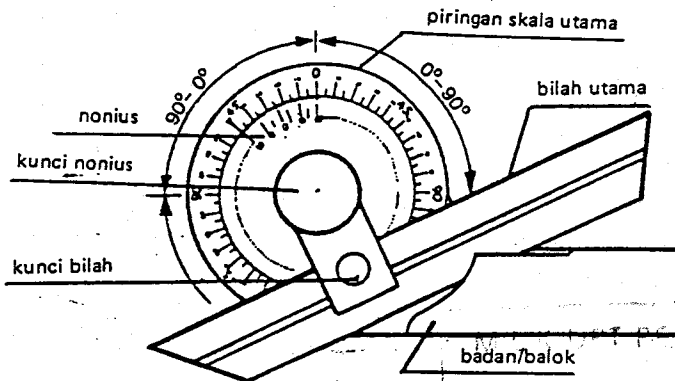


MENGUKUR SUDUT



OLEH

Drs. WASKITO

DOSEN FPTK IKIP PADANG

FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
PADANG
1991

PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
KOLEKSI BIDANG ILMU
TIDAK DIPINJAMKAN
KHUSUS DIPAKAI DALAM PERPUSTAKAAN

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

KATA PENGANTAR

Buku sederhana ini berisikan cara-cara mengukur sudut benda yang sering terdapat pada teknik industri permesinan. Pembahasan yang dilakukan menggunakan pendekatan teoritis praktis. Penyajian gambar dan contoh-contoh pembahasan diharapkan dapat lebih memudahkan pembaca dalam memahaminya.

Untuk memahami buku ini diperlukan pengetahuan tentang dasar-dasar matematika, fisika, dan metrologi. Dengan demikian buku ini sangat berguna untuk mahasiswa teknik, laboran, dan siapa saja yang berminat tentang metrologi industri.

Penulis menyadari akan kekurangan yang ada pada buku ini. Untuk itu kritikan yang membangun akan penulis terima dengan senang hati.

Hanya dengan ijin Allah SWT jumlah kiranya buku ini dapat diterbitkan. Terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu. Semoga buku ini dapat bermanfaat.

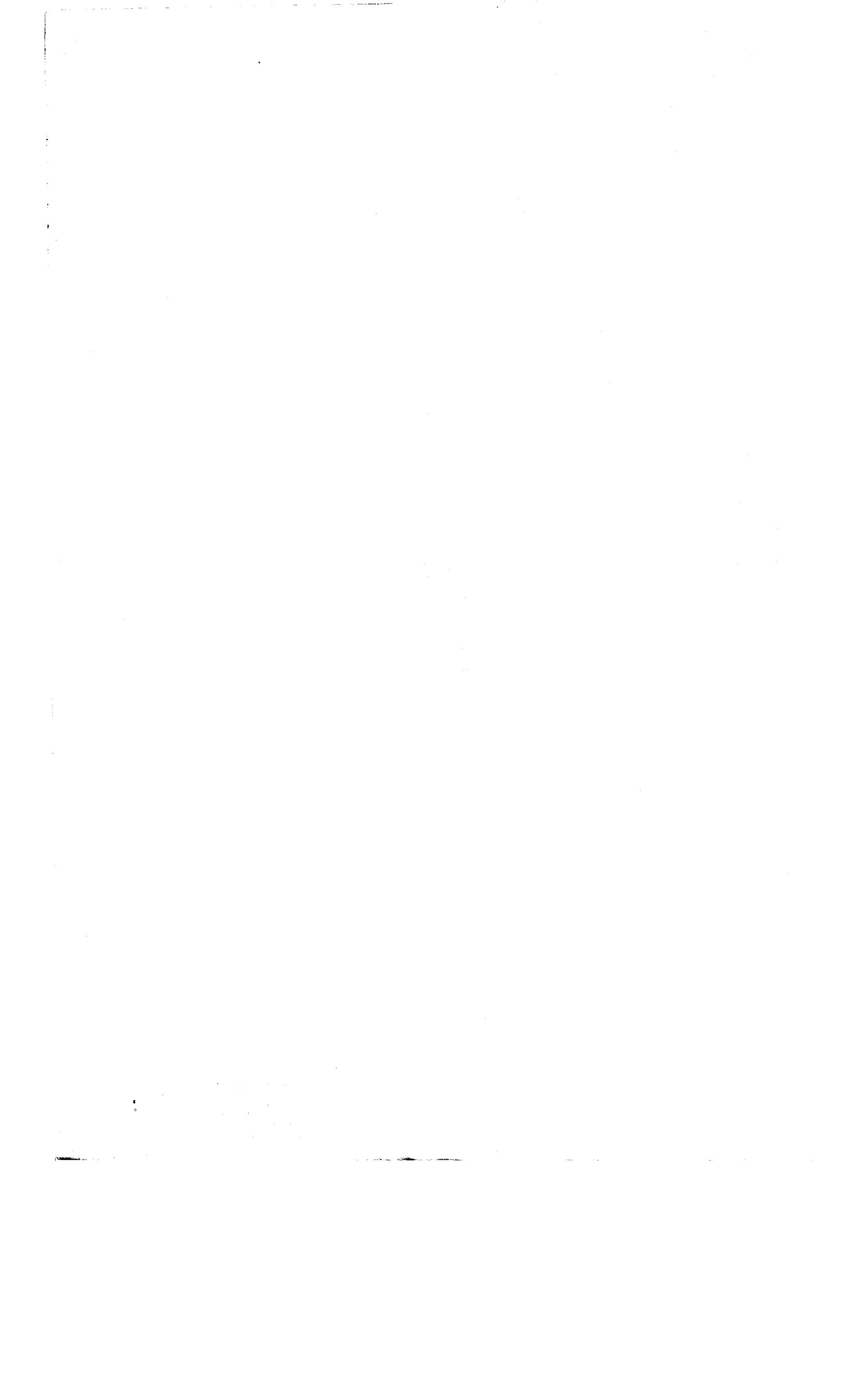
Penulis

MILIK DPT PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
DATE RECEIVED Januari 92
SUBJECT AREA HD
RECORD NO KKI
NUMBERS 2426 /HD/ 92 - m ①(2)
CALL NO 516.107 WAS m ①



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Prinsip Trigonometri	1
B. Prinsip Alat-Alat Optik	4
1. Pemantulan	4
2. Pembiasan	6
BAB II PENGUKUR SUDUT MEKANIS	7
A. Busur Baja	7
B. Busur Bilah	10
BAB III PENGUKUR SUDUT OPTIS	13
A. Angle Dekkor	13
B. Microptic Autocollimator	19
C. Profil Projector	21
BAB IV PENGUKURAN TIDAK LANGSUNG	24
A. Pengukuran Sudut Plat	24
B. Pengukuran Konis	29
C. Alur V	38
D. Sudut antara Dua Lubang	40
E. Sudut Lubang	42
F. Sudut Splines	44
BAB V PENGUKURAN SUDUT DENGAN BATANG SINUS	47
A. Batang Sinus	47
B. Alat-Alat Bantu Batang Sinus	49
C. Penggunaan Batang Sinus	53
D. Mengukur Sudut 60° dan Sudut-Sudut Kecil	59
DAFTAR PUSTAKA	



BAB I

PENDAHULUAN

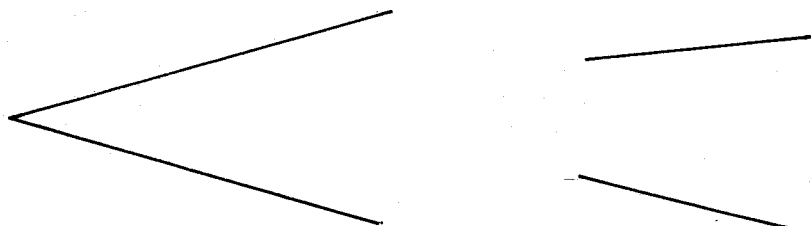
Di dunia teknik sering dijumpai bentuk-bentuk komponen benda yang bervariasi. Mulai dari berbentuk sederhana sampai ke bentuk yang kompleks. Komponen atau benda itu ada yang tunggal dan mungkin ada yang akan berhubungan dengan komponen atau benda lain.

Sering terjadi dalam melakukan pengukuran, tidak cukup hanya dengan satu alat ukur saja, melainkan diperlukan alat-alat bantu dan harus menggunakan persamaan-persamaan matematis, baru diperoleh data yang dicari. Mengingat luasnya permasalahan pengukuran terhadap benda kerja, buku yang sederhana ini mencoba membahas tentang bagaimana cara mengukur sudut.

A. Prinsip Trigonometri

Ada dua jenis sudut, yaitu sudut bidang dan sudut ruang. Sudut bidang berhubungan dengan konsep dua dimensi, sedangkan sudut ruang berhubungan dengan konsep tiga dimensi. Yang paling banyak ditemui pada teknik mesin adalah sudut bidang.

Sudut didefinisikan sebagai bagian yang dibatasi oleh dua garis lurus (gambar 1.1).

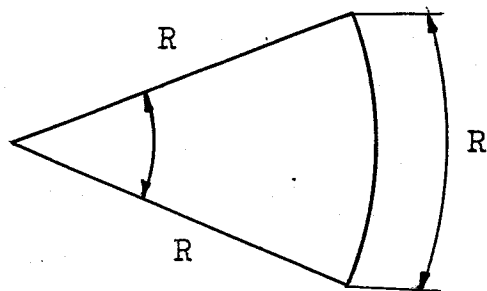


Gambar 1.1 Sudut

Sudut dapat diukur dalam dimensi : Radian (rad), derajat ($^{\circ}$) menit ($'$), dan detik ($''$). Hubungan dari dimensi-dimensi itu diperlihatkan sebagai berikut : 1

PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
KOLEKSI BIDANG ILMU
TIDAK DIPINJAMKAN
KECUALI DENGAN IZIN PERPUSTAKAAN

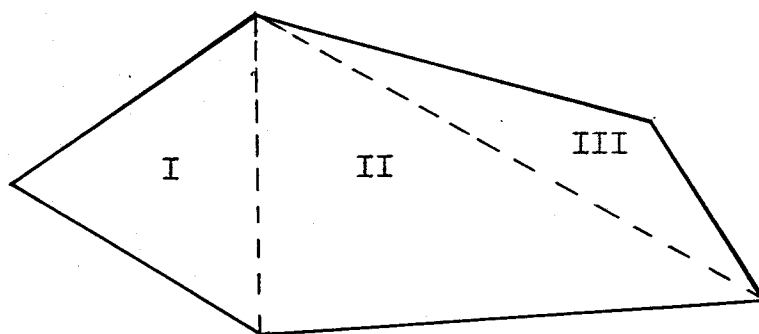
radian adalah besarnya sudut sebuah bidang busur lingkaran yang panjang busurnya sama dengan panjang jari-jarinya (gambar 1.2).



Gambar 1.2 Sudut 1 radian

Sebuah lingkaran mempunyai sudut 360° atau 2π rad. Dengan demikian $1 \text{ rad.} = \frac{1}{2\pi} \cdot 360^\circ = 57^\circ 13'$. 1 derajat adalah $\frac{1}{360}$ bagian dari bidang sebuah lingkaran. 1 menit adalah $\frac{1}{60}$ derajat dan 1 detik adalah $\frac{1}{60}$ menit.

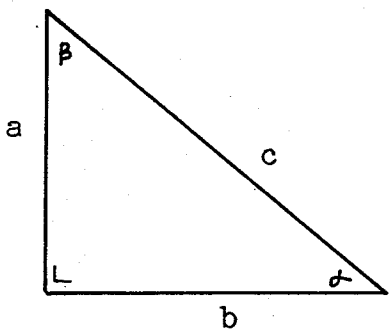
Sebuah benda bersegi banyak sebenarnya dapat disusun atau dibagi atas beberapa segitiga (gambar.1.3).



Gambar 1.3 Bidang segi banyak

Ada 2 hal khusus pada bangun segitiga, yaitu segitiga yang salah satu sudutnya 90° dan tidak satupun yang bersudut 90° .

Pada segitiga yang salah satu sudutnya 90° , berlaku persamaan sebagai berikut (gambar 1.4).



Gambar 1.4 Segi tiga siku-siku

$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$\sin \alpha = \frac{a}{c}$$

$$\cos \alpha = \frac{b}{c}$$

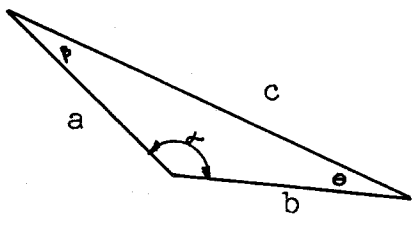
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$$

$$\sec \alpha = \frac{c}{b}$$

$$\operatorname{cosec} \alpha = \frac{c}{a}$$

$$\operatorname{cotg} \alpha = \frac{b}{a}$$

Untuk segitiga yang tidak satu pun sudutnya 90° (gambar 1.5), berlaku persamaan :



$$c^2 = a^2 + b^2 + 2 ab \cos \alpha$$

$$\frac{c}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{a}{\sin \gamma}$$

$$c = a \cos \beta + b \cos \alpha$$

Gambar 1.5 Segitiga Tumpul

Selanjutnya untuk operasi-operasi perhitungan matematis dapat digunakan persamaan-persamaan :

$$\operatorname{tg} A = \frac{\sin A}{\cos A}$$

$$\sin^2 A + \cos^2 A = 1$$

$$1 + \operatorname{tg}^2 A = \sec^2 A$$

$$1 + \operatorname{cotg}^2 A = \operatorname{cosec}^2 A$$

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

B. Prinsip Alat-Alat Optik

Alat-alat ukur yang mempunyai ketelitian pengukuran yang tinggi sering menggunakan prinsip optik. Unsur paling penting pada alat semacam ini yaitu adanya cahaya. Pada prakteknya cahaya ini diperoleh dari sumber cahaya berupa lampu yang intensitas cahayanya mencukupi.

