

ILMU UKUR TANAH SERI ALAT SEDERHANA

531/14D/94



Oleh

Drs. Samian

Dosen FPK IKIP Padang

FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
P A D A N G
1 9 9 2

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

KATA PENGANTAR

Buku ini disusun bertujuan untuk membantu dan memberikan bekal bagi mahasiswa teknik Bangunan, Tambang dan Pertanian ataupun tenaga-tenaga teknik lainnya yang berkecimpung dalam pekerjaan pengukuran tanah dan bagi mereka yang akan mempelajari Ilmu Geodesi.

Dalam buku ini dibicarakan beberapa bagian yang penting dari pada Ilmu Ukur Tanah, merupakan dasar yang cukup untuk bisa mengenal alat-alat Ilmu Ukur Tanah Sederhana dan cara melakukan pengukuran serta menghitung jarak, sudut, luas areal dan beda tinggi/ketinggian titik-titik di lapangan yang diperlukan untuk suatu proyek. Kesemuanya disusun berdasarkan pengalaman-pengalaman penulis dalam mengajar Ilmu Ukur Tanah di FPTK IKIP Padang, ditambah dengan literatur-literatur yang telah penulis baca dan pelajari.

Dalam penulisan buku ini, penulis menyadari bahwa tentu masih ada beberapa hal yang belum sempurna, yang mungkin ditambahkan atau dikurangi. Dengan demikian dimohon kepada para pembaca yang budiman begitu juga teman-teman untuk dapat memberikan saran-saran ataupun tanggapan-tanggapan, sehingga nantinya dapat kita bahas bersama-sama demi tercapainya kesempurnaan buku ini.

Akhirnya tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan yang telah membantu dan memberikan dorongan kepada penulis hingga terciptanya buku ini.

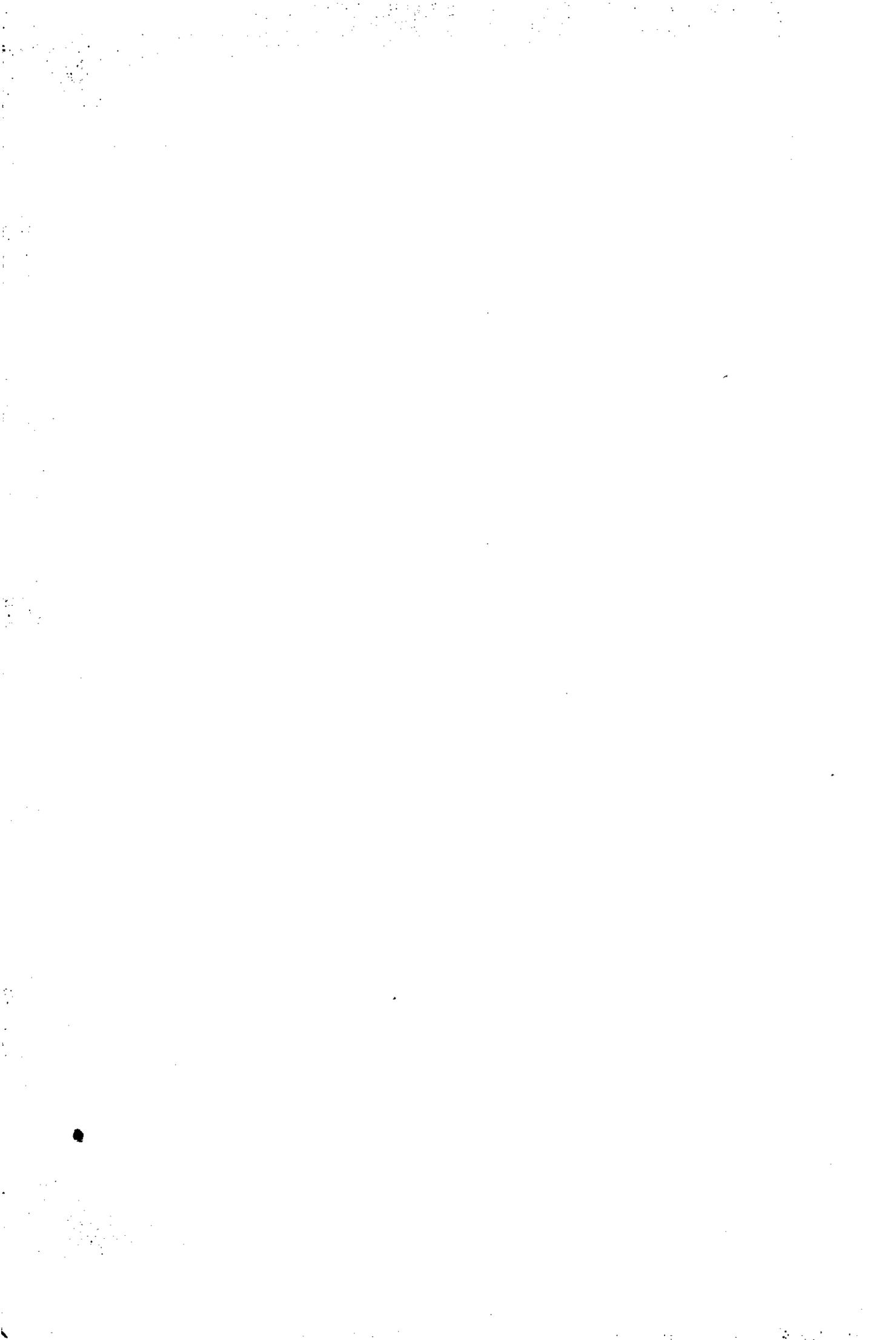
Padang, Januari 1992

Penulis.

MILIK LUT PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
NO. BUKU	13-7-9
NO. KEMBARA	170
NO. KOP	KEI
NO. VEKURS	531/10/94-12/2
NO. KAL	526.9 Sam 12

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
BAB. I. PENDAHULUAN	1
A. Defenisi Pengukuran Tanah	1
B. Kegunaan Pengukuran Tanah	4
C. Sejarah Pengukuran Tanah	5
D. Ruang Lingkup Pengukuran	9
E. Skala	10
F. Satuan Ukuran	11
BAB. II. JENIS ALAT UKUR SEDERHANA	14
A. Alat Ukur Jarak	14
B. Alat Ukur Sudut	20
C. Alat Ukur Luas	28
D. Alat Ukur Beda Tinggi	32
E. Alat-Alat Bantu Pengukuran	34
BAB. III. PENGUKURAN JARAK	37
A. Menentukan Titik di Lapangan	37
B. Membuat Garis Lurus di Lapangan	39
C. Pengukuran Jarak Datar	46
D. Pengukuran Jarak Miring	51
E. Pengukuran Jarak Yang Ada Halangan	54
F. Ketelitian dan Kekeliruan Pengukuran Ja- rak	56
BAB. IV. PENGUKAN SUDUT	59
A. Pengukuran Sudut Miring	59
B. Menentukan Besar Sudut	60
C. Pembuatan Sudut Siku-Siku	62
BAB. V. PENGUKURAN LUAS	71
A. Pada Sisi Areal Yang Berbentuk Garis Lu- rus	71
B. Pada Sisi Areal Yang Bukan Garis Lurus ..	76



	Halaman
C. Cara Mekanis Grafis	77
BAB. VI. PENGUKURAN BEDA TINGGI	82
A. Cara Barometris	82
B. Cara Trigonometris	83
C. Cara Pengukuran Dengan Penyipat Datar ...	84
DAFTAR KEPUSTAKAAN	88

BAB I

PENDAHULUAN

A. Defenisi Pengukuran Tanah

Pengukuran tanah sering juga disebut orang surveying, sedangkan surveying berasal dari kata survei. Survei ialah suatu kegiatan penyelidikan untuk mengumpulkan data-data yang otentik, survei ini dapat dibagi atas tiga jenis kelayakan yaitu;

1. Survei kelayakan (fisibility study)

Yang dimaksud dengan survei kelayakan ialah suatu peninjauan umum terhadap apa yang akan diseli - diki nantinya. Peninjauan ini disebut juga fisibility study. Minsalnya untuk perencanaan pembangunan suatu komplek perumahan, pertokoon, pengembangan kota dan lain-lainnya, terlebih dahulu diadakan pen - jajakan lapangan secara umum untuk mendapatkan ba - han pertimbangan, apakah layak untuk dibangun kom - plek tersebut pada area yang telah ditentukan itu.

2. Observasi (observation)

Observasi merupakan tindak lanjut dari fasibility study, disini dilakukan pencatatan data dari hasil pengamatan langsung. Minsalnya untuk membangun suatu kompleks tersebut diperlukan data-data ten - tang;

- a. Situasi umum lapangan
- b. Situasi umum diluar komplek, seperti adanya ba--ngunan lain, kebun, sungai, hutan dan lain-lain.
- c. Kemungkinan mendapatkan sumber air, pembuangan air kotor (drainase), pengaliran air hujan, sumber penerangan hubungan jalan raya (kalau ada) dan lain-lain.

3. Pengukuran (measurement)

Pengukuran adalah suatu kegiatan/pekerjaan un - tuk memperoleh data dengan jalan mengadakan pengu -

kuran langsung terhadap objek. Pengukuran merupakan langkah ketiga dari survei yang dapat menghasilkan data-data yang otentik, oleh karena itu pengukuran da lam Ilmu Ukur Tanah disebut Survei, yang termasuk da lam jenis pekerjaan ini adalah;

- a. Pengukuran tinggi rendahnya tanah.
- b. Pengukuran luas dan jarak.
- c. Pengukuran situasi

Surveying (pengukuran tanah) dapat didefinisikan sebagai seni dan ilmu pengetahuan dari suatu pengukuran posisi alam yang meliputi pekerjaan yang dilakukan guna penentuan tempat kedudukan titik-titik atau penggambaran keadaan fisik yang terdapat dipermukaan bumi, yang dilakukan manusia dengan mempunyai perencanaan atau bagian-bagian dan skala yang cocok sehingga berbentuk sebuah peta.

Dalam praktek pengukuran tanah sering dipakai pada pengertian yang khusus, dalam arti operasinya berhubungan dengan pembuatan perencanaan pekerjaan dua dimensi yaitu dimensi normal pada bidang horisontal.

Pengukuran tanah adalah merupakan operasi hubungan bentuk-bentuk (ciri-ciri) dari gambaran keadaan tanah da lam perencanaan.

Levelling adalah merupakan operasi hubungan dan gambaran ketinggian bermacam-macam titik yang relatif sama di atas permukaan bumi.

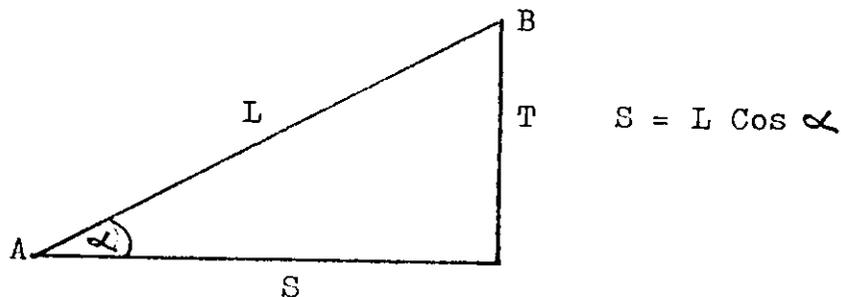
Surveying terdiri atas dua bahagian yaitu geodetic surveying (pengukuran tanah secara geodetik) dan plane surveying (pengukuran sebidang tanah).

1. Geodetic surveying adalah pengukuran yang dilakukan terhadap lengkungan bumi disekitarnya dengan sempurna dan memperhitungkan bulatan bumi sesuai dengan kenyataan sebenarnya, yaitu adanya kepepatan bumi dan ketidak rataan permukaan bumi. Ilmu ini diambil dari sejumlah ilmu pengetahuan geometry (ilmu ukur ruang)

Ilmu ini telah dilakukan penyelidikan dan telah digunakan di beberapa negara seperti Ordnance Survey dari Great Britain.

- Plane surveying adalah pengukuran yang dilakukan terhadap luas sebidang tanah, yang perlu dipertimbangkan dalam pengukuran ini adalah bidang datar (horizontal) dan pengukuran kapling yang menunjukkan proyeksi terhadap bidang datar dari pengukuran yang sebenarnya.

Contoh, lihat Gambar 1 jika jarak antara titik A dan B pada lereng bukit adalah L , jarak bidang datar akan menjadi $L \cos \alpha$, dimana α adalah sudut garis AB terhadap bidang horizontal (datar).



Gambar. 1

Ilmu ukur tanah ialah bagian rendah dari ilmu yang luas yang dinamakan ilmu geodesi, sedangkan ilmu geodesi mempunyai dua maksud yaitu;

- Maksud ilmiah; yaitu mempelajari bentuk dan besar bu-
latan bumi.
- Maksud praktis; yaitu mempelajari ^{ha}usa penggambaran da-
ri sebagian besar atau sebahagian kecil permukaan bumi
yang dinamakan peta.

Maksud pengukuran dalam Ilmu Ukur Tanah adalah maksud praktis di atas, maksud ini dicapai dengan mem-
pelajari bagaimana melakukan pengukuran di atas permu-
kaan bumi, yang mempunyai bentuk tidak beraturan ka -

rena adanya gunung-gunung dan lembah-lembah, daratan-daratan dan sebagainya. Pengukuran dalam Ilmu Ukur Tanah dibatasi atas pengukuran horizontal dan pengukuran vertikal antara titik-titik yang diukur di atas permukaan bumi.

Untuk mempermudah pengukuran bumi yang tidak beraturan tersebut serta memindahkannya kedalam bidang gambar (peta) maka harus memakai bidang perantara, yaitu;

- a. Bidang Elipsoide bila luas daerah 5500 km²
- b. Bidang bulatan untuk luas yang mempunyai ukuran terbesar 100 km jari-jari bulatan ini dipilih sedemikian rupa, hingga bulatan mengandung muka bumi di tengah-tengah daerah.
- c. Bidang datar bila daerah mempunyai ukuran terbesar 55 km (kira-kira 10 jam jalan kaki).

Bidang perantara yang dipakai untuk pengukuran dalam ilmu ukur tanah adalah bidang datar, sehingga daerah yang diukur hanya mempunyai ukuran terbesar 55 km.

B. Kegunaan Pengukuran Tanah

Pengukuran tanah, salah satu seni dan ilmu pengetahuan yang terpenting dipraktikkan manusia sejak dahulu kala sudah dirasakan perlunya menandai batas-batas, tanda-tanda di atas permukaan bumi dan pemetaan. Dalam kehidupan masyarakat yang semakin maju/modren, pengukuran tanah sangat diperlukan untuk;

1. Menentukan batas-batas suatu areal tanah atau wilayah tertentu di atas permukaan bumi.
2. Menentukan posisi dan bentuk sebidang tanah dipermukaan bumi.
3. Menentukan beda tinggi segala sesuatu yang berbeda di atas atau di bawah sesuatu bidang tanah, dimana sebagai pedoman dipakai permukaan air laut yang tenang.

4. Untuk menentukan luasnya sebidang tanah di atas permukaan bumi.
5. Menentukan panjang, arah dan kedudukan (posisi) dari suatu garis yang terdapat pada permukaan bumi yang merupakan batas dari suatu areal tertentu.
6. Sebagai dasar perencanaan dalam pekerjaan konstruksi dibidang pembuatan jembatan, jalan, perencanaan bangunan, pemetaan, pertanian, pembukaan hutan, irigasi dan sebagainya.
7. Mengembangkan bank data sebagai informasi untuk pengukuran berikutnya, tata guna tanah dan sumber daya alam yang dapat membantu dalam pengelolaan lingkungan hidup.

Pengukuran tanah terus memainkan peranan penting dalam banyak cabang rekayasa, sebagai contoh pengukuran diperlukan untuk perencanaan pembangunan dan pemeliharaan jalan raya, sistem-sistem perhubungan cepat, bangunan, jembatan, stasiun pelacak, terowongan, saluran irigasi, bendungan, pengkaplingan tanah-tanah perkotaan, sistem penyediaan air dan pembuangan air limbah dan banyak hal yang berkaitan dengan agronomi, arkeologi, astronomi, geografi, geologi dan seismologi, tetapi khususnya dalam rekayasa meliter dan sipil serta masih banyak yang lain.

Di samping perlunya menentukan batas-batas ketelitian yang wajar, pengukuran tanah menitik beratkan nilai angka-angka terpakai. Para juru ukur harus tahu kapan harus bekerja sampai perseratusan foot, serta sejauh mana data pengukuran yang perlu untuk kebenaran pelaksanaan, perhitungan hingga sejumlah angka di belakang koma yang dikehendaki. Dengan pengalaman mereka mempelajari bagaimana peralatan dan petugas yang tersedia menentukan prosedur dan hasilnya.

C. Sejarah Pengukuran Tanah

Catatan-catatan historis paling kuno yang masih ada yang langsung menyangkut masalah pokok pengukuran tanah

bahwa ilmu ini bermula di Mesir. Herodotus menyatakan bahwa sesostris (+ 1400 SM) memetak-metakan tanah Mesir menjadi kapling-kapling untuk tujuan perpajakan. Banjir tahunan sungai Nil menyapu habis sebagian dari kapling-kapling ini, dan juru-juru ukur ditugasi untuk mengganti batas-batas tersebut. Juru ukur kono ini disebut merentang tali (rope stretchers) karena pengukuran mereka dikerjakan dengan tali yang diberi tanda tiap satuan jarak.

Akibat dari pekerjaan ini, para pemikir Yunani kono mengembangkan ilmu ukur (geometri). Namun kemajuan-kemajuan mereka terutama dalam bidang-bidang ilmu murni terbatas. Heron menjadi termashur karena menerapkan ilmu pengetahuan dalam pengukuran tanah kira-kira 120 tahun S.M. Dia adalah pengarang beberapa risalah untuk kepentingan juru ukur, yang membahas metode-metode untuk mengukur sebidang lapangan, untuk menggambar suatu rencana, dan untuk membuat perhitungan. Dioptra juga menggambarkan salah satu peralatan ukur pertama yang tercatat dalam sejarah yaitu dioper. Bertahun-tahun hasil karya Heron dianut oleh juru ukur Yunani dan Mesir.

Perkembangan penting dalam pengukuran tanah datang dari orang-orang Romawi yang berpikir praktis. Karya yang terkenal dibidang ini ditulis oleh Prontinus. Walau naskah aslinya hilang, bagian-bagian salinannya masih tersimpan baik. Insinyur dan juru ukur terkenal ini hidup diabat pertama, adalah perintis dibidang pengukuran tanah dan tulisannya merupakan pengangan selama bertahun-tahun.

Salah satu naskah latin paling kono yang masih ada ialah Codek Acerianus, ditulis kira-kira diabat keenam, naskah ini berisi tentang pengukuran tanahse perti yang dipraktekkan orang-orang Romawi dan memuat berapa halaman dari risalah Frontinus.

Naskah ini dikemukakan dalam abad ke 10 oleh Gerbert dan menjadi dasar untuk teksnya tentang geometri, yang sebagian besar dititik-beratkan pada pengukuran tanah.

Kemampuan rekayasa orang-orang Romawi ditunjukkan oleh pekerjaan-pekerjaan konstruksi mereka diseluruh kekaisaran. Pengukuran tanah yang perlu untuk konstruksi ini menghasilkan persatuan juru ukur. Instrumen-instrumen yang rumit dikembangkan dan dipakai, diantaranya adalah groma, dipakai untuk membidik, libella, sebuah kerangka berbentuk Δ dengan sebuah bandul unting-unting, untuk penyipat datar; chorobates, sebuah tepi lurus mendatar kira-kira sepanjang 20 ft dengan kaki-kaki penyangga dan sebuah lekukan dibagian atas untuk diisi air yang berfungsi sebagai nivo.

Selama abad pertengahan, ilmu Yunani dan Romawi dilestarikan oleh orang-orang arab, sedikit saja ada kemajuan dibidang pengukuran tanah, dan tulisan-tulisan yang berkaitan dengan yang disebut " geometri praktis".

Dalam abad ke 13 Von Piso menulis Praktica Geometri yang berisi pelajaran-pelajaran pengukuran tanah. Dia juga mengarang Liber Kuatratorum, sebuah penunjuk yang dapat digerakan dipakai untuk membidik. Instrumen-instrumen lain zaman itu adalah astralab sebuah lingkaran logam dengan penunjuk berputar di pusatnya dan dipegang dengan cicin di atasnya, dan batang silang, batang kayu sepanjang 4 ft dengan sebuah batang silang yang dapat diatur, tegak lurus pada batang pertama.

Peradaban-peradaban kuno menganggap bahwa bumi itu bidang datar, tetapi dengan mengamati bayang-bayang bumi di bulan pada waktu gerhana bulan dan mengamati kapal berangsur-angsur menghilang bila berlayar menjauh (kearah horizontal), lambat laun disimpulkan bahwa planet ini sebenarnya berbentuk melengkung ke segala arah.

Menentukan bentuk dan ukuran sebenarnya merupakan keinginan bagi manusia selama berabad-abad lamanya. Sejarah mencatat bahwa seorang Yunani bernama Eratos Thenes kira-kira 220 tahun S. M. pertama kali mencoba menghitung dimensi. Dia menentukan sudut dihadapan busur median zenit dan Alexandria di Mesir dengan mengukur posisi bayang-bayang mata hari di kota tersebut.

Dalam abad ke 18 dan 19 seni pengukuran tanah maju lebih pesat. Kebutuhan akan peta-peta dan lokasi batas-batas nasional menyebabkan Inggris dan Perancis melaksanakan pengukuran yang luas dan memerlukan triangulasi teliti, jadi mulai pengukuran tanah secara geodetik. The U. S. Coast and Geodetic Survey, bagian dari Departemen Amerika Serikat dibentuk dengan Undang-Undang Kongres di tahun 1807. Mula-mula tugasnya adalah melaksanakan pengukuran hidrokratik dan menyiapkan peta-peta laut, kemudian diperluas dan mencakup penetapan menomen-menomen titik kontrol diseluruh negara.

Nilai tanah yang meningkat dan pentingnya batas-batas tanah yang tepat, bersama dengan tuntutan umum di dalam era terusan, jalan bebas hambatan dan jalan baja membawa pengukuran tanah kedalam kedudukan terhormat. Lebih jauh perhitungan volume besar dari konstruksi umum, sejumlah perkampungan tanah yang perlu dicatat lebih baik dan tuntutan-tuntutan dari bidang-bidang eksplorasi dan ekologi memerlukan program pengukuran yang makin luas. Pengukuran tanah merupakan pertanda kemajuan di dalam pengembangan dan pemakaian sumber daya alam.

Instrumen-instrumen pengukuran tanah secara sederhana adalah; theodolit kompas, alat penyipat datar sederhana, pita ukur dan kayu ukur dan lain-lainnya. Sekarang sering diganti oleh theodolit, alat penyipat datar otomatis, peralatan ukur jarak Elektronik dan

kamera udara, dalam bidang pemetaan, kecuali dalam wilayah-wilayah sempit, Fotogrametri menggantikan pengukuran trestis konvensional masih dalam menentukan lokasi-lokasi titik kontrol horizontal dan vertikal, batas-batas pemilik dan perencanaan konstruksi. Dalam buku ini khusus menguraikan alat ukur tanah sederhana, yang digunakan pada daerah/areal yang tidak terlalu luas (sempit).

D. Ruang Lingkup Pengukuran

Pengukuran tanah merupakan dasar untuk melaksanakan pekerjaan ukur-mengukur tanah yang mempunyai ruang lingkup sangat luas. Dalam bidang teknik sipil, pengukuran tanah meliputi pekerjaan-pekerjaan untuk semua proyek pembangunan seperti pembuatan gedung-gedung, jembatan, jalan, perencanaan dam, saluran irigasi dan lain-lain.

