



MODUL

Pemetaan Lahan Pertanian (Kelompok Kompetensi F)

**Program Keahlian Ganda
Program Keahlian Mekanisasi Pertanian
Sekolah Menengah Kejuruan (SMK)**

Penulis:

Ir. Muhammad Yamin, MT

Penelaah:

Ir. Achmadi Partiwojoto, M.Asr

**Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
2016**

Penulis :

1. Ir. Muhammad Yamin, MT

Penelaah :

1. Ir. Achmadi Partiwojoto, M.Asr

Ilustration

Copyright @2016

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan
Bidang Pertanian, Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Dilarang mengcopy sebagian atau keseluruhan isi buku untuk kepentingan
komersial tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan Kebudayaan

KATA SAMBUTAN

Peran guru professional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru professional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui program Guru Pembelajar (GP) merupakan upaya peningkatan kompetensi untuk semua guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui Uji Kompetensi Guru (UKG) untuk kompetensi pedagogic dan professional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru pasc UKG melalui program Guru Pembelajar. Tujuannya untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Guru Pembelajar dilaksanakan melalui pola tatap muka, online, dan campuran (blended) tatap muka dan online.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK), dan Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Kepala Sekolah

(LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di Lingkungan Direktorat Jendral Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut adalah modul untuk Program Guru Pembelajar (GP) tatap muka dan GP online untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program GP memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan program GP ini untuk mewujudkan Guru Mulia Karena Karya

Jakarta, Februari 2016
Direktorat Jenderal
Guru dan Tenaga Kependidikan

Sumarna Surapranata, Ph.D
Nip. 195908111985032001

KATA PENGANTAR

Peraturan Menteri Pendayaaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi nomor 16 Tahun 2009 pada ayat 7 menyatakan bahwa Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) adalah pengembangan kompetensi guru yang dilaksanakan sesuai dengan kebutuhan, bertahap, berkelanjutan untuk meningkatkan profesionalitasnya.

Sejalan dengan tugas Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Pertanian dalam mengembangkan dan memberdayakan pendidik dan tenaga kependidikan maka pada tahun anggaran 2015 ini PPPPTK Pertanian telah menyusun modul-modul untuk pelatihan guru khususnya dalam lingkup bidang kejuruan agribisnis dan agroteknologi dimana modul disusun berdasarkan pengelompokan grade mulai grade 1 sampai dengan grade 10. Modul yang disusun akan digunakan untuk bahan pelatihan guru dimana guru akan diberikan pelatihan berdasarkan nilai hasil uji kompetensi yang dapat dipetakan posisinya pada grade berapa.

Adapun modul ini adalah modul grade 6 yang merupakan bagian dari modul Teknik Tanah dan Air Program Keahlian Mekanisasi Pertanian yang terdiri dari 4 (empat) bagian yaitu bagian I Pendahuluan, bagian II Kegiatan Pembelajaran, bagian III Evaluasi, dan bagian IV Penutup.

Modul yang telah disusun selalu dilakukan pembaruan secara periodik setiap kurun waktu tertentu mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dan perubahan kebijakan-kebijakan terkait. Semoga Modul Diklat PKB Guru Teknik Tanah dan Air Grade-6 ini dapat bermanfaat bagi yang memerlukannya.

Cianjur, 2017
Kepala PPPPTK Pertanian

Ir. Siswoyo, MSi

DAFTAR ISI

COVER LUAR	
KATA SAMBUTAN	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	x
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan.....	2
C. Peta Kompetensi.....	3
D. Ruang Lingkup	4
E. Saran Cara Penggunaan Modul.....	4
Kegiatan Pembelajaran 1 : Pengukuran Lahan Pertanian	6
A. Tujuan.....	6
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	6
C. Uraian Materi.....	6
D. Aktivitas Pembelajaran.....	110
E. Latihan/ Kasus /Tugas.....	142
F. Rangkuman.....	143
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	143
Kegiatan Pembelajaran 2 : Menggambar Peta Lahan Pertanian	145
A. Tujuan Pembelajaran.....	145
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	145
C. Uraian Materi.....	145
D. Aktivitas Pembelajaran	222
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	226

F. Rangkuman.....	227
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	228
EVALUASI	229
KUNCI JAWABAN	230
PENUTUP.....	231
DAFTAR PUSTAKA.....	232
LAMPIRAN	235

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lahan berlereng curam	9
Gambar 2. Altimeter	9
Gambar 3. Sudut.....	10
Gambar 4. Ukuran sudut satu radian	12
Gambar 5. Kompas militer.....	16
Gambar 6. Kompas Silva	17
Gambar 7. Kompas Standar	18
Gambar 8. Unting-unting (Plum bob).....	20
Gambar 9. Penyipat datar tukang kayu	20
Gambar 10. Penggunaan penyipat datar.....	21
Gambar 11. Jalon	22
Gambar 12. Penggunaan jalon untuk pengukuran.....	22
Gambar 13. Patok kayu.....	23
Gambar 14. Pemasangan Patok sementara.....	23
Gambar 15. Patok titik referensi pengukuran (bench mark) PU	24
Gambar 16. Patok beton triangulasi	24
Gambar 17. Patok batas Negara.....	24
Gambar 18. Mistar Ukur	25
Gambar 19. Pengukuran jarak dengan mistar ukur	25
Gambar 20. Meteran	26
Gambar 21. Pengukuran dengan rol ukur.....	26
Gambar 22. Abney level	27
Gambar 23. Pengukuran kemiringan lahan dengan Abney Level	28
Gambar 24. Payung survey	28
Gambar 25. Rambu ukur.....	29
Gambar 26. Cara memegang rambu ukur	30
Gambar 27. Pembacaan rambu ukur	31
Gambar 28. Selang ukur.....	32
Gambar 29. Komponen tripod secara umum	32
Gambar 30. Berbagai jenis tripod	33
Gambar 31. Komponen-komponen Theodolite	34
Gambar 32. Sumbu-sumbu pada theodolite.....	34
Gambar 33. Konstruksi theodolite reiterasi.....	35
Gambar 34. Konstruksi theodolite repetisi	36
Gambar 35. Theodolite digital.....	37
Gambar 36. Penyipat datar dan rambu ukur	40
Gambar 37. Pengukuran menyipat datar	40
Gambar 38. Penyipat datar tipe dumpy level.....	41
Gambar 39. Contoh penyipat datar tipe jungkit	42
Gambar 40. Penyipat datar otomatis	43
Gambar 41. Penggaris segitiga rotering	45

Gambar 42. Busur 360 derajat	46
Gambar 43. Jarak mendatar dan jarak miring.....	47
Gambar 44. Mengukur jarak pada lahan datar dengan meteran.....	51
Gambar 45. Pengukuran jarak pada lahan miring.....	51
Gambar 46. Pengukuran jarak mendatar pada lahan miring secara bertahap	52
Gambar 47. Pengukuran jarak optis pada lahan mendatar.	55
Gambar 48. Pengukuran jarak optis pada lahan miring.....	56
Gambar 49. Pengukuran jarak secara tangensial	56
Gambar 50. Pengukuran sudut horizontal	57
Gambar 51. Pengukuran sudut dengan cara reitrasi.....	59
Gambar 52. Pengukuran sudut dengan cara repetisi	59
Gambar 53. Segi tiga siku-siku	60
Gambar 54. Segitiga sembarang.....	61
Gambar 55. Pengukuran sudut dengan metoda sinus.....	62
Gambar 56. Pembuatan sudut siku-siku dengan metoda 3,4,5	63
Gambar 57. Pengukuran sudut kemiringan lahan dengan klinometer	64
Gambar 58. Pengukuran kemiringan lahan dengan teodolit.....	65
Gambar 59. Kompas sudut.....	66
Gambar 60. Thodolite T0	66
Gambar 61. Pembacaan sudut pada theodolit	67
Gambar 62. Bacaan sudut	67
Gambar 63. Sudut dalam kanan dan kiri	68
Gambar 64. Sudut dalam.....	69
Gambar 65. Sudut Belokan	69
Gambar 66. Bearing.....	70
Gambar 67. Hitungan bearing	71
Gambar 68. Azimuth	72
Gambar 69. Azimuth dari titik tetap	73
Gambar 70. Azimuth rangkaian Titik.....	74
Gambar 71. Prinsip dasar pengukuran beda tinggi	76
Gambar 72. Pengukuran beda tinggi dengan selang	77
Gambar 73. Alat penyipat datar Gambar 1.1 74	Gambar 72. Tripot..... 78
Gambar 75. Pengukuran beda tinggi dengan posisi alat di salah satu titik (B).....	79
Gambar 76. Pengukuran beda tinggi dengan posisi alat di antara kedua titik.....	80
Gambar 77. Pengukuran beda tinggi dengan posisi alat di luar kedua titik.....	81
Gambar 78. Pengukuran beda tinggi dengan teodolit.....	82
Gambar 79. Pengukuran beda tinggi memanjang.....	84
Gambar 80. Poligon terbuka terikat di ujung dan akhir.....	91
Gambar 81. Kerangka dasar cara offset dengan cara siku-siku.....	95
Gambar 82. Kerangka dasar cara offset dengan cara mengikat	95
Gambar 83. Pengukuran detil cara offset dengan cara siku-siku.	96
Gambar 84. Pengukuran detil cara offset dengan cara mengikat.....	96
Gambar 85. Pengukuran cara offset dengan mengikat dan perpanjangan garis titik detil.	97

Gambar 86. Pengukuran detil cara offset dengan cara kombinasi.....	97
Gambar 87. Pengukuran jarak dan beda tinggi cara tachymetry.	99
Gambar 88. Pengukuran topografi cara tachymetri polar.	101
Gambar 89. Pengukuran topografi cara tachymetri-poligon kompas.....	102
Gambar 90. Bentuk-bentuk areal dalam perhitungan luas.....	104
Gambar 91. Segitiga sembarang.....	105
Gambar 92. Trapesium biasa.....	105
Gambar 93. Trapesium dengan koordinat	106
Gambar 94. Perhitungan luas lahan berbentuk lekuk-lekuk.....	106
Gambar 95. Perhitungan luas lahan dengan menggunakan garis bantu	107
Gambar 96. Perhitungan luas lahan dengan garis bantu berbentuk.....	108
Gambar 97. Tembereng	108
Gambar 98. Perhitungan luas areal dengan trapesium.....	109
Gambar 99. Perhitungan luas lahan dengan cara koordinat	109
Gambar 100. Peta dua dimensi Gambar 101. Peta tiga dimensi.....	148
Gambar 102. Contoh gambaran sebuah peta	150
Gambar 103. Pinsil gambar	151
Gambar 104. Rapido.....	152
Gambar 105. Penggaris T Gambar 106. Penggaris Segitiga.....	152
Gambar 107. Jangka.....	153
Gambar 108. Busur derajat 360°.....	153
Gambar 109. Penghapus dan pelindungnya.....	154
Gambar 110. Ukuran kertas gambar.....	155
Gambar 111. Sablon Huruf.....	156
Gambar 112. Meja gambar	158
Gambar 113. Skala grafis	160
Gambar 114. Contoh legenda peta	161
Gambar 115. Petunjuk arah peta.....	162
Gambar 116. Contoh simbol titik	163
Gambar 117. Simbol garis.....	163
Gambar 118. Simbol luasan area.....	164
Gambar 119. Simbol aliran	164
Gambar 120. Simbol batang.....	165
Gambar 121. Simbol lingkaran	165
Gambar 122. Simbol bola	166
Gambar 123. Simbol kualitatif untuk membedakan daerah A, B dan C	166
Gambar 124. Simbol kuantitatif yang membedakan kepadatan daerah A, B dan C	167
Gambar 125. Simbol daratan	167
Gambar 126. Simbol perairan	167
Gambar 127. Simbol budaya.....	168
Gambar 128. Simbol umum yang digunakan dalam peta.....	168
Gambar 129. Warna kualitatif	169
Gambar 130. Warna kuantitatif.....	169
Gambar 131. Contoh peta Propinsi Maluku	170

Gambar 132. Contoh penulisan nama geografis	172
Gambar 133. Contoh penulisan nama jalan.....	173
Gambar 134. Contoh penulisan nama tempat.....	173
Gambar 135. Poligon tertutup Gambar 1.1 136Gambar 135. Poligon terbuka.....	177
Gambar 137. Jaring-jaring segitiga tiga dimensi.....	180
Gambar 138. Cara pengukuran koordinat mengikat ke depan.....	180
Gambar 139. Pengukuran cara Collins.....	181
Gambar 140. Pengukuran cara Cassini	182
Gambar 141. Pengukuran titik detil.....	185
Gambar 142. Pengukuran jarak dengan penyipat datar	187
Gambar 143. Pengukuran jarak dengan theodolite.....	189
Gambar 144. Sudut bearing	194
Gambar 145. Sudut Azimut.....	194
Gambar 146. Menentukan koordinat titik.....	195
Gambar 147. Sudut jurusan	196
Gambar 148. Koordinat titik dengan menggunakan jarak dan jarak	197
Gambar 149. Penentuan koordinat titik menggunakan arah dan arah.....	198
Gambar 150. Menentukan luas dengan metode kisi-kisi	198
Gambar 151. Contoh garis kontur pada peta	200
Gambar 152. Menentukan jarak dengan peta kontur.....	201
Gambar 153. Kemiringan lahan.....	202
Gambar 154. Proyeksi azimuth datar	204
Gambar 155. Proyeksi kerucut.....	205
Gambar 156. Proyeksi silinder	205
Gambar 157. Proyeksi tangen	205
Gambar 158. Proyeksi secan.....	206
Gambar 159. Proyeksi polysuperficial.....	206
Gambar 160. Proyeksi UTM.....	208
Gambar 161. Proyeksi dari bidang datum ke bidang proyeksi.....	208
Gambar 162. Pembagian zona global pada proyeksi UTM.....	209
Gambar 163. Gambar garis bujur (meridian).....	210
Gambar 164. Garis Lintang	210
Gambar 165. Besar garis bujur dan lintang.....	211
Gambar 166. Menggambarkan objek dalam peta	212
Gambar 167. Kontur gunung	218
Gambar 168. Garis kontur pada daerah sangat curam.....	219
Gambar 169. Kerapatan garis kontur pada daerah curam dan daerah landai	220
Gambar 170. Garis kontur pada curam dan punggung bukit.....	220
Gambar 171. Garis kontur pada bukit dan cekungan.	220
Gambar 172. Potongan memanjang dari potongan garis kontur.	220
Gambar 173. Pehitungan kesalahan dengan grafik	221

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Koreksi Pada Beberapa Kemiringan Lahan.....	52
Tabel 2. Sudut arah.....	71
Tabel 3. Kuadran Azimuth	74
Tabel 4. Pengolahan Data Beda Tinggi.....	86
Tabel 5. Data Pengukuran Beda Tinggi Memanjang.....	129
Tabel 6. Pengolahan Data Pengukuran praktik n Beda Tinggi Memanjang dengan Teodolit	132
Tabel 7. Ukuran kertas gambar	155
Tabel 8. Garis tegak tidak terputus	157
Tabel 9. Pengolahan Data Pengukuran Beda Tinggi Memanjang	190
Tabel 10. Contoh hasil pengolahan data polygon dengan theodolit.....	191
Tabel 11. Interval kontur berdasarkan skala dan bentuk lahan.....	219

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seperti yang diamanahkan dalam Undang Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional bahwa pendidikan nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab.

Pendidikan sebagai sebuah sistem merupakan keseluruhan komponen pendidikan yang saling terkait secara terpadu untuk mencapai tujuan pendidikan nasional. Komponen-komponen dalam sistem pendidikan antara lain adalah tujuan pendidikan, peserta didik, pendidik, sarana prasarana pendidikan, dan metode pendidikan. Berbicara tentang pendidikan tentunya tidak akan terlepas dari pendidik yang salah satu unsurnya adalah guru. Guru adalah pendidik profesional dengan tugas utama mendidik, mengajar, membimbing, mengarahkan, melatih, menilai, dan mengevaluasi peserta didik pada pendidikan anak usia dini jalur pendidikan formal, pendidikan dasar, dan pendidikan menengah. Dalam menjalankan tugasnya guru wajib memiliki kualifikasi akademik, kompetensi, sertifikat pendidik, sehat jasmani dan rohani, serta memiliki kemampuan untuk mewujudkan tujuan pendidikan nasional. Adapun kompetensi guru berdasarkan Permendiknas no 16 tahun 2007 tentang standar kompetensi dan kualifikasi guru, meliputi dimensi kompetensi pedagogi, kepribadian, sosial, dan profesional.

Di sisi lain masih terdapat berbagai masalah yang berkaitan dengan kondisi guru yaitu antara lain adalah: (1) Adanya keberagaman kondisi kemampuan guru dalam proses pembelajaran, (2) Belum sempurnanya alat ukur untuk

mengetahui kemampuan guru, (3) Pelatihan dan pembinaan yang diberikan kepada guru belum sepenuhnya sesuai dengan kebutuhan guru.

Berkaitan dengan peningkatan kompetensi guru pada tahun 2015 ini pemerintah akan melakukan pemetaan kompetensi guru melalui uji kompetensi guru. Berdasarkan hasil uji kompetensi guru tersebut diharapkan dapat menunjukkan data peta kompetensi guru terletak pada grade yang mana sehingga dari data tersebut akan ditindaklanjuti peningkatan kompetensinya melalui modul-modul dan pelatihan-pelatihan yang sesuai.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK) adalah unit pelaksana teknis Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan di bidang pengembangan dan pemberdayaan pendidik dan tenaga kependidikan yang mempunyai tugas melaksanakan pengembangan dan pemberdayaan pendidik dan tenaga kependidikan sesuai dengan bidangnya. Atas dasar kebutuhan peningkatan kompetensi guru tersebut maka pada tahun anggaran 2015 ini PPPPTK Pertanian melaksanakan penyusunan 10 grade Modul Diklat PKB bagi Guru Paket Keahlian Mekanisasi Pertanian Program Keahlian Mekanisasi Pertanian. Dalam modul ini difokuskan pada Modul Diklat PKB Paket Keahlian Teknik Tanah dan Air Grade 6 difokuskan pada Modul ini disusun sebagai sarana pendukung diklat bagi guru mata pelajaran Teknik Tanah dan Air. Modul ini berisikan materi tentang Pemetaan Lahan Pertanian.

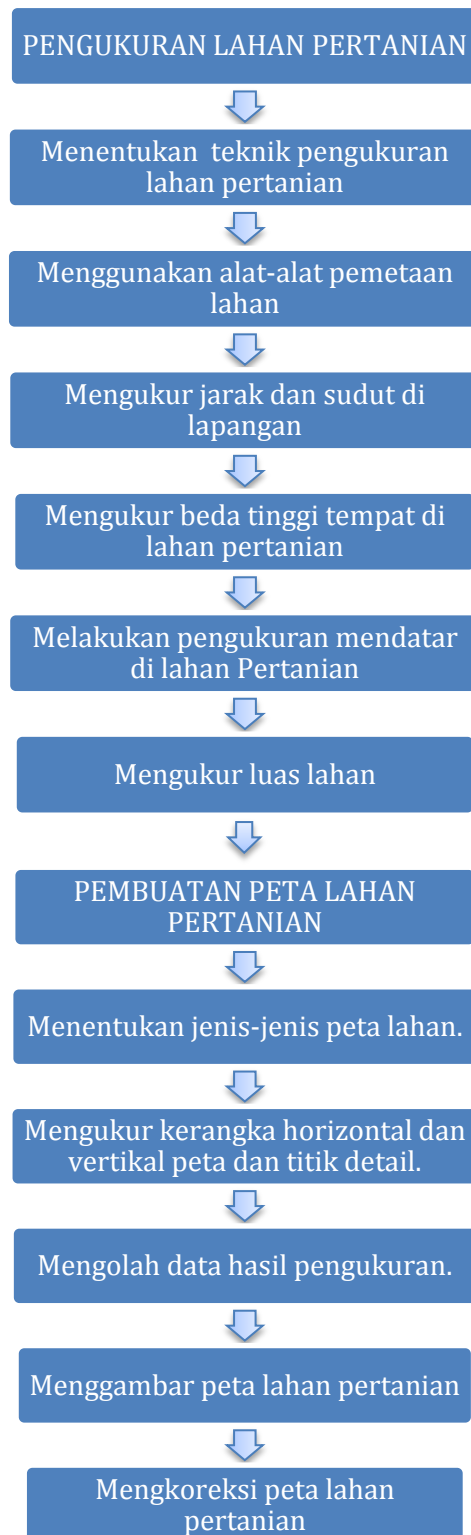
Modul ini diharapkan dapat mengobati kompetensi guru yang masih lemah dalam bidang tersebut sehingga jika pada kesempatan yang akan datang dilakukan uji kompetensi lagi diharapkan hasil nilai uji kompetensi guru dalam bidang Pemetaan Lahan Pertanian mampu memenuhi standar kompetensi.

B. Tujuan

Setelah menyelesaikan modul ini, diharapkan peserta diklat mampu;

1. Melakukan pengukuran lahan pertanian.
2. Menggambar Peta Lahan Pertanian

C. Peta Kompetensi



D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup materi pada modul ini terdiri dari dua kompetensi Pengukuran Lahan Pertanian dan Pembuatan Peta Lahan Pertanian. Kompetensi Pengukuran Lahan Pertanian yang diuraikan lagi menjadi (1) Menentukan teknik pengukuran lahan pertanian, (2) Menggunakan alat-alat pemetaan lahan, (3) Mengukur jarak dan sudut di lapangan, (4) Mengukur beda tinggi tempat di lahan pertanian, (5) Melakukan pengukuran mendatar di lahan Pertanian, (6) Mengukur luas lahan. Sedangkan Kompetensi Pembuatan Peta Lahan Pertanian diuraikan menjadi, (1) Menentukan jenis-jenis peta lahan, (2) Mengukur kerangka horizontal dan vertikal peta dan titik detail, (3) Mengolah data hasil pengukuran, (4) Menggambar peta lahan pertanian, (5) Mengkoreksi peta lahan pertanian

E. Saran Cara Penggunaan Modul

Bagi Fasilitator

- a. Membantu peserta dalam merencanakan proses belajar
- b. Membimbing peserta melalui tugas-tugas pelatihan yang dijelaskan dalam tahap belajar.
- c. Membantu peserta dalam memahami konsep dan praktik baru dan menjawab pertanyaan mengenai proses belajar
- d. Membantu peserta dalam menentukan dan mengakses sumber tambahan lain yang diperlukan untuk belajar.
- e. Melaksanakan penilaian.
- h. Menjelaskan kepada peserta mengenai bagian yang perlu untuk dibenahi dan merundingkan rencana pembelajaran selanjutnya.
- i. Mencatat pencapaian kemajuan peserta.

Bagi Peserta Diklat

- a. Bacalah dan pahami modul ini secara berurutan dan seksama.
- b. Untuk memudahkan belajar anda dalam mencapai kompetensi ini, maka pelajari dulu prosedur pembelajaran sampai anda memahami materi pembelajaran. Bila ada yang kurang jelas tanyakan pada fasilitator anda.
- c. Laksanakan semua tugas-tugas yang ada dalam modul ini agar kompetensi anda berkembang sesuai standar.
- d. Lakukan kegiatan belajar untuk mendapatkan kompetensi sesuai kegiatan yang ada pada modul.
- g. Setiap mempelajari satu sub kompetensi, Anda harus mulai dari menguasai pengetahuan pendukung (Lembar Informasi), melaksanakan tugas-tugas, mengerjakan lembar latihan.
- h. Dalam mengerjakan Lembar Latihan, anda jangan melihat Kunci Jawaban terlebih dahulu, sebelum anda menyelesaikan Lembar Latihan.
- i. Laksanakan Lembar Kerja untuk pembentukan psikomotorik skills, sampai anda benar-benar terampil sesuai standar. Apabila anda mengalami kesulitan dalam melaksanakan tugas ini, konsultasikan dengan fasilitator anda.
- j. Kerjakan Lembar Kerja sesuai yang ada dalam modul ini, apabila dalam membuat perencanaan anda mengalami kesulitan, konsultasi dengan fasilitator anda.

Kegiatan Pembelajaran 1 : Pengukuran Lahan Pertanian

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran 1 tentang Pengukuran Lahan Pertanian diharapkan Anda mampu melakukan Pengukuran Lahan Pertanian jika disediakan peralatan pendukung.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Menunjukkan spesifikasi kompetensi atau kinerja yang harus dikuasai setelah mengikuti seluruh kegiatan belajar pada setiap kegiatan pembelajaran.

1. Menganalisis teknik pengukuran lahan pertanian
2. Menggunakan alat-alat pemetaan lahan
3. Mengukur jarak dan sudut di lapangan
4. Mengukur beda tinggi tempat di lahan pertanian
5. Melakukan pengukuran mendatar di lahan Pertanian
6. Mengukur luas lahan

C. Uraian Materi

Pengukuran Lahan Pertanian

1. Menentukan Teknik Pengukuran Lahan Pertanian

Saat ini pemerintah telah mengembangkan program ketahanan pangan, untuk mengatasi tasi masalah pangan di Indonesia. Program ketahanan pangan merupakan salah satu program untuk mempertahankan agar Indonesia tidak mengalami kekurangan pangan dimasa mendatang, hal ini karena hampir di seluruh Indonesia terjadi kelangkaan pangan, yang disebabkan oleh penurunan kuantitas dan kualitasnya. Penurunan kuantitas pangan disebabkan oleh kondisi iklim yang tidak mendukung, misalnya terjadi musim kemarau panjang yang menyebabkan terjadinya gagal panen. Demikian juga musim hujan yang berlebihan menyebabkan banjir, dan menggenangi lahan-lahan pertanian

sehingga tanaman mati dan tidak menghasilkan. Sedangkan penurunan jumlah pangan disebabkan oleh perubahan alih fungsi lahan pertanian (konversi penggunaan) menjadi lahan-lahan bukan pertanian, seperti perubahan lahan pertanian menjadi perumahan, pabrik-pabrik, industri, jalan dan sebagainya. Salah satu kompetensi yang perlu dikuasai untuk mendukung program ketahanan pangan adalah kemampuan Pengukuran Lahan Pertanian, karena dengan menguasai kompetensi tersebut kita dapat mengetahui perubahan luas lahan yang terjadi.

Pengertian Pemetaan (Surveying) dalam bidang pertanian

Lahan pertanian merupakan tempat kegiatan budidaya tanaman, yang harus terlihat rapi, dan mencerminkan kegiatan pengelolaan budidaya tanaman yang baik. Untuk menciptakan lahan pertanian yang baik, terdapat banyak kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan pemetaan atau pengukuran, misalnya pemetaan pembuatan peta lahan pertanian, menentukan jarak tanam, mencari titik-titik yang sama tingginya dalam perencanaan pembuatan teras, menentukan kemiringan dasar saluran irigasi, mengukur kemiringan lahan dan lain sebagainya.

Dalam kegiatan pengukuran lahan pertanian penentuan suatu titik atau beberapa titik terhadap titik lainnya yang sudah tertentu, titik-titik yang dicari hubungannya ada kalanya sedikit diatas atau dibawah permukaan tanah. Maka biasa dalam pemetaan didefinisikan sebagai kegiatan surveying yaitu menentukan letak suatu atau beberapa titik terhadap titik lainya atau dekat permukaan tanah.

Pengukuran dan pemetaan lahan pada prinsipnya dapat dibedakan menjadi 2, yaitu (1) pemetaan geodesi (*geodetic surveying*) dan (2) pengukuran mendatar (*plane surveying*). Perbedaan prinsip dari dua jenis pengukuran dan pemetaan tersebut adalah bahwa pemetaan geodesi merupakan suatu pengukuran untuk penggambaran permukaan bumi pada bidang lengkung/ellipsoida/bola dan merupakan ilmu, seni, teknologi untuk menyajikan informasi tentang bentuk lengkung bumi, sedangkan pengukuran mendatar merupakan ilmu, seni dan teknologi untuk menyajikan bentuk permukaan bumi baik unsur alam maupun

unsur buatan manusia pada bidang yang dianggap datar. Pengukuran mendatar dibatasi untuk daerah yang sempit yaitu sekitar 0,5 derajat x 0,5 derajat atau 55 km x 55 km.

Kegiatan surveying yang dilakukan dalam bidang pertanian adalah plane surveying dimana permukaan bumi dianggap sebagai bidang datar. Anggapan permukaan lahan sebagai bidang datar dapat dibenarkan karena biasanya dalam bidang pertanian pengukuran jarak yang dilakukan tidak lebih dari 55 km.

Komponen-komponen pemetaan

Jenis-jenis pekerjaan yang ada dalam kegiatan pemetaan dalam bidang pertanian terdiri dari beberapa komponen, yaitu pengukuran jarak, pengukuran beda tinggi (topografi) dan pengukuran sudut.

Pengukuran Jarak

Jarak adalah garis terpendek yang menghubungkan dua buah titik atau lokasi di lapangan. Mengukur jarak antara dua titik adalah menentukan letak titik yang satu terhadap titik lainnya yang dinyatakan dalam satuan panjang. Di lapangan pengukuran jarak akan menghasilkan dua, yaitu jarak miring dan jarak datar. Jarak miring adalah jarak yang diukur, jika kita mengukur jarak dua buah titik atau lokasi mengikuti kondisi lahan, misalnya pengukuran jarak dengan meteran. Sedangkan jarak datar adalah jarak proyeksi ke bidang datar dari dua titik yang diukur. Satuan panjang yang umumnya dipakai dalam pengukuran jarak adalah meter jika menggunakan satuan MKS (meter, kilogram dan sekon). Selain satuan meter juga dipakai satuan lainnya seperti *inch (inci)*, *foot (kaki)*, *yard (yar)* dan *mile (mil)*. Satuan-satuan ini biasanya dipakai pada negara-negara yang berbahasa Inggris. Satu inchi dianggap sama dengan panjang 2,54 cm (tepatnya 2,54001 cm); dimana 1 (satu) inchi = $1/12$ foot = $1/36$ yard; 1 mile = 5280 ft.



Gambar 1. Lahan berlereng curam

Pengukuran elevasi

Elevasi adalah ketinggian suatu tempat dari permukaan laut. Misalnya Kota A berada 285 meter di atas permukaan laut, maka biasa dinyatakan $A = +285$ m dpl. Pengukuran ketinggian suatu tempat seperti kota A dapat dilakukan dengan menggunakan Altimeter. Selanjutnya dengan menggunakan ketinggian tempat tersebut, misalnya kota A, maka tempat-tempat lain dapat diukur dengan menggunakan titik A sebagai acuan atau referensi. Selain itu, pengukuran elevasi juga bisa menggunakan titik-titik tertentu yang sudah diketahui letak koordinat dan elevasinya, yang biasa dikenal dengan istilah titik BM (*Bench Mark*) atau titik triangulasi.

