. 2	Pengukuran Sudut dengan busur baja	153
Gambar 3. 3	Busur bilah (Universal Bevel Protractor)	154
Gambar 3. 4	Busur Kombinasi (Kecermatan 1 ⁰)	154
Gambar 3. 5	Busur Derajat Baja (Kecermatan 1 ⁰)	155

Gambar 3. 30 Pengukuran 2 Bola Sudut Konis Dalam	179
Gambar 4. 1 Ulir tunggal dan ulir ganda.....	183
Gambar 4. 2 Jenis-jenis ulir menurut bentuk sisi ulir	184
Gambar 4. 3 Dimensi penting dari ulir	185
Gambar 4. 4 Bentuk ulir ISO Metrik	187
Gambar 4. 5 Bentuk Ulir Unfied.....	187
Gambar 4. 6. Skematis pengukuran diameter inti ulir	190
Gambar 4. 7 Bentuk ujung sensor mikrometer pengukur diameter efektif ulir.....	191
Gambar 4. 8 Pengukuran dengan metode dua kawat	191
Gambar 4. 9 Pengukuran dengan metode tiga kawat	193
Gambar 4. 10 Ulir Metrik	194
Gambar 4. 11 Ulir Whitworth.....	195
Gambar 4. 12 enis-jenis mal ulir	196
Gambar 4. 13 Mengukur sudut ulir dengan dua rol baja....	197
Gambar 4. 14 Mal ulir.....	198
Gambar 4. 15 Mengukur sudut ulir sistem dua kawat.....	199
Gambar 4. 16 Mengukur kisar baut dengan pitch measuring	200
Gambar 4. 17 Mengukur kisar baut dengan profile proyektor	201

BAB I

PENDAHULUAN

A. Definisi Metrologi Industri Dan Kontrol Kualitas

Metrologi industri adalah ilmu untuk melakukan pengukuran karakteristik geometris dari suatu hasil atau bagian mesin dengan alat dan cara yang tepat, sehingga hasil pengukurannya dianggap sebagai yang paling dekat dengan geometris sesungguhnya dari komponen mesin yang bersangkutan (Madsuha, 1992). Agar proses pengukuran mendapatkan hasil yang tepat, maka setiap orang yang bekerja dalam bidang teknik harus mempelajari metrologi industri, yaitu suatu ilmu yang menyangkut tentang cara menggunakan alat ukur dan pengetahuan lain yang berkaitan erat dengan masalah pengukuran.

Pada dasarnya suatu pemeriksaan sama dengan kontrol kualitas (*Quality Control*) yaitu dengan melakukan pengukuran karakteristik produk, meliputi karakteristik material dan geometris, kemudian hasilnya dapat dibandingkan dengan satuan standart. Dalam hal-hal tertentu pemeriksaan hasil ini sampai pada tahap penyajian data yang memenuhi standart. Selain melakukan pengukuran, pelaksanaan kontrol kualitas juga harus mempertimbangkan hal-hal yang berhubungan dengan:

1. Waktu pemeriksaan kualitas produk.
2. Banyak produk yang harus diperiksa untuk satu kali pemeriksaan.
3. Jarak pemeriksaan yang satu dengan yang lainnya.

Dari uraian di atas maka secara umum dapat dikatakan bahwa metrologi adalah ilmu yang mempelajari masalah pengukuran geometris yang berkualitas dan berkaitan erat dengan bidang perindustrian.

B. Maksud Dan Tujuan Pengukuran

Tujuan mempelajari metrologi industri adalah agar dapat memahami secara mendalam tentang pengukuran sehingga apabila diterapkan dalam perindustrian dengan mendapatkan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan, presisi dengan biaya serendah-rendahnya.

Hasil suatu pengukuran yang ideal (100%) bahkan hampir tak mungkin (mustahil) sangat sulit untuk mendapatkannya, akan tetapi dengan penguasaan kompetensi yang mendalam tentang suatu pengukuran maka sangat mudah mendapatkan hasil yang efisien dan efektif serta dapat mencapai hasil yang maksimal. Untuk meminimalisir terjadinya kesalahan dalam suatu pengukuran biasanya disediakan ruangan laboratorium pengukuran yang didalamnya terdapat sarana pendukung yang memungkinkan dilakukannya pengukuran secara tepat dan teliti. Berbeda dengan suatu bengkel kerja dimana kegiatan yang paling utama adalah proses produksi, sehingga kegiatan pengukuran merupakan suatu bagian dari proses pengerjaan.