Sifat-sifat cahaya yang penting diketahui adalah:

1. Dapat dipantulkan.
2. Dapat dibiaskan.

Sebenarnya masih ada beberapa sifat lagi yang dimiliki cahaya, diantaranya cahaya dapat dipolarisasi dan diinterferensi. Tetapi kita hanya akan membicarakan 2 sifat terdahulu, sebab sifat-sifat tersebut banyak berhubungan dengan alat-alat ukur yang akan dibahas.

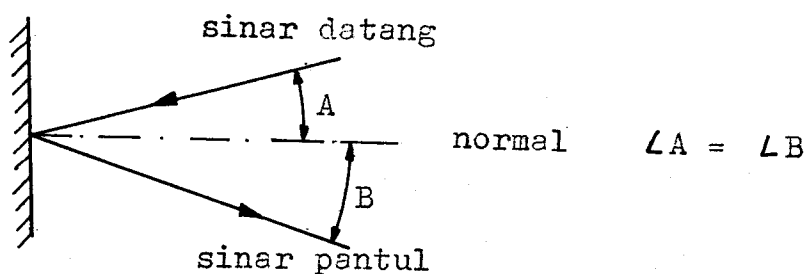
1. Pemantulan

Cermin mempunyai sifat yang baik dalam memantulkan cahaya. Melihat bentuknya cermin ada 3 macam, yaitu :

- 1) Cermin datar
- 2) Cermin cembung
- 3) Cermin cekung

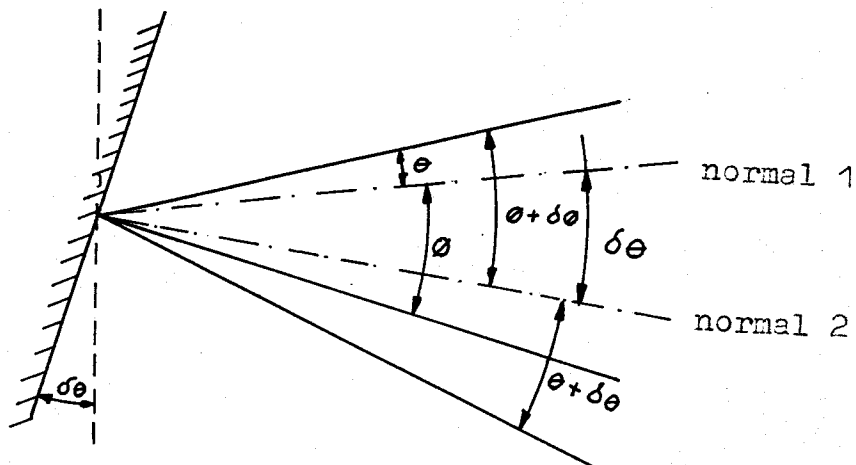
Pada semua jenis cermin berlaku hukum pemantulan:

sudut sinar datang = sudut sinar pantul



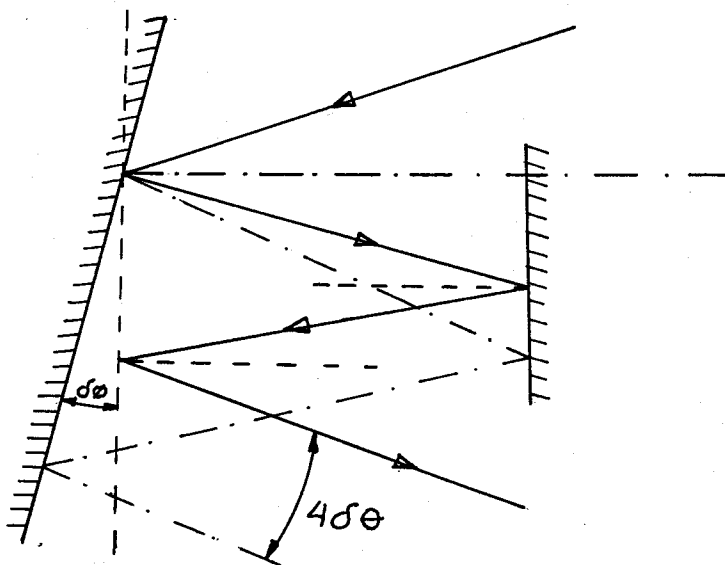
Gambar 1.6 Pemantulan

Dalam prakteknya perubahan sudut cermin dapat saja terjadi (gambar 1.7).



Gambar 1.7 Kesalahan Pemantulan

Perubahan sudut cermin sebesar $\delta\theta$ menghasilkan penyimpangan sebesar $2\delta\theta$ pada cahaya pantul. Apabila 2 buah cermin datar diletakkan berhadap-hadapan untuk memperoleh efek pantul berulang (gambar 1.8), penyimpangan cahaya menjadi $4\delta\theta$.

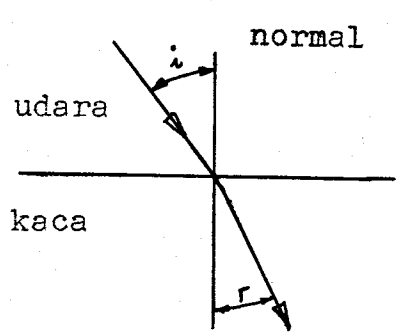


Gambar 1.8 Pemantulan berulang

PERPUSTAKAAN UGP PADANG
KOLEKSI BIDANG ILMU
TIDAK DIPINJAMKAN
KHUSUS DIPAKAI DALAM PERPUSTAKAAN

2. Pembiasan

Jika seberkas cahaya melewati 2 medium (zat optik) yang berbeda, maka cahaya tersebut akan mengalami pembiasan pada bidang batas medium tersebut. Tiap-tiap zat optik mempunyai kemampuan membiaskan yang berbeda. Kemampuan membiaskan itu dinyatakan dengan harga indeks bias. Secara umum harga indeks bias diperoleh dari persamaan :

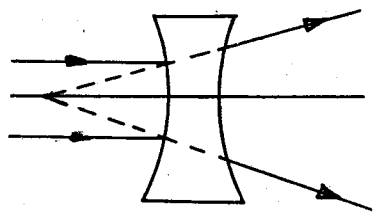
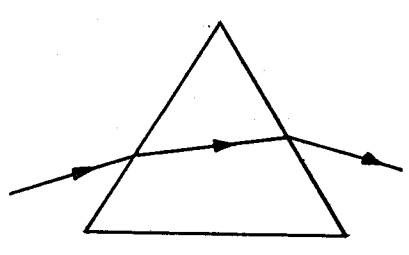


$$\frac{\sin i}{\sin r} = n$$

- i = sudut datang
- r = sudut bias
- n = indeks bias

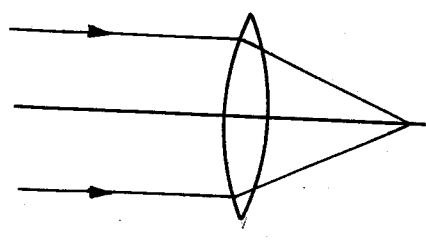
Gambar 1.9 Pembiasan

Untuk keperluan tertentu, zat optik dapat dibuat bervariasi. Ada yang berbentuk prisma (gambar 1.10), bentuk lensa cekung (gambar 1.11.a), dan lensa cembung (gambar 1.11.b).



(a) Cekung

Gambar 1.10 Prisma



(b) Cembung

Gambar 1.11 Lensa

Lensa cembung dan lensa cekung digunakan untuk memperoleh efek pembesaran atau pengecilan bayangan.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

BAB II

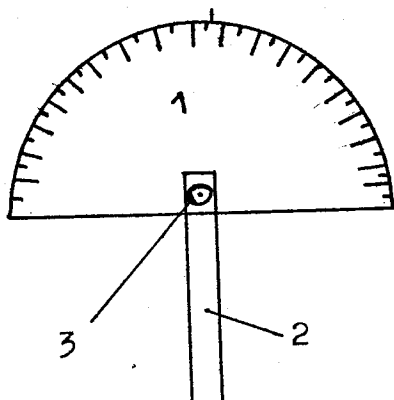
PENGUKUR SUDUT MEKANIS

Pengukur sudut mekanis terdiri dari 2 jenis :

1. Busur Baja.
2. Busur Bilah.

A. Busur Baja

Busur baja merupakan pengukur sudut mekanis yang konstruksinya sederhana. Pembacaan pengukuran dapat langsung diketahui. Kecermatan pembacaan alat ukur ini adalah 1° . Konstruksinya terdiri dari busur yang diberi skala derajat sebanyak 180° dan batang penahan (gambar 2.1).



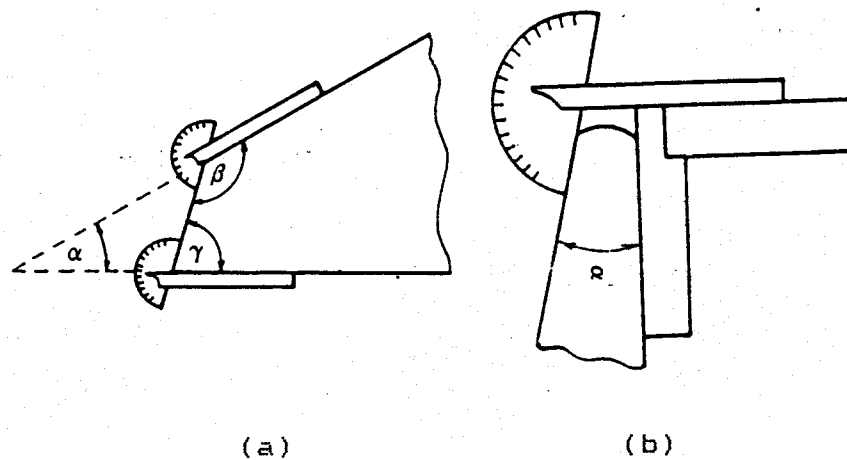
1. Busur
2. Batang Penahan
3. Sumbu Putar

Gambar 2.1 Busur Baja

Beberapa cara pengukuran dengan busur baja dapat dilihat pada gambar 2.2.a dan 2.2.b. Pada gambar 2.2.a sudut β dan sudut θ dapat langsung dibaca pada alat ukur. Tetapi untuk pengukuran sudut α , apabila alat ukur tidak menjangkaunya digunakan persamaan :

$$\alpha = 180 - \{ (180 - \beta) + (180 - \theta) \}$$

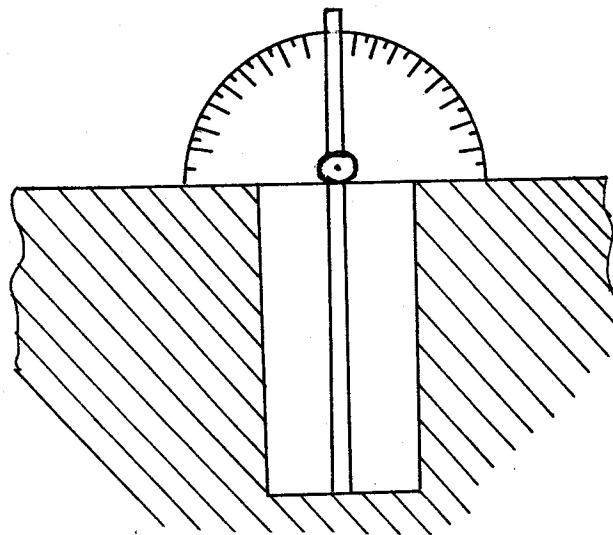




(a) (b)
Gambar 2.2. Pengukuran sudut
(Taufik Rochim, 1980:224)

Gambar 2.2.b memperlihatkan cara pengukuran sudut benda yang ujungnya mempunyai lengkungan atau radius. Diperlukan bantuan siku-siku agar pengukuran dapat dilakukan.

Pengembangan dari busur baja ini yaitu busur baja yang bilahnya dapat diatur naik-turun melalui sumbu putar. Dengan konstruksi semacam ini, busur derajat dapat juga digunakan untuk mengukur kedalaman (gambar 2.3).

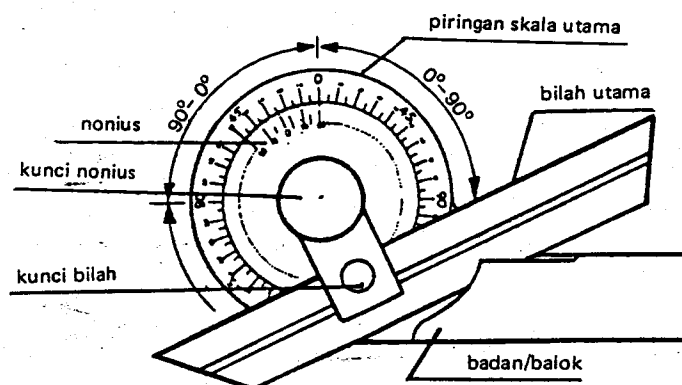


Gambar 2.3 Busur yang dapat distel

B. Busur Bilah

Untuk benda-benda yang bentuknya relatif lebih kompleks dan diperlukan juga kecermatan yang lebih teliti sampai 5', maka busur baja tidak dapat dipakai. Dalam hal ini diperlukan busur bilah. Konstruksi alat ukur busur bilah lebih rumit dibanding dengan busur baja. Sebagaimana gambar 2.4, busur bilah terdiri dari 6 bagian utama, yaitu :

1. Bilah utama
2. Badan Balok
3. Piringan skala utama
4. Nonius
5. Kunci Bilah
6. Kunci nonius



Gambar 2.4 Busur Bilah
(Taufik Rochim, 1980, 225)

Jika komponen-komponen alat ukur tidak mampu menjangkau sudut pada benda, digunakan alat tambahan yang dapat dipasangkan pada badan balok.

Bilah utama berupa batang yang pada salah satu sisi bagian tengahnya diberi alur. Alur ini dimaksudkan agar bilah utama dapat diatur panjang pendeknya sesuai dengan keperluan. Gerakan pengaturan ini melalui poros pada kunci bilah.