Dalam bidang pertanian meliputi pekerjaan-pekerjaan perencanaan proyek baik besar maupun kecil seperti pembukaan hutan, pencetakan sawah baru, pengawetan tanah, pembuatan saluran irigasi dan perencanaan bangunan pertanian lainnya.

Dalam garis besarnya pengukuran tanah dan ukur tanah dapat dikelompokkan atas 7 (tujuh) cabang kegiatan yang lebih menjurus serta kegunaan secara khusus. Cabang-cabang tersebut adalah :

1. Land Surveying.
2. Topographic Surveying.
3. Route Surveying.
4. Hidrographic Surveying.
5. Mine Surveying.
6. Cadastral Surveying dan
7. City Surveying.

Land surveying meliputi pekerjaan-pekerjaan-pekerjaan pengukuran dan perhitungan luas, jarak, sudut /

arah suatu garis yang diproyeksikan pada gambar (peta)

Topographic surveying adalah pengukuran-pengukuran guna mendapatkan data-data untuk pembuatan peta topographic yang menunjukkan keadaan relief, ketinggian (elevasi) serta keragaman permukaan tanah, seperti jalan, batas kampung, hutan bentuk tanah dan lain-lain.

Route surveying meliputi pekerjaan pengukuran route-route tanah.

Hidrographic surveying meliputi pekerjaan-pekerjaan pengukuran guna untuk pelayaran, peraturan pelayaran pantai. Disini dijelaskan tentang kedalaman air di pantai laut serta keterangan-keterangan yang diperlukan untuk pelayaran ini harus dilengkapi dengan peta (peta hidrografi).

Mine surveying meliputi pekerjaan-pekerjaan pengukuran untuk lahan pabrik atau daerah pertambangan.

Cadastral surveying adalah pekerjaan-pekerjaan untuk menyelidiki batas-batas tanah milik, tanah milik pribadi, milik kaum dan milik pemerintah.

City surveying yaitu pekerjaan-pekerjaan pengukuran kota-kota.

E. Skala

Skala adalah suatu perbandingan linier dari keadaan diatas peta (kertas gambar) dengan keadaan sebenarnya (didas bumi) misalnya peta skala dengan perbandingan 1:10.000,- berarti 1 mm diatas kertas gambar sama dengan 10.000 mm (10 meter) diatas permukaan bumi, ditinjau dari skala peta dapat digolongkan atas :

1. Peta Teknik.

Skala yang dipakai untuk peta teknik adalah skala 1 : 5000, 1 : 500, 1 : 200 dan seterusnya.

2. Peta Topografi.

Skala yang dipakai 1 : 10.000 sampai 1 : 200.000

3. Peta Geografi .

Skala yang dipakai 1: 200.000 dan lebih kecil
1: 500.000 dan seterusnya.

F. Satuan Ukuran

1. Panjang

Panjang dapat dinyatakan dua sistem, yaitu sistem Metrik dan sistem British

Metrik 1 kilometer = 10 hektometer (1km = 10 hm)
1 hektometer = 10 dekameter (1hm = 10 dam)
1 dekameter = 10 meter (1dam = 10 m)
1 meter = 10 decimeter (1 m = 10 dm)
1 decimeter = 10 centimeter (1dm = 10 cm)
1 centimeter = 10 milimeter (1cm = 10 mm)

British 1 mile = 1760 yard
1 yard = 3 feet (1 yard = 3')
1 feet = 12 inchi, (1' = 12")
1 inchi = 2,54 cm
1 feet = 0,3048 m
1 m = 3,28023 feet
1 cm = 0,3937 inchi

Satuan ukuran jarak yang dipakai akhir-akhir ini sudah diseragamkan dengan menggunakan satuan metrik (meter).

2. Luas

Satuan ukuran luas yang digunakan dalam ilmu ukur tanah adalah ; 1 m², 1 a. (are) = 100 m², 1 ha (hektare) = 10.000 m² dan 1 km² = 10⁶ m².

3. Sudut

Dasar untuk menentukan besar sudut ialah lingkaran yang dibagi empat bagian, yang dinamakan kuadran .

a. Cara Seksagesimal

Cara ini dengan jalan membagi lingkaran dalam 360 bagian yang dinamakan derajat, sehingga

satu kuadran ada 90° derajat. Satu derajat dibagi dalam 60 menit dan satu menit dibagi lagi dalam 60 sekon ($1^\circ = 60' = 60''$).

b. Cara Sentisimal

Cara ini membagi lingkaran dalam 400 bagian sehingga satu kuadran mempunyai 100 bagian yang disebut grade, satu grade dibagi atas 100 centigrade dan 1 centigrade dibagi lagi dalam 100 centi-centigrade ($1g = 100 c, 1 c = 100 cc$).

Hubungan antara satuan cara seksagesimal dan sentisimal dapat dicari dengan dibaginya lingkaran dalam 360 bagian, pada cara seksagesimal dan 400 bagian pada cara sentisimal maka didapat hubungan sebagai berikut; $360^\circ = 400^g$ sehingga,

$$\begin{array}{ll} 1^\circ = 1^g, 1111\dots & 1^g = 0,9^\circ \\ 1' = 1^c, 85185185 & 1^c = 0,54' \\ 1'' = 3^{cc}, 08641975 & 1^{cc} = 0,324'' \end{array}$$

c. Cara Radial

Cara ini untuk menyatakan sudut ialah dengan menggunakan radial sebagai satuan sudut, untuk menentukan besar sudut juga berpedoman kepada lingkaran yang mana keliling lingkaran ada $2\pi r$, maka besar sudut lingkaran = $\frac{2\pi r}{r} = 2\pi$ radial

Sehingga hubungan antara ketiga cara ini (derajat, grade dan radial) adalah $360^\circ = 400^g = 2\pi$ radial. Satu radial disingkat dengan rad.

$$\text{rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = \frac{400^g}{2\pi}$$

$$\text{rad} = \frac{360 \times 60'}{2\pi} = \frac{360 \times 60 \times 60''}{2\pi}$$

$$\text{rad} = \frac{400 \times 100^c}{2\pi} = \frac{400 \times 100 \times 100^{cc}}{2\pi}$$

atau

$$\text{rad} = 57^{\circ}, 295, 779 \dots$$

$$\text{rad} = 3437', 7467 \dots$$

$$\text{rad} = 206264'', 8 \dots$$

$$\text{rad} = 63^{\text{g}}, 661, 977 \dots$$

$$\text{rad} = 6^{\text{c}}, 366, 1977 \dots$$

$$\text{rad} = 636619^{\text{cc}}, 77 \dots$$

BAB II

JENIS ALAT UKUR SEDEMIANA

A. Alat Ukur Jarak

Untuk menentukan jarak dari suatu titik dengan titik lainnya (panjang/lebarnya suatu bidang tanah) dan luasnya suatu areal maka diperlukan alat untuk mengukurnya dengan satuan seperti yang diuraikan pada BAB I diatas.

1. Kayu Ukur

Kayu ukur dibuat dari kayu yang kering betul dengan panjangnya 3 m atau 5 m. Penampangnya dibuat berbentuk oval dengan ukuran penampang 5 cm ditengah dan 3 cm diujungnya. Kedua ujung kayu ukur dilengkapi dengan besi yang dibentuk sedemikian rupa, hingga garis yang menyatakan ujung dari kayu ukur. Ujung dari kayu ukur dapat diletakan saling tegak lurus, (gambar. 2).



Gambar. 2

Untuk membedakan dua kayu ukur ini, satu kayu ukur diberi warna merah-putih-merah dan kayu ukur lainnya diberi warna putih-hitam-putih dari meter ke meter lainnya, dengan demikian jumlah meter yang genap adalah putih, sedangkan jumlah meter yang ganjil adalah merah atau hitam. Tiap-tiap decimeter diberi tanda dengan paku kuning, sedangkan jumlah sentimeter dikira-kirakan. Dalam pengukuran jarak dengan kayu ukur baik jarak datar maupun jarak miring selalu digunakan dua buah kayu ukur.

2. Pita Ukur

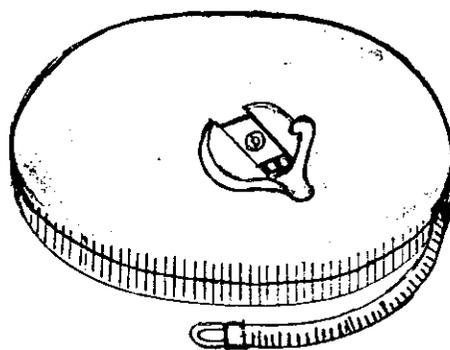
Pengukuran jarak pada daerah yang tidak terlalu sukar (datar) dan tidak terlalu luas dapat dilakukan dengan pita ukur. Pita ukur jarak yang dipakai untuk pengukuran dikelompokkan atas 3 (tiga) bagian yaitu;

a. Pita Ukur Dari Kain

Pita ukur yang terbuat dari kain pada saat sekarang jarang digunakan orang lagi, karena kurang kuat dan cepat rusak apabila berhubungan dengan air (udara lembab). Biasanya untuk memperkuat kainnya pita diberi benang tembaga.

Supaya pita ukur tahan air, kain dari pita tersebut dimasukkan kedalam minyak panas dan direndam beberapa waktu, lalu dikeringkan.

Lebar dari pita ukur ini lebih kurang 2 cm dan panjangnya ada 10 m, 20 m, dan 30 m bentuk dari pita ukur seperti gambar. 3.



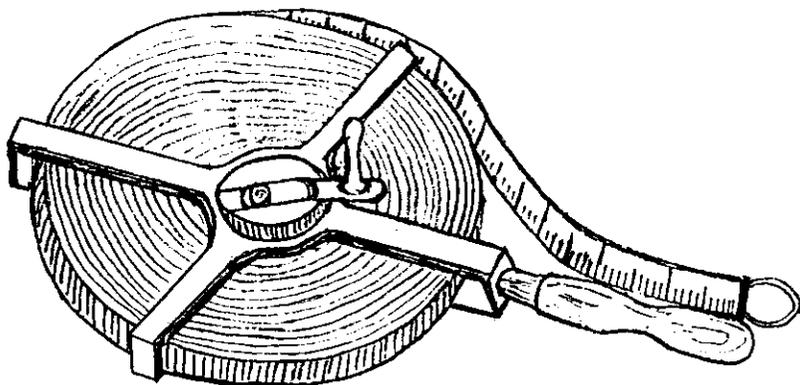
Gambar. 3

Ujung dari pita ukur ini dibuat dari kulit. Skala pembagian dibuat bulak balik yang mana sebelah dengan satuan cm (m) dan yang sebelah lagi dengan satuan inci. Pita ini pada umumnya digulung dalam suatu tempat yang dibuat sedemikian rupa, hal ini supaya pita tahan dan tak dipengaruhi oleh udara lembab. Kekurangan dari pita ini adalah mudah renggang/rusak bila basah.

b. Pita Ukur Dari Baja

Pita ukur dari baja lebih baik dari pita ukur dari kain bila dipakai untuk pengukuran, karena tahan air dan udarah lembab, kekuatan renggang kuat, sehingga dapat ditarik pada waktu pengukuran. Pita ini dibuat dari pita baja dengan lebar 20 mm, tebal 0,4 mm dan panjang ada 20 m, 30 m, dan 50 m.

Pita dibuatkan tempat sedini mungkin (dari kulit atau penggulung pita baja) untuk menggulung pita. Tempat gulungan dilengkapi dengan pegangan agar muda memegangnya pada waktu pengukuran. Pada bahagian ujung dari pita dibuatkan pegangan untuk menarik pita diwaktu pengukuran, sedangkan garis awal dapat ditempatkan pada pegangan atau dengan jarak lebih kurang 10 cm dari pegangan, bentuk dari pita ukur baja lihat gambar. 4.



Gambar. 4

Skala dari pita dibuat dengan satuan ukuran metrik atau cm, pada ujung pita sepanjang 10 cm dibuatkan dalam mm dan skala dengan garis garis yang halus.

Ada juga skala dibuat dalam meter yang ditandai dengan plat kuningan besar dan diberi nomor, di tiap-tiap decemeter diberiplat kuningan kecil bundar.

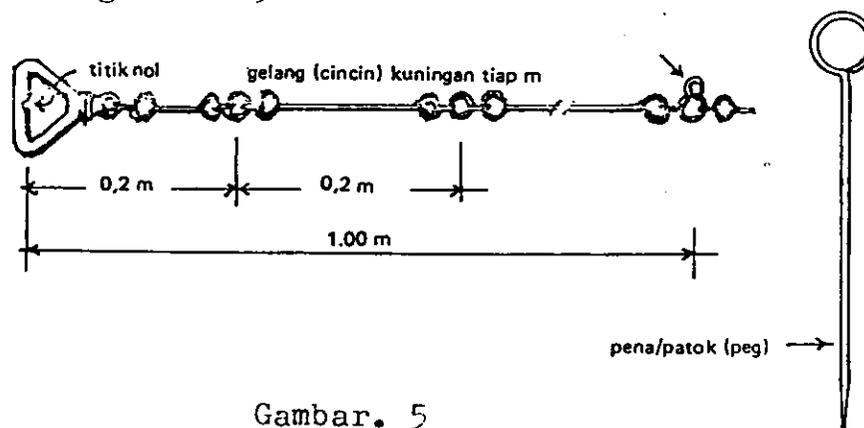
c. Pita-Pita Invar

Pita invar dibuat dari baja nikel khusus yang mempunyai komposisi campuran 35 % nikel dan 65 % baja. Komposisi 35 % nikel adalah untuk mengurangi variasi panjang yang diakibatkan oleh perubahan suhu. Dengan adanya 35 % nikel koefisien muai dari pita ini berkurang kira-kira $1/30$ atau $1/60$ dari pita baja biasa. Logam ini lunak dan fleksibel, kelemahan dari pita ini harganya mahal sampai mencapai 10 kali lipat dari harga pita baja biasa. Sehingga pita ini jarang dipakai dalam pengukuran sederhana, biasanya digunakan orang untuk pekerjaan geodetik yang seksama untuk pembakuan sebagai perbandingan dengan hasil pengukuran pita-pita lainnya.

3. Rantai Ukur

Rantai ukur jarak terdiri atas kawat dan cincin-cincin (gelang) yang dibuat dari kawat baja atau kawat besi galvanis dengan diameter 3 atau 4 mm. Tiap kawat digabungkan satu sama lainnya dengan tiga buah gelang, gelang yang ditengah dibuat agak besar dari yang lainnya. Jarak antara gelang yang ditengah dengan gelang yang ditengah lainnya adalah 0,20 m, sedangkan pada ujung dari rantai dibuat gelang sedemikian rupa hingga titik awal pengukuran (titik awal) berada pada gelang tersebut. Untuk tiap-tiap meter rantai ukur pada gelang yang ditengah ditempelkan satu cincin kuningan. Tiap-tiap 5 meter, gelang dibuat bentuk lain yang lebih besar. Panjang dari rantai ukur ada 10 m, 20 m, 25 m dan 30 m.

Pengukuran jarak dengan menggunakan rantai ukur mempunyai ketelitian 0,20 - 0,10 % bila rantai betul-betul ditarik hingga lurus dan tidak melebihi gaya tarik buat meregang lebih dari 5 kg. Rantai ukur berat sekali ada yang 5 kg dan 10 kg, sehingga akibat berat sukar untuk menghorizontalkan dalam pengukuran. Dalam pengukuran dengan rantai ukur harus dilengkapi dengan pena/pen ukur, untuk menyatakan jarak-jarak tertentu (sesuai dengan panjang rantai) bentuk dari rantai ukur dan pen ukur lihat gambar. 5.



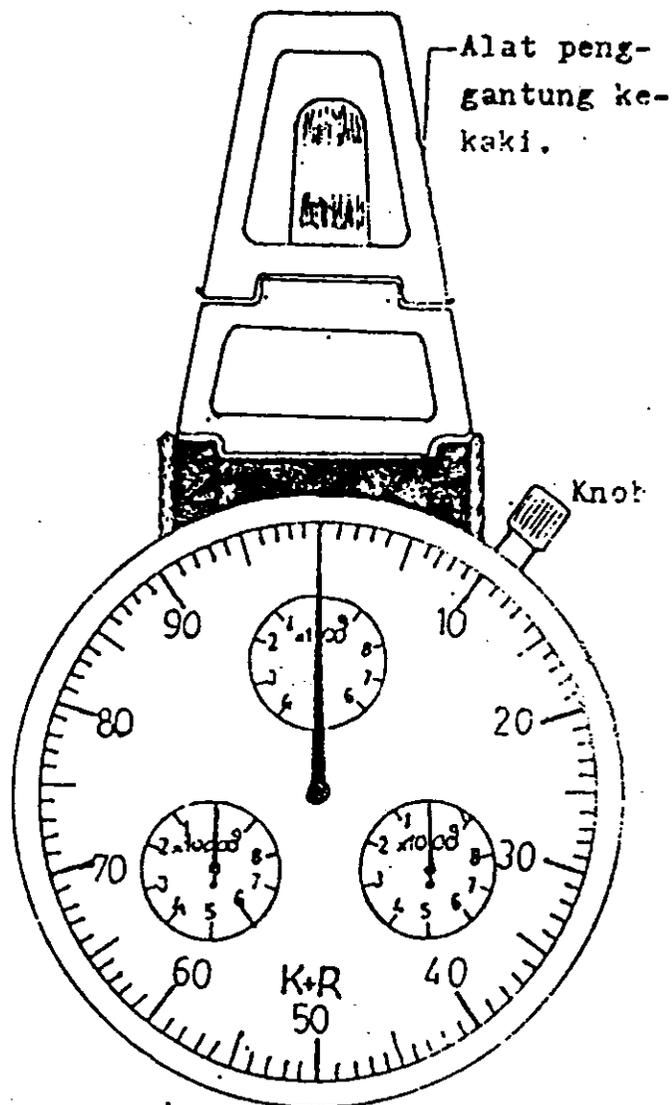
Gambar. 5

Referensi : Latihan Praktek Ukur Tanah
dan Pemetaan oleh Soemarlani.
Ds. ct. al, 1979 h. 22

4. Spedometer Langkah

Spedometer langkah adalah suatu alat ukur yang berbentuk arloji kantong, yang digunakan untuk mengukur jarak berdasarkan panjang langkah manusia, bentuk dari spedometer lihat gambar. 6.

Dalam pemakaian spidometer digantungkan/diikatkan pada betis/paha kanan, lalu berjalan lurus pada daerah yang akan ditentukan jaraknya. Jika kaki kiri bergerak jarum spedometer belum bergerak tapi bila kaki kanan bergerak dan mengijak tanah/jarum dari spidometer akan bergerak menunjukkan angka satu, maka tercatat kita sudah melangkah



Gambar. 6

Referensi : Pengetahuan Alat Ukur Tanah. I
oleh Sumarya 1984. h. 43

1 x 2 = 2 langkah yang sebenarnya. Untuk menentukan jarak yang sebenarnya adalah jumlah langkah kali panjang langkah manusia. Panjang langkah manusia berkisar antara 35 - 60 cm. Jadi jika tercatat pada speedometer = 30 kali, maka jarak yang sebenarnya adalah = $30 \times 2 \times 40 \text{ cm} = 2400 \text{ cm} = 24 \text{ m}$ (panjang langkah 40 cm).

5. Odometer

Odometer adalah suatu alat ukur sederhana berbentuk roda yang dilengkapi dengan tangkai pendorong. Alat ini digunakan untuk mengukur jarak dengan cara menghitung jumlah putaran roda yang diketahui kelilingnya. Alat ini cukup baik digunakan untuk pengukuran pendahuluan, dimana tidak memerlukan ketepatan yang tinggi. Pada tanah-tanah yang mempunyai permukaan rata, ketelitian sampai 1 %, tetapi di tanah yang kasar dan tidak rata ketelitian sangat kurang, dimana jarak yang didapat oleh odometer umumnya lebih besar dari jarak yang sebenarnya. Dalam menggunakan alat ini pada umumnya didorong dengan tangan dan dakalanya ditarik oleh kendaraan.

B. Alat Ukur Sudut

Untuk mendapatkan sudut-sudut dilapangan, baik sudut miring (zenith bumi) maupun sudut arah mendatar (azimuth) maka diperlukan alat ukur sudut, alat ukur-sudut dapat digolongkan atas dua bagian yaitu;

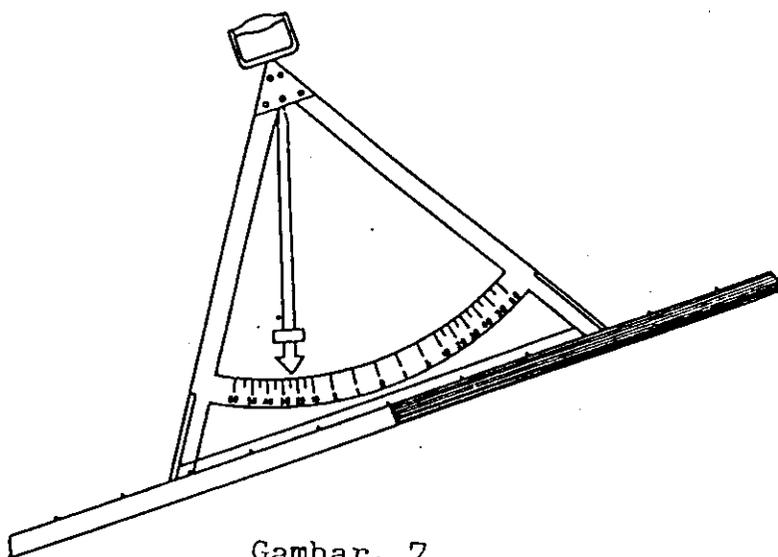
1. Alat Ukur Sudut Miring

Untuk menentukan jarak mendatar dari hasil pengukuran jarak miring, maka diperlukan sudut miring dari lapangan tersebut. Besarnya sudut miring dapat diukur dengan alat ukur sudut miring. Bentuk dari alat ukur sudut miring yang terdapat diperdagangan bermacam-macam, disini yang akan dibicarakan hanya dua macam yaitu alat ukur sudut yang sering digunakan dilapangan, macam pertama alat yang sederhana terbuat dari kayu/besi sedangkan macam ke dua alat yang menggunakan teropong yang dilengkapi dengan alat bidik.

a. Macam Pertama

Alat ukur sudut macam pertama ini terbuat dari kayu/besi yang berbentuk segi tiga, pada salah satu titik sudutnya (sudut bagian atas)

digatungkan suatu batang dengan engsel yang mempunyai pemberat dan berbentuk anak panah, sedangkan pada kedua kaki segitiga dipasang plat berbentuk bunsur lingkaran dan dilengkapi skala. Skala pada bunsur lingkaran dibuat dengan cara emperis yang menunjukkan besarnya sudut miring. Ujung dari batang yang berbentuk anak panah bergerak melalui skala bunsur akan selalu tegak lurus.