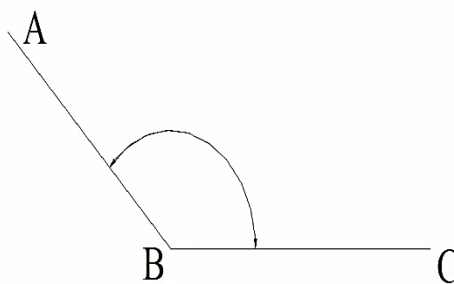


Gambar 2. Altimeter

Untuk mengetahui beda tinggi antara dua buah titik, maka kita harus melakukan pengukuran elevasi atau ketinggian. Demikian juga untuk menentukan sejumlah titik di lapangan yang mempunyai ketinggian yang sama (misalnya dalam perencanaan pembuatan teras) atau jika kita ingin menentukan ketinggian sejumlah titik tertentu di lapangan (misalnya untuk pembuatan profil lahan sepanjang garis tertentu atau pembuatan peta topografi).

Pengukuran Sudut

Sudut adalah bidang yang dibentuk oleh perpotongan dua buah garis atau dua buah bidang. Posisi atau letak suatu titik di lapangan sangat ditentukan oleh garis dan sudut. Untuk menentukan letak suatu jurusan (arah garis) terhadap jurusan lain dilakukan pengukuran sudut. Dalam kegiatan pengukuran sudut di lapangan sudut yang diukur ada 2 kemungkinan, yaitu sudut horizontal dan sudut vertical. Sudut horizontal digunakan untuk menentukan sudut jurusan atau suatu titik dari titik lainnya, sedangkan sudut vertical digunakan untuk menentukan elevasi atau perbedaan tinggi.



Gambar 3. Sudut

Dasar untuk menyatakan besarnya sudut adalah lingkaran yang dibagi menjadi empat bagian yang sama yang dikenal dengan istilah kuadran. Ada beberapa sistem untuk menyatakan besarnya sudut, diantaranya yaitu :

- *Sistem Seksagesimal*

Sistem seksagesimal adalah sistem ukuran sudut yang membagi satu keliling lingkaran menjadi 360 bagian yang disebut derajat, sehingga satu kuadran besarnya adalah 90 derajat. Satu derajat biasa tulis dengan lambang 1° (dibaca 1 derajat) dibagi menjadi 60 menit yang biasa ditulis

dengan lambang 60' (dibaca 60 menit), dan satu 1' dibagi menjadi 60 sekon yang biasa ditulis dengan lambang 60" (dibaca 60 sekon). Dalam membaca satuan sudut sekon jangan diganti dengan istilah detik, meskipun dalam keseharian dalam menyatakan sekon biasa digunakan istilah detik. Sehingga untuk menuliskan suatu ukuran besarnya sudut adalah sebagai berikut : $1^{\circ}=60'$, $1'=60''$.

Contoh : $20^{\circ}12'30'' \rightarrow$ dibaca 20 derajat 12 menit 30 sekon.

- *Sistem Sentisimal*

Sistem sentisimal adalah sistem ukuran besarnya sudut yang membagi satu keliling lingkaran menjadi 400 bagian yang sama yang disebut dengan istilah 1^g (dibaca 1 grade), sehingga satu kuadran sama nilainya dengan 100 grade. Satu grade (1^g) dibagi menjadi 100 centigrade ($100^c =$ dibaca 100 sentigrade), dan 1 sentigrade (1^c) dibagi menjadi 100^{cc} (dibaca 100 senti-sentigrade), sehingga dapat dikatakan $1g=100c$; $1c=100cc$. Untuk menyatakan suatu sudut dalam sistem sentisimal dapat dilihat contoh berikut:

Contoh : $216^g 41^c 56^{cc} \rightarrow$ dibaca 216 grade 41 centigrade 56 senti-sentigrade.

Saat ini sistem sentisimal jarang dipakai, orang lebih senang menggunakan sistem seksagesimal dalam kegiatan pengukuran atau pemetaan. Tetapi dalam bidang lain, misalnya pada bidang Astronomi, ilmu Geografi tetap menggunakan cara sentisimal untuk menentukan penentuan waktu, bujur dan lintang posisi tempat di permukaan bumi.

Hubungan antara satuan sistem seksagesimal dan sistem sentisimal dapat dicari dengan persamaan membagi satu lingkaran menjadi 360° untuk sistem seksagesimal dan 400^g untuk sistem sentisimal :

$$360^{\circ} = 400^g$$

Berdasarkan hubungan di atas dapat dilihat kesamaan berikut :

$$1^{\circ} = 1^g,11111 \dots 1^g = 0,9^{\circ}$$

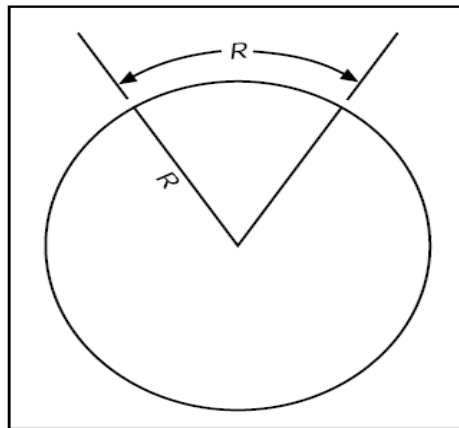
$$1' = 1^c,851851 \dots 1^c = 0,54'$$

$$1'' = 3^{cc},06419 \dots 1^{cc} = 0'',324$$

- Sistem Radial

Yang dimaksud dengan 1 radial adalah sudut pusat lingkaran yang mempunyai panjang busur sama dengan panjang jari-jari lingkaran. Dalam sistem radial keliling lingkaran dibagi dalam satuan terkecil yang disebut dengan radial, dan keliling lingkaran dinyatakan dengan $2\pi r$, maka satu lingkaran memiliki sudut sebesar $\frac{2\pi r}{r} = 2\pi$ radian. Hubungan antara radial, derajat dan grade dalam dinyatakan sebagai berikut :

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



Gambar 4. Ukuran sudut satu radian

Satu radial (1^{ρ} dibaca 1 radian) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$1^{\rho} = \frac{360^{\circ}}{2\pi} = \frac{360 * 60'}{2\pi} = \frac{360 * 60 * 60''}{2\pi}$$

$$1^{\rho} = \frac{400^g}{2\pi} = \frac{400 * 100^c}{2\pi} = \frac{400 * 100 * 100^{cc}}{2\pi}$$

Atau dapat dinyatakan menjadi :

$1^{\rho} = 57^{\circ}, 295, 779 \dots\dots$	$1^{\rho} = 63^g, 661, 977 \dots\dots$
$1^{\rho} = 3437', 7467 \dots\dots$	$1^{\rho} = 6366^c, 1977 \dots\dots$
$1^{\rho} = 20624'', 8 \dots\dots$	$1^{\rho} = 636619^{cc}, 77 \dots\dots$

Gambar Letak suatu titik berdasarkan sudut arah

Jika pengukuran sudut sudah dilakukan, maka kita dapat menentukan berapa jarak suatu titik tersebut terhadap titik lainnya, dan dapat juga ditentukan titik

tersebut membentuk sudut berapa derajat terhadap garis lainnya. Sehingga dengan dasar tersebut maka kita dapat melakukan pemetaan lokasi dan jika pengukuran jarak dan sudut sudah dilakukan, maka luas daerah yang diukur dapat dihitung.

Fungsi Pemetaan dalam Bidang Pertanian

Jika dilihat dari komponen-komponen kegiatan yang dilakukan dalam pemetaan seperti yang telah diuraikan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa pemetaan sangat diperlukan dalam melaksanakan kegiatan di bidang pertanian. Beberapa contoh yang merupakan bagian dari kegiatan pemetaan, yaitu :

- (1) Penentuan jarak tanam.
- (2) Pembuatan jalan usaha tani di lahan pertanian, pengukuran jarak, sudut vertikal dan horizontal.
- (3) Pembuatan petakan lahan, pengukuran jarak dan pengukuran sudut horizontal
- (4) Pengukuran sudut kemiringan lahan, pengukuran sudut vertikal pengukuran jarak dan elevasi.
- (5) Penentuan patok-patok pembuatan teras, pengukuran jarak dan elevasi.

Menggunakan peralatan pemetaan lahan.

Peralatan pemetaan sekarang sudah berkembang sedemikian pesatnya, dan yang tercanggih sekarang ini adalah pengambilan data dengan menggunakan wahana satelit, namun demikian untuk skala kecil peralatan yang konvensional masih diperlukan. Adapun peralatan yang biasa digunakan untuk keperluan pembuatan peta meliputi (a) peralatan lapangan dan (b) peralatan kantor.

Peralatan lapangan

Peralatan lapangan adalah jenis-jenis peralatan yang digunakan untuk kegiatan pengukuran dan pengambilan data di lapangan. Terdapat beberapa peralatan yang biasa digunakan dilapangan, antara lain:

Kompas

Kompas adalah alat penunjuk arah yang bekerja berdasarkan gaya medan magnet. Pada kompas selalu terdapat sebuah magnet sebagai komponen utamanya. Magnet biasanya berbentuk sebuah jarum penunjuk. Saat magnet penunjuk tersebut berada dalam keadaan bebas, maka akan mengarah ke utara-selatan magnet bumi. Pada saat kedudukan jarum penunjuk dalam keadaan bebas, ini yang dijadikan dasar dalam pengukuran sudut dengan kompas.

Bagian-bagian kompas

Secara umum kompas terdiri dari 4 komponen, yaitu jarum kompas, piringan bacaan sudut, skala sudut dan rumah kompas.

(a) Jarum kompas atau jarum magnet

Jarum kompas adalah bagian penting dari kompas tersebut. Jarum kompas ini dijaga agar tidak berkarat dengan menggunakan minyak bening atau ada yang menyebutkannya cairan anti statik. Biasa juga ditambahkan fosfor untuk membantu melihat kompas pada malam hari.

(b) Piringan sudut derajat

Didalam kompas ada lingkaran yang terdiri atas garis-garis skala sudut. Garis ini disebut garis pembagian skala sudut, biasanya dinyatakan dalam satuan derajat. Cara membaca skala derajat ini searah dengan jarum jam yang dimulai dari arah utara magnetis, kemudian melingkar menuju titik utara magnetis kembali.

(c) Skala piringan derajat

Skala piringan derajat ini ada bermacam-macam. Pembagian derajat internasional atau standarnya adalah seperti sudut lingkaran yaitu 360° .

Rumah kompas

Rumah kompas adalah tempat bagian kompas tersebut berada. Fungsi rumah kompas adalah sebagai pembungkus dan pelindung komponen utama kompas. Jarum magnet dipasang sedemikian rupa agar bisa berputar bebas secara horizontal. Skala penunjuk umumnya berupa lingkaran 360° dan arah mata angin.

Di dalam rumah kompas biasanya juga diberi minyak bening sebagai penangkal luar, selain itu juga berfungsi untuk menghindari karat. Cairan ini berfungsi melindungi kompas terutama dalam suhu antara -40°C sampai 50°C sehingga dalam suhu yang demikian rendah kompas masih dapat berfungsi normal. Selain itu minyak bening dalam rumah kompas membuat jarum kompas bekerja lebih baik dan lebih tenang.

Kegunaan kompas

Berdasarkan bentuk dan cara kerjanya kompas maka kompas mempunyai kegunaan yang sangat membantu antara lain:

- Mencari arah utara magnetis.
- Mengukur besarnya sudut kompas.
- Mengukur besarnya sudut peta.
- Mencocokkan letak orientasi.
- Menentukan tempat perpotongan/persilangan.
- Penunjuk arah perjalanan

Jenis-jenis Kompas

Kompas dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu kompas bidik (kompas prisma), kompas orientasi (kompas silva), dan kompas standar.

Kompas bidik atau prisma fungsi.

Fungsi utama kompas bidik atau kompas prisma adalah untuk mempermudah menghitung sudut sasaran bidik (tempat atau benda) secara langsung. Kompas ini terbuat dari bahan logam, dengan jarum kompas mengandung zat fosfor yang akan memudahkan pembacaan sudut, bila kompas digunakan di tempat gelap. Cara pemakaiannya dengan membidikkan kompas ke sasaran secara langsung sekaligus membaca sudut sasaran pada skala kompas. Besar sudut yang dibuat oleh arah bidikan dan arah jarum (utara) disebut sudut sasaran (*bearing*).

Kelebihannya adalah

- Besar sudut bidikan bisa langsung di baca melalui prisma.
- Dapat langsung diketahui azimuth dan azimuth belakangnya.
- Mudah digunakan, mudah didatarkan.



Gambar 5. Kompas militer

Kelemahan kompas prisma

- Terbuat dari logam sehingga berat.

Cara menggunakan kompas

Pada dasarnya cara penggunaan kompas lebih ditekankan pada urutan-urutan yang benar untuk menggunakan kompas, yaitu antara lain :

- Buka bagian penutup (untuk kompas yang ada bagian penutupnya).
- Jauhkan kompas dari gangguan lokal dan benda-benda yang mengandung medan magnet.
- Pegang/letakkan kompas pada posisi yang datar.
- Bidik sasaran yang dituju dengan menggunakan celah bidik, garis bidik dan sasaran satu garis lurus.
- Baca/lihat besarnya sudut yang terlihat dengan menggunakan angka-angka derajat (untuk kompas bidik).

1) Kompas Silva atau orientasi.

Fungsi utama kompas ini adalah untuk orientasi lapangan. Kompas ini memiliki tanda panah penyesuai yang terdapat di dasar piringan kompas, dilengkapi dengan cermin. Selain itu disekitar piringan kompas terdapat konektor dan penggaris.



Gambar 6. Kompas Silva

Kelebihan kompas Silva

Beberapa kelebihan kompas silva adalah

- Memiliki cermin untuk memudahkan pembacaan dan pembidikan
- Dilengkapi dengan penggaris (dalam satuan cm dan inchi).
- Untuk jenis tertentu memiliki kaca pembesar dan konektor untuk peta skala 1 : 50.000 dan 1 : 25.000.
- Untuk jenis tertentu dilengkapi dengan lensa pembidik.
- Dapat digunakan untuk mengukur besar sudut peta (pengganti busur derajat).

Kelemahan Kompas Silva

Adapun kelemahan kompas Silva antara lain :

- Untuk membuat kompas menjadi datar, harus menggunakan alat bantu yang datar atau penyangga
- Bila membidik, besar suatu sudut kompas tidak dapat langsung diketahui, tetapi harus melalui perhitungan.

2) Kompas standar

Kompas standar adalah jenis kompas yang dilengkapi dengan lensa bikonkaf untuk mempermudah dalam pembacaannya. Fungsi utama hanya

sebagai penunjuk arah berdasarkan prinsip gaya magnet, sehingga kompas standar adalah kompas dasar. Ukuran kompas standar umumnya lebih kecil dari 2 jenis kompas yang lain. Untuk sekedar penunjuk arah mata angin kompas standar lebih dapat diandalkan karena lebih praktis.

Berikut ini adalah beberapa kelebihan kompas standar dibandingkan dengan kompas lainnya, yaitu:

- Ringan sehingga mudah untuk dibawa dan digunakan, selain harga yang cukup murah.
- Memiliki pengait untuk memudahkan dalam mendatarkan kompas.



Gambar 7. Kompas Standar

Kekurangan nya kompas biasa adalah

- Piringan kompas mudah sekali bergerak sehingga agak menyulitkan dalam menentukan besar sudut kompas di lapangan.
- Skala pada kompas biasa, tiap strip newakili dua skala, keakuratan pengukuran besarnya sudut kompas kurang, terutama untuk pengukuran sudut kompas dengan angka ganjil, dimana pengukurannya berdasarkan perkiraan saja.

Cara Pengoperasian Kompas

Pada saat menggunakan kompas untuk melakukan pengukuran sudut, maka kompas harus dalam keadaan horizontal atau datar. Tujuan adalah agar jarum magnet penunjuk dapat berputar secara bebas mendatar untuk

mengarah ke utara-selatan magnet bumi. Kebebasan gerak jarum magnet akan berpengaruh dalam keakuratan penunjukan sebuah kompas.

Pada prinsipnya kompas bekerja berdasarkan medan magnet, dalam hal ini kompas dapat menunjukkan kedudukan dari kutub-kutub magnet bumi. Dengan ketentuan bahwa kompas terganggu oleh magnet dan medan listrik yang berada disekitar kompas.

Agar kompas dapat bekerja dengan benar, maka harus dilakukan usaha untuk memperkecil pengaruh luar terhadap gangguan kompas.

Dalam penggunaan kompas di lapangan, harus berhati-hati, terutama untuk menjamin keakuratan pengukuran kompas. Salah satu yang mengganggu ketepatan pengukuran kompas adalah terganggunya jalan dari jarum kompas. Penyebabnya adalah:

- Kawat listrik dan listrik bertegangan tinggi. Maka jika menggunakan kompas sebaiknya jaraknya lebih dari 60 meter dari kawat listrik bertegangan tinggi, karena pada jarak tersebut medan magnet kompas belum terpengaruh oleh medan magnet dan medan listrik.
- Kawat telegraf. Dalam penggunaan kompas sebaiknya mengambil jarak lebih dari 40 meter dari kawat telegraf.
- Kawat berduri. : Kawat berduri banyak ditemui pada batas lahan perumahan, pertanian, peternakan, komplek militer dan lain-lain. Jika menggunakan kompas, sebaiknya berjarak ± 10 meter dari benda tersebut.
- Patok dari besi baja dan pagar besi. Jarak yang ideal untuk penggunaan kompas adalah ± 3 meter.

Unting-unting (Plum Bob)

Unting-unting (plum bob) digunakan untuk mengecek apakah objek berada dalam posisi tegak lurus atau tidak. Unting-unting terdiri dari sepotong logam (plum bob) bila dalam posisi tergantung bebas akan mengarah ke bawah dalam posisi tegak lurus (vertikal) menuju pusat bumi, karena gaya gravitasi. Unting-unting biasanya diikatkan pada kabel atau benang nilon lihat Gambar 8. Ketika

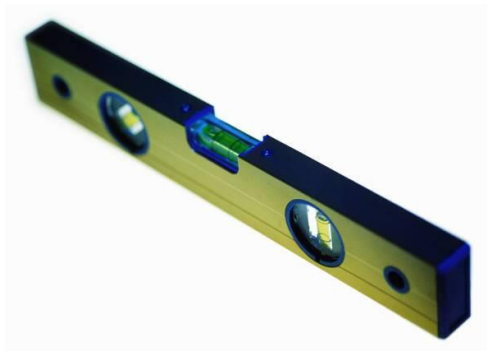
unting-unting dalam posisi tergantung bebas dan tidak bergerak, maka posisi kabel dalam keadaan tegak lurus (vertical).



Gambar 8. Unting-unting (Plum bob)

Penyipat Datar Tukang Kayu

Penyipat datar tukang kayu dipakai untuk mengecek apakah suatu objek berada dalam posisi horizontal dan atau vertikal. Pada penyipat datar tukang kayu biasanya terdapat satu atau lebih tabung kaca melengkung, disebut tabung nivo (lihat Gambar 9).



Gambar 9. Penyipat datar tukang kayu

Masing-masing nivo disegel dan sebagian diisi dengan cairan (air, minyak atau parafin). Ruang sisa adalah udara, terlihat sebagai gelembung (lihat Gambar 9). Pada tabung kaca ada dua tanda, dimana ketika posisi penyipat datar dalam keadaan horizontal atau vertikal), maka gelembung udara tepat di antara kedua tanda tersebut (lihat Gambar 9).

Penggunaan Penyipat Datar Tukang Kayu (Water Pass)

Penggunaan penyipat datar tukang kayu sangat sederhana, hanya dengan menempatkan alat tersebut pada bidang yang dicek letaknya. Letak posisi objek datar atau vertical dapat dilihat dari gelembung udara yang ada pada nivo tabung. Jika gelembung udara pada nivo berada ditengah-tengah, maka letak objek sudah pasti datar atau vertical. Saat ini berbagai alat pemetaan seperti Penyipat datar optik (Level) dan theodolite dilengkapi dengan nivo atau penyipat datar, yang fungsi adalah untuk mengecek dan memastikan bahwa alat pemetaan yang dipakai dalam keadaan datar, dan hal ini untuk menghindari kesalahan dalam pengukuran.



Gambar 10. Penggunaan penyipat datar

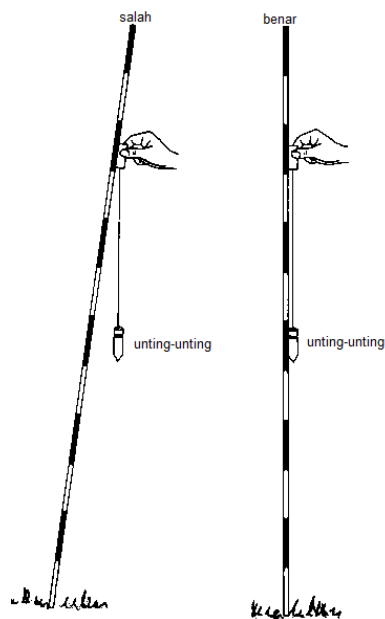
Jalon (Range Pole)

Jalon (*range pole*) lihat Gambar 11, digunakan untuk menandai titik dan untuk menetapkan garis lurus di lapangan. Jalon juga digunakan untuk menandai titik yang harus dilihat pada saat melakukan pengukuran jarak di lapangan. Jika pengukuran dilakukan dengan jarak yang jauh, maka biasanya jalon dilengkapi dengan bendera.



Gambar 11. Jalon

Jalon terbuat dari batang kayu bulat atau bambu atau batang logam yang lurus dengan ukuran diameter 3 - 4 cm dan panjang sekitar 2 m. Jalon dapat juga dibuat sendiri dari bambu atau pohon cabang lurus yang kuat. Agar jalon dapat menancap dengan baik di tanah, maka bagian ujungnya diruncingkan dan diberi logam. Jalon biasanya dicat berwarna merah putih atau hitam putih. Jika jalon terbuat dari kayu atau bambu yang mudah rusak, maka pada bagian ujungnya diberi logam.

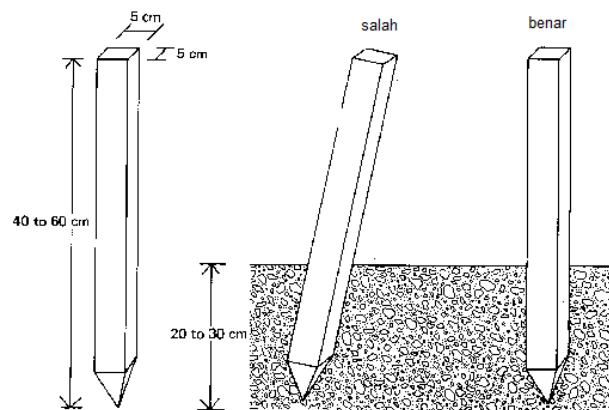


Gambar 12. Penggunaan jalon untuk pengukuran

Patok

Patok digunakan untuk menandai titik-titik tertentu di lapangan. Patok dapat dibuat dengan berbagai jenis bahan, misalnya kayu, potongan pohon atau cabang, kayu dan patok beton. Patok kayu biasanya digunakan untuk menandai

titik-titik sementara di lapangan pada saat pengukuran, sehingga biasanya diperlukan banyak patok. Patok kayu biasanya berukuran 40 sampai 60 cm tergantung pada jenis pekerjaan pengukuran yang dilakukan. Pemasangan patok harus tertancap kuat ke dalam tanah dengan posisi tegak lurus dan terlihat dengan jelas.



Gambar 13. Patok kayu



Gambar 14. Pemasangan Patok sementara

Sedangkan untuk menandai titik-titik yang bersifat permanen, misalnya titik triangulasi, titik-titik batas wilayah atau negara, titik referensi (*bench mark*) digunakan patok beton. Patok-patok permanen biasa dilengkapi dengan tanda-

tanda atau identitas tertentu, dan letaknya sudah tercantung dalam posisi koordinat titik.



Gambar 15. Patok titik referensi pengukuran (bench mark) PU



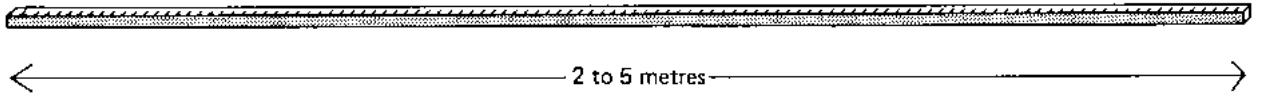
Gambar 16. Patok beton triangulasi



Gambar 17. Patok batas Negara

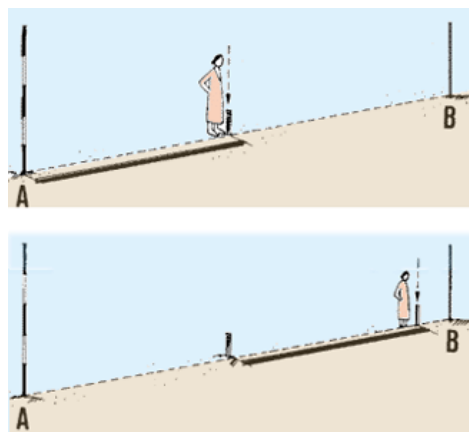
Mistar Ukur

Mistar ukur adalah sebatang kayu lurus yang memiliki panjang bervariasi dari 2 meter sampai 5 meter yang diberi skala ukuran. Skala ukuran pada mistar ukur biasanya digunakan ukuran sentimeter, desimeter dan meter.



Gambar 18. Mistar Ukur

Jika Anda akan mengukur jarak pada lahan yang datar, maka tandailah titik awal dan akhir pengukuran dengan jalon. Tempatkan mistar ukur di lahan dengan ujungnya di jalon awal, pastikan mistar ukur membentuk garis lurus. Letakkan patok penanda di ujung batang penggaris, kemudian ambil penggaris dan tempatkan ujungnya di patok kedua. Lanjutkan dengan cara ini sampai mencapai patok akhir, dan hitung dengan teliti penggunaan mistar ukur selama pengukuran berlangsung. Biasanya untuk mencapai patok akhir, Anda biasanya hanya perlu menggunakan sebagian dari mistar ukur. Berhati-hatilah kemudian membaca skala ukur pada batang penggaris dengan benar.



Gambar 19. Pengukuran jarak dengan mistar ukur

Pita ukur (Meteran)

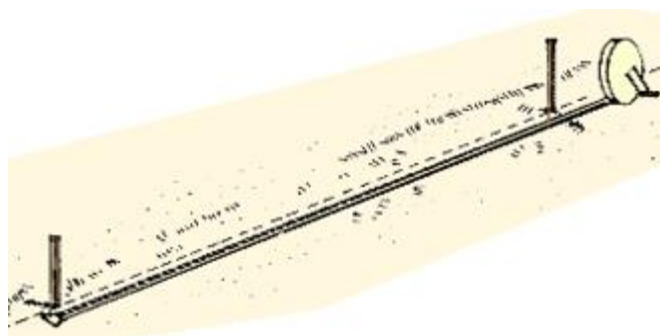
Ada berbagai jenis pita ukur, pita ukur linen dapat dilapisi plastik atau tanpa lapisan, dan kadang-kadang diperkuat dengan benang serat. Pita ukur tersedia dalam berbagai ukuran panjang 10m, 15m, 20m, 25m atau 30m. Kelebihan dari

pita ukur adalah dapat digulung dan ditarik kembali, sedangkan kekurangannya adalah apabila ditarik akan memanjang, cepat rusak dan mudah putus, serta tidak tahan air.



Gambar 20. Meteran

Pita ukur adalah alat yang digunakan untuk mengukur jarak di lapangan (lihat Gambar 19). Terdapat berbagai jenis pita ukur yang dapat digunakan dilapangan, yaitu pita ukur yang terbuat dari baja, dan yang dilapis kain atau bahan sintetis. Pita ukur baja tersedia dalam berbagai ukuran panjang dari 20, 30 dan 50m, dengan skala ukuran centimeter, desimeter dan meter.



Gambar 21. Pengukuran dengan rol ukur

Lembar Formulir Pengukuran

Formulir pengukuran digunakan untuk mencatat kondisi di lapangan dan hasil perhitungan **atau** pengukuran di lapangan. Lembar formulir pengukuran sangat bervariasi, dan petugas pengukuran dapat mengembangkan sendiri sesuai

dengan keperluannya. Pengukuran harus dilaksanakan berdasarkan ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

Abney level

Abney level sangat berguna untuk menentukan dengan cepat perbedaan elevasi di lapangan, terutama jika kondisi lahan berbukit, dan presisi yang tinggi tidak diperlukan. Abney level terdiri dari tabung persegi dengan ukuran panjang sekitar 16 cm. Alat ini juga dilengkapi dengan lensa objektif untuk pengamatan, benang silang pengamatan horisontal di ujung lensa obyektif, gelembung udara (nivo penyipat datar), cermin sudut 45° , dan busur berskala.

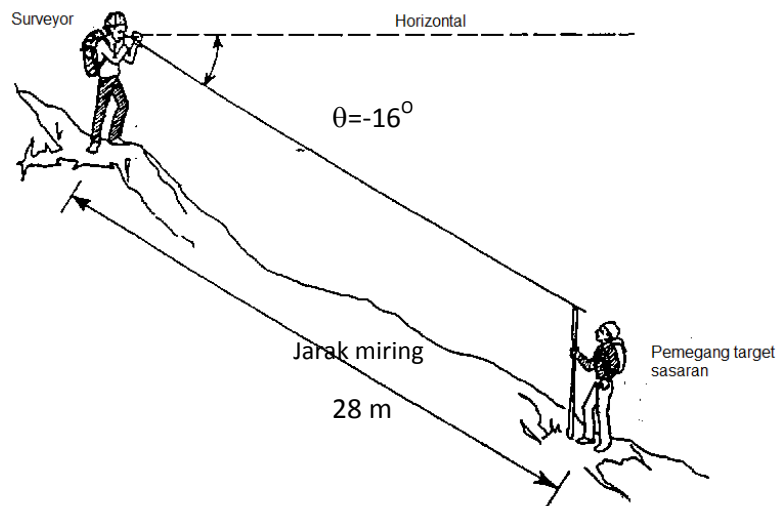


Gambar 22. Abney level

Pengoperasian Abney Level

Untuk melakukan pengukuran dengan Abney level dibutuhkan dua orang dan caranya sederhana sederhana. Pengamat pertama melalui lubang pengintai yang ada pada Abney level membidik target yang dipegang oleh orang lain, dan jarak antara titik-titik yang dibidik diukur panjangnya. Jarak dan sudut vertikal (sudut diukur dengan Abney level) dicatat dalam buku lapangan.

Penting untuk dicatat bahwa target yang dibidik oleh pengamat pertama harus sama dengan ketinggian mata pengamat pertama. Untuk itu diperlukan batang pengamatan yang mana target yang diukur ditandai dengan ketinggian sama dengan tinggi mata pengamat pertama.



Gambar 23. Pengukuran kemiringan lahan dengan Abney Level

Payung Survey

Payung survey biasa digunakan atau memiliki fungsi sebagai pelindung dari panas dan hujan untuk alat ukur. Karena bila alat ukur sering kepanasan atau kehujanan, lambat laun alat tersebut pasti, misalnya terkena serangan jamur. Selain itu juga dapat dimanfaatkan oleh pengamat (pembaca rambu) agar dapat bekerja dengan nyaman dan terlindung dari sinar terik matahari. Terdapat berbagai jenis payung untuk survey, namun sebaiknya adalah yang berwarna cerah dan menolak sinar, karena jika payung berwarna gelap atau hitam, akan membuat pengamat kepanasan dan tidak nyaman.



