



PT. RADJA INTERCONTINENTAL
PUBLISHING

BUKU AJAR **PENGUKURAN** **TANAH** DI PERKEBUNAN



Rina Maharany, S.TP., M.P
Ir. W. Simbolon, DIAT
Ingrid Ovie Yosephine, S.P., M.Sc

Rahmad Dian, S.Kom., M.Kom
Eka Bobby Febrianto, S.P., M.Si
Pada Mulia Raja, S.Pd., M.Si



PT. RADJA INTERCONTINENTAL
PUBLISHING

BUKU AJAR PENGUKURAN TANAH DI PERKEBUNAN



Rina Maharany, S.TP., M.P
Ir. W. Simbolon, DIAT
Ingrid Ovie Yosephine, S.P., M.Sc

Rahmad Dian, S.Kom., M.Kom
Eka Bobby Febrianto, S.P., M.Si
Pada Mulia Raja, S.Pd., M.Si

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan Karya Ilmiah ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

BUKU AJAR
PENGUKURAN TANAH DI PERKEBUNAN

Penulis

RINA MAHARANY, S.TP., M.P
IR. W. SIMBOLON, DIAT
INGRID OVIE YOSEPHINE, S.P., M.Sc
RAHMAD DIAN, S.Kom., M.Kom
EKA BOBBY FEBRIANTO, S.P., M.Si
PADA MULIA RAJA, S.Pd., M.Si

Penerbit

PT. Radja Intercontinental Publishing



BUKU AJAR
PENGUKURAN TANAH DI PERKEBUNAN

Diterbitkan oleh:

PT. Radja Intercontinental Publishing

PENERBIT PT. RADJA INTERCONTINENTAL
PUBLISHING

(Grup Publikasi RADJA PUBLIKA)

Alamat Redaksi:

Jl. Cempaka Putih, Sp. Tiga Blang Rayeuk, Dsn.

Angsana, Kota Lhokseumawe

Telp. 081269223511

Email: pt.radja.intercontinental.publis@gmail.com

Isi diluar tanggung jawab percetakan
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang Dilarang
memperbanyak karya tulis dalam bentuk dan
dengan
cara apapun, tanpa ijin tertulis dari penerbit.

BUKU AJAR
PENGUKURAN TANAH DI PERKEBUNAN

E-ISBN :
978-623-09-2613-6

Penulis :
RINA MAHARANY, S.TP., M.P
IR. W. SIMBOLON, DIAT
INGRID OVIE YOSEPHINE, S.P., M.Sc
RAHMAD DIAN, S.Kom., M.Kom
EKA BOBBY FEBRIANTO, S.P., M.Si
PADA MULIA RAJA, S.Pd., M.Si

Editor :
RAHMAT IDHAMI, S.Tr.T

Penyunting :
MUHAMMAD MULTAZAM, S.E., M.S.M., CPRM

Desain sampul dan tata letak:
Rahmat Idhami
(Sumber Gambar: Freepik.com)

Tanggal Terbit:
Maret 2023

Jumlah Halaman :
199

Penerbit:



**PT. RADJA INTERCONTINENTAL
PUBLISHING**

Redaksi:

Jl. Cempaka Putih, Sp. Tiga Blang Rayeuk, Dsn.

Angsana, Kota Lhokseumawe

Telp. 081269223511

Email:

pt.radja.intercontinental.publis@gmail.com

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT dengan berkat dan rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Buku ini. Shalawat dan salam kita sanjungkan kepangkuan Nabi Besar Muhammad SAW, yang telah membawa kita dari alam jahiliyah yang penuh dengan kebodohan ke alam yang berilmu pengetahuan seperti yang kita rasakan pada saat ini.

Buku ini bertujuan untuk mendeskripsikan Ilmu ukur tanah merupakan ranting dari ilmu Geodesi, yaitu ilmu yang mempelajari tentang cara-cara pengukuran/penggambaran bentuk permukaan bumi ataupun menentukan gambar sebagian kecil dari permukaan bumi dalam bentuk profil maupun peta. Dalam pengertian umum pengukuran tanah dapat dianggap sebagai disiplin ilmu yang meliputi semua metode untuk pengumpulan dan pemrosesan informasi tentang bumi dan lingkungan fisis.

Dalam Penulisan buku ini, Penulis menyadari bahwa masih jauh dari kesempurnaan baik isi maupun penyajiannya. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun bagi penulis. Akhirnya atas segala bantuan yang telah penulis terima, semoga mendapat balasan dari Allah SWT, dan penulis berharap Buku ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya bagi pembaca pada umumnya.

Medan, Maret 2023

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Peraturan Hak Cipta.....	iii
Halaman Sampul.....	iv
Halaman Penerbit	v
Balik Halaman Judul	vi
Alamat Redaksi	vii
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	iii
Bab 1 Pendahuluan / Pengertian, Ruang Lingkup Dan Peran Pengukuran Tanah	1
Bab 2 Dasar - Dasar Pengukuran Tanah	8
Bab 3 Skala Peta Dan Penerapannya Dalam Pemetaan..	20
Bab 4 Dasar - Dasar Pemetaan.....	33
Bab 5 Penggunaan Instrumen/Alat Ukur Tanah.....	55
Bab 6 Sistem Koordinat Pada Peta.....	91
Bab 7 Poligon Terbuka	115
Bab 8 Poligon Tertutup	132
Bab 9 Implementasi Pengukuran Lahan (Pengukuran Jarak, Beda Tinggi Dan Sudut)	148
Bab 10 Kesalahan Dalam Pengukuran Lahan.....	169
Daftar Pustaka	187
Biodata Penulis.....	189

BAB I

PENDAHULUAN / PENGERTIAN, RUANG LINGKUP DAN PERAN PENGUKURAN TANAH



1. Kompetensi dan Indikator Pencapaian

Kompetensi

Kompetensi pada bab ini diharapkan mahasiswa mampu menjelaskan pengertian, ruang lingkup proses pemetaan khususnya untuk bidang perkebunan, serta memiliki dasar pengetahuan yang baik dalam menelusuri pembahasan mengenai pengukuran dan pemetaan yang akan dibahas pada bab selanjutnya.

2. Gambaran Umum Materi

Pemahaman tentang pengertian dan ruang lingkup pengukuran tanah dan pemetaan ini harus dimengerti oleh mahasiswa agar dapat memahami pentingnya ilmu ukur tanah, sehingga sebagai calon perencana dan perancang yang memakai peta khususnya dibidang perkebunan akan mampu merencanakan dan menguraikan unsur dan teknik pengukuran tanah dalam penyelesaian masalah pemetaan diperkebunan.

3. Relevansi Bab Dengan Kegunaan Bagi Mahasiswa

Bab ini merupakan awal pemahaman pentingnya ilmu pengukuran tanah dan pemetaan khususnya dibidang perkebunan, yang terbagi dalam 4 (empat) bagian yaitu dasar-dasar pemetaan, unsur dan teknik pengukuran tanah, pemetaan, dan

aplikasi pengukuran dan pemetaan khususnya dibidang perkebunan.

4. Tujuan Instruksional Khusus

- 1) Memberikan dasar pengetahuan dalam perkembangan ilmu ukur tanah, dan permasalahan yang melatar-belakangi perkembangan ilmu pemetaan ini khususnya untuk bidang perkebunan.
- 2) Mahasiswa mampu mengidentifikasi mengenai isi dan ruang lingkup proses pemetaan, serta kendala yang ada didalamnya.
- 3) Mahasiswa mampu mengidentifikasi segala sesuatu yang terlibat dalam proses ilmu ukur tanah dalam kaitannya dengan ketelitian pengukuran, serta proses transformasi yang dipakai dalam pengukuran dan pemetaan tanah.
- 4) Mahasiswa mampu membedakan sarana dan peralatan manual dan digital dalam pengukuran dan pemetaan tanah.

5. Materi

Ilmu ukur tanah merupakan ranting dari ilmu Geodesi, yaitu ilmu yang mempelajari tentang cara-cara pengukuran/penggambaran bentuk permukaan bumi ataupun menentukan gambar sebagian kecil dari permukaan bumi dalam bentuk profil maupun peta. Dalam pengertian umum pengukuran tanah

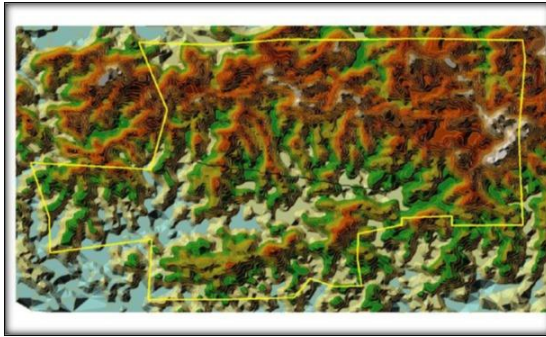
dapat dianggap sebagai disiplin ilmu yang meliputi semua metode untuk pengumpulan dan pemrosesan informasi tentang bumi dan lingkungan fisis. Dalam prakteknya, penerapan ilmu ukur tanah terbagi 2, yaitu:

- 1) Misi Ilmiah : adalah menentukan bentuk dan ukuran bumi untuk digunakan dalam pekerjaan geodesi praktis
- 2) Misi Praktis : adalah antara lain pembuatan peta permukaan bumi, memancang patok-patok di lapangan sebagai tanda dari suatu pekerjaan teknis, misalnya pembuatan batas lahan, perencanaan jalan, dan sebagainya.

Dalam misi ilmiah, aspek lengkung muka bumi dimasukkan sebagai faktor untuk menentukan posisi titik di permukaan bumi. Dalam misi praktis, maka muka bumi dianggap datar sehingga aspek kelengkungan tidak diperhitungkan. Dalam implementasi di perkebunan, maka misi praktis yang sering diterapkan, baik dalam menentukan batas lahan maupun menentukan letak.

Pada umumnya usaha perkebunan menggunakan ruang yang sangat besar. Istilah ruang sering disebut sebagai lahan, yaitu tanah permukaan bumi dan atmosfer yang memungkinkan tanaman hidup. Ruang yang digunakan dibuat batasan untuk memudahkan dalam pengelolaan sekaligus meminimalkan konflik yang timbul atas kemungkinan tumpang tindih dalam pengakuan kepemilikan lahan.

Pembuatan batas lahan ini merupakan ranah dari ilmu pengukuran tanah, contohnya :



Gambar 1 Foto udara suatu lahan dan batas lahan yang dapat dikelola suatu perusahaan perkebunan

Gambar 1 menyajikan batas lahan yang diberi izin oleh Pemerintah untuk dikelola oleh suatu perusahaan perkebunan. Batas lahan itu diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan, sekaligus menetapkan titik-titik yang menjadi pedoman pembuatan batas lahan. Hasil pengukuran ini disajikan dalam bentuk peta yang menggambarkan lahan yang diberikan konsesi atau hak penggunaan oleh Pemerintah. Dalam menentukan peruntukan lahan atau ruang ini, dilakukan pengukuran yang lebih detail lagi seperti batas afdeling, batas blok, jalur jalan, saluran drainase dan titik tanam. Jadi dapat disimpulkan bahwa pengukuran tanah sangat berperan dalam penyiapan pengelolaan lahan atau ruang untuk usaha perkebunan.

Pada dasarnya tujuan pengukuran adalah untuk menentukan letak/kedudukan suatu obyek diatas permukaan bumi dalam suatu sistem koordinat. Penentuan letak/kedudukan suatu obyek

tersebut merupakan hasil serangkaian kerja pengukuran jarak horizontal, jarak vertikal, sudut antara dua titik, dan arah garis. Jadi, dapat dikatakan bahwa ruang lingkup ilmu ukur tanah meliputi pengukuran jarak dan pengukuran sudut.

Pekerjaan pengukuran dilapangan dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan yang sederhana, seperti : kayu ukur, rol meter, kompas, klinometer ataupun menggunakan alat ukur optis seperti dumpy level dan theodolit. Pada prinsipnya mutu dari hasil kerja ukur tanah ditentukan oleh 3 (dua) faktor yaitu faktor petugas pelaksana (manusia), faktor alat (kestabilan alat ukur), dan factor keadaan alam pada saat pengukuran berlangsung. Seorang surveyor yang berpengalaman dan didukung dengan kondisi fisik yang baik mempunyai peluang untuk bekerja dengan hasil yang baik. Selain itu juga peralatan yang memadai dan cukup canggih akan meningkatkan ketelitian pengukuran. Mengingat pekerjaan ukur tanah tidak bisa lepas dari tahap penghitungan data, maka merupakan prasarat bagi petugas/surveyor untuk mengetahui dan memahami rumus-rumus matematika/ukur sudut khususnya yang berkaitan langsung dengan proses perhitungan data tersebut.

Soal Latihan

1. Jelaskan arti pentingnya ilmu ukur tanah di perkebunan kelapa sawit?
2. Jelaskan 2 faktor yang mempengaruhi mutu/kualitas dari hasil kerja ukur tanah?
3. Sebutkan macam peralatan ukur tanah dilapangan?

4. Jelaskan perbedaan penerapan ilmu ukur tanah dalam arti ilmiah dan arti praktis?
5. Sebutkan syarat-syarat untuk menjadi seorang surveyor yang handal?

BAB 2

DASAR - DASAR PENGUKURAN TANAH



1. Kompetensi dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi pada bab ini diharapkan mahasiswa mampu menjelaskan dasar-dasar dari teknik pengukuran dan pemetaan tanah.

2. Gambaran Umum Materi

Pemahaman tentang dasar-dasar dari teknik pengukuran dan pemetaan tanah berupa istilah dan notasi yang akan selalu digunakan dalam ilmu pengukuran tanah, serta teknik perhitungan dan analisa data dari lapangan.

3. Relevansi Bab dengan Kegunaan Bagi Mahasiswa

Bab ini merupakan dasar pemahaman tentang ilmu pengukuran tanah dan dasar perhitungan koordinat dalam hal perencanaan pembuatan suatu peta yang baik. Karena konsekuensi dari pemakaian peta yang telah terlalu tua bagi semua perencanaan termasuk perencanaan areal perkebunan, dapat menimbulkan resiko/kesalahan yang besar, baik disebabkan oleh keadaan fisis bumi yang selalu berubah; keadaan udara yang mempengaruhi kerutan lembaran peta yang digunakan, dan sebagainya.

4. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mempelajari bab ini mahasiswa diharapkan mampu memahami dan menjelaskan tentang beberapa notasi, satuan, dan istilah, hitungan, analisis dan uraian data/angka dari lapangan dalam ilmu pengukuran tanah, dan pengukuran jarak dan sudut dengan menggunakan peralatan yang sederhana.

5. Materi

Pengukuran dalam ilmu ukur tanah terbagi 2 yaitu : (1) pengukuran mendatar, untuk mendapat hubungan mendatar titik-titik yang diukur diatas permukaan bumi; dan (2) pengukuran tegak, guna mendapat hubungan tegak antara titik-titik yang diukur. Pada ukur tanah datar yang meliputi areal kecil, permukaan bumi dapat dianggap sebagai bidang datar, karena itu peta yang dibuat dengan proyeksi tegak lurus dapat dianggap benar/tanpa adanya distorsi/kesalahan. Peta sebagai produk dari kegiatan ilmu ukur tanah dibuat melalui tiga tahapan pekerjaan, yaitu:

- a. Melakukan pengukuran-pengukuran pada dan diantara titik-titik dimuka bumi (surveying).
- b. Menghimpun, menghitung hasil ukuran, mengkoreksi data untuk menentukan lokasi dan luas areal, serta memindahkannya pada bidang datar peta (pengolahan data).

- c. Melakukan interpretasi fakta - fakta yang ada di permukaan bumi dan menggambarkannya dengan simbol-simbol sesuai dengan ukuran jarak dan posisinya pada peta. Misalnya, simbol untuk sungai, saluran irigasi, bangunan, bentuk permukaan tanah, dan lain - lain (pembuatan peta).

Dengan adanya peta tersebut maka kita akan mengetahui atau sedikitnya punya gambaran tentang suatu lokasi/areal dilapangan, meskipun kita belum pernah melihat secara langsung dilapangan. Bentuk penyajian disebut peta jika skalanya kecil, sedangkan bentuk penyajian disebut plan jika skalanya besar. Pada plan umumnya hanya jarak mendatar yang diperlihatkan, sedangkan pada peta topografi digambarkan jarak vertikal/ketinggian dengan garis kontur atau dengan cara lain.

Oleh karena permukaan bumi melengkung dan kertas peta rata, maka tidak ada bagian dari permukaan bumi yang dapat digambarkan pada peta tanpa penyimpangan dari bentuk aslinya. Pada prinsipnya didalam pekerjaan pengukuran pada waktu yang bersamaan harus dilakukan bermacam-macam pekerjaan dan pengamatan, maka kesalahan-kesalahan baik yang kecil maupun besar mungkin saja terjadi. Untuk menghindari hal tersebut, maka tugas pengukur

harus didasarkan pada prinsip - prinsip dasar pengukuran, yaitu :

- Perlu adanya pengecekan yang terpisah/berulang, tidak cukup hanya satu kali pengukuran
- Hindari adanya kesalahan-kesalahan dalam pengukuran

Beberapa definisi atau istilah umum yang merupakan dasar - dasar dari teknik pengukuran tanah, yaitu :

a. Panjang (d)

Adalah jarak terpendek yang menghubungkan 2 (dua) buah titik sesuai dengan permukaan tempat kedua titik tersebut terletak. Satuan yang berlaku adalah satuan panjang internasional (SI) yaitu satuan metric (mm s/d km) sebagai satuan utamanya.

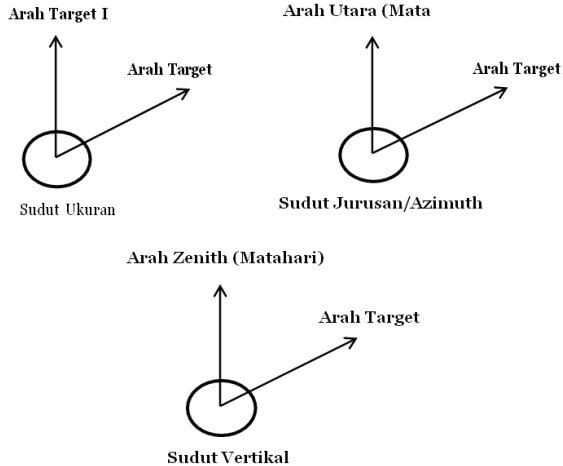
b. Sudut (@)

Adalah besaran selisih dua buah arah dari suatu titik sudut pengamatan, dan mempunyai satuan sudut. Sudut dalam pengukuran tanah umumnya adalah sudut horizontal dan sudut vertikal.

Sudut horizontal atau sudut mendatar terdiri atas sudut ukuran dan sudut jurusan. Sudut ukuran adalah selisih dua buah arah antara target I terhadap arah target II dari tempat pengamatan. Sudut jurusan adalah selisih dua buah arah antara

arah utara terhadap titik lainnya dari tempat pengamatan.

Sudut vertikal adalah selisih dua buah arah antara arah zenith dengan arah terhadap titik lainnya dari tempat pengamatan.



Gambar 2. Sudut Horizontal (a), (b) dan Sudut Vertikal (c)

Satuan Sudut

Terdapat 3 (tiga) satuan untuk menyatakan sudut, yaitu :

- Cara Seksagesimal, yaitu satu lingkaran dibagi menjadi 360 bagian, satu bagiannya disebut derajat. Satu derajat dibagi dalam 60 menit, dan 1 menit dibagi dalam 60 detik. Satuan derajat ($^{\circ}$) dengan pecahannya menit ($'$) dan detik ($''$).

Dimana :

1 lingkaran adalah 360 derajat (3600)

1 derajat adalah 60 menit (60')

1 menit adalah 60 detik (60'')

- Cara Sentisimal, yaitu satu lingkaran dibagi menjadi 400 bagian, satu bagiannya disebut grade. Dimana 1 kuadran memiliki 100 grade, 1 grade terbagi dalam 100 centigrade, dan 1 centigrade terbagi dalam 100 centicentigrade. Satuan grid (g) dengan pecahannya centi grid (cg) dan centicenti grid (ccg).

Dimana :

1 lingkaran adalah 400 grid (400^g)

1 grid adalah 100 centi grid (100^{cg})

1 centi grid adalah 100 centicenti grid (100^{ccg})

- Cara Radian, satu radian adalah sudut pusat yang berhadapan dengan bagian busur yang panjangnya sama dengan jari-jari lingkaran. Karena panjang busur sama dengan keliling lingkaran sebuah lingkaran yang berhadapan dengan sudut 360⁰ dan keliling lingkaran 2π kali jari-jari, maka : 1 lingkaran = 2 π rad, membagi lingkaran menjadi 2 x π bagian. Nilai π besarnya sekitar 3,1416 atau ½ dari keliling lingkaran dibagi jari-jarinya. Satuan radian dinyatakan dalam derajat, menit dan detik radian.

Dimana :

1 derajat radian = 57.295779 derajat

= 3437.7467 menit, dan 206264.8 detik

Jadi ; 1 lingkaran = $360^0 = 400 \text{ grade} = 2 \pi \text{ radian}$

c. Luas (Area)

Adalah besarnya suatu bidang/daerah pengukuran dalam 2 (dua) dimensi diatas permukaan tanah, dan mempunyai satuan dasar luas : hektar (Ha), meter persegi (m^2). Satuan luas yang biasa dipakai adalah meter persegi (m^2), untuk daerah yang relatif besar digunakan hektar (Ha) atau sering juga kilometer persegi (km^2).

$$1 \text{ Ha} = 10.000 \text{ m}^2; 1 \text{ tumbak} = 14 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ km}^2 = 10^6 \text{ m}^2; 1 \text{ are} = 100 \text{ m}^2$$

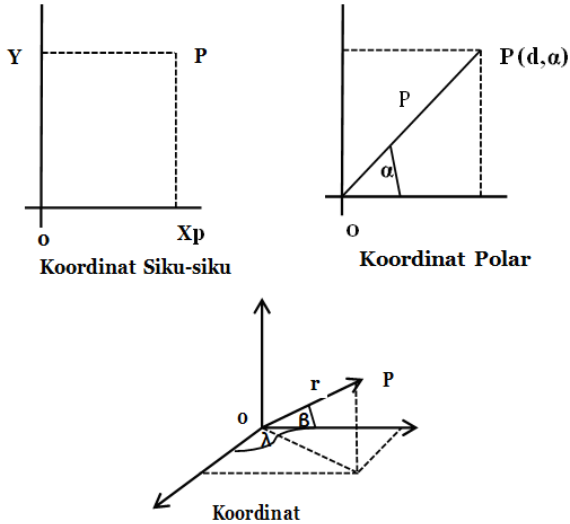
d. Beda Tinggi (Δh)

Adalah jarak dua buah bidang ekuipotensial tempat kedua titik tersebut terletak dan sepanjang garis gaya gravitasi yang melalui satu titik tersebut.

e. Sistem Koordinat

Adalah bilangan-bilangan yang menyatakan jarak suatu titik dari titik pusat(o) dan ditulis dalam kurung dibelakang titik-titik yang bersangkutan. Sistem koordinat yang umum dalam pengukuran adalah koordinat siku-siku, koordinat polar, koordinat geografis. Koordinat siku-siku mengandung unsur absis yang

bergerak sepanjang sumbu X dan unsur ordinat yang bergerak sepanjang sumbu Y. Koordinat polar dinyatakan dengan sudut jurusan dan jarak dari 2 (dua) buah titik. Koordinat geografis dinyatakan dalam lintang dan bujur.



Gambar 3. Koordinat Siku-siku (a), Koordinat Polar (b) dan Koordinat Geografis (c)

f. Titik

Adalah tanda sebagai batasan untuk pekerjaan mengukur. Titik diatas permukaan bumi ada yang mempunyai sifat tetap berupa pilar beton (BM), ada pula yang bersifat sementara berupa patok, kayu, pen, dan lain-lain.

- Titik datum didefinisikan sebagai titik awal atau datum (yang diberikan) dari perhitungan selanjutnya, dan bersifat tetap,

sehingga selalu dapat digunakan untuk pengukuran-pengukuran. Dari titik-titik tetap ini diketahui selain koordinat-koordinatnya yang menentukan letak mendatar terhadap suatu salib sumbu, pula diketahui tinggi diatas suatu bidang nol yang lazimnya diambil dari muka laut rata-rata (MSL). Koordinat- koordinat dan tinggi titik-titik ini ditentukan dengan pengukuran-pengukuran yang dilakukan dengan cara yang teliti, karena titik-titik tentu ini akan menjadi dasar pengukuran-pengukuran lainnya.

- Titik-titik yang bersifat sementara diperlukan pada waktu pengukuran, sebagai titik penolong, titik-titik ini diberi tanda dengan kayu (± 40 cm) yang ditanam kedalam tanah (15–20 cm). kayu-kayu ini dinamakan piket dan dberi nomor dengan cat merah, sedang diatasnya diberi tanda dengan paku atau sekrup yang menyatakan tempat titik tersebut



(a)



(b)

Gambar 4. Titik Permanen/BM (a), dan Titik Sementara/Patok (b)

Disamping prinsip dasar pengukuran yaitu penentuan posisi setiap titik di muka bumi, pengukuran untuk pemetaan juga menggunakan prinsip bekerja dari besar ke kecil (*working from whole to part*), baik untuk pemetaan daerah kecil ataupun besar. Maksudnya adalah bahwa pertama kali kita bekerja adalah melakukan pengukuran titik kerangka dasar (*horizontal dan vertikal*) yang mencakup seluruh daerah yang akan dipetakan. Mengingat fungsinya pengukuran titik kerangka dasar harus dilakukan dengan ketelitian paling tinggi dibandingkan ketelitian pengukuran lainnya. Setelah itu baru dilanjutkan dengan kegiatan pengukuran titik-titik detail atau sering disebut dengan titik-titik situasi. Ide bekerja seperti diatas bertujuan untuk mencegah penumpukan kesalahan- kesalahan pengukuran, mengontrol dan melokalisir kesalahan-kesalahan selama di lapangan.

Soal Latihan

1. Jelaskan mengapa anda perlu mempelajari ilmu ukur tanah dan apa fungsi dari ilmu ukur tanah untuk bidang perkebunan?
2. Uraikan dasar - dasar dari teknik pengukuran tanah?

3. Jelaskan tahapan pembuatan peta dilapangan serta upaya untuk meminimalisir kesalahan di lapangan?
4. Jelaskan prinsip dasar pemetaan dalam pengukuran tanah?
5. Diketahui sudut – sudut sebagai berikut :
 - a. $78^{\circ}49'40''$
 - b. $315051'16''$
 - c. $129^{\circ}14'28''$

Ubahlah sudut – sudut tersebut ke dalam bentuk grid !

6. Diketahui sudut – sudut sebagai berikut “
 - a) 46.2846°
 - b) 309.1658°
 - c) 117.0491°

Ubahlah sudut – sudut tersebut ke dalam bentuk derajat !

BAB 3

SKALA PETA DAN PENERAPANNYA DALAM PEMETAAN



1. Kompetensi dan Indikator Pencapaian

Kompetensi

Kompetensi pada bab ini diharapkan mahasiswa mampu menjelaskan pengertian dan manfaat skala sebagai suatu perbandingan dalam memperbesar atau memperkecil sebuah peta/gambar tertentu, menghitung luas suatu areal dengan menggunakan skala, ataupun merubah skala (memperbesar/memperkecil) serta mencari skala suatu peta yang akan dijadikan sebagai peta dasar dalam suatu perencanaan pemetaan areal perkebunan.

2. Gambaran Umum Materi

Pemahaman tentang skala peta didalam pemetaan ini sangat penting dalam perencanaan pemetaan areal/situasi. Karena dengan skala, kita dapat menggambar suatu tempat/areal yang sangat luas di atas kertas yang kecil. Pemahaman tentang skala peta ini membahas tentang jenis - jenis skala dalam pemetaan, cara - cara untuk menyatakan skala dalam pemetaan, cara memperbesar/memperkecil skala dan cara mencari skala suatu peta yang tidak tercantum didalam sebuah peta.

3. Relevansi Bab dengan Kegunaan Bagi Mahasiswa

Bab ini merupakan dasar pemahaman tentang ilmu pemetaan suatu wilayah/areal. Karena dengan skala kita dapat mengetahui atau menentukan jarak suatu tempat yang satu dengan tempat lainnya. Skala peta tidak hanya menunjukkan perbandingan jarak di peta dengan jarak yang ada di lapangan, tetapi juga untuk mengukur jarak di lapangan atau menghitung luas suatu areal. Dengan mengetahui skala peta, maka ketelitian dari informasi yang disajikan didalam peta semakin baik. Semakin besar suatu skala peta, maka semakin teliti dan detail unsur informasi yang disajikan, begitu pun sebaliknya. Jadi, sebuah peta tidak akan berguna jika tidak memiliki skala peta.

4. Tujuan Instruksional Khusus

- 1) Memberikan dasar pengetahuan tentang pengertian dan penggunaan skala khususnya dibidang perencanaan pemetaan areal perkebunan.
- 2) Mahasiswa mampu menjelaskan dan menghitung jarak suatu tempat, dan menghitung luas suatu wilayah/areal dengan menggunakan skala.
- 3) Mahasiswa mampu menunjukkan ketelitian geometris dan detail dari unsur dan informasi

yang disajikan melalui skala peta, yang sangat diperlukan untuk kelengkapan suatu peta.

5. Materi

Skala peta merupakan penggambaran besarnya reduksi yang diambil untuk peta yang akan dibuat terhadap areal permukaan bumi yang sesungguhnya. Skala peta adalah perbandingan jarak antara dua buah titik pada peta terhadap jarak antara kedua titik tersebut pada keadaan sebenarnya di permukaan bumi. Skala juga diartikan sebagai perbandingan jari-jari globe dengan jari-jari bumi (spheroid). Skala umumnya dinyatakan dalam bentuk angka 1 yang dibagi dengan angka tertentu dibelakangnya (merupakan bilangan dengan angka 1 sebagai pembilangnya). Menyatakan skala dalam pemetaan dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu :

1) Skala Angka/Numeris (Numerical Scale).

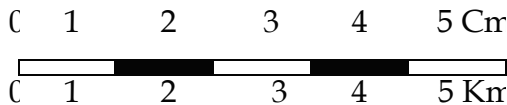
Skala angka adalah skala yang dinyatakan dengan angka dan pecahan. Contohnya; skala dengan perbandingan 1 : 10.000, dimana hal ini menunjukkan bahwa satu satuan jarak pada peta mewakili 10.000 satuan dengan aplikasi jarak horizontal di permukaan bumi, yang berarti bahwa 1 cm di peta mewakili 10.000 cm di lapangan (500 m) atau 1 inchi mewakili

10.000 inchi.

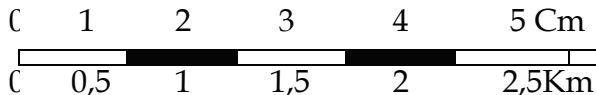
2) Skala Grafis (Graphical Scale).

Adalah suatu garis lurus yang merupakan gabungan dari unsur-unsur garis yang mempunyai panjang yang sama, yang dibagi dalam interval tertentu untuk menyatakan suatu besaran panjang. Suatu garis lurus tersebut dibagi ke dalam bagian-bagian yang sama, misalnya tiap bagian panjangnya 1 cm. Pada setiap ujung bagian garis dituliskan angka jarak yang sebenarnya, misalnya 1 km. Ini berarti bahwa 1 cm di peta sesuai dengan 1 km di lapangan.

Contohnya :



Skala grafis di atas menyatakan bahwa perbandingan 1 cm sama dengan 1 km = 1.000 m = 100.000 cm atau kalau ditukar ke dalam skala angka menjadi 1 : 100.000.



Skala grafis di atas menyatakan bahwa perbandingan 1 cm sama dengan 0,5 km = 500 m = 50.000 cm atau kalau ditukar ke dalam skala angka menjadi 1 : 50.000.

Untuk menentukan panjang dari skala grafis dapat digunakan rumus sederhana sebagai berikut :

$$S = \frac{MD}{GD}$$

Dimana : S = Skala, sebagai satuan pecahan

MD = Jarak peta


GD = Jarak di lapangan

Contoh : Skala pada peta 1 : 25.000, tentukanlah panjang skala grafis yang mencerminkan 4 km di lapangan !

Jawab :

$$S = \frac{MD}{GD} = \frac{1 \times 4 \times 100.000}{25.000}$$

0 4 8 12 16 Cm



0 1 2 3 4 Km

3) Skala Yang Dinyatakan Dengan Kalimat

Pada peta-peta yang tidak menggunakan satuan pengukuran metrik (misalnya peta-peta di Inggris), maka yang sering digunakan adalah skala yang dinyatakan dengan kalimat. Contohnya :

“1 inchi to one mile” yang berarti “1 : 63.660 m”

“1 inchi to two mile” yang artinya “1 : 126.720 m”

Skala peta tidak hanya menunjukkan perbandingan jarak di peta dengan jarak di lapangan (misalnya untuk mengukur jarak di lapangan atau menghitung luas suatu areal), tetapi juga menunjukkan ketelitian geometris dan detail dari unsur dan informasi yang disajikan. Semakin besar skala peta, maka semakin teliti dan semakin detail unsur dan informasi yang disajikan; demikian pula sebaliknya. Dalam penetapan skala pada pembuatan peta (khususnya peta tematik), perlu diperhatikan tujuan/kegunaannya (peta untuk perencanaan umum akan berbeda skalanya dengan peta untuk kegiatan operasional dilapangan), serta informasi yang akan ditampilkan (apabila informasi tidak dapat disajikan secara detail, misalnya hanya dapat membedakan wilayah berhutan dan tidak berhutan, maka tidak diperlukan peta yang berskala besar). Jadi, penggunaan skala dalam sebuah peta tergantung kepada tujuan/penggunaannya.