Gambar. 7

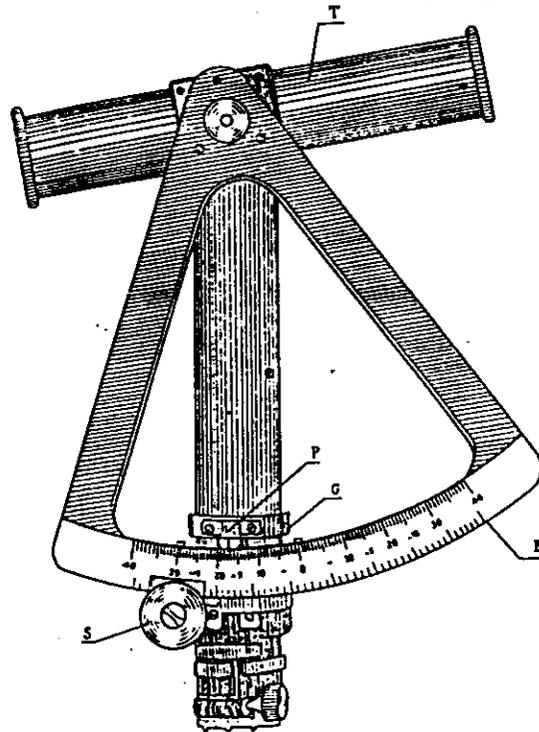
Referensi : Ilmu Ukur Tanah oleh Soetomo
Wongsotjitro. 1980. h. 51

Bila atas dari segitiga diletakkan pada daerah datar, maka anak panah akan menunjukkan nol ($= 0$), sedangkan bila diletakan pada daerah yang miring anak panah akan berpindah dari nol dan menunjukkan besarnya sudut miring (α). Bentuk dari alat ukur sudut segitiga tersebut lihat gambar. 7 di atas.

b. Teropong Yang Dilengkapi Dengan Garis Bidik

Alat macam kedua ini juga berbentuk kerangka segitiga sama kaki yang sisi bagian bawahnya dibuat berbentuk bunsur lingkaran dan dilengkapi dengan skala derajat.

Pada sudut titik bagian atas dipasangkan tero -
 pong T dan diskrupkan bersamaan dengan segitiga
 akan ikut bergerak searah dengan gerakan tero -
 pong. Teropong hanya dapat berputar/bergerak de
 ngan sumbu mendatar sebagai sumbu putar. Pada
 batang G dipasang plat P yang diberi garis seba



Gambar. 8

Referensi : Ilmu Ukur Tanah oleh Soetomo
 Wongsotjitro. 1980. h. 52

gai alat untuk menunjukkan besarnya sudut miring
 pada skala bunsur dari segi tiga tersebut. Pe -
 nentuan sudut miring adalah pada angka skala
 yang berimpit dengan garis pada plat P. bentuk
 dari alat lihat gambar. 8.

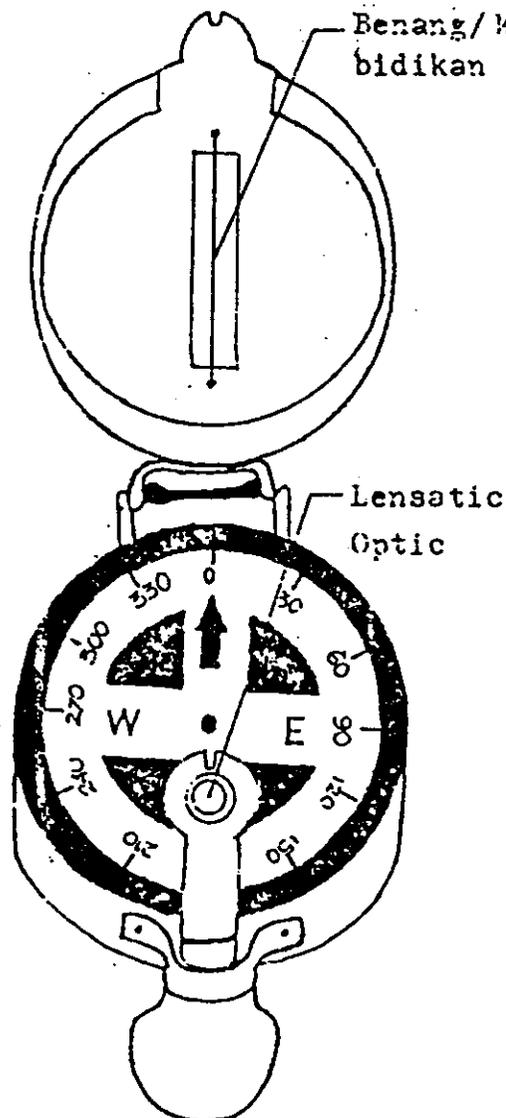
2. Alat Ukur Sudut Arah Mendatar

Alat ukur sudut arah mendatar dapat digolong-
 kan atas dua macam yaitu macam pertama alat ukur

sudut yang berpedoman pada jarum magnetis yang selalu menunjukkan arah utara selatan, sering disebut orang kompas. Macam kedua alat ukur sudut yang bisa diatur arahnya menurut kebutuhan sipengukur, seperti pita ukur, siku-siku tukang kayu, kayu pa-lang, cermin sudut dan prisma.

a. Kompas

Kompas adalah alat ukur sudut yang bisa di



Gambar. 9

Referensi : Pengetahuan Alat Ukur Tanah. I
oleh Sumarya. 1984. h. 43

pergunakan orang untuk pengukuran sudut dilapangan. Alat ini terbuat dari plat baja berbentuk selinder yang dilengkapi plat bunsur lingkaran mempunyai skala derajat dengan pembahagian $0^{\circ} - 360^{\circ}$. Alat ini juga mempunyai benang/kawat bidikan dan lensa optic sebagai pedoman untuk menentukan besarnya sudut terhadap arah garis yang dituju dari arah utara selatan, bentuk dari alat ini seperti gambar. 9 di atas.

b. Macam Kedua

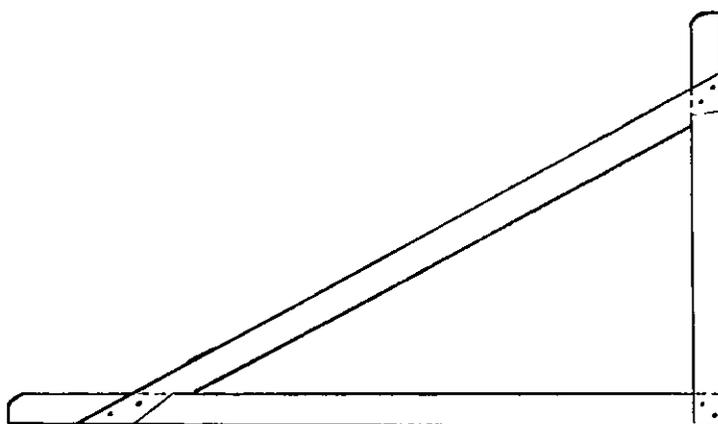
Alat ukur sudut macam kedua ini pada umumnya digunakan untuk mengukur sudut siku (90°) dilapangan, sedangkan untuk mengukur sudut kecil atau besar dari 90° digunakan kompas dan pita ukur.

1) Pita Ukur

Pita ukur selain digunakan untuk pengukuran jarak, dapat pula digunakan untuk mengukur atau membuat sudut tertentu. Untuk pengukuran sudut besar atau kecil dari 90° dapat digunakan dengan bantuan rumus sinus dan tangen. Sedangkan untuk sudut siku (90°) dapat dilakukan dengan metoda perbandingan sisi segitiga 3 : 4 : 5, tali bunsur dan dari suatu titik pada suatu garis harus ditarik tegak lurus.

2) Siku-Siku Tukang Kayu

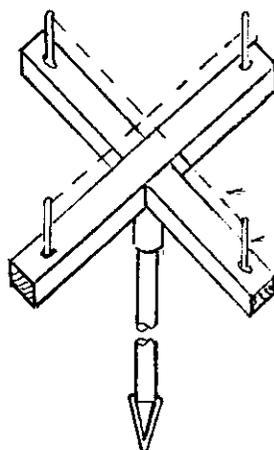
Siku-siku tukang kayu dibuat dari kayu yang kering betul dan terdiri dari dua batang kayu yang dibuat saling tegak lurus, alat ini biasanya digunakan tukang kayu/batu untuk membuat sumbu dinding/pondasi bangunan yang saling tegak lurus, bentuk dari alat ini lihat gambar. 10



Gambar. 10

3) Kayu Palang

Kayu palang sering juga disebut orang salib ukur atau salib incar, alat ini terbuat dari dua batang kayu (besi) yang dibuat saling tegak lurus dan ditempatkan diatas tongkat/tiang yang bagian bawahnya diruncing sehingga dapat ditancapkan kedalam tanah. Pada ujung-ujung kedua batang kayu tersebut dipasang paku atau sekrup sedemikian rupa dan di atas kepala paku/ sekrup dipasang benang, hingga benang/garis yang menghubungkan pada ujung-ujung kayu tersebut saling tegak lurus, bentuk dari kayu palang lihat gambar. 11

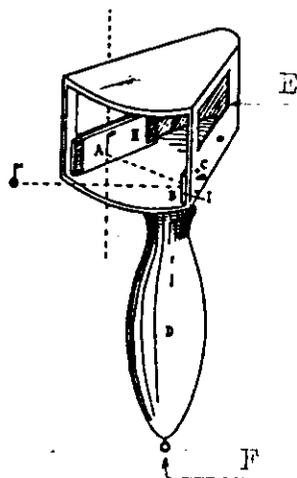


Benang
Paku.

Gambar. 11

4) Cermin Sudut

Alat ini berbentuk kotak segi tiga, satu sisinya terbuka yang dilengkapi dengan dua cermin didalamnya, serta dibuat bersudut 45° dari



Keterangan gambar

- A. Cermin II
- B. Cermin I
- C. Kotak segitiga
- D. Pegangan
- E. Lobang
- F. Gelang

Gambar. 12

Referensi : Ilmu Ukur Tanah oleh Soetomo
Wongsotjitra. 1980. h. 58

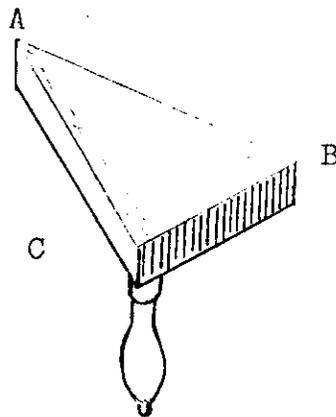
kedua cermin tersebut. Kotak pada bagian atas kedua cermin diberi lobang, kotak tersebut ditempatkan diatas suatu pegangan, pada pegangan sebelah bawahnya diberi gelang untuk mengikat - kan unting-unting, sehingga cermin dapat ditempatkan tegak lurus diatas suatu titik, bentuk dari cermin sudut lihat gambar. 12

5) Prisma

Alat ini terbuat dari gelas (kaca), yang berbentuk kotak segi tiga (prisma bowrneind) , segi lima (pentagon) dan dwi prisma. Prisma segi tiga, berbentuk kotak segitiga sama kaki yang mempunyai sudut siku dan sudut 45° .

Kotak ditempatkan di atas suatu batang/pegangan yang bagian bawahnya diberi gelang untuk menggantungkan unting-unting.

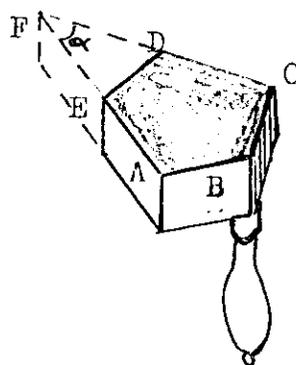
Bidang rusuk dari prisma segitiga diberi air raksa, sehingga mewujutkan cermin, alat ini hampir merupakan cermin sudut bertangkai. (gambar. 13)



$$\begin{aligned} \angle ACB &= 90^\circ \\ AC &= BC \end{aligned}$$

Gambar. 13

Prisma segilima (pentagon) terdiri dari sebuah kotak berbentuk segi lima, pada permulaannya alat ini adalah prisma empat sisi, kemudian salah satu sudutnya dipancuh, sehingga terjadi lima sisi. Salah satu sudutnya mempunyai sudut siku dan sisi yang mengapit sudut siku sama panjang, sudut yang dipancuh untuk mendapatkan sisi kelima adalah 45° . Sedangkan dwi prisma terdiri dari gabungan dua prisma seperti prisma segitiga dengan prisma segilima dengan segi lima, bentuk dari prisma segi lima lihat gambar. 14



$$\begin{aligned} \angle ABC &= 90^\circ \\ \angle EFD &= 45^\circ = \alpha \\ &\text{(sudut dipancuh)} \\ AB &= BC \\ AE &= DC \end{aligned}$$

Gambar. 14

C. Alat Ukur Luas

Alat yang dipergunakan untuk pengukuran luas tergantung pada bentuk areal yang akan di ukur. Bila bentuk areal lapangan yang akan diukur mempunyai sisi garis lurus dapat dicari luasnya dengan bantuan rumus segi tiga, trapesium, empat persegi, sistem koordinat dan bila sisi bukan garis lurus dapat dicari luasnya dengan bantuan rumus Simson, Mid Ordinat Rulle, Trapeoidal dan trapesium, alat yang digunakan adalah alat ukur jarak dan alat ukur sudut, bentuk dari alat-alat tersebut lihat Bab. II, sedangkan cara pengukuran lihat Bab. IV.

1. Perhitungan Luas Dengan Rumus Segitiga (Gambar. 15)

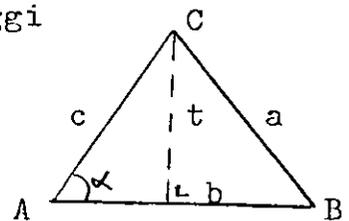
a. Luas $ABC = \text{alas} \times \text{setengah tinggi}$

$$= b \times \frac{1}{2} t$$

$$t = c \sin \alpha$$

b. Luas $ABC = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$

$$s = \frac{a + b + c}{2}$$



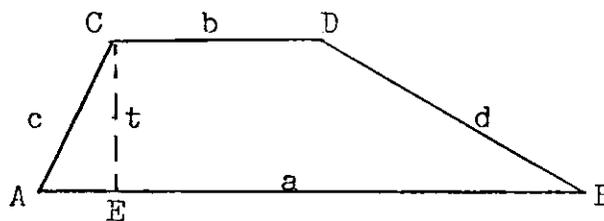
Gambar. 15

c. Luas $ABC = \frac{1}{2} bc \sin \alpha$.

2. Perhitungan Luas Dengan Rumus Trapesium (Gambar. 16)

$$\text{Luas trapesium } ABCD = (AB + CD) \times \frac{1}{2} BE$$

$$= (a + b) \times \frac{1}{2} t$$



Gambar. 16

3. Perhitungan luas yang berbentuk empat persegi adalah sebagai berikut; (Gambar. 17)

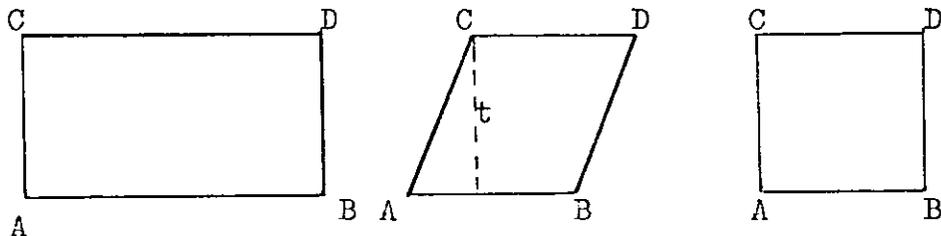
a. Luas empat persegi panjang ABCD = sisi panjang x sisi pendek
 $= AB \times AC$

b. Jajaran genjang ABCD = alas x tinggi

$$= AB \times t$$

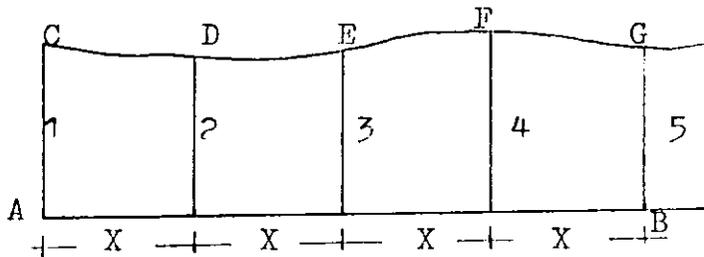
c. Bujur sangkar ABCD = sisi x sisi

$$= AB \times AC$$



Gambar. 17

4. Menghitung luas areal, sisi-sisi bukan garis lurus (perhatikan Gambar. 18)



Gambar. 18

a. Rumus Simson

$$\text{Luas ABCDEFGA} = 1/3 X \cdot (d + 2 O + 4 E)$$

dimana X = Jarak bahagian-bahagian pengukuran

d = Jumlah dari ordinat (offset) pertama dan terakhir.

O = Jumlah dari offset nomor ganjil

E = Jumlah dari offset nomor genap.

b. Rumus Trapesoidal

$$L = X \left\{ \frac{(d + dn)}{2} + o_2 + o_3 + o_4 \dots \right\}$$

L = Luas areal yang diukur (luas ABCDEFGA)

X = Jarak bahagian-bahagian pengukuran

d = Offset pertama

dn = Offset terakhir

$o_2, 3, 4 \dots$ = Offset selain pertama dan akhir.

c. Rumus Mid Ordinate Rulle

$$L = X \left(\frac{O_1 + O_2}{2} \right) + \left(\frac{O_2 + O_3}{2} \right) + \left(\frac{O_3 + O_4}{2} \right) + \left(\frac{O_4 + O_n}{2} \right)$$

dimana L = Luas areal yang akan diukur (luas A BCDEFGA)

X = Jarak bahagian-bahagian pengukuran

$O_1, 2, 3, 4, \dots, O_n$ = Offset (ordinat).

Bila areal yang akan diukur berbentuk gambar yang diproyeksikan pada kertas gambar dengan skala tertentu maka alat yang dipakai untuk pengukuran luasnya adalah planimeter. Planimeter bering juga disebut orang suatu alat (instrument) untuk menghitung luas dengan cara mekanis grafis. Yang dihitung disini adalah luas suatu daerah yang sudah diproyeksikan dengan skala tertentu pada gambar (peta) baik daerahnya teratur maupun tidak teratur.

1. Jenis Planimeter.

Planimeter dalam bentuk konstruksinya dibedakan dalam 2 jenis utama : yaitu Planimeter Kutub dan Planimeter Roda.

a. Planimeter Kutub

Planimeter jenis ini, dimana lengan (batang) pencari jejak (tracer arm). Pada batang ini terdapat sebuah jarum dan lensa pada ujung-ujungnya, pada batang yang terdapat lensa terdapat sebuah pesawat/kereta (carringe). Pada kereta ini terdapat roda ukur, piringan ukuran sarta nonius.

b. Planimeter Roda

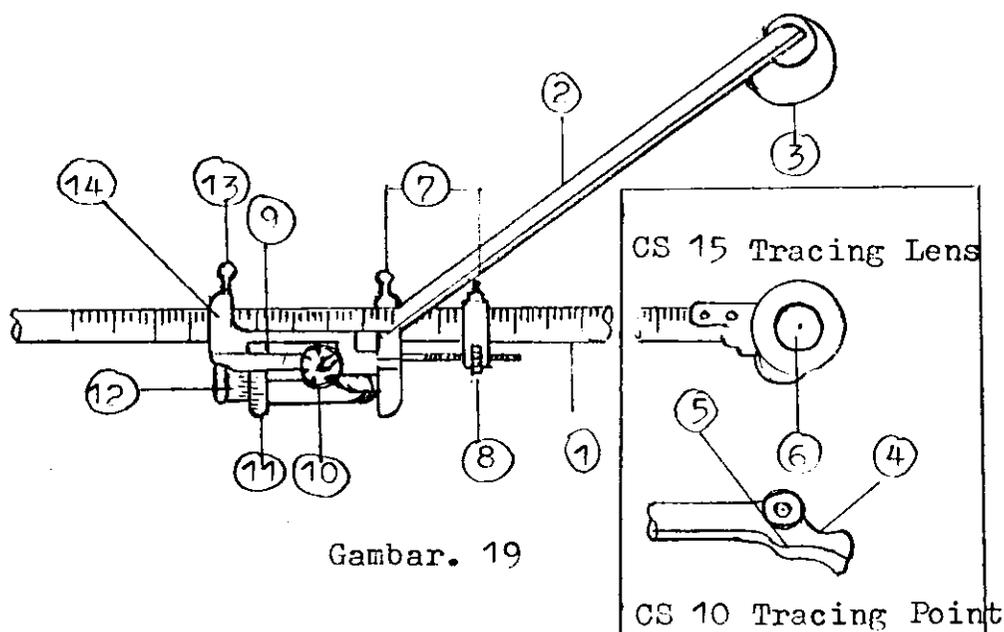
Planimeter jenis ini, terdapat sebuah le - ngan kutub (pole arm) diperlengkapi sebuah pem - berat dengan jarum pusat pada bagian bawahnya. Pada batang ini ujungnya diikatkan dengan lengan kutub pada bagian pesawat/kereta (carringe) dima - na untuk Bergeraknya memakai roda besar. Penggu - naan titik kutub adalah untuku mencari jejak/ga -

ris batas yang akan dilalui sehingga didapat luas daerah tersebut.

Skala yang dipergunakan planimeter untuk menghitung luas adalah; 1 : 1000, 1 : 500, 1 : 400, 1 : 250, 1 : 100.

2. Nama Bagian-Bagian Dari Planimeter

Nama bagian-bagian planimeter lihat gambar 19



Gambar. 19

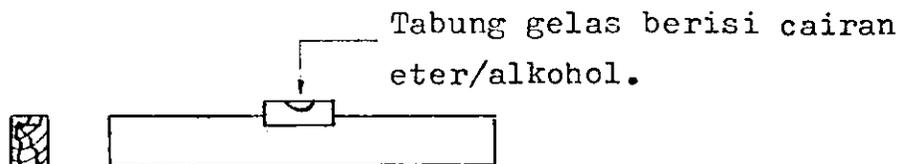
1. Bagian penjajah (tracer arm)
2. Lensa kutup (polearm)
3. Pemberat kutup (pole weight)
4. Knop penggerak/tamin knop (CS-10)
5. Ujung penjelajah atau tracing point (CS-10)
6. Lensa penjelajah (CS - 15)
7. Skrup pengunci (clamp scren)
8. Skrup penyetel
9. lever vernier
10. Piringan angka penunjuk putaran (counter dial)
11. Roda pengukur
12. Vernier
13. Roda peluncur (sliding rolled)
14. Kereta (carriage).

D. Alat Ukur Beda Tinggi

Pengukuran tinggi adalah menentukan beda tinggi antara dua titik, dari pengukuran tersebut sehingga ketinggian titik yang dicari diantara dua titik dapat ditentukan. Pada pengukuran beda tinggi ini kita harus berpedoman pada titik yang sudah diketahui dengan menentukan beda tinggi antara kedua titik adalah jarak antara dua bidang nivo yang melalui titik-titik tersebut. Alat yang dipergunakan untuk mengukur adalah ;Barometer, cara Trigonometer dan penyipat datar. Bila menggunakan barometer maka alat harus dilengkapi dengan thermometer dan hygrometer, sedangkan bila menggunakan cara trigonometer alat yang digunakan adalah alat ukur sudut yang dilengkapi dengan tropong (lihat gambar 8) dan dilengkapi dengan pita ukur serta yalon. Untuk menentukan beda tinggi digunakan rumus Tangens (cara pengukuran lihat Bab. V). Alat yang biasa dipakai untuk pengukuran beda tinggi adalah alat penyipat datar, alat ini terdiri atas dua macam yaitu; penyipat datar sederhana dan penyipat datar optik, dalam buku ini yang akan diuraikan khusus tentang alat penyipat datar sederhana. Alat penyipat datar sederhana terdiri atas bermacam-macam tergantung pada bahannya.