Gambar 24. Payung survey

Rambu Ukur

Rambu ukur (*target rod*) adalah alat bantu yang digunakan untuk pengambilan data bacaan dilapangan. Bentuk fisiknya berupa mistar dengan panjang 3 – 5 meter, ukuran lebarnya 4 cm dan skala pembacaan dilengkapi dengan angka dari meter, desimeter, sentimeter, dan milimeter. Memiliki skala di dua sisi-sisi kanan dan sisi kiri dan bercat hitam putih atau merah putih. Rambu terbuat dari bahan yang tahan terhadap kondisi lapangan biasanya terbuat dari kayu keras, campuran alumunium yang diberi skala pembacaan. Rambu ukur diperlukan untuk pengambilan data hasil pengukuran, baik pengukuran sipat datar, pengukuran sudut, pengukuran jarak, pengukuran luas, pengukuran polygon, maupun pengukuran lainnya, semua menggunakan rambu ukur. Kedudukan rambu dalam pengukuran harus benar-benar vertikal diatas titik yang diukur sebagai target pengukuran.



Gambar 25. Rambu ukur

Cara memegang rambu ukur

Pada pengukuran sipat datar atau dengan theodolite, rambu ukur didirikan di atas patok/titik yang merupakan jalur pengukuran. Penempatan rambu ukur di

atas patok harus sedemikian rupa, sehingga pada waktu pengukuran posisinya benar-benar tegak lurus, tidak miring ke kiri atau ke kanan dan juga tidak boleh condong ke depan atau ke belakang, karena akan mempengaruhi hasil pembacaan dan menyebabkan kesalahan. Untuk menghindari terjadinya hal itu biasanya rambu ukur dilengkapi dengan nivo.



Gambar 26. Cara memegang rambu ukur

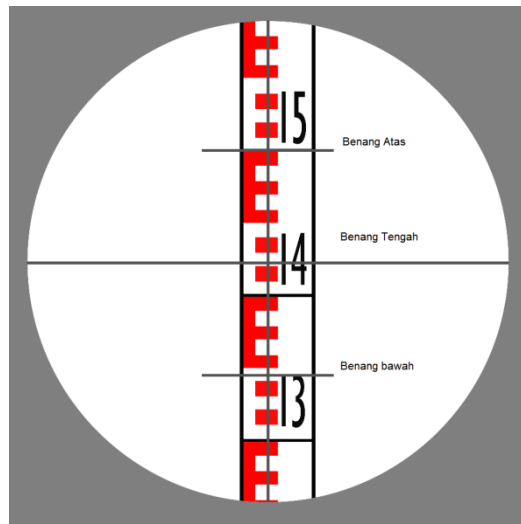
Cara Pengoperasian Rambu Ukur

Pengoperasian rambu ukur, cukup sederhana, dengan cara sebagai berikut :

1. Atur ketinggian rambu ukur dengan menarik batangnya sesuai dengan kebutuhan, kemudian kunci.
2. Letakkan dasar rambu ukur tepat diatas tengah-tengah patok (titik) yang akan dibidik.
3. Usahakan rambu ukur tersebut tidak miring/condong (depan, belakang, kiri dan kanan), karena bisa mempengaruhi hasil pembacaan.
4. Arahkan lensa pada teropong pesawat ke rambu ukur, fokuskan sampai terbaca dengan jelas angka yang dibidik dan benang silang pada teropong.

Pembacaan Rambu Ukur

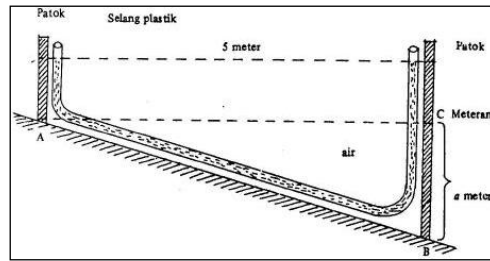
Pembacaan rambu ukur terdiri dari empat unit bacaan, yaitu meter, desimeter, sentimeter dan milimeter (dalam waterpas teliti unit bacaan sampai dengan mikrometer). Bacaan meter sampai dengan sentimeter ditunjukkan pada skala rambu, sedangkan tingkat milimeternya didasarkan oleh perkiraan (estimasi) pengukuran terhadap posisi benang silang, benang atas (BA), benang tengah (BT) dan benang bawah (BA) pada rambu. Pada rambu ukur akan terlihat huruf E dan beberapa kotak kecil yang berwarna merah dan hitam. Setiap huruf E mempunyai jarak 5 cm dan setiap kotak kecil lebar 1 cm.



Gambar 27. Pembacaan rambu ukur

Selang

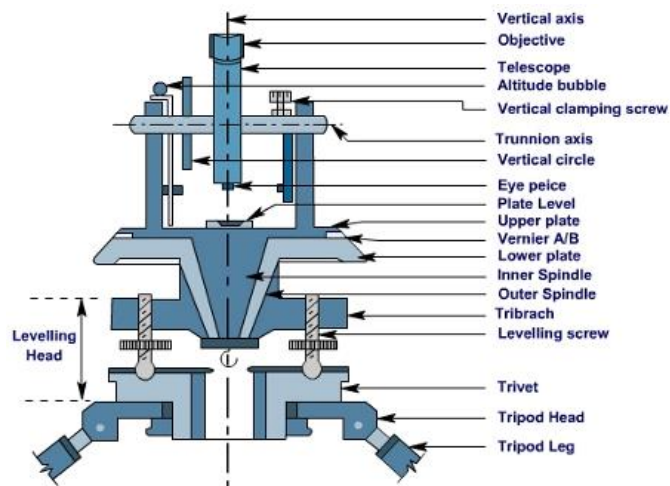
Selang adalah alat pengukuran beda tinggi antara dua titik atau tempat secara sederhana. Biasanya selang diisi dengan air yang diberi warna agar mudah terlihat. Prinsip kerja alat ini, bila dua titik atau tempat diukur akan memiliki tinggi permukaan air yang sama. Beda tinggi kedua titik atau tempat dapat diperoleh dengan menghitung selisih pembacaan tinggi posisi air pada kedua titik atau tempat.



Gambar 28. Selang ukur

Tripod /Kaki tiga

Tripod atau kaki tiga adalah alat yang digunakan untuk membantu agar theodolite atau penyipat datar dapat berdiri tegak meskipun diletakkan pada suatu landasan yang cukup miring. Sesuai namanya tripod mempunyai tiga kaki yang terbuat dari besi, aluminium atau kayu.



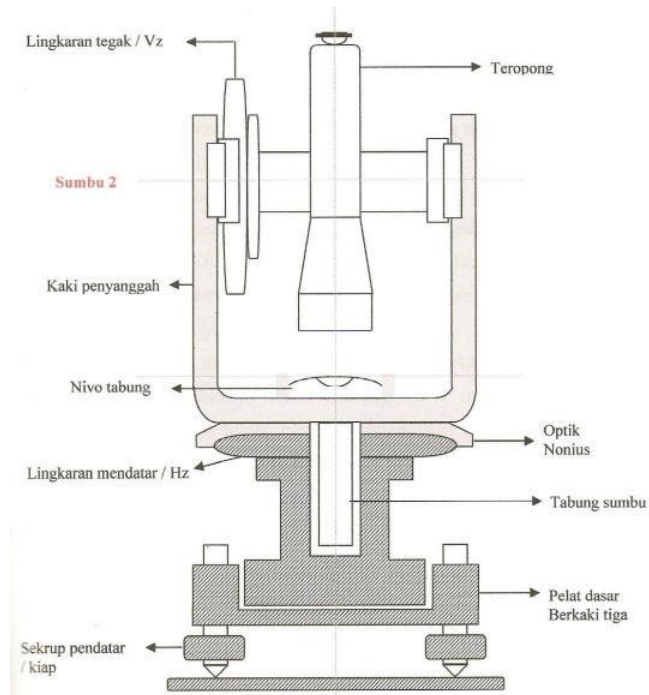
Gambar 29. Komponen tripod secara umum



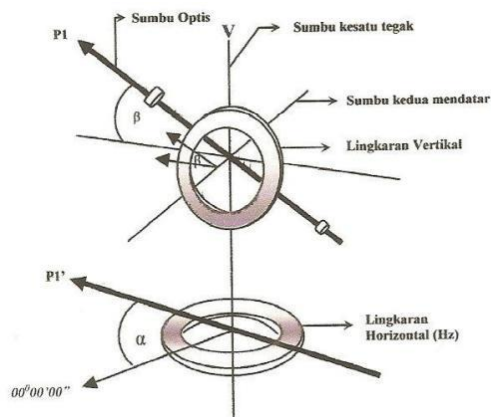
Gambar 30. Berbagai jenis tripod

Theodolite

Theodolite adalah salah satu alat ukur lahan yang digunakan untuk mengukur titik-titik di lapangan dalam arah posisi vertikal dan horizontal. Pada dasarnya alat ini berupa sebuah teropong jarak jauh (teleskop) yang ditempatkan pada suatu plat datar berbentuk piringan yang dapat diputar-putar mengelilingi sumbu vertikal, sehingga memungkinkan dapat membaca sudut mendatar (horizontal). Selain itu teropong pada theodolite dipasang pada piringan kedua dan dapat diputar-putar mengelilingi sumbu horisontal, sehingga memungkinkan dapat membaca sudut tegak (vertikal). Kedua sudut tersebut dapat dibaca dengan tingkat ketelitian sangat tinggi. Di dalam theodolite skala sudut yang dapat di baca sampai satuan sekon (detik), tergantung pada jenis dan tipenya.



Gambar 31. Komponen-komponen Theodolite



Gambar 32. Sumbu-sumbu pada theodolite

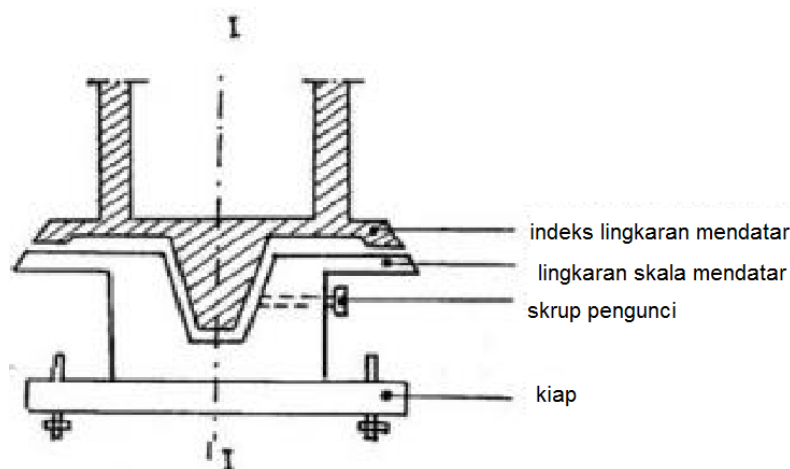
Theodolite biasa dipakai dalam kegiatan yang berhubungan dengan pengukuran lahan, dalam bentuk pengukuran poligon, pemetaan situasi, maupun pengamatan matahari. Theodolite juga dapat digunakan untuk menentukan beda tinggi titik di atas tanah, pengukuran sudut yaitu sudut mendatar (*horizontal*) dan sudut tegak (*vertical*). Sudut-sudut tersebut berperan dalam penentuan jarak mendatar dan jarak tegak diantara dua buah titik di lapangan.

Theodolite berubah fungsinya menjadi semacam pesawat penyipat datar jika sudut vertikalnya dibuat 90° . Dengan adanya teropong pada theodolite, maka theodolite dapat dibidikkan kesegala arah. Dalam pekerjaan bangunan gedung, theodolite sering digunakan untuk menentukan sudut siku-siku pada pekerjaan pondasi, theodolite juga dapat digunakan untuk mengukur ketinggian tinggi suatu bangunan gedung bertingkat.

Berdasarkan konstruksi dan cara pengukuran theodolite dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu theodolite reiterasi, repetisi dan digital.

Theodolite reiterasi

Pada theodolite reiterasi, plat lingkaran skala (horizontal) menjadi satu dengan plat lingkaran nonius dan tabung sumbu pada kiap sehingga lingkaran mendatar bersifat tetap. Pada jenis ini terdapat sekrup pengunci plat nonius. Theodolite yang dimaksud adalah theodolite tipe T0 (Wild) dan tipe DKM-2A (Kem)



Gambar 33. Konstruksi theodolite reiterasi

Theodolite repetisi

Pada theodolite repetisi, plat lingkarn skala mendatar ditempatkan sedemikian rupa, sehingga plat ini dapat berputar sendiri dengan tabung poros sebagai sumbu putar. Pada jenis ini terdapat sekrup pengunci lingkaran mendatar dan sekrup nonius. Dengan konstuksi yang sedemikian maka, bacaan skala lingkaran mendatar 0° dapat ditentukan ke arah bidikan (rambu ukur) yang

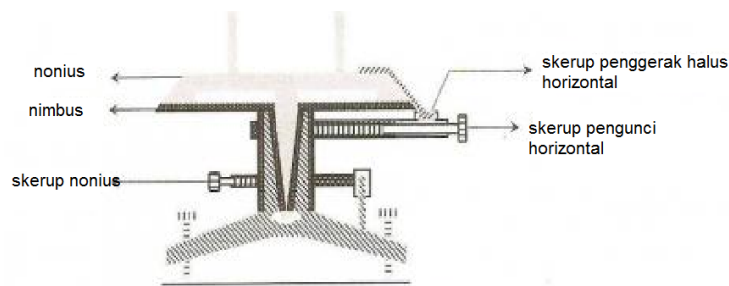
dikehendaki. Theodolite yang termasuk ke dalam jenis theodolite repetisi adalah theodolit tipe TM 6 dan TL 60-DP (Sokkisha), TL 6-DE (Topcon), Th-51 (Zeiss)

Berdasarkan sistem bacaan sudutnya, maka theodolite dapat dibedakan menjadi :

- Theodolite sistem baca dengan Indexs Garis
- Theodolite sistem baca dengan Nonius
- Theodolite sistem baca dengan Micrometer
- Theodolite sistem baca dengan koinidensi
- Theodolite sistem baca dengan digital

Berdasarkan tingkat skala ketelitiannya, theodolite dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

- Theodolite presisi (tipe T3/ Wild)
- Theodolite satu sekon (tipe T2/Wild)
- Theodolite sepuluh sekon (tipe TM-10C/Sokkisha)
- Theodolite satu menit (tipe T0/Wild)
- Theodolite sepuluh menit (tipe DK-1/Kern)



Gambar 34. Konstruksi theodolite repetisi

Theodolite digital

Theodolite digital adalah jenis theodolite optis yang sistem pembacaan skala lingkaran tidak menggunakan sistem lensa dan prisma lagi, melainkan menggunakan sistem sensor. Sensor ini bekerja sebagai elektro optis model (alat penerima gelombang elektromagnetis). Hasil pertama sistem analog dan

kemudian harus ditransfer ke sistem angka digital. Proses penghitungan secara otomatis akan ditampilkan pada layar (LCD) dalam angka desimal.

Teodolit digital terbagi atas tiga bagian, yaitu bagian bawah, bagian tengah, dan bagian atas. Bagian bawah terdiri dari skrup penyetel yang menyangga suatu tabung dan plat yang berbentuk lingkaran. Bagian tengah terdiri dari suatu rambu yang dimasukkan ke dalam tabung, dimana pada bagian bawah sumbu ini adalah sumbu tegak atau sumbu pertama. Di atas pertama diletakkan lagi plat yang berbentuk lingkaran yang berjari-jari lebih kecil daripada jari-jari plat bagian bawah. Pada dua tempat di tepi lingkaran dibuat alat pembaca yang disebut nonius. Suatu nivo diletakkan pada atas plat nonius untuk membuat sumbu tegak lurus. Bagian atas terdiri dari sumbu mendatar atau sumbu kedua, pada sumbu kedua diletakkan plat berbentuk lingkaran dan dilengkapi skala untuk pembacaan skala lingkaran. Pada lingkaran tegak ini di tempatkan kedua nonius pada penyangga sumbu ke dua.



Gambar 35. Theodolite digital

Keterangan gambar theodolite digital (DT 20 ES) :

- 1) Nivo kotak
- 2) Klem pengunci
- 3) Penggerak halus
- 4) Tempat baterai

- 5) Klem pengunci lingkaran horisontal
- 6) Penggerak halus lingkaran horisontal
- 7) Klem pengatur nivo tabung
- 8) Pegangan
- 9) Lensa okuler
- 10) Klem pengatur fokus benang
- 11) Tombol (On/Off)
- 12) Nivo tabung
- 13) Display
- 14) Keyboard (papan tombol)
- 15) Plat dasar (plat)

Bagian-bagian Theodolite

Secara umum, konstruksi theodolite terbagi atas dua bagian :

1. Bagian atas, terdiri dari :

- Teropong/Teleskop
- Nivo tabung
- Sekrup okuler dan objektif
- Sekrup gerak vertikal
- Sekrup gerak horizontal
- Teropong bacaan sudut vertikal dan horizontal
- Nivo kotak
- Sekrup pengunci teropong
- Sekrup pengunci sudut vertikal
- Sekrup pengatur menit dan detik
- Sekrup pengatur sudut horizontal dan vertikal

2. Bagian Bawah terdiri dari :

- Statif/Tripod
- Tiga sekrup penyetel nivo kotak
- Unting – unting
- Sekrup repitisi

- Sekrup pengunci pesawat dengan statif

Pengoperasian Theodolite

Persyaratan pengoperasian theodolite

Ada 4 persyaratan yang harus dipenuhi sebelum theodolite dipakai, yaitu :

- (1) Sumbu I harus tegak lurus dengan sumbu II (dengan menyetel nivo tabung dan nivo kotaknya).
- (2) Garis bidik harus tegak lurus dengan sumbu II.
- (3) Garis jurusan nivo skala tegak, harus sejajar dengan indeks skala tegak.
- (4) Garis jurusan nivo skala mendatar, harus tegak lurus dengan sumbu II.

Jika keempat syarat tersebut dapat dipenuhi, maka kesalahan karena alat dapat dihindarkan.

Penyetelan theodolite

- (1) Dirikan statif pada lahan yang ditetapkan.
- (2) Pasang theodolite diatas kepala statif dengan mengikatkan landasan theodolite dan sekrup pengunci di kepala statif.
- (3) Stel nivo kotak dengan cara:
 - Putar sekrup A, B secara bersama-sama hingga gelembung nivo bergeser kearah garis sekrup C. (lihat gambar A)
 - Putar sekrup C ke kiri atau ke kanan hingga gelembung nivo bergeser ketengah (lihat gambar B).
 - Setel nivo tabung dengan sekrup penyetel nivo tabung.
 - Periksa kembali kedudukan gelembung nivo kotak dan nivo tabung dengan cara memutar teropong ke segala arah.

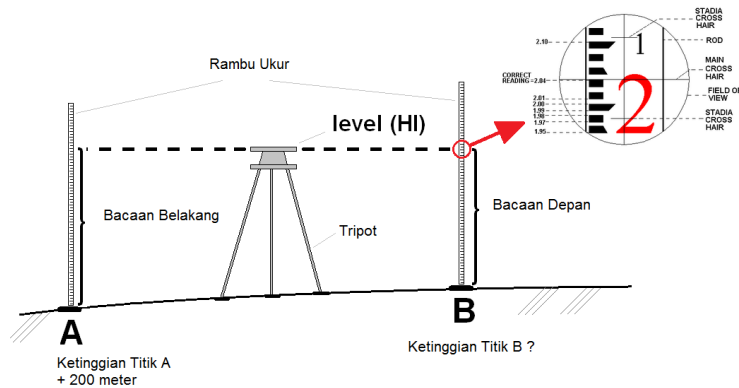
Penyipat Datar (Level)

Alat penyipat datar (*waterpass*) adalah suatu alat ukur ~~tanah~~ yang digunakan untuk mengukur beda tinggi antara titik-titik di lapangan. Beda tinggi antar titik tersebut ditentukan dengan menggunakan garis bidik (visir) pada sumbu horizontal **pada** teropong yang diarahkan ke rambu ukur yang berdiri tegak.



Gambar 36. Penyipat datar dan rambu ukur

Teknik pengukuran dengan menggunakan alat penyipat datar ini biasa disebut dengan pengukuran menyipat datar atau *Levelling*. Pekerjaan pengukuran menyipat dilakukan dalam rangka penentuan tinggi suatu titik yang akan ditentukan ketinggiannya berdasarkan suatu bidang acuan tertentu, biasanya menggunakan tinggi rata-rata permukaan laut atau titik acuan lain yang dipilih, misalnya titik triangulasi atau titik bench mark.



Gambar 37. Pengukuran menyipat datar

Tujuan utama dari pengukuran menyipat datar adalah untuk kepentingan kegiatan yang berhubungan dengan pekerjaan tanah misalnya untuk menghitung volume galian dan timbunan. Untuk itu dikenal adanya pengukuran sipat datar profil memanjang (*longitudinal section*) dan sipat datar profil melintang (*cross section*).

Secara garis besar, alat ukur sipat datar di bedakan menjadi (1) *dumpy level*, (2) *reversible level* dan (3) *tilting level*.

Dumpy level (tipe kekar)

Ciri utama *dumpy level* adalah sumbu tegak menjadi satu dengan teropong. Semua bagian pada alat sipat datar tipe kekar adalah tetap. Nivo tabung berada di atas teropong, teropong hanya dapat digeser dengan sumbu kesatu sebagai sumbu putar.



Gambar 38. Penyipat datar tipe *dumpy level*

Reversible level (tipe reversi)

Pada tipe ini teropong dapat diputar pada sumbu mekanis dan ditopang oleh bagian tengah yang mempunyai sumbu tegak. Selain itu teropong dapat diungkit dengan skrup sehingga garis bidik dapat mengarah ke atas, ke bawah, maupun mendatar. Sumbu mekanis sebagai sumbu putar teropong adalah garis penolong untuk membuat garis bidik sejajar dengan dua garis jurusan nivo reversi.

Tilting level (Penyipat datar tipe jungkit)

Penyipat datar tipe jungkit (*tilting level*) adalah jenis penyipat datar yang memiliki sumbu tegak dan teropong dihubungkan dengan engsel dan skrup

pengungkit. Berbeda dengan tipe reversi, pada tipe ini teropong dapat diungkit dengan skrup pengungkit.

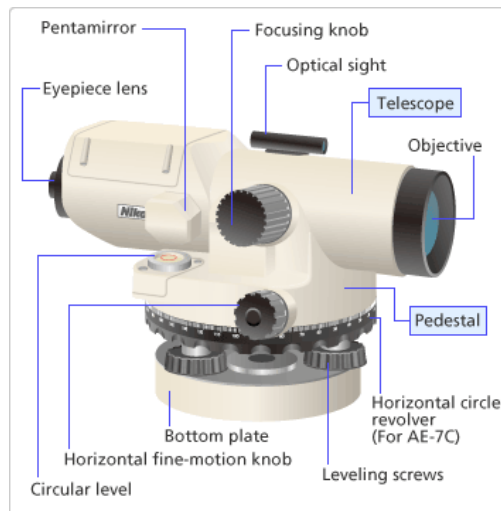


Gambar 39. Contoh penyipat datar tipe jungkit

Automatic level (Penyipat datar tipe Otomatis)

Penyipat datar otomatis sama dengan tipe kekar, hanya di dalam teropong terdapat alat yang disebut kompensator untuk membuat agar garis bidik mendatar. Berbeda dengan 3 tipe sebelumnya, pada tipe otomatis tidak terdapat nivo tabung untuk mendatarkan garis bidik sebagai penggantinya di dalam teropong dipasang alat yang dinamakan kompensator.

Bila benang silang diafragma telah diatur dengan baik, sinar mendatar dan masuk melalui pusat objektif akan selalu jatuh tepat di titik potong benang silang diafragma, walaupun teropong agak miring. Dengan dipasangnya kompensator antara lensa objektif dan diafragma, garis bidik menjadi mendatar. Walaupun demikian tipe otomatis mempunyai kekurangan yaitu mudah dipengaruhi getaran, karena sebagai kompensator menggunakan sistem pendulum.



Gambar 2. Penyipat datar otomatis

Pada prinsipnya penyetelan alat penyipat datar atau *waterpass* hampir sama untuk semua jenis, hanya sedikit perbedaan. Adapun caranya adalah sebagai berikut :

1. Pilih tempat di lapangan untuk mendirikan alat penyipat datar, sebaiknya tempat yang bersih, bebas dari semak-semak, dan struktur tanah kokoh, sehingga alat penyipat datar dapat berdiri dengan tegak.
2. Tempatkan tripod atau statip di atas titik yang telah ditentukan .
3. Injak sepatu statip agar masuk ke dalam tanah (jika di atas tanah), tinggi statip disesuaikan dengan orang yang akan membidik dan permukaan kepala statip diusahakan relatif datar.
4. Keluarkan alat penyipat datar dari kotaknya dan letakkan pada landasan pesawat kemudian dikunci.
5. Pasang unting-unting agar posisi sumbu I tepat di atas patok.
6. Atur ketiga buah sekrup A, B, C, kira-kira setengah panjang as.
7. Sejajarkan teropong dengan dua buah sekrup A dan B (kedudukan I), kemudian sekrup diputar searah (jika masuk, masuk semua; jika keluar, keluar semua) sambil dilihat kedudukan gelembung nivo tabung agar tepat di tengah-tengah skala nivo.
8. Putar teropong searah jarum jam hingga kedudukannya tegak lurus terhadap dua sekrup A, B (kedudukan II), kemudian putar sekrup C

(tanpa memutar sekrup A, B) masuk atau keluar sambil dilihat kedudukan gelembung nivo kotak agar tepat di tengah-tengah skala nivo. Agar tidak terjadi kesalahan-kesalahan dalam pengukuran di lapangan, maka langkah-langkah tersebut di atas harus dilaksanakan dengan sebaik-baiknya sehingga ketiga syarat berikut dapat terpenuhi, yaitu : (1) sumbu I harus dalam posisi vertikal, (2) benang silang horisontal tegak lurus sumbu I, (3) garis bidik sejajar garis arah nivo.

Penyetelan alat penyipat datar

Ada dua buah syarat yang perlu diatasi dalam masalah kolimasi pada alat level yaitu sumbu tegak benar benar tegak apabila gelembung nivo sudah di tengah-tengahnya, dan garis bidik harus sejajar dengan garis nivo yang benar tersebut.

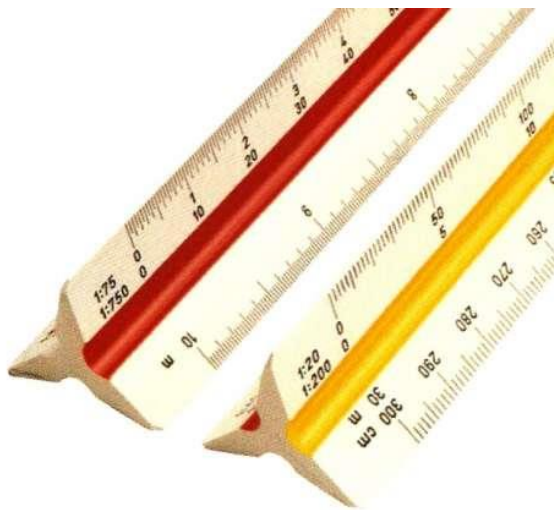
Penyetelan sumbu tegak

1. Letakan sumbu teropong sejajar dengan dua buah sekrup penyetel, dan ketengahkan gelembung nivo dengan menggunakan kedua sekrup tersebut. Andaikan misalnya kesalahan tersebut = e
2. Putar teropong 90° atau sumbu teropong berada diatas sekrup penyetel ketiga, dan atur ketiga gelembung nivo tersebut dengan hanya menggunakan sekrup ketiga.
3. Ulangi kedua langkah diatas sehingga nivo tetap berada di tengah.
4. Pada kedudukan pertama kesalahan yang ada sebesar e , namun pada kedudukan kedua, dimana teropong diputar sebesar 180° , maka kemiringan sumbu yang terjadi adalah sebesar $2e$. Besaran tersebut dapat dilihat dengan bergesernya gelembung nivo, misalnya sebesar n .
5. Kembalikan gelembung nivo kearah tengah dengan satu sekrup penyetel yang bersangkutan, yaitu sebesar $n/2$ bagian skala.
6. Kembalikan gelembung nivo ke tengah, dengan menyetel sekrup tabung nivo, yaitu sebesar $n/2$ bagian skala sisinnnya.(?)
7. Ulangi pekerjaan tersebut sehingga nivo berada di tengah tengah tabung nivo

Peralatan ruang (laboratorium)

Mistar/Penggaris

Terdapat berbagai jenis penggaris yang dapat digunakan untuk pembuatan peta, misalnya penggaris biasa, penggaris siku-siku, dan penggaris segitiga rotring. Penggaris segitiga rotring adalah jenis penggaris yang sudah dilengkapi dengan skala, sehingga dalam penggunaannya untuk penggambaran peta akan sangat membantu.



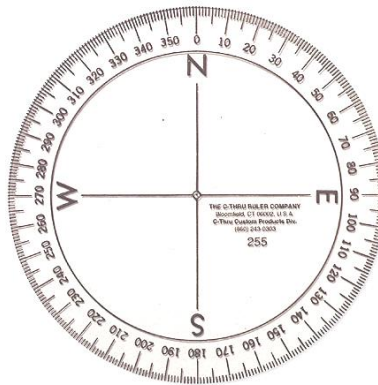
Gambar 41. Penggaris segitiga rotering

Kertas kalkir

Kertas kalkir adalah kertas tembus pandang yang biasa digunakan oleh para desainer untuk merancang desain atau gambar. Dengan adanya kertas kalkir ini para pendesain dapat lebih mudah menyelesaikan gambar yang mereka buat dan untuk menggunakan kertas kalkir inipun terbilang sangat mudah dibandingkan dengan kertas lain karena kertas ini dirancang dengan struktur seperti sebuah kaca bening yang dapat dilihat tembus dari permukaan ke bagian belakang kertas kalkir tersebut. Kertas kalkir adalah bagian terakhir dari penyelesaian sebuah desain, apakah bangunan rumah atau untuk proses pembuatan film yang sering digunakan untuk percetakan-percetakan dan juga proses pembuatan film pada stempel warna.

Busur derajat (Protactor)

Busur derajat atau *protractor* adalah sebuah alat yang bisa digunakan untuk mengukur dan membentuk sudut. Busur sederhana biasanya berupa cakram separuh (180°) atau cakram penuh (360°). Alat ini sudah digunakan sejak ribuan tahun yang lalu dalam ilmu geometri. Untuk kepentingan pembuatan peta, penggunaan busur derajat penuh atau 360° , akan lebih memudahkan bagi penggunaanya.