Dengan demikian maka laboratorium pengukuran memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Tempat dilaksanakannya pengukuran secara tepat dan teliti dengan menggunakan berbagai macam alat yang sesuai dengan fungsinya.

2. Tempat membandingkan ukuran benda ukur dengan benda (ukuran) standar.
3. Tempat diseleksinya suatu benda kerja apakah dapat dipakai pada suatu produksi atau tidak.

Dalam mendesain suatu laboratorium pengukuran harus diperhatikan beberapa syarat sebagai upaya agar laboratorium tersebut dapat berfungsi dengan fungsinya, syarat tersebut antara lain meliputi ruangan, alat-alat ukur dan pengelolaan.

Agar alat ukur dapat terjaga dan terpelihara dengan baik, maka diperlukan pengelolaan yang baik. Selain pengelola, perlu juga ada seorang teknisi, dimana pengelola benar-benar memahami masalah yang ditangani secara konseptual, sedangkan teknisi yang akan menjalankan gagasan seorang pengelola. Syarat seorang pengelola yang baik harus mampu merencanakan administrasi dan pelaksanaan praktikum, mampu merancang kegiatan dalam laboratorium tersebut, dan menguasai IPTEK yang dibutuhkan sesuai perkembangan jaman terutama yang berkaitan dengan laboratorium tersebut.

Tidak semua alat ukur dapat langsung digunakan dan dibaca skalanya, ada sebagian alat ukur yang dalam penggunaannya masih memerlukan bantuan pengetahuan lain, oleh sebab itu dalam mempelajari metrologi industri perlu ditunjang dengan ilmu-ilmu lain, diantaranya matematik, fisika, dan statistik.

C. Besaran Dan Satuan

1. Besaran

Definisi dari besaran adalah segala sesuatu yang dapat diukur dan dinyatakan dengan angka, serta diikuti dengan satuan (Darmawan dan Daryanto, 2021). Tiga syarat utama sesuatu dapat dikatakan sebagai besaran yaitu dapat diukur atau dihitung, dapat dinyatakan dengan angka, dan mempunyai nilai satuan.

Besaran dikelompokkan menjadi dua macam berdasarkan cara memperolehnya, diantaranya:

- a. Besaran Fisika yaitu besaran yang didapat dari hasil pengukuran. Karena diperoleh dari pengukuran maka harus ada alat ukurnya. Sebagai contoh adalah massa. Massa merupakan besaran fisika karena massa dapat diukur dengan menggunakan neraca.
- b. Besaran non Fisika yaitu besaran yang didapat dari hasil perhitungan. Dalam hal ini tidak memerlukan alat ukur tetapi menggunakan alat hitung (kalkulator) untuk perhitungannya. Contoh besaran non fisika adalah jumlah .

Besaran fisika dibagi menjadi dua, yaitu:

- a. Besaran pokok adalah besaran yang ditentukan lebih dulu berdasarkan ketetapan para ahli fisika. Besaran pokok yang paling umum ada 7 macam yaitu panjang (m), massa (kg), waktu (s), suhu (K), kuat arus listrik (A), intensitas cahaya (cd), dan jumlah zat (mol). Besaran pokok memiliki ciri khusus antara lain diperoleh dari pengukuran

langsung, memiliki satu satuan (bukan satuan ganda), dan ditetapkan terlebih dahulu.

- b. Besaran turunan adalah besaran yang diturunkan dari besaran pokok. Besaran ini terdiri dari berbagai macam sebagai contoh gaya (N) diturunkan dari besaran pokok masa, panjang, dan waktu. Volume (meter kubik) diturunkan dari besaran pokok panjang, dan lain-lain. Besaran turunan memiliki ciri khusus diantaranya diperoleh dari pengukuran langsung dan tidak langsung, memiliki satuan lebih dari satu dan diturunkan dari besaran pokok.