1. Alat Penyipat Datar Dair Kayu

Alat ini terdiri dari rumah-rumah yang terbuat dari kayu dan tabung gelas berisi cairan eter, serta gelembung udara eter atau cairan alkohol dari gelembung udarah alkohol (gambar. 20)

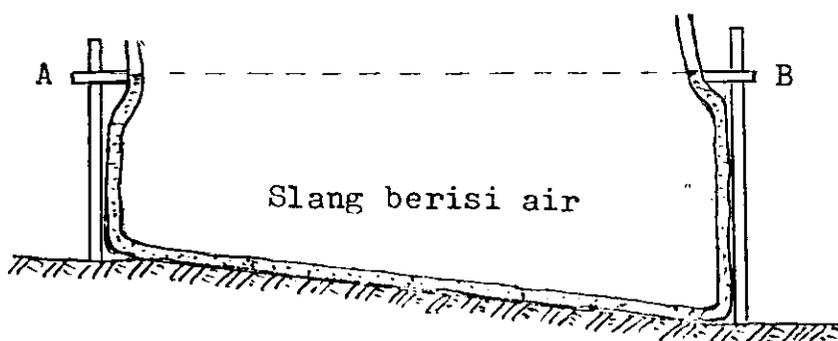


Gambar. 20

2. Alat Penyipat Datar Pipa Plastik/Slang Plastik

Slang plastik tersebut diisi air kemudian direntangkan terhadap tempat yang akan didatarkan sehingga keadaan sama datar. Pada alat ini pengukuran sangat luas dibandingkan dengan alat penyipat datar dari kayu. Syarat dari slang plastik tidak boleh bocor dan mengandung gelombang udara, yang harus diperhatikan pada pipa plastik adalah;

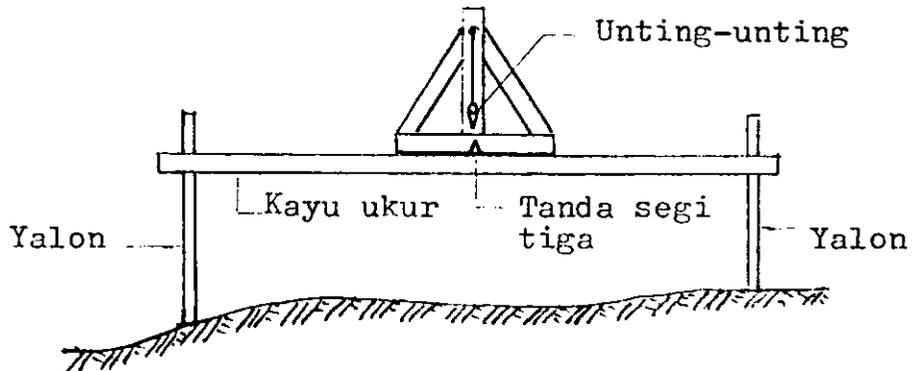
- a. Waktu mengisi air harus teliti
- b. Air harus bermula dari tempat ujung yang tinggi dan dibiarkan mengalir ke ujung yang paling bawah sampai air keluar.
- c. Bila sudah bebas dari gelembong-gelembong udara barulah pengisian dihentikan.



Gambar. 21

3. Alat Penyipat Datar Dari Segitiga Yang Dilengkapi Dengan Unting-Unting.

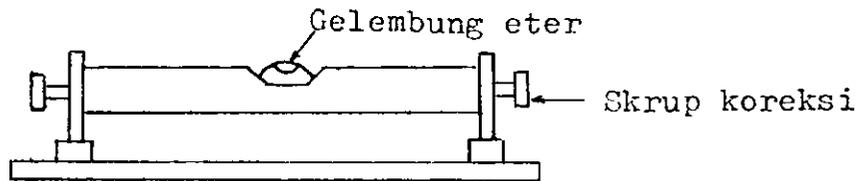
Alat ini terbuat dari kerangka kayu/besi berbentuk segitiga sama kaki. Pada tiang tengah dipasang unting-unting. Bidang yang akan diukur dinyatakan datar jika unting-unting menunjukkan ujung tanda segitiga bagian atas yang terdapat pada alas segitiga (gambar. 22). Syarat utama dari alat ini ialah bidang dasar harus rata dan tegak lurus terhadap sumbu tegak, dalam pengukuran harus dilengkapi yalon/kayu ukur untuk tempat meletakkan alat/meter.



Gambar. 22

4. Alat Penyipat Datar Dari Logam

Alat ini sama seperti alat penyipat datar dari kayu, hanya pada penyipat datar ini ada yang diberi skrup koreksi, sehingga jika berubah posisinya bisa dikoreksi dengan memutar skrup koreksi. (gambar. 23)



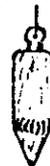
Gambar. 23

E. Alat-Alat Bantu Pengukuran

Dalam pengukuran di lapangan baik pengukuran jarak maupun pengukuran sudut diperlukan alat bantu. Alat bantu yang biasa digunakan adalah;

1. Unting-Unting

Alat ini terbuat dari besi atau kuningan yang berbentuk silinder dan ujung bawahnya dibuat runcing sedangkan bahagian atas dibuat berbentuk gelang (skrup) yang dilobangi untuk mengikat benang. (gambar. 24)



Gambar. 24

2. Yalon (Anjir)

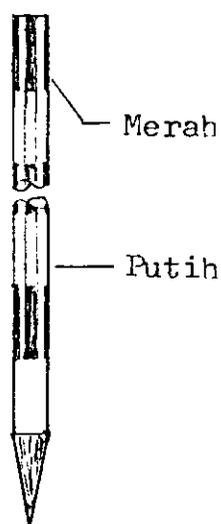
Yalon bila ditinjau dari jenis bahan pembuatannya, terdiri atas dua jenis yaitu;

a. Yalon Dari Kayu

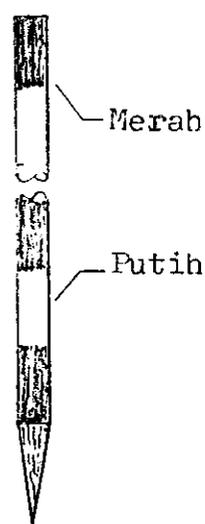
Yalon yang dibuat dari kayu ada yang segitiga dan ada yang bulat dengan diameter $\frac{3}{8}$ - 1 inci, pada bagian bawahnya diberi sepatu besi yang runcing, Guna sepatu besi supaya mudah menancapkannya kedalam tanah dan menghindari yalon jangan cepat rusak. Tinggi yalon dibuat 2 meter dan diberi warna merah putih. (gambar. 25 a)

b. Yalon Dari Pipa Besi

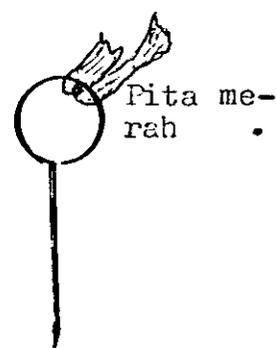
Yalon yang dibuat dari pipa besi dengan diameter $\frac{3}{8}$ - 1 inci dan pada bagian bawahnya diruncingkan. Guna diruncingkan supaya mudah menancapkan kedalam tanah, yalon ini dibuat tingginya 2 meter dan diberi warna putih merah (merah putih). gambar. 26 b.



Gambar. 25 a



Gambar. 25 b



Gambar. 26

3. Pen Ukur

Pen ukur sering juga disebut orang pancang kawat (pen lapangan), terbuat dari kawat besi dengan

panjang 10 - 18 inci, pada bagian atas dibulatkan dan diberi pita kain berwarna merah, supaya mudah dilihat dari jauh. Pada ujung yang satu lagi diruncing agar mudah menancapkan ke dalam tanah. Gunanya adalah untuk menandai titik-titik di lapangan baik sebelum melakukan pengukuran maupun sesudah pengukuran, bentuk dari pen ukur lihat gambar. 26

4. Topi

Topi digunakan untuk melindungi kepala sipe - kerja dari sengatan matahari.

5. Sepatu Kerja

Sepatu kerja dipergunakan untuk melindungi kaki sipekerja supaya jangan sampai luka di lapangan

BAB III

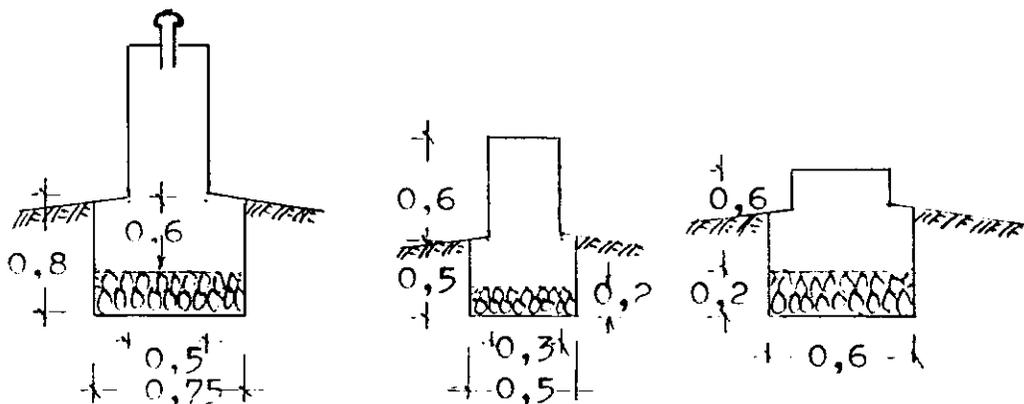
PENGUKURAN JARAK

A. Menentukan Titik Di Lapangan

Pekerjaan pengukuran di lapangan, baik pengukuran jarak maupun sudut, diperlukan adanya titik-titik dilapangan. Pembuatan titik di lapangan harus dibuat sedemikian rupa sehingga mudah dapat dicari. Titik-titik yang dibuat di atas permukaan bumi dibagi atas dua macam yaitu titik yang mempunyai sipat tetap dan yang sementara.

1. Titik Tetap

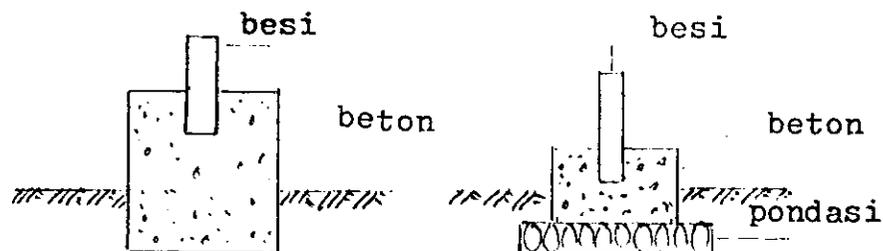
Titik tetap sesuai dengan namanya, titik ini bersifat tetap sehingga dapat digunakan untuk dasar pengukuran selanjutnya, titik ini seperti titik Triangulasi (tugu triangulasi) dan Bench Mark. Tugu Triangulasi dibuat pada daerah yang besar, seperti pulau Sumatera, Jawa, Kalimantan dan lain-lainnya. Titik ini sering dibuat dari pasangan batu kali / tembok atau beton dan pada dinding ditulis tinggi titik dari muka laut serta koordinat-koordinatnya terhadap suatu salib sumbu bentuk dari titik tersebut seperti gambar 27, satuan ukuran gambar dalam meter.



Gambar 27

Patok-patok tetap lainnya yang lebih kecil dibuat didalam areal yang kecil seperti didalam kota-kota, titik tetap ini dibuat dari besi yang diperkuat

dengan beton (tembok), bentuk dari patok seperti gambar. 28

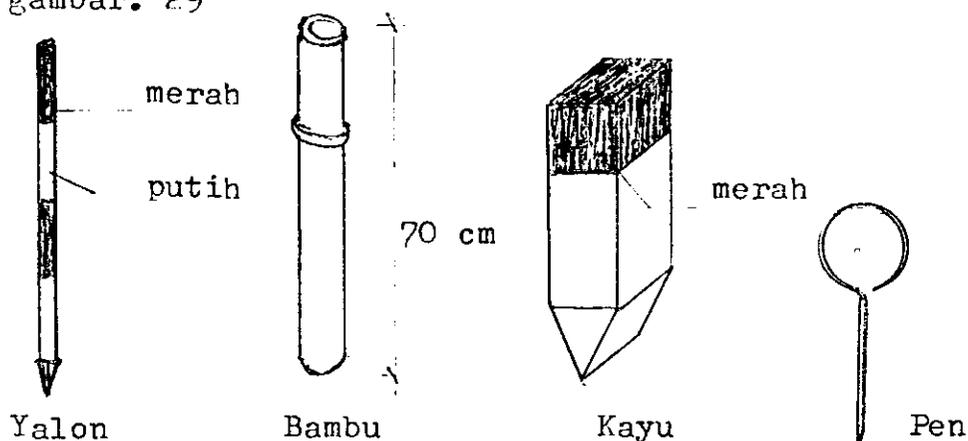


Gambar. 28

2. Titik Sementara

Titik ini bersipat sementara hanya dipakai pada saat pengukuran sampai proyek selesai, bahan yang dipakai untuk titik ini adalah; yalon, patok kayu, patok bambu, kayu pen dan besi pen.

Yalon dan besi pen dipakai pada saat melakukan pengukuran sampai selesai, sedangkan patok kayu, bambu dipakai untuk menandai titik sementara sampai proyek selesai. Untuk memudahkan mencari titik-titik di lapangan maka bagian atas diberi cat berwarna dan diberi nomor patok, bentuk dari titik sementara lihat gambar. 29



Gambar. 29

B. Membuat Garis Lurus di Lapangan.

Membuat garis lurus di lapangan merupakan bagian yang penting pada pengukuran sebidang tanah. Dalam prakteknya membuat garis lurus di lapangan tidak semudah menarik garis lurus di atas kertas gambar. Untuk membuat garis lurus di lapangan harus diketahui kedua titik ujung-ujungnya.

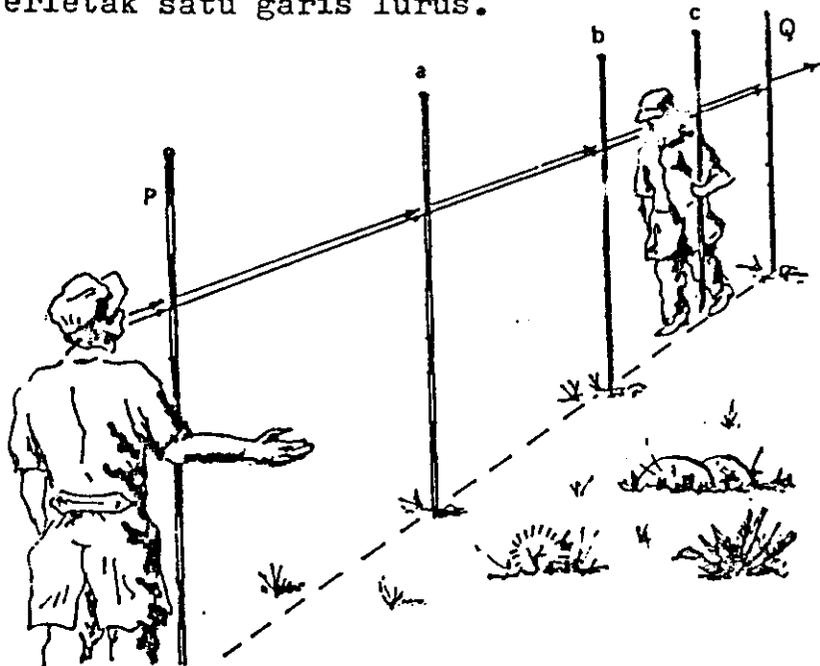
Untuk menentukan garis lurus ini, maka diantara kedua titik ujung dipasang (dibuat) titik-titik yang cukup banyak. Titik tersebut dinyatakan dengan yalon, tiap-tiap bagian garis lurus yang terletak antara dua yalon dianggap sebagai garis lurus. Pembagian titik-titik antara kedua ujung bisa jaraknya di ambail sama dan bisa juga tidak sama (tergantung pada keadaan lapangan). Syarat utama untuk mencapai ketelitian yang cukup tinggi ialah tiap-tiap yalon harus letakan/didirikan tegak lurus dan segaris dengan arah bidikan. Supaya yalon bisa didirikan tegak lurus pergunakanlah garis-garis sudut bangunan (gedung) atau dengan nivo yalon.

1. Membuat Garis Lurus Tanpa Halangan

Untuk pekerjaan ini diperlukan beberapa buah yalon dan dua orang tenaga. Antara titik P dan Q yang akan dibuat garis lurus dengan menentukan titik-titik a, b, dan c yang diletakan sedemikian rupa, sehingga titik-titik tersebut terletak digaris lurus P - Q. Cara kerjanya adalah sebagai berikut dan perhatikan gambar. 30

- a. Pasang yalon tegak lurus pada titik utama P dan Q
- b. Orang pertama berdiri di belakang yalon P mengincar ke yalon Q, orang kedua memegang yalon di titik a antara P dan Q serta menghadap ke P (orang pertama).
- c. Orang pertama mengincar posisi pertama dari ketiga yalon sambil memberi isyarat pada orang kedua.

- d. Orang kedua harus selalu berusaha memindah-min-dahkan yalon di tangannya perlahan-lahan sesuai-dengan isyarat orang pertama.
- e. Bila orang pertama melihat yalon P, a dan Q sudah berimpit (kira-kira berimpit) maka orang per-tama memberi isyarat menancapkan yalon.
- f. Orang kedua menancapkan yalon a tegak lurus pada titik yang sudah didapat.
- g. Orang pertama mengincar posisi yalon kembali hing-ga benar-benar tampak yalon P, a dan Q berimpit.
- h. Demikian seterusnya buat menentukan titik-titik pembagi b, dan c pekerjaan selesai hingga P, a, b, c dan Q tampak berimpit, sehingga P, a, b, c, Q terletak satu garis lurus.



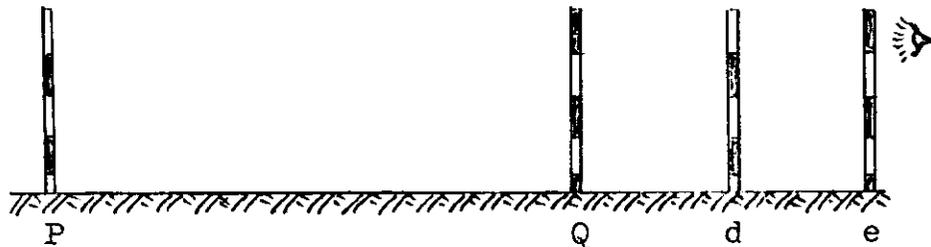
Gambar. 30

Referensi : Latihan Praktek Ukur Tanah
dan Pemetaan oleh Soemarlani
DS. ct. al, 1979. h. 2

2. Memperpanjang Garis Lurus di Lapangan.

Pekerjaan ini dapat dilakukan oleh dua orang a tau sendirian dan menggunakan beberapa buah yalon.

Cara mengerjakannya bila dilakukan dua orang sama seperti membuat garis lurus di lapangan tanpa halangan, akan tetapi yalon ditempatkan oleh orang kedua pada titik d, diperpanjangkan garis lurus PQ, sedangkan orang pertama mengincar/membidik berdiri dibelakang yalon P untuk memberi aba-aba pada orang kedua. Bila pekerjaan dilakukan sendirian (tanpa pembantu) yalon ditempatkan dititik d sendiri diperpanjangkan garis PQ dan mengincar/meluruskan dari yalon sambil mengarahkan ke Q dan P, sedemikian rupa sehingga yalon d, Q dan P segaris, perhatikan gambar. 31



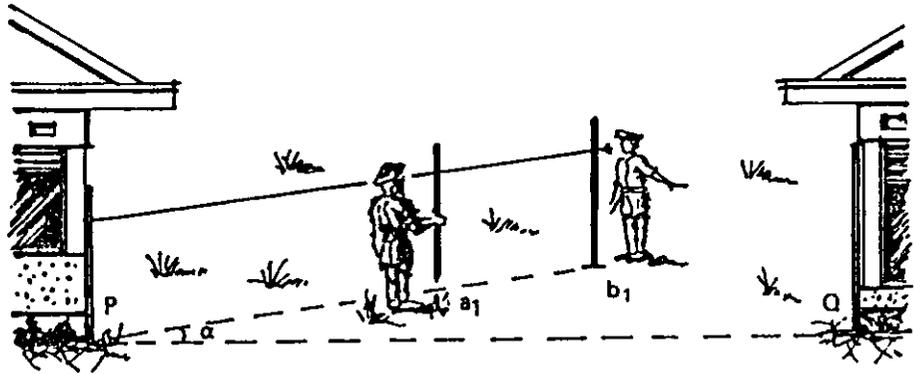
Gambar. 31

3. Membuat Garis Lurus Bila Kedua Titik Berada Pada Su dut bangunan.

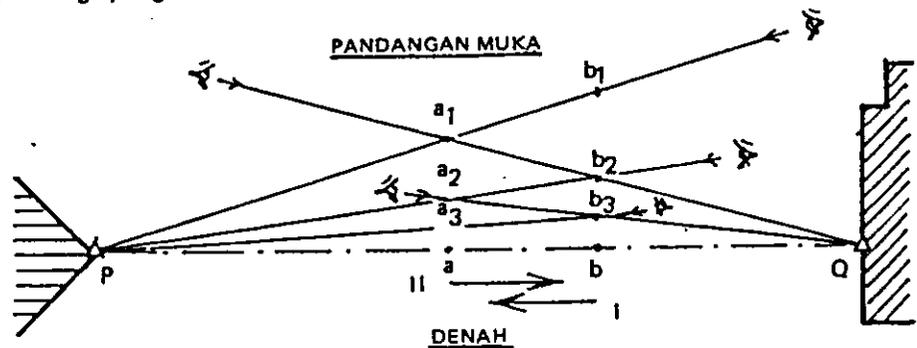
Apabila titik P dan Q merupakan sudut dari dua buah bangunan (terletak pada sudut bangunan), sedangkan kita harus membuat garis lurus dari titik P ke titik Q, dengan demikian orang tidak dapat berdiri dibelakang titik P atau Q untuk membidik, cara pengukurannya lihat gambar. 32

Untuk pembuatan garis seperti ini diperlukan dua orang tenaga dan beberapa buah yalon (yalon P, a b dan Q), cara kerjanya adalah sebagai berikut;

- a. Pasang yalon tegak lurus pada titik P dan Q yang berimpit pada sudut bangunan (vertikal pada sisi bangunan), lihat gambar. 32



P dan Q = titik utama pada sudut/sisi bangunan (diketahui)
 a dan b = titik pembagi yang dicari.



Gambar kerja penentuan titik - titik diantara dua sudut bangunan.

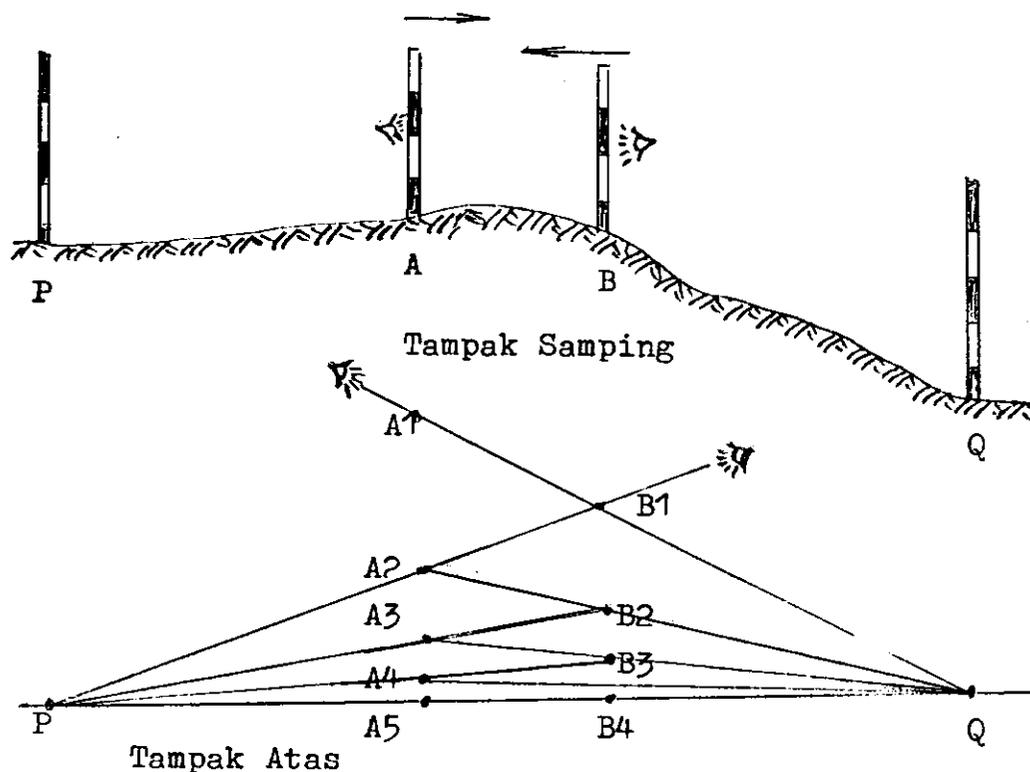
Gambar. 32

Referensi : Latihan Praktek Ukur Tanah
 dan Pemetaan oleh Soemarlani
 DS. ct. al, 1979. h. 14

- b. Orang pertama memegang yalon b dan orang kedua memegang yalon a.
- c. Orang pertama memasang yalon di titik b1 dengan sudut sekecil mungkin terhadap garis PQ.
- d. Orang kedua menempatkan yalon di titik a1 dengan petunjuk orang pertama hingga P, a1, b1, tampak berimpit.
- e. Orang pertama pindah ke garis Q a1 dengan membawa yalon ke titik b2. Dengan petunjuk orang kedua posisi yalon di titik b2 diperoleh.