Peta dengan skala besar adalah peta yang dapat memberikan gambaran suatu daerah secara lebih detail, dan umumnya digunakan dalam rangka perencanaan pengembangan suatu daerah termasuk usaha-usaha pemeliharaan/konservasinya serta dalam rangka pembuatan rencana teknis (design) untuk berbagai bangunan yang segera dilaksanakan. Sedangkan peta dengan skala kecil adalah peta yang memberikan gambaran umum suatu daerah dan biasanya digunakan sebagai data- data guna

mengetahui/mengikuti perkembangan daerah tersebut secara umum, ataupun sebagai data-data permulaan dalam rangka pembuatan kerangka umum pengembangan suatu daerah yang cakupannya relatif sangat luas. Berikut disajikan jeni-jenis skala peta dan penggunaannya :

Tabel 1. Skala Peta dan Penggunaannya :

Skala	Jenis	Penggunaan
$\leq 1: 10.000$	Sangat besar	Perencanaan lokasi, dam, jalan, irigasi, bangunan, dan lain-lain
1: 25.000 – 1: 50.000	Besar	Perencanaan umum
1: 100.000	Sedang	Perencanaan tingkat Kabupaten
1: 250.000 – 1: 500.000	Kecil	Perencanaan tingkat Provinsi

Berdasarkan skalanya peta dikelompokkan ke dalam peta skala besar, skala sedang dan skala kecil. Akan tetapi batasan-batasan skala untuk masing-masing kelompok peta tersebut tidak jelas. Umumnya skala 1:10000 dan lebih besar digolongkan ke dalam skala besar, skala antara 1:10000 s.d 1:100000 digolongkan peta skala menengah, skala 1:100000 dan lebih kecil digolongkan ke dalam skala kecil.

Pada prinsipnya besar kecilnya skala peta akan mencerminkan ketelitian serta banyaknya informasi yang disajikan. Misalnya ketika mengukur jarak antara dua titik pada peta skala 1:5000 dan 1:20000, kesalahannya 0,1 mm. Ini berarti pada peta skala 1:5000 memberikan kesalahan jarak di lapangan sebesar $0,1 \times 5000 \text{ mm} = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ m}$. Sedangkan pada skala 1:20000 memberikan kesalahan jarak $0,1 \times 20000 \text{ mm} = 2,0 \text{ m}$. Informasi yang disajikan pada peta skala besar dapat lebih lengkap dan mendetail

dibandingkan dengan peta skala kecil. Dalam contoh diatas peta dengan skala 1:5000 disebut peta skala besar dan 1:20000 sebagai peta skala kecil.

Selain mencerminkan ketelitian dan kelengkapan informasi, skala merupakan salah satu penunjuk bagi si pengukur tentang ketelitian pengukuran yang harus dicapai. Misalnya untuk pengukuran jarak, normalnya batas ketelitian di dalam plotting titik pada peta adalah 0,1 mm. Bila skala peta dimana plotting dilakukan adalah 1:500, 0,1 mm di peta tersebut, maka akan sesuai dengan 5 cm di lapangan. Sehingga dalam hal ini, jarak-jarak harus diukur dengan ketelitian di bawah 5 cm.

Sebuah peta tanpa skala akan kurang dan tidak berguna sama sekali. Tetapi masih juga terdapat sebuah peta tanpa skala, dan peta ini akan berfungsi apabila skala petanya sudah diketahui. Untuk mencari skala peta yang tidak tercantum skalanya didalam sebuah peta, dapat dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut :

- a) Membandingkan dengan peta lain yang daerahnya sama dan memiliki skala peta.

Rumus :

$$P2 = \frac{d1}{d2} \times P1$$

dimana : d1 = Jarak pada peta yang diketahui skalanya

d2 = Jarak pada peta yang dicari skalanya

P1 = Skala peta yang diketahui

P2 = Skala peta yang dicari

Contoh : $d_1 = 2 \text{ cm}$

$d_2 = 4 \text{ cm}$

$P_1 = 50.000$

$P_2 = 2/4 \times 50.000 = 25.000$

Jadi, skala petanya adalah 1 : 25.000

- b) Membandingkan suatu jarak horizontal di lapangan dan jarak yang mewakilinya pada peta.

Contoh : Jarak A - B dalam peta = 4 cm

Jarak yang diukur di lapangan = 100 m

Maka, skala petanya adalah $4 \text{ cm} / 10.000 \text{ cm} =$

$1/2500$ atau 1 : 2500.

- c) Dari gambar kontur

Rumus : $\text{Interval kontur (C,i)} = \frac{1}{2} \times 1/1.000 \times \text{penyebut skala}$

Contoh :

Jika (C,i) = 25 m

Maka (C,i) = $\frac{1}{2} \times 1/1.000 \times \text{skala}$

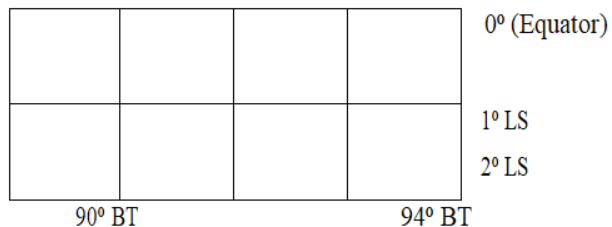
$25 \text{ m} = 1/2.000 \times \text{skala}$

$\text{Skala} = 25 : 1/2.000 = 25 \times 2.000 = 50.000$

Skala 1 : 50.000.

- d) Menghitung jarak pada meridian di peta tersebut

Contoh :



Panjang 1° latitude dekat equator adalah 68,7 mil = 110,56 km. Jika pada peta 1,9 cm (1°) di lapangan 110,56 km = 11.056.000 cm. Maka, 1 cm di peta = 5.818.947 cm di lapangan

Skala (dibulatkan) 1 : 5.800.000 (1: 5.818.947,36)

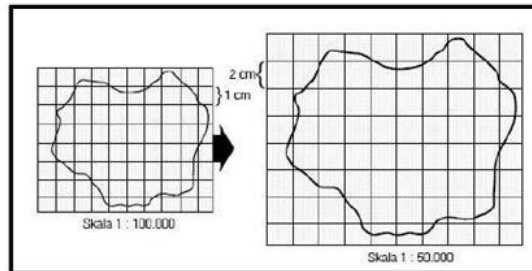
Selain itu skala peta juga dapat diperbesar atau diperkecil tergantung keperluannya. Untuk mengubah skala peta baik untuk memperbesar atau memperkecil, dapat dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut :

a) Dengan Sistem Grid Bujur Sangkar (Grid Square/Union Jack)

Sistem ini sering disebut sistem kotak-kotak, sering pula disebut Union Jack Method. Sistem grid bujur sangkar digunakan apabila detail dari sebuah peta tidak terlalu banyak. Misalnya suatu peta berskala 1 : 100.000 akan diubah menjadi skala 1 : 50.000 atau dengan kata lain skala peta diperbesar menjadi dua kali. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan adalah untuk mengubah skala peta dengan sistem ini adalah

- Membuat grid pada peta yang akan diperbesar
- Membuat grid yang lebih besar pada kertas yang akan digunakan untuk menggambar peta baru, dan pembesarnya sesuai dengan rencana pembesaran peta.

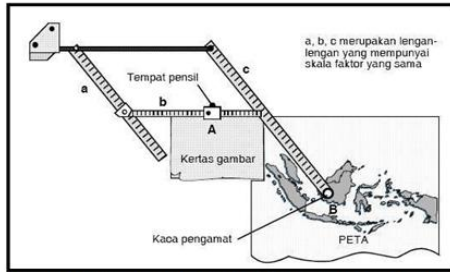
- Memindahkan garis peta sesuai dengan peta dasar ke peta baru.
- Mengubah skala, sesuai dengan rencana pembesaran peta. Contoh: Peta berskala 1 : 100.000 akan diperbesar sebanyak 2 kali, maka skala menjadi 1 : 50.000.



Gambar 5. Cara Memperbesar Peta Dengan Memperbesar Grid

- Dengan Alat Map O-graph
- Dengan Proses Fotografi
- Dengan Proses Fotocopy
- Dengan alat Pantograph

Pantograph adalah alat untuk memperbesar dan memperkecil peta. Dengan menggunakan pantograph, maka peta dapat di duplikasikan dan dapat diubah ukuran peta sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Pada dasarnya, kerja pantograph berdasarkan jajaran genjang. Tiga dari empat sisi jajaran genjang (a, b dan c) mempunyai skala faktor yang sama. Skala pada ketiga sisi tersebut dapat diubah-ubah



Gambar 6. Alat Pantograph (memperbesar atau memperkecil peta).

Soal Latihan

1. Jelaskan pengertian skala peta dan jenis – jenis penggunaannya ?
2. Jelaskan fungsi dan tujuan penggunaan skala peta ?
3. Jelaskan hubungan antara skala peta dengan ketelitian/ detail unsur yang disajikan dalam suatu peta ?
4. Jelaskan 3 (tiga) cara yang dapat dilakukan untuk mengubah skala peta (memperbesar/ memperkecil) ?
5. Jelaskan hal apa yang harus dilakukan apabila menemukan sebuah peta tanpa skala ?



BAB 4

DASAR - DASAR PEMETAAN

1. Kompetensi dan Indikator Pencapaian

Kompetensi

Kompetensi pada bab ini diharapkan mahasiswa mampu menjadi calon perencana dan perancang yang memakai peta, bukan menjadi calon ahli pembuat peta. Untuk itu mahasiswa harus mampu menjelaskan dasar-dasar survey dan pemetaan, ruang lingkup proses pemetaan khususnya untuk bidang perkebunan, serta memiliki dasar pengetahuan yang baik dalam menelusuri pembahasan mengenai survey dan pemetaan yang akan dibahas pada bab selanjutnya.

2. Gambaran Umum Materi

Pemahaman tentang dasar-dasar pemetaan ini meliputi seluruh proses pemetaan mulai dari pengambilan data, pengolahan data dari lapangan, maupun penyajian datanya. Dengan hasil pengukuran dan pemetaan yang baik akan didapatkan hasil perencanaan yang baik pula.

3. Relevansi Bab dengan Kegunaan Bagi Mahasiswa

Bab ini merupakan dasar pemahaman tentang proses pemetaan dilapangan. Pemetaan sangat penting dipahami dan dimengerti, karena pekerjaan pemetaan ini merupakan dasar dalam hal tata cara penentuan batas lahan maupun

pemetaan pembangunan lainnya. Bab ini menyajikan teknologi pengukuran dan pemetaan yang mudah dipahami, sehingga akan dapat digunakan mahasiswa maupun masyarakat dalam hal perencanaan/pembangunan lahan.

4. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mempelajari bab ini mahasiswa diharapkan mampu memahami dan menjelaskan tentang masalah pengukuran dan pemetaan secara utuh, ruang lingkup dan dasar-dasar proses pemetaan serta kendala yang ada didalamnya, memperluas wawasan mahasiswa mengenai teknik pengukuran dan pemetaan lahan, serta dapat mendorong mahasiswa sebagai calon pemakai peta yang handal.

5. Materi

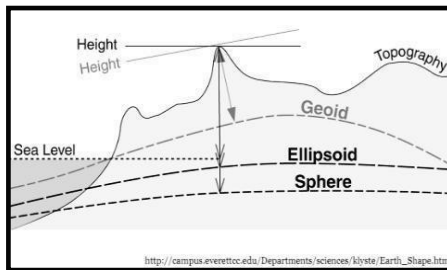
Peta adalah gambaran dari sebagian permukaan bumi atau keseluruhan permukaan bumi pada bidang datar dengan skala dan sistem proyeksi tertentu. Perbedaan permukaan bumi dan peta dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 2. Perbedaan Permukaan Bumi dan Peta

Permukaan Bumi	P e t a
Bidang	Bidang datar
Bidang tidak beraturan	Bidang beraturan
Bidang yang luas	Bidang dengan luas terbatas
Bentuk dan luas dipengaruhi proses alamiah	Bentuk dan luas tetap

Untuk memindahkan keadaan permukaan bumi ke dalam peta diperlukan bidang perantara, yaitu:

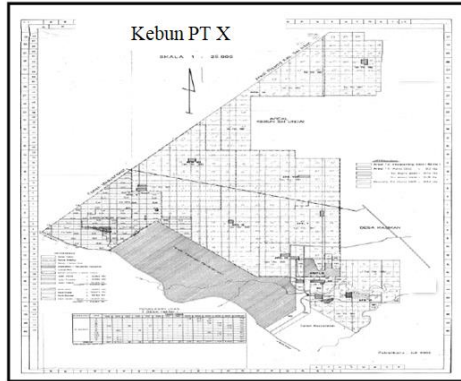
- ❖ Bidang elipsoid, untuk luas area $\geq 55.000 \text{ km}^2$.
- ❖ Bidang bulatan, untuk luas dengan ukuran terbesar $\leq 100 \text{ km}$.
- ❖ Bidang datar, untuk luas dengan ukuran terbesar $\leq 55 \text{ km}$.



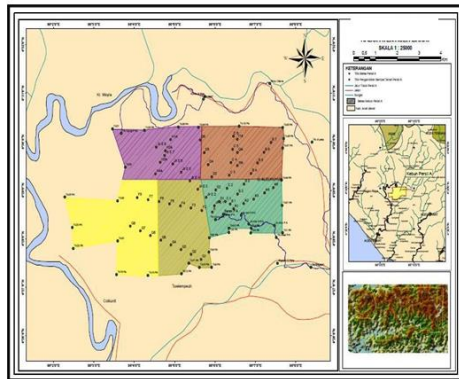
Gambar 7. Bentuk Permukaan Bumi

Peta dapat disajikan dalam berbagai cara yang berbeda, mulai dari peta konvensional yang tercetak hingga peta digital yang tampil di layar komputer. Istilah peta berasal dari bahasa Yunani mappa yang berarti taplak atau kain penutup meja. Namun secara umum pengertian peta adalah lembaran seluruh atau sebagian permukaan bumi pada bidang datar yang diperkecil dengan menggunakan skala tertentu. Sebuah peta adalah representasi dua dimensi dari suatu ruang tiga dimensi. Ilmu yang mempelajari pembuatan peta disebut kartografi dan orang yang ahli dalam bidang peta dan pemetaan disebut kartograf. Sedangkan kumpulan dari beberapa peta disebut atlas.

Contoh :



(a)

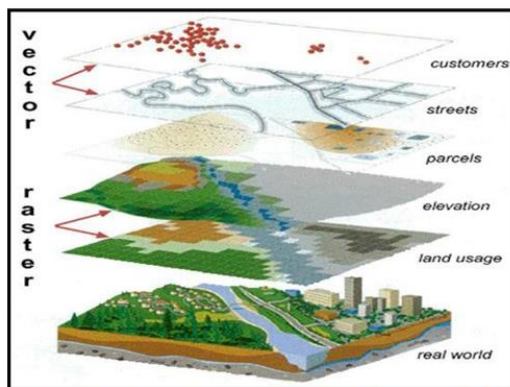


(b)

Gambar 8. Contoh Peta Kebun X (a), Peta, Skala dan Legenda Peta (b)

Menurut Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal) (2005), peta merupakan wahana bagi penyimpanan dan penyajian data kondisi lingkungan, merupakan sumber informasi bagi para perencana dan pengambilan keputusan pada tahapan pada tingkatan pembangunan. Dengan demikian, sebuah peta memuat berbagai informasi yang dibutuhkan untuk memahami kondisi suatu

hamparan yang disajikan dalam peta. Peta pada awalnya memuat informasi terbatas semaksimal mungkin yang dapat digambar atau disajikan secara manual pada hamparan yang disajikan dalam peta. Namun seiring berkembangnya teknik pembuatan peta, maka dengan digitalisasi dikenal peta digital yang merupakan gabungan dari beberapa layer peta. Masing-masing layer memuat satu informasi penting sehingga apabila kita ingin melihat layer per layer, maka dapat dilakukan pada peta digital tersebut. Dibawah ini disajikan model pembentukan peta digital;



Gambar 9. Model Pembentukan Peta Digital (*Layer Per Layer*)

Sumber data pembentukan peta juga semakin beragam. Dari hasil perekaman data pengukuran lapangan dengan menggunakan alat ukur tanah, hingga pengambilan gambar menggunakan satelit dan radar. Pembuatan peta pada umumnya bertujuan untuk :

- ❖ Menunjukkan lokasi pada permukaan bumi;
- ❖ Menggambarkan luas dan bentuk berbagai gejala, baik gejala alamiah maupun gejala insaniah;
- ❖ Menentukan arah serta jarak suatu tempat;
- ❖ Menunjukkan ketinggian atau kemiringan suatu tempat;
- ❖ Menyajikan persebaran sifat-sifat alami dan nonalami;
- ❖ Melukiskan luas dan pola;
- ❖ Memungkinkan pengambilan kesimpulan dari data atau informasi yang tersaji;
- ❖ Memperlihatkan gerak perubahan dan prediksi dari pertukaran barang-barang persebaran aktivitas industri, arus produksi, mobilitas manusia, dan sebagainya.

A. Berdasarkan sumber datanya, peta terbagi atas :

- 1) Peta Induk (Basic Map); dihasilkan dari survey langsung di lapangan dan dilakukan secara sistematis dengan aturan yang sudah baku. Peta induk dapat digunakan sebagai peta dasar (acuan) untuk kerangka geometris peta lainnya. Peta dasar inilah yang dijadikan sebagai acuan dalam pembuatan peta-peta lainnya.
- 2) Peta Turunan (Derived Map); peta yang dibuat berdasarkan acuan peta yang sudah ada, sehingga tidak diperlukan survey langsung ke

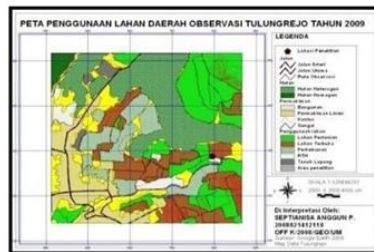
lapangan. Peta turunan ini tidak bisa digunakan sebagai peta dasar.

B. Berdasarkan jenis datanya/maksud dan tujuannya, peta terbagi atas :



Gambar 10. Peta Topografi

- 1) Peta Topografi; menggambarkan semua unsur topografi di permukaan bumi, baik unsur alam (sungai, danau, hutan, gunung, garis pantai, dan sebagainya) maupun unsur buatan manusia (jalan, jembatan, permukiman, dan sebagainya), serta keadaan relief permukaan bumi.



Gambar 11. Peta Tematik

- 2) Peta Tematik; menyajikan data dengan tema tertentu baik kuantitatif maupun kualitatif dalam hubungannya dengan detail topografi yang spesifik. Contoh peta tematik yaitu, peta

geologi, peta anomali gaya berat, peta tata guna lahan, dan lain-lain.

C. Berdasarkan skalanya, peta terbagi atas :

1) Peta Kadaster; yaitu peta yang memiliki skala antara (1:100 - 1:5.000). Contoh: Peta hak milik tanah.

2) Peta Skala Besar; yaitu peta yang memiliki skala antara (1:5.000 - 1:250.000), dapat menyajikan data topografi secara rinci.

Contoh: Peta topografi

Peta Skala Sedang; yaitu peta yang memiliki skala antara (1:250.000 - 1:500.000), dapat menyajikan gambar dalam ukuran semi rinci (ada pengelompokkan data yang sejenis).

Contoh: Peta Kabupaten per Provinsi

3. Peta Skala Kecil; yaitu peta yang memiliki skala antara (1:500.000 - 1:1.000.000), dapat menyajikan data dalam ukuran kecil dan sudah disederhanakan. Contoh: Peta Provinsi Indonesia.

4. Peta geografi, yaitu peta yang memiliki skala lebih kecil dari 1 : 1.000.000. Contoh: Peta Indonesia dan Peta Dunia.

D. Berdasarkan cara penyajiannya:

1) Peta Garis; peta yang menyajikan data alam dan kenampakan buatan manusia dalam bentuk titik, garis, dan luasan yang dilengkapi teks dan simbol sebagai tambahan informasi.

- 2) Peta Foto/Citra; peta yang dihasilkan dari mozaik foto udara/citra yang merupakan informasi yang berasal dari sensor yang dilengkapi dengan garis kontur, nama, dan legenda, dimana objek-objek yang ada di permukaan bumi ditampilkan dalam bentuk foto/citra yang memiliki nilai kecerahan tertentu.



Gambar 12. Peta Foto/Citra

- 3) Peta Datar (Peta Dua Dimensi)/Peta Biasa/Peta Planimetri; yaitu peta yang berbentuk datar dan pembuatannya pada bidang datar seperti kain. Peta ini digambarkan menggunakan perbedaan warna atau simbol dan lainnya.
- 4) Peta Timbul (Peta Tiga Dimensi/Peta Stereometri); yaitu peta yang dibuat hampir sama dan bahkan sama dengan keadaan sebenarnya di muka bumi. Pembuatan peta timbul dengan menggunakan bayangan 3 dimensi sehingga bentuk-bentuk muka bumi tampak seperti aslinya. Misalnya peta relief.

- 5) Peta Digital; merupakan peta hasil pengolahan data digital yang tersimpan dalam komputer. Peta ini dapat disimpan dalam disket atau CD-ROM. Contoh : citra satelit, foto udara.
- E. Berdasarkan isi data yang disajikan, dikenal berbagai macam peta antara lain:
- a) Peta Umum; yakni peta yang menggambarkan kenampakan bumi, baik fenomena alam atau budaya. Peta umum dibagi menjadi 3 jenis, yaitu :
- Peta Topografi; yaitu peta yang menggambarkan permukaan bumi lengkap dengan reliefnya. Penggambaran relief permukaan bumi ke dalam peta digambar dalam bentuk garis kontur.
 - Peta Kartografi yaitu peta yang menggambarkan seluruh atau sebagian permukaan bumi yang bersifat umum, dan biasanya berskala sedang. Contoh peta kartografi adalah atlas.
 - Peta Dunia atau Geografi yaitu peta umum yang berskala sangat kecil dengan cakupan wilayah yang sangat luas.
- b) Peta Khusus (Peta Tematik); yaitu peta yang menggambarkan informasi dengan tema tertentu/khusus. Misalnya : peta politik, peta penggunaan lahan, peta persebaran objek wisata, peta kepadatan penduduk, dan sebagainya seperti :

- Peta Hidrografi; peta yang memuat informasi tentang keadaan dasar lautan, kedalaman air serta keterangan-keterangan lain yang diperlukan untuk pelayaran (navigasi).
- Peta Geologi; peta yang memuat informasi tentang keadaan geologis suatu daerah, bahan-bahan yang membentuk lapisan tanah dan lain-lain.
- Peta Kadaster; peta yang memuat informasi mengenai batas-batas pemilikan tanah, kelas tanah dan lain-lain.
- Peta Irigasi; peta yang memuat informasi jaringan irigasi di suatu wilayah pengairan, baik saluran-saluran pembawa maupun saluran pembuang, bangunan irigasi dan lain-lain.
- Peta Jalan; peta yang memuat informasi jaringan jalan di suatu wilayah untuk keperluan transportasi/perhubungan.
- Peta Kota; peta yang memuat jaringan jalan, lokasi gedung, perumahan, dan lain-lain



Gambar 13. Contoh Peta Khusus (Peta Tematik)

F. Menurut skalanya, peta dikelompokkan ke dalam :

- 1) Peta Teknis; peta yang memuat informasi umum tentang keadaan permukaan bumi yang mencakup wilayah yang tidak luas. Peta teknis digunakan untuk merencanakan dan melaksanakan pekerjaan-pekerjaan teknik sipil antara lain konstruksi gedung, jalan raya, jalan kereta api, jembatan, irigasi, dan lain-lain. Besar kecilnya skala disesuaikan dengan besar kecilnya pekerjaan, umumnya dibuat dengan skala 1: 10000 atau lebih besar.
- 2) Peta Topografi; peta yang memuat informasi umum tentang keadaan permukaan bumi di dalam wilayah yang luas, misalnya wilayah suatu negara. Peta ini dikenal sebagai peta dasar yang digunakan sebagai sarana perencanaan umum untuk suatu pekerjaan perencanaan pengembangan suatu wilayah yang cakupannya sangat luas. Peta topografi umumnya dibuat berwarna dengan skala antara 1:10000 sampai 1:100000. Peta topografi di Indonesia dibagi menjadi wilayah-wilayah berukuran 20' x 20' yang dinamakan bagian derajat (36 km x 36 km).
- 3) Peta Geografi; peta ini merupakan peta ikhtisar dibuat berwarna dengan skala lebih kecil dari 1: 100000. Contoh, atlas, peta dinding.

Peta-peta diatas merupakan tipe peta yang memberikan gambaran umum keadaan suatu area tertentu pada permukaan bumi. Disamping tipe peta tersebut terdapat macam-macam peta khusus seperti peta cuaca, peta kependudukan, peta distribusi barang, dan lain-lain. Dalam ilmu ukur tanah, survey dan pemetaan memegang peranan yang tidak kecil yaitu memindahkan sebagian atau seluruh bentuk muka bumi yang diperlukan kedalam lembar kertas yang dinamakan peta, dan proses keseluruhannya disebut pemetaan.

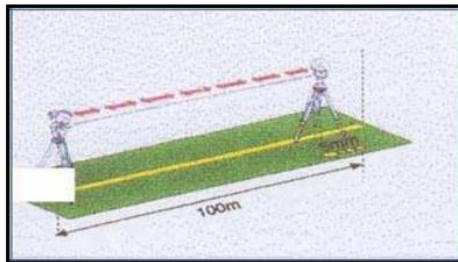
Sebagaimana diketahui bahwa bentuk muka bumi ini memiliki bentuk permukaan yang tidak stabil atau selalu berubah-ubah, salah satu penyebabnya adalah ulah manusia yang turut mempengaruhi penyimpangan yang terdapat pada peta-peta sebelumnya, misalnya dengan mendirikan proyek-proyek raksasa. Dimana hal ini dapat merubah volume serta massa bahkan fisik bumi itu sendiri. Sebaiknya dalam pemakaian suatu peta perlu selalu diperhatikan secara serius penyebab penyimpangan tersebut, dan selalu melakukan perbaikan (revisi) peta secara berkala. Ada 4 (empat) tahapan yang merupakan dasar – dasar pemetaan dalam proses pembuatan suatu peta, yaitu :

1) Tahap Survey dan Pemetaan

Pada dasarnya kegiatan survey dan pemetaan terdiri atas 3 (tiga) bagian besar, yaitu ;

- a) Pengukuran Kerangka Dasar Vertikal (KDV); pengukuran-pengukuran tegak, guna mendapat hubungan tegak antara titik-titik yang diukur
- b) Pengukuran Kerangka Dasar Horizontal (KDH); pengukuran yang mendatar untuk mendapat hubungan titik-titik yang diukur diatas permukaan bumi
- c) Pengukuran Titik-titik Detail

Dalam perencanaan pemetaan, pematokan/pengukuran titik-titik detail menjadi sangat penting. Karena untuk memindahkan titik-titik yang ada pada peta perencanaan, dalam pelaksanaannya pekerjaan ini dibuat dengan pematokan/stacking out. Atau dengan kata lain, bahwa pematokan merupakan kebalikan dari pemetaan.



Gambar 14. *Stacking Out*

Secara umum, lingkup tugas surveyor dapat dibagi menjadi 5 (lima) bagian yaitu :

- a) Analisis penelitian dan pengambilan keputusan; meliputi pemilihan metode pengukuran, prosedur, peralatan, dan sebagainya.
- b) Pekerjaan lapangan atau pengumpulan data; melaksanakan pengukuran dan mencatat data di lapangan
- c) Menghitung dan pemrosesan data; melaksanakan hitungan berdasarkan data yang diperoleh
- d) Penyajian data atau pemetaan; menggambarkan hasil-hasil ukuran dan hitungan untuk menghasilkan peta, gambar rencana, dan sebagainya.
- e) Pemancangan/pematokan; untuk menentukan batas-batas atau pedoman dalam pelaksanaan pekerjaan.

2) Tahap Pengambilan Data

Pada tahap ini terdapat 3 (tiga) faktor yang paling dominan dan akan mempengaruhi ketelitian hasil ukur, yaitu ; (1) kestabilan peralatan ukur, (2) keterampilan pengukur/surveyor, dan (3) keadaan alam pada saat pengukuran berlangsung.

Alat ukur seyogyanya memang sudah dibuat oleh para teknisi sebaik mungkin, namun sejak

alat tersebut keluar dari pabrik, maka berbagai kondisi dapat merubah ketelitian alat tersebut seperti ; benturan, suhu, tekanan dan kelembaban udara. Sehingga setiap alat ukur yang akan digunakan dilapangan sebaiknya dikalibrasi terlebih dahulu, agar hasil ukurnya dapat digunakan bagi pemrosesan selanjutnya. Begitu pula dengan kondisi si pengukur yang memiliki kecenderungan alamiah dalam setiap gerakannya, yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran. Sedangkan keadaan alam yang paling berpengaruh pada pengukuran adalah suhu, tekanan, dan kelembaban udara. Biasanya hal ini kita kenal dengan istilah efek pemuaian ataupun efek melengkungnya sinar yang masuk kedalam teropong sejak mulai dari target yang dibidik (refraksi).

3) Tahap Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data hasil pengukuran juga terdapat 3 (tiga) butir masalah yang perlu mendapat perhatian serius seperti ; (1) reduksi hasil ukuran terdapat penyimpangan yang terjadi selama tahap pengukuran, (2) proses hitungan yang menyangkut permukaan yang tidak tentu (permukaan dengan model matematis yang rumit), dan (3) pemilihan jenis analisa hasil pengukuran tersebut.

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang teliti, tanpa mendapatkan reduksi atau koreksi sebagaimana mestinya, maka sangat perlu diperhatikan dengan serius data-data mengenai faktor penyebab terjadinya penyimpangan dalam pengukuran. Sehingga akan didapatkan data bersih yang dapat digunakan bagi perhitungan selanjutnya.

Pada hakekatnya pengukuran yang dilakukan diatas suatu titik hanyalah berorientasi pada gaya berat dititik yang bersangkutan saja. Maksudnya adalah baik orientasi horizontal (bidang datar) maupun vertikal yang didefinisikan oleh gelembung nivo dititik tersebut tidaklah sama dengan dititik lainnya. Hal ini disebabkan karena untuk membuat bidang horizon dititik tersebut, pengukur mendapat bantuan dari satu atau lebih nivo. Penempatan gelembung nivo inilah yang erat kaitannya dengan gaya berat dititik yang bersangkutan.

4) Tahap Penyajian Data

Setelah seluruh data bersih yang didapatkan diolah sesuai dengan aturan yang berlaku, maka pada tahap penggambaran ini juga terdapat 3 (tiga) hal yang harus diperhatikan, yaitu ; (1) distorsi pada sistem proyeksi, (2) skala peta, dan (3) simbol yang berlaku umum. Masalah distorsi peta umumnya terjadi apabila bidang referensi

hitungannya bukan bidang datar, atau dengan kata lain luas daerah pemetaan cukup besar. Umumnya untuk pemetaan yang menggunakan metode ilmu ukur tanah dapat dipilih bidang datar sebagai referensi tempat berhitung.

Pemilihan dan pemakaian skala peta yang bagaimanapun akan selalu melibatkan pemotongan angka (truncation error) dan kesalahan pembulatan (rounding error). Hal inilah yang selalu menjadi sandungan bagi para pemakai peta dalam merencanakan pekerjaan yang dilakukannya diatas peta tersebut. Kesalahan ini sangat mudah terjadi, apabila diingat bahwa peta perencanaan umumnya memakai skala 1:1000, sedangkan ketebalan pena gambar yang paling kecil adalah 0,1 mm. Hal ini berarti, untuk setiap titik memungkinkan terjadinya kesalahan sebesar 10 cm diatas permukaan tanah. Sehingga harus dimaklumi, bahwa pemakaian peta dengan skala yang semakin kecil maka akan semakin mengundang kesalahan.

Pemilihan simbol yang akan digunakan dalam penyajian peta terdiri atas 2 (dua) jenis yaitu, simbol kualitatif yang menyatakan bentuk sesuai (sesuai dengan bentuk aslinya), dan simbol kuantitatif yang menyatakan sesuatu dalam bilangan dan huruf. Pemetaan pada daerah yang tidak luas $\pm 20' \times 20'$ atau setara dengan (37 x 37

km), maka permukaan bumi yang lengkung dapat dianggap datar, sehingga data ukuran di muka bumi sama dengan data di permukaan peta. Tetapi apabila pemetaan mencakup kawasan yang lebih luas, maka harus diperhitungkan faktor kelengkungan bumi. Jadi, data harus “dipindahkan” terlebih dahulu ke bidang datum dan selanjutnya “dipindahkan” ke bidang proyeksi peta.