2. Satuan

Satuan adalah sebagai pembanding dalam pengukuran besaran. Setiap besaran memiliki ukuran masing-masing, tidak mungkin dalam dua besaran yang berbeda mempunyai satuan yang sama. Apabila ada dua besaran yang berbeda kemudian mempunyai satuan yang sama maka besaran itu pada hakikatnya adalah sama. Sebagai contoh Gaya (F) mempunyai satuan Newton dan Berat (W) mempunyai satuan Newton. Besaran ini kelihatannya berbeda tetapi sesungguhnya besaran ini sama yaitu besaran turunan gaya.

Satuan baku adalah satuan yang telah disepakati pemakaiannya secara internasional atau sering disebut dengan Satuan Internasional (SI). Contoh meter, kilogram, dan detik. Sistem satuan internasional dibagi menjadi dua, yaitu:

- a. Sistem MKS (Meter Kilogram Sekon)
- b. Sistem CGS (Centimeter Gram Sekon)

Satuan tidak baku adalah satuan yang tidak diakui secara internasional dan hanya digunakan pada suatu wilayah tertentu. Contoh depa, hasta, kaki, tangan, dan langkah.

Satuan Internasioanl adalah satuan yang diakui penggunaanya secara internasional serta memiliki standar yang sudah baku. Pada awalnya, Sistem Internasional disebut sebagai Metre Kilogram Second (MKS). Selanjutnya pada konfrensi berat dan pengukuran tahun 1984, tiga satuan yaitu newton (N), Joule (J), dan watt (W) ditambahkan ke dalam SI. Akan tetapi, pada tahun 1960, tujuhsatuan internasioanl dari besaran poko telah ditetapkan yaitu meter, kilogram, sekon, ampere, kelvin, mol, dan kandela.

Sistem MKS menggantikan sistem metrik, yaitu suatu sistem satuan desimal yang mengacu pada meter, gram yang didefinisikan sebagai masa satu sentimeter kubik air, dan detik. Sistem itu juga disebut senga Sistem Centimeter Gram Second (CGS). Sistem ini dibedakan menjadi dua jenis, yaitu satuan tidak baku dan satuan baku. standar satuan tidak baku tidak sama disetiap tempat, misalnya jengkal dan hasta. Sementara itu standar satuan baku telah ditetapkan sama disetiap tempat.

3. Tabel Besaran dan Satuan

Tabel 1. 1 Besaran Pokok

BESARAN POKOK		
Nama Besaran	Satuan (SI)	Dimensi
massa (m)	kilogram (kg)	M
panjang (l)	meter (m)	L
waktu (t)	sekon (s)	T
suhu (T)	kelvin (K)	θ
kuat arus listrik (I)	ampere (A)	I
intensitas cahaya (I)	candela (cd)	J
jumlah zat (n)	mol	N

Tabel 1. 2 Besaran Turunan

BESARAN TURUNAN		
Nama Besaran	Satuan (SI)	Dimensi
kecepatan/laju	m/s	LT^{-1}
percepatan	m/s^2	LT^{-2}
massa jenis	kg/m^3	ML^{-3}
gaya	kgm/s^2 (newton)	MLT^{-2}
energi/usaha	kgm^2/s^2 (joule)	ML^2T^{-2}
impuls/momentum	kgm/s (Ns)	MLT^{-1}
tekanan	kg/ms^2 (pascal)	$ML^{-1}T^{-2}$
daya	kgm^2/s^3 (watt)	ML^2T^{-3}
potensial listrik	kgm^2/s^3A (volt)	$ML^2T^{-3}I^{-1}$

Tabel 1. 3 Besaran Poko, Satuan, dan Dimensi

No	BESARAN POKOK		SATUAN BESAR	POKOK	DEMENSI
	Nama Besaran	Lambang	Nama Satuan	Lambang	Lambang
1	Massa	m.	Kilogram	kg	[M]
2	Panjang	$L=s=x=y$	Meter	m.	[L]
3	Waktu	t.	Second	s.	[T]
4	Suhu	t.	Kelvin	K	[θ]
5	Kuat arus	I	Ampere	A	[I]
6	Intensitas cahaya	I	Candela	Cd	[J]
7	Jumlah partikel	n	Mole	mole	[N]