- f. Orang kedua berpindah diantara garis P b2 memegang yalon di titik a2, dengan petunjuk orang pertama diperoleh titik a2.
- g. Demikianlah seterusnya hingga diperoleh titik a dan b dimana a, b dan Q tampak berimpit oleh orang kedua dan b, a serta P tampak berimpit oleh orang pertama.
4. Membuat Garis Lurus di Lapangan Tidak Datar.

Untuk membuat garis lurus dilapangan yang tidak datar dapat dikerjakan oleh dua orang dan beberapa buah yalon. Cara pembuatan ini dilakukan bila kedua titik ujung (titik P dan Q) yang akan dibuat tidak kelihatan satu sama lainnya, karena keadaan lapangan tidak datar (berlereng) seperti gambar 33

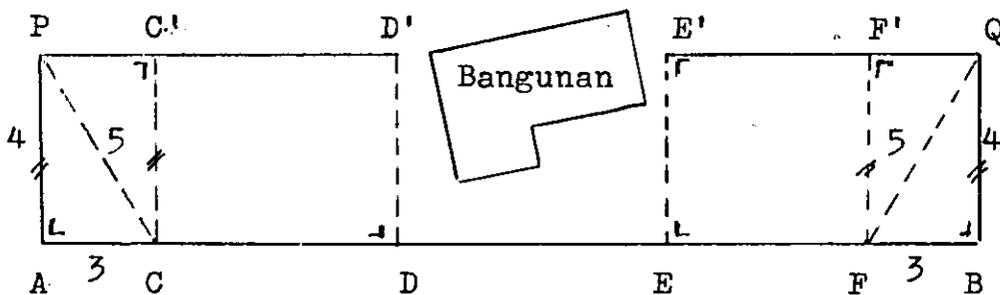


Cara pembuatan garis lurus pada daerah ini sama dengan cara membuat garis lurus antara dua buah titik yang terdapat pada sudut bangunan, hanya yang perlu diper-

hatikan orang yang mengincar (membidik) dari yalon A harus kelihatan yaoln Q dan orang mengincar dari ya - lon B harus kelihatan yalon P .

5. Membuat Garis Lurus Yang Ada Halangan.

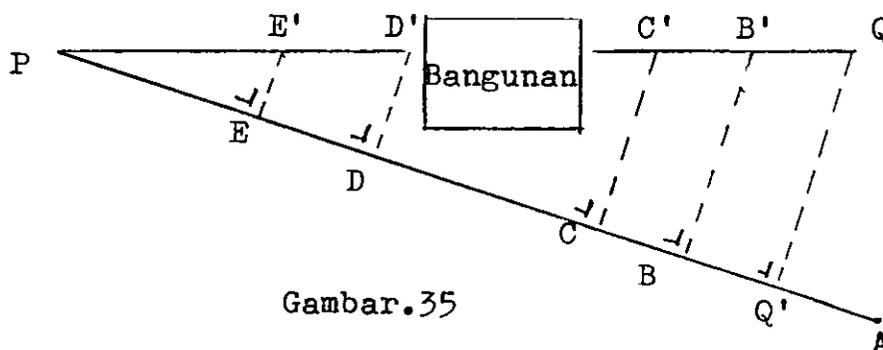
Bila antara titik P dan Q yang akan dibuat garis lurus terdapat halangan seperti bangunan atau tanaman yang tidak boleh dirusak, sehingga satu ujung titik tidak kelihatan dari titik ujung lainnya, untuk pembuat an garis lurus tersebut dapat dilakukan dengan cara ;
a. Sistim 3:4:5 (sisi segitiga siku-siku) .



Gambar 34

- Pembuatan garis lurus seperti inidiperlukan tiga orang tenaga, pita/rantai ukur, ~~beberapa~~ buah yalon dan pen ukur, cara kerjanya sebagai berikut ;
- 1) Pasang yalon tegak lurus dititik P dan Q .
 - 2) Buat garis bantu AB sedemikian rupa (seperti mem buat garis lurus tanpa halangan) yang sama pan - jang dengan garis PQ ($AB = PQ$).
 - 3) Buat garis $PA = 4$ m dan $QB = 4$ m yang tegak lu - rus pada garis AB dengan sistem $3 : 4 : 5$ sehing ga didapat segitiga ACP dan BFQ.
 - 4) Buat garis dari titik C sejajar dan sama panjang dengan garis BQ, sehingga didapat titik C' dan F'
 - 5) Pasang yalon di titik C tegak lurus, bidik dari A ke C hingga didapat titik D yang segaris dengan .garis ACDB (proyeksikan titik D ke D' yang sama panjang dengan garis CC').

- 6) Pasang yalon di titik F tegak lurus, bidik dari B ke F sehingga didapat titik E yang segaris dengan BFEDCA (proyeksikan titik E ke E' yang sama panjang dengan garis FF').
 - 7) Sehingga titik P, C', D', E', F' dan Q bila dihubungkan merupakan suatu garis lurus PQ yang sejajar dan sama panjang dengan garis lurus AB.
6. Sistem Perbandingan Sisi Segitiga Sebangun



Gambar.35

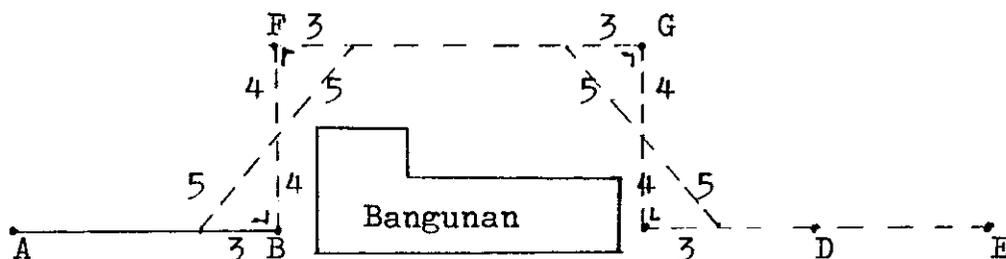
Pembuatan garis lurus PQ dapat dilakukan dengan dua orang tenaga, satu buah pita/rantai ukur, beberapa buah yalon dan pen ukur. Caranya adalah sebagai berikut;

- 1) Pasang yalon di titik P dan Q tegak lurus.
- 2) Carilah titik A sedemikian rupa, hingga titik P kelihatan dari titik A.
- 3) Pasang yalon tegak lurus pada titik A dan buat garis lurus AP dengan titik B, C, D dan E (seperti membuat garis lurus tanpa halangan).
- 4) Buat garis QQ' yang tegak lurus pada garis AP dengan sistem 3 : 4 : 5 (seperti cara di atas) dan ukur panjang garis QQ'.
- 5) Hitung berturut-turut jarak BB', CC', DD' dan EE' dengan rumus perbandingan sisi yaitu;

$$BB' = \frac{PB}{PQ'} \times QQ' \qquad CC' = \frac{PC}{PQ'} \times QQ'$$

$$DD' = \frac{PD}{PQ'} \times QQ' \qquad EE' = \frac{PE}{PQ'} \times QQ'$$

- 6) Buatlah jarak BB' , CC' , DD' dan EE' dengan garis tinggi berturut-turut dari titik B, C, D dan E hingga didapat titik-titik B' , C' , D' dan E' berada dalam garis lurus PQ.
7. Memperpanjang Garis Lurus Yang Ada Halangan



Gambar. 36

Untuk memperpanjang garis AB ke CD dan E diperlukan sekurang-kurangnya dua orang tenaga, satu buah pita/rantai ukur dan beberapa buah yalon, caranya sebagai berikut;

- 1) Pasang yalon tegak lurus di titik A dan B.
- 2) Buat garis BF yang tegak lurus pada garis AB dengan sistem 3 : 4 : 5, sehingga sudut B = 90° .
- 3) Lakukan hal yang sama pada garis FG hingga didapat sudut F dan G = 90° .
- 4) Buat garis GC sama panjang dengan BF ($GC = BF$).
- 5) Buat garis CD tegak lurus pada garis CG dengan 3 : 4 : 5.
- 6) Perpanjanglah garis CD hingga didapat titik E, dengan demikian titik-titik C, D dan E berada di perpanjangan garis lurus AB.

C. Pengukuran Jarak Datar.

Salah satu dasar pekerjaan dalam ilmu ukur tanah adalah menentukan jarak antara dua titik diatas permukaan bumi. Pada jarak yang terbatas, jarak antara dua pada elevasi yang berbeda biasanya digunakan jarak horizontal, pengukuran jarak tersebut dapat dilakukan dengan ; kayu ukur, pita ukur, rantai ukur, spidometer

langkah dan Odometer.

1. Kayu Ukur

Untuk pekerjaan pengukuran jarak datar dengan kayu ukur diperlukan beberapa buah yalon, pen ukur dua buah kayu ukur dan dua orang tenaga.

Kayu ukur yang digunakan harus mempunyai perbedaan atau kayu ukur pertama dipakai warna merah-putih - merah-putih-merah dan kayu ukur yang kedua putih - hitam-putih-hitam-putih.

Minsalnya jarak antara titik P dan Q yang akan diukur dengan kayu ukur, maka antara titik P dan Q tersebut harus dibagi jaraknya sedemikian rupa, serta ditandai dengan yalon (pen ukur). Tandai tersebut digunakan sebagai pedoman untuk melakukan pengukuran terhadap garis lurus PQ, cara pengukuran sebagai berikut;

- a. Buatlah garis lurus antara titik P dan Q (seperti membuat garis lurus yang telah diuraikan di atas).
- b. Bagi garis lurus tersebut sedemikian rupa (kira-kira dua kali panjang kayu ukur) dan tandai dengan pen ukur.
- c. Letakan kayu ukur pertama digaris lurus PQ, ujung belakang disentuhkan pada titik P.
- d. Letakan kayu ukur kedua dimuka kayu ukur pertama digaris lurus PQ hingga dua ujung kayu ukur saling bersinggungan.
- e. Ambil kayu ukur pertama dengan jalan menarik ke belakang, supaya kayu ukur kedua tidak berubah posisinya.
- f. Letakan kayu ukur pertama dimuka kayu ukur kedua sedemikian rupa (digaris lurus PQ), hingga kedua kayu ukur saling bersinggungan.
- g. Lakukan pekerjaan seterusnya sampai ke titik Q
- h. Bila pengukuran kayu ukur terakhir kurang dari panjang kayu ukur, maka pengukuran dilakukan

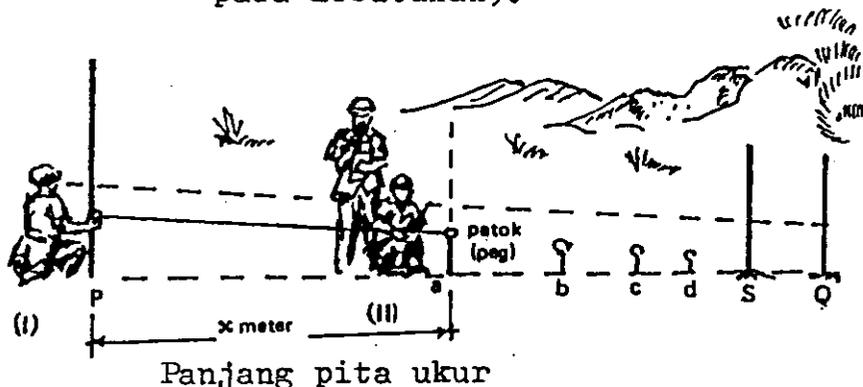
dengan pita ukur (meteran)

- i. Hitunglah jarak pengukuran dengan kelipatan panjang kayu ukur (kelipatan 3 atau 5 meter), ditambah dengan hasil pengukuran pita ukur bila pengukuran terakhir kurang dari panjang kayu ukur.

2. Pita Ukur

Pengukuran jarak yang dilakukan dengan pita ukur baik pita ukur yang terbuat dari kain, baja dan pita ukur lainnya dapat dilakukan sekurang-kurangnya dua orang tenaga, beberapa buah yalon, satu buah pita ukur dan beberapa buah pen ukur, cara pengukurannya perhatikan gambar. 37

- a. Pasang yalon di titik arah pengukuran yang direncanakan, misalnya titik P dan Q.
- b. Buatlah terlebih dahulu garis lurus PQ, seperti membuat garis lurus yang telah diuraikan di atas
- c. Orang pertama membawa satu buah pen ukur, orang kedua membawa beberapa buah pen ukur (tergantung pada kebutuhan).



Gambar. 37

Referensi : Latihan Praktek Ukur Tanah dan Pemetaan oleh Soemarlani DS. ct. al, 1979. h. 22

- d. Tancapkan pen ukur yang dibawah orang pertama pada titik P dan tempatkan ujung pita ukur (tanda nol) pada titik P.

- e. Orang kedua menarik/merentang pita ukur menuju titik Q sambil membawa sejumlah pen ukur dan menancapkan pen pada angka terakhir ujung pita ukur (dititik. a), sesuai dengan aba-aba dari orang pertama (dalam garis lurus PQ).
- f. Orang pertama mencabut pen ukur pertama sambil memegang ujung pita ukur dan pinda ke pen ukur di titik a.
- g. Orang kedua menarik pita ukur menuju titik Q.
- h. Dengan aba-aba dari orang pertama, orang kedua meluruskan arah pengukuran dan menamcapkan pen lagi pada ujung pita ukur (titik. b)
- i. Orang pertama mencabut pen di titik a dan pindah ke pen ukur di titik b, sedangkan orang kedua menarik pita ukur menuju titik Q dan menamcapkan pen di titik C, pada ujung pita ukur.
- j. Dengan cara yang sama pekerjaan dilanjutkan sampai ke titik Q (titik-titik d, s dan Q).
- k. Hitung hasil pengukuran dengan cara menghitung banyak pen ukur yang dipegang orang pertama dikurangi satu dikalikan panjang pita ukur, atau dapat dihitung dengan rumus;

$$L = (P - 1) \times J$$

L = jarak pengukuran
 P = jumlah pen ukur yang dipergunakan.
 J = jarak dari pen ke pen ukur
 1 = konstanta.

3. Rantai Ukur

Cara pengukuran jarak dengan rantai ukur sama dengan cara pengukuran jarak dengan pita ukur. Hanya yang perlu diperhatikan, rantai ukur harus ditarik sedemikian rupa, supaya rantai lurus. Besarnya gaya tarikan harus kurang dari 5 kg.

4. Spedometer Langkah

Pengukuran jarak dengan alat ini berdasarkan atas langkah manusia dan pembacaan spedometer.

Panjang langkah berkisar antara 35 - 60 cm, sedangkan jumlah langkah dua kali dari bacaan speedometer bila dimulai dan diakhiri oleh kaki yang berbeda, sebab bila kaki kiri bergerak jarum speedometer tidak bergerak, tetapi bila kaki kanan bergerak/mengijak tanah satu langkah jarum speedometer akan menunjukkan angka satu. Untuk melakukan pengukuran dengan alat ini dapat dilakukan oleh satu orang, caranya adalah sebagai berikut ;

- a. Ikatkan/gantungkan speedometer pada betis/ paha kanan.
- b. Nol kan jarum penunjuk dengan menekan knob (lihat gambar 6).
- c. Mulailah berjalan dari titik awal (titik P) searah garis lurus ketitik tujuan yang akan diukur (titik Q), usahakan berjalan biasa.
- d. Bila telah sampai dititik Q, perhatikan pembacaan jarum speedometer mulai dari satuan puluhan sampai satuan, ratusan, ribuan.
- e. Hitung jarak dengan cara mengalikan jumlah bacaan speedometer dikali dua, dikali panjang langkah .

Contoh - Panjang langkah diambil 45 cm.

Pembacaan speedometer 30

Maka jarak = $30 \times 2 \times 45 \text{ cm} = 2700 \text{ cm}$
 $= 27 \text{ m}.$

5. Odometer

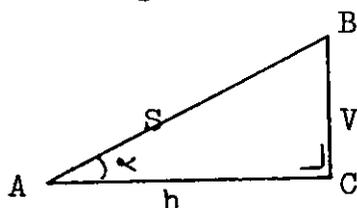
Pengukuran jarak dengan odometer dapat dilakukan oleh satu orang tenaga. Pengukuran ini dimulai dari titik awal (titik P) dan alat didorong/ditarik ketitik tujuan (titik Q) dalam bentuk garis lurus . Jarak dari P ke Q dapat dihitung dengan jalan menghitung putaran roda yang telah diketahui kelilingnya.

D. Pengukuran Jarak Miring.

Pengukuran jarak pada daerah dengan kemiringan 1 - 2 % menurut Subki F. Mulkan dan Edy Sumaryanto (1980.h.15) dapat diambil langsung jarak horizohtal sebagai jarak miring. Pada daerah dengan kemiringan 3-10 % pengukuran harus dilakukan dengan cara koreksi, cara bertingkat, sedangkan pada areal kemiringan lebih dari 10 % dilakukan dengan cara terpotong-potong.

1. Cara Koreksi

Pengukuran jarak di lapangan pada areal kemiringan 3-10 % dapat dilakukan dengan cara koreksi dan menggunakan rumus phythagoras serta rumus sinus. Alat yang digunakan pita ukur (rantai ukur), kayu ukur, yalon, pen ukur dan dua orang tenaga. Harak yang diukur dengan metoda ini adalah jarak miring, sedangkan yang dikatakan jarak adalah jarak hori - zontal (jarak datar) dan beda tinggi adalah jarak vertikal. Untuk menghitung jarak dan beda tinggi digunakan rumus phythagoras dan sinus, cara kerja perhatikan gambar 38



S = jarak miring

h = jarak datar

V = beda tinggi

Gambar 38

- Buat garis lurus AB terlebih dahulu seperti mem buat garis lurus dilapangan datar dengan bantuan yalon (perhatikan gambar 38).
- Bagi jarak AB sedemikian rupa (kira-kira sepanjang pita/kayu ukur) dan tandai dengan pen ukur.
- Ukur jarak AB dengan pita, rantai atau kayu ukur seperti mengukur jarak datar, misalnya 5 m.
- Bila kemiringan belum diketahui ukur beda tinggi

- (V) dan besar sudut α dengan alat ukur sudut.
 e. Hitung jarak datar (h) dengan rumus Pythagoras dan sinus.

$$\begin{aligned} \text{Rumus Pythagoras} \rightarrow S^2 &= h^2 + V^2 \\ h^2 &= S^2 - V^2 \\ h &= \sqrt{S^2 - V^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rumus Sinus} \rightarrow \frac{h}{S} &= \cos \alpha \\ h &= S \cos \alpha \end{aligned}$$

- f. Bila kemiringan diketahui misalnya 5 %, maka jarak datar dapat dihitung seperti berikut;

$$\text{Kemiringan} = \frac{V}{h} \times 100 \% = 5 \% = \frac{5}{100}$$

Sehingga $V = 5$

$$h = 100$$

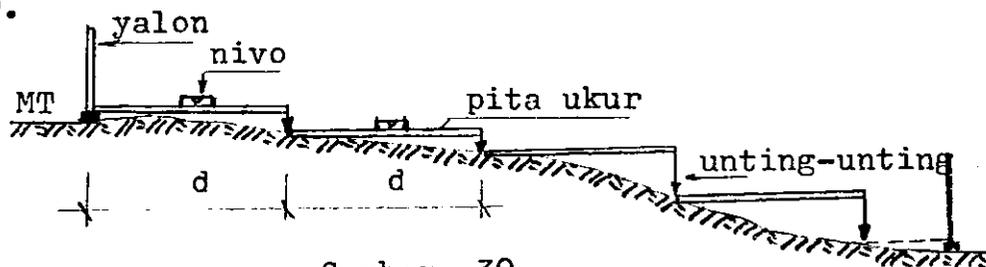
$$\begin{aligned} S &= \sqrt{100^2 + 5^2} = \sqrt{10.000 + 25} \\ &= 100,125 \end{aligned}$$

- g. Koreksi hasil pengukuran jarak miring bila kemiringan belum diketahui harus sama dengan yang telah diketahui (S dengan kemiringan 5 % harus sama dengan S berdasarkan beda tinggi atau sudut α).

2. Cara Bertingkat

Pengukuran jarak miring dengan kemiringan 3 - 10 % dapat dilakukan oleh tiga orang tenaga, satu buah pita ukur, satu buah nivo, beberapa buah yalon dan dua buah unting-unting. Jarak pengukuran setiap tingkat dapat dibuat sepanjang pita ukur (25 m), cara pengukurannya perhatikan gambar.

39.



Gambar. 39

- a. Pasang yalon di titik A dan B tegak lurus, sesuai dengan rencana pengukuran, perhatikan gambar. 39
- b. Orang pertama memegang pita ukur di titik A dan orang kedua menarik pita ukur sepanjang pita ukur (25 m), dalam garis lurus AB.
- c. Orang kedua menghorizontalkan pita ukur atas aba-aba dari orang ketiga yang menempatkan nivo di atas pita ukur.
- d. Bila pita ukur telah horizontal maka orang kedua menempatkan unting-unting di ujung pita ukur dan menyatukan ke tanah (titik C), sebagai awal pengukuran selanjutnya.
- e. Orang pertama pindah ke titik C sambil memegang ujung pita ukur, sedangkan orang kedua menarik pita ukur menuju titik B, sepanjang pita ukur.
- f. Orang kedua menghorizontalkan lagi tarikan pita ukur atas aba-aba dari orang ketiga yang menempelkan nivo di atas pita ukur.
- g. Bila pita ukur telah horizontal maka orang kedua menempatkan unting-unting di ujung pita ukur dan menyatukan unting-unting ke tanah (titik D, untuk permulaan pengukuran selanjutnya.
- h. Lakukan hal yang sama sampai ke titik B (akhir pengukuran).
- i. Bila pengukuran berakhir tidak sampai sepanjang pita ukur maka jarak dihitung sesuai dengan keperluan (dx).
- j. Hitung jarak dengan cara menjumlahkan seluruh hasil pengukuran. $D = d_1 + d_2 + \dots + d_n + \dots + dx$
atau $D = d_n + dx$
 $D =$ jarak yang diukur
 $d_n =$ Banyak interval sepanjang jarak yang diukur.
 $dx =$ sisa jarak yang diukur.