Gambar 42. Busur 360 derajat

Komputer

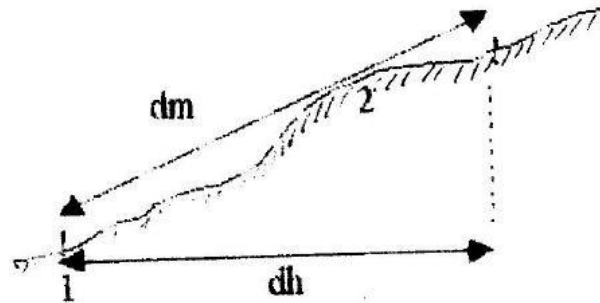
Komputer, baik PC atau laptop saat ini banyak digunakan untuk membantu dalam pembuatan gambar-gambar peta, misalnya dengan menggunakan software tertentu seperti AutoCAD, Arcview, Surfer dan lain-lain.

2. Mengukur jarak dan sudut di lapangan**Pengertian jarak**

Jarak merupakan salah satu unsur atau komponen dari suatu peta lahan, dimana dengan mengetahui jarak, maka batas-batas lahan di lapangan dapat diukur dan kemudian di gambarkan diatas bidang datar dalam bentuk peta. Pada kenyataannya kondisi suatu lahan pertanian tidak selalu datar, ada bagian yang tinggi (naik) dan ada bagian yang rendah (turun), sehingga dalam pengukuran jarak dapat dibedakan menjadi jarak datar dan jarak miring.

Dalam kegiatan pengukuran jarak yang biasa diperoleh adalah jarak miring, sedangkan jika jarak tersebut akan digambarkan dalam peta, maka jarak miring

harus dirubah menjadi jarak datar. Jadi yang dimaksud dengan jarak adalah jarak datar atau jarak horizontal. Dengan mengetahui jarak datar dapat dihitung luasan suatu lahan yang akan ditanami.



Gambar 3. Jarak mendatar dan jarak miring

Satuan Ukuran Jarak

Dalam kegiatan pengukuran jarak, alat yang biasa dipakai adalah meteran atau rol meter. Rol meter biasanya menggunakan berbagai macam, misalnya meter, feet inchi dan sebagainya. Secara garis besar ada 2 sistem satuan ukuran jarak yang seringkali digunakan, yaitu (1) sistem metric dan (2) sistem Inggris.

Satuan metrik adalah satuan ukuran jarak yang paling banyak dipakai di Indonesia, yaitu kilometer, hektometer, dekameter, meter, desimeter, centimeter dan millimeter.

1 kilometer (km) = 10 hektometer (hm)

1 hektometer (hm) = 10 dekameter (dam)

1 dekameter (dam) = 10 meter (m)

1 meter (m) = 10 desimeter (dm)

1 desimeter (dm) = 10 sentimeter (cm)

1 sentimeter (cm) = 10 milimeter (mm)

Sedangkan satuan Inggris, jarang sekali digunakan di lapangan, tetapi karena satuan ini banyak terdapat pada berbagai alat ukur panjang, maka kita wajib untuk mengetahuinya dan harus bisa mengkonversi dari satuan Inggris ke satuan metrik. Beberapa satuan inggris yang biasa dipakai berikut konversinya ke sistem meterik adalah sebagai berikut :

1 inch (inch) = 2,54 sentimeter (cm)

1 feet (ft) = 0,305 meter (m)

1 yard (yd) = 0,914 meter (m)

1 mile = 1,609 kilometer (km)

Teknik pengukuran jarak

Jarak antara dua buah titik di muka bumi dalam pengukuran lahan merupakan jarak terpendek antara kedua titik dan tergantung apakah jarak tersebut terletak pada bidang datar, bidang miring atau bidang tegak. Pada bidang datar disebut jarak datar, pada bidang miring disebut jarak miring sedang pada bidang tegak disebut jarak tegak/tinggi.

Cara pengukuran jarak, dibedakan menjadi dua cara, yaitu (1) cara langsung, dan (2) cara tidak langsung.

Pengukuran jarak langsung

Pengukuran jarak langsung adalah cara pengukuran jarak yang nilainya dapat diperoleh langsung tanpa melalui perhitungan. Beberapa cara atau jenis alat yang dapat digunakan untuk pengukuran jarak langsung antara lain adalah :

- Langkah (*pacing*)
- Odometer
- Pita ukur, alat ukur jarak yang material utamanya terbuat dari fiber, plastik, atau campuran dari keduanya
- Kayu ukur.
- Rantai ukur, terbuat dari rantai baja.

Alat-alat bantu, pengukuran jarak langsung

Agar hasil pengukuran jarak dengan cara langsung memiliki ketelitian yang baik, diperlukan alat-alat bantu untuk pengukuran. Beberapa alat bantu yang biasa digunakan adalah:

- Jalon, yaitu alat yang berguna pada pelurusan dan untuk menyatakan adanya suatu titik di lapangan pada jarak jauh.

- Pen ukur, yaitu untuk memberi tanda titik sementara dilapangan, terbuat dari besi dengan panjang $\pm 40\text{m}$, runcing di bagian ujung dan ujung lain lengkung.
- Unting-unting, alat untuk membantu memproyeksikan suatu titik terbuat dari besi atau dari kuningan.
- Waterpas tangan, yaitu alat untuk mendatarkan pita ukur.

Pengukuran jarak dengan langkah (pacing)

Teknik pengukuran jarak dengan menggunakan langkah termasuk teknik pengukuran yang menghasilkan data kasar. Karena langkah setiap orang jangkauannya berbeda dan tidak standar. Untuk mengukur jarak dengan menggunakan langkah, biasa ~~nya~~ dilakukan dengan menandai jarak yang akan diukur dengan patok. Misalnya patok A dan B. Jarak antara patok A dan B dihitung dengan menghitung langkah yang ditempuh antara dua patok tersebut, dan hasilnya dikalikan dengan jarak langkah standar.

Misalnya, jarak antara patok A dan B ditempuh dengan 100 langkah, rata-rata panjang langkah = 60 cm. Maka jarak antara patok A dan B = 100 langkah x 60cm/langkah = 6000cm = 60 meter.

Pengukuran jarak dengan Odometer

Odometer adalah alat sederhana berupa roda yang dilengkapi dengan alat penghitung putaran (*counter*). Besarnya jarak satu putaran roda odometer sangat tergantung pada besarnya jari-jari roda. Teknik pengukuran dengan odometer mirip dengan metode langkah, yaitu mengukur jarak dengan menghitung jumlah putaran roda yang kelilingnya diketahui, bila roda tersebut digelindingkan antara dua titik pengukuran. Alat ini sangat praktis untuk mengukur jarak, jika jalur pengukuran bukan merupakan garis lurus, tetapi berbelok-belok, naik turun seperti halnya di lahan pertanian.

Jarak dihitung dengan persamaan berikut :

Jarak = Jumlah putaran roda x keliling roda

Contoh

Jarak antara patok A dan B ditempuh dengan 100 putaran

Keliling roda odometer = 75 cm

Maka jarak antara patok A dan B = 100 putaran x 75 cm/putaran = 7500 cm = 75 meter.

Pengukuran Jarak dengan Rol Meter (Meteran)

Meteran atau rol meter adalah alat yang biasa digunakan untuk mengukur jarak. Cara pengukuran jarak dengan meteran ini ditentukan berdasarkan :

- (a) Kondisi permukaan lahan, miring atau datar
- (b) Jarak yang dikehendaki, jarak mendatar atau jarak miring

Pengukuran jarak mendatar

Hasil pengukuran jarak mendatar sangat tergantung pada kondisi lahan. Jika kondisi lahan datar atau hampir datar, maka pengukuran jarak mendatar akan dapat dilakukan dengan mudah. Namun, jika kondisi lahan dalam keadaan miring, maka pengukuran jarak datar menjadi tidak sederhana. Pengukurannya dilakukan secara bertahap, sesuai dengan tingkat kemiringannya dan perlu dilakukan koreksi.

(a) Pada lahan datar

Pengukuran jarak mendatar pada lahan datar relatif lebih mudah dibanding dengan pada lahan miring. Caranya dapat dilakukan sebagai berikut (Lihat Gambar 1.3)

- a. Pasang atau letakan angka nol meteran ke patok di titik 1.
- b. Tarik atau rentangkan rol meter ke titik 2, selurus dan sedatar mungkin dengan tarikan yang cukup, sehingga meteran tidak melengkung.
- c. Letakan atau impitkan pita meteran ke patok di titik 2.
- d. Baca angka meteran yang tepat dengan patok di titik 2 tersebut.

Bacaan ini menunjukkan jarak antara titik 1 dan titik 2 yang diukur



Gambar 4. Mengukur jarak pada lahan datar dengan meteran

(b) Pada lahan miring



Gambar 5. Pengukuran jarak pada lahan miring

Pengukuran jarak mendatar pada lahan miring tidak sesederhana seperti pada lahan datar. Ada 3 metode memperoleh jarak mendatar dengan meteran, yaitu :

(1) Metode koreksi

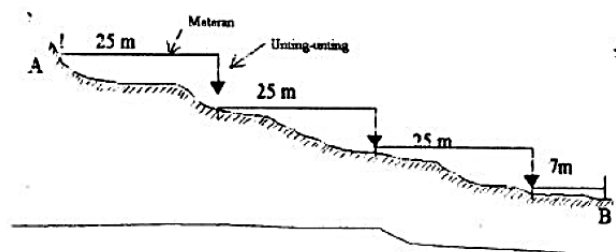
Metode ini hanya digunakan untuk memperoleh data secara kasar. Pada metode ini yang diukur adalah jarak miringnya dan untuk memperoleh jarak mendatar dilakukan koreksi, seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Koreksi Pada Beberapa Kemiringan Lahan

Kemiringan Lahan (%)	Koreksi per 100 m jarak miring (m)	Jarak datar sebenarnya (m)
1	0,005	99,995
2	0,020	99,980
3	0,045	99,955
4	0,080	99,920
5	0,125	99,875
10	0,500	99,500
15	1,130	98,870
20	2,020	97,980
30	4,610	95,390

(2) Metode pengukuran bertahap

Metode ini digunakan untuk mengukur jarak yang cukup jauh, atau kondisi lahan yang curam. Sehingga pengukuran tidak dapat dilakukan dengan cara sekali ukur, tapi jarak yang diukur dibagi menjadi beberapa bagian (segmen), dan pengukuran dilakukan pada setiap segmen. Pada saat pengukuran menggunakan unting-unting diujung alat ukur, agar hasil pengukuran tepat. Misalnya kita melakukan dengan cara bertahap, setiap pengukuran segmen dengan menggunakan ukuran 25 meter, seperti pada Gambar berikut. Jika jarak yang ditentukan antara patok A dan B, diukur 3 kali dengan jarak 25 meter, dan sisanya berjarak 7 meter. Maka jarak datar antara patok A dan B adalah $3 \times 25 \text{ meter} + 7 \text{ meter} = 82 \text{ meter}$.



Gambar 6. Pengukuran jarak mendatar pada lahan miring secara bertahap

(3) Breaking Tape

Breaking tape adalah metoda pengukuran jarak mendatar dengan meteran, dimana setiap kali pengukuran, jaraknya tidak sama, tergantung pada kondisi kemiringan lahan. Metode ini lebih cocok digunakan untuk lahan dengan kemiringan beragam. Cara pengukuran dengan metode *breaking taping* sama seperti halnya pengukuran mendatar bertahap. Hanya saja dengan cara ini sebaiknya pada saat pengukuran juga dibantu dengan alat penyipat datar atau nivo, sehingga jarak yang terukur merupakan jarak mendatar.

Pengukuran jarak dengan menggunakan meteran, seringkali menyebabkan terjadi kesalahan. Beberapa penyebab kesalahan tersebut antara lain adalah:

- (a) Keadaan pita ukur atau rol meter tidak benar-benar datar, karena tarikan meteran tidak sempurna cukup kuat, sehingga terjadi keadaan rol meteran melengkung saat digunakan untuk pengukuran.
- (b) Arah garis rol meter atau meteran tidak benar-benar lurus, misalnya karena ada hambatan di lapangan, seperti rumput, tunggul kayu dan berbagai penghalang lainnya.
- (c) Pada saat membaca ukuran, posisi titik nol rol meter tidak tepat benar pada (titik tengah patok).
- (d) Salah menghitung jumlah patok.
- (e) Ukuran rol meter sudah tidak standar.
- (f)** Salah membaca angka hasil pengukuran.
- (g) Salah menyebutkan angka.
- (h) Salah mencatat hasil bacaan.
- (i) Tidak menggunakan nivo dan unting-unting pada pengukuran lahan miring

Dalam setiap pengukuran, ketelitian sangat diutamakan. Hasil pengukuran harus memenuhi persyaratan tingkat ketelitian. Berdasarkan ketentuan, rasio kesalahan pengukuran tidak boleh melebihi 1/5000 atau dari nilai kesalahan yang diperbolehkan. Untuk mengurangi terjadinya kesalahan pengukuran dengan menggunakan rol meter, maka disarankan agar dalam pengukuran dilakukan secara berulang, sekurangnya diulang dua kali. Untuk menghitung

besarnya rasio kesalahan pengukuran dapat dihitung dengan persamaan berikut:

Rasio kesalahan

$$RK = \frac{\Delta p}{\bar{p}}$$

Dimana :

RK = besarnya rasio kesalahan

ΔP = selisih hasil pengukuran

$\bar{p}$ = rata-rata hasil pengukuran

Contoh

Misalnya jarak antara titik A dan B diukur dua kali dengan hasil pengukuran sebagai berikut:

Hasil pengukuran ke-1 sebesar = 500,55 m

Hasil pengukuran ke 2 sebesar = 500,39 m

Selisih hasil pengukuran (Δp) = 0,16 m

Rata-rata ($\bar{p}$) = 500,67 m

Ratio kesalahan = 0,16 : 500,47 = 1 : 31250 (1/31250)

Kesimpulan ratio kesalahan ini lebih kecil dari ketentuan, maka hasil pengukuran memenuhi persyaratan dan tidak harus diulang. Kesalahan berdasarkan nilai kesalahan yang diperbolehkan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

a. Untuk lahan datar :

$$s = 0.008\sqrt{D} + 0.0003D + 0.05$$

b. Untuk lahan landai :

$$s = 0.010\sqrt{D} + 0.0004D + 0.05$$

c. Untuk lahan curam :

$$s = 0.012\sqrt{D} + 0.0005D + 0.05$$

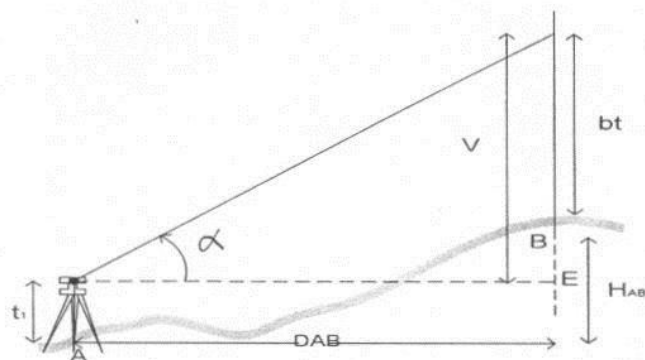
Dimana s adalah selisih kedua pengukuran yang diperbolehkan dan D adalah jarak yang diukur, keduanya dalam satuan meter.

Pengukuran jarak Optik

Pengukuran jarak optik termasuk dalam pengukuran jarak tidak langsung, jarak disini didapat melalui proses hitungan. Pengukuran jarak optik dilakukan dengan alat ukur theodolite, BTM, sipat datar dan lainnya karena alat-alat tersebut dilengkapi dengan benang-benang stadia pada diafragma.

Pengukuran jarak optik dengan stadia

Pengukuran jarak optis disebut disebut juga pengukuran jarak dengan menggunakan stadia, karena pada alat pengukuran jarak dengan menggunakan teropong yang di dalamnya dilengkapi benang stadia, yaitu benang atas (BA), benang tengah (BT) dan benang bawah (BB). Jarak optis untuk teropong mendatar.



Gambar 7. Pengukuran jarak optis pada lahan mendatar.

Keterangan :

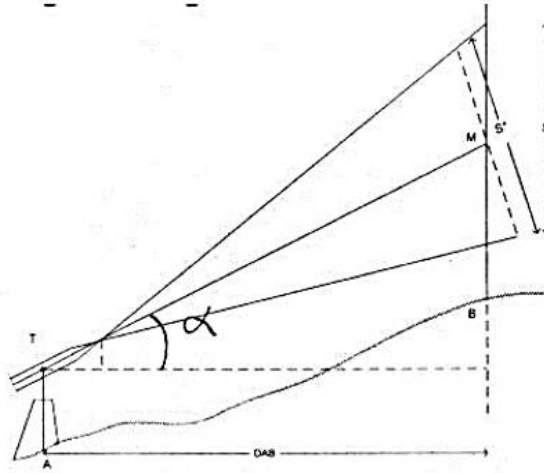
BA= bacaan benang atas pada rambu

BT= bacaan benang tengah pada rambu

BB= bacaan benang bawah pada rambu

Jarak optis untuk teropong miring.

Kemiringan teropong atau garis bidik sebesar sudut miring sebesar α , dapat digambarkan :

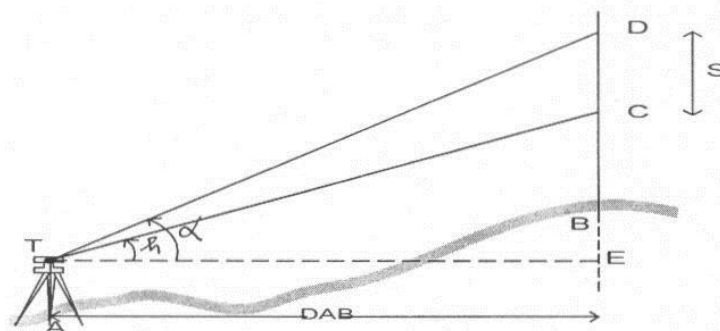


Gambar 48. Pengukuran jarak optis pada lahan miring.

Pada pengukuran jarak optis, dikenal pengukuran takhimetri atau tachymetry, yaitu pengukuran jarak datar dan beda tinggi dengan pembacaan benang stadia pada rambu serta sudut miring teropong.

Pengukuran jarak cara tangensial

Pada pengukuran tangensial, tidak dibaca benang atas (BA), benang bawah (BB), tetapi hanya benang tengah (BT) saja.



Gambar 49. Pengukuran jarak secara tangensial

Dari gambar didapat hubungan persamaan :

$$DE = DAB \operatorname{tg} \alpha$$

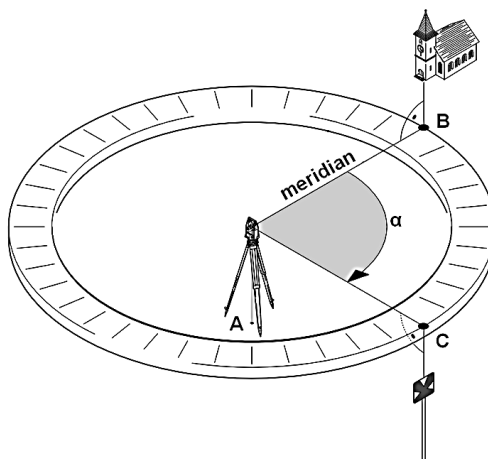
$$CE = DAB \operatorname{tg} h$$

$$DE - CE = DAB (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} h)$$

$$S = DAB \operatorname{tg} (\alpha - h)$$

Pengukuran sudut horizontal

Sudut horizontal adalah sudut yang diukur pada saat membidik titik-titik di lapangan untuk menentukan letak suatu titik dari titik lainnya. Pengukuran sudut horizontal dapat dilakukan dengan menggunakan kompas, penyipat datar yang memiliki alat pengukur sudut atau theodolite. Sudut horizontal adalah sudut yang diperoleh dengan mencari selisih bacaan sudut horizontal pada piringan mendatar suatu theodolite. Ada tiga syarat dasar yang dapat digunakan untuk menentukan sudut horizontal, yaitu (1) titik atau garis awal, (2) arah putaran sudut, (3) titik garis akhir.



Gambar 50. Pengukuran sudut horizontal

Secara definisi sudut horizontal adalah merupakan sudut yang dibentuk oleh selisih dari dua arah. Besaran Sudut dapat ditentukan dari selisih pembacaan skala lingkaran yang terdapat pada arah yang berbeda tersebut, baik secara horizontal maupun secara vertikal.

Pengukuran suatu sudut dapat dilakukan dengan empat cara yaitu,

- 1). Pengukuran sudut tunggal
- 2). Pengukuran sudut seri rangkap
- 3). Pengukuran sudut repetisi
- 4). Pengukuran sudut reiterasi

Pengukuran sudut tunggal

Sudut tunggal merupakan suatu sudut yang terbentuk dari dua arah. Pengukuran sudut tunggal dilakukan dengan sekali pembacaan skala lingkaran terhadap masing-masing arah.

Pengukuran sudut seri rangkap

Pengukuran sudut horizontal seri rangkap dilakukan dengan dua kali pengukuran terhadap sudut tunggal dalam keadaan teropong pada keadaan biasa (B) dan luar biasa (LB).

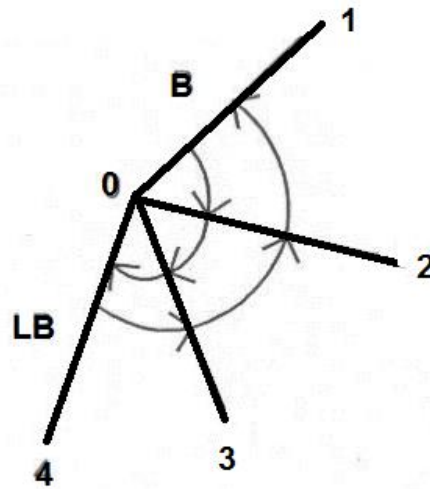
Cara reiterasi

Cara reiterasi adalah cara pengukuran sudut tunggal dengan cara repetisi (pengulangan) dengan penambahan suatu sudut tertentu pada skala pembacaan skala horizontal. Pada pengukuran sudut dengan menggunakan cara reiterasi, pengukuran dilakukan pada titik-titik di depan dengan menggunakan kedudukan teropong dalam keadaan biasa. Misalnya akan diukur antara titik A dan B, dimana di antara titik A dan B terdapat beberapa titik lainnya misalnya 1, 2 dan 3. Teropong diarahkan ke titik A, selanjutnya dibaca sudutnya, kemudian diarahkan lagi ke titik 1, 2, ... dan terakhir ke titik B.

Pengukuran Sudut cara reiterasi

Pengukuran sudut dengan cara reitrasi dimulai dari arah titik B₄, kemudian teropong diputar balik menjadi kedudukan teropong **luar biasa**. Pengukuran dimulai diarahkan ke titik B, ..., 2, 1, dan terakhir titik A. Pengukuran sudut dari A ke titik B dengan teropong **biasa** dan kembali dari titik B kembali ke titik A dengan teropong **luar biasa** disebut pengukuran satu seri. Bila akan diukur n seri, maka ada pergeseran arah sebesar $180^\circ : n$ pada tiap seri. Misal akan diukur sudut tersebut diatas sebanyak 3 seri, ini berarti ada pergeseran arah sebesar $180^\circ : 3 = 60^\circ$, sehingga pada seri I dimulai dengan 0° , seri II dimulai dengan 60° , dan seri III dimulai dengan sudut 120° . Sudut-sudut tersebut

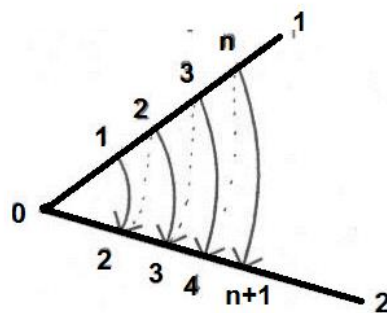
dihitung dari selisih dua arah yang berurutan. Cara reiterasi ini disebut juga cara pengukuran sudut jurusan.



Gambar 51. Pengukuran sudut dengan cara reitrasi

Pengukuran sudut cara repetisi

Cara pengukuran sudut repetisi adalah merupakan pengukuran sudut tunggal yang dilakukan berulang kali dengan penguncian bacaan skala tertentu terhadap arah yang pertama. Pada cara pengukuran sudut dengan cara repetisi adalah pengukuran sudut yang berulang beberapa kali dan ditentukan besarnya kelipatan n sudut, sehingga besar sudut ada $1/n$ hasil pengukuran kelipatan sudut itu. Dengan n dinamakan repetisi. Pada cara ini, yang dicatat pembacaan arah pertama (1), pembacaan arah kedua (2) dan pembacaan arah terakhir ($n+1$). Besar sudut dihitung dari persamaan :



Gambar 52. Pengukuran sudut dengan cara repetisi

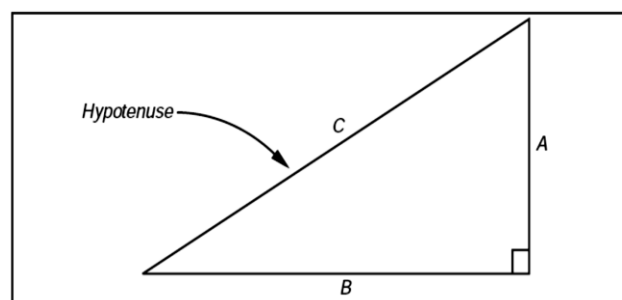
Pengukuran sudut

Pengukuran sudut adalah kegiatan pemetaan merupakan kemampuan dasar yang sangat penting. Pengukuran sudut dapat dilakukan dengan berbagai metode dan peralatan yang beragam dari yang sederhana sampai menggunakan peralatan optis. Demikian juga kegiatan pembuatan sudut di lapangan dan membaca sudut dengan peralatan optis, tidak kalah pentingnya mengingat dalam bidang pertanian, membuat sudut dalam pembentukan lahan dan bedengan pertanaman merupakan kegiatan pokok.

Dalam kegiatan pengukuran sudut beberapa prinsip atau pengetahuan tentang matematika sangat diperlukan dan ini merupakan salah satu kompetensi yang harus dimiliki terlebih dahulu, karena pemetaan, khususnya pengukuran sudut adalah bentuk aplikasi dari matematika, khususnya trigonometri dan bidang datar. Beberapa rumus yang dapat dipakai antara lain adalah :

1. Dalil Phytagoras

Dalil phytagoras berkaiatan erat dengan ahli filsafat Yunani yang menjadi penemu dalil ini. Menurut dalil ini pada segitiga siku-siku, garis miring (*hipotenusa*) adalah sama dengan jumlah kuadrat dari dua sisi lainnya seperti pada gambar 51 berikut :



Gambar 53. Segi tiga siku-siku

Menurut dalil Phytagoras :

$$C^2 = A^2 + B^2$$

Dimana C adalah garis hipotenusa yaitu garis yang berhadapan dengan sudut lancip (sudut $< 90^\circ$). Nilai C dapat dihitung dengan rumus :

$$c^2 = a^2 + b^2 \rightarrow c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

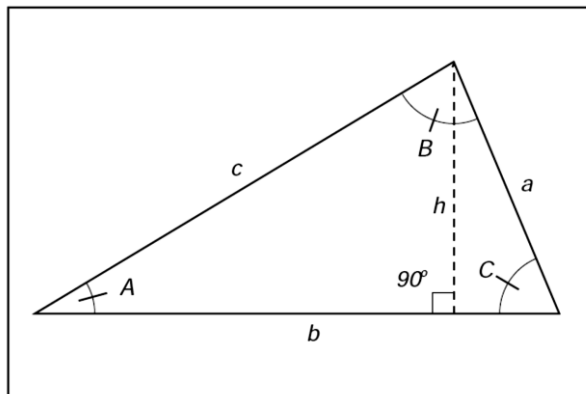
Demikian juga nilai a dan b dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$a = \sqrt{c^2 - b^2}$$

$$b = \sqrt{c^2 - a^2}$$

2. Dalil sinus dan cosinus

Perhatikan pada segi tiga sembarang ABC berikut ini, dimana melalui titik puncak B ditarik garis tegak lurus yang merupakan garis tinggi, dengan besarnya sisi didepan masing-masing sudut adalah a, b dan c. Berdasarkan gambar di atas, hubungan antara masing-masing sudut dan sisinya dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :



Gambar 54. Segitiga sembarang

Berdasarkan dalil Sinus :

$$\begin{aligned} \frac{\sin A}{a} &= \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin C}{c} \\ \sin A &= \frac{a \cdot \sin B}{b} = \frac{a \cdot \sin C}{c} \\ a &= \frac{b \cdot \sin A}{\sin B} = \frac{c \cdot \sin A}{\sin C} \end{aligned}$$

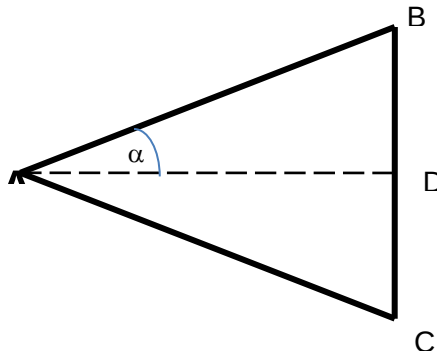
Dalil Cosinus

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos C \rightarrow \cos C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$$

Pengukuran sudut di lapangan dengan cara sederhana dapat dilakukan dengan menerapkan beberapa metode, antara lain metoda sinus, metoda tangen

Metoda sinus

Perhatikan gambar berikut di bawah ini :



Gambar 55. Pengukuran sudut dengan metoda sinus

Dengan metode sinus, besar sudut BAC dapat diukur dengan cara :

1. Buatlah titik B dan C yang berjarak sama dari A
2. Jarak BC di bagi dua sehingga diperoleh titik D

Maka berdasarkan gambar dapat dihitung sudut :

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

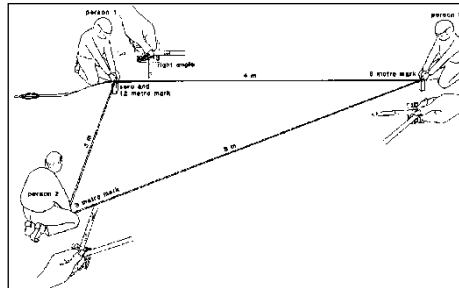
Besarnya sudut BAC = 2α . Pengukuran sudut dengan metode sinus sangat cocok untuk mengukur sudut-sudut lancip atau sudut $< 90^\circ$, sedang untuk menentukan sudut tumpul ($> 90^\circ$) dapat dihitung dengan menggunakan sudut pelurusnya (180° - sudut lancip).

Besarnya sudut B dapat juga ditentukan dengan 90° - sudut α .

Membuat Sudut siku-siku dengan Metoda 3-4-5

Untuk membuat sudut siku-siku di lapangan, dibutuhkan pita-ukur, dua buah jalon, patok dan tiga orang sukarelawan untuk melaksanakan pengukuran. Orang pertama memegang diantara ibu jari dan telunjuk, tanda nol dan tanda 12 meter pada pita ukur. Orang yang kedua memegang antar ibu jari dan telunjuk tanda 3 meter pada pita ukur dan orang yang ketiga memegang tanda 8 meter pada pita ukur.