Badan balok merupakan bagian yang bersatu dengan piringan skala utama dan dapat berputar. Bagian ini

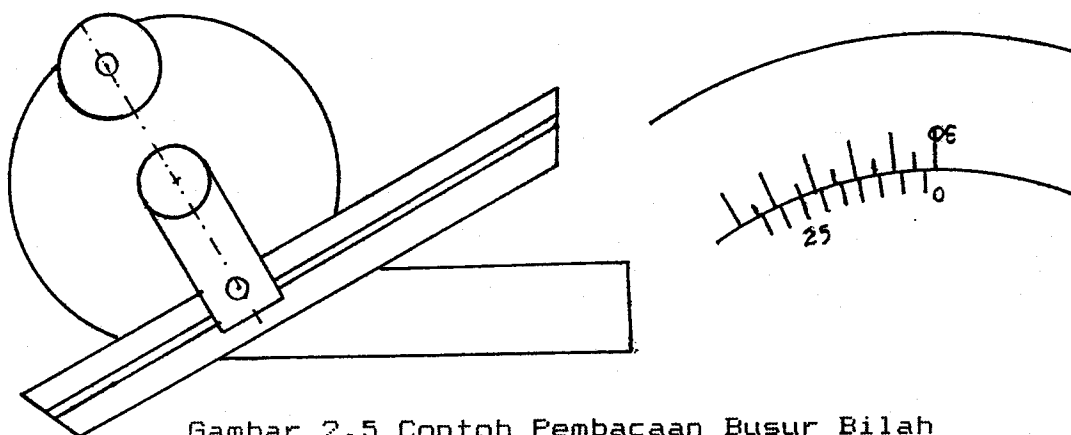
merupakan landasan bagi benda ukur, ketika pengukuran dilakukan.

Firingan skala utama berupa lingkaran 360° dibagi atas 4 bagian $0^\circ - 90^\circ$.

Nonius merupakan bagian yang akan memberikan informasi hasil pengukuran. Pada bagian ini terdapat garis-garis yang menggambarkan kecermatan pembacaan hingga $5'$, maka dapat dibuat skala interval nonius dengan analisis sebagai berikut: Jika skala interval utama $0,5^\circ$, ini sama dengan $30'$. Pada skala nonius dibuat 6 bagian interval. Apabila angka 0 pada nonius segaris dengan angka 0 pada skala utama, maka angka 30 pada nonius harus segaris pada angka 27,5 pada skala utama. Jadi kecermatan pembacaan:

$$\begin{array}{r} 30 \quad 27,5 \quad 2,50 \\ \hline 30 \quad 30 \quad 30 \\ \hline \end{array} = 5 \text{ menit}$$

Contoh pembacaan

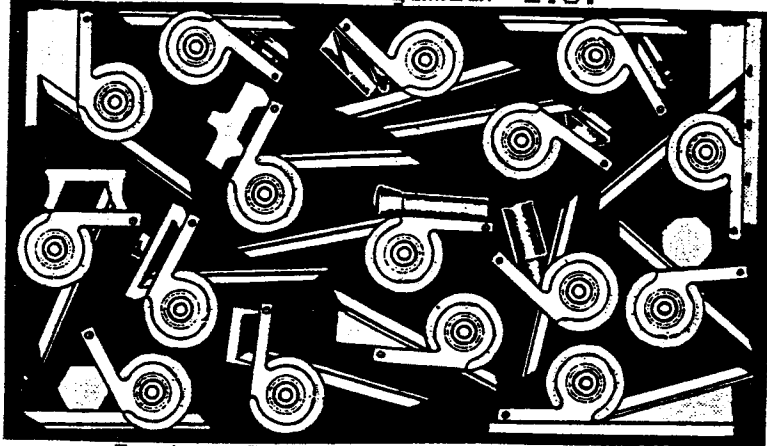


Gambar 2.5 Contoh Pembacaan Busur Bilah

Angka 0 pada nonius menunjukkan lebih dari 30° . Kelebihannya ditunjukkan oleh angka 25 yang segaris pada salah satu garis skala utama. Jadi pembacaannya $30^\circ 25'$.

Cara pemakaian busur bilah dapat dilihat pada kumpulan

beberapa metode melalui gambar 2.6.



Gambar 2.6 Pemakaian Busur Bilah
(Taufik Rochim, 1980:225)

BAB III

PENGUKUR SUDUT OPTIS

Pengukur sudut optis adalah alat ukur sudut yang sistem kerjanya berdasarkan prinsip optik. Dalam kenyataannya alat ukur sudut yang secara murni bersifat optik tidak ada, namun dikombinasikan dengan gerakan-gerakan mekanis. Akan tetapi gerakan-gerakan mekanis ini hanya sebagai pembantu sistem saja, sedangkan prinsip utamanya menggunakan optik.

Beberapa alat ukur sudut menggunakan prinsip-prinsip optik yang akan dibicarakan adalah:

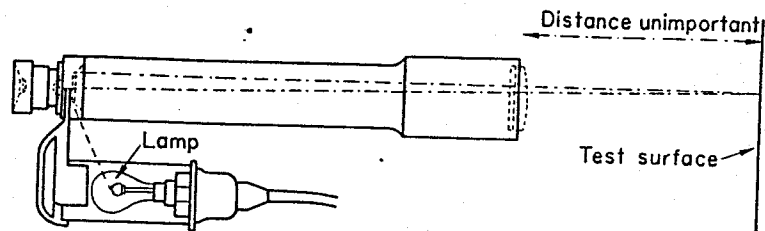
1. Angle Dekkor
2. Microptic Autocollimator
3. Profile Projector

A. Angle Dekkor

Angle Dekkor merupakan alat yang digunakan untuk memeriksa sudut benda. Memeriksa berarti menentukan ketepatan atau ketidaktepatan sudut tersebut. Dengan demikian sudut benda itu sudah diketahui, setelah itu dengan menggunakan Angle dekkor ingin diketahui berapa besar ketidaktepatannya.

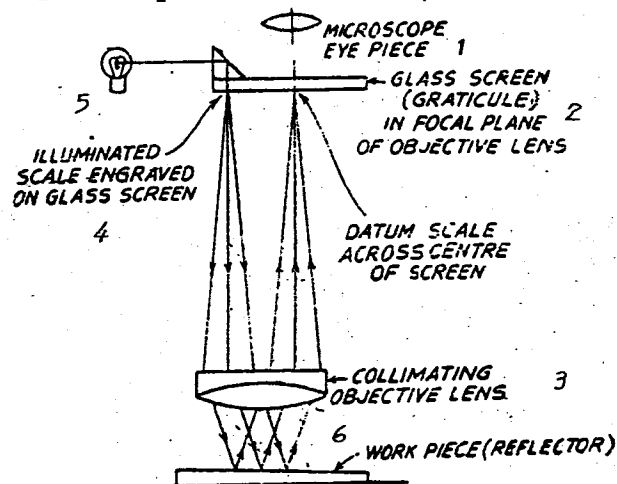
Angle dekkor terdiri dari susunan lensa, prisma, dan lampu yang dirakit pada sebuah tabung (gambar 3.1).

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG



Gambar 3.1 Konstruksi Angle Dekkor
(SAJ Parsons, 1970:187)

Cara kerja Angle Dekkor dapat dilihat pada diagram berikut:



Gambar.3.2 Diagram jalannya sinar pada Angle Dekkor
(RK Jain, 1980:382)

Keterangan:

1. Lensa Okuler
2. Layar Kaca dan Skala pengukuran
3. Lensa Objektiv
4. Prisma
5. Lampu (sumber cahaya).
6. Benda (reflektor).

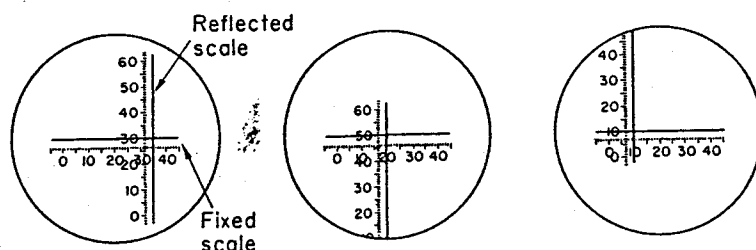
Cahaya yang datang dari lampu dipantulkan oleh prisma ke permukaan benda (reflektor) dan benda akan memantulkan kembali cahaya tersebut ke mata. Pantulan

cahaya dari permukaan benda sebelum sampai ke mata melewati layar kaca yang terdapat skala-skala pembacaan pengukuran.

Skala pembacaan pada layar kaca terdiri dari 2 arah pembacaan, vertikal dan horizontal. Hal ini berarti bahwa pengukuran dapat memeriksa dalam arah 2 dimensi.

Cahaya yang diperoleh dari permukaan benda (reflektor) berupa garis kuning saling silang. Untuk menentukan penyimpangan dalam arah horizontal yang dilihat adalah garis kuning pada sumbu vertikal; sebaliknya penyimpangan arah vertikal dilihat dari garis kuning pada sumbu horizontal.

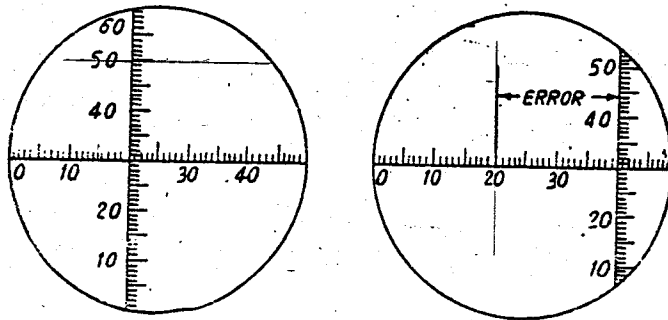
Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Gambaran pembacaan pada layar Angle Dekkor (SAJ Parsons, 1970:187)

Arah penyimpangan garis kuning menentukan arah penyimpangan/ketidaktepatan sudut. Apabila garis kuning horizontal menyimpang ke atas, berarti penyimpangan pada bidang horizontal adalah negatif. Artinya sudut yang diperiksa lebih kecil dari yang ditentukan. Sebaliknya apabila penyimpangan garis kuning ke bawah, berarti sudut yang diperiksa lebih besar dari yang ditentukan. Dengan analogi yang sama berlaku pada skala vertikal; penyimpangan ke kanan berarti negatif dan penyimpangan ke kiri berarti positif.

Besarnya penyimpangan dapat dibaca pada skala yang ada pada layar kaca. Pada Angle Dekkor standar, kecermatannya adalah $0,5'$. Berarti $0,5'$ itu adalah jarak dari satu garis panjang ke garis pendek. Kemampuan baca Angle Dekkor sampai $60'$, dalam arah vertikal dan horizontal. Gambar 3.4 menunjukkan bagaimana membaca penunjuk pada Angle dekkor.



Gambar 3.4 Pembacaan Hasil pengukuran Angle Dekkor (RK Jain,,1980:383)

Interpretasi dari pembacaan tersebut adalah: Besarnya penyimpangan sudut dalam arah vertikal adalah $+20'$, dan besarnya penyimpangan dalam arah horizontal adalah $-20'$. Artinya, jika sudut benda tersebut dalam arah vertikal adalah 30° dan dalam arah horizontal 90° , maka sebenarnya sudut dalam arah vertikal adalah $30^\circ 20'$ dan sudut dalam arah horizontal $89^\circ 40'$.

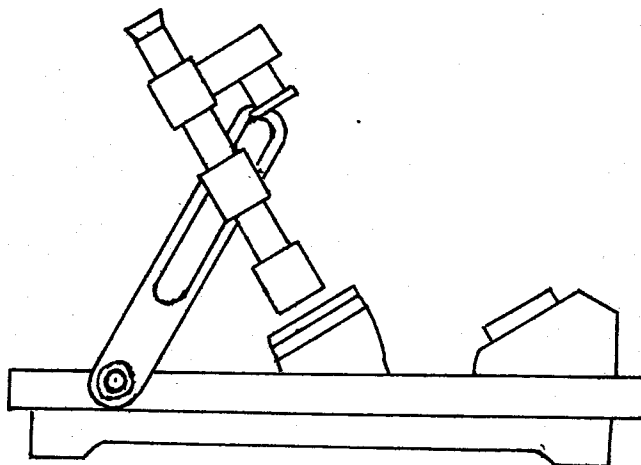
Agar cahaya dapat dipantulkan oleh benda, maka permukaan benda harus mengkilap, sehingga mampu berperan sebagai reflektor. Seandainya permukaan benda tidak mengkilap, maka diperlukan bantuan dari reflektor, misalnya blok ukur.

Secara umum konstruksi Angle dekkor dapat dibagi 3 bagian, yaitu:

1. Tabung yang berisi sistem optis.
2. Tempat Kedudukan tabung yang dapat diatur.

3. Meja rata sebagai tempat kedudukan benda ukur.

Agar dapat lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.5 yang memperlihatkan satu unit Angle Dekkor.



Gambar 3.5. Angle Dekkor
(RK Jain1980:383)

Dalam melakukan pengukuran Angle dekkor memerlukan sudut standar (angle gauge) sebagai acuan pengukuran. Tanpa bantuan alat tersebut Angle Dekkor tidak dapat menentukan hasil pengukuran. Sehingga dapat dikatakan bahwa Angle Dekkor melakukan pengukuran dengan cara membandingkan.

Sebagai contoh, Angle dekkor digunakan untuk mengukur/memeriksa sudut benda. Apabila sudut benda diketahui harga nominalnya, misal 35° , maka sudut standar diset sebesar 35° . Selanjutnya Angle dekkor diarahkan pada sudut standar.

Aturlah tabung dengan cara menggerakkannya ke atas atau ke bawah sampai garis silang kuning muncul di layar. Garis silang kuning tersebut diatur berimpit pada garis silang hitam. Selanjutnya arahkan Angle dekkor pada benda ukur tanpa merubah kedudukan tabung.

Jika garis silang kuning tetap pada tempatnya, berarti tidak ada penyimpangan dan sudut benda tepat 35° .

Namun apabila garis silang kuning bergeser ke kiri atau ke kanan; ke atas atau ke bawah, berarti sudut tidak tepat 35° . Misalkan garis silang kuning horizontal berada 4 divisi di atas garis silang hitam, berarti sudut benda sebenarnya adalah $35^\circ - (4 \times 0,5') = 34^\circ 58'$.