3. Cara Terpotong-potong

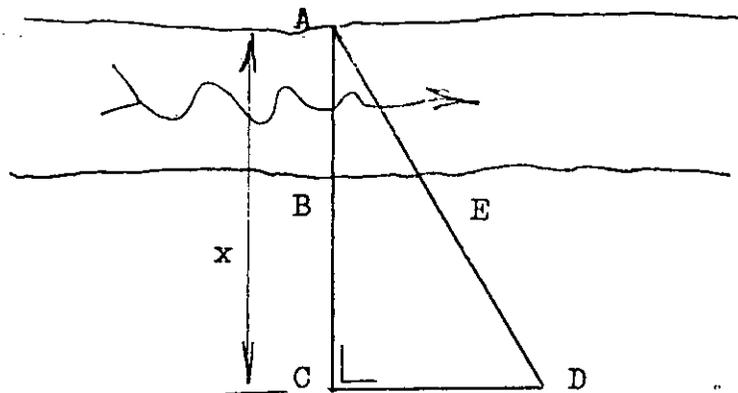
Pengukuran dengan cara ini sama dengan cara pengukuran bertingkat, hanya jarak interval pengukuran diperpendek (dipotong-potong) karena areal pengukuran curam atau di atas 10 %. Aala pengukuran yang dipakai biasanya kayu ukur karena panjangnya hanya 5 m dan mudah untuk menghorizontalkan. Untuk mendapatkan pengukuran jarak yang teliti se tiap pengukuran dilakukan dua kali dan diambil ra ta-ratanya.

E. Pengukuran Jarak Yang Ada Halangan

Untuk melakukan pengukuran jarak yang ada halangan dilapangan dilakukan berdasarkan atas bentuk halangan tersebut. Bentuk halangan yang sering dijumpai di lapangan ada dua macam, yaitu jarak antara dua titik yang akan diukur tidak kelihatan, seperti dihalangan oleh bangunan. Pengukuran untuk keadaan seperti ini dapat dilakukan dengan cara pembuatan garis lurus ada halangan seperti yang telah diuraikan di atas. Hanya yang harus dikerjakan lagi mengukur jarak titik bantu ke titik bantu lainnya, sehingga dengan bantuan jarak titik bantu dapat dihitung jarak antara titik yang terhalang tersebut.

Bentuk kedua jarak antara titik yang akan diukur kelihatan tetapi dihalangan oleh sungai yang tak mungkin diseberangi. Untuk pengukuran seperti ini dapat dilakukan dengan sistem perbandingan sisi-sisi segitiga siku-siku, serta menggunakan pita ukur (kayu palang) satu buah, beberapa buah yalon, tiga orang tenaga dan beberapa buah pen ukur, Cara pengukuran adalah sebagai berikut; (gambar. 40).

1. Tentukan suatu titik di seberang sungai (titik A) tepat pada pinggir sungai, yang terdiri dari benda yang ada seperti kayu, batu dan sebagainya.
2. Tancapkan yalon pada pinggir dekat sipengukur (titik B) tegak lurus.



Gambar. 40

3. Perpanjang garis lurus AB (seperti memperpanjang garis lurus tanpa halangan) sehingga didapat titik C.
4. Tancapkan yalon di titik C tegak lurus.
5. Bidik dari titik C ketitik B dan A, hingga titik C segaris dengan garis lurus AB, dengan cara menggeser geser yalon dititik C.
6. Kemudian tentukan titik D disamping kiri atau kanan titik C.
7. Buatlah garis CD dengan pita ukur tegak lurus terhadap garis lurus BC dengan metoda perbandingan sisi segi tiga siku-siku 3 : 4 : 5 atau dengan kayu palang
8. Tentukanlah titik E disamping kiri atau kanan titik B (bersamaan arahnya dengan titik D).
9. Buatlah garis BE tegak lurus terhadap BC dengan metoda perbandingan sisi segitiga siku-siku 3 : 4 : 5, sehingga BE sejajar dengan CD.
10. Bidiklah dari titik D ke titik A, sehingga titik E terletak pada garis lurus AD, maka didapat garis lurus DEA.
11. Ukurlah jarak masing-masing titik dengan pita ukur sehingga didapat hasil pengukuran;

BC =	m
CD =	m
BE =	m
12. Untuk mendapatkan jarak dari titik C ke A (x) dan jarak AB (lebar sungai) dapat dihitung sebagai berikut

$AB : AC = BE : CD \dots\dots$ minsalkan $AC = x$

$$AB = x - BC$$

$$AB : AC = BE : CD$$

$$(x - BC) : x = BE : CD$$

$$x \cdot BE = CD \cdot (x - BC)$$

$$x \cdot BE = CD \cdot x - CD \cdot BC$$

$$CD \cdot BC = CD \cdot x - x \cdot BE$$

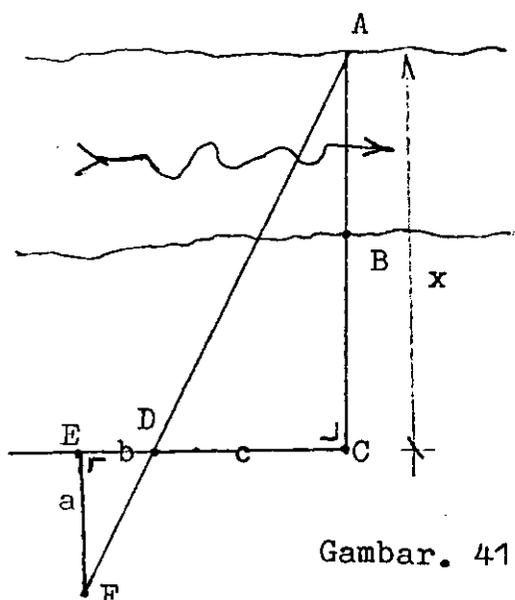
$$CD \cdot BC = x (CD - BE)$$

$$x = \frac{CD \cdot BC}{(CD - BE)}$$

$$x = \text{jarak AC}$$

lebar sungai $(AB) = x - BC$

Selain dari cara di atas dapat pula dilakukan seperti cara di bawah ini, perhatikan gambar. 41



Gambar. 41

minsalkan jarak $AC = x$

$$CD = c$$

$$DE = b$$

$$EF = a$$

$$c : x = b : a$$

$$xb = ca$$

$$x = \frac{ca}{b}$$

lebar sungai (jarak AB)
 $= x - BC.$

F. Ketelitian dan Kekeliruan Pengukuran Jarak

1. Ketelitian

Pengalaman menunjukkan bahwa didalam melakukan pengukuran selalu terjadi ketidak tepatan (kesalahan) besarnya kesalahan yang diperbolehkan untuk pengukuran dengan kayu ukur, pita ukur dan rantai ukur dapat dihitung berdasarkan persamaan menurut Soetomo Wongsotjitro (1980. h. 52) berikut;

$$S1 = 0,008 \sqrt{D + 0,0003 D + 0,05}$$

$$S2 = 0,010 \sqrt{D + 0,0004 D + 0,05}$$

$$S3 = 0,012 \sqrt{D + 0,0005 D + 0,05}$$

dimana S1 = kesalahan yang dibenarkan (m) pada lapangan datar.

S2 = kesalahan yang dibenarkan (m) pada lapangan berlereng.

S3 = kesalahan yang diperbolehkan (m) pada lapangan curam.

D = panjang pengukuran (m).

Bila jarak yang diukur menghasilkan kelipatan dari puluhan maka untuk mendapatkan kesalahan yang diperkenankan dapat dilihat tabel. I

TABEL. I

KESALAHAN YANG DIPERKENANKAN UNTUK
PENGUKURAN JARAK DI LAPANGAN

: No :	D :	S1 :	S2 :	S3 :
:	m :	m :	m :	m :
: 1 :	20 :	0,092 :	0,103 :	0,114 :
; 2 :	30 :	0,103 :	0,117 :	0,131 :
: 3 :	40 :	0,113 :	0,129 :	0,146 :
; 4 :	50 :	0,122 :	0,141 :	0,160 :
: 5 :	60 :	0,130 :	0,152 :	0,173 :
: 6 :	70 :	0,138 :	0,162 :	0,183 :
: 7 :	80 :	0,146 :	0,171 :	0,197 :
: 8 :	90 :	0,153 :	0,181 :	0,209 :
: 9 :	100 :	0,160 :	0,190 :	0,220 :
: 10 :	150 :	0,193 :	0,232 :	0,272 :
: 11 :	200 :	0,223 :	0,271 :	0,320 :
: 12 :	250 :	0,252 :	0,308 :	0,365 :
: 13 :	300 :	0,279 :	0,343 :	0,408 :
: 14 :	350 :	0,305 :	0,377 :	0,450 :
: 15 :	400 :	0,330 :	0,410 :	0,490 :
; :	:	:	:	:

: 16	: 450	:: 0,355	:	0,442	:	0,530	:
: 17	: 500	: 0,379	:	0,474	:	0,568	:
:	:	:	:	:	:	:	:

Referensi : Ilmu Ukur Tanah oleh
Soetomo Wongsotjitro, 1980. h. 53

2. Kekeliruan

Kekeliruan yang terdapat dalam pengukuran jarak pada umumnya terjadi atas ;

- a. Pengukuran tidak dimulai dari titik nol alat ukur sedangkan pembacaan ujung alat ukur dibaca oleh orang yang berlainan . Untuk menghindari hal ini, perlu dilakukan pencegahan dan promosi antara si pengukur.
- b. Salah pengertian yang dilakukan oleh sipencatat. Untuk menghindari hal ini, se orang pembaca harus memberi tahu kepada sipencatat dengan suara jelas dan sipencatat mengulangi apa yang diucapkan si - pembaca langsung mencatat.
- c. Membaca angka terbalik, minsalnya angka 6 terbaca angka 9. Untuk mengatasi hal ini dapat dilakukan pembacaan ulang atau dibaca oleh orang yang berbe da.
- d. Tidak menggunakan unting-unting pada areal berle- reng/miring sehingga jarak horizontal berbeda de- ngan jarak miring bila dihitung dengan rumus Phy- thagoras atau rumus Sinus. Untuk menghindari hal ini pengukuran pada areal yang miring pergunakan- lah nivo dan unting-unting untuk menghorientalkan dan menentukan awal pengukuran selanjutnya.
- e. Salah mempergunakan methoda, minsalnya pengukuran seharusnya dilakukan dengan methoda terpotong-po - tong, tapi masih dilakukan methoda bertingkat. Untuk mengatasi hal ini pengukuran harus diulangi sesuai dengan methoda yang digunakan untuk areal tersebut.

BAB IV PENGUKURAN SUDUT

A. Pengukuran Sudut Miring

Seperti telah diuraikan pada alat ukur sudut miring diatas untuk melakukan pengukuran sudut miring dapat dilakukan dengan dua macam alat. Macam pertama adalah suatu rangka yang berbentuk segitiga dari kayu/besi yang dilengkapi busur lingkaran dengan skala derajat, dan macam kedua alat yang berbentuk rangka segitiga pada salah satu sisi (sisi bawah) dibuat bentuk busur lingkaran yang mempunyai skala derajat serta dilengkapi dengan teropong.

1. Dengan Alat Segitiga Dari Kayu/Besi.

Untuk pengukuran sudut dengan alat ini dapat dilakukan oleh satu orang tenaga, caranya adalah dengan meletakkan alat pada areal yang akan diukur sesuai dengan keadaan tanah. Bagian alat yang berbentuk busur lingkaran berskala derajat diletakkan diatas tanah, kemudian dibaca bacaan yang ditunjukkan jarum anak panah. Berdasarkan bacaan dari jarum anak panah tersebut, maka didapat besarnya sudut miring dari areal tersebut.

2. Dengan Teropong Yang Dilengkapi Dengan Alat Bidik.

Pengukuran sudut dengan alat ini dapat dilakukan oleh dua orang tenaga dan dua yalon. Cara pengukurannya adalah ; orang pertama menempatkan alat diatas suatu tongkol atau yalon yang ditancapkan di dalam tanah hingga kuat. Orang kedua membawa yalon lainnya kearah tujuan pengukuran dan menancapkan yalon tegak lurus terhadap zenit/bumi kedalam tanah, tinggi yalon dibuat sama dengan tinggi teropong.

Untuk melakukan pengukuran, teropong diarahkan ketitik tujuan (yalon yang ditancapkan orang kedua).

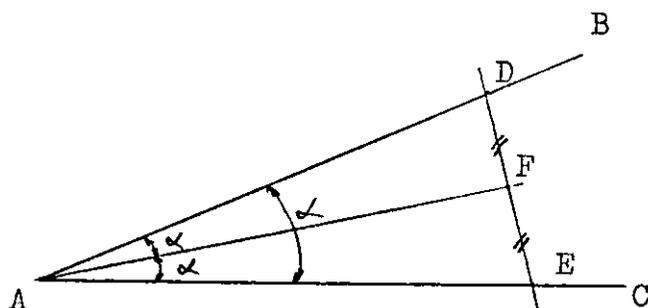
Bidiklah dari teropong hingga bacaan dalam teropong diusahakan tepat di atas yalon, kemudian kunci teropong dengan skrup S, (lihat gambar. 8), sehingga keadaan teropong tetap. Maka besar sudut miring dapat dibaca pada skala yang berimpit dengan garis pada plat P.

B. Menentukan Besar Sudut

Menentukan besar suatu sudut dilapangan dapat dilakukan dengan dua metoda yaitu; metoda sinus dan metoda tangens. Pengukuran besar sudut dengan metoda ini diperlukan tiga orang tenaga, satu buah pita ukur dan beberapa buah yalon/pen ukur.

1. Metoda Sinus

Pengukuran sudut dengan metoda ini bisa dipakai untuk sudut lancip ($< 90^\circ$), sedangkan untuk sudut tumpul ($> 90^\circ$) digunakan pelurus susdut, cara pengukuran perhatikan gambar di bawah ini. Minsal - kan $\angle BAC$ (sudut α) yang akan diukur besarnya.



Gambar. 42

- Orang pertama mendirikan yalon tegak lurus diti-tik A, orang kedua dan ketiga menempatkan yalon tegak lurus di B dan C.
- Ukurlag suatu jarak tertentu dalam garis AB de - ngan bilangan bulat minsalnya 10 m dan tancapkan pen ukur pada jarak tersebut (titik. D), $AD=10$ m
- Ukur jarak di garis lurus $AC = AD$, sehingga dida pat titik E, lalu tancapkan pen ukur.

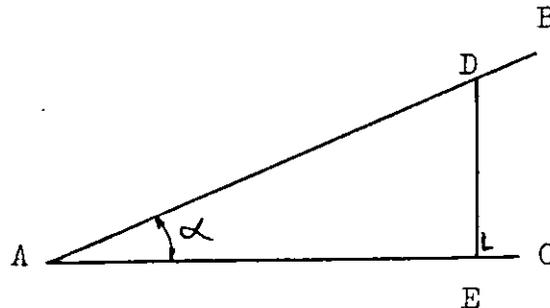
- d. Hubungkan titik D dengan E, kemudian bagi dua jarak DE sama panjang, sehingga dengan sendirinya AF membagi DE atas dua bagian yang sama.
- e. Ukur jarak AF dengan pita ukur.
- f. Hitunglah sudut A ($\angle BAC$) dengan rumus sinus

$$\text{Sinus } \angle BAF \text{ atau sinus } \angle 1/2 \alpha = \frac{FD}{AD}$$

Panjang AD diketahui (10m), sedangkan FD dapat dicari hasil pengukuran pita ukur, sehingga $\angle 1/2 \alpha$ dapat dicari. Dengan didapatnya $\angle 1/2 \alpha$, maka $\angle BAC = 2 \times 1/2 \alpha$.

2. Metoda Tangens

Metoda tangens biasanya dipakai untuk sudut-sudut besar, cara pengukuran dengan metoda ini perhatikan gambar dibawah ini, minsalnya $\angle CAB$ yang akan ditentukan besarnya.



Gambar. 43

- a. Dirikan yalon tegak lurus dititik A, B dan C.
- b. Ukurlah suatu jarak tertentu dari titik A ke titik E dalam garis AC.
- c. Tancapkan yalon di titik E dan bidik dari titik A ke C hingga garis AEC berbentuk garis lurus.
- d. Tukar yalon di titik E dengan penukur.
- e. Tarik garis tegak lurus di titik E memotong garis AB sehingga didapat titik D.
- f. Ukur DE dengan pita ukur.

g. Hitung besar sudut A dengan rumus tangens

$$\text{Tangens } \angle BAC = \text{tg } \alpha = \frac{DE}{AE}$$

C. Pembuatan Sudut Siku-Siku

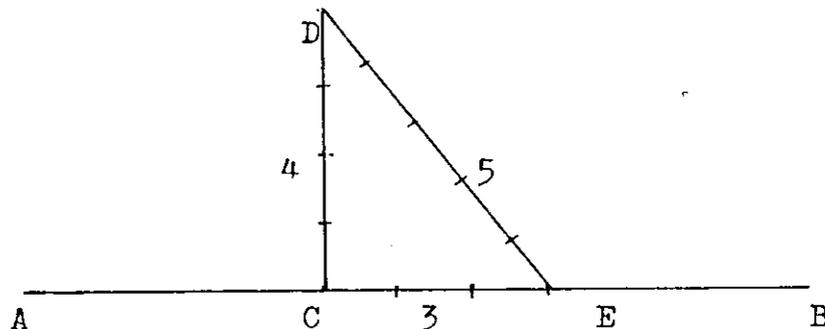
Untuk pembuatan sudut siku-siku atau menarik garis tegak lurus terhadap garis lainnya di lapangan dapat dilakukan dengan alat sederhana seperti, pita ukur, siku-siku tukang kayu, kayu palang serta alat yang agak sempurna yaitu cermin sudut dan prisma.

1. Pita Ukur

Untuk pembuatan sudut siku dengan pita ukur dapat dilakukan dengan methoda perbandingan sisi segitiga (3 : 4 : 5), methoda tali bunsur dan methoda setengah lingkaran.

a. Methoda Perbandingan Sisi Segitiga (3 : 4 : 5)

Pengukuran sudut dengan methoda ini adalah berdasarkan prinsip dalil Phytagoras. Untuk melakukan pengukuran diperlukan tiga orang tenaga, dua buah pita ukur, beberapa buah yalon dan penukur. Cara pembuatannya perhatikan gambar. 44, min salkan pada garis AB akan dibuat sudut siku-siku di titik C.



Gambar. 44

- 1) Tancapkan yalon dititik C tegak lurus.
- 2) Buatlah suatu jarak dari titik C kearah titik A atau titik B sepanjang 3 m, hingga didapat titik E.

- 3) Tancapkan yalon di titik E tegak lurus, serta bidik dari titik A atau titik B, sehingga titik E terletak dalam garis lurus ACB.
- 4) Dengan menggunakan dua pita ukur, ambil jarak 4 m dari titik C dan 5 m dari titik E.
- 5) Tarik dan putar kedua pita ukur sedemikian rupa hingga kedua ujung dari pita ukur dari jarak 4 m dan 5 m berpotongan disatu titik, misalnya titik D, maka $\angle DCE = 90^\circ$.
- 6) Tancapkan yalon di titik D tegak lurus dan cek pengukuran jarak dari titik ketitik kembali.
- 7) Cek hasil pengukuran dengan dalil Pythagoras, dimana

$$(CD)^2 + (CE)^2 = (DE)^2$$

$$4^2 + 3^2 = 5^2$$

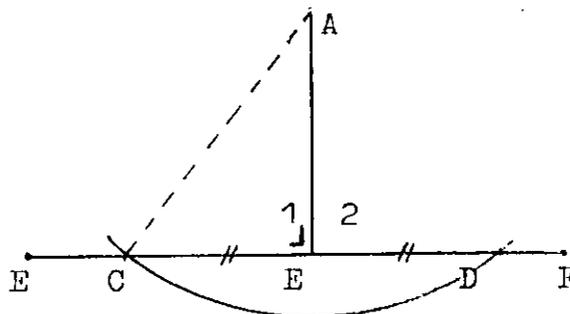
$$16 + 9 = 25$$

b. Methoda Tali Bunsur

Pembuatan sudut siku dengan methoda ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu;

- 1) Dari Suatu Titik Tertentu Akan Dibuat Garis Tegak Lurus Pada Suatu Garis.

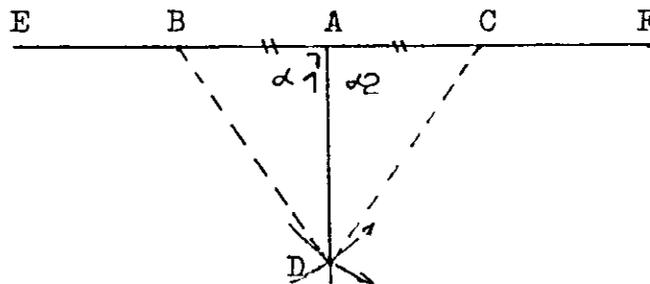
Untuk pengukuran dengan methoda ini dapat dilakukan oleh dua orang tenaga, satu buah pita ukur dan beberapa buah yalon dan pen ukur. Cara kerjanya perhatikan gambar. 45, misalnya dari titik A harus dibuat garis tegak lurus terhadap garis lurus EF.



Gambar. 45

- a) Tancapkan yalon di titik A, E dan F tegak lurus.
 - b) Lingkarkan suatu jarak tertentu dari titik A kegaris EF dengan pita ukur, memotong garis EF, sehingga didapat titik C dan D.
 - c) Tancapkan yalon tegak lurus di titik C dan D dalam garis lurus EF.
 - d) Ukur jarak CD dengan pita ukur dan bagi dua sama panjang, sehingga didapat titik B.
 - e) Tancapkan yalon di titik B dan bidik dari titik E atau F, hingga titik B berada dalam garis lurus ECDF.
 - f) Hubungkan titik B dengan titik A, maka AB tegak lurus terhadap EF (B_1 dan $B_2 = 90^\circ$)
- 2) Dari Suatu Titik Pada Suatu Garis Dibuat Garis Tegak Lurus.

Pengukuran sudut siku dengan methoda ini dapat dilakukan oleh dua orang tenaga, satu buah pita ukur dan beberapa buah yalon serta penukur caranya perhatikan gambar 46, minalnya titik A terletak pada garis lurus EF dari titik A harus ditarik garis tegak lurus terhadap EF.



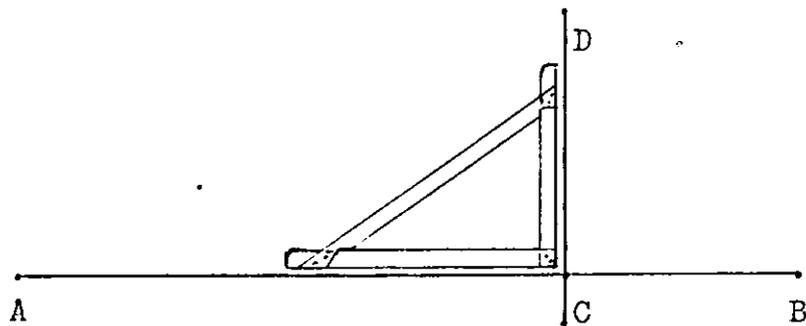
Gambar 46

- a) Tancapkan yalon tegak lurus dititik E, A dan F
- b) Ambil suatu jarak tertentu dari titik A ke arah E dan F sama panjang, hingga didapat titik B dan titik C ($AB = AC$).
- c) Tancapkan yalon dititik B dan C tegak lurus.

- 7) Perpanjang garis AF sampai memotong busur lingkaran, hingga didapat titik C.
- 8) Tancapkan yalon tegak lurus di titik C, bidik dari A ke C sehingga A, F dan C satu garis (berimpit).
- 9) Hubungkan C dengan F dan ukur jarak CF harus sama dengan AF dan BF, maka didapat BC tegak lurus terhadap DE (BC \perp DE).