Pada saat semua sisi pada pita ukur ini diregangkan, suatu segi tiga dengan panjangnya 3 m, 4 m dan 5 m dibentuk (lihat Gambar 54), dan sudut dekat orang pertama adalah suatu sudut siku-siku.



Gambar 56. Pembuatan sudut siku-siku dengan metoda 3,4,5

Pengukuran sudut kemiringan lahan

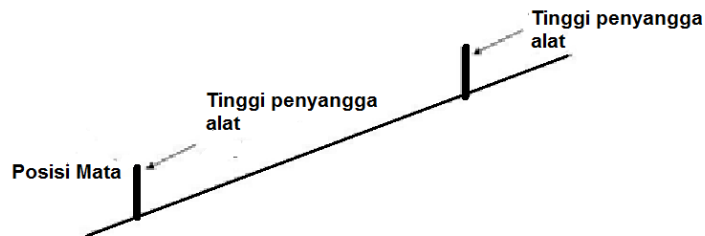
Pada umumnya kondisi lahan pertanian tidak datar, pasti antara dua titik atau tempat akan membentuk kemiringan bila dua titik tersebut dihubungkan, namun secara umum suatu lahan disebut datar jika kemiringannya $< 3\%$, hal ini mengandung makna bahwa pada jarak 100 meter di lapangan terdapat perbedaan tinggi antara dua titik sebesar 3 meter, atau pada jarak 10 meter terdapat perbedaan 30 cm.

Dalam bidang pertanian, pengukuran sudut kemiringan lahan sangat penting, karena berkaitan dengan penyiapan dan pembuatan saluran irigasi dan drainase. Pengukuran sudut kemiringan lahan dapat dilakukan dengan menggunakan alat sederhana, misalnya klinometer, abney level atau pun dengan menggunakan theodolite. Prinsip pengukurannya sama, yaitu dengan membidik ketinggian yang sama pada titik yang diukur. Prinsip ini juga dapat digunakan untuk mengukur ketinggian pohon.

- Pengukuran sudut kemiringan lahan dengan klinometer

Sudut kemiringan lahan merupakan sudut yang terbentuk antara kemiringan permukaan lahan dengan garis datar. Pengukuran harus dilakukan dengan menggunakan garis bidik yang sejajar dengan permukaan tanah, karena garis bidik mewakili kemiringan tanah. Caranya adalah tinggi alat atau tinggi pembidik (tinggi tubuh sampai

mata) harus sama dengan tinggi titik bidik rambu atau patok pembantu. Agar lebih jelas dapat dilihat pada gambar 55 berikut.



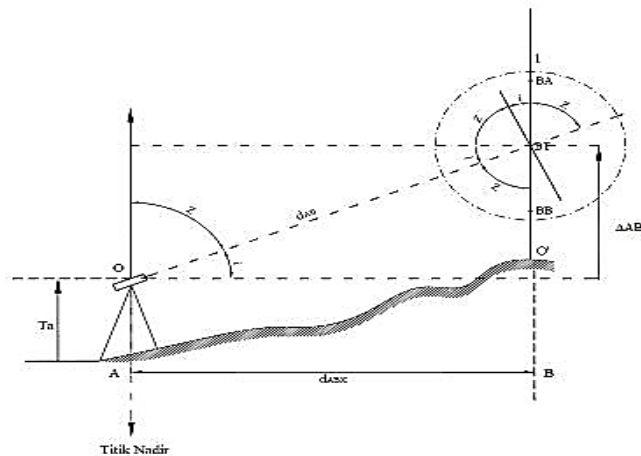
Gambar 57. Pengukuran sudut kemiringan lahan dengan klinometer

Bila titik yang dibidik sama dengan ketinggian alat, maka sudut kemiringan dapat dibaca pada skala ukur kemiringan klinometer yang dapat dinyatakan dalam satuan derajat atau persen, tergantung pada skala yang ada pada klinometer tersebut.

- Pengukuran sudut kemiringan dengan teodolit

Prinsip pengukuran sudut dengan teodolit hampir sama dengan cara pengukuran klinometer, yaitu membidik titik yang sama dengan ketinggian alat. Untuk mengukur sudut kemiringan lahan dengan teodolit di lapangan dapat dilakukan dengan memilih dua titik tertentu dan ditandai dengan patok A dan B. Setelah patok di tetapkan dipilih salah satu titik sebagai tempat mendirikan alat misalnya titik A, dan disetel kedataran alat. Untuk mengukur kemiringan lahan, maka ukur terlebih dahulu ketinggian alat theodolite, kemudian teropong diarahkan ke titik B dan dibidik ketinggian yang sama dan dibaca sudut vertikal yang ditunjukkan, misalnya v derajat. Sudut kemiringan dapat diperoleh dengan menghitung sebagai berikut :

1. Jika sudut $z < 90^\circ$, maka sudut kemiringan lahan = $90^\circ - z$
2. Jika sudut $z > 90^\circ$, maka sudut kemiringan lahan = $z - 90^\circ$.



Gambar 58. Pengukuran kemiringan lahan dengan teodolit

Pengukuran sudut dengan Kompas

Kompas merupakan salah satu alat penunjuk arah mata angin, dimana prinsip kerja alat ini adalah menunjukkan ke arah utara magnet bumi. Arah utara ini berbeda sedikit dengan arah utara selatan bumi dari kutub, oleh karena itu ada utara bumi dan ada pula utara astronomis. Utara magnet adalah arah utara yang ditunjukkan oleh jarum magnet, sedangkan arah utara astronomis adalah arah garis tegak lurus pada garis khatulistiwa. Dengan mengetahui arah utara, arah lainnya barat, selatan dan timur dapat diketahui dengan mudah. Kompas biasanya dilengkapi dengan piringan sudut, sehingga dapat digunakan untuk mengukur sudut titik-titik di lapangan.

Pada pengukuran sudut ada yang dinamakan sudut jurusan dan azimuth. Sudut jurusan adalah sudut yang diukur dari arah utara sebenarnya (astronomis) searah dengan arah jarum jam sampai pada jurusan yang dimaksud. Azimuth adalah sudut yang diukur dari utara magnet searah dengan jarum jam sampai pada jurusan tersebut. Perbedaan antara utara astronomis dan arah utara magnet disebut deklinasi.



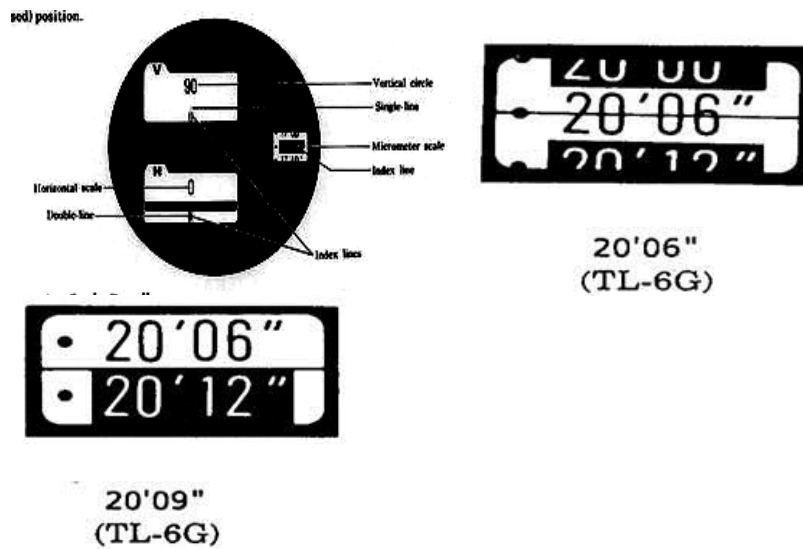
Gambar 59. Kompas sudut

Membaca sudut

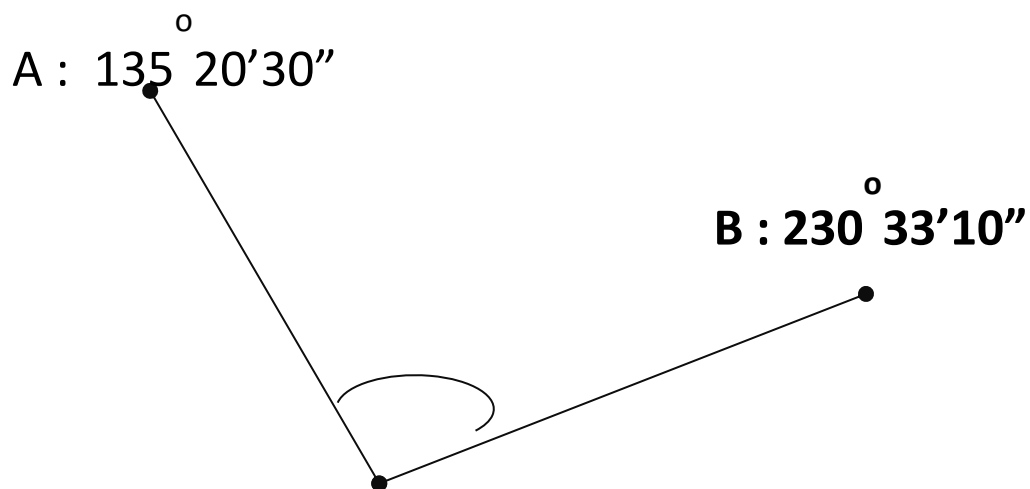
Bacaan sudut merupakan bacaan sudut pada teodolit (alat sejenis) ketika membidik arah tertentu. Seperti pada contoh di bawah, besarnya sudut yang dibentuk merupakan selisih antara dua bacaan sudut. Berdasarkan contoh dibawah, alat teodolit diletakkan di titik P, setelah dilakukan penyetelan datar teropong diarahkan ke titik A dan dicatat sudutnya dengan berpedoman cara pada cara pembacaan sudut, setelah itu alat di arahkan ke titik B dan dicatat yang baca sudut diarahkan ke B, bacaan sudutnya.



Gambar 60. Thodolite T0



Gambar 61. Pembacaan sudut pada theodolit



Gambar 62. Bacaan sudut

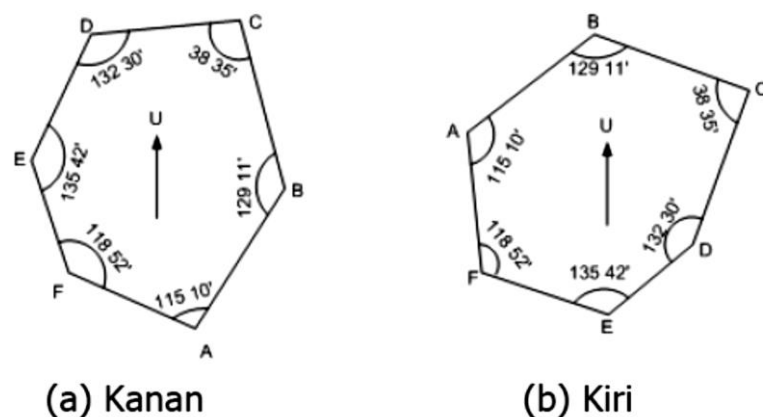
Pada contoh gambar di atas merupakan contoh pembacaan sudut di lapangan pada saat pengukuran. Untuk membaca besarnya sudut APB, alat diletakkan di titik P, setelah disetel datar, teropong teodolit diarahkan ke titik A, dan dibaca sudut horizontalnya sebesar $135^{\circ}20'30''$, Kemudian teropong diarahkan lagi ke titik B dan dibaca sudut horizontalnya sebesar $230^{\circ}33'10''$, Maka besarnya sudut P (APB) adalah $\text{bacaan sudut B} - \text{bacaan sudut A} = 230^{\circ}33'10'' - 135^{\circ}20'30'' = 95^{\circ}12'40''$

Jenis-jenis sudut horizontal

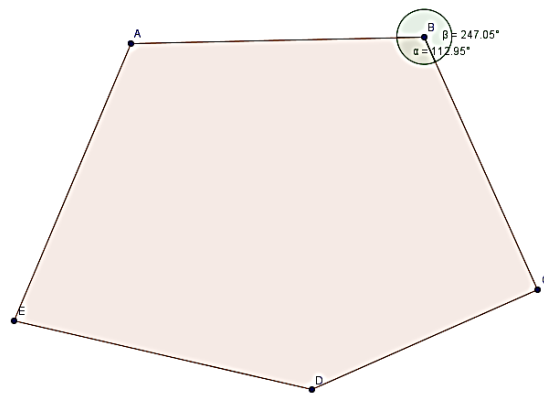
Jenis-jenis sudut horizontal yang paling biasa diukur dalam pekerjaan pemetaan lahan adalah sudut dalam, sudut ke kanan dan sudut belokan. Karena ketiga jenis sudut diatas sangat berbeda maka jenis sudut yang dipakai harus ditunjukkan dengan jelas dalam catatan lapangan.

Sudut dalam, terlihat dalam Gambar 5.13, ada di sebelah dalam poligon tertutup dan sudut luar terletak di luar poligon tertutup. Sudut luar merupakan aplement (pelingkar) dari sudut dalam. Keuntungan mengukur sudut luar adalah penggunaannya sebagai pengecekan, karena jumlah sudut dalam dan sudut luar pada satu stasiun (titik) harus sama dengan 360° . Seperti digambarkan dalam gambar 5.13, sudut dalam dapat diputar searah jarum jam (ke kanan) atau berlawanan jarum jam (ke kiri). Menurut definisi, sudut ke kanan diukur searah jarum jam dari stasiun belakang ke stasiun depan. Catatan, selama pengukuran berjalan, biasanya stasiun diberi nama urutan huruf abjad atau angka naik.

Perhatikan bahwa poligon pada Gambar 5.13 adalah 'kanan' dan 'kiri' – yaitu sama dalam bentuk tetapi berkebalikan seperti tangan kanan dan tangan kiri. Gambar 5.13 (b) ditunjukkan hanya untuk menekankan bahwa sebuah kesalahan serius dapat terjadi jika sudut-sudut searah dan berlawanan arah jarum jam dicampur aduk. Karenanya harus dipakai prosedur yang seragam, misalnya bila mungkin selalu mengukur sudut searah jarum jam dan arah putaran ditunjukkan dalam buku lapangan dengan sebuah sketsa.



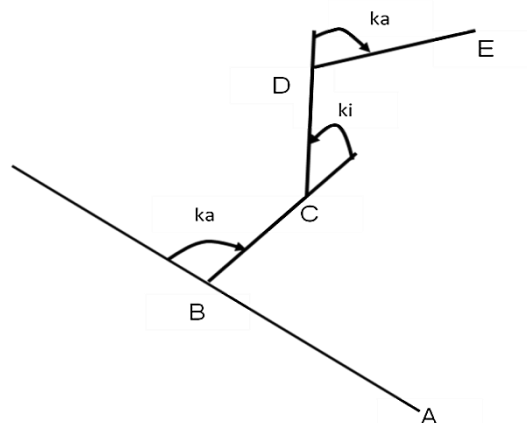
Gambar 63. Sudut dalam kanan dan kiri



Gambar 64. Sudut dalam

Pada contoh Gambar 5.14. adalah suatu poligon ABCD tertutup. Pada titik B dapat dibaca sudut dalam adalah sebesar $112,95^{\circ}$, maka sudut luar sebagai sudut pelengkap besarnya adalah $360^{\circ} - 112,95^{\circ} = 247,05^{\circ}$.

Sudut belokan (gambar 5.15) diukur ke kanan (searah jarum jam) dari perpanjangan garis belakang ke stasiun depan. Sudut belokan selalu lebih kecil dari 180 derajat dan arah putaran ditentukan dengan jalan menambahkan ka dan ki pada harga numerisnya. Jadi, sudut B dalam gambar 5.15 adalah kanan (Ka) dan sudut di C adalah kiri (ki)

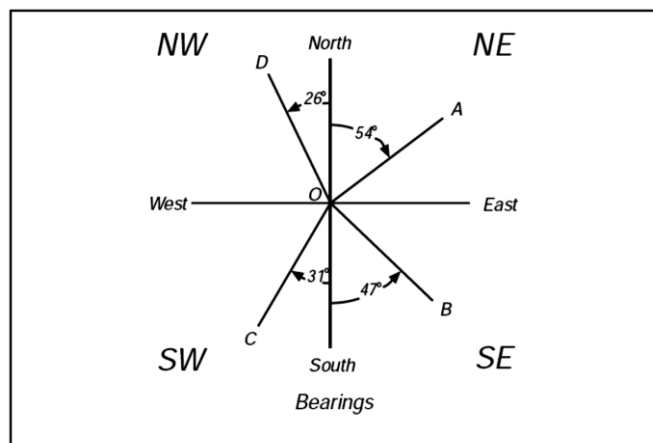


Gambar 65. Sudut Belokan

Sudut Arah (Bearing)

Sudut arah merupakan satu sistem penentuan arah garis dengan memakai sebuah sudut dan huruf-huruf kuadran. Sudut arah sebuah garis adalah sudut

lancip horizontal antara sebuah meridian acuan dan sebuah garis. Sudutnya diukur dari utara maupun selatan ke arah timur ataupun barat, untuk menghasilkan sudut kurang dari 90° . Kuadran yang terpakai ditunjukkan dengan huruf U atau S yang mendahului sudutnya dan T atau B mengikutinya. Contoh $U\ 80^\circ\ T$. Dalam Gambar 64, semua sudut arah dalam kuadran $U0^\circ T$ diukur searah jarum jam dari meridian. Jadi Sudut arah garis OA adalah $U\ 54^\circ T$. Semua sudut arah dalam kuadran $S0^\circ T$ adalah berlawanan arah jarum jam dari meridian, sehingga OB adalah $S45^\circ T$. Demikian pula dengan sudut arah OC adalah $S31^\circ B$ dan untuk OD, $U26^\circ B$.



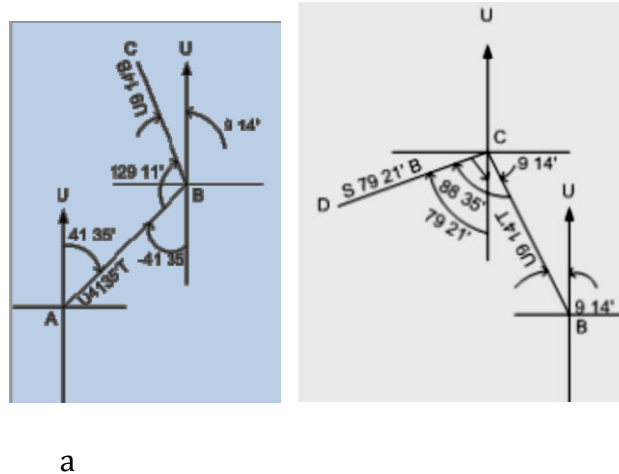
Gambar 66. Bearing

Menghitung sudut arah

Dalam pengukuran poligon, diperlukan sudut arah (atau Azimut). Sebuah poligon adalah serangkaian jarak dan sudut, atau jarak dan sudut arah, atau jarak dan azimut yang meng-hubungkan titik-titik yang berurutan. Garis-garis bidang tanah milik penduduk, membentuk poligon jenis poligon tertutup. Sebuah pengukuran jalan raya dari satu kota ke kota lainnya biasanya merupakan poligon terbuka, tetapi bila mungkin harus ditutup dengan pengikatan pada titik-titik yang diketahui koordinat, yang dekat dengan titik awal dan titik akhir.

Hitungan sudut arah sebuah garis disederhanakan dengan gambar sketsa gambar 65. Dalam gambar 65(a) anggaphlah sudut arah garis AB adalah

U41°35'T dan sudut di B berputar searah jarum jam (kekanan) dari garis BA yang diketahui, adalah 129°11'. Kemudian sudut arah garis BC adalah $180^\circ - (41^\circ 35' + 129^\circ 11') = 9^\circ 14'$, dan dari sketsa sudut arah BC adalah U9°14'B



Gambar 67. Hitungan bearing

Dalam Gambar 65b, sudut arah jarum jam di C dari B ke D diukur sebesar 88° 35'. Sudut arah CD adalah $88^\circ 35' - 9^\circ 14' = S79^\circ 21'B$. Melanjutkan teknik ini, sudut sudut arah dalam Tabel 1 telah ditentukan untuk semua garis dalam gambar 65.

Tabel 2. Tabel 1. 2 Sudut arah

AB	U41°35'T	DE	S31°51'B
BC	U9°14'B	EF	S12°27'T
CD	S79°21'B	FA	S73°35'T
Cek		AB	U41°35'T

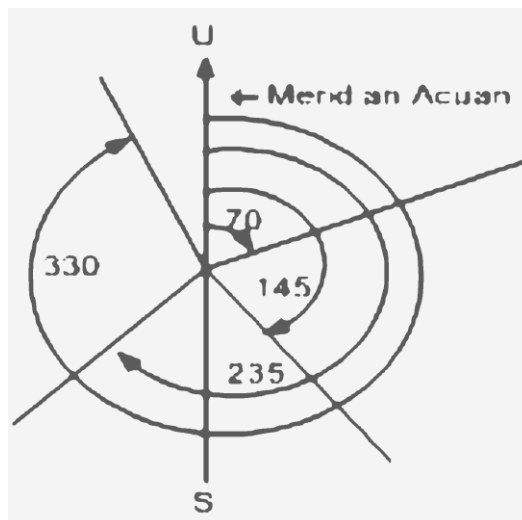
Sudut arah awal harus dihitung kembali sebagai sebuah pengecekan dengan memakai sudut terakhir. Jika terjadi ketidaksesuaian, maka hal ini menunjukkan bahwa (1) telah terjadi kesalahan (error) perhitungan atau (2) sudut-sudutnya tidak diratakan dengan benar sebelum menghitung sudut arah. Dalam Tabel 1, perhatikan bahwa sudut arah AB dalam gambar 65(a) diperoleh dengan memakai sudut terukur 115°10' di A, sehingga menghasilkan sudut arah U41°35'T, yang cocok dengan sudut arah awal.

Sudut-sudut poligon harus diratakan sesuai dengan penjumlahan geometrik yang benar sebelum sudut arah dihitung. Dalam poligon tertutup, jumlah sudut dalam sama dengan $(n-2)*180$, dimana n adalah banyaknya sisi (arah). Jika sudut-sudut poligon tidak menutup, karena ada perbedaan 2 detik dan tidak diratakan sebelum menghitung sudut arah, maka sudut arah asli dan pengecekan yang dihitung untuk sudut arah AB juga akan berselisih 2 detik, dengan anggapan tidak ada kesalahan hitung yang lainnya.

Sudut Jurusan (Azimut)

Azimut adalah sudut yang diukur searah jarum jam dari sembarang meridian acuan. Dalam pengukuran tanah datar, Azimut biasanya diukur dari utara sebagai arah acuan.

Seperti ditunjukkan dalam gambar 66, Azimut berkisar antara 0° - 360° dan tidak memerlukan huruf-huruf untuk menunjukkan kuadran. Jadi Azimut OA adalah 70° , Azimut OB 145° , Azimut OC 235° , dan Azimut OD 330° . Perlu dinyatakan dalam catatan lapangan apakah Azimut diukur dari utara atau selatan.

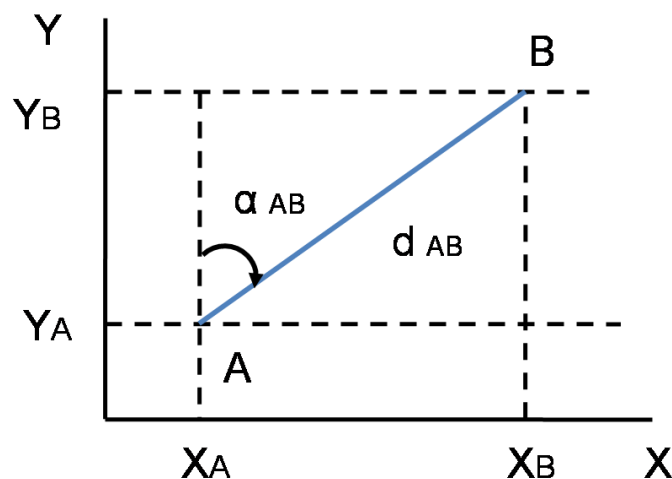


Gambar 68. Azimuth

Menghitung Azimut

Umumnya surveyor lebih menyukai menggunakan sudut Azimut dibandingkan dengan sudut arah untuk menyatakan arah garis, karena lebih mudah menghitungnya, terutama bila perhitungan sudut poligon dengan komputer.

Mencari azimuth dari titik tetap



Gambar 69. Azimuth dari titik tetap

Azimut dari A ke B dapat dihitung dengan rumus :

$$\alpha_{AB} = \tan^{-1} * \frac{X_b - X_a}{Y_b - Y_a}$$

Dalam melakukan perhitungan sudut azimuth, yang menjadi dasar perhitungan adalah letak sudut yang dihitung terletak pada kuadran berapa, dan ini dapat dilihat dari tanda hasil perhitungan harga (X_b - X_a) dan (Y_b - Y_a). Letak kuadran dapat dilihat pada tabel berikut ini.

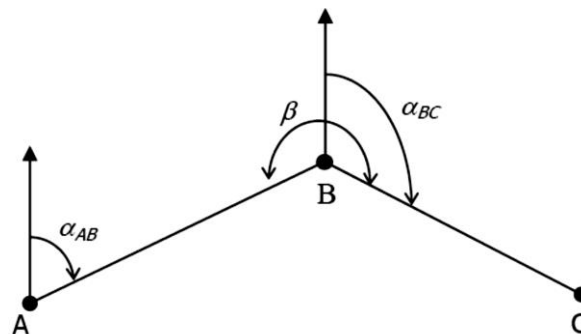
Tabel 3. Kuadran Azimuth

Kuadran	A	$(X_b - X_a)$	$(Y_b - Y_a)$	Azimuth (ϕ)
I	$\alpha_{AB} = \tan^{-1} * \frac{x_b - x_a}{y_b - y_a}$	+	+	$\phi = \alpha$
II		+	-	$\phi = 180^\circ - \left \alpha \right $
III		-	-	$\phi = 180^\circ + \left \alpha \right $
IV		-	+	$\phi = 360^\circ - \left \alpha \right $

Azimuth dari rangkaian titik

Perhatikan gambar dibawah, ada tiga titik A, B, C. Jika diketahui sudut azimuth antara titik A dan B = α_{AB} dan besar sudut antara titik A dan C = sudut β . Maka besarnya sudut azimuth antara titik B dan C = α_{BC} , maka besarnya α_{AB} dan α_{BC} dapat dicari dengan persamaan:

$$\alpha_{AB} = \alpha_{BC} \pm 180^\circ \pm \beta$$



Gambar 70. Azimuth rangkaian Titik

Dengan ketentuan sebagai berikut :

- Harga $\pm 180^\circ$ dapat dipilih (+) atau (-) , hasilnya akan sama saja
- Harga $\pm \beta$:
 - dipakai tanda (+) bila sudut β berada di kiri garis A-B-C
 - dipakai tanda (-) bila sudut β berada di kanan garis A-B-C
- Bila azimuth lebih besar dari 360° , maka harus dikurangi 360°
- Bila azimuth lebih kecil dari 0° , maka harus ditambah 360°

3. Mengukur beda tinggi tempat di lahan pertanian

Keadaan lahan pertanian sangat bervariasi tinggi rendahnya. Untuk memudahkan pengelolaannya, maka perbedaan tinggi tempat tersebut harus diukur. Pengukuran beda tinggi tempat atau yang sering dikenal dengan istilah menyipat datar adalah menentukan perbedaan tinggi antara dua titik atau tempat di lapangan. Beda tinggi antara dua titik dapat diartikan sebagai jarak vertikal antara dua garis mendatar yang melalui ke dua titik tersebut.

Prinsip Menyipat Datar

Menyipat datar atau lebih dikenal dengan istilah pengukuran beda tinggi adalah menentukan beda tinggi antara dua titik. Bila beda tinggi (Δh) antara dua buah titik, misalnya A dan B, sedangkan tinggi titik A diketahui, misalnya H_A , dan titik B posisinya lebih tinggi dari titik A, maka tinggi titik B dapat dihitung :

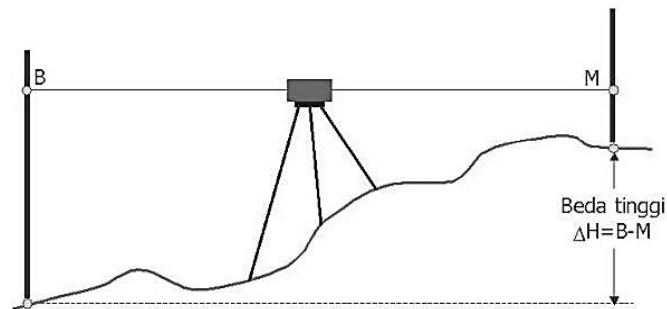
$$H_B = H_A + h$$

Berdasarkan pengertian di atas, beda tinggi antara titik A dan B adalah jarak antara dua bidang nivo yang melalui titik A dan B. Umumnya bidang nivo adalah bidang yang melengkung , tetapi bila jarak antara titik A dan B dekat, maka kedua nivo yang melalui titik A dan B dapat dianggap sebagai bidang datar.

Pengukuran beda tinggi antara dua buah titik dapat dilakukan dengan 3 cara, yaitu :

- Cara barometris
- Cara trigonometris
- Cara pengukuran menyipat datar

Tingkat ketelitian dari ketiga cara tersebut sangat bervariasi, cara 1 merupakan cara yang paling kasar atau memiliki tingkat kesalahan tertinggi, sedangkan cara 3 adalah cara yang terbaik, karena memiliki tingkat kesalahan terkecil.



Gambar 71. Prinsip dasar pengukuran beda tinggi

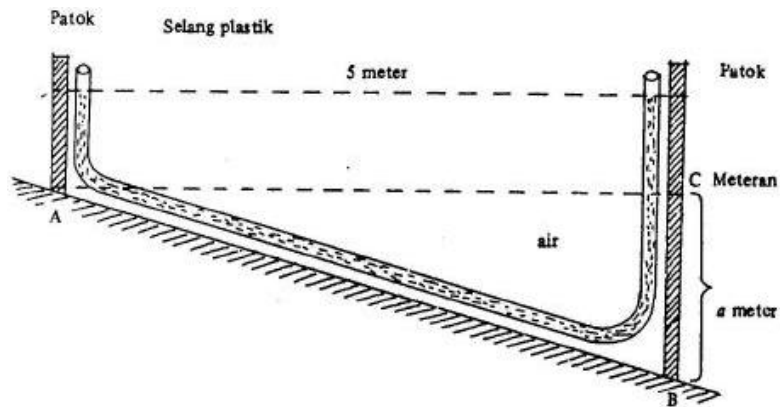
Pengukuran Menyipat Datar

Pengukuran menyipat datar atau pengukuran beda tinggi antara dua tempat dapat dilakukan dengan berbagai alat dan metoda antara lain dengan menggunakan (1) selang ukur, (2) altimeter, (3) penyipat datar, (4) theodolit.