Supaya peta mudah dibaca, maka pada peta digunakan simbol-simbol yang diberi warna. Daftar simbol dan keterangannya ini dinamakan Legenda Peta. Umumnya simbol-simbol yang digunakan dalam peta antara lain :

- ❖ Jalan raya, jalan kereta api, jalan setapak
- ❖ Sungai, saluran irigasi, selokan
- ❖ Laut, danau
- ❖ Sawah, ladang, padang rumput, padang alang-alang
- ❖ Bangunan misalnya jembatan, gorong-gorong
- ❖ Macam-macam tanaman, misalnya perkebunan teh, kopi, kelapa sawit, karet, dan lain-lain
- ❖ Dan lain - lain

Warna-warna yang digunakan untuk membedakan setiap keterangan, misalnya :

- ❖ Kampung, kota ; kampung diberi warna hijau, kota diberi warna merah
- ❖ Sungai, danau dan laut diberi warna biru

- ❖ □Garis-garis kontur diberi warna coklat
- ❖ □Dan lain - lain

Disamping adanya simbol-simbol dan skala peta, pada peta harus digambarkan pula garis yang menunjukkan arah utara. Garis tersebut merupakan orientasi dari peta. Didalam pemetaan dikenal 3 (tiga) macam arah utara, yaitu :

- 1) Utara peta didasarkan kepada arah utara geografi dititik awal.titik nol sistem proyeksi peta (sistem umum)
- 2) Utara peta didasarkan kepada arah utara geografi disatu titik kerangka dasar tertentu (sistem setempat)
- 3) Utara peta didasarkan kepada arah utara magnet disatu titik kerangka dasar tertentu (sistem setempat)

Karena kutub utara geografi dan kutub utara magnet tidak berhimpit, maka arah utara magnet menyimpang dari garis (arah) yang lurus terhadap arah utara geografi. Besar penyimpangan kedua arah tersebut disebut Deklinasi Magnet.

Soal Latihan

1. Jelaskan yang dimaksud dengan peta umum dan peta tematik serta jenis - jenisnya ?
2. Jelaskan tujuan pembuatan peta ?

3. Jelaskan 4 (empat) tahap dalam proses pemetaan ?
4. Jelaskan 3 (tiga) macam arah utara yang biasa dipakai dalam pemetaan ?
5. Sebutkan pengertian dari istilah berikut ini :
 - a) Atlas
 - b) Kartografi
 - c) Peta dan pemetaan
 - d) Surveyor
 - e) Legenda peta

BAB 5

PENGGUNAAN INSTRUMEN/ALAT UKUR TANAH



1. Kompetensi dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi pada bab ini diharapkan mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan macam-macam alat/instrumen ukur tanah serta cara penggunaannya dalam proses desain pembuatan sebuah peta areal perkebunan.

2. Gambaran Umum Materi

Pemahaman tentang penggunaan alat/instrumen ukur tanah ini meliputi jenis- jenis alat/instrumen ukur tanah serta fungsi dan cara penggunaannya yang berupa alat ukur langsung, alat ukur tidak langsung, dan alat pendukung dalam proses pembuatan sebuah peta. Dengan mengetahui peralatan/instrumen yang akan digunakan nantinya, maka akan didapatkan hasil pengukuran yang baik, sehingga peta yang dihasilkan pun sempurna.

3. Relevansi Bab dengan Kegunaan Bagi Mahasiswa

Bab ini merupakan dasar pengetahuan tentang proses pembuatan peta dilapangan. Karena dengan memahami dan mengetahui semua jenis instrumen ukur tanah yang digunakan dilapangan, maka mahasiswa akan mampu merencanakan/merancang suatu kebutuhan peta untuk bidang perkebunan khususnya pemetaan areal perkebunan kelapa sawit dan karet.

4. Tujuan Instruksional Khusus

1. Mahasiswa dapat mengetahui jenis-jenis alat ukur tanah yang digunakan dilapangan.
2. Mahasiswa mampu mengenali dan menyebutkan bagian-bagian instrumen dalam ilmu ukur tanah, dan memahami fungsinya masing-masing.
3. Mahasiswa mampu mengatur atau menyetel alat theodolit dan centring alat di atas patok dengan benar

5. Materi

Di dalam ukur tanah, peralatan yang digunakan dapat dikelompokkan menjadi dua kategori yaitu peralatan untuk pengukuran horizontal dan pengukuran vertikal. Di dalam bab ini akan dibahas secara umum mengenai alat ukur theodolit dan alat penyipat datar (waterpass). Juga diperlihatkan alat-alat lainnya yang juga sebagai alat pendukung yang sering digunakan untuk membantu pengukuran sudut dan jarak, antara lain :

A. Alat Pengukuran Langsung

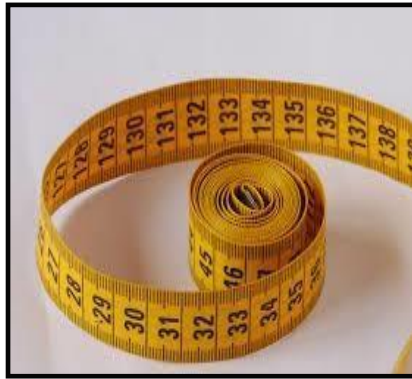
a) Pita Ukur (Tape)

Alat ukur ini sering digunakan untuk melakukan pengukuran jarak pendek dan pada bidang datar. Beberapa jenis pita ukur yang sering digunakan, antara lain :

a) Pita Ukur Kain

Alat ukur ini terbuat dari kain yang kuat dan diberi garis pada permukaan untuk

menyatakan satuan jarak. Alat ukur ini panjangnya 1 meter dan jarak antar garis adalah 1 dm dan 1 cm. Dimensi alat ukur ini biasanya 1 meter, 2 meter, dan 5 meter. Kelemahan pita ukur ini adalah mudah memanjang apabila sering ditarik, sehingga semakin lama akurasinya akan menurun.



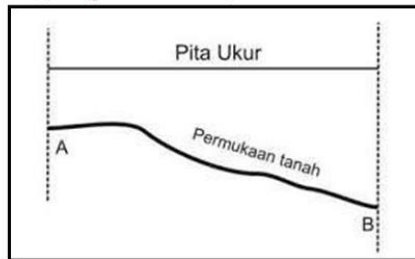
Gambar 15. Pita Ukur Kain

Cara pemakaian pita ukur kain ini sebagai berikut :

- ❖ Tentukan 2 buah titik yang akan diukur jaraknya, misalkan titik A dan titik B.
- ❖ Rentangkan pita ukur sampai tegang diantara kedua titik, dan usahakan agar angka 0 pada pita ukur berada tepat di atas patok titik A.
- ❖ Agar ketinggian titik A dan B sama, maka letakkan waterpass ditengah. Untuk mendapatkan bidang datar antara titik A dan B, geser ketinggian

titik B sampai air raksa dalam waterpass berada di tengah.

- ❖ Lalu catatlah angka pada pita ukur yang menyatakan jarak antara titik A dan B. Angka tersebut menyatakan jarak datar antara titik A dan titik B.
- ❖ Apabila pengukuran akan dilakukan pada bidang yang tidak datar, maka pengukuran harus dilakukan dengan pita ukur tetap pada posisi datar (lihat gambar berikut).



Gambar 16. Penggunaan Pita Ukur Kain Pada Bidang Miring

b) Pita Ukur Fiber

Pita ukur ini terbuat dari serat rami dan serat katun, dan ada juga yang terbuat dari campuran serat gelas dan serat kimia. Pita ukur ini sangat fleksibel dan ringan. Permukaan pita ini diberi lapisan cat dan pada cat ini diberi tanda jarak antar graduasi. Pita ini biasanya digulung untuk memudahkan pemakaian dan penyimpanan. Dimensi pita ukur biasanya 10 meter, 20 meter, 30 meter dan 50 meter. Alat ukur ini juga mudah memanjang dan menyusut oleh panas, maupun

oleh seringnya ditarik. Kelemahan lain dari pita ukur ini adalah lapisan cat pada permukaan pita ukur ini mudah mengelupas, sehingga angka jarak pada pita tidak dapat terbaca.



Gambar 17. Pita Ukur Fiber

Cara pemakaian pita ukur ini sama dengan pemakaian alat ukur kain. Beberapa kesalahan dalam pengukuran dengan pita ukur ini adalah :

- Alat ukur akan bertambah panjang karena sering ditarik-tarik sehingga akurasi menurun
- Saat pengukuran, pita ukur melengkung di tengah sehingga jarak yang terukur bukan yang sebenarnya
- Salah membaca angka pada pita ukur yang berimpit dengan titik yang diukur jaraknya.
- Pita ukur sudah mengelupas sehingga angka dalam graduasi tidak jelas lagi.

- Saat pengukuran, pita ukur tidak pada posisi datar (tidak digunakan waterpass), sehingga yang terukur bukan jarak datar tetapi jarak miring.

c) Pita Ukur Baja

Alat ukur ini terbuat dari lempengan baja karbon atau baja anti karat yang tipis dan permukaannya dilapisi dengan cat. Di atas cat ditulis tanda jarak atau graduasi. Pita ukur ini relatif tahan dan tidak memanjang karena sering ditarik.



Gambar 18. Pita Ukur Baja

Ada kemungkinan pita ukur ini akan memuai apabila sering terjemur di bawah sinar matahari. Toleransi pengukuran dengan pita ukur ini adalah 1 mm untuk rentangan 5 meter, dan 10 mm untuk rentangan 50 meter. Sebelum pemakaian alat di lapangan, biasanya dilakukan kalibrasi, agar koreksi kesalahan dapat dilakukan dengan cara membandingkannya dengan angka kalibrasi seperti rumus berikut :

$$\square\square_1 = \frac{(\square - \square\square)\square}{\square.\square}$$

dimana ; dl_1 = Koreksi panjang (cm)
 l = Panjang pada tegangan 10 kg
 W = Tegangan dalam penggunaan
 A = Luas penampang pita (cm^2)
 E = Konstanta elastik ($2,1 \times 10^6$ kg/ cm^2)

Bila pelaksanaan pengukuran berbeda temperatur dengan temperatur standar, maka dilakukan koreksi karena pengaruh temperatur dengan rumus berikut :

$$dl_2 = \alpha (t - t_0) l$$

dimana ; dl_2 = Koreksi panjang oleh temperatur (cm)

t_0 = Temperatur standar

t = Temperatur saat pengukuran l = Jarak ukur

α = Koefisien perpanjangan linier pita baja ($12 \times 10^{-6}/^{\circ}C$) Cara penggunaan pita ukur baja sama dengan pita ukur kain dan pita ukur fiber.

d) Odometer

Alat ukur ini terdiri dari roda kecil yang sudah ditentukan diameternya. Diameter roda $\pm 0,1$ m dan panjang lingkaran luar roda adalah 0,314 meter. Akurasi pengukuran $\pm 99\%$. Kecepatan maksimum saat pengukuran jarak adalah 13 km/jam. Hasil pengukuran dapat dilihat dalam bentuk manual atau digital. Panjang tangkai antara 520 mm 1.100 mm. Alat ini baik digunakan pada areal yang relatif rata dan permukaan halus (tidak ada batu-batu dalam lintasan). Cara pemakaian odometer yaitu : (1) lihatlah angka pada layar LCD atau diatur pada posisi 0 pada titik awal berangkat (titik A); (2) kemudian alat

didorong dengan kecepatan normal sampai pada titik B; (3) angka yang tertera pada LCD lalu dicatat, dimana angka itu menunjukkan jarak antara titik A dan B.



Gambar 19. Odometer

A. Alat Pengukuran Tidak Langsung

1) Waterpass (Penyipat Datar)

Waterpass adalah alat ukur menyipat datar dengan teropong yang dilengkapi dengan nivo dan sumbu mekanis tegak sehingga teropong dapat berputar ke arah horizontal. Cara mengoperasikan alat ukur Waterpass adalah sebagai berikut :

1) Memasang alat di atas kaki tiga/tripod

Alat ukur waterpass tergolong kedalam Tripod Levels, yaitu dalam penggunaannya harus terpasang diatas kaki tiga. Oleh karena itu kegiatan pertama yang harus dikuasai adalah memasang alat ini pada kaki tiga atau tripod. Pekerjaan ini jangan dianggap sepele, jangan hanya dianggap sekedar menyambungkan

skrup yang ada di kaki tiga ke lubang yang ada di alat ukur, tetapi dalam pemasangan ini harus diperhatikan juga hal-hal antara lain ;

- a. Kedudukan dasar alat waterpass dengan dasar kepala tripod harus pas, sehingga waterpass terpasang di tengah kepala tripod.
- b. Kepala tripod umumnya berbentuk menyerupai segi tiga, oleh karena itu sebaiknya tiga skrup pendatar yang ada di alat ukur tepat di bentuk segi tiga tersebut.
- c. Pemasangan skrup di kepala tripod pada lubang harus cukup kuat agar tidak mudah bergeser, apalagi sampai lepas skrup penghubung tripod maka alat juga akan terlepas.

2) Mendirikan alat (Set up)

Mendirikan alat adalah memasang alat ukur yang sudah terpasang pada tripod tepat diatas titik pengukuran dan siap untuk dibidikkan, yaitu sudah memenuhi persyaratan berikut ;

- a. Sumbu satu sudah dalam keadaan tegak, yang diperlihatkan oleh kedudukan gelembung nivo kotak ada di tengah
- b. Garis bidik sejajar garis nivo, yang ditunjukkan oleh kedudukan gelembung nivo tabung ada di tengah atau nivo U membentuk huruf U.

3) Membidikan alat

Membidikan alat adalah kegiatan yang dimulai dengan mengarahkan teropong ke sasaran yang akan dibidik, memfokuskan diafragma agar terlihat dengan jelas, memfokuskan bidikan agar objek yang dibidik terlihat jelas dan terakhir menepatkan benang diafragma tegak dan diafragma mendatar tepat pada sasaran yang diinginkan

4) Membaca hasil pembidikan

Ada 2 hasil pembidikan yang dapat dibaca, yaitu ;

a. Pembacaan benang atau pembacaan rambu

Pembacaan benang atau pembacaan rambu adalah bacaan angka pada rambu ukur yang dibidik yang tepat dengan benang diafragma mendatar dan benang stadia atas dan bawah. Bacaan yang tepat dengan benang diafragma mendatar biasa disebut dengan **Bacaan Tengah (BT)**, sedangkan yang tepat dengan benang stadia atas disebut **Bacaan Atas (BA)** dan yang tepat dengan benang stadia bawah disebut **Bacaan Bawah (BB)**. Karena jarak antara benang diafragma mendatar ke benang stadia atas dan bawah sama, maka :

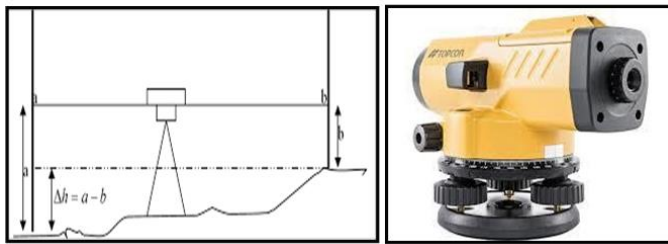
$$BA - BT = BT - BB \text{ atau } BT = \frac{1}{2} (BA - BB)$$

Persamaan ini biasa digunakan untuk mengecek benar atau salahnya pembacaan.

Kegunaan pembacaan benang ini adalah :

- Bacaan benang tengah digunakan dalam penentuan beda tinggi antara tempat berdiri alat dengan tempat rambu ukur yang dibidik atau diantara rambu-rambu ukur yang dibidik.
 - Bacaan benang atas dan bawah digunakan dalam penentuan jarak antara tempat berdiri alat dengan tempat rambu ukur yang dibidik.
- b. Pembacaan sudut

Waterpass seringkali juga dilengkapi dengan lingkaran mendatar berskala, sehingga dapat digunakan untuk mengukur sudut mendatar atau sudut horizontal.



(a) (b)
Gambar 20. Pengukuran Bidang Datar Dengan Menggunakan *Waterpass* (a);
Waterpass/Penyipat Datar (b)

Contoh :

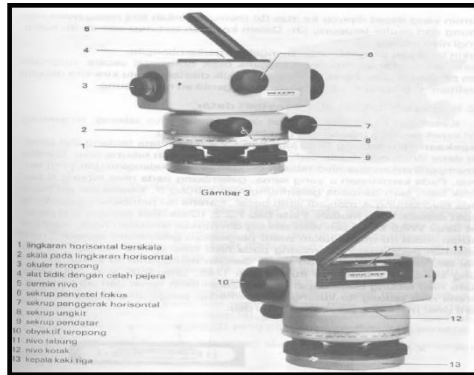
Jarak antara titik A dengan alat = $(b_a - b_b) \times 100$ meter

Mis : Pembacaan benang atas (b_a) = 2,10

Pembacaan benang bawah (b_b) = 1,40

Jarak ukur alat ke titik A = $(2,1 - 1,4) \times 100 = 70$ meter

Beda tinggi = (benang tengah A - benang tengah B) x 100 meter



Gambar 21. Bagian-bagian Alat Penyipat Datar/Waterpass

Bagian-bagian utama dari alat ukur waterpass dan fungsinya adalah sebagai berikut :

- a) Teropong, berfungsi sebagai alat pembidik.
- b) Visir, berfungsi sebagai alat pengarah bidikan secara kasar sebelum dibidik melalui teropong atau lubang tempat membidik.
- c) Lubang tempat membidik.
- d) Nivo kotak, digunakan sebagai penunjuk sumbu satu dalam keadaan tegak atau tidak. Bila nivo berada ditengah berarti sumbu satu dalam keadaan tegak.
- e) Nivo tabung adalah penunjuk apakah garis bidik sejajar garis nivo atau tidak. Bila gelembung nivo berada di tengah atau nivo U membentuk huruf U, berarti garis bidik sudah sejajar garis nivo.

- f) Pemokus diafragma, berfungsi untuk memperjelas keadaan benang diafragma.
- g) Skrup pemokus bidikan, berfungsi untuk mengatur agar sasaran yang dibidik dari teropong terlihat dengan jelas.
- h) Tiga skrup pendatar, berfungsi untuk mengatur gelembung nivo kotak
- i) Skrup pengatur nivo U, berfungsi untuk mengatur nivo U membentuk huruf U
- j) Skrup pengatur gerakan halus horizontal, berfungsi untuk ;
 - Menepatkan bidikan benang difragma tegak tepat disasaran yang dibidik
 - Sumbu tegak atau sumbu satu (tidak nampak), berfungsi agar teropong dapat diputar ke arah horizontal
 - Lingkaran horizontal berskala yang berada di badan alat berfungsi sebagai alat bacaan sudut horizontal
 - Lubang tempat membaca sudut horizontal.
 - Pemfokus bacaan sudut, berfungsi untuk memperjelas skala bacaan sudut.

Pada Gambar 21 diperlihatkan bagian-bagian alat penyipat datar yang terdiri dari sebuah teropong dengan garis bidiknya dapat dibuat horizontal dengan sebuah nivo tabung. Untuk mencari target, teropong dan nivo tabung dapat diputar pada sumbu pertama yang dapat diatur pada tiga sekrup pendatar. Dengan skrup penyetel fokus bayangan rambu ukur dapat

diset tajam. Dengan sekrup penggerak horizontal bayangan dapat diset tajam. Sinar cahaya yang masuk pada obyektif membentuk bayangan antara diafragma suatu bayangan terbalik dari rambu ukur yang diperhatikan. Bayangan rambu dapat diperbesar oleh okuler. Okuler teropong harus diputar sampai benang silang dapat dilihat tepat dan tajam. Penyetelan ini tidak perlu diubah lagi untuk mata yang sama. Titik potong pada benang silang menjadi titik pusat pada obyektif dan garis bidik teropong. Agar jarak pada benang silang dapat diukur ada tambahan dua benang horizontal yang dinamakan benang stadia dengan jarak yang ditentukan demikian, sehingga ukuran pada rambu ukur yang dilihat diantaranya dikalikan dengan 100 adalah jarak antara alat penyipat datar dan rambu ukur. Karena jarak itu biasanya lebih kecil dari 100 m, teropong dilengkapi dengan suatu lensa koreksi supaya bayangan selalu dapat diset tajam. Jarak terkecil tergantung pada alat penyipat datar adalah antara 0,8 m dan 2,2 m.

Pemeriksaan dan Pengaturan Alat Penyipat Datar/Waterpass

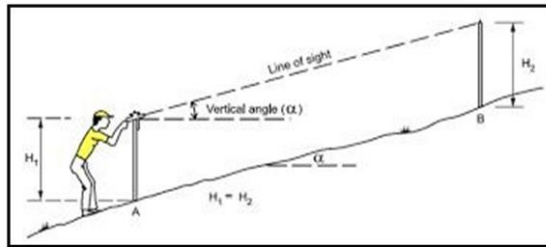
Pada prinsipnya hanya satu syarat yang harus dipenuhi untuk kegiatan menyipat tetap yaitu garis bidik harus horizontal kalau nivo tabung diset horizontal/sejajar. Jika syarat ini tidak dipenuhi maka nilai yang dibaca pada rambu ukur akan dihindangi kesalahan. Agar memenuhi syarat tersebut maka alat

penyipat datar diibuat mendatar dengan nivo kotak dan teropong diarahkan melalui salah satu sekrup pendatar. Teropong kemudian diputar 180o kemudian diatur kembali gelembung nivo agar selalu berada ditengah-tengah. Demikian seterusnya sehingga jika teropong diputar ke segala arah, posisi gelembung nivo selalu ditengah-ditengah kotak.

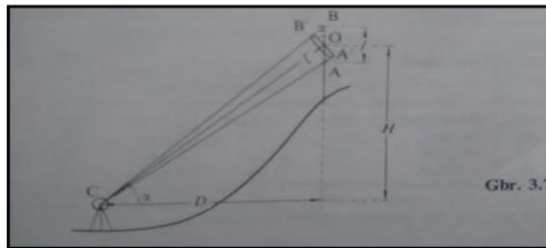
2) Theodolit

Alat ukur ini juga terdiri dari teleskop, prisma yang dapat membaca sudut horizontal dan sudut vertikal, nivo, lingkaran graduasi vertikal dan horizontal. Theodolit adalah salah satu alat ukur tanah yang digunakan untuk menentukan tinggi tanah dengan sudut mendatar dan sudut tegak. Berbeda dengan waterpass yang hanya memiliki sudut mendatar saja. Didalam theodolit sudut yang dapat di baca dapat sampai pada satuan sekon (detik). Didalam pekerjaan-pekerjaan yang berhubungan dengan ukur tanah, theodolit sering digunakan dalam bentuk pengukuran polygon, pemetaan situasi, maupun pengamatan matahari. Theodolit juga dapat berubah fungsinya menjadi seperti pesawat penyipat datar apabila sudut vertikalnya dibuat 90°. Dengan adanya teropong pada theodolite ini, maka theodolit dapat dibidikkan kesegala arah. Di dalam pekerjaan bangunan gedung, theodolit sering digunakan untuk menentukan sudut siku-siku pada

perencanaan/pekerjaan pondasi, theodolit juga dapat digunakan untuk mengukur ketinggian suatu bangunan bertingkat. Pengukuran dengan theodolit seperti gambar berikut :



(a)



(b)

Gambar 22. Pengukuran Bidang Datar Dengan Menggunakan Theodolit (a);
Pengukuran Beda Tinggi Dengan Menggunakan Theodolit (b)

Jarak datar titik C dan O atau D = $kl' \cos^2\alpha$ Beda tinggi antara titik C dan O atau H = $\frac{1}{2} kl' \sin 2\alpha$ dimana ; K = konstanta yang besarnya 100

l' = selisih benang atas dan benang bawah
(ba - bb)

α = besar sudut vertikal

Umumnya kesalahan dalam pengukuran dengan alat ukur optik (waterpass/theodolit) sebagai berikut :

- Bak ukur atau rambu basis tidak vertikal/tegak sewaktu melakukan pembacaan

- Waterpass dan theodolit belum pada posisi datar/level
- Kesalahan pembacaan angka benang atas dan benang bawah. Untuk koreksi, maka data benang tengah juga harus dicatat ; $BT = \frac{1}{2} (ba - bb)$
- Kesalahan alat karena kerusakan alat
- Kesalahan pembacaan akibat gangguan lingkungan seperti panas matahari.

Secara umum, sebuah theodolit terdiri dari bagian atas, tengah, bawah dan statif (tripod), seperti yang diperlihatkan pada Gambar 22 :

1. Bagian atas, terdiri dari ;
 - a. Teropong / teleskop
 - b. Nivo tabung
 - c. Sekrup okuler dan objektif
 - d. Sekrup gerak vertikal
 - e. Sekrup gerak horizontal
 - f. Teropong bacaan sudut vertikal dan horizontal
 - g. Nivo kotak
 - h. Sekrup pengunci teropong
 - i. Sekrup pengunci sudut vertikal
 - j. Sekrup pengatur menit dan detik
 - k. Sekrup pengatur sudut vertikal dan horizontal
 - l. Skala lingkaran tegak
 - m. Sumbu mendatar (sumbu II)

Pada sumbu kedua diletakkan suatu teropong yang mempunyai diafragma dan dengan demikian mempunyai garis bidik. Pada sumbu ini pula diletakkan plat yang berbentuk lingkaran tegak sama seperti plat lingkaran mendatar.

2. Bagian tengah, terdiri dari suatu sumbu yang dimasukkan ke dalam tabung dan diletakkan pada bagian bawah. Sumbu ini adalah sumbu tegak lurus kesatu. Diatas sumbu kesatu diletakkan lagi suatu plat yang berbentuk lingkaran yang berbentuk lingkaran yang mempunyai jari - jari plat pada bagian bawah. Pada dua tempat di tepi lingkaran dibuat alat pembaca nonius. Di atas plat nonius ini ditempatkan dua kaki yang menjadi penyanggah sumbu mendatar atau sumbu kedua dan satu nivo tabung diletakkan untuk membuat sumbu kesatu tegak lurus. Lingkaran dibuat dari kaca dengan garis-garis pembagian skala dan angka digoreskan di permukaannya. Garis - garis tersebut sangat tipis dan lebih jelas tajam bila dibandingkan hasil goresan pada logam. Lingkaran dibagi dalam derajat sexagesimal yaitu suatu lingkaran penuh dibagi dalam 360° atau dalam grades senticimal yaitu satu lingkaran penuh dibagi dalam 400 grade.
3. Bagian bawah, terdiri dari pelat dasar dengan tiga sekrup penyetel yang menyanggah suatu tabung

sumbu dan pelat mendatar berbentuk lingkaran.

Pada tepi lingkaran ini dibuat pengunci limbus.

Nivo yang diletakkan pada theodolit (berjumlah lebih dari satu) digunakan untuk :

- ❖ Membuat mendatar garis indeks bacaan skala tegak. Nivo yang dimaksud adalah nivo skala tegak (no. 3)
- ❖ Membuat mendatar sumbu II, nivo yang digunakan adalah nivo tunggang yang tidak menempel tetap pada theodolite
- ❖ Membuat skala lingkaran mendatar dalam keadaan mendatar karena sumbu I theodolit oleh pabrik telah dibuat tegak lurus pada skala lingkaran mendatar, maka nivo tersebut (no.9) digunakan untuk menegakkan sumbu I. Nivo yang demikian disebut nivo skala mendatar atau nivo sumbu tegak.

Berdasarkan konstruksinya, theodolit dapat dibedakan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu ;

1. Theodolit Reiterasi (Theodolit sumbu tunggal)

Dalam theodolit ini, lingkaran skala mendatar menjadi satu dengan kiap, sehingga bacaan skala mendatarnya tidak bisa diatur. Theodolit yang dimaksud adalah theodolit tipe T0 (wild) dan tipe DKM-2A (Kem).

2. Theodolit Repitisi (Theodolit sumbu ganda)

Konstruksinya kebalikan dari theodolit reiterasi, yaitu bahwa lingkaran mendatarnya dapat diatur dan dapat mengelilingi sumbu tegak. Akibatnya

dari konstuksi ini, maka bacaan lingkaran skala mendatar 0° , dapat ditentukan kearah bidikan/target yang dikehendaki. Theodolit yang termasuk ke dalam jenis ini adalah theodolit tipe TM 6 dan TL 60- DP (Sokkisha), TL 6-DE (Topcon), Th-51 (Zeiss).

Menurut sistem pembacaannya, theodolit dapat dibedakan menjadi 5 (lima) jenis, yaitu :

1. Sistem dengan indeks garis
2. Sistem dengan nonius
3. Sistem dengan mikrometer
4. Sistem koinsidensi
5. Sistem digital

Menurut kelasnya, theodolit diklasifikasikan ke dalam 5 (lima) bagian, yaitu :

1. Theodolit presisi (teliti) misalnya WILD-T3
2. Theodolit satu sekon misalnya WILD-T2
3. Theodolit puluhan sekon misalnya SOKKISHA TM 10C
4. Theodolit satu menit misalnya WILD T0
5. Theodolit puluhan menit misalnya KERN DK-1

Pemeriksaan dan Pengaturan Alat Theodolit

Sebelum alat theodolit digunakan untuk pengukuran terlebih dahulu harus diperiksa dan jika diperlukan dilakukan pengaturan-pengaturan (adjustment). Pemeriksaan bertujuan untuk memastikan apakah bagian- bagian alat yang terdapat pada theodolit berfungsi dengan baik atau tidak.

Misalnya pemeriksaan skrup-skrup kiap, skrup repetisi, skrup reiterasi, tombol fokus, skrup pengungkit, skrup penggerak halus, dan lain-lain. Untuk dapat digunakan dalam pengukuran, theodolit harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut :

- 1) Sumbu I harus tegak lurus sumbu II.
- 2) Garis bidik harus tegak lurus sumbu II. Artinya garis bidik harus berhimpit dengan sumbu optis teropong (sumbu optis teropong telah dibuat tegak lurus sumbu II).
- 3) Garis jurusan nivo skala tegak lurus sejajar garis indeks skala tegak.
- 4) Garis jurusan nivo skala mendatar harus tegak lurus sumbu I.

Apabila syarat-syarat tersebut diatas belum dipenuhi maka perlu dilakukan pengaturan-pengaturan agar syarat-syarat tersebut dipenuhi. Pengaturan syarat-syarat diatas disebut pengaturan tetap (permanent adjustment) yang umumnya dilakukan di lapangan. Pada saat pengukuran akan dimulai, alat theodolit diatur supaya :

1. Sumbu I harus tegak dan tepat diatas titik pengukuran (stasiun pengukuran). Penempatan sumbu I tepat diatas titik pengukuran disebut sentring (**centring**).
2. Bayangan target dan benang silang diafragma nampak jelas. Pekerjaan ini disebut **focusing**.

Pekerjaan sentring dan focusing disebut pengaturan sesaat (temporary adjustment). Setelah pekerjaan pengaturan selesai dilakukan, barulah pengukuran dapat dimulai.

3. Total Station

Total Station merupakan alat yang menggabungkan teknologi secara elektronik, yaitu antara teknologi theodolit dengan teknologi EDM (Electronic Distance Measurement). EDM merupakan alat ukur jarak elektronik yang menggunakan gelombang elektromagnetik sinar infra merah sebagai gelombang pembawa sinyal pengukuran dan dibantu dengan sebuah reflektor berupa prisma sebagai target (alat pemantul sinar infra merah supaya kembali ke EDM).



Gambar 24. Total Station (a): Bagian-bagian Alat Total Station (b)

Total Station sebaiknya digunakan untuk pengukuran tata batas baru, baik itu tata batas hutan maupun tata batas dengan pihak ketiga seperti halnya pinjam pakai dan tukar menukar kawasan hutan. Total Station sebaiknya digunakan untuk pengukuran berulang (contoh : rekonstruksi batas kawasan hutan), dimana data sebelumnya diperoleh dari pengukuran menggunakan Total Station juga. Untuk mengenal alat Total Station secara mendalam, maka dapat dibandingkan secara umum antara Total Station dengan Theodolit T0 kompas, yaitu sebagai berikut :

- 1) Ketelitian bacaan ukuran sudut T0 yaitu : 1', sedangkan Total Station jauh lebih teliti yaitu : 1".
- 2) Ketelitian bacaan ukuran jarak T0 yaitu berkisar ± 1 cm, sedangkan Total Station jauh lebih teliti yaitu berkisar antara 0,1 cm - 0,01 cm.
- 3) Kemampuan jarak yang diukur oleh Total Station dengan prisma tunggal rata-rata 3.000 meter, sedangkan jarak optimal T0 yaitu 200 meter dan sangat subyektif dengan pembacaan masing-masing surveyor dalam membaca rambu ukur.
- 4) Sumber kesalahan yang bisa dieliminasi atau dihindari dalam pengukuran dengan Total Station diantaranya yaitu kesalahan

kasar (blunder). Kesalahan blunder yaitu kesalahan yang diakibatkan karena kelalaian manusia, contoh diantaranya yaitu : salah baca, salah tulis dan salah dengar. Kemampuan membaca, menginterpolasi bacaan rambu ukur, menginterpolasi bacaan arah azimuth kompas pada alat T0 setiap orang berbeda beda. Kondisi lelah pun bisa mengakibatkan salah membaca dan salah mendengar. Sedangkan pada Total Station bacaan arah, sudut dan bacaan jarak sudah ditampilkan otomatis pada tampilan layar, bahkan dapat tersimpan secara otomatis dalam memori alat ukur.