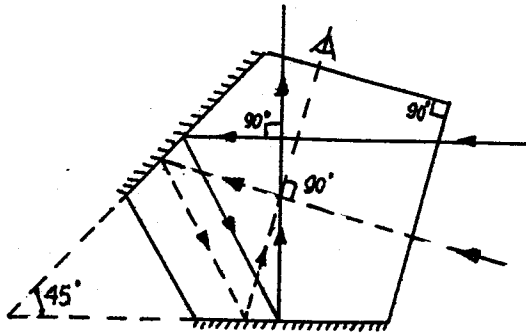
Beberapa catatan penting yang harus diperhatikan adalah apabila garis silang kuning tidak terlihat di layar, ada 3 kemungkinan yang menjadi penyebabnya, yaitu: lampu tidak hidup, posisi belum tepat, dan permukaan benda tidak mengkilap.

Selain memeriksa kebenaran sudut benda, Angle dekkor dengan prinsip kerjanya tersebut dapat juga melakukan:

1. Memeriksa kemiringan alur slot pada mesin frais.
2. Memeriksa kesejajaran dua permukaan.
3. Memeriksa ketegaklurusan dua permukaan.
4. Memeriksa kelurusan dan kedataran permukaan.

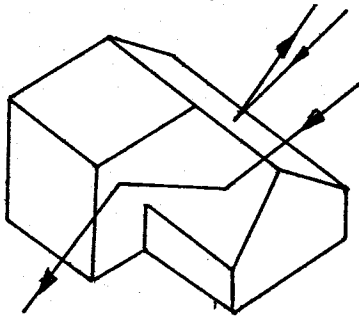
Dalam kapasitasnya sebagai alat ukur keempat jenis pemeriksaan tersebut, Angle dekkor dilengkapi dengan alat-alat bantu, berupa:

1. Tabung baja yang digunakan sebagai permukaan pantul.
2. Satu set Angle gauge untuk keperluan pemeriksaan sudut.
3. Sebuah Optical square yang dapat membelokkan sinar 90° . Alat ini digunakan untuk pemeriksaan ketegaklurusan bidang (gambar 3.6).
4. Sebuah Back reflektor untuk keperluan pemeriksaan kelurusan.
5. Sebuah Prisma Dowell yang digunakan untuk pemeriksaan kesejajaran dua permukaan (gambar 3.7).



Gambar 3.6 Optical Square
(RK Jain, 1980:386)

Sinar yang masuk dengan yang terpantul selalu membentuk sudut 90° .



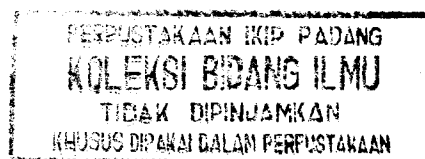
Gambar 3.7 Prisma Doweil
(RK Jain, 1980:386)

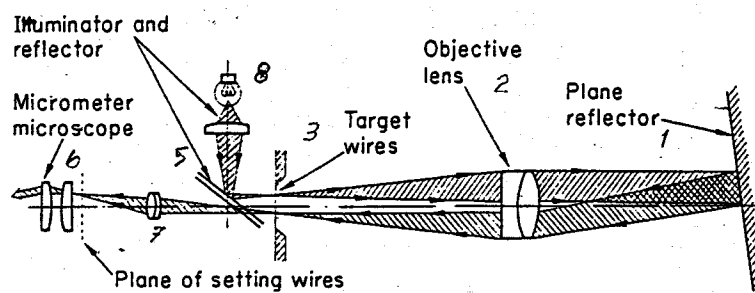
Sinar yang masuk dibagi dua. Ada yang diteruskan dan ada yang dipantulkan. Kedua sinar tersebut sejajar.

B. Microptic Autocollimator

Microptic autocollimator merupakan alat ukur yang prinsip kerjanya gabungan dari prinsip kerja mikroskop dan autocollimator. Konstruksinya lebih rumit dan kemampuan bacanya juga lebih teliti. Kecermatan pengukuran mampu hingga $0,5''$ dan jarak objek ukur sejauh 9 m. Namun batas pembacaan hanya samapi $10'$, serta alat tersebut tidak dapat diatur seperti Angle dekkor.

Prinsip kerja Microptic autocollimator dapat dilihat pada gambar 3.8.



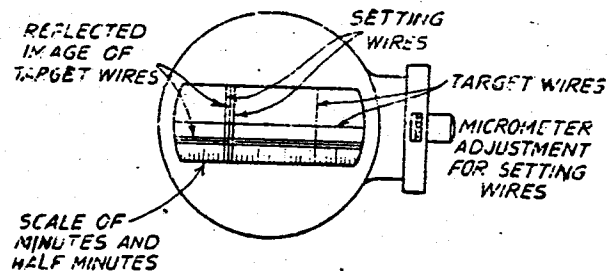


Gambar 3.8 Microptic Autocollimator
(SAJ Parsons, 1970:190)

Keterangan:

1. Reflektor (benda)
2. Lensa collimating
3. Target wire (Garis silang kuning standar)
4. Bayangan yang diperoleh dari pantulan target wire
5. Semi reflektor
6. Mikroskop
7. Lensa kondenser
8. Sumber cahaya (lampu)

Cahaya yang diperoleh dari lampu terlebih dahulu disaring oleh lensa kondenser sebelum mengenai semi reflektor. Dari semi reflektor cahaya dilewatkan pada celah kecil berbentuk silang pada bidang fokus (target wire). Cahaya yang lolos berbentuk silang kuning menuju reflektor (benda). Akibat reflektor, cahaya dipantulkan kembali ke bidang fokus. Apabila posisi reflektor tegak lurus terhadap sumbu utama lensa, maka garis silang kuning akan kembali ke posisi semula. Ini berarti tidak terjadi penyimpangan sudut. Tetapi apabila posisi reflektor menyimpang θ° terhadap sumbu vertikal, maka akan terjadi penyimpangan antara garis silang standar dengan garis silang kuning hasil pantulan. Besarnya penyimpangan dapat dibaca pada mikroskop yang padanya terdapat skala-skala pembacaan. Pada pembacaan pengukuran, akan terlihat seperti gambar 3.9.



Gambar 3.9 Pembacaan pengukuran pada Microptic autocollimator

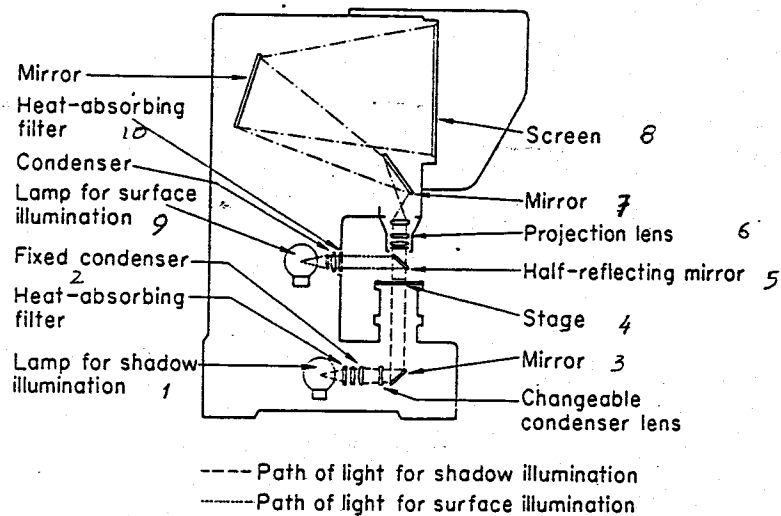
(RK Jain,1980:380)

C. Profil Proyektor

Profil proyektor sebenarnya merupakan alat ukur serbaguna. Dengan profil proyektor kita dapat melihat bentuk benda dalam keadaan diperbesar. Sehingga apabila terjadi kesalahan pada bentuk benda tersebut akan dapat dilihat. Kesalahan ini dapat berujud ukuran linier dan sudut.

Profil proyektor, karena konstruksinya relatif lebih besar, terletak pada tempat yang tetap. Alat ini efektif digunakan untuk pemeriksaan secara rutin. Benda-benda yang sering diperiksa dengan alat ini diantaranya adalah: ulir, roda gigi, bentuk alat potong, bentuk alat ukur, dan sebagainya.

Gambar 3.10 menunjukkan konstruksi dan jalannya sinar pada sebuah profil proyektor.



Gambar 3.10 Profil Proyektor
(SAJ Parsons, 1970:174)

Keterangan:

1. Lampu sebagai sumber cahaya
2. Lensa kondensor
3. Cermin
4. Dudukan dan "sliding carriage"
5. Semi cermin
6. Lensa proyeksi
7. Cermin
8. Layar
9. Lampu untuk pnerangan permukaan
10. Lensa kondensor

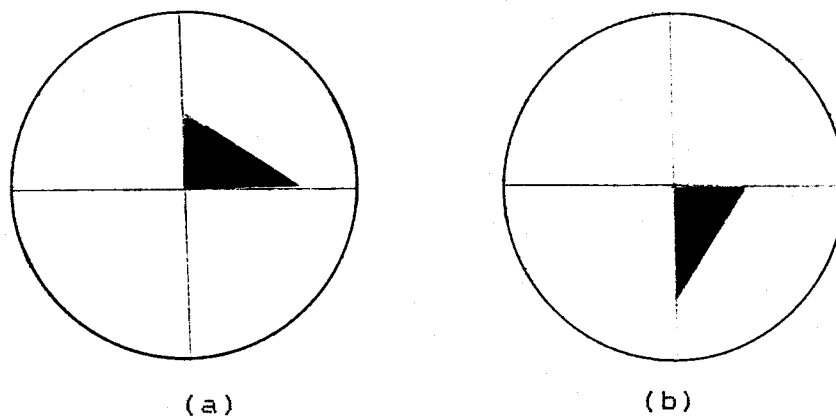
Cahaya yang berasal dari lampu dipantulkan keatas untuk mengenai benda yang berada pada dudukan. Sebelumnya cahaya tersebut melewati lensa kondensor. Pada dudukan sebagian cahaya ditahan oleh benda dan sebagian lainnya lolos. Cahaya yang lolos ini diteruskan ke layar setelah melewati lensa proyeksi dan dua buah cermin. Pada layar akan terlihat bentuk benda yang berwarna gelap dengan dasar terang.

Jika pemeriksaan yang dilakukan hanya ingin melihat penyimpangan bentuk, maka pada layar harus ditempelkan patron profil dari benda yang standar. Patron ini terbuat dari kertas kalkir (transparans). Profil standar ini dibuat dengan pembesaran sebanyak yang diisyaratkan oleh lensa proyeksi. Misalnya lensa proyeksi mampu memberi pembesaran 40 x, maka patron dibuat 40 x lebih besar dari aslinya.

Apabila hendak dilakukan pengukuran sudut atau memeriksa penyimpangan sudut, dudukan dapat diputar sampai 360°. Pada bagian pinggir dudukan dibuat skala-skala sudut dengan kecermatan pembacaan 6'.

Jika hendak dilakukan pengukuran atau pemeriksaan elemen linier, dudukan dilengkapi dengan sliding carriage yang dapat menggeser dudukan dalam arah vertikal dan horizontal. Kecermatan pembacaannya mampu 0,01 mm.

Untuk keperluan pemeriksaan dan pengukuran, pada layar dibuat garis vertikal dan horizontal. Garis ini digunakan sebagai garis acuan. Metode pengukuran sudut diperlihatkan pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Pengukuran pada layar Profil proyektor

Besarnya sudut dapat ditentukan dengan cara memutar dudukan sehingga garis atas benda menjadi horizontal. Dengan cara yang sama dapat diperiksa kebenaran ulir.

BAB IV

PENGUKURAN TIDAK LANGSUNG

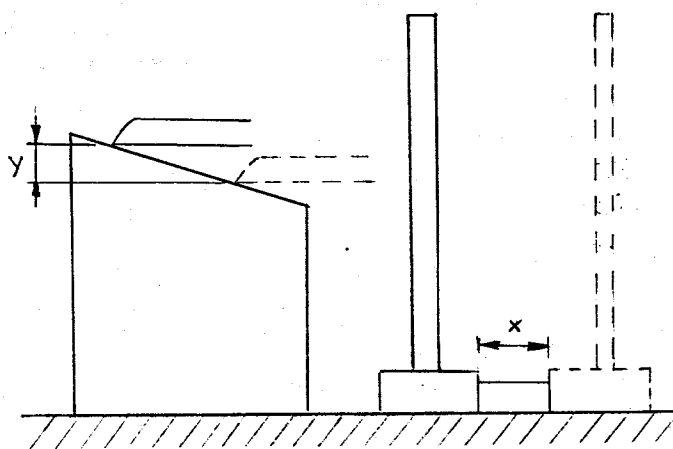
Pada kenyataannya banyak ditemukan bentuk-bentuk benda yang relatif rumit, sehingga tidak memungkinkan alat ukur untuk melakukan pengukuran dan langsung mengetahui hasilnya. Agar data benda tersebut dapat diperoleh, maka diperlukan alat-alat lain sebagai bantuan.

Model pengukuran semacam ini disebut pengukuran tidak langsung, sebab untuk memperoleh data yang dimaksud tidak dapat langsung diketahui, tetapi masih memerlukan analisis melalui persamaan-persamaan yang sesuai untuk permasalahan itu.

A. Pengukuran Sudut Plat

Benda-benda plat (lebar dan tipis) yang bersudut dikategorikan sebagai sudut plat. Dalam hal bentuk tersebut sulit dijangkau oleh alat ukur langsung, maka diperlukan alat ukur tidak langsung. Beberapa cara untuk menentukan sudut plat dapat diikuti sebagai berikut:

1. Sudut Plat Luar



Gambar 4.1 Pengukuran sudut plat luar

Untuk menentukan sudut plat luar diperlukan alat-alat berupa: high gauge, blok ukur, dan meja rata. Dengan peralatan tersebut, besarnya sudut dapat

ditentukan dengan persamaan:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{x}$$

di mana: y = selisih pengukuran ketinggian sebelum dan sesudah menggunakan blok ukur.

x = ketebalan blok ukur.

Contoh

Sebuah plat ingin diketahui besar sudutnya. Pada pengukuran tersebut digunakan blok ukur dengan ukuran 10 mm. Sebelum menggunakan blok ukur, high gauge menunjukkan ukuran 75 mm; dan setelah menggunakan blok ukur high gauge menunjukkan 68,55 mm.