Tabel 1. 4 Besaran Sudut

No	BESARAN SUDUT		SATUAN BESAR	SUDUT	DEMENSI Lambang
	Nama Besaran	Lambang	Nama Satuan	Lambang	
1	Sudut bidang	α	radian	rad	
2	Sudut ruang	φ	steradian	sr	

Tabel 1. 5 Beberapa Besaran Turunan

No	Besaran Turunan		Satuan Besaran	Turunan	Demensi
	Nama Besaran	Rumus	Nama Satuan	Lambang	Lambang
1	Kecepatan ($\vec{v}$)	$\vec{v} = \frac{\vec{S}}{t}$	$\frac{meter}{sec}$	m/s	[L]
2	Volume (V)	$V = p.l.t$	Meter cubic	m^3	[L] ³
3	Massa Jenis(ρ)	$\rho = \frac{m}{V}$	Kilogram/m ³	Kg/m ³	[M][L] ⁻³
4	Percepatan($\vec{a}$)	$\vec{a} = \vec{v} / t$	Meter/second ²	m/s ²	[L][T] ⁻²
5	Gaya ($\vec{F}$)	$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$	Kilogrammeter/ second ² (Newton)	N	[M][L][T] ⁻²
6	Usaha (W)	$W = \vec{F} \cdot \vec{S}$	Newton.meter (Joule)	J	[M][L] ² [T] ⁻²

(Darmawan dan Daryanto, 2021)

D. Beberapa Istilah Penting Dalam Pengukuran

Agar dapat menghasilkan suatu produk yang presisi maka harus sesuai dengan parameter pengukuran yang biasanya kebanyakan parameter tersebut dicantumkan dalam gambar teknik. Disamping itu juga harus memperhatikan pula prinsip-prinsip yang ada dalam masalah pengukuran. Ada beberapa istilah yang sering terkait dalam masalah pengukuran antara lain yaitu: ketelitian, ketepatan, ukuran dasar, toleransi, harga batas, kelonggaran.

1. Ketelitian (*Accuracy*)

Istilah teliti dalam dunia keteknikan memiliki dua makna. Pertama teliti yang dihubungkan dengan hasil

suatu pengukuran. Apakah hasil suatu pengukuran tepat atau mendekati sama dengan ukuran sudah ditentukan tertentu. Misalnya, pada tangkai *replacement rod* pada alat ukur cylinder gauge biasanya dicantumkan ukuran panjang *replacement rod* tersebut. Lalu kita ingin mengecek ukuran tersebut dengan menggunakan *Vernier Caliper*. Setelah diukur ternyata diperoleh hasil yang sama persis dengan ukuran yang ada pada tangkai *replacement rod* tersebut. Maka keadaan seperti ini dinamakan dengan istilah teliti. Kedua teliti yang dihubungkan dan dikaitkan dengan proses pengukuran itu sendiri. Misalnya, suatu benda diukur dengan alat yang sama dan ketelitian yang berbeda misalnya menggunakan alat dengan tingkat ketelitian 0,1 mm dan 0,05 mm, maka besar kemungkinan hasilnya akan berbeda. Perbedaan 1 atau 2 skala untuk alat ukur yang teliti akan menghasilkan ukuran yang berbeda, apabila dilakukan dengan prosedur dan cara pengukuran yang tidak tepat.

Dari kedua contoh diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa kata teliti selalu berhubungan dengan hasil pengukuran yang mengacu pada ukuran dari benda yang diukur, maka semakin dekat atau teliti mungkin persis sama antara hasil pengukuran dengan benda yang diukur, maka hal ini dikatakan semakin teliti atau dengan kata lain memiliki ketelitian tinggi.

2. Ketepatan (*Precision*)

Untuk memberikan gambaran mengenai kata ketepatan ini dapat diambil contoh yang sangat sederhana berikut ini. Misalnya, seseorang memanah satu sasaran sebanyak sepuluh kali dengan busur

panah dan cara memanah yang identik, ternyata dari sepuluh kali memanah tersebut sembilan kali diantaranya mengenai sasaran. Dari contoh ini dapat dikatakan bahwa orang tersebut memiliki ketepatan yang tinggi dalam menembak.