- 5) Pengolahan data ukuran Total Station dilengkapi dengan software yang telah disediakan oleh pabrikan, sehingga pengolahan data lebih cepat. Data ukuran jarak, sudut, azimuth dan koordinat tersimpan di memori alat. Pada beberapa jenis Total Station, sketsa titik-titik yang diukur dapat ditampilkan posisinya pada layar monitor alat. Data ukuran dari T0 harus dicatat dan digambar pada buku ukur, sehingga menambah waktu pekerjaan dibandingkan dengan Total Station. Akan tetapi untuk tujuan backup data, dapat

- pula dilakukan pencatatan pada buku ukur untuk data ukuran Total Station.
- 6) Format data hasil ukuran Total Station sudah dapat diaplikasikan langsung dengan program GIS dan digabungkan dengan data GPS, sedangkan data hasil ukuran T0 merupakan data mentah dan harus dilakukan pengolahan data terlebih dahulu.
 - 7) Kesalahan kolimasi (garis bidik tidak sejajar dengan sumbu II), kesalahan index vertikal sudah diset Nol sehingga tidak perlu pengaturan lagi. Pada alat T0 harus dilakukan pengecekan kolimasi dan index vertikal sebelum alat digunakan, sehingga apabila terjadi kesalahan secepatnya dilakukan koreksi sebelum alat tersebut dipakai dalam pengukuran di lapangan.
 - 8) Pada proses pengukuran stake out atau pencarian titik atau rekonstruksi, Total Station lebih memudahkan pelaksana dalam mencari titik-titik tersebut. Dengan memasukkan koordinat acuan titik dan data jarak dan sudut yang diketahui, maka pencarian titik tersebut lebih mudah, karena alat Total Station menghitung secara otomatis posisi prisma berdiri. Pada T0 harus dilakukan

perhitungan dengan kalkulator untuk mendapatkan posisi yang paling tepat.

- 9) Pada kondisi cahaya redup ataupun gelap, pengukuran masih bisa dilaksanakan karena Total Station menggunakan teknologi infra merah, sedangkan dengan Theodolit sangat sulit dilakukan khususnya dalam membaca rambu, serta membaca sudut horisontal dan sudut vertikal.
- 10) Atraksi lokal yang disebabkan oleh benda-benda logam di sekitarnya berpengaruh terhadap kondisi bacaan yang ditunjukkan oleh kompas, Total Station tidak dipengaruhi oleh atraksi lokal tersebut.

C. Alat Pendukung Ukur Tanah

1) Kompas

Kompas adalah sebuah alat dengan komponen utamanya jarum dan lingkaran berskala. Salah satu ujung jarumnya dibuat dari besi berani atau magnet yang ditengahnya terpasang pada suatu sumbu, sehingga dalam keadaan mendatar jarum magnet dapat bergerak bebas ke arah horizontal atau mendatar menuju arah utara atau selatan. Kompas yang lebih baik dilengkapi dengan nivo, cairan untuk menstabilkan gerakan jarum dan alat pembidik atau visir.

Kegunaan utama kompas adalah untuk menentukan arah mata angin terutama arah

utara atau selatan sesuai dengan magnet yang digunakan. Kegunaan lain yang juga didasarkan pada penunjukkan arah utara atau selatan adalah; (1) penentuan arah dari satu titik/tempat lain, yang ditunjukkan oleh besarnya sudut azimuth, yaitu besarnya sudut yang dimulai dari arah utara atau selatan, bergerak searah jarum jam sampai di arah yang dimaksud; (2) mengukur sudut horizontal; dan (3) membuat sudut siku-siku. Kompas mempunyai spesifikasi, antara lain:

1. Jarum magnet yang digunakan sebagai patokan mengarah ke utara atau selatan.
2. Satuan skala ukuran sudut yang digunakan derajat atau grid.

Cara menggunakan kompas untuk menentukan arah ke suatu tujuan dibedakan sesuai dengan jenis kompas yang digunakan, yaitu :

1. Untuk kompas tangan

- ❖ Alat cukup dipegang diatas tangan tepat pada titik pengamatan
- ❖ Aturlah kompas supaya dalam keadaan mendatar, sehingga jarum dapat bergerak dengan bebas. Kalau alat ini dilengkapi dengan nivo, maka aturlah gelembung nivo supaya berada ditengah
- ❖ Baca angka skala lingkaran yang menuju arah/titik yang dimaksud.

2. Untuk kompas statif

- ❖ Kompas dipasang diatas statif/tripod yang sudah didirikan tepat diatas titik awal/pengamatan
- ❖ Aturilah kompas supaya dalam keadaan mendatar, sehingga jarum dapat bergerak dengan bebas. Kalau alat ini dilengkapi dengan nivo, maka aturlah gelembung nivo supaya berada ditengah
- ❖ Arahkan alat bidik/visir ke arah yang dituju. Baca angka skala lingkaran yang menuju arah tersebut



Gambar 25. Kompas Tangan (a); Kompas Statif (b)

2) Rambu/Bak Ukur

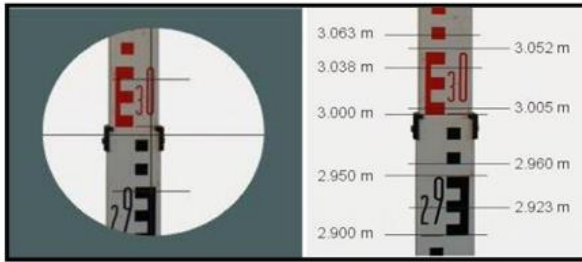
Bak/rambu ukur merupakan alat yang digunakan dalam pengukuran sipat datar memakai pesawat waterpass/theodolit yang bertujuan untuk mencari beda tinggi antara dua titik. Rambu ukur terbuat dari kayu atau campuran alumunium yang diberi skala pembacaan. Alat ini berbentuk mistar ukur yang

besar, mempunyai panjang 3, 4 bahkan ada yang 5 meter, dan ukuran lebarnya 4 cm, pembacaan dilengkapi dengan angka dari meter, desimeter, sentimeter, dan milimeter. Skala rambu ini dibuat dalam cm; tiap- tiap blok merah, putih, atau hitam menyatakan 1 cm; setiap 5 blok tersebut berbentuk huruf E yang menyatakan 5 cm; tiap 2 buah E menyatakan 1 dm. Tiap-tiap meter diberi warna yang berlainan, merah-putih, hitam, dan kuning. Kesemuanya ini dimaksudkan untuk memudahkan dalam pembacaan rambu.

Fungsi utama dari rambu ukur ini adalah untuk mempermudah/membantu mengukur beda tinggi antara garis bidik dengan permukaan tanah. Hal yang perlu diperhatikan dari rambu ukur adalah :

- Skala rambu dalam cm atau mm atau interval jarak pada garis-garis dalam rambu tersebut setiap berapa cm atau berapa mm.
- Skala dari rambu, terutama pada daerah sambungan rambu harus benar.

Cara pembacaan rambu ukur dengan pola E adalah menggabungkan angka yang tertera di samping E dengan blok yang berhimpit dengan garis stadia, dimana satu E = 5 blok = 5 cm = 50 mm. Hasil bacaannya dalam satuan meter, dengan angka perkiraan sampai 1 mm.



Gambar 26. Pembacaan Rambu Ukur

Contoh :

Benang atas = 3,040

Benang bawah = 2,946

Sehingga jarak rambu ke alat : $D = 100 \times (BA - BB) = 100 \times (3,040 - 2,946) = 9,4 \text{ m}$.

Cara menggunakan rambu ukur adalah sebagai berikut :

- ❖ Atur ketinggian rambu ukur dengan menarik batangnya sesuai dengan kebutuhan, kemudian kunci rambu.
- ❖ Letakkan dasar rambu ukur tepat diatas tengah-tengah patok (titik) yang akan dibidik.
- ❖ Usahakan rambu ukur tersebut tidak miring/condong (depan, belakang, kiri dan kanan), karena dapat mempengaruhi hasil pembacaan.

Supaya hasil pembacaan rambu ukur tidak dihinggapai kesalahan, selain lensa objektif dan okuler difokuskan (bebas dari paralaks) posisi

berdiri rambu juga harus benar-benar vertikal. Rambu yang condong ke depan atau ke belakang dari kedudukan vertikalnya akan menghasilkan bacaan yang lebih besar. Untuk membantu rambu dalam posisi vertikal bisa dengan memasang nivo rambu, dan memastikan gelembungnya di tengah-tengah saat rambu dibaca. Pembacaan rambu tidak boleh dibantu corat-coret tambahan untuk memperjelas pembacaan, dan tidak boleh meninggalkan rambu ukur tanpa dipegangi oleh seseorang. Hal ini dapat menyebabkan bak/rambu ukur terjatuh dan patah.

3) Statif/Tripod

Merupakan tempat dudukan alat untuk menstabilkan alat seperti waterpass dan theodolit. Statif/tripod terbuat dari kayu atau dari metal alumunium sehingga lebih ringan. Alat ini mempunyai 3 kaki yang sama panjang dan dapat diubah ukuran ketinggiannya. Tripod terdiri dari bidang level/kepala statif, sekrup pengunci, tali pembawa, sekrup penyetel dan kaki statif. Kegunaan tripod adalah untuk menunjang alat theodolit/waterpass.

Ketinggian statif/tripod dapat diatur, disesuaikan dengan ketinggian si pengamat/surveyor dan pemutaran baut statif

jangan terlalu keras supaya tidak cepat rusak. Kepala statif ada yang datar, melengkung (sferis), dan ada pula yang menyerupai bonggol (kern) dengan sambungan alat sentering tongkat teleskopis, sekaligus untuk mengukur tinggi alat.



Gambar 27. Statif/Tripod

Memasang statif/tripod harus benar-benar kuat tertancap pada tanah. Tidak boleh mendirikan/memasang statif/tripod di aspal atau beton, tetapi jikapun harus dipasang maka ketiga kakinya hendaknya harus diikat satu sama lain untuk menghindari agar kaki tidak bergeser. Dimana pergeseran kaki statif/tripod dapat menyebabkan alat (theodolit/waterpass) akan terjatuh dari statif/tripod. Jadi pemasangan statif/tripod harus diareal yang relatif datar.

4) Unting - unting

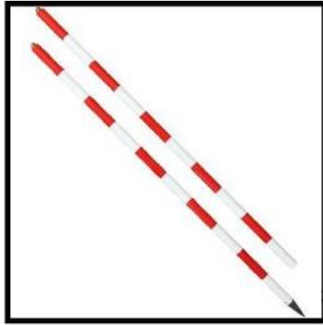
Unting-unting merupakan bandul yang terbuat dari besi atau kuningan yang berbentuk kerucut, dengan ujung bawah lancip dan digantungkan pada bagian tengah tripod/statif tegak lurus titik (patok). Unting-unting berguna untuk memproyeksikan suatu titik pada pita ukur di permukaan tanah atau sebaliknya. Untuk penggunaannya, unting-unting harus digantungkan dan unting-unting harus pada posisi tegak lurus titik (patok).



Gambar 28. Unting - unting

5) Jalon

Jalon merupakan tongkat dengan ujung runcing, berguna sebagai penanda titik (patok) yang akan di tembak sudutnya. Jalon merupakan pasangan alat theodolit. Jalon berfungsi untuk membantu dalam pengukuran di lapangan sebagai pelurusan (patokan) dalam mengukur.



Soal Latihan

1. Jelaskan yang dimaksud alat pengukuran langsung dan tidak langsung ?
2. Jelaskan fungsi instrumen/alat ukur tanah dalam pembuatan peta ?
3. Jelaskan cara pembacaan bak/rambu ukur ?
4. Jelaskan perbedaan antara theodolit dan waterpass ?
5. Jelaskan cara penggunaan instrumen/alat ukur tanah berikut ini :
 - a) Theodolit
 - b) Waterpass
 - c) Tripod
 - d) Kompas
 - e) Odometer

BAB 6

SISTEM KOORDINAT

PADA PETA



1. Kompetensi dan Indikator Pencapaian

Kompetensi

Kompetensi pada bab ini diharapkan mahasiswa mampu memahami tentang sistem koordinat dalam pemetaan, sehingga nantinya mahasiswa dapat mengidentifikasi lokasi pada bumi secara akurat, yang akan dijadikan sebagai dasar perencanaan pemetaan areal perkebunan.

2. Gambaran Umum Materi

Pemahaman tentang sistem koordinat pada peta ini harus dimengerti oleh mahasiswa, dimana penentuan koordinat ini menjadi dasar dalam perencanaan pemetaan. Dalam bab ini akan diuraikan mengenai macam-macam sistem koordinat pada peta, cara perhitungan koordinat dan konversi koordinat menggunakan salah satu instrumen ukur tanah yaitu (GPS).

3. Relevansi Bab dengan Kegunaan Bagi Mahasiswa

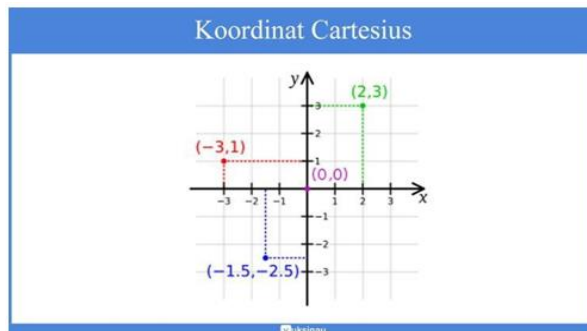
Bab ini merupakan awal proses pembuatan suatu peta, dengan mengetahui koordinat suatu titik dimuka bumi, maka akan memudahkan dalam membuat suatu denah areal khususnya diperkebunan, dan dapat digunakan untuk mencari suatu lokasi/areal dilapangan dengan cepat.

4. Tujuan Instruksional Khusus

- 1) Mahasiswa dapat memahami dan menentukan posisi titik dan garis terhadap sumbu X dan sumbu Y, posisi titik terhadap titik asal (0,0) dan titik tertentu (a,b)
- 2) Mahasiswa mampu mengidentifikasi bagian-bagian dari bidang koordinat dan menggunakan koordinat dalam menjelaskan posisi relatif benda terhadap acuan tertentu.

5. Materi

Apabila titik-titik tersebut akan dilukiskan pada bidang datar (bidang peta) maka titik-titik tersebut dinyatakan dengan Sistem Koordinat Kartesian. Umumnya notasi yang digunakan adalah posisi pada arah sumbu horizontal dinyatakan dengan absis (simbol X) dan pada sumbu vertikal dinyatakan dengan ordinat (simbol Y). Apabila suatu titik di muka bumi dinyatakan dalam Lintang dan Bujur (B) disebut Sistem Koordinat Geodesi / Geografi.



Gambar 30. Sistem Koordinat Kartesian Bidang Datar

Gambar 30 menunjukkan posisi titik [2,3] berada pada kuadran I, titik [-3,1] berada pada kuadran II, dan titik [-1.5,-2.5] berada pada kuadran III. Secara umum, keempat daerah kuadran tersebut diurutkan mulai dari yang kanan atas [kuadran I], melingkar melawan arah jarum jam. Aturan dari tiap kuadran adalah sebagai berikut (seperti terlihat dalam Tabel 1) :

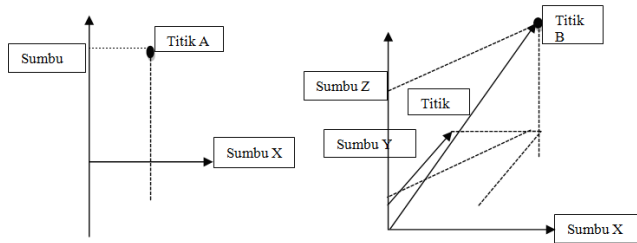
- ❖ Dalam kuadran I, kedua koordinat [X dan Y] akan bernilai positif.
- ❖ Dalam kuadran II, koordinat X akan bernilai negatif serta koordinat Y akan bernilai positif.
- ❖ Dalam kuadran III, kedua koordinat akan bernilai negatif.
- ❖ Dalam kuadran IV, koordinat X akan bernilai positif dan Y negatif.

Tabel 3. Nilai X dan Nilai Y Pada Sistem Koordinat Kartesian

Kuadran	Nilai X	Nilai Y
I	Bernilai Positif (> 0)	Bernilai Positif (> 0)
II	Bernilai Negatif (< 0)	Bernilai Positif (> 0)
III	Bernilai Negatif (< 0)	Bernilai Negatif (< 0)
IV	Bernilai Positif (> 0)	Bernilai Negatif (< 0)

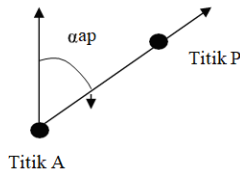
Sistem koordinat merupakan teknik penentuan posisi suatu titik melalui penentuan letak titik terhadap 2 sumbu yang saling berpotongan tegak lurus pada bidang datar. Kedua sumbu tersebut adalah sumbu X dan sumbu Y. Namun apabila letak suatu titik akan ditentukan berdasarkan jarak

terhadap 3 sumbu, maka disebut letak dalam suatu ruang. Biasanya dinyatakan dengan sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z.



Gambar 31. Penentuan Letak Suatu Titik Melalui Titik Yang Sudah Diketahui Koordinatnya Terhadap 3 Sumbu.

Contoh : Apabila misalnya harus ditentukan letak titik P dari titik A yang telah diketahui koordinat-koordinatnya, maka yang perlu ditentukan terlebih dahulu adalah arah dari titik A ke titik P, seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 32. Penentuan Letak Suatu Titik Melalui Titik Yang Sudah Diketahui Koordinatnya Terhadap 2 Sumbu.

Untuk menentukan di mana titik P, maka diperlukan jarak antara titik P ke titik

A. Misalkan jarak = d , maka di arah AP dibuat jarak sebesar d , maka letak titik P dan titik A dapat diketahui. Maka dari itu, untuk menentukan letak titik dari titik lainnya, diperlukan 2 (dua) unsur yaitu (1) Arah; dan (2) Jarak. Suatu arah dapat ditentukan dengan sudut jurusan (azimuth) yang :

- ❖ Dimulai dari arah utara geografis.

- ❖ Diputar searah jarum jam.
- ❖ Diakhiri pada arah yang bersangkutan.

Sudut jurusan ini diberi tanda dengan α . Apabila α ini mengenai arah dari A ke titik P, maka sudut jurusan dari A ke P ditulis dengan α_{ap} . Dengan demikian unsur-unsur yang diperlukan menjadi : (a) Sudut jurusan α ; dan (b) Jarak d. Sehingga, prinsip yang dapat dipakai adalah sebagai berikut :

- Untuk mencari sudut α , maka haruslah digunakan sudut jurusan yang telah diketahui besarnya.
- Untuk mencari jarak d, maka digunakan jarak yang telah diketahui.

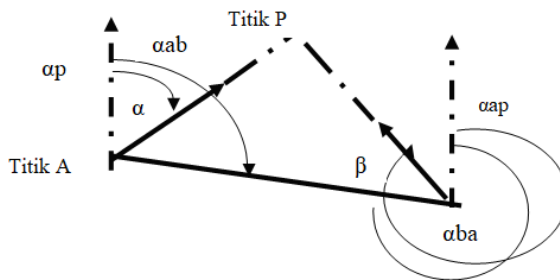
Langkah-langkah yang dapat digunakan untuk menentukan koordinat-koordinat suatu atau beberapa titik adalah sebagai berikut :

- 1) Menentukan koordinat-koordinat satu titik.
 - Dengan cara mengikat ke muka pada titik yang tentu. Minimal 2 titik harus diketahui. Yang diukur adalah sudut-sudut yang ada di titik pengikat (titik yang sudah diketahui).
 - Dengan cara mengikat ke belakang pada titik yang telah tentu. Minimal 3 titik harus diketahui. Yang diukur adalah sudut-sudut yang berada di titik yang belum tentu.
- 2) Menentukan koordinat-koordinat lebih dari satu titik.

- Dengan membuat poligon. Titik-titik terletak memanjang dan digabungkan satu sama lain sehingga terbentuk segi banyak.
- Dengan membuat bentuk segitiga-segitiga. Titik-titik digabungkan satu sama lain sehingga membentuk segitiga.
 - Triangulasi apabila yang diukur adalah sudut-sudut segitiga.
 - Trilaterasi apabila yang diukur adalah panjang garis segitiga.

❖ **Cara Mengikat/Perpotongan Ke Muka :**

Diperlukan minimal 2 (dua) buah titik tetap yang diketahui koordinatnya.



Gambar 33. Cara Mengikat/Perpotongan ke Muka

❖ Perhitungan Dengan Kalkulator :

- a. Jika sudut α_{ab} diketahui, maka tentukan dengan rumus :

$$tg \alpha_{ab} = \frac{X_b - X_a}{Y_b - Y_a}$$

- b. Tentukan α_{ap} dan α_{bp} dengan rumus :

$$\alpha_{ap} = \alpha_{ab} - \alpha, \alpha_{bp} = \alpha_{ab} + 180^\circ - \beta, \text{ apabila P terletak di Utara AB}$$

$$\alpha_{ap} = \alpha_{ab} + \alpha, \alpha_{bp} = \alpha_{ab} + 180^\circ - \beta, \text{ apabila P terletak di Selatan AB}$$

- c. Tentukan dengan rumus : $Y_p = \frac{(X_b - X_a) + Y_a \operatorname{tg} \alpha_{ap} - Y_b \operatorname{tg} \alpha_{bp}}{\operatorname{tg} \alpha_{ap} - \operatorname{tg} \alpha_{bp}}$

$$X_p = X_a + (Y_p - Y_a) \operatorname{tg} \alpha_{ap}$$

Contoh Perhitungan :

Diketahui ; Titik A : $X_a = - 2.206$; $Y_a = + 1.563$

Titik B : $X_b = + 3.148$; $Y_b = - 4.309$

$$\alpha = 55^\circ 10' 34''$$

$$\beta = 70^\circ 08' 56''$$

Tentukanlah titik P yang terletak di Selatan garis AB?

Jawab :

$$1) \operatorname{tg} \alpha_{ab} = \frac{X_b - X_a}{Y_b - Y_a} = \frac{+ 3.148 - (-2.206)}{- 4.309 - (+1.563)} = \frac{+ 5.354}{- 5.872} = - 0.9118$$

$\alpha_{ab} = - 42,36^\circ$ ("negatif", menandakan dari arah selatan, bila azimuth dihitung dari utara maka harus ditambah (+ 180°))

Jadi : $\alpha_{ab} = 180^\circ + (- 42,36^\circ) = 137,64^\circ$.

- 2) Titik P berada di Selatan AB

$$\alpha_{ap} = \alpha_{ab} + \alpha = 137,64^\circ + 55^\circ 10' 34'' = 192,82^\circ$$

$$\alpha_{bp} = \alpha_{ab} + 180^\circ - \beta = 137,64^\circ + 180^\circ - 70^\circ 08' 56'' = 247,49^\circ$$

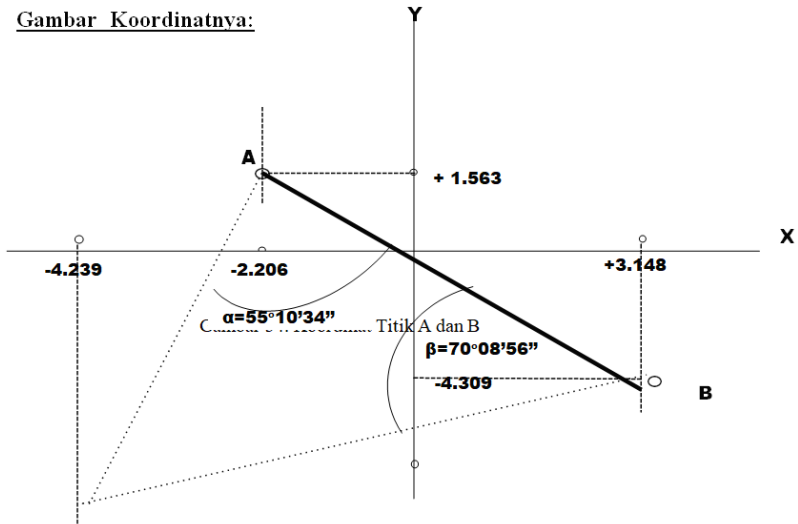
$$3) Y_p = \frac{(X_b - X_a) + Y_a \operatorname{tg} \alpha_{ap} - Y_b \operatorname{tg} \alpha_{bp}}{\operatorname{tg} \alpha_{ap} - \operatorname{tg} \alpha_{bp}} \quad Y_p =$$

$$\frac{3.148 - (- 2.206) + 1.563 \operatorname{tg} 192,82^\circ - (- 4.309) \operatorname{tg} 247,49^\circ}{\operatorname{tg} 192,82^\circ - \operatorname{tg} 247,49^\circ} = - 7.370,45$$

$$X_p = X_a + (Y_p - Y_a) \operatorname{tg} \alpha_{ap}$$

$$X_p = - 2.206 + ((- 7.370,45) - 1.563) \operatorname{tg} 192,82^\circ = - 4.238,81$$

Gambar Koordinatnya:



Parameter untuk menentukan suatu sistem koordinat antara lain :

- Titik asal (titik nol) sistem koordinat.
- Orientasi dari sistem salib sumbu.
- Posisi dari sistem koordinat.

Jenis – jenis koordinat yang umum digunakan antara lain :

1. Koordinat Rectangular (Cartesian)

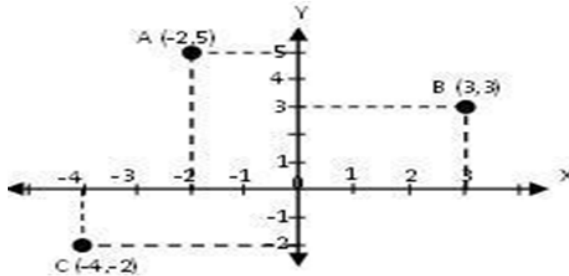
Posisi obyek ditentukan dengan dua garis yang saling tegak lurus. Koordinat A (X_a, Y_a), koordinat B (X_b, Y_b), dan koordinat C (X_c, Y_c).

Jarak antar titik bisa dihitung dengan rumus :

$$DAB = \sqrt{(Xb - Xa)^2 + (Yb - Ya)^2}$$

$$DAC = \sqrt{(Xc - Xa)^2 + (Yc - Ya)^2}$$

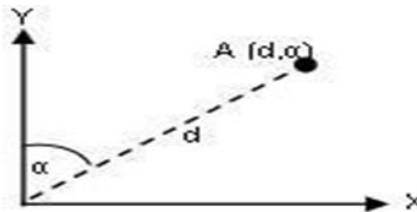
$$DBC = \sqrt{(Xc - Xb)^2 + (Yc - Yb)^2}$$



Gambar 35. Koordinat Kartesian

2. Koordinat Polar (Vektor)

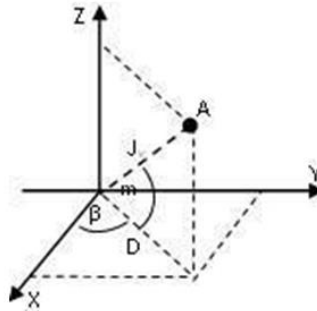
Posisi obyek ditentukan berdasarkan jarak vektor dari titik origin (d) dan arah garis/sudut dari sumbu tertentu (α). Koordinat titik A (d, α) berarti jarak titik A dari titik O adalah d , dengan arah α° dari sumbu Y.



Gambar 36. Koordinat Polar

3. Koordinat Tiga Dimensi (3D)

Posisi obyek didasarkan pada tiga garis yang terletak saling tegak lurus, dimana titik nol ketiga garis tersebut saling berimpit.



Gambar 37. Koordinat 3 (Tiga) Dimensi

Koordinat A sistem kartesian; A (X_A, Y_A, Z_A).

Koordinat A sistem polar; A (J_v, β, m).

J_v = jarak vektor titik A terhadap origin O (0,0,0).

D = jarak titik A pada bidang datar XOY

β = sudut horizontal (pada bidang XOY)

m = sudut vertikal (tegak lurus bidang XOY)

Hubungan antara koordinat kartesian dan koordinat polar adalah sebagai berikut :

- a. Jika diketahui koordinat A (X_A, Y_A), maka jarak vektor titik A (J_v) terhadap origin O (0,0) dan arah A (α) dari sumbu X dapat dihitung dengan rumus :

$$J_v^2 = X_A^2 + Y_A^2$$

$$\tan \alpha = (X_A/Y_A) \text{ sehingga } \alpha = \text{Arc Tan } (X_A/Y_A)$$

- b. Jika diketahui jarak vektor titik A dari origin O (0,0) sebesar r, dan sudut dari sumbu Y sebesar α , maka koordinat titik A dapat dihitung dengan rumus :

$$\sin \alpha = X_A/J_v \text{ sehingga } X_A = J_v \sin \alpha$$

$$\cos \alpha = Y_A / J_v \text{ sehingga } Y_A = J_v \cos \alpha$$

- c. Jika diketahui koordinat A (X_A, Y_A) dan koordinat B (X_B, Y_B), maka jarak AB (D_{AB}) dan sudut jurusan dari titik A ke titik B (α_{AB}) dapat dihitung dengan rumus :

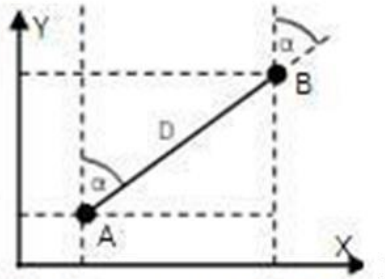
$$D_{AB} = (X_B - X_A) / \sin \alpha_{AB} = (Y_B - Y_A) / \cos \alpha_{AB}$$

$$\tan \alpha_{AB} = (X_B - X_A) / (Y_B - Y_A) \text{ sehingga } \alpha_{AB} = \text{Arc Tan } (X_B - X_A) / (Y_B - Y_A)$$

- d. Sebaliknya jika diketahui koordinat A (X_A, Y_A), jarak AB (D_{AB}), dan sudut jurusan dari titik A ke titik B (α_{AB}), maka koordinat B (X_B, Y_B) dapat dihitung dengan rumus :

$$\sin \alpha_{AB} = (X_B - X_A) / D_{AB} \text{ sehingga } X_B = X_A + D_{AB} \sin \alpha_{AB}$$

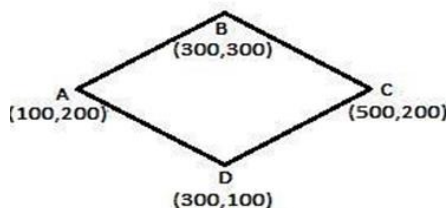
$$\cos \alpha_{AB} = (Y_B - Y_A) / D_{AB} \text{ sehingga } Y_B = Y_A + D_{AB} \cos \alpha_{AB}$$



Gambar 38. Hubungan Jarak, Sudut dan Koordinat

Contoh :

Hitunglah jarak, azimut, dan sudut dalam dari poligon di bawah ini:



• **Jawab :**

a) **Jarak kaki-kaki poligon :**

$$\begin{aligned} DAB &= \sqrt{(X_b - X_a)^2 + (Y_b - Y_a)^2} = \sqrt{(300 - 100)^2 + (300 - 200)^2} \\ &= \sqrt{200^2 + 100^2} = \sqrt{50000} = 223,61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DBC &= \sqrt{(X_c - X_b)^2 + (Y_c - Y_b)^2} = \sqrt{(500 - 300)^2 + (200 - 300)^2} \\ &= \sqrt{200^2 + (-100)^2} = \sqrt{50000} = 223,61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DCD &= \sqrt{(X_d - X_c)^2 + (Y_d - Y_c)^2} = \sqrt{(300 - 500)^2 + (100 - 200)^2} \\ &= \sqrt{(-200)^2 + (-100)^2} = \sqrt{50000} = 223,61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DDA &= \sqrt{(X_a - X_d)^2 + (Y_a - Y_d)^2} = \sqrt{(100 - 300)^2 + (200 - 100)^2} \\ &= \sqrt{(-200)^2 + 100^2} = \sqrt{50000} = 223,61 \end{aligned}$$

b) **Azimut kaki-kaki poligon: (perhatikan letak kuadran);**

$$\begin{aligned} \alpha_{AB} &= \text{tg}^{-1} (X_B - X_A) / (Y_B - Y_A) = \text{tg}^{-1} (300 - 100) / (300 - 200) \\ &= \text{tg}^{-1} (200) / (100) = 63^{\circ}26'06'' \quad (\text{kwd 1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_{BC} &= \text{tg}^{-1} (X_C - X_B) / (Y_C - Y_B) = \text{tg}^{-1} (500 - 300) / (200 - 300) = \text{tg}^{-1} (200) / (-100) \\ &= 180^{\circ} - 63^{\circ}26'06'' = 116^{\circ}33'54'' \quad (\text{kwd 2}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_{CD} &= \text{tg}^{-1} (X_D - X_C) / (Y_D - Y_C) = \text{tg}^{-1} (300 - 500) / (100 - 200) = \text{tg}^{-1} (-200) / (-100) \\ &= 180^{\circ} + 63^{\circ}26'06'' = 243^{\circ}26'06'' \quad (\text{kwd 3}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_{DA} &= \text{tg}^{-1} (X_A - X_D) / (Y_A - Y_D) = \text{tg}^{-1} (100 - 300) / (200 - 100) = \text{tg}^{-1} (-200) / (100) \\ &= 360^{\circ} - 63^{\circ}26'06'' = 296^{\circ}33'54'' \quad (\text{kwd 4}) \end{aligned}$$

c) **Sudut dalam (*interior angle*) titik-titik polygon : (jika hasilnya negatif tambahkan 360°);**

$$\begin{aligned} \beta_A &= \alpha_{AD} - \alpha_{AB} = (\alpha_{DA} - 180^{\circ}) - \alpha_{AB} = (296^{\circ}33'54'' - 180^{\circ}) - 63^{\circ}26'06'' \\ &= 53^{\circ}07'48'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_B &= \alpha_{BA} - \alpha_{BC} = (\alpha_{AB} - 180^{\circ}) - \alpha_{BC} = (63^{\circ}26'06'' - 180^{\circ}) - 116^{\circ}33'54'' \\ &= -233^{\circ}07'48'' + 360^{\circ} = 126^{\circ}52'12'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_C &= \alpha_{CB} - \alpha_{CD} = (\alpha_{BC} - 180^{\circ}) - \alpha_{CD} = (116^{\circ}33'54'' - 180^{\circ}) - 243^{\circ}26'06'' \\ &= -306^{\circ}52'12'' + 360^{\circ} = 53^{\circ}07'48'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_D &= \alpha_{DC} - \alpha_{DA} = (\alpha_{CD} - 180^{\circ}) - \alpha_{DA} = (243^{\circ}26'06'' - 180^{\circ}) - 296^{\circ}33'54'' \\ &= -233^{\circ}07'48'' + 360^{\circ} = 126^{\circ}52'12'' \end{aligned}$$

Sistem koordinat peta adalah sekumpulan aturan yang menentukan bagaimana koordinat-koordinat yang bersangkutan merepresentasikan titik-titik atau obyek pada sebuah peta. Aturan ini biasanya mendefinisikan titik asal (origin) beserta beberapa sumbu-sumbu koordinat untuk mengukur jarak dan sudut untuk menghasilkan koordinat. Dalam pemetaan di perkebunan, ada 2 sistem koordinat peta yang diimplementasikan, yaitu :

1. Sistem Koordinat UTM (Universal Transvers Mercator)

UTM menggunakan silinder yang membungkus ellipsoid dengan kedudukan sumbu silindernya tegak lurus sumbu tegak ellipsoid (sumbu perputaran bumi), sehingga garis singgung ellipsoid dan silinder merupakan garis yang berhimpit dengan garis bujur pada ellipsoid. Pada sistem proyeksi UTM didefinisikan posisi horizontal dua dimensi (x,y) menggunakan proyeksi silinder, transversal, dan conform yang memotong bumi pada dua meridian standar. Seluruh wilayah yang ada di permukaan bumi dibagi menjadi 60 zona bujur. Zona 1 dimulai dari Lautan Teduh (pertemuan antara garis 180 Bujur Barat dan 180 Bujur Timur), menuju ke Timur dan berakhir di tempat berawalnya zona 1. Masing- masing zona bujur memiliki lebar 6 (derajat) atau ± 667 km. Garis

lintang UTM dibagi menjadi 20 zona lintang dengan panjang masing-masing zona adalah 8 (derajat) atau ± 890 km. Zona lintang dimulai dari 80 LS - 72 LS diberi nama zona C, dan berakhir pada zona X yang terletak pada koordinat 72 LU - 84 LU. Huruf (I) dan (O) tidak dipergunakan dalam penamaan zona lintang. Dengan demikian penamaan setiap zona UTM adalah koordinasi antara kode angka (garis bujur) dan kode huruf (garis lintang).