2. Siku-Siku Tukang Kayu

Untuk pembuatan sudut siku dengan alat ini diperlukan sekurang-kurangnya dua orang tenaga satu buah siku-siku tukang kayu dan beberapa buah yalon (pen ukur), cara kerjanya perhatikan gambar 48, misalnya akan dibuat garis tegak lurus di titik C pada garis lurus AB.



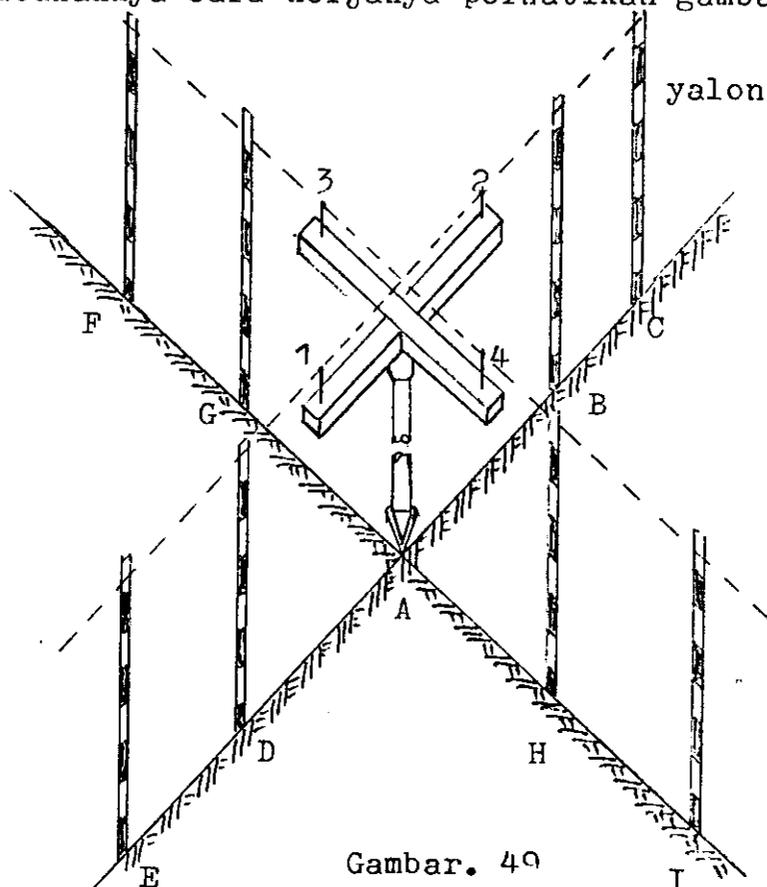
Gambar. 48

- a. Tancapkan yalon (pancang) tegak lurus di titik A dan B.
- b. Ikatkan benang pada yalon A dan tarik/regangkan dan ikatkan pada yalon B.
- c. Tentukan jarak titik C dari titik A atau dari titik B, serta tandai jarak tersebut pada benang AB.
- d. Tancapkan yalon/pancang dekat titik C, tetapi tidak bersinggungan dengan benang.
- e. Pasang siku-siku dekat titik C, salah satu sisinya sejajar dengan benang AB, tetapi tidak me -

nyinggung behang AB.

- f. Ikatkan benang dipancang dekat titik C, tarik benang kearah titik D dan buat sejajar dengan sisi siku-siku lainnya, dengan cara menggeser-geser titik D kekiri atau kekanan.
 - g. Setelah keadaan sejajar tercapai, tancapkan yalon di titik D dan ikatkan benang di yalon, maka persilangan benang CD tegak lurus pada AB (sudut C = 90°).
 - h. Tukarlah yalon dengan pancang, serta ikattan benang pindahkan kepancang, dengan demikian pekerjaan selesai.
3. Kayu Palang

Dalam mempergunakan alat ini diperlukan dua orang tenaga dan beberapa buah yalon sesuai dengan kebutuhannya cara kerjanya perhatikan gambar. 49.



Gambar. 49

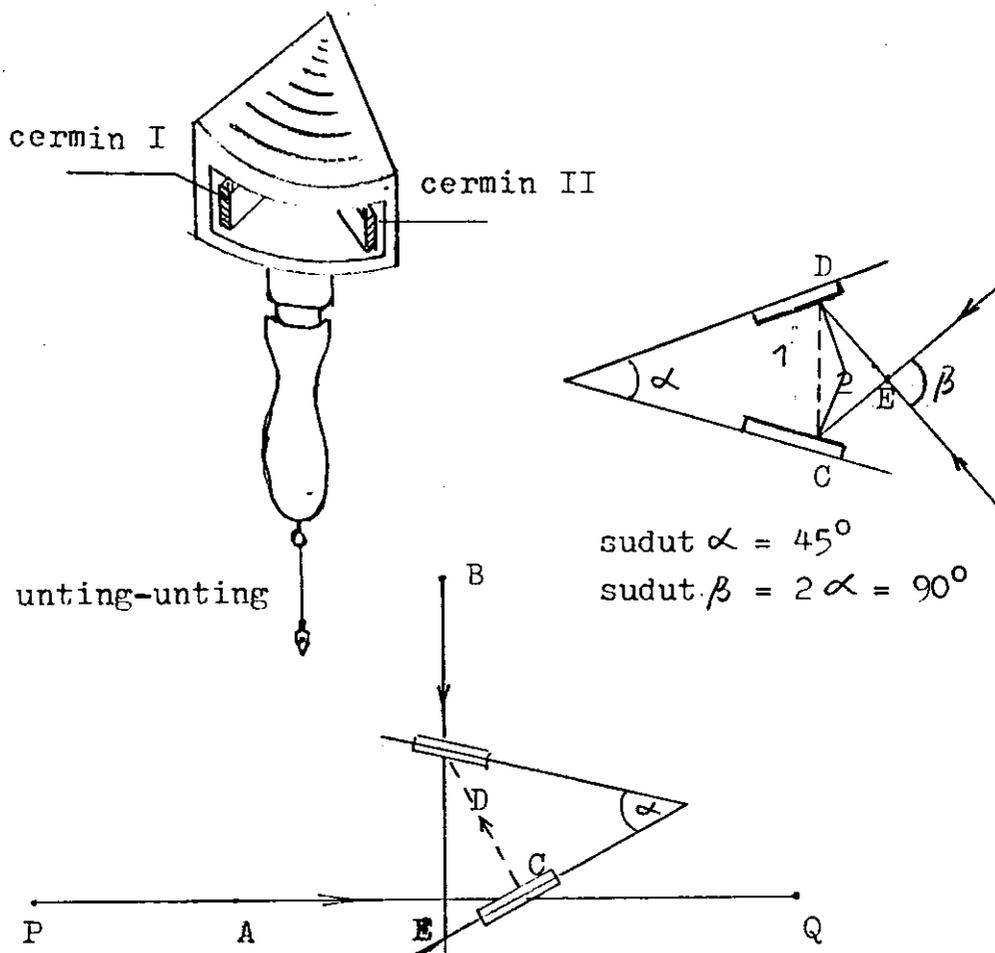
- a. Tancapkan kayu palang tegak lurus di titik A oleh orang pertama.
- b. Atas petunjuk orang pertama (orang yang berada dikayu palang) orang kedua menancapkan yalon B dan C pada arah bidikan 1 - 2, sehingga arah bidikan 1 - 2 B dan C merupakan garis lurus.
- c. Orang pertama pinda ke arah bidikan 2 - 1 di kayu palang sedangkan orang kedua pinda ke arah depan orang pertama dan menancapkan yalon dititik D dan E atas petunjuk orang pertama, sehingga arah bidikan 2 - 1 - D dan E merupakan garis lurus.
- d. Dengan cara yang sama dilanjutkan arah bidikan dari 3 - 4 dan 4 - 3, sehingga gasil bidikan yalon F - G - H dan I merupakan garis lurus.
- e. Maka garis CE dan FI berpotongan tegak lurus dititik A.
- f. Dengan demikian telah tercapai pembuatan sudut siku-siku di titik A.

4. Cermin Sudut

Pengukuran sudut siku-siku dengan cermin sudut dapat dilakukan oleh dua orang tenaga dan beberapa buah yalon, cara menggunakannya adalah sebagai berikut;

- a. Buatlah garis lurus PQ dengan menggunakan yalon seperti cara pembuatan garis lurus yang telah diuraikan di atas.
- b. Tentukan titik A pada garis lurus PQ.
- c. Kemudian tentukan titik B di luar garis lurus PQ sebagai titik yang akan diproyeksikan ke garis PQ
- d. Sala satu dari tenaga berdiri pada garis PQ dengan membawa cermin sudut yang dilengkapi unting-unting pada gagangnya serta hadapkan ketitik yang akan dibidik supaya sinar dari bayangan yalon masuk ke cermin.
- e. Yalon pada titik A dan Q usahakan masuk kecermin I dititik C dan berimpit, lalu dipantulkan ke cer

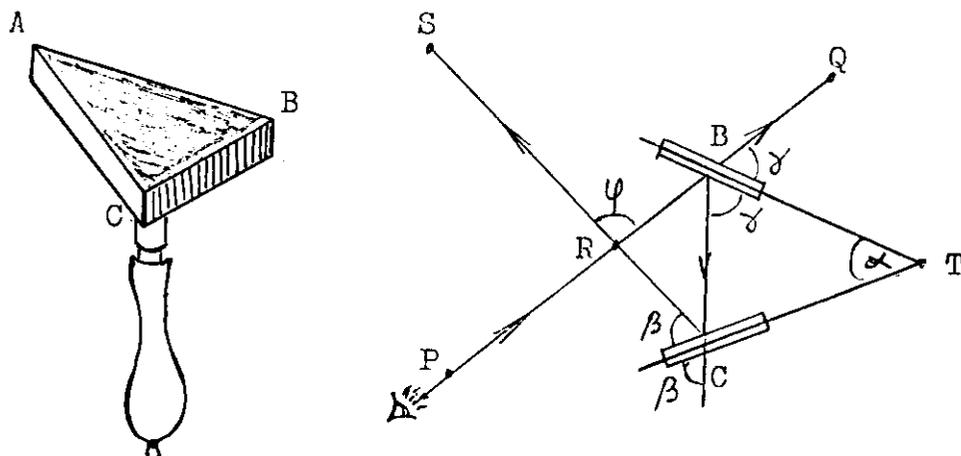
- men II dititik D (lihat gambar. 50).
- f. Kemudian lihat di cermin II bayangan yang masuk dari yalon di titik B, bila bayangan yalon B jatuh di cermin II sama seperti bayangan pantulan yalon di titik Q dan A yang berimpit dititik D, maka jatuhkanlah unting-unting.
 - g. Bila bayangan yalon di titik B tidak berimpit di titik D maka cermin digeser kekiri atau kekanan berlahan-lahan disepanjang garis AQ dan bayangan yalon A dan Q harus tetap sampai yalon dititik A, Q dan B telah berimpit di titik D.
 - h. Bila bayangan telah berimpit jatuhkan unting-unting lalu tandai titik jatuhnya tersebut misalnya titik E, kemudian hubungkan titik E dan B, maka EB merupakan garis lurus yang tegak lurus terhadap garis P A E Q.



Gambar. 50

5. Prisma

Cara pemakaian prisma sama dengan cermin sudut, hanya jalan sinarnya yang berbeda, prinsip kerja prisma perhatikan gambar. 51.



Gambar. 51

$$\begin{aligned}\varphi &= (180^\circ - 2\gamma) + (180^\circ - 2\beta) \\ &= 360^\circ - 2\gamma - 2\beta \dots\dots\dots (1) \\ &= 180^\circ - \gamma - \beta \dots\dots\dots (2)\end{aligned}$$

Dari (1) dan (2) maka $\varphi = 2$

Sedangkan $\alpha = 45^\circ \rightarrow \varphi = 2 \times 45^\circ = 90^\circ$

Arah PB adalah arah pandangan dari mata ke titik Q dan arah mata ke titik S adalah arah refleksi melalui kaca yang membentuk sudut melalui PBCS berimpit akibatnya garis PQ \perp CS. Pada titik Q dan S dipasang yalon, di titik P berdiri orang yang memegang prisma, orang tersebut bergerak-gerak sehingga bayangan yalon di titik S kelihatan dalam prisma. Bila yalon di titik S telah berimpit dengan Q, maka garis $PQ \perp CS$.

Untuk prisma jenis lain prinsip kerjanya sama, yang berbeda cuma dari segi konstruksi, sehingga jalan sinarnya akan berlainan.

BAB V

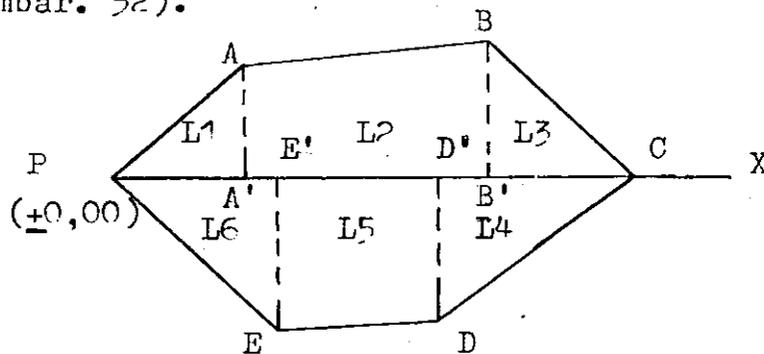
PENGUKURAN LUAS

A. Pada Sisi Areal Yang Berbentuk Garis Lurus

Pengukuran luas dengan methoda ini dilakukan pada areal yang mempunyai sisi berbentuk garis lurus. Pengukuran dapat dilakukan dengan dua cara, Pertama dengan jalan membagi luas areal yang akan diukur dalam bentuk segitiga-segitiga dan trapesium (segi empat). Cara kedua dengan menggunakan koordinat-koordinat titik-titik batas.

1. Cara Pertama

Luas areal yang akan diukur dibagi dalam bentuk segitiga-segitiga, trapesium dan segi empat, sehingga mudah diukur dan dicari luasnya dari masing-masing bahagian. Pengukuran dapat dilakukan oleh tiga orang tenaga, satu buah alat ukur jarak (pita ukur), beberapa buah yalon/pen ukur dan sala satu alat ukur sudut (prisma atau kayu palang). Untuk membagi luas areal yang akan diukur atas bagian-bagian tersebut dapat dilakukan sebagai berikut (perhatikan gambar. 52).



Gambar. 52

- Pasanglah pen ukur pada titik yang akan diukur, sesuai dengan keadaan lapangan (titik P, A, B, C D dan E) kemudian perjelas dengan yalon.
- Tentukan titik awal pengukuran (titik P) dengan duga tinggi $\pm 0,000$

- c. Tentukan titik lainnya (titik C7 sedemikian rupa dengan arah memanjang areal dari titik P.
- d. Buatlah garis lurus dari titik P ke titik C, seperti cara membuat garis lurus dilapangan tanpa halangan.
- e. Garis lurus PC merupakan sebagai dasar pengukuran atau disebut juga sebagai garis ukur sumbu X.
- f. Proyeksikan semua titik-titik pengukuran pada garis PC atau sumbu X, yang mana proyeksi dari titik-titik tersebut harus tegak lurus terhadap sumbu X dengan menggunakan prisma, sehingga didapat titik A' , B' , D' , dan E'.
- g. Ukur jarak masing-masing titik yang diproyeksikan dari titik P ($\pm 0,00$) sampai pada titik-titik proyeksi pada sumbu X (P ke A' , P ke B' , P ke D' dan P ke E').
- h. Ukur jarak dari titik-titik tersebut (A ke A' , B ke B' , D ke D' dan E ke E').
- i. Hitung luas masing-masing bagian (L1, L2, L3, L4, L5 dan L6).
- j. Hitung luas keseluruhan areal (ΣL)

$$L1 = PA' \times \frac{1}{2} AA'$$

$$L2 = (AA' + BB') \times \frac{1}{2} A'B'$$

$$L3 = B'C \times \frac{1}{2} BB'$$

$$L4 = D'C \times \frac{1}{2} DD'$$

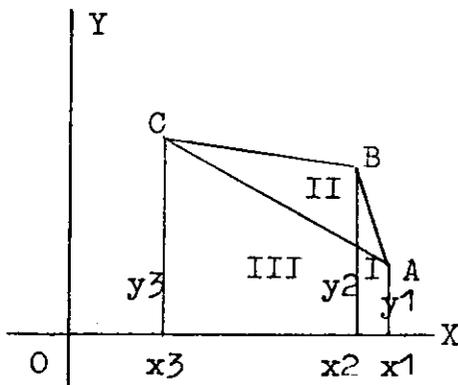
$$L5 = (E'E + D'D) \times \frac{1}{2} D'E'$$

$$L6 = PE' \times \frac{1}{2} EE'$$

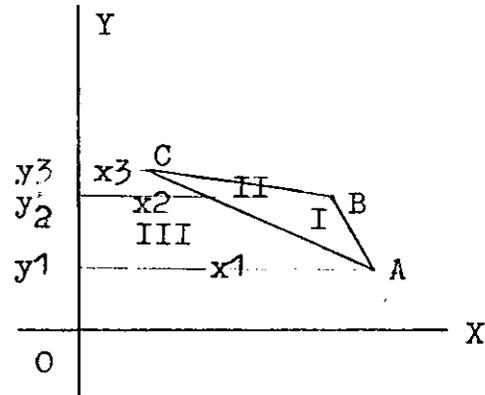
$$\text{Luas areal (} L) = L1 + L2 + L3 + L4 + L5 + L6.$$

2. Cara Kedua

Pengukuran luas cara kedua ini yaitu dengan menggunakan koordinat-koordinat titik-titik batas areal yang diproyeksikan kepada salib sumbu (sumbu X atau Y). Untuk pengukuran luas dengan methoda ini dapat dilakukan oleh tiga orang tenaga, satu buah pita ukur, beberapa buah yalon/pen ukur dan satu buah prisma atau kayu palang.



Gambar. 53 a



Gambar. 53 b

Gambar. 53

Minsalnya titik-titik batas areal yang akan diukur luasnya A-B-C-A seperti gambar. 53, cara kerjanya sebagai berikut;

- 1) Pasang pen ukur pada titik-titik batas areal yang akan diukur sesuai dengan keadaan lapangan (titik A, B dan C) kemudian perjelas dengan yalon.
- 2) Buat garis lurus O-X tegak lurus pada garis O-Y sehingga merupakan salib sumbu.
- 3) Proyeksikan titik batas terhadap sumbu X dengan menggunakan prisma/kayu palang.
- 4) Ukur jarak titik-titik batas tersebut terhadap sumbu X minsalnya y_1 , y_2 dan y_3 (lihat gambar - 53 a).
- 5) Uku jarak titik-titik proyeksi tersebut dari titik-0 minsalnya x_3 , x_2 dan x_1 (lihat gambar 53a)
- 6) Dengan didapatnya jarak titik batas terhadap sumbu X dan terhadap titik 0, maka dapat dihitung luasnya;

$$\begin{aligned}
 2 \text{ luas ABCA} &= L. \text{ trap. I} + L. \text{ trap. II} - L. \text{ trap III.} \\
 &= (x_1 - x_2)(y_1 + y_2) + (x_2 - x_3)(y_2 + y_3) - (x_1 - x_3)(y_1 + y_3).
 \end{aligned}$$

Untuk memperbudah perhitungan suku-suku yang mempunyai tanda minus diganti dengan tanda plus.

$$- (x_1 - x_3)(y_1 + y_3) = (x_3 - x_1)(y_1 + y_3)$$

$$\text{sehingga rumus } 2 L. ABCA = (x_1 - x_2)(y_1 + y_2) + \\ (x_2 - x_3)(y_2 + y_3) + \\ (x_3 - x_1)(y_1 + y_3).$$

Rumus ini dapat ditulis

$$2 L = \epsilon (x_n - x_{n+1})(y_n + y_{n+1}) \dots \dots (1)$$

- 7) Proyeksikan titik-titik batas tersebut pada sumbu Y dengan menggunakan prisma/kayu palang.
- 8) Ukur jarak tersebut misalnya x_1 , x_2 , dan x_3 (lihat gambar. 53 b)
- 9) Ukur jarak titik-titik proyeksi tersebut dari titik 0, misalnya y_1 , y_2 dan y_3 .
- 10) Hitung luas dengan rumus seperti berikut;

$$2 L. = ABCA = L. \text{ trap. I} + L. \text{ trap. II} - L. \text{ trap. III.} \\ = (y_2 - y_1)(x_1 + x_2) + (y_3 - y_2)(x_2 + x_3) - (y_3 - y_1)(x_1 + x_3).$$

Untuk mempermudah perhitungan suku-suku yang mempunyai tanda minus diganti dengan tanda plus.

$$- (y_3 - y_1)(x_1 + x_3) = (y_1 - y_3)(x_1 + x_3).$$

$$\text{Sehingga rumus } 2 L. ABCA = (x_1 + x_2)(y_2 - y_1) + \\ (x_2 + x_3)(y_3 - y_2) + \\ (x_1 + x_3)(y_3 - y_1).$$

Rumus ini dapat ditulis,

$$2 L = \epsilon (x_n + x_{n+1})(y_n - y_{n+1}) \text{ atau} \\ = \epsilon (y_{n+1} - y_n)(x_n + x_{n+1}) \dots \dots (2)$$

Uraian rumus (1)

$$2 L = (x_1 y_1 + x_1 y_2 - x_2 y_1 - x_2 y_2) + (x_2 y_2 + x_2 y_3 - x_3 y_2 - x_3 y_3) + (x_3 y_1 + x_3 y_3 - x_1 y_1 - x_1 y_3)$$

Indek yang sama dihilangkan.

$$2 L = (x_1 y_2 - x_2 y_1) + (x_2 y_3 - x_3 y_2) + (x_3 y_1 - x_1 y_3).$$

Bentuk umumnya $2L = \sum (x_n y_{n+1} - x_{n+1} y_n)$

Dengan cara yang sama rumus 2 diuraikan.

$$2L = \sum (x_n y_{n+1} - x_{n+1} y_n)$$

Dari uraian kedua rumus di atas menghasilkan bentuk yang sama " $2L = \sum (x_n y_{n+1} - x_{n+1} y_n) \dots\dots(3)$

Sehingga untuk menghitung luas areal yang telah diketahui koordinatnya dapat digunakan tabel di bawah ini.

TABEL. II
PENGUKURAN LUAS SISTEM KOORDINAT

Ttk	Koordinat		$x_n y_{n+1} - x_{n+1} y_n$
	X	Y	
A			
B			
C			
A			
			$2L = \dots\dots\dots$
			$L = \dots\dots\dots$

Contoh; Diketahui koordinat titik A = +34 , +15

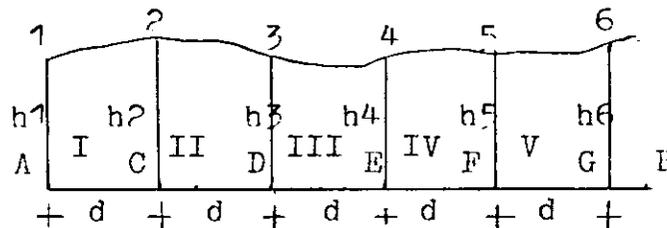
B = +10 , +28

C = -30 , +14

Ttk	Koordinat		$x_n y_{n+1} - x_{n+1} y_n$
	X	Y	
A	+ 34	+15	
B	+ 10	+ 28	$(+34)(+28) - (+10)(+15) = 802$
C	- 30	+ 14	$(+10)(+14) - (-30)(+28) = 980$
A	+ 34	+ 15	$(-30)(+15) - (+34)(+14) = -926$
			$2L = 856$

B. Pada Sisi Areal Yang Bukan Garis Lurus

Pengukuran luas pada daerah yang sisinya bukan garis lurus atau tak beraturan, dapat dilakukan oleh tiga orang tenaga, satu buah alat ukur jarak (pita ukur), satu buah alat ukur sudut (prisma/kayu palang dan beberapa buah yalon/pen ukur cara kerjanya adalah sebagai berikut; (perhatikan gambar. 54)



Gambar. 54

1. Buatlah suatu garis lurus sedemikian rupa dilapangan dengan menggunakan yalon, misalnya garis AB (seperti membuat garis lurus dilapangan tanpa halangan).
2. Bagi garis lurus AB, dengan bahagian yang sama panjang sebanyak mungkin, sehingga didapat titik-titik C, D, E dan F.
3. Tancapkan pen ukur pada titik-titik tersebut.
4. Buatlah garis tegak lurus di titik A terhadap garis lurus AB dengan prisma/kayu palang, hingga didapat titik 1 yang ditempatkan pada pinggir areal.
5. Tancapkan yalon/pen ukur di titik 1.
6. Lakukan hal yang sama untuk titik C, D, E, F dan B, hingga didapat titik 2, 3, 4, 5, dan 6.
7. Ukur jarak $AC = CD = DE = EF = FB = d$
8. Ukur jarak $A1 = h1$, $C2 = h2$, $D3 = h3$, $E4 = h4$, $F5 = h5$ dan $B6 = h6$.
9. Hitung luas areal dengan rumus;
 - a. Simpson $L = \frac{1}{3} d (h_1 + 2 \cdot h_2 + 4 \cdot h_3 + 2 \cdot h_4 + h_5)$
 - Dimana $L =$ Luas areal yang diukur.
 $d =$ pembahagian rentangan pengukuran
 $h =$ jumlah ordinat (offset) pertama dan terakhir.