Pengukuran dengan selang

Untuk pengukuran beda tinggi dengan selang plastik dilakukan dengan menentukan dua buah titik terlebih dahulu, misalnya titik A dan B. Dalam pengukuran dengan selang plastik yang sudah diisi dengan air, dan harus diperhatikan bahwa selang dapat mencapai kedua titik yang telah ditentukan tersebut. Pada titik yang telah ditentukan dipasang patok yang tingginya disesuaikan dipasang meteran kayu atau rambu ukur untuk memudahkan pembacaan. Bila posisi air pada kedua titik sudah konstan, pembacaan dapat dilakukan.

Syarat utama dalam pengukuran beda tinggi dengan selang plastik ini adalah (1) pada selang plastik tidak boleh mengandung gelembung udara, (2) tidak ada kebocoran, (3) selang plastik harus berwarna bening, (4) air diberi warna agar mudah terlihat.



Gambar 72. Pengukuran beda tinggi dengan selang

Untuk mencegah terjadinya gelembung udara dalam selang plastik, waktu pengisian air harus teliti dengan cara air harus berada ditempat yang lebih tinggi dan dibiarkan mengalir ke ujung yang tempatnya lebih rendah sambil diperiksa, bila sudah tidak terdapat gelembung udara, pembacaan pengukuran dapat dimulai. Cara pengukuran beda tinggi dengan selang ukur dapat dilihat pada Gambar 70 di atas.

Beda tinggi antara titik A dan B adalah selisih pembacaan di kedua titik tersebut. Misal tinggi air di titik A = 50 cm dan pembacaan tinggi air di titik B = 150 cm. Maka beda tinggi antara titik A dan B = 150 cm – 50 cm = 100 cm.

Pengukuran dengan altimeter

Altimeter adalah alat untuk mengukur ketinggian titik yang menggunakan prinsip tekanan udara, sama seperti halnya barometer. Untuk melakukan pengukuran beda tinggi antara dua titik dengan altimeter, sebaiknya dipilih dua titik yang memiliki beda tinggi yang besar untuk memudahkan pembacaan.

Sebelum melakukan pengukuran altimeter harus disetel terlebih dahulu, jika alat ini belum pernah dipakai, tetapi jika altimeter sudah pernah dipakai, maka pengukuran beda tinggi dapat dilakukan dengan membawa altimeter ke suatu tempat yang telah ditentukan misalnya titik A. Pada titik A posisi jarum penunjuk altimeter di baca dan dicatat, misalnya X_1 . Setelah itu altimeter dibawa ke titik lainnya, misalnya titik B dan dibaca ketinggian yang ditunjukkan, misalnya X_2 . Maka perbedaan tinggi titik A dan B adalah selisih pembacaan kedua titik tersebut.

$$\text{Beda tinggi } (\Delta h_{AB}) = |\text{ketinggian titik A} - \text{ketinggian titik B}| = |X_1 - X_2|$$

Pengukuran beda tinggi dengan alat penyipat datar (level)

Pengukuran beda tinggi dengan alat penyipat datar (level) adalah cara pengukuran beda tinggi yang paling umum. Pengukuran beda tinggi dengan alat penyipat datar dapat dilakukan dengan cara menempatkan alat penyipat datar sesuai dengan kondisi lapangan. Syarat yang harus dipenuhi bila pengukuran beda tinggi dengan alat penyipat datar adalah alat penyipat datar harus disetel dalam posisi datar. Penyetelan alat penyipat datar dapat dilakukan dengan menggunakan skrup penyetel datar yang ada pada alat tersebut, yaitu dengan menggeser-geser skrup ke depan atau ke belakang sesuai dengan kedudukan gelembung udara yang ada pada nivo.

Posisi kedataran alat dapat dilihat, bila posisi gelembung udara sudah berada ditengah dalam keadaan konstan (bila teropong diputar ke arah manapun posisi gelembung udara tetap ditengah), maka alat sudah dalam keadaan datar dan pengukuran dapat dimulai.

Beberapa kelengkapan untuk pengukuran beda tinggi antara lain :



Gambar 73 Alat penyipat datar



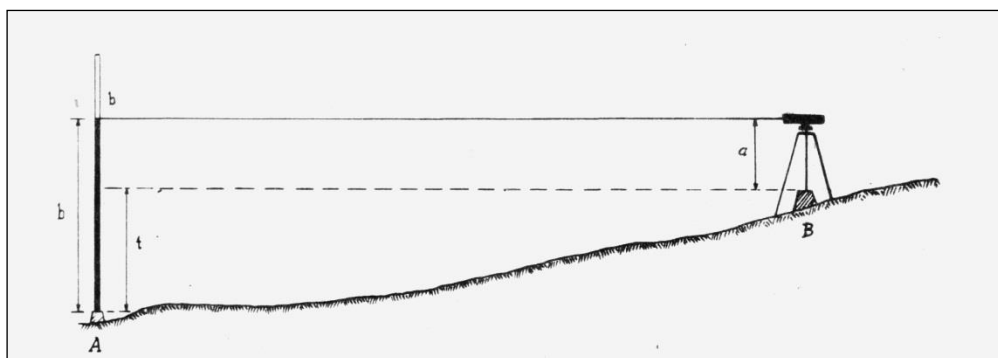
Gambar 74. Tripot

Ada tiga cara pengukuran beda tinggi yang biasa digunakan:

- 1) Menempatkan alat penyipat datar di salah satu titik, misalnya di titik B.

Jika alat diletakkan di titik B, maka pada titik B, maka langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

- Pasang patok di ke dua titik A dan B, dan tandai titik tengah patok dengan paku atau spidol.
- Letakkan tripot di titik B, dan usahakan agar titik tengah alat tepat berada di tanda yang ditentukan.
- Lakukan penyetelan alat penyipat datar sampai benar-benar dalam posisi datar, dan cek kembali posisi alat penyipat datar apakah bergeser dari titik yang ditentukan atau tidak. Jika posisinya tidak bergeser, maka pengukuran dapat segera dilakukan. Namun jika posisinya bergeser ulangi penyetelan.
- Ukur ketinggian alat penyipat datar dari titik acuan di B dengan menggunakan meteran atau pita ukur, misalnya J cm. Catat data ketinggian alat dalam buku catatan pengukuran.
- Dirikan rambu ukur di acuan titik A pada posisi tegak.
- Arahkan teropong penyipat datar ke titik A dan baca benang tengahnya, catat dalam buku pengukuran, misalnya R cm.
- Hitung beda tinggi antara titik A dan B dengan mencari selisih ($\Delta h = R - J$)



Gambar 75. Pengukuran beda tinggi dengan posisi alat di salah satu titik (B)

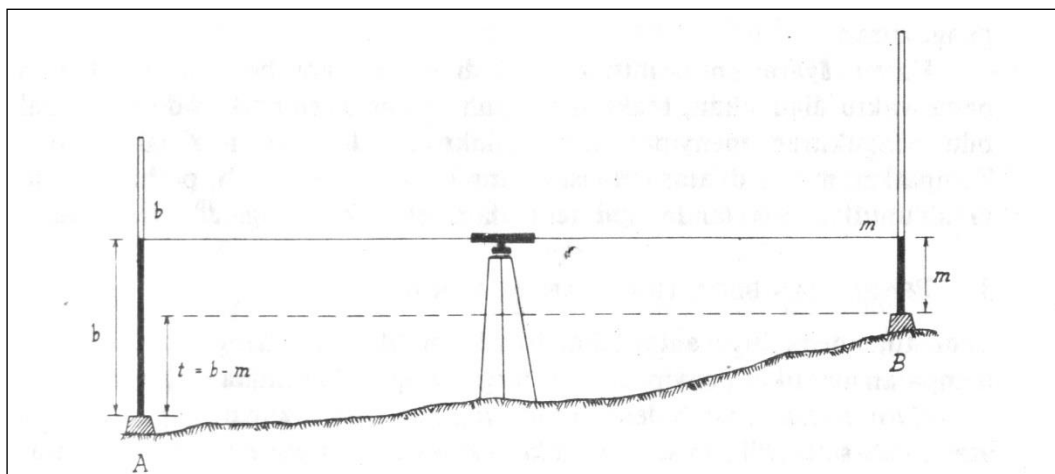
2) Menempatkan alat penyipat datar di antara kedua titik

Bila alat diletakkan di antara dua titik, maka beberapa hal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut ; (1) usahakan agar kedudukan alat penyipat datar berada ditengah-tengah kedua titik (berjarak sama antara alat ke titik A dan alat ke titik B) jika hal ini memungkinkan, (2) Pastikan

bahwa dengan meletakkan alat di tengah antara titik A dan B dapat melakukan pembacaan dengan baik (tidak menghalangi pembacaan rambu ukur), (3) Usahakan agar letak alat penyipat datar, titik A dan B dalam keadaan segaris.

Langkah-langkah pengukuran beda tinggi dengan posisi alat penyipat datar di tengah adalah sebagai berikut :

- Tentukan titik-titik yang akan diukur beda tingginya misalnya titik A dan B, tandai dengan patok. Beri tanda titik tengah alat seperti langkah di atas.
- Tempatkan tripot di pertengahan kedua titik, pasang alat penyipat datar, setel datar, dan cek kembali kedatarannya seperti langkah di atas.
- Pasang rambu ukur di titik A dalam posisi tegak, arahkan teropong penyipat datar ke titik A dan baca benang tengahnya, misalnya hasil pembacaan adalah R cm. Catat dalam buku pengukuran.
- Arahkan teropong ke titik B, letakkan rambu ukur di titik B dalam posisi tegak dan baca benang tengah yang di tunjukkan, misalnya hasil pembacaan adalah V cm, catat dalam buku pengukuran.
- Hitung beda tinggi anatar titik A dan B dengan mencari selisih hasil pembacaan di kedua titik ($\Delta h = R - V$)



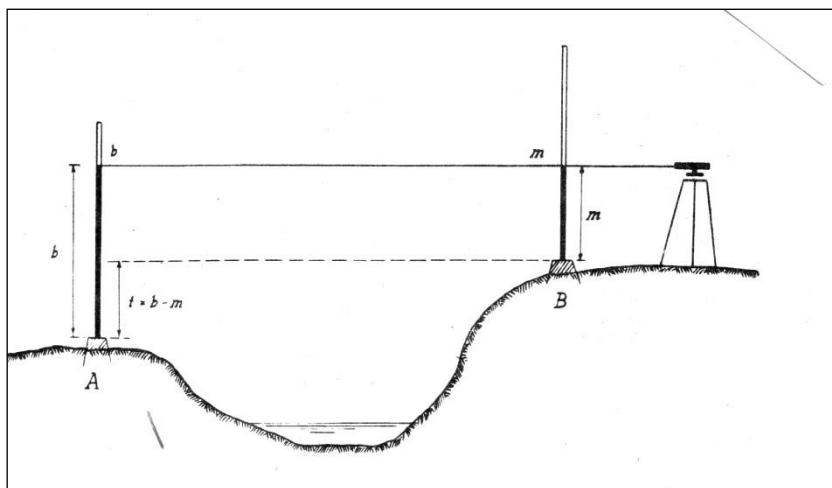
Gambar 76. Pengukuran beda tinggi dengan posisi alat di antara kedua titik

3) Menempatkan alat di belakang kedua titik

Pengukuran dengan cara menempatkan di luar kedua titik biasanya dilakukan pada saat mengukur beda tinggi dua tempat di tepi sungai atau saluran irigasi.

Langkah-langkah pengukuran dengan cara ini adalah sebagai berikut

- Tentukan titik-titik yang akan diukur beda tingginya misalnya titik A dan B, tandai dengan patok. Beri tanda titik tengah alat seperti langkah di atas.
- Tempatkan tripot di belakang kedua titik, pasang alat penyipat datar, setel datar, dan cek kembali kedatarannya seperti langkah di atas.
- Pasang rambu ukur di titik A dalam posisi tegak, arahkan teropong penyipat datar ke titik A dan baca benang tengahnya, misalnya hasil pembacaan adalah R cm. Catat dalam buku pengukuran.
- Arahkan teropong ke titik B, letakkan rambu ukur di titik B dalam posisi tegak dan baca benang tengah yang di tunjukkan, misalnya hasil pembacaan adalah V cm, catat dalam buku pengukuran.
- Hitung beda tinggi anatar titik A dan B dengan mencari selisih hasil pembacaan di kedua titik ($\Delta h = R - V$)



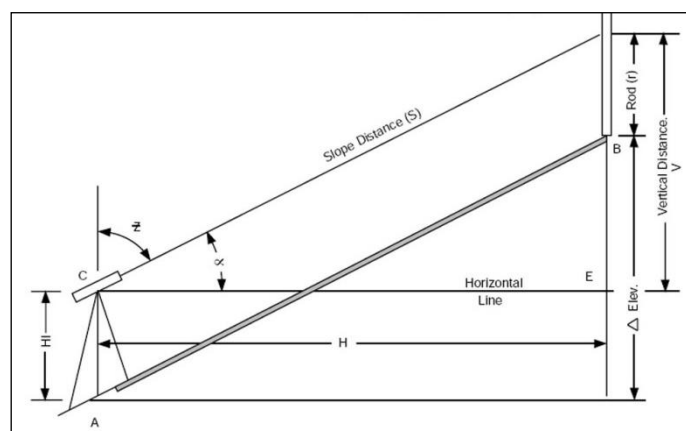
Gambar 77. Pengukuran beda tinggi dengan posisi alat di luar kedua titik

Pengukuran beda tinggi dengan theodolite

Pengukuran beda tinggi dengan alat ukur theodolite menggunakan prinsip trigonometri atau takhimetri, yaitu dengan cara mencari jarak vertikal antara titik tempat alat dan titik tempat rambu ukur dipasang. Jika dalam pengukuran beda tinggi dengan penyipat datar (*waterpas*) pembacaan rambu ukur cukup benang tengah dan tinggi alat saja yang diukur, maka pengukuran beda tinggi dengan theodolite selain harus dibaca benang atas, benang tengah dan benang bawah, juga tinggi alat dan sudut bidikan vertikal harus diukur.

Langkah-langkah pengukuran beda tinggi dengan theodolite adalah sebagai berikut :

- 1) Tentukan dua buah titik yang akan diukur beda tingginya, dan tandai dengan patok A dan B;
- 2) Pilih salah satu titik sebagai tempat mendirikan alat, misalnya titik A
- 3) Letakkan tripod di atas titik A beserta teodolit, setel sampai posisinya datar.
- 4) Ukur ketinggian alat, catat dalam buku pengukuran.
- 5) Arahkan teropong teodolit ke titik B, cari bacaan benang tengah rambu ukur setinggi alat.
- 6) Catat juga bacaan benang atas, benang bawah dan sudut vertikal yang terbaca
- 7) Hitung beda tinggi antara titik A dan titik B



Gambar 78. Pengukuran beda tinggi dengan teodolit

Perhitungan beda tingginya digunakan persamaan sebagai berikut :

- Bila bacaan benang tengah sama dengan tinggi alat, maka beda tinggi sama dengan jarak vertikal.

Beda tinggi (Δh) = jarak vertikal (V)

$$\Delta h = 100 \cdot (BA - BB) \times \frac{1}{2} \times \sin 2\alpha$$

Dimana

Δh = beda tinggi

BA = pembacaan benang atas

BB = benang bawah

α Sudut miring alat = 90° - bacaan sudut vertikal

- Bila bacaan benang tengah tidak sama dengan tinggi alat

Beda tinggi (Δh)

$$\Delta h = 100 \cdot (BA - BB) \times \frac{1}{2} \times \sin 2\alpha + (Ta - BT)$$

Dimana :

BA = Bacaan benang atas

BB = Bacaan benang bawah

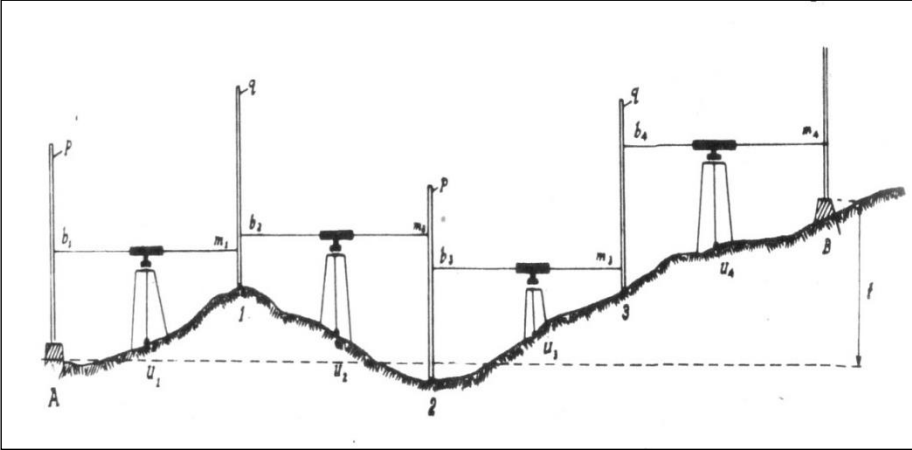
A= Sudut miring alat = 90° - bacaan sudut vertikal

Ta = Tinggi alat

BT = Bacaan benang tengah

Pengukuran beda tinggi memanjang

Jika jarak antara dua titik, misalnya titik 1 dan 5 seperti pada Gambar 77 yang akan diukur beda tingginya sedemikian besar sehingga tidak bisa dilakukan dengan sekali pengukuran, sehingga sulit sekali untuk menentukan atau mengukur beda tinggi antara dua titik, maka diperlukan satu seri set up atau beberapa kali mendirikan alat. Segmen pada setiap kali mendirikan alat dinamakan satu slag atau satu langkah. Pekerjaan seperti ini dikenal dengan istilah sifat ukur datar memanjang.



Gambar 79. Pengukuran beda tinggi memanjang

Sehubungan dengan pelaksanaan mendirikan alat lebih dari satu kali, maka diperlukan titik-titik pengukuran sementara atau dikenal *turning point* (TP) yang membagi lahan kedalam beberapa segmen. Untuk meningkatkan ketelitian pengukuran terutama mudah mengi-ngat biasanya disyaratkan jumlah langkah ini genap.

Pada setiap langkah melakukan bidikan belakang dan bidikan muka. Pembacaan hanya, dilakukan terhadap bacaan rambu sementara pembacaan sudut jarang bahkan hampir tidak diperlukan.

Bacaan rambupun sebetulnya cukup bacaan tengahnya saja, yang dalam gambar dinyatakan dengan R (bacaan benang tengah bidikan belakang, yaitu bidikan ke titik awal atau telah ditentukan sebagai acuan) dan V (bacaan benang tengah bidikan ke muka, yaitu bidikan ke titik yang akan ditentukan).

Untuk meningkatkan ketelitian, yaitu untuk menghilangkan kesalahan akibat garis bidik tidak sejajar garis nivo juga disyaratkan/disarankan agar jumlah pembacaan bidikan ke belakang sama dengan jumlah bidikan ke muka.

Agar pekerjaan pengukuran dapat dilaksanakan dengan cepat, maka disarankan agar: (1) menggunakan 2 rambu ukur, sehingga bila sudah membidik ke belakang untuk membidik ke muka tidak harus menunggu dulu rambu ukur dari belakang pindah ke muka, jadi akan lebih efisien waktu dan kemungkinan ada perubahan posisi alat sewaktu menunggu perpindahan rambu ukur lebih kecil, (2) dilakukan pengukuran bolak-balik atau istilah lain yang umum pulang pergi,

yaitu kalau dilihat dari gambar di atas dilakukan pengukuran dari A ke B dan dari B ke A dengan tidak diharuskan lokasi titik-titik turn pointnya sama, bahkan jika memungkinkan dengan jalur yang berbeda.

Dengan adanya pengukuran pulang-pergi ini berarti diperoleh dua data, yang berfungsi untuk saling koreksi. Kalau penyimpangannya atau perbedaan hasilnya sangat besar, otomatis harus diulang, sedangkan bila kesalahannya kecil dibawah angka yang diperbolehkan kedua hasil pengukuran dapat di rata-ratakan.

Beda tinggi antara titik 1 dan 5 (Δh) adalah : $\Delta h = |\Sigma b - \Sigma m|$

Kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi dalam pengukuran:

- (1) Kedudukan alat tidak sempurna, dimana 2 syarat tidak terpenuhi, yaitu sumbu kesatu tegak dan garis bidik sejajar garis nivo kurang atau tidak terpenuhi.
- (2) Kesalahan membaca angka pada rambu ukur, misalnya seharusnya 294 dibaca 194.
- (3) Kesalahan melihat angka pada rambu ukur atau mencatat bacaan, misalnya seharusnya 193 dilihat atau ditulis 143.
- (4) Kesalahan memasukan hasil bacaan, misalnya antara hasil bacaan belakang dan muka tertukar;
- (5) Kesalahan menjumlah atau mengurangi;
- (6) Ketidak tepatan mendirikan alat atau rambu ukur diatas titik pengukuran;
- (7) Pemasangan rambu ukur tidak atau kurang tegak;

Pengolahan Data

Data hasil pengukuran harus diolah untuk menentukan perbedaan tinggi antar dua titik baik pengukuran jarak, beda tinggi maupun titik-titik detail lainnya. Pengolahan data hasil pengukuran dapat dilakukan dengan manual menggunakan kalkulator maupun dengan menggunakan komputer, khususnya excel.

Berikut ini adalah contoh pengolahan data hasil pengukuran :

Tabel 4. Tabel 1. 3Pengolahan Data Beda Tinggi

Tempat Alat	Tinggi Alat	Titik Bidikan	Pembacaan Rambu Ukur			Pembacaan Sudut	
			BA	BT	BB	Horizontal	Vertikal
TP1	165	A	125	139	153	324°24'	114°51'
		B	144	165	186	52°47'	84°35'

Perhitungan beda tinggi :

$$\begin{aligned}
 \text{Beda tinggi antara titik TP1 dan A} &= 100 \cdot (BA - BB) \cdot \frac{1}{2} \sin 2m + (Hi - BT) \\
 &= 50 \cdot (153 - 125) \cdot \sin (-49^\circ 42') + (165 - 139) \\
 &= -10.42 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beda tinggi antara titik TP1 dan B} &= 100 \cdot (BA - BB) \cdot \frac{1}{2} \sin 2m + (Hi - BT) \\
 &= 50 \cdot (186 - 144) \cdot \sin (10^\circ 42') + (165 - 165) \\
 &= 3.95 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jika elevasi titik TP1 = 100 m, maka :

$$\text{Elevasi titik A} = 100 \text{ m} - 10.42 \text{ m} = 89.58 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi titik B} = 100 \text{ m} + 3.95 \text{ m} = 103.95 \text{ m}$$

5. Melakukan pengukuran mendatar di lahan pertanian

Pengukuran untuk Pemetaan

Dalam pengukuran untuk pembuatan peta ada dua unsur penting yang diukur, yaitu pengukuran jarak dan sudut. Pengukuran jarak dan sudut harus dilakukan dengan menggunakan titik bench mark (BM) sebagai referensi atau acuan. Berdasarkan pada titik acuan ini kemudian titik-titik yang diukur dapat dihitung jarak dan posisinya berdasarkan data yang diperoleh. Dalam kegiatan pemetaan ada 3 jenis pengukuran yang akan dilakukan, yaitu pengukuran poligon, pengukuran kerangka vertikal dan pengukuran titik detail.

1). Pengukuran poligon

Suatu bentuk pengukuran dimana pengukuran ini dilakukan dari titik-titik yang kita tentukan dan akhirnya titik-titik tersebut merupakan suatu daerah pemetaan, dan pengukuran ini dilakukan searah jarum jam. Untuk pengukuran poligon ini kita harus mempunyai beberapa titik-titik kedudukan sebagai awal pedoman untuk pengukuran selanjutnya. Juga diperlukan sebuah titik sebagai acuan BM. Jika tidak ada titik BM pada lokasi yang diukur, dapat diambil sembarang benda untuk kita jadikan BM, dengan catatan benda tersebut tidak berubah kedudukannya.

Garis Kontur

Garis kontur adalah garis yang menghubungkan titik-titik yang elevasinya sama. Garis kontur memberikan informasi tentang daerah peta dan tidak menyembunyikan rincian-rincian peta lainnya yang penting. Garis-garis kontur juga memperlihatkan elevasi dan konfigurasi permukaan tanah. Elevasi titik-titik yang tidak terletak diatas garis kontur bisa dicari dengan interpolasi antara dua garis kontur yang terletak pada kedua titik tersebut.

Garis kontur mulai dan berakhir pada tepi peta, atau menutup pada dirinya sendiri. Garis kontur yang menutup dirinya sendiri akan diperlihatkan oleh serangkaian garis kontur yang membentuk lingkaran di atas peta. Mereka menunjukkan sebuah depresi atau sebuah bukit. Sebuah bukit dapat diidentifikasi dengan elevasi yang bertambah. Dalam sebuah depresi, garis kontur tertutup paling dalam akan terletak pada elevasi terendah. Pada garis kontur terendah, tanda arsiran yang menuju lubang tersebut akan terlihat. ini memastikan bahwa anda melihat sebuah lubang depresi karena tidak ada tanda arsiran yang digunakan pada bukit.

Beberapa aturan-aturan dasar untuk menggambar garis kontur adalah sebagai berikut

- Garis kontur tidak pernah berakhir atau berpotongan.
- Garis-garis kontur harus memiliki kenaikan elevasi sama.
- Garis kontur tidak bercabang menjadi dua garis kontur dengan elevasi sama.

- Garis kontur harus tegak lurus terhadap jurusan kemiringan lahan maksimum.
- Garis kontur yang tidak teratur menunjukkan daerah yang tidak rata.

Penentuan titik ikat dan titik detail

Penentuan Titik Bench Mark (NM)

Hal yang pertama kali dilakukan adalah melakukan survei lapangan untuk melihat dari batas-batas lokasi yang akan dipetakan. Barulah akan ditentukan titik yang berfungsi sebagai titik tetap atau BM. Jika tidak ada BM, maka dapat menggunakan BM buatan yang ditempatkan pada lokasi yang tetap, misalnya gedung A.

Membuat patok titik ikat

Setelah ditentukan titik BM-nya, kemudian ditentukan jumlah titik utamanya poligon sesuai dengan kondisi lapangan, dan dilakukan pengukuran secara manual dengan menggunakan baak ukur pada titik-titik utama yaitu titik P1, P2, ..., Pn.

Kerangka dasar pemetaan

Kerangka dasar pemetaan untuk pemetaan lahan pertanian biasanya dilakukan pada kawasan yang tidak begitu luas, sehingga bumi masih bisa dianggap sebagai bidang datar. Titik-titik kerangka dasar pemetaan yang akan ditentukan lebih dahulu koordinat dan ketinggiannya dan dibuat tersebar merata dengan kerapatan tertentu, permanen, mudah dikenali dan didokumentasikan secara baik sehingga memudahkan penggunaan selanjutnya.

Untuk titik ikat dan titik pemeriksaan ukuran pembuatan kerangka dasar pemetaan lahan pertanian biasanya menggunakan titik-titik kerangka dasar pemetaan nasional seperti titik triangulasi. Pada tempat-tempat yang belum tersedia titik-titik kerangka dasar pemetaan nasional, koordinat dan ketinggian titik-titik kerangka dasar pemetaan ditentukan menggunakan sistem lokal.

Titik pengikat dan pemeriksa

Titik pengikat (*reference point*) atau biasa dikenal dengan istilah bench mark (BM) adalah titik-titik yang diketahui posisi horizontal dan atau ketinggiannya. Titik ini biasa digunakan sebagai rujukan atau pengikatan untuk penentuan posisi titik lainnya. Dengan mengetahui arah, sudut, jarak dan atau beda tinggi suatu titik terhadap titik pengikat, maka dapat ditentukan koordinat atau ketinggian titik bersangkutan.

Titik referensi adalah titik yang diketahui posisi horizontal dan atau ketinggiannya yang digunakan sebagai pengecek hasil pengukuran yang dimulai dari suatu titik referensi dan diakhiri pada titik referensi yang sama atau titik pemeriksa yang lain. Dengan demikian, titik pengikat juga bisa berfungsi sebagai titik pemeriksa.

Kedua jenis titik pengikat dan titik pemeriksa ini mensyaratkan adanya sistem posisi horizontal dan atau ketinggian yang sama dan dengan tingkat ketelitian yang sama pula pada titik pengikatan dan pemeriksa yang digunakan pada suatu pengukuran. Selain itu juga perlu diperhatikan bahwa ketelitian posisi titik pemeriksa harus lebih tinggi dibandingkan dengan ketelitian pengukuran.

Biasanya dalam suatu sistem pengukuran pemetaan, titik pengikat dan pemeriksa dibuat dan diukur berjenjang turun, semakin rapat dari yang paling teliti hingga ke yang paling kasar ketelitiannya. Sudah tentu titik pengikat dan pemeriksa yang lebih rendah ketelitiannya diikatkan dan diperiksa hasil pengukurannya ke titik pengikat dan pemeriksa yang lebih tinggi ketelitiannya. Titik-titik pengikat dan pemeriksa yang digunakan untuk pembuatan peta disebut sebagai titik-titik kerangka dasar pemetaan.

Kerangka dasar horizontal

Kerangka dasar horizontal merupakan kumpulan titik-titik yang telah diketahui atau ditentukan posisi horizontalnya berupa koordinat pada bidang datar (x,y) dalam sistem proyeksi tertentu. Bila dilakukan dengan cara teresterial, pembuatan kerangka horizontal bisa dilakukan menggunakan cara triangulasi,

trilaterasi atau poligon. Pemilihan cara dipengaruhi oleh bentuk lapangan dan ketelitian yang dikehendaki.

Poligon kerangka dasar

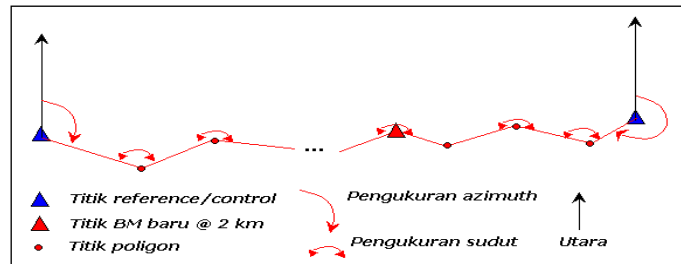
Cara pengukuran poligon merupakan cara yang umum dilakukan untuk pembuatan kerangka dasar pemetaan pada daerah yang tidak terlalu luas, misalnya (20 km x 20 km). Berbagai bentuk poligon mudah dibentuk untuk menyesuaikan dengan berbagai bentuk lahan yang akan dipetakan dan keberadaan titik-titik acuan maupun pemeriksa.

Ketentuan poligon kerangka dasar

Penetapan cara pengukuran poligon untuk pengukuran kerangka dasar peta lahan pertanian sangat ditentukan oleh tingkat ketelitian, sistem koordinat yang digunakan dan keadaan lahan yang diukur. Ketiganya merupakan faktor yang sangat menentukan dalam menyusun ketentuan poligon kerangka dasar. Tingkat ketelitian umumnya dikaitkan dengan jenis atau tahapan pekerjaan yang sedang dilakukan. Sistem koordinat dikaitkan dengan keperluan pengukuran pengikatan. Kondisi lapangan pengukuran menentukan bentuk konstruksi pilar atau patok sebagai penanda titik di lapangan, dan juga berkaitan dengan jarak penempatan titik.