Sebagai contoh; Kabupaten Garut terletak pada zona 47M dan 48M, Kabupaten Jember terletak di zona 49M. Sistem koordinat UTM (Universal Transvers Mercator) dengan sistem koordinat WGS 84 (World Geodetic System) sering digunakan pada pemetaan wilayah Indonesia. Sistem koordinat ini sering juga dengan koordinat grid. Sistem UTM ini diwujudkan dalam bentuk meter, sehingga pada masing-masing zona dibagi ke dalam kotak 100.000 meter. Perhitungan bujurnya dimulai dari meridian sentral yang terdapat pada tiap-tiap zona UTM dan dihargai dengan 500.000 meter T (absis semu), sedangkan perhitungan lintangnya (ordinat semu) dimulai dari equator yaitu 0.0 meter U di equator untuk belahan bumi utara dan 10.000.000 meter U di equator untuk belahan bumi selatan.

Penomoran lembar peta akan memberi petunjuk tentang kedudukan atau posisi lembar peta dalam setiap seri. Penomoran ini mempunyai bentuk yang seragam (uniform), dan penomoran ini juga dihubungkan dengan sistem grid dan graticule. Bakosurtanal telah membakukan sistem penomoran peta rupa bumi Indonesia dimulai dengan peta seri 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 dan 1:25.000 dan sistem penomoran ini saling terkait antara satu seri ke seri berikutnya.

Menurut PP Nomor 10 Tahun 2000, disebutkan bahwa peta adalah suatu gambaran dari unsur-unsur alam dan atau buatan manusia, yang berada di atas maupun di bawah permukaan bumi yang digambarkan pada suatu bidang datar dengan skala tertentu. Salah satu peta yang dihasilkan oleh Bakosurtanal adalah Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI). Peta RBI yang dihasilkan oleh Bakosurtanal meliputi skala 1:1.000.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000, 1:25.000 dan 1:10.000, dimana seluruh wilayah Indonesia dibagi ke dalam grid-grid ukuran peta yang sistematis. Semua lembar peta tepat antara satu dengan lainnya, demikian pula ukurannya sama untuk setiap lembar. Ukuran lembar peta tergantung dari skala peta yang dibuat.

2. Sistem Koordinat Geografis

Sistem koordinat geografis atau sering disebut dengan sistem koordinat geodetis ini dikembangkan oleh Greenwich (dari Inggris), yang membagi bumi menjadi dua bagian irisan yaitu irisan melintang yang disebut dengan garis lintang mulai dari khatulistiwa (equator), membesar ke arah kutub (utara maupun selatan); sedangkan yang lain membujur mulai dari garis Greenwich (dekat dengan Inggris) membesar ke arah barat dan timur. Satuan skala koordinat dibagi dalam derajat lintang 0° sampai 90° dan bujur 0° sampai 180° . Lintang berada di utara dan selatan equator, sedangkan bujur memanjang dari timur ke barat dari bujur Greenwich. Koordinat ini biasanya ditulis dalam satuan derajat, menit, dan detik, misalnya $110^\circ 35' 32''$, dan seterusnya.

Koordinat geografi digunakan sebagai referensi peta dengan tujuan yang luas, tetapi biasanya hanya untuk pemetaan skala kecil (1 : 1.000.000 atau lebih kecil) dengan liputan daerah yang sangat luas. Koordinat ini banyak digunakan untuk terapan operasional di udara ataupun perairan seperti ditunjukkan pada semua chart (peta-peta navigasi). Dalam geografi, garis lintang adalah garis khayal yang digunakan untuk menentukan lokasi di bumi terhadap garis khatulistiwa (utara atau selatan).

Posisi lintang biasanya dinotasikan dengan simbol huruf Yunani ϕ . Posisi lintang merupakan penghitungan sudut dari 0° di khatulistiwa sampai ke $+90^\circ$ di kutub utara dan -90° di kutub selatan. Ko- lintang adalah tambahan dari lintang. Lintang di sebelah utara khatulistiwa diberi nama Lintang Utara (LU), demikian pula Lintang di sebelah selatan khatulistiwa diberi nama Lintang Selatan (LS).

Menurut para ilmuwan pengertian garis lintang adalah garis maya yang melingkari bumi ditarik dari arah barat hingga ke timur atau sebaliknya, sejajar dengan equator (garis khatulistiwa). Garis lintang terus melingkari bumi, dari equator hingga ke bagian kutub utara dan kutub selatan bumi. khatulistiwa disebut sebagai 0° (nol derajat). Makin ke utara atau ke selatan, angka derajatnya makin besar hingga pada angka 90° (sembilan puluh derajat) pada ujung kutub utara atau kutub selatan. Satuan derajat bisa juga disebut Jam sehingga setiap derajat terbagi menjadi 60 menit (diberi simbol ') dan setiap menit terbagi lagi menjadi 60 detik (diberi simbol "). Jika misalnya garis lintang suatu tempat tertulis seperti ini : $57^\circ 27' 14''S$, maka dibaca sebagai 57 derajat 27 menit 14 detik Lintang Selatan. Pada sistem pemetaan internasional huruf U sebagai Lintang Utara diganti dengan huruf N (North). Sedangkan

Lintang Selatan tetap menggunakan huruf S karena Selatan dalam bahasa Inggris (South).

Garis lintang menandakan perbedaan zona iklim di bumi. Daerah diantara garis khatulistiwa yang diapit oleh garis Cancer dan garis Capricorn (antara $23,27^{\circ}$ LU - $23,27^{\circ}$ LS) disebut daerah tropis, karena di sanalah sepanjang waktu matahari bersinar pada siang hari. Di daerah ini hanya dikenal 2 musim yaitu musim panas dan penghujan. Sementara daerah antara $23,27^{\circ}$ LU dan $66,33^{\circ}$ LU serta antara $23,27^{\circ}$ LS dan $66,33^{\circ}$ LS disebut daerah sub-tropis, di daerah ini dapat terjadi 4 musim yaitu musim panas, musim gugur, musim dingin, dan musim semi. Sementara di daerah dekat kutub utara dan selatan (90° LU dan 90° LS) dapat terjadi masa dimana dalam satu hari tidak muncul matahari, atau sebaliknya dalam satu hari matahari selalu bersinar (dikenal dengan istilah matahari tengah malam).

Garis bujur adalah garis yang membujur, membagi bola bumi menjadi dua, yaitu bagian Barat dan Timur. Garis tersebut menghubungkan ke dua kutub dan melewati kota Greenwich, Inggris. Pengukurannya dalam derajat, menit dan detik, misalnya $5^{\circ}10'30''$ B. Derajat antar garis bujur semakin melebar di daerah khatulistiwa dan makin menyempit di daerah kutub. Jika pada Garis lintang, daerah

yang dilalui garis khatulistiwa (equator) dianggap sebagai nol derajat; untuk Garis bujur, tempat yang dianggap sebagai nol derajat adalah garis dari kutub Utara ke kutub Selatan yang tepat melintasi kota Greenwich di Inggris. Jadi, garis bujur yang berada di sebelah barat Greenwich disebut Bujur Barat dan garis yang berada disebelah timur disebut Bujur Timur. Jarak kedua garis bujur itu dari Greenwich hingga pada batas 180° (seratus delapan puluh derajat). Pada jarak itu, Bujur Barat dan Bujur Timur kembali bertemu. Garis bujur inilah yang pada perkembangannya dijadikan sebagai patokan dalam menentukan waktu di berbagai belahan dunia. Sehingga sering kali pada setiap kapal terdapat dua jam yang digunakan. Jam yang menunjukkan waktu berdasarkan waktu di kota Greenwich dan jam yang menunjukkan waktu lokal atau berdasarkan matahari. Selisih dari dua jam yang berbeda itulah para pelaut secara praktis dapat menentukan derajat garis bujur dimana mereka berada. Sama seperti garis lintang, jarak antar garis bujur juga disebutkan dalam satuan derajat. Penulisannya pada koordinat adalah dengan simbol huruf di belakangnya yaitu B untuk Barat dan T untuk Timur.

Penentuan suatu lokasi di permukaan bumi dinyatakan dengan kombinasi garis lintang dan

garis bujur. Garis Lintang menandakan sumbu X dan garis bujur menandakan sumbu Y dalam sistem koordinat cartesian. Sebagai contoh: kota Sabang di pulau We berada pada koordinat 6°LU 95°BT , dan kota Merauke di Papua memiliki koordinat 11°LS dan 141°BT . Penentuan suatu lokasi di permukaan bumi yang telah diketahui koordinat geografisnya dilakukan dengan melihat posisi lintang dan bujur dan titik perpotongan garis lintang dan bujur inilah sebagai posisi lokasi yang dicari.

3. Konversi Koordinat Geografis ke Koordinat UTM dan Sebaliknya

Pada saat pengukuran tanah di lapangan dengan peralatan theodolit, maka koordinat yang digunakan adalah koordinat Cartesian yaitu sumbu X dan Y. Namun apabila menggunakan peralatan GPS atau perangkat satelit, maka koordinat yang digunakan adalah koordinat geografis. Karena peta kebun biasanya memiliki skala besar sampai sedang, maka lebih sering digambarkan dengan koordinat UTM. Bila pengukuran dengan theodolit dilakukan di lapangan, maka titik awal atau titik 0, perlu ditentukan koordinatnya. Koordinat titik ini yang menjadi basis untuk menentukan koordinat titik-titik berikutnya. Oleh sebab itu, apabila pada posisi titik awal diketahui koordinat geografis dengan

perangkat GPS, maka perlu dilakukan konversi dari koordinat geografis ke koordinat UTM. Konversi dapat dilakukan dengan bantuan program Google Earth dengan langkah-langkah sebagai berikut :

❖ **Konversi Koordinat Geografis ke Koordinat UTM :**

- a. Jalankan program Google Earth
- b. Pilih menu Tools dan selanjutnya Options
- c. Dalam group terlihat ada Show Lat/Long; lalu pilih Degree, Minute, Seconds, kemudian klik Apply dan tekan OK.
- d. Pada menu pilih Add, lalu pilih Place Mark.
- e. Kemudian masukkan angka Lintang dan Bujur yang telah ditetapkan dan tekan OK.
- f. Lakukan zoom untuk melihat lokasi di permukaan bumi.
- g. Lalu pilih kembali menu Tools dan selanjutnya Options, dan dalam group terlihat ada Show Lat/Long; Pilih UTM, kemudian klik Apply dan OK.
- h. Kemudian pilih Add, dan selanjutnya pilih Place Mark dan selanjutnya Properties, maka koordinat UTMnya telah disajikan/terganti.

❖ **Konversi Koordinat UTM Ke Koordinat Geografis :**

- a. Jalankan program Google Earth
- b. Pilih menu Tools dan selanjutnya Options
- c. Dalam group terlihat ada Show Lat/Long; Pilih UTM, kemudian klik Apply dan tekan OK.
- d. Pada menu pilih View, pilih Check Grid
- e. Setelah ditemukan lokasi Zone pada menu, pilih Add, lalu pilih Place Mark
- f. Kemudian masukkan angka Grid (X dan Y) yang telah ditetapkan dan tekan OK
- g. Lalu pilih kembali menu Tools dan selanjutnya Options, dan dalam group terlihat ada Show Lat/Long; Pilih Degree, Minutes, Second, kemudian klik Apply dan OK.
- h. Kemudian pilih Add, dan selanjutnya pilih Place Mark, dan selanjutnya Properties, maka koordinat geografisnya telah disajikan/terganti.

Soal Latihan

1. Jelaskan pengertian sistem koordinat dan kegunaannya dalam pemetaan ?
2. Jelaskan perbedaan sistem koordinat kartesis dengan sistem koordinat polar ?
3. Jelaskan cara/langkah untuk mengkonversi sistem koordinat UTM ke sistem koordinat geografis dengan menggunakan GPS?
4. Jelaskan langkah-langkah menentukan koordinat suatu titik ?
5. Tentukanlah koordinat dari titik - titik berikut ini :
 - a. Diketahui titik P (3, 2) dan Q (15, 13). Koordinat relatif titik Q terhadap P
 - b. adalah.....
 - a. Besar sudut pada jarum jam saat menunjukkan pukul 03.00 adalah...
 - b. Sebuah titik P memiliki koordinat P (-10; +20), apabila sudut jurusan ke titik Q adalah 600 dengan jarak 100 meter, maka berapakah koordinat titik Q tersebut?

BAB 7

POLIGON TERBUKA



1. Kompetensi dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi pada bab ini diharapkan mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan cara atau dasar membuat kerangka poligon, yang akan digunakan dalam pembuatan kerangka peta.

2. Gambaran Umum Materi

Pemahaman tentang metode poligon terbuka harus dimengerti oleh mahasiswa agar dapat memahami pentingnya pengukuran poligon dalam pekerjaan pemetaan. Dalam bab ini akan dibahas mengenai jenis-jenis poligon terbuka, syarat-syarat poligon terbuka, dan cara perhitungan poligon terbuka.

3. Relevansi Bab dengan Kegunaan Bagi Mahasiswa

Bab ini merupakan awal proses yang sangat penting dalam pembuatan kerangka peta. Untuk menggambarkan sebuah peta, terlebih dahulu harus dibuat suatu kerangka yang mempunyai posisi lokal atau posisi tetap yang akan melingkupi wilayah yang akan dipetakan, untuk menentukan posisi horizontal relatif titik-titik dalam suatu sistem koordinat. Untuk mendapatkan kerangka tersebut, salah satu caranya adalah dengan melakukan pengukuran dan penggambaran poligon. Mahasiswa

diharapkan mampu memahaminya dengan baik, sehingga mahasiswa menjadi terampil dalam melakukan pengukuran, perhitungan dan melakukan koreksi dari suatu pengukuran poligon.

4. Tujuan Instruksional Khusus

- 1) Mahasiswa mampu memahami tujuan pengukuran poligon, jenis-jenis poligon terbuka, serta cara pengukuran, perhitungan, koreksi dari pengukuran poligon terbuka.
- 2) Mahasiswa dapat melakukan pengukuran kerangka dasar poligon terbuka, dan menghitung hasil pengukuran poligon terbuka.

5. Materi

Poligon yang berarti (poly = banyak, gonos = sudut) adalah serangkaian garis lurus yang menghubungkan titik-titik di permukaan bumi. Tujuan pengukuran poligon adalah menetapkan koordinat dari titik-titik selanjutnya dari satu titik yang telah diketahui koordinatnya. Prinsip kerja pengukuran poligon yaitu mencari sudut jurusan dan jarak dari gabungan beberapa garis yang bersama-sama membentuk kerangka dasar untuk keperluan pemetaan suatu daerah tertentu.

Metode poligon adalah cara untuk penentuan posisi horizontal banyak titik dimana titik yang satu dengan lainnya dihubungkan satu dengan yang lain dengan pengukuran jarak dan sudut, sehingga membentuk rangkaian titik-titik (poligon). Ditinjau dari cara menyambungkan titik satu dengan yang lainnya, maka poligon dapat digolongkan sebagai poligon terbuka (poligon yang titik awalnya tidak sama dengan titik akhir), dan poligon tertutup (poligon yang titik awalnya sama dengan titik akhir). Di dalam perhitungan poligon minimal satu titik diketahui koordinatnya, satu sudut jurusan atau α (umumnya sudut jurusan awal), jarak antara masing-masing titik (d_{ij}) dan sudut-sudut mendatar (β_i) harus diukur di lapangan. Kegunaan dari pengukuran poligon adalah sebagai berikut :

- ❖ Pembuatan kerangka suatu peta baru (peta kebun, peta afdeling, peta blok, dan sebagainya)
- ❖ Pengukuran titik tetap dalam kota
- ❖ Pengukuran rencana jalan raya, rel kereta api
- ❖ Pengukuran rencana saluran air, rencana benteng batas kebun
- ❖ Kerangka dasar pengukuran.
- ❖ Kontrol jarak dan sudut.
- ❖ Basis titik untuk pengukuran selanjutnya.

- ❖ Memudahkan perhitungan pada plotting peta.

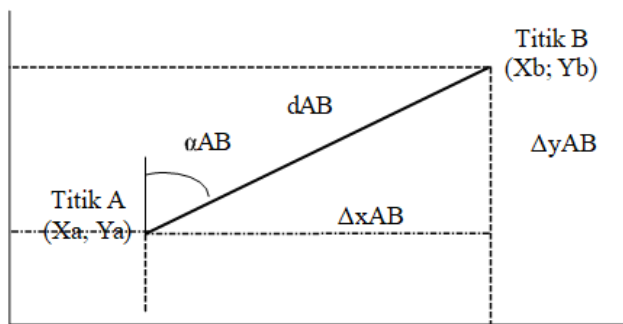
Data yang diperoleh dari pengukuran poligon biasanya berupa :

- Tinggi instrumen (t_i)
- Bacaan lingkaran vertikal (V_{tk})
- Bacaan lingkaran horisontal (H_z)
- Benang atas (BA)
- Benang tengah (BT)
- Benang bawah (BB)

Data yang diperlukan sebagai pengikat (datum), yaitu :

- ❖ Azimut titik ikat
- ❖ Koordinat titik ikat
- ❖ Tinggi titik ikat

Dalam perhitungan poligon, yang digunakan adalah perhitungan sudut luar, sehingga persamaannya menjadi :



Gambar 39. Perhitungan Poligon

Dimana ; $X_b = X_a + \Delta x_{AB}$; $Y_b = Y_a + \Delta y_{AB}$

$$\Delta x_{AB} = d_{AB} \sin \alpha_{AB} ; \Delta y_{AB} = d_{AB} \cos \alpha_{AB}$$

Sehingga : $X_b = X_a + d_{AB} \sin \alpha_{AB}$

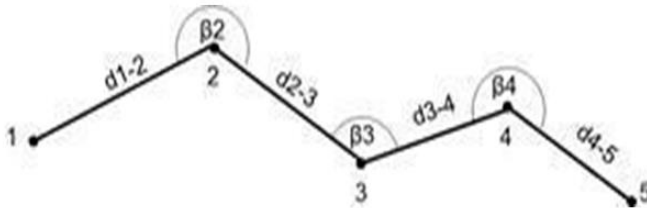
$$Y_b = Y_a + d_{AB} \cos \alpha_{AB}$$

Sudut α adalah azimuth.

Poligon terbuka yaitu dimana titik awal dan titik akhir pengukuran tidak sama, dapat dibedakan menjadi :

a. Tidak Terikat

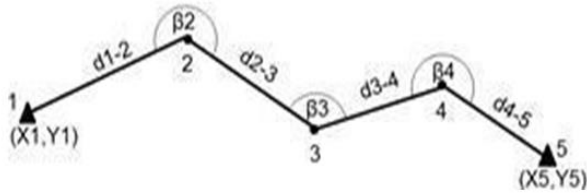
- Azimuth dan koordinat titik-titik poligon dapat dihitung dengan datum yang ditentukan.
- Kesalahan sudut dan jarak tidak dapat dikoreksi.



Gambar 40. Poligon Terbuka Tidak Terikat

b. Terikat Sebagian (Koordinat) yaitu poligon terbuka terikat koordinat saja

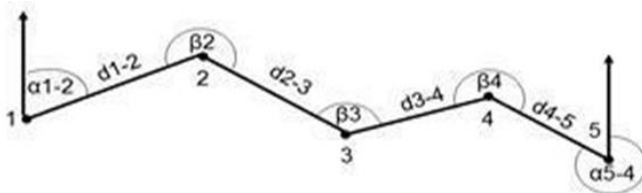
- Azimuth dihitung berdasarkan azimuth yang ditentukan.
- Koordinat dihitung berdasarkan koordinat yang sudah diketahui.
- Kesalahan sudut tidak dapat dikoreksi.
- Kesalahan absis dan ordinat dapat dikoreksi.



Gambar 41. Poligon Terbuka Terikat Koordinat

c. Terikat Sebagian (Azimuth) yaitu poligon terbuka erikat azimuth saja :

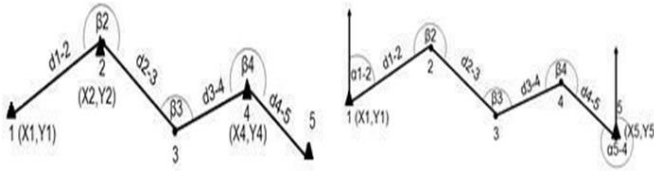
- Azimuth dihitung berdasarkan azimuth yang sudah diketahui.
- Koordinat dihitung berdasarkan koordinat yang ditentukan.
- Kesalahan sudut dapat dikoreksi
- Kesalahan absis dan ordinat tidak dapat dikoreksi.



Gambar 42. Poligon Terbuka Terikat Azimuth

d. Terikat Sempurna (Terikat Koordinat dan Azimuth)

- Azimuth dihitung berdasarkan azimuth yang sudah diketahui.
- Koordinat dihitung berdasarkan koordinat yang sudah diketahui.
- Kesalahan sudut, absis dan ordinat dapat dikoreksi



Gambar 43. Poligon Terbuka Terikat Sempurna

PERHITUNGAN POLIGON TERBUKA

- ❖ Syarat - syarat geometris pada poligon terbuka terikat sempurna adalah :
 - 1) Syarat Sudut: $\Sigma \beta_u = \alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}} + (n \times 180^\circ)$
 - 2) Syarat Absis : $\Sigma d \sin \alpha = X_{\text{akhir}} - X_{\text{awal}}$
 - 3) Syarat Ordinat : $\Sigma d \cos \alpha = Y_{\text{akhir}} - Y_{\text{awal}}$
- ❖ Kesalahan-kesalahan data pengukuran pada poligon terbuka adalah :
 - 1) Kesalahan Penutup Sudut : $f\beta = (\alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}} + (n \times 180^\circ)) - \Sigma \beta_u$ Kesalahan penutup sudut dikoreksikan sama rata pada sudut-sudut hasil ukuran : $k\beta = f\beta/n$.
Apabila $f\beta$ tidak habis dibagi, sisa pembagian itu diberikan koreksi tambahan pada sudut yang mempunyai kaki pendek atau panjang sisi poligon yang pendek.
 - 2) Kesalahan Penutup Absis : $f_x = (X_{\text{akhir}} - X_{\text{awal}}) - \Sigma d \sin \alpha$
Kesalahan Penutup Ordinat : $f_y = (Y_{\text{akhir}} - Y_{\text{awal}}) - \Sigma d \cos \alpha$
 - 3) Kesalahan f_x dan f_y dibagi habis pada absis dan ordinat titik-titik poligon dengan

perbandingan lurus dengan jarak-jarak sisi poligon, atau dapat ditulis :

$$kx_1 = \frac{d1}{\Sigma d} \cdot fx \quad \text{dan} \quad ky_1 = \frac{d1}{\Sigma d} \cdot fy$$

4) Kesalahan Penutup Jarak Linier Poligon (fl) :

$$fl = \sqrt{(fx)^2 + (fy)^2}$$

Keterangan notasi :

β_u = Sudut Horisontal Ukuran	fx = Kesalahan Penutup Absis
β_β = Kesalahan Sudut	fy = Kesalahan Penutup Ordinat
k_β = Koreksi Sudut	fl = Kesalahan Jarak Linier
d = Jarak Sisi Poligon	k_{xi} = Koreksi Absis Di Titik i
α = Azimuth Sisi Poligon	k_{yi} = Koreksi Ordinat Di
Titik i n = Banyaknya Titik Poligon	$i = 1, 2, 3, \dots, n$

a) Penentuan Koordinat Titik Pada Poligon Terbuka Berbasis Pengukuran Sudut.

Penentuan besar azimuth untuk poligon terbuka dengan pengukuran sudut, berlaku rumus :

$$\text{Jumlah Sudut Yang Diukur} = (\alpha \text{ Akhir} - \alpha \text{ Awal}) + n \cdot 180^\circ$$

Atau :

$$\alpha \text{ Akhir} = \alpha \text{ Awal} + \text{Jumlah Sudut} - n \cdot 180^\circ$$

$$n = \text{jumlah titik yang diukur}$$

Azimuth sudut berikutnya = Azimuth awal + Sudut Diukur $\pm 180^\circ$

Contoh Soal (1):

Diketahui :

Azimuth titik P \rightarrow A : $248^{\circ}15'21''$

Sudut ukur P \rightarrow A =. Koordinat titik A (8.478, 139; 2.483, 829)

Sudut ukur A \rightarrow 1 = $172^{\circ}53'34''$, dengan jarak 281, 83 m

Sudut ukur 1 \rightarrow 2 = $185^{\circ}22'14''$, dengan jarak 271, 3 m

Sudut ukur 2 \rightarrow 3 = $208^{\circ}26'19''$, dengan jarak 274, 1 m

Sudut ukur 3 \rightarrow 4 = $178^{\circ}31'52''$, dengan jarak 293, 35 m

Sudut ukur 4 \rightarrow B = $175^{\circ}47'14''$, dengan jarak 213, 61 m

Tentukanlah koordinat titik 1, 2, 3, 4, dan B ??

Penyelesaian (1):

1. Jumlah Sudut Diukur :

a. Norma : $\Sigma sdu = (175^{\circ}47'14'' - 172^{\circ}53'34'') + n.180^{\circ} = 902^{\circ}53'40''$

b. Jumlah terukur =
 $172^{\circ}53'34'' + 185^{\circ}22'14'' + 208^{\circ}26'19'' + 178^{\circ}31'52'' + 175^{\circ}47'14'' = 921^{\circ}01'13''$

2. Menentukan Azimuth

a. Azimuth A \rightarrow 1 = $248^{\circ}15'21'' + 172^{\circ}53'34'' - 180^{\circ} = 241^{\circ}08'55''$

b. Azimuth 1 \rightarrow 2 = $241^{\circ}08'55'' + 185^{\circ}22'14'' - 180^{\circ} = 246^{\circ}31'09''$

- c. Azimuth 2 \rightarrow 3 = $246^{\circ}31'09'' + 208^{\circ}26'19'' - 180^{\circ} = 274^{\circ}57'28''$
- d. Azimuth 3 \rightarrow 4 = $274^{\circ}57'28'' + 178^{\circ}31'52'' - 180^{\circ} = 273^{\circ}29'20''$
- e. Azimuth 4 \rightarrow B = $273^{\circ}29'20'' + 175^{\circ}47'14'' - 180^{\circ} = 269^{\circ}16'34''$

3. Menentukan Δx

- a. $\Delta x_1 = d \sin \alpha = 281,83 \times \sin 241^{\circ}08'55'' = 281,83 \times -0,8758 = -246,85$
- b. $\Delta x_2 = 271,3 \times \sin 246^{\circ}31'09'' = 271,3 \times -0,917 = -248,83$
- c. $\Delta x_3 = 274,1 \times \sin 274^{\circ}57'28'' = 274,1 \times -0,996 = -273,07$
- d. $\Delta x_4 = 293,35 \times \sin 273^{\circ}29'20'' = 293,35 \times -0,998 = -292,81$
- e. $\Delta x_B = 213,61 \times \sin 269^{\circ}16'34'' = 213,61 \times -0,999 = -213,59$

4. Menentukan Δy

- a. $\Delta y_1 = d \cos \alpha = 281,83 \times \cos 241^{\circ}08'55'' = 281,83 \times -0,482 = -135,99$
- b. $\Delta y_2 = 271,3 \times \cos 246^{\circ}31'09'' = 271,3 \times -0,398 = -108,09$
- c. $\Delta y_3 = 274,1 \times \cos 274^{\circ}57'28'' = 274,1 \times 0,086 = 23,69$
- d. $\Delta y_4 = 293,35 \times \cos 273^{\circ}29'20'' = 293,35 \times 0,061 = 17,85$
- e. $\Delta y_B = 213,61 \times \cos 269^{\circ}16'34'' = 213,61 \times -0,012 = -2,69$

5. Menentukan Nilai Sumbu X (Absis)

a. $X_1 = X_0 + \Delta X_1 = 8.478, 139 + - 246, 85 = 8.231, 289$

b. $X_2 = X_1 + \Delta X_2 = 8.231, 289 + - 248, 83 = 7.982, 459$

c. $X_3 = X_2 + \Delta X_3 = 7.982, 459 + - 273, 07 = 7.709, 389$

d. $X_4 = X_3 + \Delta X_4 = 7.709, 389 + - 292, 81 = 7.416, 579$

e. $X_B = X_4 + \Delta X_B = 7.416, 579 + - 213, 59 = 7.202, 989$

6. Menentukan Nilai Sumbu Y (Ordinat)

a. $Y_1 = Y_0 + \Delta Y_1 = 2.483, 829 + - 135, 99 = 2.347, 839$

b. $Y_2 = Y_1 + \Delta Y_2 = 2.347, 839 + - 108, 09 = 2.239, 749$

c. $Y_3 = Y_2 + \Delta Y_3 = 2.239, 749 + 23, 69 = 2.263, 439$

d. $Y_4 = Y_3 + \Delta Y_4 = 2.263, 439 + 17, 85 = 2.281, 289$

e. $Y_B = Y_4 + \Delta Y_B = 2.281, 289 + - 2, 69 = 2.278, 599$

➤ **Untuk Cross Check :**

$$\alpha_{AB} = \alpha_{PA} + \Sigma\beta - n(180^\circ)$$

$$= 248^\circ 15' 21'' + 921^\circ 01' 13'' - 5(180^\circ)$$

$$= 269^\circ 16' 34''$$

$$X_B = X_A + \Delta X_B$$

$$= 8473, 139 - 1275, 157$$

$$= 7202, 982$$

$$Y_B = Y_A + \Delta Y_B$$

$$= 2483, 826 - 205, 250$$

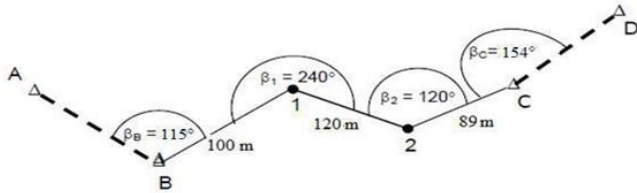
$$= 2278, 576$$

Contoh (2):

Hasil pengukuran poligon buka terikat sempurna sebagai berikut :

Koordinat titik A (1000;1000), B (1200;800), C (1700;700), dan D (1900;900).