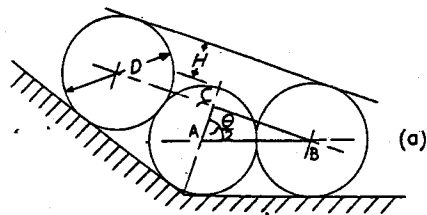
Dengan demikian besarnya sudut plat adalah:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{75 - 68,55}{10} \\ &= 0,645 \\ \alpha &= 32^{\circ} 49' \end{aligned}$$

2. Sudut Tumpul

Sudut tumpul berarti sudut 90° . Untuk mengukur sudut tumpul yang berada diantara $90^{\circ} - 180^{\circ}$, dapat menggunakan bantuan 3 buah rol yang diameternya sama dan mikrometer kedalaman (depth micrometer).

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG



Gambar 4.2 Pengukuran sudut tumpul
(KWB Sharp, 1970:90)

Dari gambar 4.2 dapat ditentukan:

$$ABC = EFG$$

sehingga $AC = EF = H$, yaitu hasil pengukuran menggunakan mikrometer kedalaman.

$$AB = EG$$

$$\text{maka, } \cos \frac{\theta}{2} = \frac{AC}{AB}$$

$$\text{atau } \cos \frac{\theta}{2} = \frac{H}{D}$$

di mana:

$$\frac{\theta}{2} = \text{setengah dari sudut yang diukur}$$

$$H = \text{pembacaan mikrometer kedalaman}$$

$$D = \text{diameter rol silinder}$$

Harga θ (sudut yang diukur) dapat diperoleh dengan mengalikan dua harga hasil analisis tersebut.

Contoh

Sebuah benda yang mempunyai sudut plat dalam ingin diketahui besar sudutnya. Setelah benda dan alat

dirakit seperti gambar, diperoleh harga pengukuran dengan mikrometer kedalaman adalah 24 mm. Besarnya diameter rol silinder yang digunakan adalah 10 mm. Maka besarnya sudut dapat ditentukan:

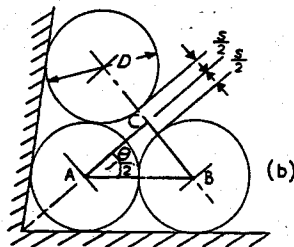
$$\begin{aligned} \cos \frac{\theta}{2} &= \frac{5,24}{10} \\ &= 0,524 \\ \frac{\theta}{2} &= 58^{\circ} 23' \end{aligned}$$

Dengan demikian besarnya sudut benda tersebut adalah $116^{\circ} 46'$.

3. Sudut Lancip

Sudut lancip berarti sudut $< 90^{\circ}$. Pada sudut ini pengukuran akan efektif apabila dibagi atas 2 kategori, yaitu pengukuran sudut antara 60° dan 90° serta $< 60^{\circ}$.

Pengukuran sudut antara 60° dan 90° memerlukan bantuan 3 buah rol berdiameter sama dan vernier caliper.



Gambar 4.3 Pengukuran sudut lancip $> 60^{\circ}$
(KWB Sharp, 1970:90)

Dari gambar 4.3 tersebut dapat diketahui:

$$BC = \frac{d + s}{2}$$

dan $AB = d$

Dengan demikian:

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{BC}{AB}$$

atau

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{d + s}{2d}$$

dimana:

d = diameter rol silinder

s = jarak antara rol yang diukur dengan vernier caliper.

Untuk menentukan harga sudut benda, hasil analisis dikalikan dua.

Contoh

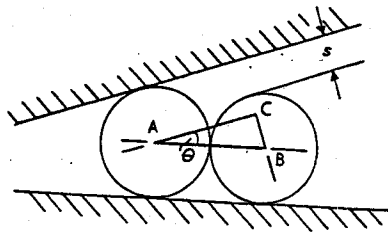
Dari pengukuran sudut plat diketahui jarak antara dua rol yang diukur dengan vernier caliper adalah 2,35 mm dan diameter rol 10 mm. Maka sudut benda dapat dicari dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \sin \frac{\theta}{2} &= \frac{10 + 2,35}{2 \cdot 10} \\ &= 0,6175 \end{aligned}$$

$$\frac{\theta}{2} = 38^{\circ} 8'$$

Dengan demikian sudut benda tersebut adalah $76^{\circ}16'$.

Untuk mengukur sudut lancip $< 60^{\circ}$, cukup memerlukan bantuan 2 buah rol silinder berdiameter sama dan vernier caliper.



Gambar 4.4 Pengukuran sudut lancip $< 60^\circ$
(KWB Sharp, 1970:90)

Dari gambar 4.4 dapat diketahui $BC = s$
sehingga

$$\sin \theta = \frac{s}{d}$$

di mana:

d = diameter rol silinder

s = jarak antara rol dengan bidang diukur dengan vernier caliper

Contoh

Dari pengukuran sudut plat diperoleh ukuran jarak antara rol dengan bidang ukur adalah 6,45 mm. Diameter rol yang digunakan adalah 10 mm.

Dengan demikian besarnya sudut dapat ditentukan:

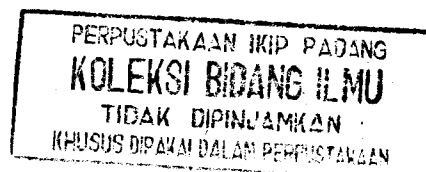
$$\sin \theta = \frac{6,45}{10}$$

$$= 0,645$$

$$\theta = 40^\circ 9'$$

B. Pengukuran Sudut Konis

Sudut konis adalah sudut yang terbentuk pada benda silinder yang diameter ujung-ujungnya tidak sama. Sudut konis ini terbagi atas 2 jenis, yaitu; sudut konis luar dan sudut konis dalam. Sudut konis luar adalah sudut pada benda yang berbentuk poros, sedangkan sudut konis dalam

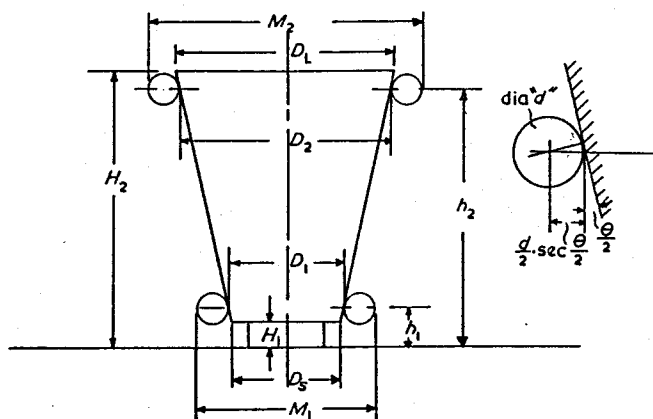


adalah sudut pada benda yang berbentuk lubang.

1. Konis luar

Untuk menentukan besarnya sudut konis luar diperlukan bantuan: 2 buah rol silinder yang berdiameter sama, beberapa keping slip gauge, mikrometer luar, dan meja rata.

Pengukuran dapat dilakukan dengan cara seperti pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Pengukuran konis luar
(KWB Sharp, 1970:109)

Dari gambar 4.5 tersebut dapat ditentukan:

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{M_2 - M_1}{2(h_2 - h_1)}$$

di mana:

M_2 = Pengukuran mikrometer pada diameter besar

M_1 = pengukuran mikrometer pada diameter kecil

$h_2 - h_1$ = Tinggi blok ukur pada pengukuran h_2

Contoh

Pada pengukuran ketirusan sebuah silinder konis, diperoleh data sebagai berikut:

Pengukuran mikrometr pada diameter besar 35,56 mm dan pengukuran mikrometer pada diameter kecil 12,24

mm. Rol yang digunakan berdiameter 10 mm. Tinggi blok ukur pada diameter besar 50 mm dan pada diameter kecil 10 mm.

Dengan data tersebut akan diperoleh:

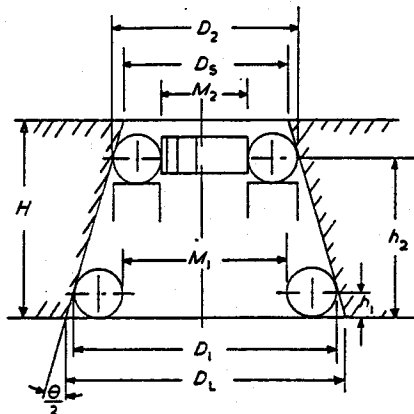
$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{35,56 - 12,24}{2(50 - 10)}$$

$$\frac{\theta}{2} = 16^{\circ} 15'$$

Maka sudut konis benda adalah $32^{\circ} 30'$

2. Konis Dalam

Pengukuran konis dalam relatif lebih sulit dibandingkan dengan konis luar. Kesulitan tersebut terletak pada merakit alat-alat bantu guna mendapatkan posisi tertentu sehingga diperoleh persamaan yang tepat. Berdasarkan besarnya lobang, pengukuran konis dalam dibagi atas 3 kategori, yaitu: pengukuran konis dalam yang berdiameter besar, sedang, dan kecil. Pengukuran konis dalam yang berdiameter besar dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut:



Gambar 4.6 Pengukuran konis dalam diameter besar
(KWB Sharp, 1970:112)

Untuk keperluan pengukuran seperti pada gambar 4.6 diperlukan alat-alat berupa: blok ukur, 2 buah bola baja berdiameter sama, T-gauge, dan mikrometer. Dari gambar 4.6 tersebut dapat dijelaskan: M_1 adalah pengukuran T-gauge (kemudian besarnya ditentukan oleh mikrometer) pada bagian yang berdiameter besar. M_2 pengukuran pada diameter kecil, sedangkan $(h_2 - h_1)$ merupakan ketinggian blok ukur.

Pengukuran ini harus sabar dan teliti. Hal ini disebabkan karena bentuk bola, sehingga sangat sulit mengambil titik singgung antara T-gauge dengan bola. Dalam mengambil data tersebut diperlukan perasaan yang tinggi. Dari gambar 4.6 di atas dapat diperoleh persamaan:

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{M_1 - M_2}{2(h_1 - h_2)}$$

Pada persamaan tersebut dapat diketahui bahwa besarnya diameter bola tidak mempengaruhi, yang penting berdiameter sama.

Contoh

Dari pengukuran konis dalam diperoleh data

sebagai berikut:

Hasil pengukuran T-gauge pada diameter besar 55,36 dan pada diameter kecil 20,18 mm. Tinggi high gauge yang digunakan 32 mm.

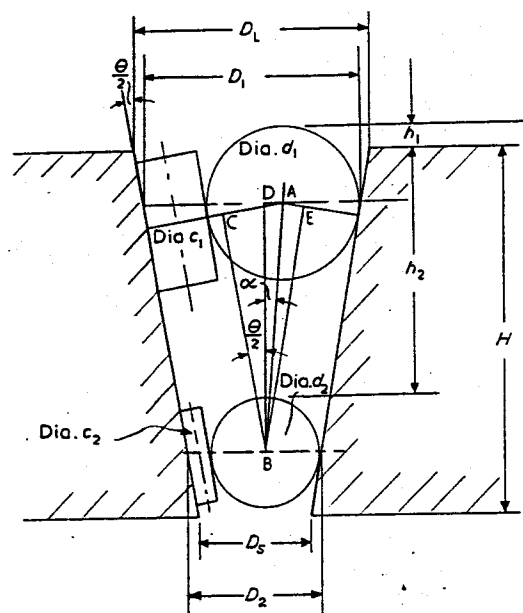
Dengan demikian besarnya sudut dapat ditentukan:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} &= \frac{55,36 - 20,18}{32} \\ &= 0,55 \end{aligned}$$

$$\frac{\theta}{2} = 28^{\circ} 48'$$

Maka besarnya sudut dalam benda tersebut adalah $57^{\circ} 36'$.

Pengukuran konis dalam berdiameter sedang dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut:



Gambar 4.7 Pengukuran konis dalam diameter sedang (KWB Sharp, 1970:117)

Untuk keperluan itu dibutuhkan 2 buah bola baja yang berbeda diameter, 2 buah pin silinder yang berbeda diameter, dan mikrometer kedalaman.

Kesulitan yang sering terjadi pada model pengukuran ini adalah sulitnya mencari atau menentukan

diameter pin dan bola agar dapat bersentuhan pada satu titik seperti pada gambar.

Dari gambar 4.7 di atas dapat dijelaskan sebagai berikut: O_1 dan O_2 adalah titik pusat bola yang masing-masing berdiameter D_1 dan D_2 . O_2A sejajar dengan sisi kanan lubang dan O_2B sejajar dengan sisi kiri. Sedangkan O_2C menggambarkan garis yang berimpit dengan sumbu lubang atau garis yang membagi sudut atas dua bagian sama besar.

Dari O_1BO_2 diperoleh persamaan:

$$\sin \left(\frac{\theta}{2} + \alpha \right) = \frac{O_1B}{O_1O_2} \dots \dots \dots (1)$$

Dari O_1O_2A diperoleh persamaan:

$$\sin \left(\frac{\theta}{2} - \alpha \right) = \frac{O_2A}{O_1O_2} \dots \dots \dots (2)$$

Persamaan (1) dan (2) jika dijumlahkan akan diperoleh:

$$2 \sin \frac{\theta}{2} \cos \alpha = \frac{O_1B + O_2A}{O_1O_2}$$

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{O_1B + O_2A}{O_1O_2} \times \frac{\sec \alpha}{2} \dots \dots \dots (3)$$

padahal:

$$O_1B = \left(\frac{D_1}{2} + d_1 \right) - \left(\frac{D_2}{2} + d_2 \right)$$

$$O_1A = \frac{D_1}{2} - \frac{D_2}{2}$$

$$O_1O_2 = O_2C \sec \alpha$$

$$= (H_1 + H_2 - \frac{D_1}{2} + \frac{D_2}{2}) \sec \alpha$$

Dengan memasukkan harga tersebut pada persamaan (3), akan diperoleh:

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{(\frac{D_1}{2} + d_1 - \frac{D_2}{2} - d_2) + \frac{D_1}{2} - \frac{D_2}{2}}{(H_1 - H_2 - \frac{D_1}{2} + \frac{D_2}{2}) \sec \alpha} \times \frac{\sec \alpha}{2}$$

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{(D_1 - D_2) + (d_1 - d_2)}{2(H_1 - H_2) - (D_1 - D_2)}$$

di mana:

D_1 = Diameter bola besar

D_2 = Diameter bola kecil

d_1 = Diameter pin besar

d_2 = Diameter pin kecil

$H_1 - H_2$ = Perbedaan pengukuran dari bola I ke bola II

Contoh

Pada pengukuran sudut konis dalam diperoleh data sebagai berikut: Bola baja yang digunakan masing-masing berdiameter 14 mm dan 8 mm. Pin yang digunakan berdiameter 2mm dan 1mm. Tinggi pengukuran dari permukaan ke bola II 30,25 mm dan ke bola I 5,76 mm.