Tata cara poligon kerangka dasar

Tata cara poligon kerangka dasar disusun berdasarkan ketentuan poligon yang memenuhi kebutuhan pemetaan yang diperlukan. Secara umum, tata cara meliputi, organisasi pelaksanaan secara umum, peralatan, pengukuran dan pencatatan, hitungan perataan dan pelaporan.



Gambar 80. Poligon terbuka terikat di ujung dan akhir.

Diperlukan titik ikat dan pemeriksa di awal dan akhir lokasi pekerjaan:

1. Telah terdapat kedua titik ikat/ pemeriksa diperlukan pengamatan azimuth,
2. Belum terdapat kedua titik pengamatan (x,y) dan posisinya dalam sistem umum dan serta pengamatan azimuth.
3. Pembuatan, pemasangan dan dokumentasi titik BM.
4. Penyiapan alat hingga siap untuk pengukuran dan tidak mengand-dung salah sistematis.
5. Pengukuran yang menghilangkan atau meminimalkan pengaruh semua kesalahan dan dicapai ketelitian yang diinginkan.
6. Perekaman bersistem menggunakan media konvensional ataupun digital.
7. Hitungan dan perataan koordinat cara Bowditch

$$f\alpha = (\alpha_{akhir} - \alpha_{awal}) - \sum \beta_1 + n \bullet 180^0 \text{ dan}$$

$$f\alpha \leq \pm 10'' \sqrt{N}$$

Sipat datar kerangka peta

Pengukuran beda tinggi dengan cara menyipat datar mudah dilaksanakan pada daerah relatif datar dan terbuka. Pada daerah pegunungan, terjal atau tertutup berakibat jarak pandang yang semakin pendek. Jumlah pengamatan pada selang pengukuran yang sama bertambah, sehingga memperbesar kemungkinan dan besaran kesalahan atau mengurangi ketelitian. Bila titik poligon sebagai titik kerangka horizontal juga merupakan titik tinggi kerangka vertikal, maka penem-patannya harus memungkinkan pelaksanaan pengukuran sipat datar.

Ketentuan sipat datar kerangka dasar

Tingkat ketelitian ukuran beda tinggi sipat datar untuk kerangka dasar pemetaan ditentukan oleh tahapan dan jenis pekerjaan. Ketelitian tinggi pada perencanaan dan perancangan jalan secara umum tidak perlu seteliti untuk pekerjaan irigasi. Keberadaan titik ikatan di lokasi berpengaruh pada volume pekerjaan.

Berdasarkan keperluan ketelitian tinggi ini, diturunkan ketentuan sipat datar kerangka dasar:

- (a) Alat ukur sipat datar yang digunakan mampu untuk membaca sampai ke satuan mm.
- (b) pengukuran beda tinggi dilakukan pergi pulang dan masing-masing pengukuran dilakukan dua kali.
- (c) Jarak alat ke rambu ukur 10 – 60 m.
- (d) Salah penutup beda tinggi antar BM dan pengukuran kurang atau sama dengan $\pm 6 \text{ mm}$

Tata cara sipat datar kerangka dasar

Tata cara sipat datar kerangka dasar harus sepadan dengan persyaratan dalam ketentuan sipat datar yang memenuhi kebutuhan penentuan ketinggian dalam sistem tinggi yang diinginkan. Tata caranya meliputi: organisasi pelaksanaan secara umum, peralatan, pengukuran dan pencatatan, hitungan perataan dan pelaporan.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengukuran kerangka dasar

- 1). Diperlukan titik ikat dan pemeriksa serta pengikatan di awal dan akhir lokasi pekerjaan.
- 2). Penyiapan alat hingga siap untuk pengukuran dan tidak mengandung salah sistematis.
- 3). Pengukuran yang menghilangkan atau meminimalkan pengaruh semua kesalahan dan dicapai ketelitian yang diinginkan.
- 4). Perekaman bersistem menggunakan media konvensional atau digital.
- 5). Hitungan dan perataan beda tinggi:

$$f_H = (H_{AKHIR} - X_{AWAL}) - \frac{1}{n} H \text{ dan } f_H \text{ kurang dari } \frac{1}{6} D_{km}$$

$$\frac{1}{n} H = (1 / n) \frac{1}{n} f_H \text{ dan}$$

$$H_2 = H_1 + \frac{1}{n} H_{12} + \frac{1}{n} H_{12}$$

Langkah-langkah pengukuran kerangka dasar pemetaan

Urutan pekerjaan pengadaan kerangka dasar pemetaan secara umum:

1) Peninjauan lapangan:

Pengumpulan informasi kondisi lapangan seperti titik-titik yang sudah ada, kondisi lahan, administrasi teknis dan non-teknis seperti perijinan dan lain-lainnya.

2) Perencanaan:

- (1) Bentuk kerangka, ketelitian dan penempatan serta kerapatan titik-titik kerangka pengukuran.
- (2) Peralatan ukur yang akan digunakan.
- (3) Tata-cara pengukuran dan pencatatan yang sepadan dengan ketelitian dan cara serta alat yang digunakan.
- (4) Bentuk dan bahan patok/pilar dan cara pemasangannya.
- (5) Jadwal pelaksanaan pekerjaan termasuk jadwal personil, peralatan dan logistik.
- (6) Tatalaksana pekerjaan administrasi, teknis. personil, peralatan dan logistik.

3) Pemasangan dan penandaan patok/pilar:

- Pilar dan patok dipasang agar kuat dan stabil pada tenggang waktu yang direncanakan.
- Lokasi pilar dan patok harus aman, stabil dan terjangkau serta mudah pengukurannya.
- Memasang tanda pengenalan pilar dan patok.
- Membuat deskripsi lokasi, struktur, cara dan pelaksana pemasangan pilar.

4) Pengukuran:

Pengukuran dilaksanakan sesuai ketentuan yang dibuat pada perencanaan pengukuran.

5) Perhitungan:

- Menghitung dan membuat koreksi hasil ukuran.
- Mereduksi hasil ukuran.
- Menghitung data titik kontrol, misalnya azimuth.
- Menghitung koordinat dan ketinggian.

6) Menyusun daftar Koordinat dan Ketinggian:

Daftar dibuat dalam bentuk kolom yang menunjukkan nomor titik pilar, koordinat, dan ketinggian serta keterangan sistem koordinat dan rujukan ketinggian yang digunakan.

Metode pengukuran untuk pembuatan peta

Pengukuran untuk pembuatan peta juga biasa disebut pengukuran situasi, atau pengukuran detil, dilakukan untuk dapat menggambarkan unsur-unsur alam, buatan manusia dan bentuk permukaan tanah dengan sistem dan cara tertentu.

Cara offset

Pengukuran untuk pembuatan peta cara offset menggunakan alat utama pita ukur, sehingga cara ini juga biasa disebut cara rantai (*chain surveying*). Alat bantu lainnya adalah: (1) alat pembuat sudut siku cermin sudut dan prisma, (2). jalon, dan (3) pen ukur.

Dari jenis peralatan yang digunakan ini, cara offset biasa digunakan untuk daerah yang relatif datar dan tidak luas, sehingga kerangka dasar untuk pemetaannya pun juga dibuat dengan cara offset. Peta yang diperoleh dengan cara offset tidak akan menyajikan informasi ketinggian rupa bumi yang dipetakan.

Cara pengukuran titik detil dengan cara offset ada tiga yaitu (1) cara siku-siku (cara garis tegak lurus), (2) cara mengikat (cara interpolasi), dan (3) cara gabungan keduanya.

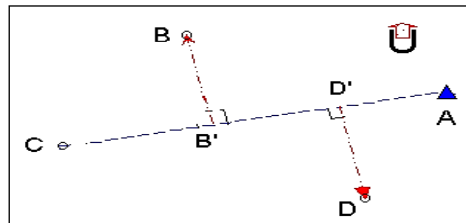
Kerangka dasar cara offset

Kerangka dasar pemetaan harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga setiap garis ukur yang terbentuk dapat digunakan untuk mengukur titik detil sebanyak

mungkin. Garis ukur adalah garis lurus yang menghubungkan dua titik kerangka dasar. Jadi garis ukur berfungsi sebagai "garis dasar" untuk pengikatan ukuran offset.

Kerangka dasar cara offset dengan cara siku-siku:

Setiap garis ukur dibuat saling tegak lurus.

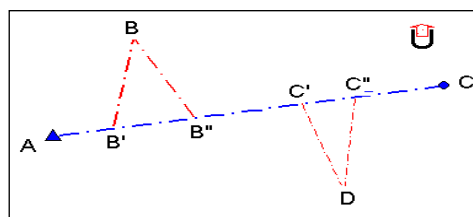


Gambar 81. Kerangka dasar cara offset dengan cara siku-siku.

Titik-titik A, B, C dan D adalah titik kerangka dasar yang telah dipasang. Andai akan digunakan garis AC sebagai garis ukur, maka dibuat garis ukur BB' dan DD' tegak lurus garis ukur AC. Ukur jarak AC, AD', D'D, D'B', B'B dan B'C. Sebagai kontrol, bila memungkinkan, diukur pula jarak AD, DC, CB dan BA.

Kerangka dasar cara offset dengan cara mengikat:

Setiap garis ukur diikatkan pada salah satu garis ukur.



Gambar 82. Kerangka dasar cara offset dengan cara mengikat

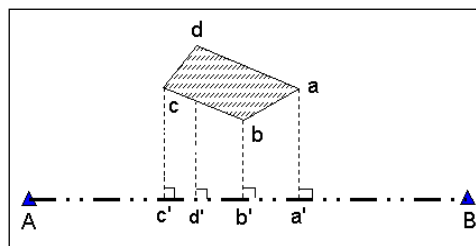
Titik-titik A, B, C dan D adalah titik kerangka dasar yang telah dipasang. Jika akan digunakan garis AC sebagai garis ukur, maka ditentukan sembarang titik-titik D', D'', B' dan B'' pada garis ukur AC. Ukur jarak AC, AD', D'D'', D'B', B'B'', B''C, D'D, D''D, B'B dan B''B. Sebagai kontrol, bila memungkinkan, diukur pula jarak AD, DC, CB dan BA.

1) Kerangka dasar cara offset dengan cara segitiga:

Titik A, B, C dan D adalah titik kerangka dasar yang telah dipasang seperti ditunjukkan pada Gambar 81. Ukur jarak-jarak AB, BC, CD, DA dan AC yang merupakan sisi-sisi segitiga ABC dan ADC sebagai garis ukur. Karena garis ukur dibuat dengan membentuk segitiga-segitiga, maka cara ini juga disebut cara trilaterasi.

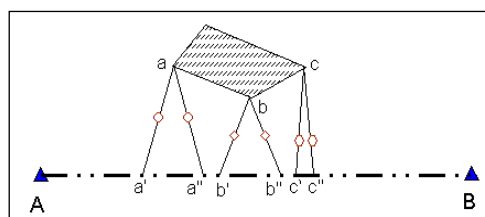
Pengukuran detil cara offset

Pengukuran detil cara offset cara siku-siku. Setiap titik detil diproyeksikan siku-siku terhadap garis ukur dan diukur jaraknya.



Gambar 83. Pengukuran detil cara offset dengan cara siku-siku.

A dan B adalah titik-titik kerangka dasar sehingga garis AB adalah garis ukur. Titik-titik a, b, c dan d adalah titik-titik detil dan titik-titik a', b', c' dan d' adalah proyeksi titik a, b, c dan d ke garis ukur AB. Pengukuran detil cara offset cara mengikat setiap titik detil diikatkan dengan garis lurus ke garis ukur



Gambar 84. Pengukuran detil cara offset dengan cara mengikat

A dan B adalah titik-titik kerangka dasar, sehingga garis AB adalah garis ukur. Titik-titik a, b, c adalah titik-titik detil dan titik-titik a', b', c' dan a'', b'', c'' adalah titik ikat a, b, dan c ke garis ukur AB. Diusahakan segi-3 aa'a'', bb'b'' dan cc'c''

Ketelitian pemetaan cara offset

Upaya peningkatan ketelitian hasil ukur cara offset bisa dilakukan dengan :

1. Titik-titik kerangka dasar dipilih atau dibuat mendekati bentuk segitiga sama sisi
2. Garis ukur:
 - 1) Jumlah garis ukur sesedikit mungkin
 - 2) Garis tegak lurus garis ukur sependek mungkin
 - 3) Garis ukur pada bagian yang datar
3. Garis offset pada cara siku-siku harus benar-benar tegak lurus garis ukur
4. Pita ukur harus benar-benar mendatar dan diukur seteliti mungkin
5. Gunakan kertas gambar yang stabil untuk penggambaran

Pencatatan dan penggambaran cara offset

Pengukuran cara offset dicatat ke dalam buku ukur yang tiap halamannya berbentuk tiga kolom. Kolom ke 1 – paling kiri, digunakan untuk menggambar sket pengukuran. Kolom ke 2 digunakan untuk mencatat hasil ukuran dengan paling bawah awal garis ukur, dan kolom ke 3 digunakan untuk mencatat deskripsi garis offset. Tidak ada bakuan untuk penggambaran cara offset. Penggambaran biasa dibuat dengan urutan pertama penggambaran garis ukur, kedua pengeplotan garis offset yang disertai dengan penyajian penulisan angka jarak ukur tegak lurus arah garis ukur. Sudut disiku diberi tanda siku.

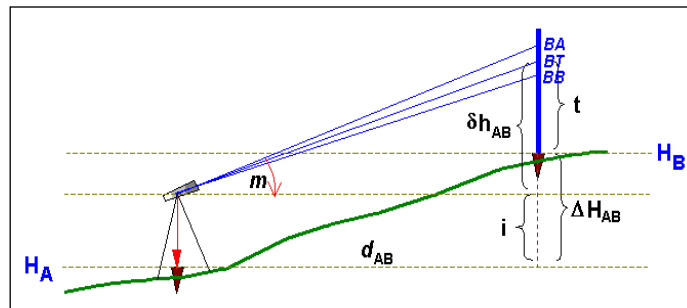
Pengukuran pembuatan peta cara takhimetri.

Salah satu unsur penting pada peta adalah unsur ketinggian yang biasanya disajikan dalam bentuk garis kontur. Menggunakan pengukuran cara tachymetri, selain diperoleh unsur jarak, juga diperoleh beda tinggi. Jika theodolit yang digunakan untuk pengukuran cara tachymetri juga dilengkapi dengan kompas, maka sekaligus bisa dilakukan pengukuran untuk pengukuran detil topografi dan pengukuran untuk pembuatan kerangka peta pembantu pada pengukuran dengan kawasan yang luas secara efektif dan efisien.

Alat ukur yang digunakan pada pengukuran untuk pembuatan peta topografi cara takhimetri menggunakan theodolite berkompas lengkap dengan statif dan

unting-unting, rambu ukur yang dilengkapi dengan nivo kotak dan pita ukur untuk mengukur tinggi alat.

Data yang harus diamati dari tempat berdiri alat ke titik bidik menggunakan peralatan ini meliputi azimuth magnet, benang atas, tengah dan bawah pada rambu yang berdiri di atas titik bidik, sudut miring, dan tinggi alat ukur di atas titik tempat berdiri alat. Keseluruhan data ini dicatat dalam satu buku ukur.



Gambar 87. Pegukuran jarak dan beda tinggi cara tachymetry.

Jarak datar = $d_{AB} = 100' (BA - BB) \cos^2 m$; m = sudut miring.

Beda tinggi = $\Delta H_{AB} = 50' (BA - BB) \sin 2m + i - t$; dimana $t = BT$.

Tata cara pengukuran detil cara tachymetri menggunakan teodolit berkompas

Pengukuran detil cara tachymetri dimulai dengan penyiapan alat ukur di atas titik ikat dan penempatan rambu di titik bidik. Setelah alat siap untuk pengukuran, dimulai dengan perekaman data di tempat alat berdiri, pembidikan ke rambu ukur, pengamatan azimuth dan pencatatan data di rambu BT, BA, BB serta sudut miring m .

- 1) Tempatkan alat ukur di atas titik kerangka dasar atau titik kerangka penolong dan atur sehingga alat siap untuk pengukuran, ukur dan catat tinggi alat di atas titik ini.
- 2) Dirikan rambu di atas titik bidik dan tegakkan rambu dengan bantuan nivo kotak.
- 3) Arahkan teropong ke rambu ukur sehingga bayangan tegak garis diafragma berimpit dengan garis tengah rambu. Kemudian kencangkan kunci gerakan mendatar teropong.

- 4) Kendorkan kunci jarum magnet sehingga jarum bergerak bebas. Setelah jarum setimbang tidak bergerak, baca dan catat azimuth magnetis dari tempat alat ke titik bidik.
- 5) Kencangkan kunci gerakan tegak teropong, kemudian baca bacaan benang tengah, atas dan bawah serta catat dalam buku ukur. Bila memungkinkan, atur bacaan benang tengah pada rambu di titik bidik setinggi alat, sehingga beda tinggi yang diperoleh sudah merupakan beda tinggi antara titik kerangka tempat berdiri alat dan titik detil yang dibidik.
- 6) Titik detil yang harus diukur meliputi semua titik alam maupun buatan manusia yang mempengaruhi bentuk topografi peta daerah pengukuran.

Kesalahan pengukuran cara tachymetri dengan teodolit berkompas

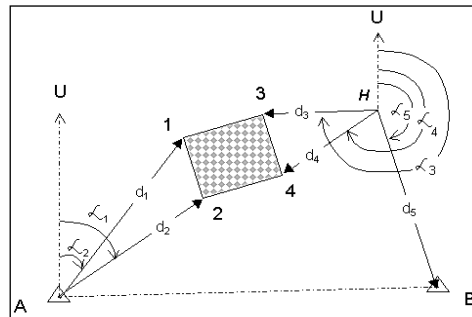
- Kesalahan akibat faktor alat, misalnya:
 - 1) Jarum kompas tidak benar-benar lurus.
 - 2) Jarum kompas tidak dapat bergerak bebas pada prosnya.
 - 3) Garis bidik tidak tegak lurus sumbu mendatar (salah kolimasi).
 - 4) Garis skala $0^\circ - 180^\circ$ atau $180^\circ - 0^\circ$ tidak sejajar garis bidik.
 - 5) Letak teropong eksentris.
 - 6) Poros penyangga magnet tidak sepusat dengan skala lingkaran mendatar.
- Kesalahan pengukur, misalnya:
 - 1) Pengaturan alat tidak sempurna (*temporary adjustment*).
 - 2) Salah taksir dalam pembacaan.
 - 3) Salah mencatat dan kesalahan lain-lain.
- Kesalahan akibat faktor alam, misalnya: (1) Deklinasi magnet, (2) atraksi lokal.

Pengukuran tachymetri untuk pembuatan peta topografi cara polar.

Posisi horizontal dan vertikal titik detil diperoleh dari pengukuran cara polar langsung diikatkan ke titik kerangka dasar pemetaan atau titik (kerangka) penolong yang juga diikatkan langsung dengan cara polar ke titik kerangka dasar pemetaan.

Unsur yang diukur:

- Azimuth magnetis dari titik ikat ke titik detil,
- Bacaan benang atas, tengah dan bawah
- Sudut miring, dan
- Tinggi alat di atas titik ikat.



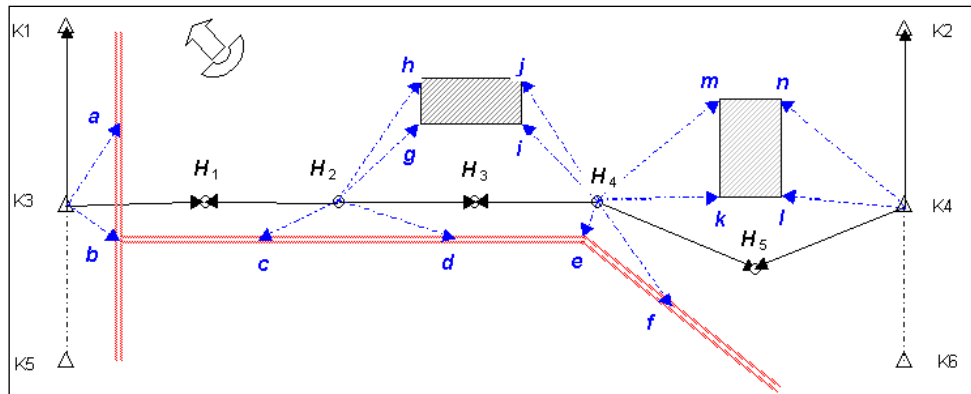
Gambar 88. Pengukuran topografi cara tachymetri polar.

A dan B adalah titik kerangka dasar pemetaan, H adalah titik penolong 1, 2 ... adalah titik detil, U_m adalah arah utara magnet di tempat pengukuran. Berdasarkan skema pada gambar, maka :

- Titik 1 dan 2 diukur dan diikatkan langsung dari titik kerangka dasar A,
- Titik H, diukur dan diikatkan langsung dari titik kerangka dasar B,
- Titik 3 dan 4 diukur dan diikatkan langsung dari titik penolong H.

Pengukuran takhimetri untuk pembuatan peta topografi cara poligon kompas.

Letak titik kerangka dasar pemetaan berjauhan, sehingga diperlukan titik penolong yang banyak. Titik-titik penolong ini diukur dengan cara poligon kompas yang titik awal dan titik akhirnya adalah titik kerangka dasar pemetaan. Unsur jarak dan beda tinggi titik-titik penolong ini diukur dengan menggunakan cara tachymetri. Posisi horizontal dan vertikal titik detil diukur dengan cara polar dari titik-titik penolong.



Gambar 89. Pengukuran topografi cara tachymetri-poligon kompas.

Berdasarkan skema pada gambar, maka:

- Titik K₁, K₃, K₅, K₂, K₄ dan K₆ adalah titik-titik kerangka dasar pemetaan,
- Titik H₁, H₂, H₃, H₄ dan H₅ adalah titik-titik penolong
- Titik a, b, c, ... adalah titik detil

Pengukuran poligon kompas K₃, H₁, H₂, H₃, H₄, H₅, K₄ dilakukan untuk memperoleh posisi horizontal dan vertikal titik-titik penolong, sehingga ada dua hitungan (1) Hitungan poligon dan (2) Hitungan beda tinggi.

Tata cara pengukuran poligon kompas:

- a) Pengukuran koreksi Boussole di titik K₃ dan K₄,
- b) Pengukuran cara melompat (*spring station*) K₃, H₂, H₄ dan K₄.
- c) Pada setiap titik pengukuran dilakukan pengukuran:
 - 1) Azimuth.
 - 2) Bacaan benang tengah, atas dan bawah.
 - 3) Sudut miring.
 - 4) Tinggi alat.

Tata cara hitungan dan penggambaran poligon kompas:

- (1) Hitung koreksi Boussole di $K_3 = A_{zG} \cdot K_{31} - A_{zM}K_{31}$
- (2) Hitung koreksi Boussole di $K_4 = A_{zG} \cdot K_{42} - A_{zM}K_{42}$
- (3) Koreksi Boussole C = Rerata koreksi Boussole di K_3 dan K_4
- (4) Hitung jarak dan azimuth geografis setiap sisi poligon.
- (5) Hitung koordinat $H_1, \dots, H_5$ dengan cara Bowditch atau Transit.
- (6) Plot poligon berdasarkan koordinat definitif.

Selain hitungan cara numeris, poligon kompas juga bisa digambar kesalahan ukurnya dengan cara mengeplotkan langsung data yang diperoleh dari tahapan hitungan 1, 2, 3 dan 4 di atas. Seharusnya, bila tidak ada kesalahan ukur titik K_4 hasil pengeplotan langsung berdasarkan koordinat dan pengeplotan titik K_4 dari polygon kompas seharusnya berimpit. Penyimpangan grafis yang tidak terlalu besar atau dalam selang toleransi dikoreksikan secara grafis pada masing-masing titik poligon sebanding jumlah jarak poligon di titik poligon.

6. Mengukur luas lahan

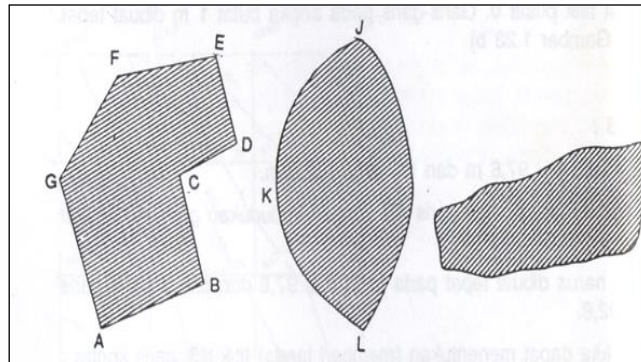
Luas adalah jumlah areal yang terproyeksi pada bidang horozontal dan dikelilingi oleh garis-garis batas. Pekerjaan pengukuran luas secara garis besar dapat diklasifikasikan menjadi menjadi (1) pekerjaan di lapangan dengan menggunakan alat-alat survei seperti teodolit, meteran, penyipat datar dan alat lain-lain, dan (2) pekerjaan di dalam ruangan yaitu menggambar hasil pengukuran dan menghitung luas dengan menggunakan alat planimeter.

Dalam bagian ini akan dibahas pengukuran luas di lapangan menggunakan alat-alat pemetaan dengan menggunakan data jarak dan sudut yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan.

Dasar-dasar Pengukuran Luas

Sebelum melakukan pengukuran lahan, akan disajikan terlebih dahulu, komponen-komponen pengukuran luas lahan, yaitu (1) pengukuran jarak, (2) pengukuran sudut. Suatu areal yang akan ditentukan luasnya dapat dibatas oleh

garis lurus, garis lengkung atau garis berlekuk, lihat gambar 88. Jika areal dibatasi oleh garis-garis lurus, bentuk-bentuk geometri yang dipergunakan sebagai dasar perhitungan adalah segi tiga dan trapesium. Pada umumnya dalam pengukuran di lapangan, maka metoda pengukuran dilakukan dengan mengembalikan bentuk lahan atau membagi lahan tersebut menjadi bentuk dasar.



Gambar 90. Bentuk-bentuk areal dalam perhitungan luas

Pengukuran luas lahan

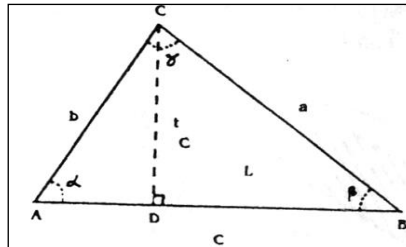
Bentuk lahan khususnya lahan pertanian ada berbagai jenis, seperti segitiga, persegi panjang, bujur sangkar, trapesium, berbentuk poligon atau berbentuk tidak beraturan. Pada umumnya bentuk lahan seperti apapun dapat dikembalikan kepada bentuk segitiga dan persegi panjang, sehingga dalam pengukuran luas lahan lebih banyak menggunakan bentuk segitiga. Untuk menentukan luas lahan, sangat tergantung pada bentuk lahannya sehingga dikembangkan beberapa metode pengukuran luas lahan, misalnya metode segitiga, metode trapesium, jajaran genjang dan lain-lain

Luas Segitiga

Luas suatu segitiga dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus segitiga yang sudah dikenal dalam mata pelajaran geometri. Untuk segi tiga sembarang, luasnya dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

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

Dimana , $s = \frac{1}{2} (a+b+c)$, dan a, b dan c adalah sisi-sisi segitiga ABC sembarang. Bila sudut segitiga bisa diukur atau diketahui serta beberapa sisi diketahui, maka perhitungan luasnya menggunakan rumus berikut :



Gambar 91. Segitiga sembarang

$$\text{Luas segitiga ABC} = \frac{1}{2} ab \sin \gamma \text{ atau}$$

$$= \frac{1}{2} bc \sin \alpha \text{ atau}$$

$$= \frac{1}{2} ac \sin \beta$$

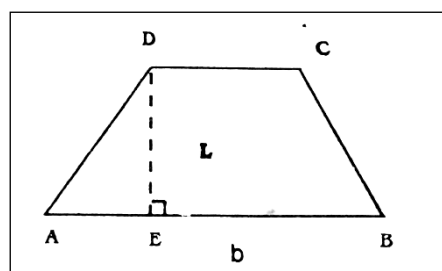
Dimana α , β , dan γ adalah besar sudut yang diapit oleh dua sisi segitiga yang diukur. Bila segitiga berbentuk segitiga siku-siku, luas segitiga ABC adalah $= \frac{1}{2} ab$.

Luas Trapesium

Ada dua bentuk trapesium yang paling umum, yaitu trapesium biasa dan trapesium yang membentuk sudut siku-siku pada salah satu sisinya.

- 1) Trapesium biasa ABCD (lihat Gambar 90). Luas trapesium dapat dihitung dengan persamaan berikut :

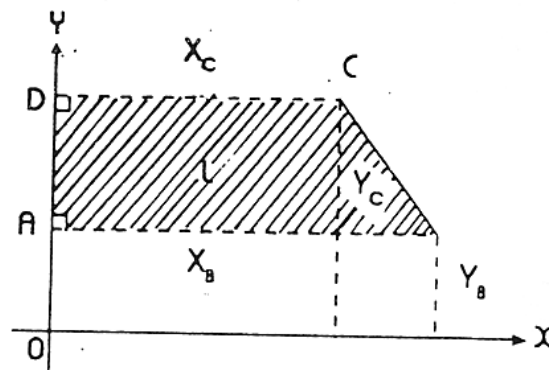
$$\text{Luas trapesium ABCD} = \frac{AB + CD}{2} \times AD$$



Gambar 92. Trapesium biasa

- 2) Trapesium siku-siku ABCD (lihat gambar 91). Trapesium ini menggunakan koordinat dari masing-masing hasil pengukuran. Maka luas trapesium dapat dihitung dengan persamaan berikut :

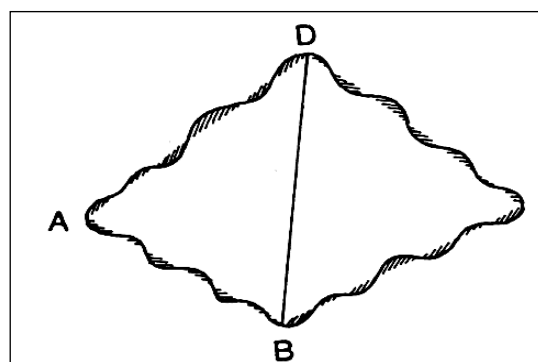
$$\text{Luas trapesium ABCD} = \frac{1}{2} (X_b + X_c) * (Y_c - Y_b)$$



Gambar 93. Trapesium dengan koordinat

Luas areal yang berbentuk lekuk-lekuk

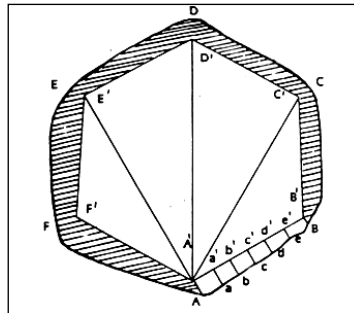
Bila lapangan yang akan ditentukan luasnya dibatasi oleh garis yang tidak rata, maka garis lekuk tersebut dapat diganti dengan garis rata-rata yang lurus, seperti pada Gambar 92 berikut.