Hitunglah : koordinat titik 1 dan 2 ?



Gambar 44. Pengukuran Poligon Terbuka

Penyelesaian (2) :

1. Hitung azimuth awal (α_{awal}) dan azimuth akhir (α_{akhir}) dari dua koordinat titik ikat awal (titik A dan titik B) dan dua koordinat titik ikat akhir (titik C dan titik D) dengan rumus :

$$\begin{aligned}\alpha_{AB} &= \text{arc tg } (X_B - X_A) / (Y_B - Y_A) \\ &= \text{arc tg } (1200 - 1000) / (800 - 1000) = \text{arc tg } (200 / -200) \\ &\quad (\text{perhatikan } \Delta X^+ / \Delta Y^-, \text{ sehingga } \alpha_{AB} \text{ di kuadran II}) \\ &= 180^\circ - 45^\circ = 135^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{CD} &= \text{arc tg } (X_D - X_C) / (Y_D - Y_C) \\ &= \text{arc tg } (1900 - 1700) / (900 - 700) = \text{arc tg } (200 / 200) \\ &\quad (\text{perhatikan } \Delta X^+ / \Delta Y^+, \text{ sehingga } \alpha_{PQ} \text{ di kuadran I}) \\ &= 45^\circ\end{aligned}$$

2. Jumlahkan sudut hasil ukuran ($\Sigma\beta_u$), hitung koreksinya, dan hitung sudut terkoreksi :

$$\Sigma\beta_u = 629^{\circ}00'$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat jumlah sudut : } \Sigma\beta_u &= \alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}} + (n \times 180^{\circ}) \\ &= (45^{\circ} - 135^{\circ}) + (4 \times 180^{\circ}) = 630^{\circ} \end{aligned}$$

$$f\beta = 630^{\circ} - 629^{\circ}00' = 1' = 60'', \quad k\beta = 60''/4 = +15'' \text{ per sudut}$$

Titik	Sudut Horisontal (β)		
	Ukuran	Koreksi	Terkoreksi
B	115 ^o 00'	+15''	115 ^o 00'15''
1	240 ^o 00'	+15''	240 ^o 00'15''
2	120 ^o 00'	+15''	120 ^o 00'15''
C	154 ^o 00'	+15''	154 ^o 00'15''
Total	629^o00'	+60''	630^o00'00''

3. Hitung azimuth sisi poligon berdasarkan azimuth awal dan sudut terkoreksi :

$\alpha_{n;n+1} = \alpha_n + \beta_n - 180^{\circ}$, karena β adalah sudut kanan. Jika $\alpha_{n;n+1} > 360^{\circ}$ maka $\alpha_{n;n+1} - 360^{\circ}$, sebaliknya jika $\alpha_{n;n+1} < 0^{\circ}$ maka $\alpha_{n;n+1} + 360^{\circ}$.

$$\alpha_{AB} = 135^{\circ}00'00'' \text{ (dihitung dari koordinat A dan B)}$$

$$\alpha_{B1} = \alpha_{AB} + \beta_B - 180^{\circ} = 135^{\circ}00'00'' + 115^{\circ}00'15'' - 180^{\circ} = 70^{\circ}00'15''$$

$$\alpha_{12} = \alpha_{B1} + \beta_1 - 180^{\circ} = 70^{\circ}00'15'' + 240^{\circ}00'15'' - 180^{\circ} = 130^{\circ}00'30''$$

$$\alpha_{2C} = \alpha_{12} + \beta_2 - 180^{\circ} = 130^{\circ}00'30'' + 120^{\circ}00'15'' - 180^{\circ} = 70^{\circ}00'45''$$

$$\alpha_{CD} = \alpha_{2C} + \beta_C - 180^{\circ} = 70^{\circ}00'45'' + 154^{\circ}00'15'' - 180^{\circ} = 45^{\circ}00'00'' \text{ (benar!)}$$

4. Hitung selisih absis dan selisih ordinat masing-masing kaki berdasarkan jarak datar dan azimuth, kemudian hitung total kesalahan selisih absis dan total kesalahan selisih ordinat :

$$\Delta X = D \sin \alpha \quad \text{dan} \quad \Delta Y = D \cos \alpha$$

$$fx = (X_{\text{akhir}} - X_{\text{awal}}) - \Sigma D \sin \alpha = (1.700 - 1.200) - 269,53 = 230,47$$

$$fy = (Y_{\text{akhir}} - Y_{\text{awal}}) - \Sigma D \cos \alpha = (700 - 800) - (-12,53) = -87,47$$

(Koordinat acuan awal adalah B dan koordinat acuan akhir adalah C).

Kaki	Azimut (α)	Jarak (D)	$\Delta X = D \sin$	$\Delta Y = D \cos$
B1	70°00'15"	100,00	93,97	34,20
12	130°00'30"	120,00	91,91	-77,15
2C	70°00'45"	89,00	83,64	30,42
Total		309,00	269,53	-12,53

5. Hitung koreksi ΔX dan koreksi ΔY , serta hitung ΔX terkoreksi dan ΔY terkoreksi masing-masing kaki :

$$kx_1 = \frac{d1}{\Sigma d} \cdot fx \quad \text{dan} \quad ky_1 = \frac{d1}{\Sigma d} \cdot fy$$

Kaki	ΔX	ΔY	Kx	Ky	Adj. ΔX	Adj. ΔY
B1	93,97	34,20	74,59	-28,31	168,56	5,89
12	91,91	-77,15	89,50	-33,97	181,42	-111,12
2C	83,64	30,42	66,38	-25,19	150,02	5,23
Total	269,53	-12,53	230,47	-87,47	500,00	-100,00

6. Hitung koordinat titik - titik poligon :

$$X_{n+1} = X_n + \text{Adj.}\Delta X_{n;n+1} \quad \text{dan} \quad Y_{n+1} = Y_n + \text{Adj.}\Delta Y_{n;n+1}$$

Titik	Adj. ΔX	Adj. ΔY	X	Y
A			1000	1000
B			1200	800
	168,56	5,89		
1			1368,56	805,89
	181,42	-111,12		
2			1549,98	694,77
	150,02	5,23		
C			1700	700
D			1900	900

7. Hitung kesalahan penutup jarak (linier) poligon :

$$fl = \sqrt{(fx)^2 + (fy)^2} = \sqrt{(230,47)^2 + (-87,47)^2} = 246,51$$

$$\text{Ketelitian} = fl/\Sigma D = 246,51/309,00 = 1/1,25$$

b. Penentuan Koordinat Titik Pada Poligon Terbuka Berbasis Azimuth

Seperti diuraikan pada bab sebelumnya, bahwa ada jenis theodolit yang pembacaan sudutnya sudah berbasis azimuth. Azimuth adalah besar sudut yang dibentuk oleh suatu titik dengan Utara magnetik bumi. Perhitungan besaran sumbu X dan sumbu Y untuk masing-masing titik, langsung dilakukan dengan rumus di atas, tanpa didahului perhitungan azimuth.

Soal Latihan

1. Jelaskan tujuan dan prinsip kerja dari pengukuran poligon ?
2. Jelaskan data yang diperlukan dan yang diperoleh dari pengukuran poligon ?
3. Jelaskan jenis-jenis poligon terbuka ?
4. Sebutkan jenis kesalahan data pada pengukuran poligon terbuka dan cara koreksinya ?
5. Suatu poligon terbuka yang diikatkan pada titik awal A (60.115 ; 90,227) dan titik akhir B (-8,145 ; 207,991), sedangkan $\varphi_{\text{awal}} = 359^{\circ}18'06''$ dan $\varphi_{\text{akhir}} = 183^{\circ}28'56''$ apabila didapatkan data : $\beta_1 = 207^{\circ}47'13''$; $\beta_2 = 145^{\circ}35'22''$; $\beta_3 = 143^{\circ}29'37''$; $\beta_4 =$

$88^{\circ}55'09''$; $\beta_5 = 138^{\circ}23'20''$ dan $d_{A-1} = 63$ meter, $d_{1-2} = 60$ meter, $d_{2-3} = 62$ meter, $d_{3-4} = 58$ meter, $d_{4-5} = 61$ meter, $d_{5-B} = 59$ meter. Hitunglah koordinat titik 1, 2, 3, 4 dan 5??

BAB 8

POLIGON TERTUTUP



1. Kompetensi dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi pada bab ini diharapkan mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan cara atau dasar membuat kerangka poligon khususnya poligon tertutup, yang akan digunakan dalam pembuatan kerangka peta.

2. Gambaran Umum Materi

Pemahaman tentang metode poligon tertutup juga harus dimengerti oleh mahasiswa sama halnya seperti poligon terbuka, agar mahasiswa dapat memahami pentingnya pengukuran poligon dalam pekerjaan pemetaan. Dalam bab ini akan dibahas mengenai jenis-jenis poligon tertutup, syarat-syarat dan kesalahan pada poligon tertutup, serta cara perhitungan poligon tertutup.

3. Relevansi Bab dengan Kegunaan Bagi Mahasiswa

Bab ini merupakan awal proses yang sangat penting dalam pembuatan kerangka peta. Untuk menggambarkan sebuah peta, terlebih dahulu harus dibuat suatu kerangka yang mempunyai posisi lokal atau posisi tetap yang akan melingkupi wilayah yang akan dipetakan, untuk menentukan posisi horizontal relatif titik-titik dalam suatu sistem koordinat. Untuk mendapatkan kerangka tersebut, salah satu caranya adalah dengan melakukan pengukuran dan penggambaran poligon. Mahasiswa diharapkan mampu memahaminya dengan baik,

sehingga mahasiswa menjadi terampil dalam melakukan pengukuran, perhitungan dan melakukan koreksi dari suatu pengukuran polygon

4. Tujuan Instruksional Khusus

- 1) Mahasiswa mampu memahami tujuan pengukuran poligon, jenis-jenis poligon tertutup, serta cara pengukuran, perhitungan, koreksi dari pengukuran poligon tertutup.
- 2) Mahasiswa dapat melakukan pengukuran kerangka dasar poligon tertutup, dan menghitung hasil pengukuran poligon tertutup.

5. Materi

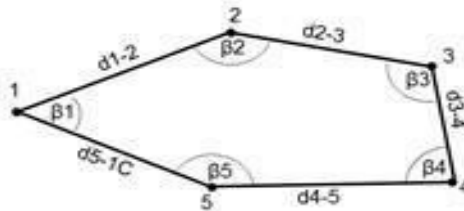
Poligon tertutup yaitu poligon yang berawal dan berakhir pada satu titik yang sama. Pengukuran poligon tertutup hampir sama dengan poligon terbuka, namun syaratnya adalah koordinat titik terakhir sama dengan koordinat titik awal. Sudut yang digunakan untuk menentukan koordinat sama dengan poligon terbuka yaitu azimuth. Apabila alat ukur yang digunakan sudah menyajikan azimuth, maka perhitungan koordinat dapat langsung dilakukan. Namun apabila alat ukur hanya menyajikan besaran sudut ukur, maka terlebih dahulu dihitung besaran azimuth, dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Azimuth Titik Berikut} &= \text{Azimuth Awal} + \\ \text{Sudut Ukur} \pm 180^\circ &\text{ Jumlah sudut luar} = (n+2) 180^\circ. \end{aligned}$$

Apabila jumlah sudut melebihi angka $(n+2) 180^\circ$, maka harus dilakukan koreksi kepada masing-masing besaran sudut. Koreksi dapat dilakukan sebelum perhitungan azimuth. Dalam poligon tertutup, besaran azimuth awal sama dengan azimuth akhir. Dalam poligon tertutup, titik awal menjadi titik akhir pengukuran, sehingga dapat dibedakan menjadi :

a. Tidak Terikat

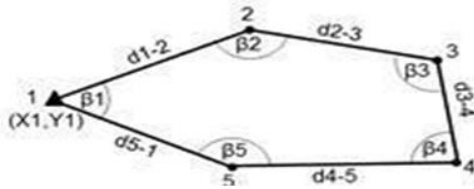
- Azimuth dan koordinat titik-titik poligon dapat dihitung dengan datum yang ditentukan.
- Kesalahan sudut, absis dan ordinat dapat dikoreksi.



Gambar 45. Poligon Tertutup Tidak Terikat

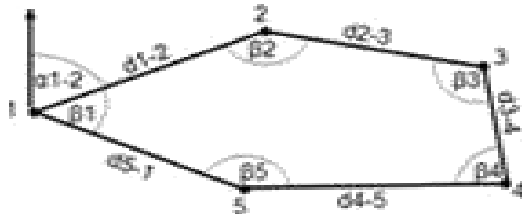
b. Terikat Sebagian (Koordinat) yaitu poligon tertutup terikat koordinat saja :

- Azimuth dihitung berdasarkan azimuth yang ditentukan.
- Koordinat dihitung berdasarkan koordinat yang sudah diketahui.
- Kesalahan sudut, absis, dan ordinat dapat dikoreksi.



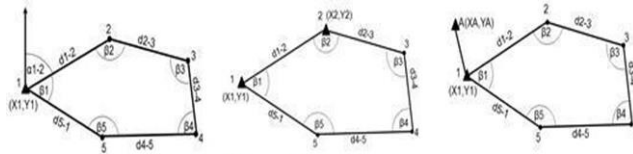
Gambar 46. Poligon Tertutup Terikat Koordinat

- c. Terikat Sebagian (Azimuth) yaitu poligon tertutup terikat azimuth saja :
- Azimuth dihitung berdasarkan azimuth yang sudah diketahui.
 - Koordinat dihitung berdasarkan koordinat yang ditentukan.
 - Kesalahan sudut, absis, dan ordinat dapat dikoreksi.



Gambar 47. Poligon Tertutup Terikat Azimuth

- d. Terikat Sempurna (Terikat Koordinat dan Azimuth)
- Azimuth dihitung berdasarkan azimuth yang sudah diketahui.
 - Koordinat dihitung berdasarkan koordinat yang ditentukan.
 - Kesalahan sudut, absis, dan ordinat dapat dikoreksi.



Gambar 48. Poligon Tertutup Terikat Sempurna

PERHITUNGAN POLIGON TERTUTUP

Syarat - syarat geometris pada poligon tertutup adalah :

4. Syarat Sudut : $\Sigma \beta u = (n - 2) \cdot 180^0$ (Jika βu Adalah Sudut Dalam)

$\Sigma \beta u = (n + 2) \cdot 180^0$ (Jika βu Adalah Sudut Luar)

5. Syarat Absis : $\Sigma d \sin = 0$

6. Syarat Ordinat: $\Sigma d \cos = 0$

❖ Kesalahan-kesalahan data pengukuran pada poligon tertutup adalah :

5. Kesalahan Penutup Sudut ($f\beta$) :

- Jika βu Adalah Sudut Dalam ; $f\beta = ((n - 2)180^0) - \Sigma \beta u$

- Jika βu Adalah Sudut Luar ; $f\beta = ((n + 2)180^0) - \Sigma \beta u$

Kesalahan penutup sudut dikoreksikan sama rata pada sudut-sudut hasil ukuran : $k\beta = f\beta/n$. Apabila $f\beta$ tidak habis dibagi, sisa pembagian itu diberikan koreksi tambahan pada sudut yang mempunyai kaki pendek atau panjang sisi poligon yang terpendek.

5. Kesalahan Penutup Absis : $fx = 0 - \Sigma d \sin \alpha$

6. Kesalahan Penutup Ordinat : $fy = 0 - \Sigma d \cos \alpha$

7. Kesalahan f_x dan f_y dibagi habis pada absis dan ordinat titik-titik poligon dengan perbandingan lurus dengan jarak-jarak sisi poligon, atau dapat ditulis :

$$kx_1 = \frac{d_1}{\sum d} \cdot f_x \quad \text{dan} \quad ky_1 = \frac{d_1}{\sum d} \cdot f_y$$

8. Kesalahan Penutup Jarak Linier Poligon (f_l) :

$$f_l = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2}$$

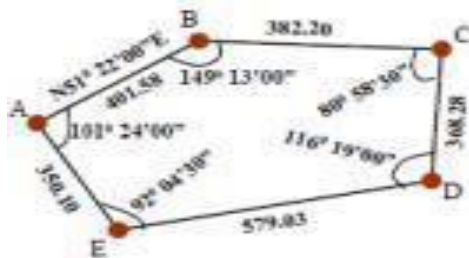
Keterangan notasi :

β_u = Sudut Horizontal Ukuran	f_x = Kesalahan Penutup Absis
β = Kesalahan Sudut	f_y = Kesalahan Penutup Ordinat
$k\beta$ = Koreksi Sudut	f_l = Kesalahan Jarak Linier
d = Jarak Sisi Poligon	kx_i = Koreksi Absis Di Titik i
α = Azimuth Sisi Poligon	ky_i = Koreksi Ordinat Di Titik i
n = Banyaknya Titik Poligon	$i = 1, 2, 3, \dots, n$

Contoh Soal (1) :

Hasil pengukuran poligon tertutup sebagai berikut :

Jika koordinat titik A (1000;1000), hitunglah koordinat-koordinat titik poligon yang lain ??



Penyelesaian (1) :

4. Jumlahkan sudut hasil ukuran ($\Sigma\beta_u$), hitung koreksinya, dan sudut terkoreksi $\Sigma\beta_u = 539^{\circ}59'00''$, Syarat jumlah sudut dalam : $\Sigma\beta_u = (n - 2) \times 180^{\circ}$
 $f\beta = (n - 2) \times 180^{\circ} - \Sigma\beta_u = ((5-2) \times 180^{\circ} - 539^{\circ}59'00'' = 1' = 60''$
 $k\beta = 60'' / 5 = +12''$ per sudut

Titik	Sudut Horizontal (β)		
	Ukuran	Koreksi	Terkoreksi
A	101 ^o 24'00"	+12"	101 ^o 24'12"
B	149 ^o 13'00"	+12"	149 ^o 13'12"
C	80 ^o 58'30"	+12"	80 ^o 58'42"
D	116 ^o 19'00"	+12"	116 ^o 19'12"
E	92 ^o 04'30"	+12"	92 ^o 04'42"
Total	539 ^o 59'00"	+60"	540^o00'00"

5. Hitung azimuth sisi poligon berdasarkan azimuth awal dan sudut terkoreksi : $\alpha_{n;n+1} = \alpha_n - \beta_n + 180^{\circ}$, (karena β_u adalah sudut kiri). Jika $\alpha_{n;n+1} > 360^{\circ}$ maka $\alpha_{n;n+1} - 360^{\circ}$, sebaliknya jika $\alpha_{n;n+1} < 00$ maka $\alpha_{n;n+1} + 360^{\circ}$.
 $\alpha_{AB} = 51^{\circ}22'00''$ (diketahui)

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} - \beta_B + 180^{\circ} = 51^{\circ}22'00'' - 149^{\circ}13'12'' + 180^{\circ} = 82^{\circ}08'48''$$

$$\alpha_{CD} = \alpha_{BC} - \beta_C + 180^{\circ} = 82^{\circ}08'48'' - 80^{\circ}58'42'' + 180^{\circ} = 181^{\circ}10'06''$$

$$\alpha_{DE} = \alpha_{CD} - \beta_D + 180^{\circ} = 181^{\circ}10'06'' - 116^{\circ}19'12'' + 180^{\circ} = 244^{\circ}50'54''$$

$$\alpha_{EA} = \alpha_{DE} - \beta_E + 180^{\circ} = 244^{\circ}50'54'' - 92^{\circ}04'42'' + 180^{\circ} = 332^{\circ}46'12''$$

$$\alpha_{AB} = \alpha_{EA} - \beta_A + 180^{\circ} = 332^{\circ}46'12'' - 101^{\circ}24'12'' + 180^{\circ} = 411^{\circ}22'00'' - 360^{\circ} = 51^{\circ}22'00'' \text{ (benar!)}$$

(Hasil hitungan azimuth awal harus sama dengan azimuth akhir).

6. Hitung selisih absis dan selisih ordinat masing-masing kaki berdasarkan jarak datar dan azimuth, kemudian hitung total kesalahan selisih absis dan total kesalahan selisih ordinat :

$$\Delta X_{n;n+1} = D_{n;n+1} \sin \alpha_{n;n+1} \quad \text{dan} \quad \Delta Y_{n;n+1} = D_{n;n+1} \cos \alpha_{n;n+1}$$

$$f_x = 0 - \sum D \sin \alpha \quad \text{dan} \quad f_y = 0 - \sum D \cos \alpha$$

Kaki	Azimut ()	Jarak (D)	$\Delta X = D \sin$	$\Delta Y = D \cos$
AB	51°22'00"	401,58	313,697	250,720
BC	82°08'48"	382,20	378,615	52,222
CD	181°10'06"	368,28	-7,509	-368,203
DE	244°50'54"	579,03	-524,130	-246,097
EA	332°46'12"	350,10	-160,193	311,301
Total		2.081,19	0,480	-0,057

7. Hitung koreksi ΔX dan koreksi ΔY , serta hitung ΔX terkoreksi dan ΔY terkoreksi masing-masing kaki :

$$kx_1 = \frac{d_1}{\sum d} \cdot f_x \quad \text{dan} \quad ky_1 = \frac{d_1}{\sum d} \cdot f_y$$

Kaki	ΔX	ΔY	Kx	Ky	Adj. ΔX	Adj. ΔY
AB	313,697	250,720	-0,093	0,011	313,604	250,731
BC	378,615	52,222	-0,088	0,010	378,527	52,233
CD	-7,509	-368,203	-0,085	0,010	-7,594	-368,193
DE	-524,130	-246,097	-0,134	0,016	-524,264	-246,081
EA	-160,193	311,301	-0,081	0,010	-160,274	311,311
Total	0,480	-0,057	-0,480	0,057	0,00	0,00

8. Hitung koordinat titik – titik poligon :

$$X_{n+1} = X_n + \text{Adj. } \Delta X_{n;n+1} \quad \text{dan} \quad Y_{n+1} = Y_n + \text{Adj. } \Delta Y_{n;n+1}$$

Titik	Adj.ΔX	Adj.ΔY	X	Y
A			1000,00	1000,00
	313,604	250,731		
B			1.313,604	1.250,731
	378,527	52,233		
C			1.692,131	1.302,964
	-7,594	-368,193		
D			1.684,537	934,771
	-524,264	-246,081		
E			1.160,273	688,690
	-160,274	311,311		
A			1000,00	1000,00

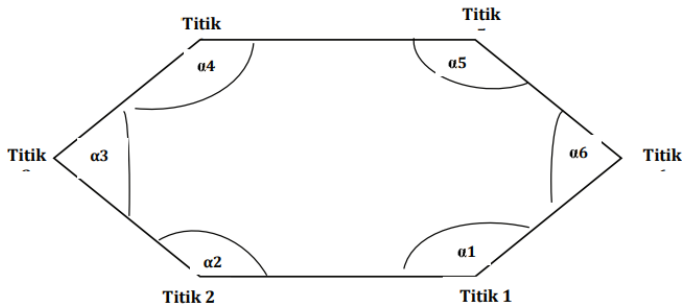
9. Hitung kesalahan penutup jarak (linier) poligon :

$$fl = \sqrt{(fx)^2 + (fy)^2} = \sqrt{(-0,057)^2 + 0,480^2} = 0,483$$

$$\text{Ketelitian} = fl/\Sigma D = 0,483/2.081,19 = 1/4.305 = 1/4.300$$

Contoh Soal (2) :

Suatu poligon tertutup, sebagai berikut:



Diketahui : Azimuth 6 - 1 : $239^{\circ}24'20''$; Koordinat titik 6 (0;0)

Titik	Sudut	Sudut Ukur Dalam (α)	Jarak (m)
6	α_6	$84^{\circ}41'25''$	$6 - 1 = 38,15$
1	α_1	$160^{\circ}45'25''$	$1 - 2 = 36,53$
2	α_2	$108^{\circ}10'55''$	$2 - 3 = 24,77$

3	α_3	$87^\circ 41' 15''$	$3 - 4 = 38,8$
4	α_4	$173^\circ 32' 30''$	$4 - 5 = 18,7$
5	α_5	$105^\circ 01' 10''$	$5 - 6 = 28,15$

Hitunglah :

1. Tentukanlah koordinat titik 1, 2, 3, 4 dan 5 ?
2. Tentukan luas bidang tersebut ?
3. Gambarkanlah bidang tersebut ?

Penyelesaian (2) :

Sudut	Sudut Dalam	Sudut Terukur Luar
α_6	$84^\circ 41' 25''$	$= 360^\circ - 84^\circ 41' 25'' = 275^\circ 18' 35''$
α_1	$160^\circ 45' 25''$	$= 360^\circ - 160^\circ 45' 25'' = 199^\circ 14' 35''$
α_2	$108^\circ 10' 55''$	$= 360^\circ - 108^\circ 10' 55'' = 251^\circ 49' 05''$
α_3	$87^\circ 41' 15''$	$= 360^\circ - 87^\circ 41' 15'' = 272^\circ 18' 45''$
α_4	$173^\circ 32' 30''$	$= 360^\circ - 173^\circ 32' 30'' = 186^\circ 27' 30''$
α_5	$105^\circ 01' 10''$	$= 360^\circ - 105^\circ 01' 10'' = 254^\circ 58' 50''$

Jumlah sudut normatif = $(n + 2) 180^\circ = (6 + 2) 180^\circ = 1440^\circ$

Jumlah sudut terukur = $1440^\circ 07' 20''$, berarti kelebihan sudut sebesar $07' 20''$.

Maka dilakukan koreksi besaran sudut seperti tersaji dalam tabel diatas. Perhitungan ΔX dan ΔY sama dengan pola pada poligon terbuka. Namun karena ini poligon tertutup, maka koreksi terhadap nilai ΔX dan ΔY perlu dilakukan. Prinsipnya : $\Sigma \Delta X = 0$ dan $\Sigma \Delta Y = 0$.

Koordinat : $X_n = X_0 + \Delta X_n$ dan $Y_n = Y_0 + \Delta Y_n$.

Titik	Sudut ukur (β)	Koreksi	Sudut ukur (β)	Azimuth (α)	Jarak (m)	ΔX = d sin α	Koreksi X	ΔY = d cos α	Koreksi Y	Sumbu X	Sumbu Y
6										0	0
	275°18'35"	-1'13"	275°17'22"	239°24'20"							
1					38,15	-30,2	-0,005	-17,89	1,826	-30,205	-16,064
	199°14'35"	-1'13"	199°13'22"	258°37'42"							
2					26,53	-26,01	-0,005	-5,23	1,826	-56,22	-19,468
	251°49'05"	-1'14"	251°47'49"	330°25'33"							
3					24,77	-12,22	-0,005	0,54	1,826	-68,445	-17,102
	272°18'45"	-1'13"	272°17'32"	62°43'85"							
4					38,8	34,48	-0,005	27,78	1,826	-33,97	12,504
	186°27'30"	-1'14"	186°26'16"	69°09'21"							
5					18,7	17,48	-0,005	6,65	1,826	-16,495	20,98
	254°58'50"	-1'13"	254°57'37"	144°06'58"							
6					28,15	-16,5	-0,005	-22,81	1,826	0	0
	275°18'35"			239°24'20"							
1											
Jlh	1440°07'20"	-07'20"				0,03		-10,96			

Maka koordinat titik tersebut adalah :

- Titik 6 (0; 0)
- Titik 1 (-30, 205; -16, 064)
- Titik 2 (-56, 22; -19,468)
- Titik 3 (-68, 445; -17, 102)
- Titik 4 (-33, 97; 12, 504)
- Titik 5 (-16, 495; 20, 98)

Perhitungan luas juga dapat dilakukan dengan rumus:

$$\text{Luas} = 1/2\{\sum(X_{n+1} \times Y_n) - \sum(X_n \times Y_{n+1})\}$$

L=1	L=2
	0
903,11808	588,03094
1332,48726	961,47444
580,95494	-855,83628
-206,25348	-712,6906
	0
2610,3068	-19,0215
2629,3283	
1314,66415	

Maka luas bidang tersebut adalah :

Luas poligon tertutup tersebut adalah 1.314,664 m².

Umumnya dilapangan, areal yang diukur memiliki topografi yang sangat beragam, ada yang berkонтur dan bentuknya bergelombang, dan ada juga di beberapa lokasi berbentuk lembah. Seperti diuraikan di muka, bahwa penentuan koordinat titik-titik di lapangan adalah pada bidang datar. Oleh sebab itu, titik-titik yang berada di ketinggian yang berbeda harus diproyeksikan dulu ke titik-titik maya sehingga keseluruhan titik tersebut relatif pada bidang datar. Langkah-langkah perhitungan dalam menentukan koordinat dari poligon tertutup adalah sebagai berikut :

1. Hitung jarak miring/jarak di lapangan dengan rumus: $JM = (ba - bb)$
2. Hitung jarak proyeksi (JP) dengan rumus : $JP = JM \cos^2\beta$, dimana β adalah besar sudut miring/vertikal.
3. Hitung jumlah sudut diukur.
4. Hitung koreksi sudut diukur dengan rumus :
Jumlah sudut diukur teoritis = $(n + 2) 180^\circ$,
dimana n = jumlah titik. Selisih antara jumlah sudut teoritis dengan sudut hasil pengukuran dibagi dengan jumlah titik menjadi nilai koreksi sudut. Apabila nilai koreksi sudut positif, maka nilai sudut diukur masing-masing titik, lalu dikurangi dengan nilai koreksi. Sebaliknya, apabila nilai koreksi sudut negatif, maka nilai sudut diukur masing-masing titik ditambah dengan nilai koreksi.

5. Hitung azimuth masing-masing titik dengan rumus :

Azimuth = Azimuth Awal + SDU \pm 180°, dengan ketentuan :

- a. Apabila jumlah azimuth awal + SDU > 360°, gunakan tanda (-)
- b. Apabila jumlah azimuth awal + SDU < 360°, gunakan tanda (+)
- c. Apabila jumlah azimuth awal + SDU - 180° masih lebih besar dari 360°,
- d. maka Azimuth = (azimuth awal + SDU - 180°) - 360°.

“Catatan : SDU = Sudut Diukur”.

6. Hitung ΔX dengan rumus : $\Delta X = JP \sin \alpha$; dimana α adalah Azimuth.
7. Hitung koreksi ΔX ; ketentuan $\Sigma \Delta X = 0$. Apabila $\Sigma \Delta X > 0$, maka dilakukan pengurangan nilai ΔX masing-masing titik, dan sebaliknya apabila $\Sigma \Delta X < 0$, maka lakukan penambahan nilai ΔX masing-masing titik.
8. Hitung ΔY dengan rumus : $\Delta Y = JP \cos \alpha$.
9. Hitung koreksi ΔY ; ketentuan $\Sigma \Delta Y = 0$. Apabila $\Sigma \Delta Y > 0$, maka dilakukan pengurangan nilai ΔY masing-masing titik, dan sebaliknya bila $\Sigma \Delta Y < 0$, maka lakukan penambahan nilai ΔY masing-masing titik.
10. Hitung besar X (absis) dengan rumus : $X_n = X_0 + \Delta X_n \pm \text{Koreksi}$

11. Hitung besar Y (ordinat) dengan rumus : $Y_n = Y_0 + \Delta Y_n \pm \text{Koreksi}$
12. Koordinat titik adalah $(X_n ; Y_n)$.
13. Hitung luas dengan rumus : $\text{Luas} = 1/2\{\Sigma(X_n+1 \times Y_n) - \Sigma(X_n \times Y_{n+1})\}$

Soal Latihan

1. Buatlah perbedaan tentang prinsip kerja dan syarat pada poligon terbuka dan poligon tertutup ?
2. Jelaskan langkah-langkah perhitungan menentukan koordinat dari poligon tertutup ?
3. Jelaskan jenis-jenis poligon tertutup ?
4. Suatu poligon tertutup yang diikatkan pada suatu koordinat awal dimana $X_1 = 10$ m dan $Y_1 = -5$ m, sedangkan azimuth awalnya 145° . Apabila didapatkan hasil pengukuran sudut sebagai berikut : $\beta_1 = 92^\circ 30' 20''$; $\beta_2 = 89^\circ 20' 10''$; $\beta_3 = 91^\circ 10' 10''$; $\beta_4 = 86^\circ 59' 10''$ dan $d_{1-2} = 52$ m, $d_{2-3} = 50$ m, $d_{3-4} = 58$ m, $d_{4-1} = 50$ m. Hitunglah koordinat titik-titik yang lain ?
5. Diketahui :
Koordinat titik M (1000;1000) Azimuth MN = $65^\circ 31' 20''$ Data Pengukuran Sudut :

Sudut MN (α_1) $305^\circ 09' 10''$	Jarak MN = 152,5 m	Sudut β_1 (MN) $95^\circ 35' 45''$
Sudut NO (α_2) $235^\circ 00' 50''$	Jarak NO = 121,4 m	Sudut β_2 (NO) $88^\circ 22' 33''$
Sudut OP (α_3) $305^\circ 49' 30''$	Jarak OP = 112,6 m	Sudut β_3 (OP) $112^\circ 44' 05''$
Sudut PM (α_4) $233^\circ 50' 30''$	Jarak PM = 115,8 m	Sudut β_4 (PM) $82^\circ 22' 11''$

Hitunglah :

1. Koordinat titik N, O dan P ?
2. Luas bidang tersebut ?

Catatan :

Untuk membantu memperoleh koordinat titik-titik yang diukur di lapangan, maka koordinat UTM titik pertama atau titik awal perlu diketahui. Untuk mengetahuinya dapat dilakukan dengan menggunakan GPS dan konversi koordinat geografis ke UTM.