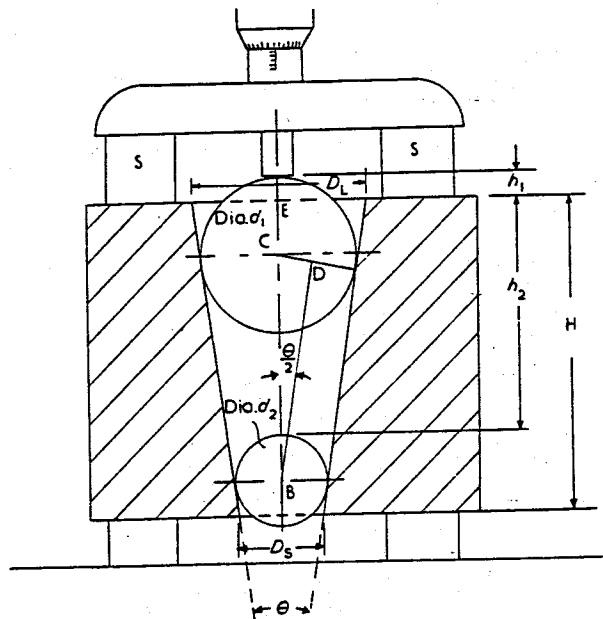
Dengan demikian besarnya sudut konis dalam dapat ditentukan:

$$\begin{aligned} \sin \frac{\theta}{2} &= \frac{(D_1 - D_2) + (d_1 - d_2)}{2(H_1 - H_2) - (D_1 - D_2)} \\ &= \frac{(14 - 8) + (2 - 1)}{2(30,25 - 5,76) - (14 - 8)} \\ &= 0,1628 \end{aligned}$$

$$\frac{\theta}{2} = 9^\circ 22'$$

Sehingga besarnya sudut konis dalam benda adalah $18^\circ 44'$.

Pengukuran konis dalam berdiameter kecil dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut:



Gambar 4.8 Pengukuran konis dalam diameter kecil (KWB Sharp, 1970:114)

Pada pengukuran ini, alat yang diperlukan hanya 2 buah bola baja yang berbeda diameter dan mikrometer kedalaman. Bola baja berdiameter besar diusahakan agak terbenam dari permukaan atas benda, dan yang

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

berdiameter kecil agak keluar dari bagian bawah benda. Hal ini dimaksudkan agar diperoleh harga sudut yang reatif benar, karena menyinggung sisi bagian atas benda ukur.

Dari gambar 4.8 dapat ditentukan persamaan:

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{O_1A}{O_1O_2}$$

padahal:

$$O_1A = \frac{D_1 - D_2}{2}$$

$$O_1O_2 = (H_2 - H_1) - \left(\frac{D_1 - D_2}{2} \right)$$

sehingga:

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{D_1 - D_2}{2(H_2 - H_1) - (D_1 - D_2)}$$

di mana:

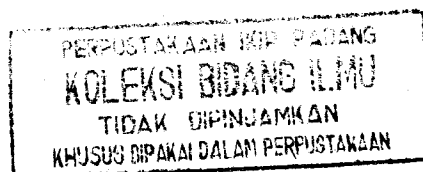
D_1 = Diameter bola baja yang besar

D_2 = Diameter bola baja yang kecil

$H_2 - H_1$ = Perbedaan pengukuran dari permukaan benda ke bola kecil dan permukaan ke bola besar

Contoh

Pada pengukuran sudut konis dalam digunakan bola baja yang berdiameter 10 mm dan 4 mm. Pengukuran dari permukaan benda ke bola kecil 24, 98 mm dan ke bola besar 2,14 mm.



Dengan demikian besarnya sudut konis dalam dapat ditentukan:

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{D_1 - D_2}{2(H_2 - H_1) - (D_1 - D_2)}$$

$$= \frac{10 - 4}{2(24,98 - 2,14) - (10 - 4)}$$

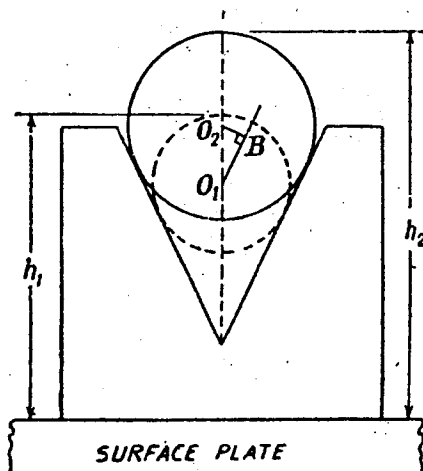
$$= 0,15$$

$$\frac{\theta}{2} = 8^\circ 37'$$

Dengan demikian besarnya sudut konis dalam benda adalah $17^\circ 14'$.

C. Alur V

Untuk mengukur besarnya sudut sebuah benda yang beralur V, diperlukan 2 buah bola baja atau pin silinder yang berbeda diameter, high gauge, dan meja rata.



Gambar 4.9 Pengukuran sudut alur V
(RK Jain, 1980:411)

Langkah pengukuran dapat dijelaskan sebagai berikut:
Bola atau pin secara sendiri-sendiri dimasukkan ke dalam alur V. Pada setiap bola atau pin yang telah berada di

dalam alur, diukur ketinggiannya terhadap meja rata dengan menggunakan high gauge.

Dari gambar 4.9 di atas dapat dilihat bahwa O_1 dan O_2 adalah titik pusat masing-masing bola atau pin yang jika dihubungkan merupakan garis sumbu sudut alur V. Garis O_1B adalah garis yang sejajar dengan sisi miring alur V dan O_2B tegak lurus O_1B .

$$O_1B = \frac{d_2 - d_1}{2}$$

sedangkan $O_1O_2 = (h_2 - \frac{d_2}{2}) - (h_1 - \frac{d_1}{2})$

$$= (h_2 - h_1) - (\frac{d_2 - d_1}{2})$$

sehingga:

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{O_2B}{O_1O_2}$$

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{d_2 - d_1}{2(h_2 - h_1) - (d_2 - d_1)}$$

Contoh

Sebuah benda yang beralur V ingin diketahui berapa besarnya sudut alur V tersebut. Pada pengukuran digunakan pin silinder yang berdiameter 10 mm dan 5 mm. Pengukuran antara pin yang besar dan yang kecil masing-masing 30,25 mm dan 22,24 mm.

Dengan data-data tersebut maka besarnya sudut alur V dapat ditentukan:

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{d_2 - d_1}{2(h_2 - h_1) - (d_2 - d_1)}$$

$$= \frac{10 - 5}{2(30,25 - 22,44) - (10 - 5)}$$

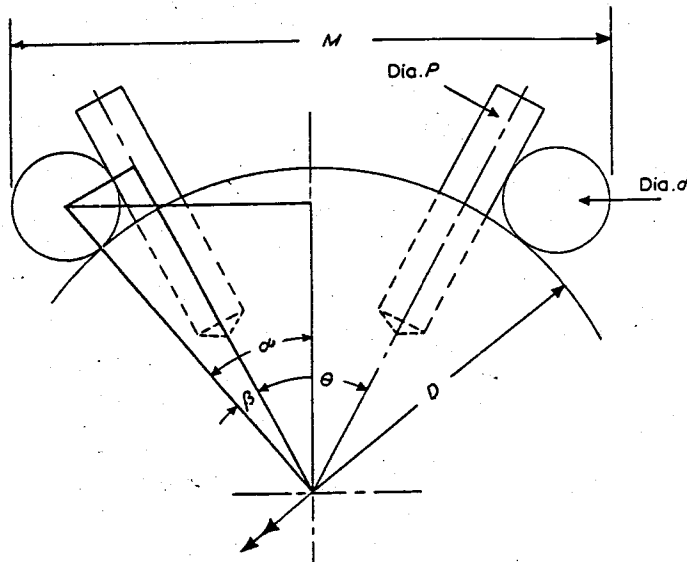
$$= 0,47$$

$$\frac{\theta}{2} = 28^{\circ} 2'$$

Dengan demikian besarnya sudut alur V adalah $56^{\circ} 4'$.

D. Sudut antara Dua Lubang

Pada komponen benda tertentu, lubang-lubang tidak dibuat tegak lurus terhadap permukaan, melainkan saing membentuk sudut.



Gambar 4.10 Pengukuran sudut antara dua lubang
(KWB Sharp, 1970:184)

Untuk mengukur besarnya sudut antara dua lubang seperti pada gambar 4.10 diperlukan 2 buah bola baja yang berdiameter sama, 2 buah pin yang diameternya sama dengan diameter lubang, dan mikrometer luar.

Pin yang diameternya sama dengan diameter lubang dimaksudkan supaya antara lubang dengan pin tidak longgar sehingga garis sumbu lubang sama dengan garis sumbu pin.

Dari gambar 4.10 di atas dapat dilihat:

$$AB = \frac{M - d}{2}$$

$$OB = \frac{D + d}{2}$$

$$BC = \frac{p + d}{2}$$

$$\sin \alpha = \frac{AB}{OB}$$

$$\sin \alpha = \frac{M - d}{D + d}$$

$$\sin \beta = \frac{BC}{OB}$$

$$\sin \beta = \frac{p + d}{D + d}$$

Besarnya sudut antara dua lubang adalah:

$$\theta = 2 (\alpha - \beta)$$

Contoh

Sebuah poros yang berdiameter 100 mm terdapat 2 buah lubang yang saling membentuk sudut. Garis sumbu kedua lubang akan bertemu pada titik pusat poros. Untuk mengukur besarnya sudut antara dua lubang digunakan pin silinder yang berdiameter 10 mm dan bola baja yang diameternya 8 mm. Pengukuran antara bola baja adalah 45,67 mm.

Dengan data-data tersebut dapat ditentukan besarnya sudut:

$$\begin{aligned}\sin \alpha &= \frac{45,67 - 10}{100 + 10} \\ &= 0,324 \\ &= 18^\circ 4'\end{aligned}$$

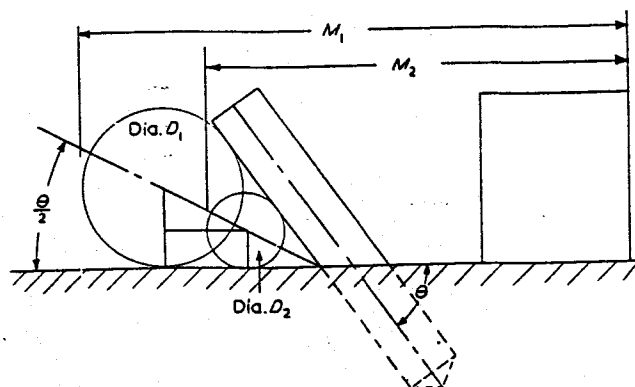
$$\begin{aligned}\sin \beta &= \frac{10 + 8}{100 + 10} \\ &= 0,145 \\ &= 8^\circ 20'\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta &= 2 (18^\circ 54' - 8^\circ 20') \\ &= 21^\circ 8'\end{aligned}$$

Dengan demikian besarnya sudut antara dua lubang adalah $21^\circ 8'$.

E. Sudut Lubang

Apabila sebuah lubang terdapat pada sebuah benda dan membentuk sudut terhadap permukaan benda seperti gambar 4.11, untuk menentukan besarnya sudut lubang tersebut diperlukan alat berupa: 2 buah rol yang berbeda diameter, pin silinder yang diameternya sama dengan diameter lubang, dan blok siku sebagai acuan pengukuran, serta vernier caliper.



Gambar 4.11 Pengukuran sudut lubang
(KWB Sharp, 1970:185)

Dari gambar 4.11 dapat dilihat:

O_1O_2 adalah jarak titik pusat kedua bola yang membagi sudut menjadi 2 bagian sama besar.

$$O_1B = \frac{D_1 - D_2}{2}$$

$$O_2B = \left(M_1 - \frac{D_1}{2} \right) - \left(M_2 - \frac{D_2}{2} \right)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{O_1B}{O_2B}$$

$$= \frac{\frac{D_1 - D_2}{2}}{\left(M_1 - \frac{D_1}{2} \right) - \left(M_2 - \frac{D_2}{2} \right)}$$

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{D_1 - D_2}{2(M_1 - M_2) - (D_1 - D_2)}$$

Contoh

Sebuah benda berlubang miring terhadap permukaan ratanya. Untuk mengukur kemiringan sudut bend tersebut, terhadap permukaannya digunakan rol masing-masing berdiameter 25 mm dan 10 mm. Pengukuran dari rol besar ke acuan (blok siku) 50,55 mm dan dari rol kecil ke acuan 30,45 mm.