O = jumlah offset nomor ganjil

E = jumlah offset nomor genap

atau $L = 1/3 d (h_1 + h_6) + 2 (h_3 + h_5) + 4 (h_2 + h_4)$

b. Trapezoidal

$$L = d \left(\frac{h_1 + h_n}{2} + h_2 + h_3 + h_n \dots \dots \right)$$

$$= d \left(\frac{h_1 + h_6}{2} + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \right)$$

c. Mid Ordinate Rulle

$$L = d \left(\frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{h_2 + h_3}{2} + \frac{h_3 + h_4}{2} + \frac{h_4 + h_n}{2} \right)$$

$$= d \left(\frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{h_2 + h_3}{2} + \frac{h_3 + h_4}{2} + \frac{h_4 + h_5}{2} \right)$$

d. Trapesium

$$\text{Luas. I} = \frac{h_1 + h_2}{2} \times d$$

$$\text{II} = \frac{h_2 + h_3}{2} \times d$$

$$\text{III} = \frac{h_3 + h_4}{2} \times d$$

$$\text{IV} = \frac{h_4 + h_5}{2} \times d$$

$$\text{V} = \frac{h_5 + h_6}{2} \times d$$

Luas daerah yang diukur adalah $\Sigma L = L. \text{ trap. I} + L. \text{ trap. II} + L. \text{ trap. III} + L. \text{ trap. IV} + L. \text{ trap V.}$

C. Cara Mekanis Grafis

Pengukuran luas areal dengan metoda ini dapat dilakukan oleh satu orang tenaga dan satu buah planimeter. Luas yang diukur dengan alat ini seperti telah diuraikan diatas adalah luas suatu areal yang telah diproyeksikan pada kertas gambar dengan skala tertentu (peta). Cara pengukuran perhatikan langkah-langkah sebagai berikut ;

1. Persiapan Untuk Operasi Planimeter.

Dalam menggunakan planimeter, terlebih dahulu

kita harus melihat skala peta (gambar). Jika sudah tahu skala gambar, maka batang (logam/tracer arm) distel sesuai dengan skalanya menurut petunjuk yang dipakai oleh masing-masing alat (instruments). Kita memakai angka-angka yang ada manual (buku petunjuk) disebutkan angka-angka itu adalah hasil evaluasi dan percobaan dari pabrik.

2. Penyetelan Alat

Sebagai contoh kita ambil skala 1 : 200.

Pada tabel planimeter No. 5375 posisi ukuran yang terdapat pada batang (trace arm) adalah 178,90.

Untuk mendapatkan angka 178,90 ada cara membacanya, adalah sebagai berikut: Pada batang (trace arm) dibagi dalam dua atau tiga bagian baik buhatan maupun pecahan. Dalam membaca 178,90 kita baca dulu angka 17 menurut angka derajat, setelah itu diambil 8 strip dari angka 17 diletakan dekat angka nol yang terletak pada lever vernier. Untuk membaca angka 0,90 pada lever vernier digeser kekiri dengan memutar sekrup penyetel, sehingga angka nol pada lever vernier yang kesembilan disebelah kiri angka 17 tetapinol tidak melewati strip yang kesembilan. Setelah itu selesai maka lever vernier secara halus dengan memutar skrup penyetel sampai angka sembilan pada lever vernier berdempet dengan salah satu strip yang ada pada trace arm. Setelah selesai semua maka didapat bacaan 178,90 kemudian skrup penyetel dikunci, dan lengan kutup dipasang pada lobang yang terdapat disebelah atas pesawat (carriage) setelah semua distel maka planimeter dapat digunakan.

3. Menggunakan Planimeter.

a. Planimeter Dengan Kutup di Luar Bidang Gambar.

Posisi kutup diluar gambar serta pemberat kutup diletakan di atas gambar di luar area (luas) yang akan diukur setelah itu tempatkan lensa/jarum

penjelajah (tracing lens) point pada batas luas yang akan diukur, pada permulaan titik yang akan digerakan. Alat sudah bisa digerakan dari titik pertama dan harus kembali kepada titik semula searah jarum jam (clock wise). Pembacaan pertama dilakukan sebelum alat digerakan dan pembacaan kedua dilakukan pada akhir putaran alat sampai ke titik semula dan dilihat pada roda ukur serta dicatat.

Pembacaan Pada Roda Ukur

1. Unit ribuan ditunjukkan dengan angka penunjuk pada piringan roda ukuran (counter dial) yaitu 100 sampai 9000.
2. Unit kedua dan ketiga ditunjukkan oleh roda yaitu 10 s/d 999 .
3. Unit penunjuk pertama ditunjukkan oleh vernier dari roda yaitu 1 sampai dengan 9.

Jika pengukuran dilakukan setelah satu keliling menunjukkan padial melewati angka nol maka hasil pembacaan ditambah 10.000. Contoh perhitungan dan pengukuran dengan planimeter seperti terlihat pada gambar 55 instrument sebelum digerakan menunjukkan angka 1482.

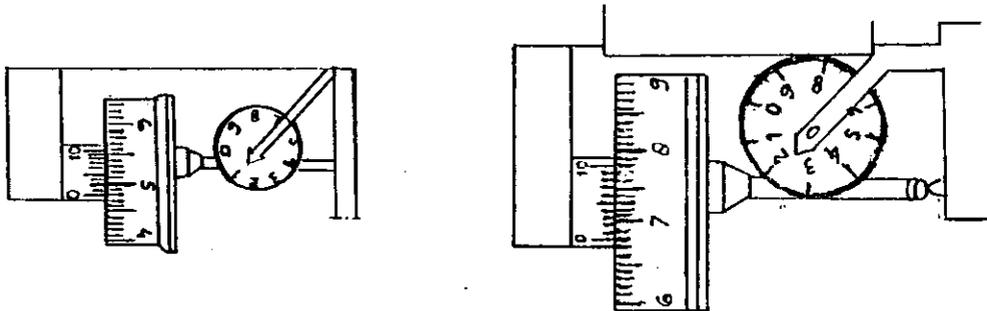
- Bacaan pertama 1482 (piringan dial 1, roda ukur 48, vernier 2).
- Bacaan kedua 2685 (piringan dial 2, roda ukur 68, vernier 5).
- Faktor pengali untuk skala 1:1000 adalah 10 m^2 .
Maka luas adalah = $(2685 - 1482) \times 10 \text{ m}^2 = 12.030 \text{ m}^2$

Untuk ukuran pengukuran dan perhitungan berikutnya dilakukan dengan rumus luas.

$$A = (S_r - P_r) \times f$$

- dimana ; S_r = Bacaan kedua (second reading)
 P_r = Bacaan pertama (first reading)
 f = Faktor pengali (unit area).

Dalam pengukuran luas dilakukan beberapa kali atau sekitar tiga kali pengukuran dengan data pengukuran tiga kali juga setelah itu diambil rata-ratanya



Gambar, 55

b. Planimeter Dengan Kutup di Dalam Gambar.

cara ini sama dengan cara kesatu, hanya posisi kutup terletak di dalam daerah (luas) yang akan diukur. Pengoperasiannya alat sama, hanya perbedaannya pada cara ini diberi suatu angka konstanta seperti yang terdapat pada tabel (evaluation cord) sesuai dengan nomor dan jenis instrument.

contoh ; Konstanta	= 23.400
Bacaan pertama	= 1.482
Bacaan kedua	= 2.685
Skala gambar	= 1 : 1000 didapat faktor pengali = 10 m^2

Maka luas = $(2.685 - 1.482) + 23.400 \times 10 \text{ m}^2$
 $= 246030 \text{ m}^2$. Jika bacaan pertama lebih besar dari bacaan kedua maka perhitungan adalah sebagai berikut;

Konstanta	= 23.400
Bacaan pertama	= 1.482
Bacaan kedua	= 732
Skala gambar	= 1 : 1000, faktor pengali = 10 m^2

Maka luas = $23.400 - (1.432 - 732) \times 10 \text{ m}^2 = 226500 \text{ m}^2$.

Jika diperlukan mengukur dengan skala gambar yang tidak tercantum pada alat planimeter (tabel). Misalnya skala 1 : 600 maka faktor pengali disini tidak terdapat pada tabel alat (evaluation cord). Maka untuk itu ditetapkan dulu skala yang ada pada alat, baru dihitung dengan skala gambar yang sebenarnya sebagai contoh; skala pada gambar 1 : 600, pada alat yang dipergunakan 1 : 1000, maka faktor pengali untuk skala 1 : 600 adalah;

$$= 10 \left\{ \frac{\frac{1}{1000}}{\frac{1}{600}} \right\}^2 = 3,6 \text{ m}^2$$

Maka nantinya untuk perhitungan luas yang sebenarnya untuk skala 1 : 600 dikalikan dengan faktor pengali sebesar 3,6 m².

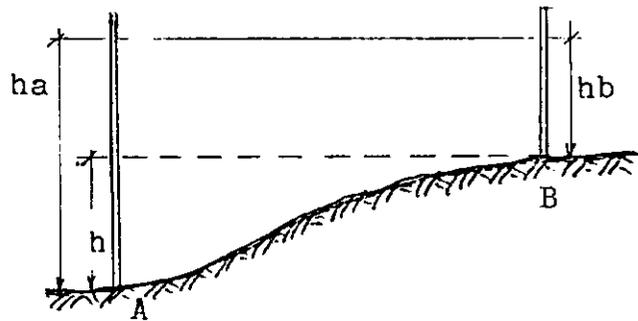
BAB VI

PENGUKURAN BEDA TINGGI

Pengukuran beda tinggi antara dua titik di lapangan dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu;

A. Cara Barometeris

Pengukuran beda tinggi dengan cara ini dapat dilakukan oleh dua orang tenaga, dua buah barometer, dua buah thermometer dan dua buah hygrometer, cara pengukuran perhatikan gambar. 56



Gambar. 56

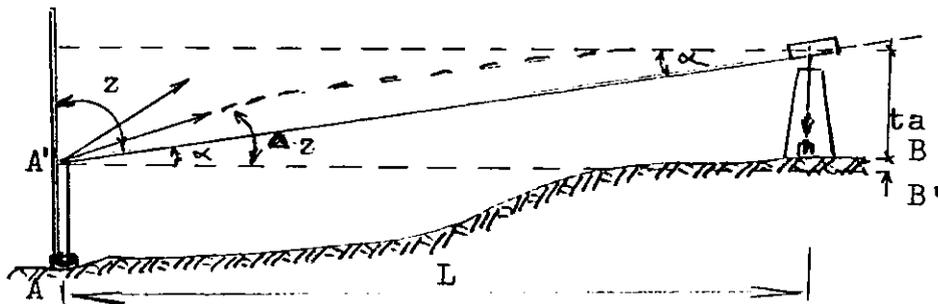
1. Pengukuran dimulai pada waktu yang bersamaan, kedua barometer, thermometer dan hygrometer ditempatkan di titik A.
2. Catat tekanan udara, suhu dan kelembaban udara.
3. Salah satu barometer, thermometer dan hygrometer ditempatkan di titik A oleh orang pertama dan yang lainnya di bawah ketitik B oleh orang kedua, dalam perjalanan menuju titik B kedua orang mencatat tekanan, suhu dan kelembaban udara pada waktu yang bersamaan (misalnya setiap 10 menit).
4. Dari hasil pengukuran tekanan udara di titik A adalah berat udara yang tingginya = h_a dan tekanan udara di titik B adalah berat udara yang tingginya = h_b (lihat gambar. 56)
5. Dari hasil pengukuran, dapat dihitung beda tinggi antara titik A dan B dengan rumus $h = h_a - h_b$, menurut

Soetomo Wongsotjitro (1980. h. 26) dimana tekanan udara disuatu tempat tertentu adalah sama dengan berat udara dengan tebal tertentu pula.

Dalam menentukan beda tinggi dengan cara ini harus diperhitungkan terhadap koreksi suhu, kelembaban udara karena berat udara di suatu tempat tergantung dari gaya tarik bumi yang belum tentu sama besarnya antara titik A dan B, sehingga dalam menentukan beda tinggi dengan cara ini ketelitiannya kasar. Biarpun diusahakan secermat mungkin, namun kesalahan yang sering terjadi berkisar antara 10 - 20 cm.

B. Cara Trigonometris

Pengukuran beda tinggi dengan cara ini diperlukan dua orang tenaga, satu buah alat ukur sudut miring, satu buah yalon/tongkat, alat ini dipergunakan untuk mengukur sudut vertikal (tegak), satu buah pita ukur dan beberapa buah pen ukur. Cara pengukuran perhatikan gambar 57.



Gambar. 57

1. Alat diletakan di titik B, dibuat mendatar dan diarahkan keyalon di titik A.
2. Kemudian alat dibidikan ke titik A, tinggi bidikan di titik A diambil sama dengan tinggi alat (t_a), sehingga didapat sudut sebesar α .
3. Ukur tinggi alat (t_a) dan tinggi titik AA' dengan pita ukur.
4. Hitung beda tinggi antara titik A dan B dengan cara berikut; Beda tinggi = $B - B' = L \operatorname{tg} \alpha - t_a$.

5. Hitung jarak miring antara titik A ke B dengan rumus $AB = \frac{a}{\sin \alpha}$, dan hitung jarak datar dari A ke B dengan rumus $A'B' = AB \cos \alpha = L$ meter.

Biasanya jarak datar jarang sekali diukur/dihitung karena yang dipetakan hanya proyeksi dari titik A dan B. Pengukuran dengan cara ini digunakan untuk jarak-jarak sangat jauh misalnya; di daerah pergunungan untuk mencari beda tinggi antara titik sudut-sudutnya, jaringan segitiga primer yang selanjutnya digunakan untuk ukuran ketinggian topografis.

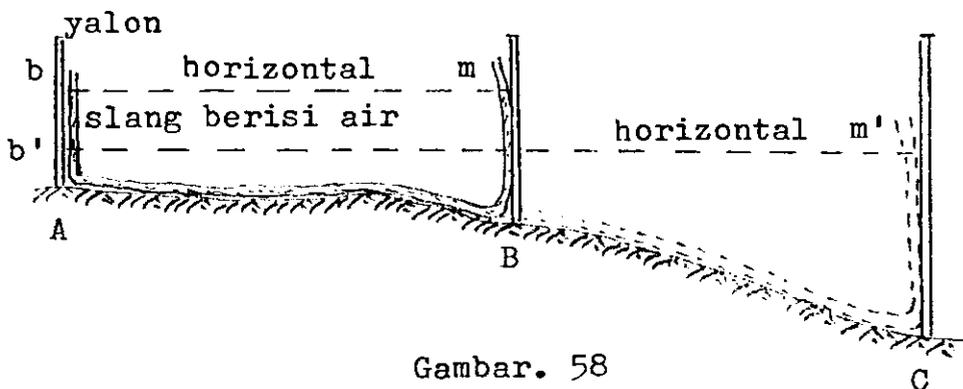
Kesukaran yang sering terjadi dalam pengukuran ini sinar cahaya dari titik A ke B tidak lurus, karena sinar tersebut melalui lapisan udara yang mempunyai suhu berbeda, hingga pada lapisan-lapisan udara sinar akan dibiaskan dan membuat arah garis lengkung, dengan demikian pengukuran harus dikoreksi.

C. Cara Pengukuran Beda Tinggi Dengan Penyipat Datar.

Pengukuran beda tinggi dengan alat penyipat datar dapat dilakukan dengan beberapa cara, tergantung pada jenis alat yang dipergunakan. Dalam buku ini diuraikan cara pengukuran dengan alat penyipat datar sederhana.

1. Dengan Pipa Plastik (Slang Plastik)

Pengukuran beda tinggi dengan alat ini dapat dilakukan oleh tiga orang tenaga, satu buah slang plastik bening yang berdiameter 10 mm, metran/pita ukur yalon beberapa buah (sesuai dengan kebutuhan) dan air yang bersih, cara pengukuran perhatikan gambar.58



Gambar. 58

- a. Pasang yalon di titik yang akan diukur beda tingginya (titik A, B dan C), tegak lurus.
- b. Ambil slang plastik dan isi air seperlunya.
- c. Periksa slang yang telah berisi air jangan sampai ada bagian yang bocor dan gelombang-gelombang udara.
- d. Orang pertama membawa ujung slang ke titik A dan orang kedua ke titik B, sedangkan orang ketiga siap dengan meter dan alat tulis.
- e. Orang pertama dan kedua menempelkan ujung slang pada yalon di titik A dan B dengan hati-hati, hingga ujung slang tidak bergerak dan air cepat tenang.
- f. Setelah permukaan air di kedua ujung slang tenang, maka orang ketiga mengukur tinggi air dari tanah ke permukaan air dalam slang dengan meteran di titik A dan B, lalu dicatat.
- g. Ulangi pengukuran sampai tiga kali dan ambil rata-ratanya.
- h. Kemudian orang kedua pindah ke titik C, orang pertama tetap di titik A dan lakukan hal yang sama seperti di atas hingga didapat tinggi pengukuran di titik A dan C.
- i. Hitung hasil pengukuran sebagai berikut;

- 1) Minsalkan tinggi pengukuran di titik A tiga kali pengukuran b_1 , b_2 dan b_3 , di titik B tiga kali pengukuran m_1 , m_2 dan m_3 .

$$\text{Rata-rata tinggi di A} = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} = b$$

$$\text{Rata-rata tinggi di B} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{3} = m$$

Maka beda tinggi antara titik A dengan titik B = HAB = b - m'.

- 2) Minsalkan tinggi pengukuran di titik A dan C tiga kali pengukuran adalah b_1' , b_2' , b_3' dan

$m1'$, $m2'$, $m3'$.

$$\text{Rata-rata tinggi di A} = \frac{b1' + b2' + b3'}{3} = b'$$

$$\text{Rata-rata tinggi di C} = \frac{m1' + m2' + m3'}{3} = m'$$

Maka beda tinggi antara titik A dan C = HAC = $b' - m'$.

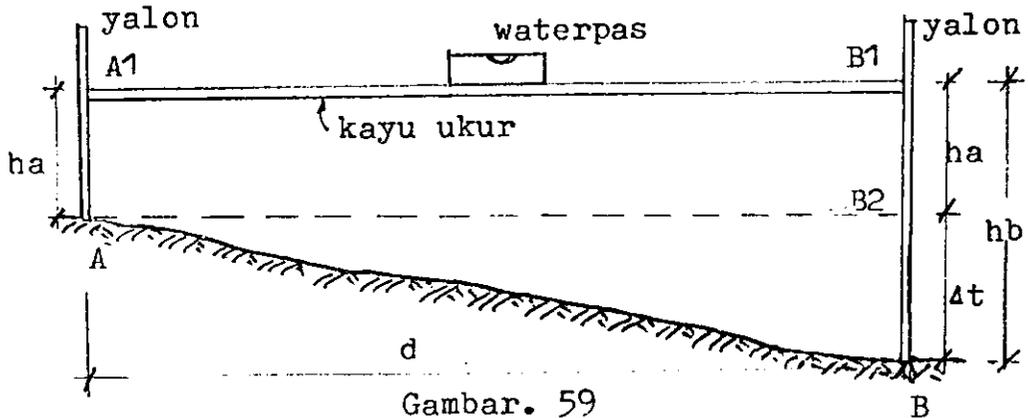
- 3) Setelah didapatnya beda tinggi antara A, B dan C, maka beda tinggi antara B dengan C dapat dicari.

2. Dengan Waterpas

Pengukuran beda tinggi dengan alat ini dapat dilakukan oleh empat orang tenaga, satu buah waterpas, satu buah meter/pita ukur, satu buah kayu ukur dan beberapa buah yalon (tergantung pada kebutuhannya). Dalam melakukan pengukuran yang menggunakan kayu ukur sebagai alat bantu untuk mendatarkan/leveling pada waterpas, jarak titik yang akan diukur tidak terlalu jauh (maksimum sepanjang kayu ukur), cara pengukuran adalah sebagai berikut, misalkan beda tinggi yang akan dicari antara titik A dan B.

- a. Tentukan titik yang akan diukur sesuai dengan keadaan lapangan.
- b. Tancapkan yalon di titik A dan B tegak lurus oleh orang pertama dan kedua, orang ketiga membawa kayu ukur dan waterpas sedangkan orang keempat membawa meteran dan alat tulis.
- c. Tempatkan kayu ukur oleh orang ketiga dalam posisi horizontal antara titik A dan B, untuk mendatarkan/horizontal tempatkan waterpas di atas kayu ukur dan gelembung nivo harus berada di tengah-tengah.
- d. Bila gelembung nivo telah berada di tengah-tengah maka kayu ukur horizontal, pegang ujung kayu ukur pada yalon di titik A dan B lalu tandai pada yalon tersebut oleh orang pertama dan kedua ($A1, B1$)

- e. Ukur tinggi tanda A1 dan B1 yang terdapat pada yalon di titik A dan B dari muka tanah dengan meter (ha dan hb).
- f. Hitung beda tinggi antara titik A dan B dari hasil pengukuran misalnya tinggi pengukuran di titik A = A' dan B = B' (lihat gambar. 59).



Gambar. 59

Beda tinggi antara titik A dan B = $B1 - A1 = hb - ha = t$.

- g. Dari hasil pengukuran di atas dapat dihitung jarak miring antara titik A ke titik B, (lihat $\triangle AB-B2$). $AB2 =$ diketahui dari hasil pengukuran (sepanjang kayu ukur).

$$BB2 = \text{beda tinggi} = \Delta t$$

$$\text{Maka jarak miring } AB = \sqrt{(AB2)^2 + (BB2)^2}$$

$$= \sqrt{d^2 + \Delta t^2}.$$

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- A. Bawnister. 1979. Surveying. Melbourne. Pitman Publishing Pty. Ltd.
- Frick, Heinz. 1980. Alat Ukur Tanah dan Penggunaannya. Yogyakarta. Yayasan Kanisius.
- F. Mulkan, Subki. ct. al. 1980 Ilmu Ukur Wilayah. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan.
- Sumarya. 1984. Pengetahuan Alat Ukur Tanah. I. FPTK IKIP Padang.
- Soemarlani. DS, ct. al. 1979. Latihan Praktek Ukur Tanah dan Pemetaan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan.
- Wongsotjitra, Soetomo. 1980. Ilmu Ukur Tanah. Yogyakarta. Yayasan Kanisius.