BAB 9

IMPLEMENTASI PENGUKURAN LAHAN (PENGUKURAN JARAK, BEDA TINGGI DAN SUDUT)



Kompetensi dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi pada bab ini diharapkan mahasiswa mampu menjelaskan dan menghitung mampu menghitung jarak dan sudut dari suatu titik di lapangan dengan menggunakan metode yang berbeda dari alat ukur langsung maupun alat ukur optis.

1. Gambaran Umum Materi

Sudut dan jarak memegang peranan penting di dalam ukur tanah, karena pada hakikatnya penentuan posisi atau koordinat di muka bumi dihitung dari hasil ukuran sudut dan jarak. Dalam bab ini akan dibahas mengenai cara melakukan pengukuran jarak, beda tinggi dan sudut horizontal/vertikal dengan beberapa metode yang berbeda.

2. Relevansi Bab dengan Kegunaan Bagi Mahasiswa

Bab ini merupakan materi inti dari ilmu ukur tanah, karena hasil olahan dan analisa data dari pengukuran di lapangan, selanjutnya akan dilakukan penggambaran untuk melihat bentuk profil/relief permukaan tanah berdasarkan elevasi dan jarak. Mahasiswa diharapkan mampu melakukan pengukuran dengan berbagai jenis alat ukur tanah, dimana hasil pengukuran selajutnya diolah dan dianalisis untuk menentukan

elevasi/tinggi dan jarak titik, serta dapat mengkoreksi kebenaran hasil analisis tersebut.

3. Tujuan Instruksional Khusus

- 1) Mahasiswa dapat menentukan koordinat suatu titik di lapangan dengan mengetahui arah dan sudut suatu titik.
- 2) Mahasiswa mampu menghitung jarak dan sudut, dan menghitung kesalahan indeks/koreksi hasil pengukuran.
- 3) Mahasiswa mampu membidik dan membaca sudut horizontal dan sudut vertikal pada titik sasaran dengan alat theodolit/waterpass.

4. Materi

Kegiatan pengukuran dilapangan dalam ilmu ukur tanah antara lain : pengukuran jarak, pengukuran beda tinggi, dan pengukuran sudut/arah.

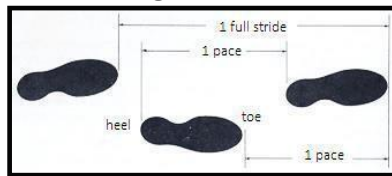
1) Pengukuran Jarak

Yang dimaksud dengan jarak yaitu angka yang menunjukkan panjang antara dua titik dilapangan yang diukur secara horizontal, atau rentangan terpendek antara dua titik. Satuan lazim yang digunakan yaitu cm, m, dan km. Pengukuran jarak secara umum dibedakan menjadi 2 (dua) cara, yaitu :

1. Pengukuran Jarak Secara Langsung

- Jarak antara dua titik tidak begitu jauh atau pada hamparan yang tidak luas.
- Kondisi topografi relatif mudah (tidak banyak penghalang).
- Alat ukurnya antara lain: galah, pita ukur, rantai ukur, dan odometer.
- Contoh : (1) Pacing (Langkah) : adalah metode pengukuran jarak kasar dengan menggunakan langkah kaki. Tingkat ketelitiannya antara 1:50 sampai 1:200 tergantung tingkat keahlian pengukur.

Jarak = Unit Langkah x Jumlah Langkah



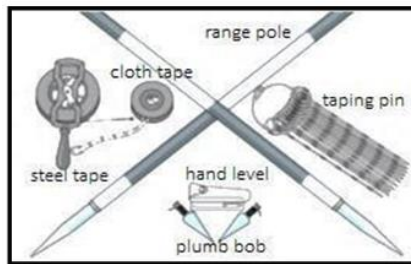
- (2) Menggunakan Roda Ukur (Odometer); alat ini berguna khususnya untuk mengukur jarak kasar sepanjang garis lengkung. Tingkat ketelitiannya sekitar 1:200.

Jarak = Bacaan Odometer x Keliling Roda



Gambar 50. Metode Odometer

- (3)Pita Ukur (Taping); pengukuran menggunakan pita ukur secara teori adalah sederhana, akan tetapi dalam pelaksanaannya tidak mudah karena dibutuhkan keahlian dan pengalaman. Tingkat ketelitiannya berkisar antara 1:500 - 1:3000, yang secara umum bisa diterapkan untuk sebagian besar survei pendahuluan. Panjang pita ukur berkisar antara 20 – 100 m. Satuan skala yang digunakan umumnya adalah meter dengan pembagian skala tiap 0,5 cm – 1 mm atau inchi dengan pembagian slaka tiap 0,125 inchi - 0,1 inchi.



Gambar 51. Peralatan *Taping*

2. Pengukuran Jarak Secara Tidak Langsung

- Jarak antara dua titik cukup jauh atau pada hamparan yang cukup luas.
- Pengukuran dilakukan secara optis ataupun elektronis.
- Alat ukur jarak optis antara lain: Total Station, Theodolit, Bousole Tranche Montagne (BTM), waterpass.
- Alat ukur jarak elektronis yaitu Electronic Distance Measurement (EDM).

Kedudukan antara dua titik dilapangan dapat terletak dalam :

- ❖ Posisi datar (sejajar dengan bidang datar), jaraknya disebut jarak datar.
- ❖ Posisi miring (membentuk sudut lancip terhadap bidang datar), jaraknya disebut jarak miring (jarak lapangan).
- ❖ Posisi tegak (membentuk sudut 90° terhadap bidang datar), jaraknya disebut jarak tegak (beda tinggi).

a. Pengukuran Jarak Horizontal (Jarak Datar)

Pengukuran jarak horizontal (jarak datar) dilakukan untuk mengetahui jarak antara 2 titik pada ketinggian yang sama. Misalnya: Titik A dan B terletak di suatu lapangan sepak bola yang rata. Maka jarak antara titik A dan B disebut jarak horizontal. Untuk memastikan bahwa jarak tersebut pada bidang datar maka, diatas alat ukur harus diletakkan waterpass. Apabila air raksa dalam waterpass sudah berada ditengah, maka bidang antara 2 titik tersebut sudah datar. Apabila jarak antara dua titik yang akan diukur lebih panjang dari alat ukur yang ada, maka ada dua tahapan pekerjaan yang harus dilaksanakan yaitu pelurusan dan pengukuran jarak. Dalam pengukuran tanah, maka prinsip yang digunakan adalah posisi titik-titik di permukaan bumi

bagaimanapun bentuk muka bumi, titik-titik tersebut berada pada bidang datar

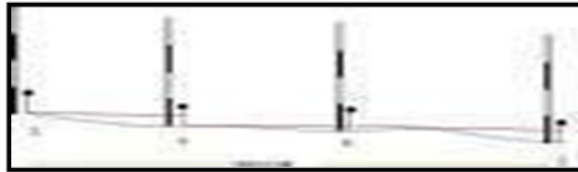


Gambar 52. Contoh Pengukuran Jarak Horizontal (Jarak Datar)

Beberapa ketentuan pada berbagai kondisi dalam pengukuran jarak :

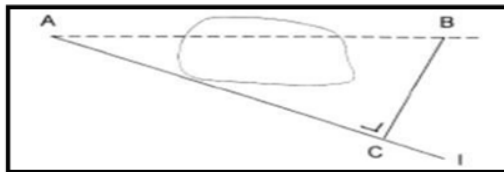
- ❖ Pelurusan arah dua titik yang akan diukur
Pelurusan dilakukan jika pengukuran tidak dapat dilakukan dengan sekali membentangkan alat ukur/pita ukur, karena jarak yang diukur melebihi panjang pita ukur atau kondisi tanah yang tidak datar. Misal, akan diukur jarak dari A ke B maka pelurusan dilakukan sebagai berikut:
 - Tancapkan jalon di titik A dan titik B.
 - Orang pertama melihat dari belakang jalon di A, hingga jalon di A dan B terlihat menjadi satu.
 - Orang kedua membawa jalon dengan arahan dari orang pertama, orang kedua bergeser ke kiri atau ke kanan hingga orang pertama melihat jalon di A dan B terlihat menjadi satu barulah jalon ditancapkan.

- Cara yang sama dilakukan pada jalon 2 dan 3, dan seterusnya sampai semua penggalan jarak ditandai pelurusannya.



Gambar 53. Pelurusan Titik Yang Akan Diukur

- ❖ Apabila titik A dan B terhalang kolam
 - Proyeksikan titik B pada garis C yang melalui titik A dan titik C
 - Ukur jarak AC dan jarak BC.
 - Hitung jarak dengan rumus ; $AB = \sqrt{AC^2 + BC^2}$

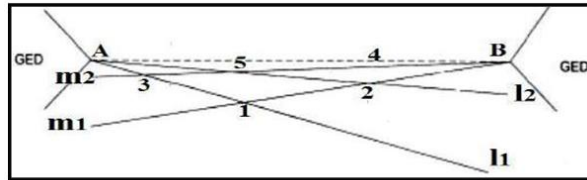


Gambar 54. Pengukuran Titik Yang Terhalang Kolam

- ❖ Apabila titik A dan B tepat di tepi bangunan
 - Buatlah garis l1 lewat titik A, tentukan titik 1 lalu hubungkan 1 ke B sebagai garis m1.
 - Pada garis m1 tentukan titik 2 dan hubungkan A ke 2, sehingga terbentuk garis l2 .
 - Tentukan titik 3 pada garis l2, hubungkan 3 ke B sehingga terbentuk garis m2.
 - Pekerjaan tersebut dilanjutkan sampai didapat : Titik 5-4-B satu garis dan Titik 4-5-

A satu garis berarti Titik A-5-4-B satu garis lurus.

- Selanjutnya lakukan pengukuran jarak AB



Gambar 55. Pengukuran Titik Tepi Ditepi Bangunan

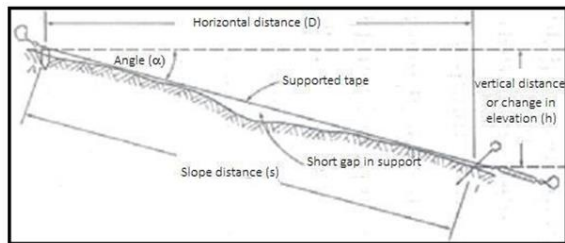
b. Pengukuran Jarak Miring

Pengukuran jarak miring dilakukan untuk menentukan jarak antara 2 titik yang berada pada level atau ketinggian yang berbeda. Misalnya pada areal berbukit dan bergelombang. Apabila ada satu titik (titik A) berada pada areal rendah dan satu titik lagi (titik B) berada pada daerah bukit (lebih tinggi), maka jarak antara titik A dan titik B disebut jarak miring. Pengukuran jarak miring perlu dilakukan untuk mendapatkan jarak proyeksi atau jarak datar.



Gambar 56. Contoh Pengukuran Jarak Miring

Jarak yang diperoleh dari pengukuran dengan alat ukur secara mendatar adalah jarak datar (horizontal distance). Jika pengukuran dilakukan secara langsung pada daerah miring yang curam maka yang diperoleh adalah jarak miring/slope (s). Untuk menentukan jarak datar (D), maka diperlukan pengukuran sudut miring (α)clinometer.dengan menggunakan abney hand level dan Clinometer.



Gambar 57. Pengukuran Pada Permukaan Miring

Jarak datar dapat dihitung dengan rumus :

$$D = s \cos \alpha$$

Jika beda tinggi (h) antara ujung-ujung titik diukur, maka jarak datar dapat dihitung dengan rumus :

$$D = (s^2 - h^2)^{1/2}$$

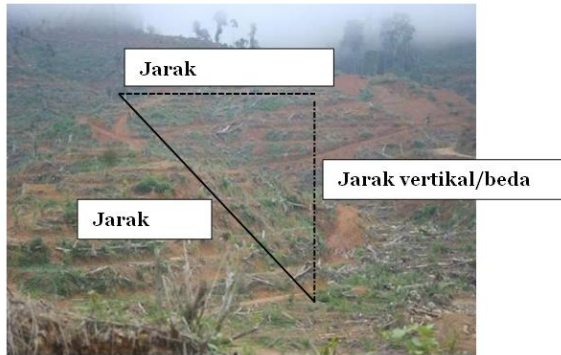
3. Pengukuran Beda Tinggi (Jarak Vertikal)

Pengukuran beda tinggi adalah pengukuran yang bertujuan untuk menentukan beda tinggi antara titik-titik atau tinggi suatu titik secara relatif terhadap bidang acuan tertentu. Bidang acuan (datum) untuk menentukan tinggi titik-titik di permukaan bumi adalah tinggi muka laut

rata-rata (mean sea level) atau pun titik lokal yang sudah diketahui ketinggiannya. Yang dihasilkan dari pengukuran beda tinggi yaitu : (a) profil memanjang; (b) profil melintang; dan (c) kontur. Hasil pengukuran beda tinggi umumnya digunakan untuk :

- ✓ Desain jalan raya, rel kereta api, saluran air, dan lain-lain.
- ✓ Menggambarkan konstruksi proyek.
- ✓ Menghitung volume tanah dan material lainnya.
- ✓ Menyelidiki karakteristik drainase suatu area.
- ✓ Mengembangkan peta konfigurasi tanah secara umum.
- ✓ Mempelajari earth subsidence (penyusutan bumi) dan creostal movement (pergerakan kerak bumi).

Pengukuran beda tinggi (jarak vertikal) dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung (menggunakan metode pengukuran beda tinggi). Pengukuran jarak vertikal secara langsung dapat menggunakan pita ukur maupun alat pengukur jarak elektronik (EDM). Pengukuran jarak vertikal dilakukan untuk mengetahui beda tinggi atau level vertikal antara 2 titik yang berada pada suatu bidang miring. Dalam prakteknya, jarak vertikal digunakan untuk menentukan letak/posisi teras di suatu lahan miring.



Gambar 58. Contoh Pengukuran Jarak Vertikal (Beda Tinggi)

Pengukuran beda tinggi bermaksud untuk menentukan beda tinggi antara titik-titik di muka bumi serta menentukan ketinggian terhadap suatu bidang referensi atau bidang datum ketinggian tertentu. Bidang referensi atau bidang datum adalah suatu bidang nivo tertentu, dimana ketinggian titik-titik mulai dihitung. Bidang nivo sendiri merupakan suatu permukaan dimana arah gaya berat pada setiap titik padanya selalu tegak lurus. Contoh sederhana dari bidang nivo adalah permukaan air dalam keadaan tenang seperti permukaan air di dalam gelas, permukaan air danau atau air laut. Sementara itu ketinggian didefinisikan sebagai jarak tegak di bawah atau di atas bidang referensi. Beda tinggi antara dua titik adalah merupakan jarak tegak antara dua bidang nivo yang melalui kedua titik tersebut.

Di dalam pengukuran beda tinggi dikenal istilah benchmark yaitu suatu titik tetap yang diketahui ketinggiannya terhadap suatu bidang referensi tertentu. Ujung dari benchmark ini dapat

terbuat dari pilar beton dengan tanda diatas/disampingnya sebagai titik ketinggiannya. Secara prinsip metode pengukuran beda tinggi (leveling) dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

❖ Metode Barometris (Barometric Leveling)

Penentuan beda tinggi metode barometris didasarkan pada perbedaan tekanan udara antara dua tempat. Prinsipnya adalah tekanan udara di dataran rendah (daerah pantai) akan lebih besar dibandingkan dengan tekanan udara di dataran tinggi (pegunungan). Beda tinggi antara dua tempat secara umum dirumuskan sebagai:

$$dH = - dP / (\rho \cdot g)$$

dimana ;

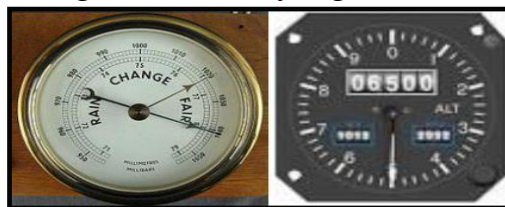
dh : beda tinggi

dP : perbedaan tekanan udara

ρ : kepadatan udara

g : percepatan gaya berat

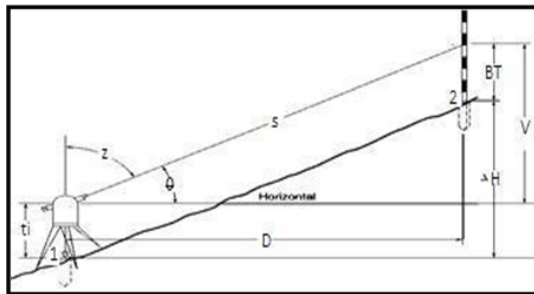
Selain tekanan udara, beda tinggi barometris juga dipengaruhi oleh temperatur udara, kelembaban udara, posisi lintang titik ukur, dan ketinggian titik ukur. Tingkat ketelitian metode ini adalah yang paling rendah dibanding dua metode yang lain.



Gambar 59. Barometer dan Altimeter

❖ Metode Trigonometris (Trigonometric Leveling)

Pada metode ini digunakan alat ukur theodolit, sehingga garis bidik alat ukur dapat dibuat dalam keadaan miring (tidak mendatar). Alat ukur ditempatkan di atas titik ukur (1), sedangkan pada titik ukur lainnya (2) ditempatkan rambu. Data yang diukur adalah bacaan rambu (benang atas/BA, benang tengah/BT, benang bawah/BB), sudut vertikal (z) atau sudut miring (θ), dan tinggi alat ukur (t_i). Untuk jarak dekat (<1000 feet) efek kelengkungan bumi dan refraksi diabaikan.



Gambar 60. Trigonometric Leveling

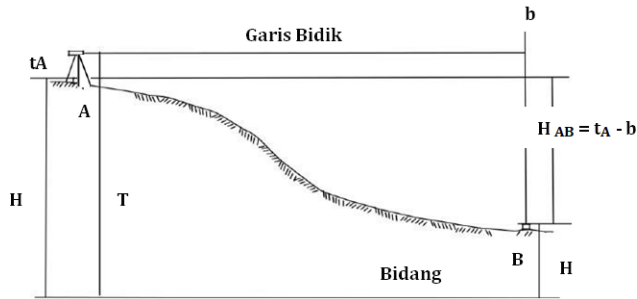
- Beda tinggi (ΔH) titik 1 dan 2 adalah :
 $\Delta H = t_i \pm (D \sin z \cos z) - BT$ atau $\Delta H = t_i \pm (D \tan \theta) - BT$
- Jarak datar (D) adalah :
 $D = 100 \times (BA - BB) \times \sin^2 z$ atau $D = 100 \times (BA - BB) \times \cos^2 \theta$
- Hubungan zenit (z) dan heling (θ) adalah :
 $\theta = 90^\circ - z$ (posisi biasa) atau $\theta = z - 270^\circ$ (posisi luar biasa)

❖ Metode Sipat Datar (Spirit Leveling)

Metode sipat datar adalah metode penentuan beda tinggi yang paling teliti dibandingkan dengan kedua metode tersebut. Alat ukur yang digunakan pada pengukuran beda tinggi metode sipat datar adalah waterpass (level), dimana garis bidiknya dalam keadaan mendatar. Penentuan beda tinggi antara dua titik dengan metode sipat datar dapat dilakukan dengan 3 (tiga) cara penempatan alat ukur penyipat datar, tergantung pada keadaan lapangan berikut :

❖ **Cara Pertama**, yaitu dengan menempatkan alat ukur penyipat datar diatas salah satu titik. Alat ditempatkan diatas titik/patok B, diukur tinggi alat (i) disebut juga sebagai garis bidik (titik tengah teropong alat) yaitu diukur dengan mistar/rol meter dari permukaan tanah/patok. Garis bidik ini diarahkan ke rambu ukur yang diletakkan diatas titik lainnya yaitu titik A, selanjutnya pembacaan pada rambu ukur diambil benang tengah yang dimisalkan a, maka angka a ini menyatakan jarak angka a dengan dasar/alas rambu ukur, maka untuk menghitung beda tinggi (Δh) antara titik A dan titik B menggunakan rumus berikut :

$$\Delta h_{ab} = a - i$$



Gambar 61. Alat Berada Diatas Titik (B)

Keterangan :

t_A = Tinggi alat di titik A

B = Bacaan rambu di B

T = Tinggi garis bidik

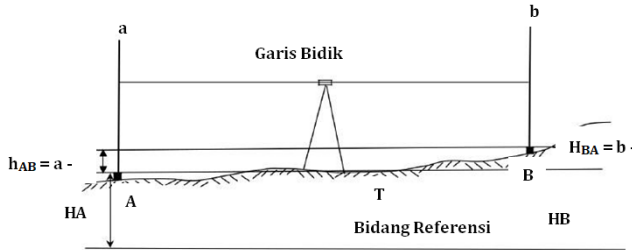
H_B = Tinggi rambu B

H_A = Tinggi rambu ukur A

h_{AB} = Beda tinggi dari A ke B = $t_A - b$

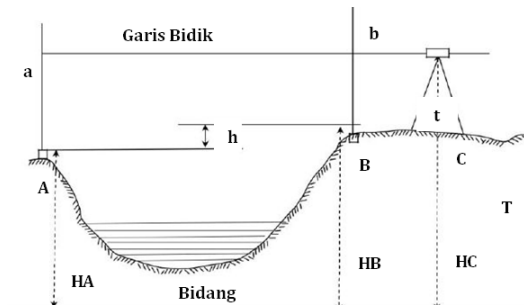
- ❖ Cara Kedua, yaitu alat sipat datar ditempatkan diantara titik A dan titik B, sedang dititik A dan titik B ditempatkan dua rambu ukur. Jarak dari alat ukur penyipat datar ke kedua rambu dibuat sama, dimana alat sipat datar tersebut terletak pada garis lurus yang menghubungkan dua titik A dan B, selanjutnya arahkan garis bidik ke rambu A sebagai pembacaan belakang, lalu putar ke rambu ukur ke titik B sebagai pembacaan muka. Dimisalkan pembacaan pada dua rambu berturut-turut adalah b sebagai pembacaan belakang dan m sebagai pembacaan muka. Perlu diingat bahwa angka-angka yang terbaca pada rambu

ukur selalu menyatakan jarak antara angka dan alas/dasar rambu ukur, maka dengan mudah dapat dimengerti bahwa beda tingi antara titik-titik A dan B menggunakan rumus : $\Delta h = b - m$



Gambar 62. Alat Berada Diantara Dua Titik

- ❖ **Cara Ketiga**, yaitu apabila alat sipat datar tidak dapat ditempatkan diantara dua titik A dan B, misalnya karena antara titik A dan titik B ada saluran atau kolam/danau, maka dapat digunakan cara ini yaitu ; alat sipat datar ditempatkan tidak diantara titik A dan B, tidak pula diantara satu titik atau titik B, tetapi di sebelah kiri titik A atau di sebelah kanan titik B, jadi diluar garis AB. Sehingga beda tinggi antara titik A dan B dapat dihitung menggunakan rumus : $\Delta h = b - m$



Gambar 63. Alat Ditempatkan Diluar Titik

Dari tiga cara pengukuran diatas, cara kedua (alat diletakkan diantara dua rambu ukur) yang memberi hasil yang paling teliti, karena kesalahan yang mungkin masih ada pada pengaturan dapat saling memperkecil, apalagi bila jarak antara alat ukur penyipat datar dengan kedua rambu ukur sama. Dengan demikian, beda antara pembacaan rambu ukur belakang dengan pembacaan rambu ukur muka akan menjadi beda tinggi.

3) Pengukuran Sudut

a. Pengukuran Sudut Horizontal

Sudut horisontal adalah selisih dua arah. Apabila garis-garis yang saling berpotongan berada pada suatu bidang datar disebut sudut horizontal. Untuk menentukan posisi relatif satu titik terhadap titik yang lain dapat ditentukan dengan mengukur besarnya sudut arah/sudut horizontal. Sudut horisontal pada pengukuran dengan theodolit adalah selisih bacaan lingkaran horisontal arah depan (FS) dan arah belakang (BS). Dalam praktek pemetaan, pengukuran sudut horizontal digunakan untuk menentukan batas-batas antar bidang dalam suatu bidang datar yang luas. Misalnya: batas blok dalam suatu Afdeling, atau batas Afdeling dalam suatu kebun.



Gambar 64. Contoh Pengukuran Sudut Horizontal

Dalam praktek pemetaan, ada 2 (dua) bentuk pengukuran sudut horizontal yang umum digunakan, yaitu:

- Pengukuran Azimuth

Pengukuran ini dilakukan dengan alat ukur theodolite yang selalu diikatkan dengan Utara magnetik bumi. Pengukuran ini sering juga disebut pengukuran langsung.

- Pengukuran Sudut

Pengukuran ini dilakukan dengan alat ukur theodolite yang tidak memiliki magnet di dalamnya, sehingga yang diukur adalah sudutnya. Pengukuran ini sering disebut dengan pengukuran tidak langsung.

b. Pengukuran Sudut Vertikal

Sudut vertikal merupakan sudut yang dibentuk oleh perpotongan dua buah garis pada bidang vertikal. Bidang vertikal dapat digambarkan seperti sebuah tebing yang longsor dimana titik tertinggi dan terendah terlihat.



Gambar 65. Contoh Pengukuran Sudut Vertikal

Dalam ilmu ukur tanah, khususnya pekerjaan pemetaan, dengan bantuan pengukuran jarak dan pengukuran sudut maka letak atau lokasi suatu titik yang belum diketahui terhadap titik yang sudah diketahui, akan dapat ditentukan. Penentuan ini berbasis pada sistem koordinat yang akan telah disajikan pada bab/materi sebelumnya.

Soal Latihan

1. Jelaskan yang dimaksud dengan pengukuran jarak, pengukuran beda tinggi dan pengukuran sudut ?
2. Jelaskan metode-metode sipat datar untuk menghitung beda tinggi ?
3. Jelaskan jenis-jenis pengukuran jarak ?
4. Sebutkan cara melakukan pengukuran sudut vertikal dan horizontal dengan menggunakan theodolit ?
5. Diketahui data lapangan sebagai berikut : Tinggi alat pada titik B (i) = 1.510 m Tinggi titik A (HA) = +15.000 m
Pembacaan rambu di titik A = BA (1.950) m, BT (1.800) m, BB (1.650) m Hitunglah :
 - a) Jarak optis dari titik A ke titik B (D_{ab})
 - b) Tinggi/elevasi titik B(HB)
 - c) Gambarlah sketsa pengukurannya
6. Diketahui data lapangan sebagai berikut : Alat berada diantara titik A dan B
7. Pembacaan rambu di titik A = BA (2.050) m, BT (1.925) m, BB (1.800) m Pembacaan rambu di titik B = BA (1.625) m, BT (1.500) m, BB (1.375) m
Tinggi titik A (HA) = + 15.290 meter
Hitunglah :
 - a) Jarak optis dari titik A ke titik B (D_{ab})
 - b) Tinggi/elevasi titik B (HB)
 - c) Gambarlah sketsa pengukurannya

BAB 10

KESALAHAN DALAM PENGUKURAN LAHAN



1. Kompetensi dan Indikator Pencapaian Kompetensi

Kompetensi pada bab ini diharapkan mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan pengertian dari kesalahan dalam pengukuran pada survey pemetaan, serta mampu menguraikan teknik dan cara pengukuran di lapangan dengan tingkat ketelitian peralatan yang digunakan.

2. Gambaran Umum Materi

Kesalahan pada dasarnya tidak dapat dihindarkan, tetapi dapat dieliminir dengan beberapa cara/metode tertentu. Setiap pengukuran, dengan kecermatan yang memadai, mempunyai ketidakteelitian yaitu adanya kesalahan yang berbeda-beda, tergantung pada kondisi alat ukur, benda ukur, metode pengukuran, dan kecakapan si pengukur. Dalam bab ini akan dibahas mengenai macam kesalahan yang mungkin terjadi saat melakukan pengukuran, dan berbagai faktor penyebabnya seperti faktor manusia, alat dan alam. Dengan mengetahui jenis dan penyebab kesalahannya, maka kesalahan dalam pengukuran dapat dieliminir.

3. Relevansi Bab dengan Kegunaan Bagi Mahasiswa

Pada prinsipnya, tidak ada hasil pengukuran yang sempurna, tetapi diharapkan hasil pengukuran dapat menunjukkan akurasi dan presisi. Salah satu hal penting yang masih kurang disadari mahasiswa adalah meskipun peralatan yang digunakan sudah canggih, tetapi alat tersebut menuntut kualitas pemakai yang lebih tinggi. Untuk itulah, mahasiswa diharapkan mampu mengidentifikasi kesalahan - kesalahan pada pekerjaan survey dan pemetaan.

4. Tujuan Instruksional Khusus

- 1) Mahasiswa dapat mengetahui macam-macam kesalahan yang terjadi pada saat melakukan pengukuran dan faktor penyebabnya.
- 2) Mahasiswa mampu mengeliminasi terjadinya kesalahan dalam pengukuran, serta mengetahui metode untuk mengatasi kesalahan tersebut.

5. Materi

Pengukuran adalah pengamatan terhadap suatu besaran yang dilakukan dengan menggunakan peralatan dalam suatu lokasi dengan beberapa keterbatasan yang tertentu. Pengukuran mencakup 3 (tiga) hal atau bagian yaitu benda ukur, alat ukur dan pengukur/pengamat. Karena

ketidaktepatan masing-masing bagian ini ditambah dengan pengaruh lingkungan, maka dapat dikatakan bahwa pengukuran tidak lepas dari kesalahan-kesalahan pengamatan. Tidak ada satu metode ataupun alat yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran dengan hasil yang pasti tepat, dengan kata lain setiap pengukuran selalu ada kesalahannya. Yang perlu diperhatikan adalah seberapa besar suatu kesalahan masih dapat diterima untuk memperkecil kesalahan tersebut. Ditinjau dari penyebabnya, sumber kesalahan dibagi menjadi 3 (tiga), yaitu :

1) Kesalahan Alami (Natural Errors)

Kesalahan-kesalahan ini disebabkan oleh keadaan fisik dan iklim. Kesalahan yang diperoleh umumnya sangat kecil dan dapat diabaikan. Seperti pengaruh angin, suhu, panas/temperatur, gaya berat, pembiasan cahaya, kelembaban udara, dan deklinasi magnetik.

- ❖ Pengaruh Angin dan Suhu
Stabilitas dari alat mungkin terganggu sehingga menyebabkan tinggi garis kolimasi sedikit berubah.
- ❖ Cuaca
Panas matahari sangat mempengaruhi pelaksanaan pengukuran. Apabila matahari sudah tinggi antara jam 11.00 - 14.00, maka panas matahari pada waktu itu akan

menimbulkan adanya gelombang udara yang dapat terlihat melalui teropong. Dengan demikian, gelombang udara didepan rambu akan terlihat, sehingga angka pada rambu ikut bergelombang dan sukar dibaca.

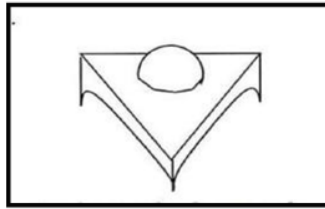
❖ Tanah Yang Lembek dan Keras

Apabila alat dipasang pada tanah yang lembek, hal tersebut akan menyebabkan alat turun perlahan pada saat pengamat bergerak disekitarnya. Apabila dipasang pada tanah yang tertutup tumbuh- tumbuhan alat akan berubah naik dari muka tanah, dalam hal ini juga merubah kolimasi secara perlahan.

❖ Perpindahan Titik Karena Keadaan Tanahnya

Pada setiap perpindahan titik, rambu ukur harus dijaga betul-betul pada ketinggian yang sama untuk kedua pengamatan rambu muka dan rambu belakang. Suatu titik yang kuat/stabil harus dipilih dan ditandai dengan kapur. Jika tanahnya lembek, suatu bantuan pengukuran (Gambar 65) harus digunakan. Pelat tersebut sangat sederhana berbentuk segitiga yang terbuat dari metal dengan bagian melengkung pada setiap titik segitiga yang berfungsi sebagai paku yang diruncingkan agar dapat menancap dengan baik. Suatu bentuk permukaan lengkung setengah bola ditempatkan ditengah lempengan tadi yang

berfungsi untuk tempat rambu diletakkan pada setiap kali pengamatan.