Demikian pula halnya dengan proses pengukuran. Apabila seseorang melakukan pengukuran terhadap suatu obyek dengan cara berulang-ulang dan diperoleh hasil yang hampir sama dari masing-masing pengukuran bila dibandingkan harga rata-rata pengukuran yang berulang-ulang tersebut, maka dikatakan proses pengukuran itu mempunyai ketepatan yang tinggi.

3. Ukuran Dasar (*Basic Size*)

Suatu ukuran dasar merupakan ukuran nominal atau dimensi dari suatu obyek ukur yang secara teoritis dianggap tidak memiliki harga batas dan toleransi. Demikian pula harga sebenarnya dari suatu obyek ukur tidak akan pernah diketahui, namun secara teoritis ukuran dasar tersebut di atas dianggap sebagai ukuran yang paling tepat.

Di dalam gambar teknik akan terlihat jelas dimana letak dari suatu ukuran dasar tersebut yang umumnya dinyatakan dalam bentuk bilangan bulat. Dan kebanyakan pula ukuran dasar ini dipakai untuk mengkomunikasikan suatu obyek yang berbentuk silindris melalui gambar teknik. Jadi sering ditemukan dengan istilah lubang (*hole*) dan istilah poros (*shaft*) .

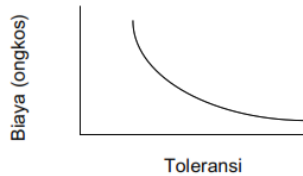
4. Toleransi (*Tolerance*)

Setiap jenis pekerjaan teknik memiliki syarat ketelitian yang bervariasi. Toleransi memberi arti yang

sangat penting sekali dalam dunia industri. Dalam proses pembuatan suatu produk banyak faktor yang terkait didalamnya, misalnya faktor alat dan operator. Oleh karena itu ukuran yang diperoleh tentu akan bervariasi. Variasi ukuran yang terjadi ini di satu pihak memang disengaja untuk dibuat, sedang dipihak lain adanya banyak faktor yang mempengaruhi proses pembuatannya.

Dari penjelasan diatas maka dapat dikatakan bahwa toleransi merupakan perbedaan ukuran dari kedua harga batas yang diizinkan sehingga dari perbedaan ukuran ini dapat diketahui dimana ukuran dari komponen yang dibuat itu terletak. Besarnya toleransi merupakan selisih dari ukuran maksimum dan ukuran minimum. Untuk menentukan besarnya nilai toleransi pengukuran tentu harus memperhatikan sisi positif dan kegunaan dari komponen yang akan dibuat. Semakin presisi suatu komponen yang dibuat maka besar nilai toleransinya juga semakin kecil. Sebaliknya, semakin kecil nilai toleransi yang harus dibuat maka semakin kompleks juga proses pembuatannya, apalagi jika besarnya nilai toleransi mendekati nol. Semakin kompleks proses pembuatan suatu komponen pasti akan mempengaruhi pada biaya yang harus dikeluarkan. Kaitan antara biaya dengan besar kecilnya nilai toleransi dapat dilihat pada Gambar 1.1. berikut ini:

(Kristanto, Philip. 2018)



Gambar 1. 1 diagram hubungan antara toleransi dengan biaya pembuatan

Dari gambar 1.1 ternyata ada hubungan antara biaya pembuatan dengan besar kecilnya nilai toleransi dari suatu komponen yang akan dibuat. Semakin besar nilai toleransi maka semakin kecil biaya yang harus dikeluarkan. Sebaliknya semakin kecil nilai toleransi yang berarti semakin presisi. Suatu komponen dibuat maka biaya pembuatan akan semakin mahal.

Ada istilah-istilah khusus yang digunakan dalam sistem toleransi yaitu:

a. Ukuran Nominal

Ukuran nominal merupakan ukuran dasar, yaitu ukuran yang tertulis tanpa dibaca dengan angka toleransi.

b. Angka Toleransi

Angka toleransi adalah angka yang menunjukkan ukuran dan kualitas dari toleransi. Semakin kecil angka toleransi yang didapat, maka semakin baik kualitasnya. Ukuran toleransi dipengaruhi dari ukuran nominalnya, semakin besar ukuran nominalnya, maka semakin besar pula ukuran toleransinya pada kualitas yang sama. Pada gambar 1.2 angka 30 merupakan ukuran nominal,