Dengan data-data tersebut, besarnya sudut dapat ditentukan:

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{D_1 - D_2}{2(M_1 - M_2) - (D_1 - D_2)}$$

$$= \frac{25 - 10}{2 (50,55 - 30,45) - (25 - 10)}$$

$$= 0,595$$

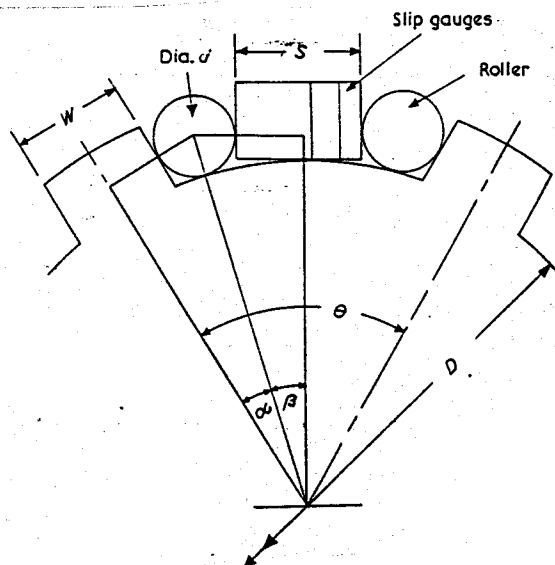
$$\frac{\theta}{2} = 30^{\circ} 45'$$

Dengan demikian kemiringan sudut benda adalah $61^{\circ} 30'$.

F. Sudut Splines

Splines adalah poros yang pada permukaannya terdapat penahan-penahan yang akan berpasangan pada lubang. Kedudukan penahan-penahan tersebut harus presisi agar suaian antara poros dan lubang tidak sesak dan tidak pula longgar.

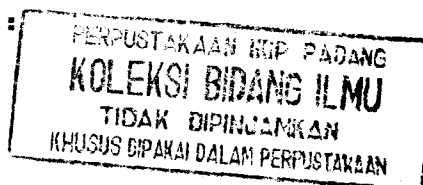
Untuk memeriksa ketepatan posisi penahan, sangat efektif apabila sudut antara splines yang diukur seperti terlihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Pengukuran splines
(KWB Sharp, 1970:187)

Untuk keperluan pengukuran itu dibutuhkan 2 buah rol yang berdiameter sama dan vernier caliper.

Dari gambar 4.12 dapat dilihat:



$$\sin \alpha = \frac{1/2 (W + d)}{1/2 (D + d)}$$

$$= \frac{(W + d)}{(D + d)}$$

$$\sin \beta = \frac{1/2 (S + d)}{1/2 (D + d)}$$

$$= \frac{S + d}{D + d}$$

$$\theta = 2 (\alpha + \beta)$$

Contoh

Pada pengukuran sudut splines digunakan rol dengan ukuran \varnothing 10 mm. Diameter poros 200 mm dan ketebalan splines 35 mm. Pengukuran antara 2 rol dengan menggunakan vernier caliper 45,65 mm.

Dengan demikian besarnya sudut splines dapat ditentukan:

$$\sin \alpha = \frac{W + d}{D + d}$$

$$= \frac{35 + 10}{200 + 10}$$

$$= 0,21$$

$$\alpha = 12^{\circ} 7'$$

$$\sin \beta = \frac{S + d}{D + d}$$

$$= \frac{45,65 + 10}{200 + 10}$$

$$= 0,265$$

$$\beta = 15^{\circ} 22'$$

Dengan demikian besar sudut splines adalah:

$$\begin{aligned}\theta &= 2 (12^{\circ} 7' + 15^{\circ} 22') \\ &= 50^{\circ} 58'\end{aligned}$$

BAB V

PENGUKURAN SUDUT DENGAN BATANG SINUS

Batang sinus atau sine bar merupakan suatu alat ukur sudut yang sangat presisi sekali, dan digunakan untuk mengukur serta memeriksa sudut dengan sangat teliti. Konstruksinya sangat sederhana, yaitu seperti batang paralel. Dalam proses pengukurannya batang sinus memerlukan beberapa alat bantu, sehingga dengan demikian batang sinus masuk kategori alat ukur tidak langsung. Namun karena alat ini mempunyai karakteristik khusus, pada buku ini dibuat bahasan tersendiri. Selain memerlukan alat bantu, batang sinus pun dalam mengukur sudut ini memerlukan analisa lebih lanjut.

Dalam pelaksanaan pengukuran sudut, sistem batang sinus dibagi atas 2 unit, yaitu:

1. Batang sinus
2. Alat bantu

A. Batang Sinus

Konstruksi batang sinus sangat sederhana. Dari keseluruhan bentuknya, batang sinus dapat dibagi atas bagian utama, yaitu: sensor, rol, dan penahan.

1. Sensor Batang Sinus

Sensor batang sinus ini adalah permukaan tempat meletakkan benda yang akan diukur. Sensor ini dibuat sangat teliti, sejajar, licin, keras, dan tahan terhadap korosi. Penyimpangan yang boleh terjadi pada sensor ini maksimal 0,0005 mm. Pada proses pengukuran diharapkan permukaan benda ukur pun harus rata dan halus. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh sudut yang benar-benar tepat. Jika benda yang akan diukur kurang rata permukaannya, maka akan sulit diperoleh sudut yang benar, karena permukaan benda dengan sensor kurang rapat.

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

Untuk menghindari penyimpangan-penyimpangan yang dapat terjadi akibat berat benda ukur ataupun berat batang sinus, maka pada bagian sisinya diberi lubang-lubang yang fungsinya untuk mengurangi beban pada waktu pengukuran. Selain itu pemberian lubang dimaksudkan untuk keperluan pembuatan batang sinus dan keperluan proses pengukuran.

2. Rol Batang Sinus

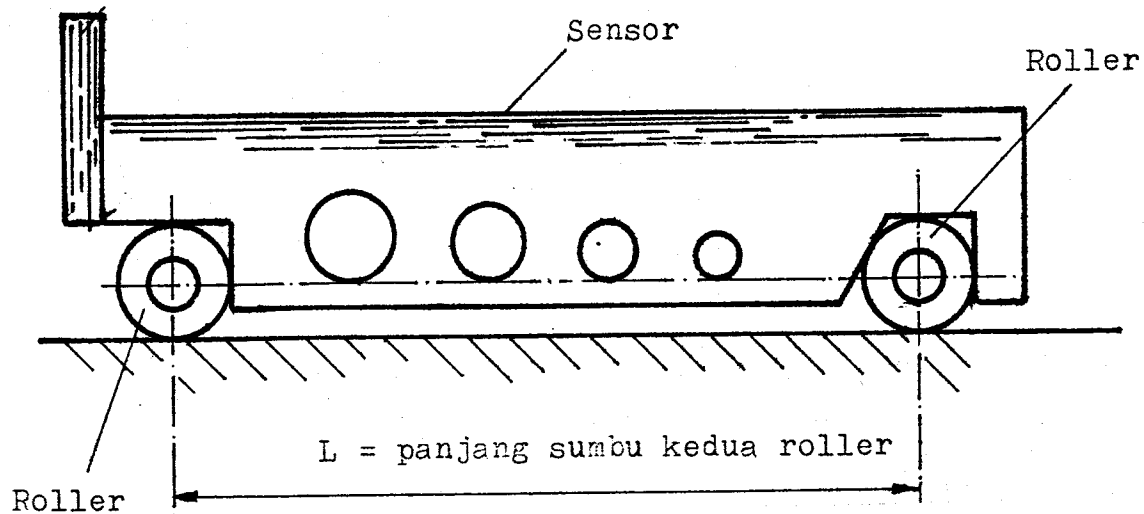
Batang sinus mempunyai 2 buah rol yang berdiameter sama, berfungsi sebagai penyangga batang sinus. Selain mempunyai diameter yang sama besar, kedudukan rol harus sesumbu dan sejajar dengan permukaan sensor.

Rol dipasang pada bagian bawah penahan dan yang lainnya dipasang pada ujung batang sinus. Jarak antara kedua titik pusat rol ini telah ditentukan terlebih dahulu, yaitu 50 mm, 100 mm, 200 mm. Karena jarak sumbu ini sangat penting, maka penyimpangan terbesar yang diizinkan untuk kesumbuan ini adalah 1 micron. Jarak kedua titik pusat rol ini sangat berpengaruh terhadap kemampuan ukur dari batang sinus. Semakin besar jarak kedua titik pusat rol, semakin besar pula daerah pengukurannya.

3. Penahan

Penahan pada batang sinus ini berfungsi untuk menahan benda ukur supaya tetap rapat pada sensor. Penahan ini biasanya terdapat di atas rol tetap atau rol belakang. Seandainya penahan ini tidak ada, maka batang sinus tidak mampu mengukur sudut secara benar.

Gambar 5.1 menunjukkan sebuah batang sinus dan komponen-komponennya.



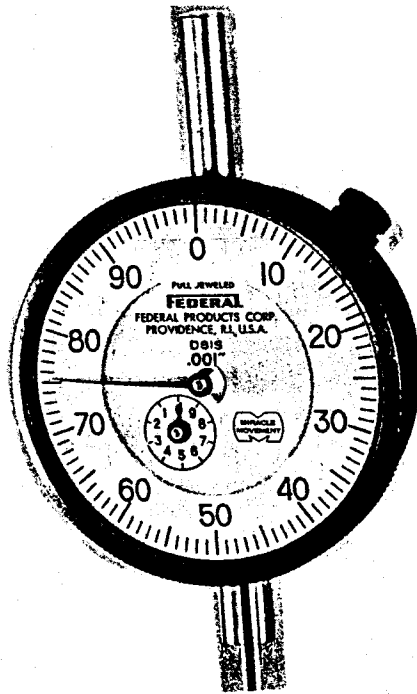
Gambar 5.1 Batang sinus

B. Alat-alat Bantu Batang Sinus

Dalam pengukuran atau pemeriksaan besarnya sudut suatu benda kerja, batang sinus membutuhkan beberapa alat bantu. Tanpa alat bantu tersebut batang sinus tidak dapat menentukan besarnya sudut benda ukur. Alat-alat bantu itu ialah: dial indikator, blok ukur, blok penyiku, dan meja rata.

1. Dial Indikator

Dial indikator ini berguna untuk mengontrol permukaan salah satu bidang dari benda ukur. Untuk mendapatkan hasil kontrol yang baik, sebaiknya dipakai dial indikator yang mempunyai ketelitian tinggi (gambar 5.2).



Gambar 5.2 Dial indikator
(KJ Hume, 1970:138)

Pelaksanaan kontrol dengan dial indikator ini dilakukan dengan menggeserkan ke kiri atau ke kanan pada permukaan benda ukur.

Biasanya dari hasil kontrol ini terdapat dua kemungkinan harga, yaitu: harga negatif dan harga positif.

1) Harga Negatif

Harga negatif ini terjadi bila gerakan jarum dari dial indikator berlawanan arah dengan arah jarum jam. Hal ini dapat diartikan bahwa permukaan bidang kontrol masih rendah. Sehingga susunan blok ukur harus dinaikkan sebesar (y) agar diperoleh ketinggian yang dikehendaki.

2) Harga positif

Harga positif terjadi bila gerakan jarum dial indikator bergerak searah jarum jam. Hal ini berarti bahwa permukaan yang akan diukur terlalu tinggi, sehingga susunan blok harus dikurangi sebesar (y) .

Besarnya penambahan atau pengurangan blok ukur mengikuti persamaan:

$$y = d \frac{L}{l}$$

di mana:

y = besar penambahan atau pengurangan blok ukur (blok ukur)

d = besar pergeseran dari dial indikator

l = panjang pergeseran dial indikator pada permukaan benda ukur

L = panjang sumbu kedua rol

2. Blok ukur

Blok ukur merupakan blok yang mempunyai harga ukuran yang standar. Ditinjau dari ketelitiannya, blok ukur ini dibagi atas kelas. Untuk keperluan pengukuran dan pemeriksaan yang bias digunakan adalah tipe B, yaitu blok ukur yang mempunyai ketelitian $\pm 0,00015$ mm.

Pada proses pengukuran, blok ukur digunakan sebagai tinggi dari harga H dalam persamaan nantinya. Agar dalam penyusunan blok ukur tidak terjadi aus dan pembengkokan, susunan blok ukur tidak boleh sembarangan. Usahakan blok ukur yang tebal atau berukuran besar terletak pada susunan bawah.

Untuk mendapatkan susunan blok ukur yang harus dipasang, harus diikuti prosedurnya. Misalnya blok ukur yang akan dipasang 57,150. Untuk memperoleh susunan blok ukur tersebut dapat diikuti prosedur sebagai berikut:

- 1) Tulis harga ketinggian yang akan dibuat susunannya, yaitu 57,150.
- 2) Mengurangi ukuran tersebut dengan blok ukur berukuran 4 mm.
- 3) Hilangkan nilai desimal yang masih ada dengan mengurangi 1,050 dan 1,1. Sehingga nilai tinggal 51 mm.
- 4) Kurangi lagi dengan 1mm.
- 5) Terakhir gunakan blok ukur 50 mm.

Dengan demikian susunan blok ukur yang akan dipakai adalah:

50,000, 4,000, 1,100, 1,050, dan 1,000 mm. Total susunan 57,150 mm.

Untuk merakit susunan blok ukur dapat diikuti prosedur sebagai berikut:

- 1) Bersihkan blok hingga bersih dengan kertas lunak. Dalam membersihkan sebaiknya blok ukur berada dalam genggaman.
- 2) Tempatkan ujung dari salah satu blok pada permukaan ujung blok lainnya.
- 3) Tekan ujung blok ukur bagian atas dan luncurkan pada blok ukur bagian bawah, sampai kedua blok ukur menyatu dan sejajar.

Apabila blok ukur tidak menyatu, kemungkinan disebabkan permukaan kurang bersih atau blok ukur tidak presisi lagi.

3. Blok Penyiku

Sesuai dengan namanya blok penyiku adalah blok yang mempunyai ukuran sudut standar 90° . Blok penyiku digunakan untuk penyearah gerakan landasan dial dalam pengontrolan dan tempat bersandarnya batang sinus dan benda uji agar tetap kokoh.

4. Meja Rata

Meja rata gunanya untuk meletakkan batang sinus, dial, dan blok penyiku di atas permukaannya. Meja rata ini mempunyai permukaan yang sangat teliti, rata, dan halus. Bagian sisinya siku terhadap permukaannya lainnya.

Alat ini dibuat dari granite yang berukuran 400 x 600 mm, 1,2 x 2,4 mm atau 1,5 x 3 mm.

5. Mistar

Mistar digunakan untuk mengukur panjang pergerakan dial dalam melakukan pengontrolan kesejajaran antara permukaan benda kerja dengan permukaan meja rata. Mistar ini tidak diperlukan apabila pada permukaan bidang ukur sudah ditetapkan batas pengukuran.