Gambar 66. Landasan Rambu

2) Kesalahan Alat (Instrumental Errors)

Kesalahan-kesalahan ini dikarenakan kelemahan/kekurangan alat, dan akan selalu terjadi dalam tanda yang sama. Seperti perbedaan panjang alat ukur dari dua merk dagang, ketidaksempurnaan konstruksi alat, maupun kesalahan kalibrasi alat.

❖ Kesalahan Panjang Alat Ukur

Ada kemungkinan bahwa alat ukur yang digunakan sedikit berbeda dengan ukuran standar, karena asli dari pabrik atau mungkin karena kerusakan. Kesalahan yang ditimbulkan bersifat merambat yaitu semakin lama panjang yang terukur semakin bertambah atau semakin berkurang. Untuk meminimalisir kesalahan, maka perlu dikoreksi dengan rumus :

$$T = L + \frac{I - I'}{I'} L = L + C_1 L$$

Dimana ;

T = Panjang sebenarnya

L = Panjang yang terukur

I = Panjang alat ukur

I' = Panjang alat ukur standar

C₁ = Faktor koreksi

Contoh : Panjang suatu pita ukur = 50 m, tetapi setelah dibandingkan dengan ukuran standar panjangnya = 50,02 m. Faktor koreksi $C_1 = (50,02 - 50)/50 = + 0,0004$ m. Jika jarak antara dua titik diukur dengan pita ukur tersebut = 325 m, maka jarak yang sebenarnya = $325 + 0,0004 (325) = 325,13$ m.

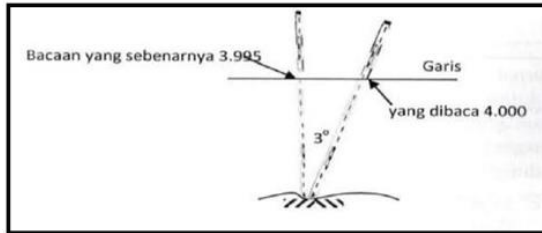
❖ Alat Ukur Tidak Horizontal

Apabila jarak yang akan diukur cukup jauh, kesalahan ini bersifat merambat akibatnya jarak yang terukur lebih panjang dari jarak sebenarnya. Kesalahan ini dapat diperkecil dengan menggunakan alat “hand level” atau “altimeter” untuk mengecek ketinggian.

❖ Tidak Tegaknya Rambu Ukur

Kesalahan ini merupakan sumber kesalahan yang perlu mendapat perhatian. Seharusnya rambu ukur dipasang tegak, kenyataannya mungkin rambu miring arah kedepan atau arah kebelakang dari pengamat. Pada Gambar 66, terlihat bahwa rambu ukur membentuk sudut 3^0 dengan arah tegak. Jika bacaan 4000 m diamati, akan terdapat kesalahan sebesar 5 mm. bacaan yang benar adalah $4 \times \cos 3^0 = 3.995$ m. Kesalahan tersebut dapat dihilangkan dengan menempatkan sebuah nivo pada rambu ukur. Pemegang rambu harus menjamin bahwa gelembung nivo tetap ditengah pada saat rambu ukur dibaca. Metode kedua dalam menghilangkan

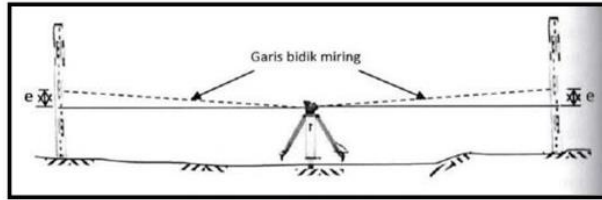
kesalahan ini adalah pemegang rambu merubah rambu secara perlahan dalam arah kemuka dan kebelakang melewati posisi tegak selama pengamatan. Pengamat kemudian membaca bacaan terkecil.



Gambar 67. Akibat Rambu Miring

❖ Salah Kolimasi Dari Alat

Pada pengaturan alat sipat datar yang baik, garis bidik harus betul-betul mendatar apabila gelembung nivo berada di tengah. Jika keadaan tersebut tidak dapat dipenuhi sebelumnya, maka akan terdapat kesalahan dalam pembacaan rambu ukur. Gambar 67 menunjukkan bahwa garis bidik miring dan kesalahan sisa adalah sebesar "e", dan akan bertambah sebanding dengan jarak pengamatan. Kesalahan tersebut dapat dihilangkan secara lengkap dengan pengamatan rambu muka dan rambu belakang pada jarak yang sama. Kesalahan "e" akan sama untuk setiap kali pengamatan, dan beda tinggi yang benar akan merupakan beda tinggi dari bacaan.



Gambar 68. Salah Kolimasi Alat

- ❖ Salah Pembagian Bacaan Pada Rambu Ukur
Kesalahan ini lebih umum terdapat daripada yang sering dibayangkan khususnya pada tahapan pemindahan, apabila rambu ukur dalam satuan inchi akan diubah kedalam sistem metrik dengan menempelkan pembagian sistem metrik terhadap sistem bacaan aslinya dalam sistem lama. Perhatian harus diberikan untuk menjamin bahwa titik nol yang ditempelkan betul-betul berhimpit dengan dasar dari rambu ukur, dan bahwa macam-macam pembagian rambu benar-benar baik.

3) Kesalahan Petugas (Human Errors)

Kesalahan-kesalahan yang muncul akibat kesalahan pengamat. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh kelalaian, kurangnya pengalaman atau kelelahan. Seperti petugas kurang cermat dalam memasang dan membaca alat, keterbatasan pengukur dalam memahami prosedur pengukuran, kecerobohan pengukur saat melakukan pengamatan, maupun kesalahan pencatat (salah dengar/salah catat).

- ❖ Kesalahan Menghitung
Jika pengukuran jarak dilakukan dengan menggunakan alat ukur berulang kali, ada kemungkinan petugas lupa sudah berapa kali alat ukurnya digunakan.
- ❖ Kesalahan Membaca Rambu
Kesalahan ini mungkin merupakan kesalahan yang paling umum terdapat dalam semua pengukuran sipat datar. Contoh-contoh kesalahan bacaan rambu adalah : salah penempatan titik desimal, kesalahan membaca harga meter, membaca rambu dengan cara yang salah.
- ❖ Menggunakan Benang Silang Yang Salah
Pengamat seharusnya membaca rambu ukur berdasar atas garis sumbu dan bukan membaca berdasar kepada salah satu garis arah pengamatan. Kesalahan ini biasa terjadi akibat lemahnya penglihatan.
- ❖ Ketidak Telitian Pengamat (Salah Mencatat)
Kesalahan yang terjadi dalam penafsiran bacaan milli-meter, terutama apabila penglihatan kurang baik atau pengamatan terlalu jauh. Terkadang juga angka yang dicatat tertukar dengan angka yang dibaca, misalnya 3.020 dicatat 3.002.
- ❖ Tidak Tercatat Atau Salah Memasukkan Angka
Bacaan rambu dapat dengan mudah tertulis dalam kolom yang salah atau bahkan hilang atau tidak tertulis sama sekali.
- ❖ Nivo Tidak Ditengah
Rambu dibaca tanpa menyetengahkan gelembung nivo.

Semua kesalahan-kesalahan tersebut dapat sangat kecil atau sangat besar dan setiap saat harus dilakukan koreksi untuk menghilangkan kesalahan tersebut. Satu-satunya jalan untuk menghilangkan kesalahan tersebut adalah melakukan pengukuran ganda, yakni melakukan pengukuran dari A ke B kemudian kembali dari B ke A. Secara teoritis, pengukuran sipat datar harus tepat tanpa adanya kesalahan, tetapi hal itu sangat jarang terjadi. Tetapi kesalahan tersebut harus didalam batasan yang dapat diterima, umumnya tidak lebih dari 1mm per jarak 50 m, untuk sipat datar yang kurang dari 1 km.

Berdasarkan jenisnya, kesalahan pengukuran dibagi menjadi 3 (tiga), yaitu :

1) **Gross Error/Blunder**

- Nilai pengukuran menjadi sangat besar/kecil/berbeda dibandingkan nilai ukuran yang seharusnya.
- Sumber kesalahan dari personal.
- Hasil pengukuran menjadi tidak homogen.
- **Solusinya** : harus dideteksi dan dihilangkan dari hasil pengukuran dengan cara :
 - a) Periksa/cek secara hati-hati objek yang akan diukur.
 - b) Melakukan pembacaan hasil ukuran secara berulang.
 - c) Verifikasi hasil yang dibaca dan yang dicatat.
 - d) Mengulang seluruh pengukuran secara mandiri.

- e) Penggunaan rumus untuk mengecek hasil ukuran.

2) Systematic Error

- Terjadi berdasarkan sistem tertentu (deterministic system) yang dapat dinyatakan dalam hubungan fungsional/matematik tertentu dan mempunyai nilai yang sama untuk setiap pengukuran pada kondisi yang sama.
- Sumber kesalahan dari alat.
- Hasil pengukuran menyimpang dari hasil pengukuran yang seharusnya.
- **Solusinya** : harus dideteksi dan dikoreksi dari nilai pengukuran dengan cara :
 - a) Kalibrasi alat sebelum pengukuran.
 - b) Menggunakan metode pengukuran tertentu.

3) Random/Accidental Error

- Kesalahan yang masih terdapat pada pengukuran setelah blunder dan kesalahan sistematis dihilangkan.
- Tidak memiliki hubungan fungsional yang dapat dinyatakan dalam model deterministik, tetapi dapat dimodelkan menggunakan model stokastik (teori probabilitas).
Sumber kesalahan dari personal, alat, alam.
- Tidak dapat dihilangkan, tetapi dapat diminimalkan dengan pengukuran berulang dan melakukan hitung perataan

terhadap hasil pengukuran dan kesalahan pengukuran.

Berdasarkan sifatnya, kesalahan pengukuran dibagi menjadi 3 (tiga), yaitu :

1) Kesalahan Kasar

Adalah kesalahan yang besarnya satuan pembacaannya. Misalnya; mengukur jarak yang dapat dibaca sampai 1 dm, namun terjadi perbedaan pengukuran sampai 1 m. ini berarti ada kesalahan pembacaan ukuran dan harus diulang.

2) Kesalahan Teratur

Terjadi secara teratur setiap kali melakukan pengukuran, dan umumnya terjadi karena kesalahan alat.

3) Kesalahan Yang Tidak Teratur

Disebabkan karena kurang sempurnanya panca indera maupun peralatan. Kesalahan ini sulit dihindari karena memang merupakan sifat pengamatan/ukuran.

➤ **Mengoreksi Kesalahan**

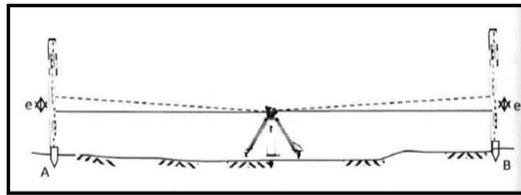
Pada pembahasan tentang kesalahan-kesalahan, dijelaskan bahwa garis bidik dapat tidak sejajar dengan garis arah nivo. Pengukuran beda tinggi akan benar, apabila jarak antara alat ke rambu muka sama dengan jarak ke rambu belakang. Namun keadaan ini tidak dapat selalu dipenuhi, oleh karena keadaan lapangan yang tidak memungkinkan. Salah satu cara untuk mengatasinya adalah terlebih dahulu mengoreksi alat ukur tersebut sehingga alat yang dipakai benar- benar dalam keadaan baik.

Cara pembetulan alat akan berbeda satu sama lainnya tergantung dari jenis dan konstruksi alat yang bersangkutan, misalnya alat sipat datar otomatis. Pada alat ini sumbu tegak hanya diperlukan kira-kira sumbu I dalam keadaan mendekati vertikal. Sekali lagi keadaan seperti itu cukup dipenuhi dengan menggunakan nivo yang kecil. Garis bidik harus mendatar apabila nivo yang kecil pada posisi ditengah. Pengujian dengan dua patok dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Pilih dua titik A dan B yang terpisah sejarak 60 m, dan pasanglah kedua patok kuat-kuat pada tanah.
- Pasang alat betul-betul ditengah antara kedua patok tersebut, kemudian ukurlah beda tingginya dengan hati-hati.
- Amati rambu ukur pada A dan catat bacaannya.
- Pindahkan rambu ukur ke B, lalu bacalah rambu dan ratakan tinggi patok B sehingga bacaannya sama seperti yang diperoleh pada A.
- Kedua patok A dan B akan berada pada ketinggian yang sama tanpa dipengaruhi apakah garis bidik mendatar atau tidak. Pada Gambar 68, terlihat bahwa garis bidik miring arah keatas sebesar sudut dan menyebabkan bacaan pada rambu di A memiliki kesalahan sebesar "e", karena patok B berada pada jarak yang sama dari alat seperti patok A, maka pada A pun akan terbaca dengan memiliki kesalahan sebesar "e".

- Pasang rambu ukur pada B, dan bacalah rambu ukur terhadap posisi lempeng pengamat dari alat.
- Pasang rambu ukur pada A dan bacalah angka yang terlihat. Bacaan harus sama, maka hal tersebut menunjukkan adanya kesalahan kolimasi yang disebabkan oleh bergesernya diafragma dalam arah tegak.

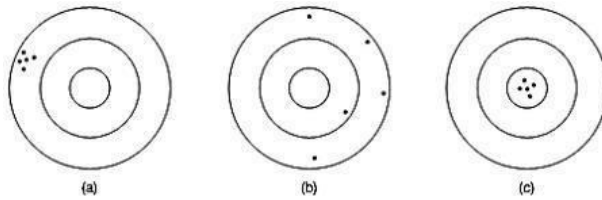
Apabila garis bidik diketahui salah, maka diafragma umumnya dapat diatur. Jika hal tersebut tidak memungkinkan, maka unit kompensator dapat diatur, tetapi hal itu sebenarnya bukan merupakan tugas seorang surveyor, dan alat tersebut harus dikembalikan ke pembuatnya.



Gambar 69. Kesalahan Garis Bidik

➤ Keandalan Pengukuran

Keandalan pengukuran (reliability of measurement) meliputi ketelitian dan keseksamaan dalam pengukuran. Suatu pengukuran dapat saja seksama tapi tidak teliti, tetapi apabila pengukuran tersebut teliti pasti seksama.



Gambar 70. Keseksamaan dan Ketelitian; (a) Hasil Seksama Tapi Tidak Teliti; (b) Hasil Tidak Seksama dan Tidak Teliti; (c) Hasil Seksama dan Teliti

Ketelitian (accuracy) adalah kedekatan nilai - nilai ukuran dengan nilai sebenarnya, yakni :

- Mencakup bias yang disebabkan oleh kesalahan acak, maupun kesalahan sistematis yang tidak terkoreksi.
- Dapat dinyatakan dengan standar deviasi, jika tidak ada bias kesalahan sistematis.
- Pengukuran disebut akurat jika rata-rata kesalahannya mendekati nol.

Keseksamaan (precision) adalah tingkat kedekatan nilai-nilai ukuran satu sama lain. Pengukuran punya presisi tinggi jika :

- Hasil pengukuran saling berdekatan (mengumpul).
- Mempunyai distribusi probabilitas yang sempit.
- Nilai standar deviasinya kecil.

Untuk mencapai hasil pengukuran yang andal (teliti dan seksama), maka seorang surveyor harus :

- a. Memahami teori pengukuran.
- b. Menguasai jenis-jenis alat ukur, pengaturan, dan pengoperasiannya.
- c. Memahami cara perhitungan data ukuran.
- d. Bekerja dengan penuh tanggung jawab dan keteguhan.

Contohnya :

Sebuah pegas mempunyai ukuran standar = 50 m, tetapi panjang sebenarnya adalah 50,01m. Jika pegas tersebut digunakan untuk mengukur panjang masing-masing 4 kali dengan hasil pengukurannya adalah : 205,095 dan 205,097 atau nilai rata-ratanya = 205,096. Sehingga :

- Kesalahan sistematis pengukuran tersebut adalah : $0,01 \text{ m} \times 4 = 0,04 \text{ m}$
- Keseksamaan pengukuran adalah : $0,01/205,096$
- Ketelitian pengukuran adalah : $0,04/205,096$

Jadi hasil pengukuran tersebut = seksama tapi tidak teliti.

Soal Latihan

1. Jelaskan secara singkat definisi dari kesalahan, koreksi dan keandalan dalam pengukuran lahan ?
2. Jelaskan secara singkat faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran ?
3. Jelaskan bagaimana cara mengoreksi/mengatasi kesalahan jika garis bidik tidak sejajar ?
4. Jelaskan bagaimana cara untuk mendapatkan hasil pengukuran yang andal ?

5. Jelaskan solusi jika terjadi kesalahan pengukuran akibat rambu miring, kesalahan panjang alat ukur, dan blunder ?

DAFTAR PUSTAKA

- BBLSDLP. 2006. Sifat Fisik Tanah Dan Metode Analisisnya. Bogor: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan pertanian.
- BPT. 2009. Balai Penelitian tanah Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air Dan Pupuk. Edisi 2. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- BSN(Badan Standar Nasional). 2011. Pengukuran Dan Penghitungan Cadangan Karbon - Pengukuran Lapangan Untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting). Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Fauzi, A. 2009. Analisa Kadar Unsur Hara Karbon Organik Dan Nitrogen Di Dalam Tanah Perkebunan Kelapa Sawit Bengkalis Riau. Universitas Sumatera Utara.
- Foth, H. D., and Adisoemarto, S. (1994). Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Jakarta: Erlangga.
- FWI. 2009. Forest Watch Indonesia Penghitungan Potensi Karbon Di Kawasan Hutan. Bogor: Global Forest Watch.
- Hairiah, K, and S.R Utami. 2003. "Neraca Hara Dan Karbon Dalam Sistem Agroforestri." Malang: Universitas Brawijaya, 109-27.
- Hanafiah, K. A. (2012). Dasar - Dasar Ilmu Tanah. Jakarta: RajaGrafindo Persada.
- Handayani, DT. 2010. Dinamika Karbon Tanah Akibat Konversi Lahan Dan Hubungannya Dengan

Penambahan Gas Rumah Kaca Di Atmosfer (Studi Kasus: Pulau Sumatera). Bogor: IPB Press

Herviyanti. (2012). Perbaikan Sifat Kimia Oxisol Dengan Pemberian Bahan Humat dan Pupuk P Untuk Meningkatkan Serapan Hara dan Produksi Tanaman Jagung. *Jurnal Solum* vol 9. no.2.

Islami, T., and Utomo, W. (1995). Hubungan Tanah, Air Dan Tanaman. Semarang: IKIP Semarang Press.

Majumder, Bidisha, Biswapati M, P. K. Bandyopadhyay, and Jaladhi C. 2007. "Soil Organic Carbon Pools and Productivity Relationships for a 34 Year Old Rice-wheat-jute Agroecosystem under Different Fertilizer Treatments." *Plant and Soil* 297(1): 53

BIODATA PENULIS 1:



Rina Maharany, S.TP., M.P

Lahir di Kisaran, 04 Maret 1985. Menyelesaikan Pendidikan S1 pada Program Studi Teknik Pertanian Universitas Brawijaya (UNIBRAW) Malang pada tahun 2008 dan S2 di Program Studi Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara

(USU) Medan tahun 2012. Berkarir sebagai dosen mulai tahun 2013 pada Program Studi Agroekoteknologi Universitas Asahan (UNA). Semenjak 2015 sampai sekarang bertugas sebagai Dosen Tetap di Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Agrobisnis Perkebunan (STIP-AP) yang telah bertransformasi menjadi Institut Teknologi Sawit Indonesia (ITSI) pada Program Studi Budidaya Perkebunan. Tahun 2018, pernah mendapatkan beasiswa non gelar ristekdikti pada kegiatan *Retooling* Luar Negeri di Singapura selama 2 (dua) bulan. Selama pengabdian di ITSI, pernah menduduki jabatan Sekretaris Pusat Karir Perkebunan dari tahun 2017 s.d 2018, kemudian menjadi Sekretaris Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan dari tahun 2020 s.d 2021, kemudian menjadi Ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan dari tahun 2021 s. d 2022. Saat ini

diamanahkan menjadi Kepala Bagian Perencanaan dan Pengembangan serta Unit Kerjasama ITSI.

Selama menjadi dosen tetap di ITSI, diberi tanggung jawab untuk mengampu mata kuliah Dasar Mekanisasi di Perkebunan, Pengukuran Tanah di Perkebunan, Penyiapan Lahan dan Pertanaman, Teknik Pengolahan Limbah dan Lingkungan, serta Metodologi Penulisan dan Rancangan Percobaan. Karya ilmiah yang telah dipublikasi antara lain : (1) Perbaikan Sifat Fisika Tanah Perkebunan Karet (*Havea brasiliensis*) Dengan Menggunakan Teknik Biopori. 2017. Prosiding Semnasmudi. Universitas Asahan; (2) Aplikasi GIS Pada Pemetaan Tata Guna Lahan di Afdeling A Kebun Bukit Kausar (PT. Bukit Kausar Jambi). 2019. Jurnal Bernas Fakultas Pertanian Universitas Asahan; (3) Analisa Kesenjangan (GAP) Produktivitas Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Pada Tiga Tahun Tanam di Afdeling V Kebun Lama PT. Perkebunan Nusantara I. 2019. Jurnal Bernas Fakultas Pertanian Universitas Asahan; (4) Perbaikan Sifat Biologi Tanah Perkebunan Karet (*Havea Brasiliensis*) Dengan Menggunakan Teknik Biopori. 2019. Jurnal Agrium Universitas Malikussaleh; (5) Respon Pemberian Sekam Padi dan Lindi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt). 2019. Jurnal Agrosamudra Universitas Samudra; (6) Pemanfaatan Kotoran Sapi dan Pupuk NPK Yaramila 16-16-16 Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kacang Panjang

(*Vigna sinensis* L.). 2020. Jurnal Agrium Universitas Malikussaleh; (7) Analisa Produktivitas Kelapa Sawit Di Dataran Tinggi Kebun Bah Birong Ulu - PT. Perkebunan Nusantara IV. 2020. Jurnal Agrium Universitas Malikussaleh; (8) Pengaruh Aplikasi Kompos Hijauan *Mucuna bracteata* dan Mikoriza Terhadap Kadar Hara P dan Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). 2020. Jurnal Agrium Universitas Malikussaleh; (9) Effect of Blotong (Sugarcane waste) and Urea Fertilizer Application on the Growth of Oil Palm Seedlings (*Elaeis guineensis* Jacq) in Polybags. 2020. Agricultura Journal of Rumania; (10) Karakteristik Fisiologis Benih Kakao (*Theobroma cacao* L.) Pada Beberapa Kondisi Suhu dan Media Simpan Yang Berbeda. 2020. Jurnal Agrium Universitas Malikussaleh; (11) Uji Karakteristik Sifat Mekanik Biodegradable Polybag Berbasis Limbah Tanaman Kelapa Sawit (TKKS dan Pelepah). 2021. Jurnal Agrium Universitas Malikussaleh; (12) Respon Pemberian Biochar Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pupuk NPK pada Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit. 2021. Jurnal Agrium Universitas Malikussaleh; (13) Aplikasi Teknologi Proliga (Produksi Lipat Ganda) Untuk Penanaman Beberapa Varietas Unggul Cabai Merah Keriting (*Capsicum annum* L.) Pada Lahan Marginal. 2021. Jurnal Agrikultura Universitas Padjajaran; (14) Uji Adaptasi Lima Varietas Unggul Cabai Merah Keriting di Lahan Kering Dengan Teknik Proliga. 2021. Jurnal

Agroqua Universitas Prof. Dr. Hazairin; (15) Komposisi Limbah Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Pada Pembuatan Biodegradable Film. 2021. Jurnal Agroteknika Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh; (16) Pertumbuhan Batang Bawah Karet pada Beberapa Komposisi Media Tanam dalam Root Trainer. 2021. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI). Vol. 26 (1): 69-77; (17) Efektivitas Pematahan Dormansi dan Komposisi Media Organik Terhadap Pertumbuhan Bibit Sengon (*Paracarianthe falcataria* (L) Nielsen). 2022. Jurnal Agrium Universitas Malikussaleh; (18) Patterns Of Chemical Control Of Weeds On Disc On Production And Rainfall And Rain Days At Kuala Pesilam Garden Garden Elephant Hall Division I PT. Bahruny. 2022. R Maharany, DA Saragih, DR Pulungan, IU Pradifta, MK Adam. MORFAI JOURNAL 1 (2), 163-168.

BIODATA PENULIS 2:

Ir. W. Simbolon, DIAT Menyelesaikan Pendidikan S1 di Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta pada tahun 1983. Sejak tahun 2015, menjadi dosen tetap Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Agrobisnis Perkebunan (STIPAP) Medan, yang telah bertransformasi menjadi Institut Teknologi Sawit Indonesia (ITSI) pada Program Studi Budidaya Perkebunan. Mata Kuliah yang diampu yaitu Pengukuran Tanah di Perkebunan, Sistem Informasi Geografis (SIG), Falsafah Kultur Teknis, serta Pengembangan Karakter,

BIODATA PENULIS 3:



Ingrid Ovie Yosephine, S.P., M.Sc. Lahir di Medan, 2 September 1989. Menyelesaikan Pendidikan S1 pada Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara (USU) Medan pada tahun 2007 dan S2 di program Studi Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta tahun 2013. Menjadi dosen tetap Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Agrobisnis Perkebunan (STIPAP) Medan. Mata Kuliah yang diampu yaitu kimia, dasar-dasar ilmu tanah, serta jenis pupuk dan sifat-sifatnya.

BIODATA PENULIS 4:



Rahmad Dian, S.Kom., M.Kom Lahir di Padang Sumatera Barat 01 Maret 1994. Menyelesaikan Pendidikan Sarjana strata satu (S1) Fakultas Ilmu Komputer program studi sistem informasi Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang tahun 2017, dan strata dua (S2) Program Magister Komputer Universitas Putra Indonesia

“YPTK” Padang tahun 2020. Sejak akhir tahun 2020 sampai sekarang bertugas di Institut Teknologi Sawit Indonesia (ITSI). Pada saat ini mendapat Amanah sebagai ketua Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi.

BIODATA PENULIS 5:



Eka Bobby Febrianto, S.P., M.Si
Lahir di Medan, 5 Februari 1988, anak sulung dari pasangan Bapak Ir. H. Usul dan Ibu Supiatmi. Mengawali pendidikan formal di SD Negeri 2 Marga Baru, Kabupaten Muara Lakitan, Sumatera Selatan lulus tahun 2000. Kemudian melanjutkan

pendidikan ke SLTP Swasta Kartika I-1 Medan lulus tahun 2003, selanjutnya menyelesaikan pendidikan di SMA Negeri 4 Medan lulus tahun 2006. Selama menjalani pendidikan di SMA aktif mengikuti organisasi OSIS, Paskibra, Bina Mental Islam (Bintalis).

Pendidikan strata satu (S1) di Universitas Sumatera Utara Fakultas Pertanian Departemen Budidaya Pertanian Program Studi Pemuliaan Tanaman kemudian lulus tahun 2010. Selama mengikuti perkuliahan aktif mengikuti organisasi BKM Al-Mukhlisi FP USU, KAM Rabbani FP USU,

Himadita Nursery, KAMMI komisariat USU dan Pemerintahan Mahasiswa (PEMA) USU. Kemudian tahun 2011 melanjutkan pendidikan program magister (S2) di Institut Pertanian Bogor Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman lulus tahun 2014. Selama mengikuti pendidikan di program magister IPB aktif dalam organisasi Forum Mahasiswa Pascasarjana Agronomi Hortikultura (Forsca AGH), Bogor Science Club (BSC) dan Forum Wacana IPB.

Menikah dengan Anna Amania Khusnayaini, S.TP., M.Si pada tahun 2012. Saat ini dianugerahkan 4 orang anak : Adam Zindani Alfayyad (8 tahun), Azzam Zanki Alfaruq (6 tahun), Azza Zuhair Alfaqih (4 tahun) dan Aisyah Ziyana Alfaniya (8 bulan). Tahun 2015 sampai saat ini aktif sebagai dosen tetap yayasan di kampus Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Agrobisnis Perkebunan (STIP-AP). Tahun 2018-2019 diamanahkan sebagai Kepala BAAK di STIP-AP kemudian tahun 2019 sampai saat ini amanahkan sebagai Ketua Program Studi Budidaya Perkebunan STIP-AP. Tahun 2018 sampai saat ini menjalankan amanah sebagai sekretaris Senat Akademik STIP-AP.

Selama menjadi dosen tetap di STIP-AP diberi tanggungjawab untuk mengampu mata kuliah Kepemimpinan, Botani dan Morfologi, Fisiologi Tanaman, dan Pemuliaan Tanaman. Karya Ilmiah yang telah dipublikasi antara lain : (1) Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai media tanam pembibitan batang bawah karet dengan metode *root*

trainer. Jurnal Agro Industri Perkebunan. Volume 8 No. 2, Oktober 2020; (2) Karakteristik Morfologi Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Varietas DyxP Dumpy dengan Pemberian Asam Humat pada Media Tanah Salin di Main Nursery. Bernas: Jurnal Penelitian Pertanian. Vol 15, No 2 (2019); (3) Analisa pertumbuhan mucuna bracteata asal biji dengan beberapa jenis media tanam. Agrohita jurnal agroteknologi fakultas pertanian Universitas Muhammadiyah Tapanuli Selatan. Vol. 5 No. 1 Tahun 2020; (4) Analisa jumlah klorofil daun terhadap produksi buah kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Pada dataran tinggi di kebun Bah Birung Ulu PTPN IV Sumatera Utara. Jurnal Agro Estate. Vol 4 No 1 (2020): Juni 2020; (5) Evaluasi karakter agronomi kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) Varietas DxP Avros pada kondisi cekaman kekeringan di main nursery. Bernas: jurnal penelitian pertanian. Vol 15, No 1 (2019); (6) Dampak defisit air terhadap karakter morfologi tanaman kelapa sawit (*elaeis guineensis* jacq.) Varietas DyxP dumpy di pembibitan utama. Bernas: jurnal penelitian pertanian. Vol 15, No 2 (2019); (7) Pengaruh konsentrasi giberelin (GA3) dengan waktu aplikasi sebelum panen terhadap mutu fisik tandan buah segar kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). Jurnal Agro Fabrica. Vol 1 No 2 (2019); (8) The Effect of Palm oil Mill Effluent on Total Microbes, Soil Respiration, Organic Matter and Soil pH in Oil Palm Plantation. Resources and Environment 2018, 8(6):

245-249; (9) Pertumbuhan Batang Bawah Karet pada Beberapa Komposisi Media Tanam dalam Root Trainer. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI). Vol. 26 (1): 69-77 (2021); (10) Ganoderma boninense control in palm oil plantations using Trichoderma harzianum in various Media. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 819 (2021).

Biodata Penulis 6 :



Pada Mulia Raja, S.Pd., M.Si

Lahir di Gunung Manaon Tapanuli Selatan, 4 November 1989. Menyelesaikan Pendidikan Sarjana Strata Satu (S1) Universitas Islam Sumatera Utara Tahun 2012 dan Magister Ilmu Kimia di Universitas Sumatera Utara Tahun 2015. Semenjak 2015 sampai sekarang bertugas sebagai Dosen di Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Agrobisnis Perkebunan (STIP-AP) yang telah bertransformasi menjadi Institut Teknologi Sawit Indonesia (ITSI) pada Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan. Selama pengabdian di ITSI pernah menduduki jabatan Sekretaris Jurusan Program Studi dari tahun 2018 s.d 2019, kemudian menjadi Ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan dari tahun 2020 s.d 2021, kemudian

dari tahun 2021 s. d sekarang menjadi Kepala Bagian
Kemahasiswaan dan Alumni ITSI.

BUKU AJAR

PENGUKURAN TANAH DI PERKEBUNAN

Ilmu ukur tanah merupakan ranting dari ilmu Geodesi, yaitu ilmu yang mempelajari tentang cara-cara pengukuran/penggambaran bentuk permukaan bumi ataupun menentukan gambar sebagian kecil dari permukaan bumi dalam bentuk profil maupun peta. Dalam pengertian umum pengukuran tanah dapat dianggap sebagai disiplin ilmu yang meliputi semua metode untuk pengumpulan dan pemrosesan informasi tentang bumi dan lingkungan fisis. Memberikan dasar pengetahuan dalam perkembangan ilmu ukur tanah, dan permasalahan yang melatar-belakangi perkembangan ilmu pemetaan ini khususnya untuk bidang perkebunan. Mahasiswa mampu mengidentifikasi mengenai isi dan ruang lingkup proses pemetaan, serta kendala yang ada didalamnya. Mahasiswa mampu mengidentifikasi segala sesuatu yang terlibat dalam proses ilmu ukur tanah dalam kaitannya dengan ketelitian pengukuran, serta proses transformasi yang dipakai dalam pengukuran dan pemetaan tanah. Mahasiswa mampu membedakan sarana dan peralatan manual dan digital dalam pengukuran dan pemetaan tanah.



Penerbit
PT. Radja Intercontinental Publishing
Jl. Cempaka Putih, Sp. Tiga Blang Rayeuk,
Dsn. Angsana, Kota Lhokseumawe