6. Universal Bevel Protractor

Agar dalam menentukan tinggi blok ukur yang harus dipasang tidak berspekulasi, perlu diperkirakan berapa besarnya sudut benda. Perkiraan sudut ini dapat menggunakan bevel protractor.

C. Penggunaan Batang Sinus

Penggunaan batang sinus ini dalam pengukuran sudut benda sangat terbatas. Sebenarnya dapat saja batang sinus digunakan untuk mengukur sudut melebihi ketentuan, tetapi memerlukan teknik-teknik tertentu. Untuk lebih baiknya batang sinus dibatasi untuk mengukur dan memeriksa sudut sampai 60° . Hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi, di samping untuk menjaga kesetimbangan sistem pengukuran.

1. Cara Pengukuran

Agar proses pengukuran dapat lebih terarah, perlu langkah-langkah yang sistematis.

1) Prosedur pengukuran

- a) Mempersiapkan segala sesuatu yang berhubungan dengan pengukuran benda ukur tersebut dan membersihkannya.

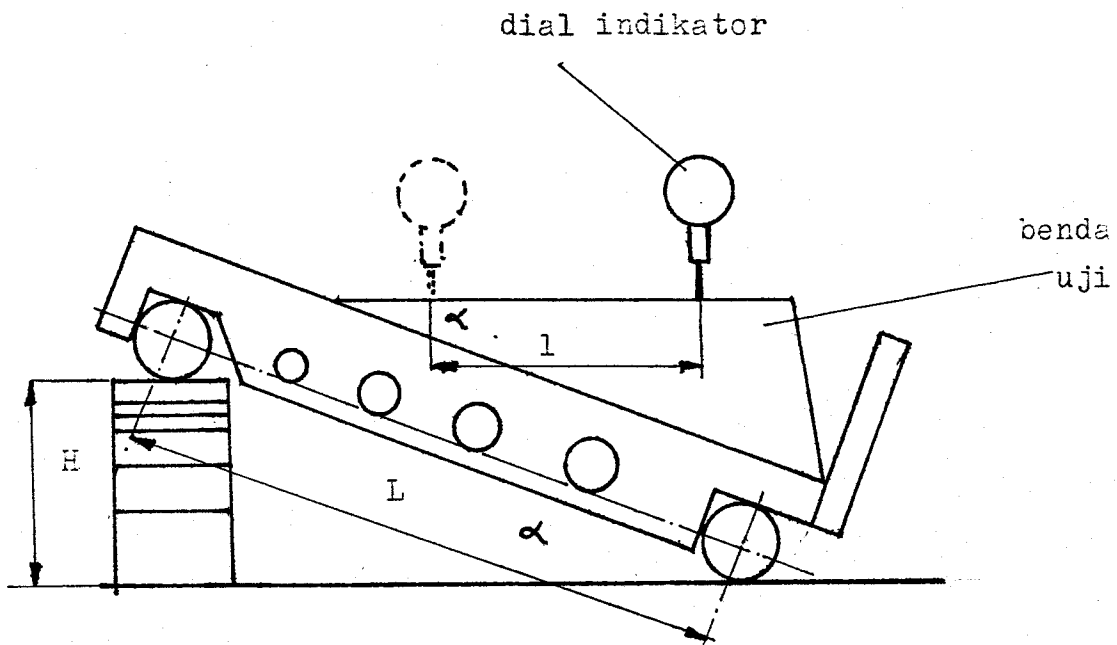
- b) Meletakkan peralatan di meja rata.
- c) Melakukan pengukuran sudut benda ukur dengan menggunakan bevel protractor. Hal ini perlu untuk menentukan tinggi blok ukur yang harus dipasang. Selain itu untuk membandingkan hasil pengukuran.
- d) Menentukan tinggi blok ukur yang akan digunakan dan menentukan ukuran blok ukur yang akan digunakan tersebut.
- e) Merakit semua sistem pengukuran seperti pada gambar 5.3
- f) Melakukan pengecekan kebenaran pemasangan blok ukur dengan jalan menggeserkan sensor dial pada permukaan benda ukur.
- g) Mencari harga perubahan tinggi blok ukur (penambahan atau pengurangan sesuai dengan persamaan).
- h) Menjumlahkan tinggi total blok ukur dengan menambah atau mengurangnya sebesar y .
- i) Menghitung sudut benda ukur dengan menggunakan rumus:

$$\sin \alpha = \frac{H}{L}$$

di mana:

H = Tinggi blok ukur setelah ditambah atau dikurangi dengan harga y .

L = panjang sumbu rol batang sinus yang digunakan



Gambar 5.3 Pengukuran sudut dengan Batang sinus

2) Batas-batas Pemakaian Batang Sinus

Batas-batas pemakaian batang sinus sangat perlu sekali diperhatikan. Hal ini disebabkan batang sinus tidak mampu mengukur semua macam-macam sudut dengan menghasilkan yang benar. Batasan-batasan itu diperlihatkan pada uraian di awah ini.

$$\sin 400 = 0,642$$

$$\sin 200 = 0,342$$

$$0,300$$

sedangkan

$$\sin 600 = 0,866$$

$$\sin 400 = 0,642$$

$$0,244$$

Dari uraian di atas dapat disimpulkan, bahwa harga sinus akan berubah dengan cepat sekali bila sudut kecil, sedangkan perubahan itu akan sangat lambat harga sudutnya besar. Untuk lebih jelasnya

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
540 EAST 57TH STREET
CHICAGO, ILL. 60637
TEL: 773-936-3000

dapat dilihat contoh berikut:

Akan dicari tinggi H dengan $L = 200$ mm.

$$\begin{aligned} \text{Untuk } 550 \text{ } 1' \text{ -----} &= 200 \sin 550 \text{ } 1' \\ &= 163,864 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk } 550 \text{ saja -----} &= 200 \sin 550 \\ &= 163,84 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perbedaan tinggi untuk $1'$ ini adalah $0,024$ mm

$$\begin{aligned} \text{Untuk } 150 \text{ } 1' \text{ -----} &= 200 \sin 150 \text{ } 1' \\ &= 51,82 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk } 150 \text{ saja -----} &= 200 \sin 150 \\ &= 51,76 \text{ mm} \end{aligned}$$

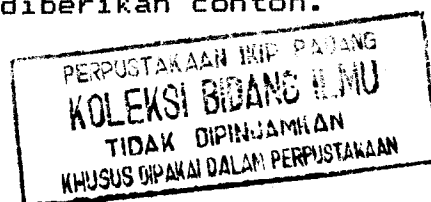
Perbedaan tinggi untuk $1'$ ini adalah $0,06$ mm.

Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin besar sudut, penentuan kesejajaran dan kedataran dari permukaan akan kritis sifatnya. Maksudnya adalah permukaan dari bidang ukur hampir sama posisinya dengan batang sinus.

Beberapa hal lain yang perlu diperhatikan adalah bahwa dalam mengukur sudut yang besar posisi rol angkat terlampau tinggi, sehingga dibutuhkan susunan blok ukur yang tinggi pula. Bila tidak terjadi keseimbangan antar rol tetap dengan rol angkat, maka posisi pengukuran tidak aman, benda ukur maupun batang sinus dapat tergulir. Agar susunan blok ukur tidak terlalu tinggi, maka kebutuhan dari blok ukur dibuat secukupnya.

2. Cara Pembacaan Alat Ukur Batang Sinus

Dalam menentukan hasil pengukuran sudut dengan batang sinus, diperlukan analisis dan prosedur yang harus dilakukan. Berikut ini diberikan contoh.



Sebuah benda ingin diukur besar sudutnya. Pengecekan sementara menggunakan bevel protractor diperoleh harga $20^{\circ} 25'$. Pengukuran sudut akan menggunakan batang sinus dengan panjang 10° mm.

Ada tiga tahap untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, yaitu: mencari tinggi blok ukur sementara, pengecekan dengan dial indikator, menentukan harga sudut sebenarnya.

1) Mencari Tinggi Blok Ukur Sementara

Pengukuran sudut menggunakan bevel protractor $20^{\circ} 25'$, sehingga dengan demikian tinggi blok ukur yang diperlukan untuk sudut itu adalah:

$$\begin{aligned} h &= L \sin 20^{\circ} 25' \\ &= 100 \times 0,34884 \\ &= 34,884 \text{ mm} \end{aligned}$$

Susunan blok ukur untuk ketinggian itu adalah: 1,004 mm, 1,48 mm, 1,4 mm, 6,0 mm, dan 25,0 mm.

2) Pengecekan dengan Dial Indikator

Pengecekan dengan dial indikator ini berguna untuk melihat apakah tinggi susunan blok ukur telah sesuai dengan sudut yang dikehendaki. Prosedusnya adalah dengan menjalankan dial, ujung sensor dari dial menyentuh permukaan benda kerja dan dengan bantuan blok penyiku agar gerakan pergeseran konstan, maka dia digeserkan ke kiri atau ke kanan sepanjang 1.

Dari hasil pengecekan tersebut akan diperoleh harga positif atau negatif. Misalkan dial indikator menunjukkan harga negatif sebesar 0,012 mm, ini berarti tinggi blok ukur yang dipasang masih kurang. Apabila jarak pergeseran 50 mm, maka penambahan blok ukur yang harus dilakukan adalah

sebesar:

$$y = 0,012 \frac{100}{50}$$

$$= 0,024 \text{ mm}$$

Dengan demikian tinggi blok ukur semestinya adalah $34,884 + 0,024 = 34,908 \text{ mm}$.

Pengecekan dilakukan kembali setelah pemasangan blok ukur tambahan. Apabila penambahan itu sudah benar, maka dial indikator tidak menunjukkan pembacaan lagi.

3) Mencari Harga Sudut yang Sebenarnya

Jika dial indikator tidak menunjukkan pembacaan lagi, artinya sudut yang diukur sudah tepat. Besarnya sudut yang diukur dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\sin \alpha = \frac{H}{L}$$

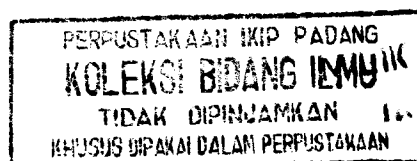
$$= \frac{34,908}{100}$$

$$= 0,34908$$

$$\alpha = 20^\circ 25' 51''$$

Dengan demikian besarnya sudut yang sebenarnya dari benda adalah $20^\circ 25' 51''$.

Dari data yang tersebut, dapat dibandingkan antar bevel protractor dengan batang sinus. Kelebihan batang sinus adalah mampu mengukur sampai detik (") sedangkan bevel protractor hanya mampu sampai 5 menit ('); kesalahan paralaks tidak mungkin terjadi pada batang sinus. Kelemahan batang



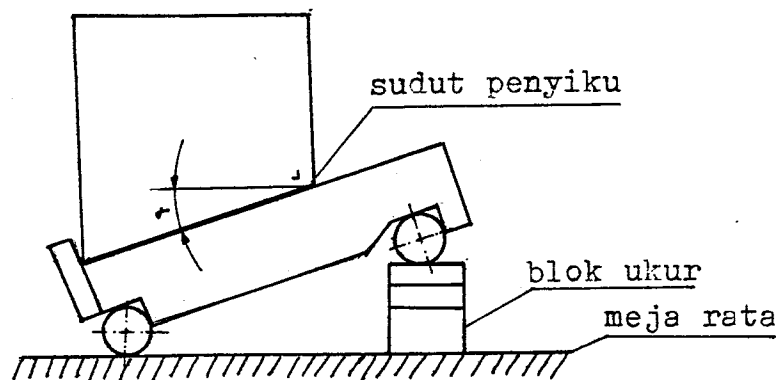
UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

1918
MAY 15
MAY 15 1918

sinus adalah tidak praktis.

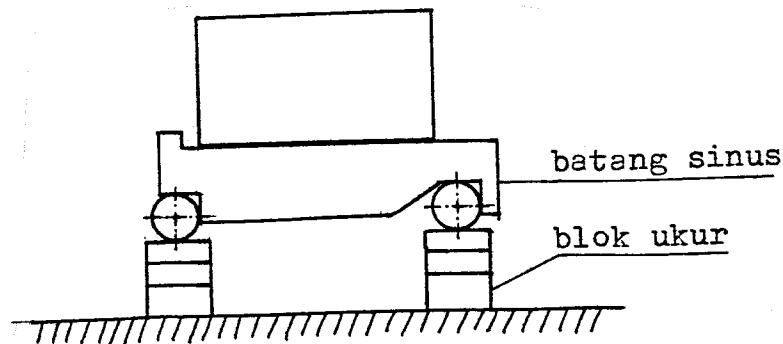
D. Mengukur Sudut $\geq 60^\circ$ dan Sudut-sudut Kecil

Untuk sudut $\geq 60^\circ$, cara yang diuraikan di atas tidak efektif. Pengukuran akan efektif apabila dilakukan dengan sudut penyikunya seperti pada gambar 5.4.



Gambar 5.4 Pengukuran dengan sudut penyiku

Untuk mengukur sudut yang relatif kecil juga tidak akan efektif apabila digunakan cara standar, sebab permukaan benda dengan permukaan meja rata hampir sejajar, dan sulit melakukan pengontrolan dengan dial indikator. Cara yang efektif adalah dengan mencari sudut pelurusnya. Bila hal ini tidak mungkin, maka dapat dilakukan dengan jalan memberi ganjal pada blok ukur di bawah kedua rol batang sinus (gambar 5.5).



Gambar 5.5 Pengukuran sudut kecil

Pemberian ganjal tidak boleh terlalu tinggi, yang penting dial indikator dapat menjangkaunya. Blok ukur yang relatif tinggi dapat menimbulkan kerusakan pada blok ukur tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Hume, KJ (1970); Engineering Metrology, Kalyani Publishers, New-Delhi.

Jain, RK (1980); Engineering Metrology, Khanna Publishers, Delhi-6.

Rochim, Taufik, & Sutarto, (1980); Teknik Pengukuran (Metrologi Industri), Depdikbud, Jakarta.

Sharp, KWB (1970); Practical Engineering Metrology, Pitmann Press, London-WG2.