Gambar 94 Perhitungan luas lahan berbentuk lekuk-lekuk

Garis lekuk-lekuk diganti dengan garis lurus pengganti, yaitu garis AB, BC, CD, dan DA. Luas areal tersebut dapat dihitung dengan cara menghitung masing-masing segitiga yang terbentuk, yaitu segitiga BCD, dan BAD dengan

menggunakan rumus segitiga sembarang. Total luas lahan adalah dengan menjumlahkan luas masing-masing segitiga tersebut. Bentuk lahan seperti gambar di atas dapat juga dibentuk menjadi beberapa segitiga dengan menggunakan garis bantu, seperti pada Gambar 93.



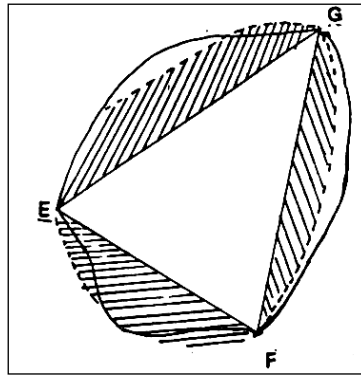
Gambar 95 Perhitungan luas lahan dengan menggunakan garis bantu

Dengan menggunakan garis-garis bantu, bentuk lengkung tertutup ABCDEF dibuat segi enam $A'B'C'D'E'F'$ yang luasnya dapat dihitung dengan menggunakan bentuk-bentuk dasar segitiga, sedangkan sisanya segi enam $A'B'C'D'E'F'$ dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut :

- Dengan memperhatikan bidang yang tidak diarsir, yang ditentukan oleh garis lurus $A'B'$ dengan garis lengkung AB. Pada lengkungan AB, ditentukan titik-titik a,b,c,d, dan e sedemikian sehingga bagian-bagian garis Aa, ab,bc, cd, de dan eB dapat dianggap sebagai garis lurus.
- Bila titik-titik A',b',c',d',e' dan B' didapatkan sejumlah trapesium siku-siku yang bila unsur-unsurnya diukur

Luas areal berbentuk parabola atau lingkaran.

Jika suatu areal yang dibatasi oleh garis lengkung dapat ditentukan luasnya dengan mengganti lengkungan batas dengan bentuk-bentuk lingkaran atau parabola, seperti pada Gambar 94.

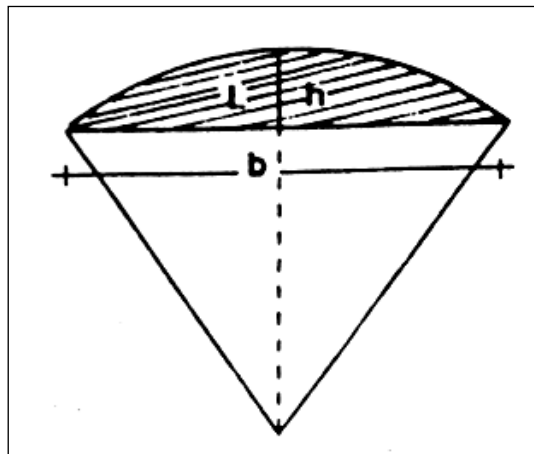


Gambar 96. Perhitungan luas lahan dengan garis bantu berbentuk lingkaran dan parabola

Lengkungan EF dapat diganti dengan sebuah busur lingkaran EF (putus-putus), demikian juga busur FG dan EG. Maka luas bentuk areal EFGE adalah :

Luas EFGE = luas tembereng EF + luas tembereng FG + luas tembereng EG + Luas segitiga EFG

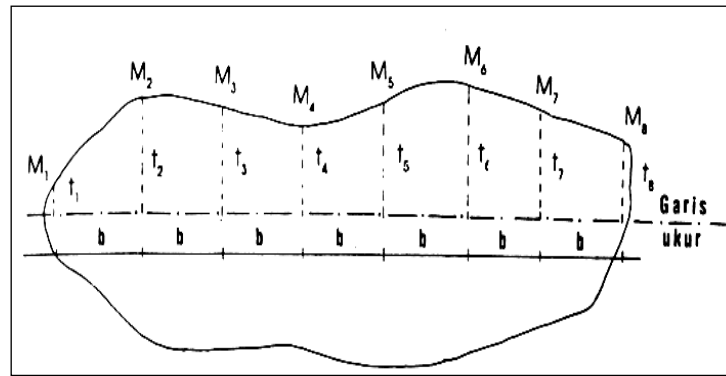
Jika suatu tembereng dianggap seperti gambar 95 dengan sisi b dan h, maka luas tembereng sebuah lingkaran = $\frac{1}{2} bh$



Gambar 97. Tembereng

Luas lahan berbentuk juluran

Metoda ini sebenarnya metoda trapesium dan digunakan untuk mengukur lahan yang dibatasi oleh garis batas yang berlekuk-lekuk juga. Metoda juluran digunakan apabila lapangan berbentuk seperti Gambar 96 berikut.



Gambar 98. Perhitungan luas areal dengan trapesium

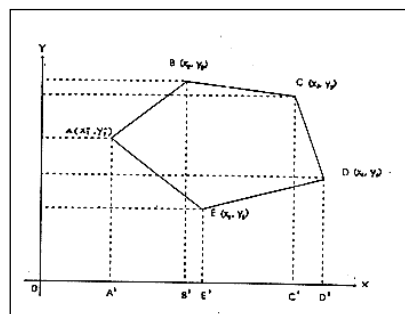
Sebuah garis ditarik sepanjang lapangan sebagai garis bantu. Pada garis ukur ditentukan titik-titik dengan interval jarak yang sama, yaitu b . Dari titik ini kemudian diukur jarak menjulur tegak dari garis bantu ke garis batas. Khusus untuk bagian di atas garis ukur, jarak-jarak juluran ke garis batas adalah $t_1, t_2, \dots, t_n$.

Maka luas areal diatas garis ukur adalah :

$$L = \frac{1}{2} \{ (t_1 + t_2) * b + (t_2 + t_3) * b + \dots (t_{n-1} + t_n) * b \}$$

Metode koordinat

Jika lahan berbentuk segitiga ABC dan titik-titik batas A, B dan C diketahui koordinatnya pada sumbu X, lihat Gambar 97.



Gambar 99. Perhitungan luas lahan dengan cara koordinat

$$LA'B' B'A = \frac{1}{2} (y_1 + y_2) * (x_2 - x_1)$$

$$LB'C' C'B = \frac{1}{2} (y_2 + y_3) * (x_3 - x_2)$$

$$LACCA = \frac{1}{2} (y_3 + y_1) * (x_1 - x_3)$$

Maka luas lahan tersebut dapat dihitung menjadi

$$L = \frac{1}{2} \{ (y_1 * x_2 + y_2 * x_3 + y_3 * x_1) - (x_1 * y_2 + x_2 * y_3 + x_3 * y_1) \}$$

D. Aktivitas Pembelajaran

Lembar Kerja 1 Mengukur Sudut dengan alat Kompas

A. Tujuan Praktik

Setelah menyelesaikan kegiatan praktik ini, diharapkan anda dapat mengukur sudut dengan menggunakan kompas.

B. Prasyarat

Untuk mengukur sudut di lapangan dengan alat kompas, diperlukan kemampuan yang berkaitan dengan pekerjaan berikut : :

- Mengenal bagian-bagian alat kompas
- Menyetel alat kompas

C. Petunjuk Praktik

Kegiatan mengukur sudut di lapangan dengan kompas dapat dikerjakan secara individual, tetapi sebaiknya dilakukan secara beregu/kelompok, minimal 2 orang oleh karena bila dikerjakan oleh dua orang dapat menghindarkan terjadinya kesalahan. Sebelum anda melaksanakan praktik ini ada beberapa hal yang dilakukan :

1. Baca dan fahami terlebih dahulu teori tentang pengukuran sudut di lapangan.
2. Sebaiknya dibentuk kelompok terlebih dahulu, minimal 2 orang dan maksimal 5 orang.
3. Untuk mendapatkan pengalaman pada kegiatan praktik ini, masing-masing harus berganti tugas/peran sehingga dapat melakukan macam-macam tugas misal mengukur jarak, memegang jalon dan sebagainya.
4. Lakukan kegiatan praktik dengan baik dan benar.

D. Keselamatan Kerja

1. Gunakan pakian praktik

2. Pergunakan alat sesuai dengan fungsinya.
3. Fahami prinsip kerja dan cara pengoperasian alat, sebelum menggunakannya.

E. Alat dan Bahan :

1. Alat

- a. Kompas
- b. Pin

2. Bahan

- a. Alat tulis
- b. Lahan pengukuran berbentuk segitiga yang dibatasi tali rapia

F. Langkah Kerja

1. Ukur ketiga sudut dari lahan segitiga yang dibentuk oleh tali rapia yang telah disiapkan oleh instruktur.
2. Perhatikan penjelasan instruktur yang berkaitan dengan kegiatan praktik ini.
3. Persiapkan semua peralatan yang diperlukan.
4. Lakukan secara perorangan atau kelompok setelah berada di tempat praktik, yaitu segitiga yang telah disediakan instruktur.
5. Pasang kompas di titik sudut 1 dari segitiga yang ada, atur sehingga jarum magnetnya bergerak bebas atau nivo pada kompas ada di tengah.
6. Arahkan visir ke titik di kaki segi tiga sebelah kiri, baca skala lingkaran kompas yang bertepatan dengan visir tadi dan catat sebagai bacaan sudut 2 atau azimuth titik 2.
7. Arahkan lagi visir ke titik di kaki segitiga sebelah kanannya, baca skala lingkaran kompas bertepatan dengan arah visir tadi dan catat sebagai bacaan sudut 3 atau azimuth titik 3.
8. Hitung besarnya sudut azimuth titik 3 dan azimuth titik 2.
9. Lakukan kegiatan di atas dengan alat di titik 2 dan titik 3.
10. Buat laporan hasil pengukuran lengkap dengan datanya.

Lembar Kerja 2

Mengukur sudut horizontal dengan meteran

A. Tujuan Praktik

Setelah menyelesaikan kegiatan praktik ini, diharapkan Anda dapat mengukur sudut horizontal dengan menggunakan meteran.

B. Prasyarat

Untuk melaksanakan mengukur sudut horizontal di lapangan dengan meteran, memerlukan kemampuan yang berkaitan dengan pekerjaan ini misalnya :

- Mengetahui bagian-bagian meteran.
- Membaca skala ukuran meteran.

Petunjuk Praktik

Kegiatan mengukur sudut horizontal di lapangan dengan meteran dapat dikerjakan secara individual, tetapi sebaiknya dilakukan secara beregu/kelompok, minimal 2 orang. Oleh karena itu, jika dikerjakan oleh 2 orang dapat menghindari terjadinya kesalahan. Sebelum anda melaksanakan praktik ini ada beberapa hal yang dilakukan :

1. Baca dan fahami terlebih dahulu teori tentang pengukuran sudut di lapangan.
2. Sebaiknya dibentuk kelompok terlebih dahulu, minimal 2 orang dan maksimal 5 orang.
3. Untuk mendapatkan pengalaman pada kegiatan praktik ini, masing-masing harus berganti tugas/peran sehingga dapat melakukan macam-macam tugas misalnya mengukur jarak dan sudut, memegang jalon dan sebagainya.
4. Lakukan kegiatan praktik dengan baik dan benar

C. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Gunakan pakaian praktik.
2. Penggunaan alat sesuai dengan fungsinya.

3. Pahami prinsip kerja dan cara pengoperasian alat sebelum menggunakan.

D. Alat dan Bahan :

1. Alat

- a. Meteran
- b. Pin

2. Bahan

- a. Alat tulis
- b. Lahan pengukuran berbentuk segitiga yang dibatasi tali rafia

E. Langkah Kerja

1. Ukur ketiga sudut dari lahan segitiga yang dibentuk oleh tali rafia yang telah disiapkan oleh instruktur
2. Perhatikan penjelasan instruktur yang berkaitan dengan kegiatan praktik
3. Persiapkan semua peralatan yang diperlukan.
4. Lakukan oleh 2 orang.
5. Setelah berada di tempat praktikum, yaitu segitiga yang besar telah disediakan oleh instruktur :

Ukur Sudut A dengan cara :

- Pasang patok di titik p pada kaki AB sejarak tertentu, misalkan x meter.
- Dengan meteran, buatlah lingkaran dengan pusat titik p, usahakan memotong kaki AC di dua titik-titik misalnya q dan r.
- Bagi kedua garis qr dan titik s nyatakan sebagai titik tengahnya, sehingga diperoleh segitiga siku-siku Asp.
- Ukur jarak As, misalkan y m.
- Hitung sudut A = Arc Cosinus y/x .
- Lakukan hal yang sama di titik B dan Titik C

- Buat laporan hasil pengukuran lengkap dengan informasi langkah kerja yang dilaksanakan berikut sketsa gambar kerja dan datanya.

Lembar Kerja 3

Mengukur sudut Vertikal dengan meteran

A. Tujuan Praktik

Setelah menyelesaikan kegiatan praktik ini, diharapkan anda dapat mengukur sudut vertikal dengan menggunakan meteran.

B. Prasyarat

Untuk mengukur sudut vertikal di lapangan dengan meteran, diperlukan kemampuan yang berkaitan dengan pekerjaan ini misalnya :

- Mengenal bagian-bagian meteran
- Membaca skala ukuran meteran

C. Petunjuk Praktik

Kegiatan mengukur sudut vertikal di lapangan dengan meteran dapat dikerjakan secara individual, tetapi sebaiknya dilakukan secara beregu/kelompok, minimal 2 orang. Jika dikerjakan oleh dua orang, dapat menghindarkan terjadinya kesalahan. Sebelum anda melaksanakan praktik ini, ada beberapa hal yang harus dilakukan :

1. Baca dan fahami terlebih dahulu teori tentang pengukuran sudut di lapangan.
2. Sebaiknya dibentuk kelompok terlebih dahulu, minimal 2 orang dan maksimal 5 orang.
3. Untuk mendapatkan pengalaman pada kegiatan praktik ini, masing-masing harus berganti tugas/peran sehingga dapat melakukan macam-macam tugas misalna mengukur jarak dan sudut, memegang jalon dan sebagainya.
4. Lakukan kegiatan praktik dengan baik dan benar

D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Gunakan pakaian praktik
2. Pergunakan alat sesuai dengan fungsinya.
3. Pahami prinsip kerja dan cara pengoperasian alat, sebelum menggunakan.

E. Alat dan Bahan :

1. Alat

- a. Meteran
- b. Pin
- c. Unting-unting

2. Bahan

- a. Alat Tulis
- b. Lahan miring

F. Langkah Kerja

1. Ukur kemiringan lahan yang ditentukan oleh instruktur.
2. Perhatikan penjelasan instruktur yang berkaitan dengan kegiatan praktik.
3. Persiapkan semua peralatan yang diperlukan.
4. Lakukan oleh 2 orang.
5. Setelah berada di tempat praktik, ukur kemiringan lahan menggunakan meteran dengan cara lihat gambar :
 - Seorang memasang titik nol meteran di titik 2.
 - Seorang lagi membawa dan merentangkan rol meteran ke titik 1 atur sedatar mungkin (gunakan nivo kalau ada).
 - Sampai di titik 1, gantungkan unting-unting, baca angka meteran yang tepat di atas titik 1 tersebut sebagai jarak mendatar (dh), dan ukur panjang tali unting-unting dari meteran dalam keadaan mendatar tadi sampai di titik 1, sebagai jarak vertikalnya (dv).
 - Hitung kemiringan lahan = $dv/dh \times 100\%$.

- Lakukan sekurangnya 3 kali.
- 6. Buat laporan hasil pengukuran lengkap dengan informasi langkah kerja yang dilaksanakan berikut sketsa gambar kerja dan datanya.

Lembar Kerja 4

Mengukur sudut dan Jarak dengan Alat Penyipat Datar

A. Tujuan Praktik

Setelah menyelesaikan kegiatan praktik ini, diharapkan anda dapat mengukur sudut dengan menggunakan alat penyipat datar.

B. Prasyarat

Untuk melaksanakan pengukuran sudut di lapangan dengan alat penyipat datar, memerlukan kemampuan yang berkaitan dengan pekerjaan berikut, misalnya:

- Mengenal bagian-bagian alat penyipat datar.
- Dapat memasang dan menyetel alat penyipat datar.
- Dapat mengoperasikan alat penyipat datar.

C. Petunjuk Praktik

Kegiatan mengukur sudut di lapangan dengan alat tidak dapat dikerjakan secara individual, tetapi sebaiknya dilakukan secara beregu/kelompok, minimal 2 orang. Jika akan dikerjakan oleh dua orang dapat menghindarkan terjadinya kesalahan. Sebelum anda melaksanakan praktik ini ada beberapa hal yang dilakukan:

1. Baca dan pahami terlebih dahulu teori tentang pengukuran sudut di lapangan.
2. Membentuk kelompok kerja yang terdiri dari minimal 2 orang dan maksimal 5 orang.
3. Untuk mendapatkan pengalaman pada kegiatan praktik ini, masing-masing harus berganti tugas/peran sehingga dapat melakukan macam-macam tugas misalnya mengukur jarak dan sudut, memegang jalon dan sebagainya.
4. Lakukan kegiatan praktik dengan baik dan benar.

D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Gunakan pakaian praktik
2. Pergunakan alat sesuai dengan fungsinya.
3. Pahami prinsip kerja dan cara pengoperasian alat, sebelum menggunakannya.

E. Alat dan Bahan :

1. Alat

- a. Waterpas
- b. Tripod
- c. Unting-unting
- d. Rambu ukur
- e. Payung

2. Bahan

- a. Alat tulis
- b. Lahan tempat melakukan pengukuran berbentuk segitiga yang sudut-sudutnya ditandai dengan pin

F. Langkah Kerja

1. Lakukan oleh 2 orang dan atur pembagian tugas.
2. Siapkan semua peralatan yang diperlukan.
3. Semua peralatan dibawa ke lapangan.
4. Setelah di tempat pengukuran, pasang alat ukur di atas tripod dan pasang unting-untingnya.
5. Orang kesatu mendirikan alat di titik pertama (P1) dan orang kedua mendirikan rambu ukur di titik kedua (P2).
6. Bidikan alat ke rambu ukur yang telah dipasang di titik sudut kedua (P2), baca dan catat pada catatan lapang bacaan rambu ukur dan bacaan sudutnya.
7. Pindahkan rambu ukur ke titik ketiga (P3).

8. Bidikan alat diarahkan ke rambu ukur yang telah dipasang di titik kedua (P2). Baca dan catat pada catatan lapang bacaan rambu ukur dan bacaan sudutnya.
9. Pindahkan alat pindah ke titik sudut kedua (P2).
10. Dirikan alat dilakukan oleh orang kedua (gantian). Orang kesatu mendirikan rambu ukur, pertama di titik ke tiga (P3) dan orang kedua di titik kesatu (P1).
11. Baca dan catat hasil pengukuran.
12. Selanjutnya alat dipindah lagi ke titik sudut ketiga.
13. Mendirikan alat dilakukan oleh orang kesatu lagi.
14. Orang kedua mendirikan rambu ukur di titik sudut ke satu (P1) dan orang kedua di titik sudut kedua (P2). Baca dan catat hasil pengukuran.
15. Terakhir alat dipindah lagi ke titik sudut kesatu.
16. Mendirikan alat dilakukan oleh orang kedua. Orang kesatu mendirikan rambu ukur di titik ke kedua (P2) dan orang kedua di titik ketiga (P3).
17. Baca dan catat hasil pengukuran.
18. Hitung jarak dan sudut yang diukur.
19. Buat laporan hasil kegiatan praktik anda

Lembar Kerja 5 **Mengukur Jarak dan Sudut dengan Theodolite**

A. Tujuan Praktik

Setelah menyelesaikan kegiatan praktik ini, diharapkan anda dapat mengukur sudut dengan menggunakan Theodolite.

B. Prasyarat

Untuk melaksanakan mengukur sudut di lapangan dengan theodolite, memerlukan kemampuan yang berkaitan dengan beberapa hal berikut ini, misalnya:

- Mengenal bagian-bagian theodolite.
- Memasang dan menyetel theodolite.
- Mengoperasikan theodolite.

C. Petunjuk Praktik

Kegiatan mengukur sudut di lapangan dengan theodolite tidak dapat dikerjakan secara individual, tetapi secara beregu/kelompok, minimal 4 orang. Sebelum Anda melaksanakan kegiatan praktik ini ada beberapa hal berikut ini yang harus dilakukan, antara lain:

1. Baca dan pahami terlebih dahulu teori tentang pengukuran sudut di lapangan.
2. Sebaiknya dibentuk kelompok terlebih dahulu, minimal 4 orang dan maksimal 5 orang.
3. Untuk mendapatkan pengalaman pada kegiatan praktik ini, masing-masing harus berganti tugas/peran sehingga dapat melakukan macam-macam tugas misalnya mengukur jarak dan sudut, memegang jalon dan sebagainya.
4. Lakukan kegiatan praktik dengan baik dan benar

D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Gunakan pakaian praktik.
2. Penggunaan alat sesuai dengan fungsinya.
3. Pahami prinsip kerja dan cara pengoperasian alat, sebelum menggunakan.

E. Alat dan Bahan :

1. Alat
 - a. Theodolite.
 - b. Tripod.
 - c. Unting-unting.
 - d. Rambu ukur.
 - e. Payung.
2. Bahan
 - a. Lahan tempat melakukan pengukuran dicari yang relatif miring, berbentuk segitiga yang sudut-sudutnya ditandai dengan pin.
 - b. Alat tulis menulis

G. Langkah Kerja

1. Lakukan oleh dua orang.
2. Siapkan semua peralatan yang diperlukan.
3. Semua peralatan dibawa ke lapangan.
4. Setelah di tempat pengukuran, pasang alat ukur di atas tripod dan pasang unting-unting.
5. Orang kesatu mendirikan alat di titik kesatu (P1), dan orang kedua mendirikan rambu ukur di titik kedua (P2).
6. Bidikan kesatu alat diarahkan ke rambu ukur yang telah dipasang di titik kedua (P2), baca dan catat pada buku lapangan untuk rambu ukur dan bacaan sudut vertikal dan horizontal.
7. Pindahkan rambu ukur ke titik ketiga (P3).
8. Bidikan kedua alat diarahkan ke rambu ukur yang telah dipasang di titik kedua (P2). Baca dan catat buku catatan lapang bacaan rambu ukur, bacaan sudut vertikal dan horizontal.
9. Pindahkan alat ke titik kedua (P2).
10. Dirikan alat dilakukan oleh orang kedua (gantian).
11. Orang kesatu mendirikan rambu ukur di titik ke tiga (P3) dan orang kedua di titik kesatu (P1).
12. Baca dan catat hasil pengukuran.
13. Selanjutnya alat di pindah lagi ke titik sudut ketiga.
14. Mendirikan alat dilakukan oleh orang kesatu lagi.
15. Orang kedua mendirikan rambu ukur di titik sudut ke satu (P1) dan orang kedua di titik kedua (P2). Baca dan catat hasil pengukuran.
16. Terakhir alat di pindah lagi ke titik kesatu (P1).
17. Mendirikan alat dilakukan oleh orang kedua. Orang kesatu memegang rambu ukur di titik sudut ke kedua (P2) dan orang kedua di titik ketiga (P3).
18. Baca dan catat hasil pengukuran.
19. Hitung jarak dan sudut yang diukur.
20. Buat laporan hasil kegiatan praktik anda lengkap dengan datanya.

Lembar Kerja 6

Pengukuran Beda Tinggi Tempat dengan Selang Plastik

A. Tujuan Praktik

Setelah menyelesaikan kegiatan ini diharapkan anda menentukan beda tinggi antara dua tempat dengan menggunakan selang .

B. Prasyarat

Untuk melaksanakan mengukur beda tinggi di lapangan dengan selang, memerlukan kemampuan yang berkaitan dengan pekerjaan ini misalnya :

- Mengisi selang dengan air tanpa gelembung
- Menguasai cara mengatur permukaan air pada selang

C. Alat dan Bahan

1. Alat
 - a. Slang Plastik
 - b. Patok
 - c. Mistar Ukur
 - d. Pin
2. Bahan
 - 2 Buah pin/patok yang dipasang di lahan berlereng dengan jarak kira-kira 10 x panjang slang.

D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Gunakan pakaian praktik
2. Bekerjalah dengan hati-hati
3. Sebaiknya dilakukan pagi atau sore hari (tidak panas terik dan hujan).

E. Langkah Kerja :

1. Siapkan semua peralatan yang diperlukan.
2. Setelah sampai di lokasi pengukuran, orang kesatu memegang ujung slang dan mistar ukur berdiri di titik awal pengukuran, orang kedua membawa ujung slang lainnya. Mistar ukur dan pin dibawa ke titik pengukuran berikutnya, dan sampai seukuran panjang slang,

dan beda tingginya dengan titik awal dengan titik berikutnya diperkirakan tidak melebihi panjang mistar ukur yang digunakan. Pasang pin pada titik tersebut.

3. Orang pertama mendirikan mistar ukur di titik awal, dan orang kedua mendirikan mistar ukur di dekat pin yang dipasang tadi. Orang kedua mengusahakan agar air di dalam selang terisi penuh tidak ada gelembung udaranya. Kemudian mendekatkan selang ke mistar ukur serta mengatur tinggi permukaan air dalam selang sampai konstan.
4. Bila sudah dicapai berarti garis mendatar telah diperoleh dan seterusnya baca tinggi permukaan air dalam selang di kedua rambu ukur tersebut.
5. Orang pertama pindah ke titik bekas orang kedua dan orang kedua menuju ke titik pengukuran berikutnya dan selanjutnya lakukan pengukuran seperti di atas.
6. Lakukan langkah-langkah di atas sampai di titik akhir pengukuran yang telah ditetapkan oleh Instruktur.
7. Hitung beda tinggi di setiap kali pengukuran = tinggi permukaan air dalam selang di titik satu – tinggi permukaan air dalam selang di titik kedua.
8. Hitung beda tinggi titik awal dan titik akhir dengan menjumlahkan beda-beda tinggi pada setiap kali pengukuran.
9. Buat laporan hasil kegiatan praktik Anda lengkap dengan datanya.

Lembar Kerja 7

Pengukuran Beda Tinggi dengan Menggunakan Penyipat Datar

A. Tujuan Praktik

Setelah menyelesaikan kegiatan praktik ini, diharapkan anda dapat menentukan beda tinggi antara 2 tempat dengan menggunakan alat penyipat datar.

B. Prasyarat

Untuk melaksanakan mengukur beda tinggi di lapangan dengan penyipat datar, memerlukan kemampuan yang berkaitan dengan pekerjaan ini misalnya;

- Memahami bagian-bagian alat penyipat datar.
- Menguasai cara menyetel alat penyipat datar.

C. Petunjuk Praktik

Kegiatan mengukur jarak di lapangan tidak mungkin dapat dikerjakan secara perorangan tetapi dilakukan secara beregu/kelompok, minimal 4 orang. Sebelum anda melaksanakan praktik ini, ada beberapa hal yang perlu dilakukan:

1. Baca dan fahami terlebih dahulu teori tentang pengukuran jarak datar dan jarak miring di lapangan
2. Sebaiknya bentuk kelompok terlebih dahulu, minimal 4 orang dan maksimal 5 orang.
3. Untuk mendapatkan pengalaman pada kegiatan praktik ini, masing-masing harus berganti tugas/peran sehingga dapat melakukan macam-macam tugas misal mengukur jarak, memegang jalon dan sebagainya.
4. Lakukan kegiatan praktik dengan baik dan benar

D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Gunakan pakaian praktik.
2. Pergunakan alat sesuai dengan fungsinya.
3. Pahami prinsip kerja dan cara pengoperasian alat, sebelum menggunakan.

E. Alat dan Bahan

1. Alat
 - a. Alat penyipat datar
 - b. Tripod
 - c. Mistar ukur
 - d. Pin

3. Bahan
 - a. Lahan
 - b. Buku catatan data lapangan

F. Langkah Kerja

1. Siapkan semua peralatan yang diperlukan dan bawa ke lokasi.
2. Setelah sampai di lokasi pengukuran, pasang alat di atas tripod. Orang kesatu mendirikan alat ukur waterpas di titik pertama (P1), ukur tinggi alat dan bidik rambu ukur yang dipasang tegak oleh orang kedua di titik kedua (P2), baca dan catat bacaan rambu yang tepat dengan benang diafragma mendatar.
3. Pindahkan rambu ukur ke titik ketiga (P3). Bidik rambu ukur di titik P3 tersebut, baca dan catat seperti pada pengukuran di titik kedua (P2).
4. Hitung beda tinggi.
5. Bacaan rambu ukur.
 - a. Antara titik 1 dan 2 : $\Delta h = \text{Bacaan titik 2} - \text{tinggi alat}$
 - b. Antara titik 1 dan 3 : $\Delta h = \text{Bacaan titik 3} - \text{tinggi alat}$
 - c. Antara titik 2 dan 3 : $\Delta h = \text{Bacaan titik 3} - \text{Bacaan titik 2}$

Catatan :

Ulangi langkah kerja di atas dengan posisi alat di titik kedua (P2), orang kesatu memegang rambu ukur dan orang kedua mengoperasikan alat.

Lembar Kerja 8 **Pengukuran Beda Tinggi dengan Theodolite**

A. Tujuan Praktik

Setelah menyelesaikan kegiatan praktik ini, diharapkan Anda dapat menentukan beda tinggi antara 2 tempat dengan menggunakan Theodolite.

B. Prasyarat

Untuk melaksanakan mengukur beda tinggi di lapangan dengan theodolite, memerlukan kemampuan yang berkaitan dengan pekerjaan ini misalnya:

- Memahami bagian-bagian theodolit.

- Menguasai cara menyetel alat theodolit.

C. Petunjuk Praktik

Kegiatan mengukur jarak di lapangan dengan theodolite tidak mungkin dapat dikerjakan secara individual, tetapi dilakukan secara beregu/kelompok, minimal 4 orang. Oleh karena itu maka sebelum anda melaksanakan praktik ini ada beberapa hal yang dilakukan :

1. Baca dan cermati terlebih dahulu teori tentang pengukuran beda tinggi
2. Sebaiknya membentuk kelompok terlebih dahulu, minimal 4 orang dan maksimal 5 orang.
3. Untuk mendapatkan pengalaman pada kegiatan praktik ini, masing-masing harus berganti tugas/peran sehingga dapat melakukan macam-macam tugas misal mengukur jarak, memegang jalon dan sebagainya.
4. Lakukan kegiatan praktik dengan baik dan benar

D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Gunakan pakaian praktik
2. Pergunakan alat sesuai dengan fungsinya.
3. Pahami prinsip kerja dan cara pengoperasian alat, sebelum menggunakan.

E. Alat dan Bahan

1. Alat

- Teodolit
- Kaki tiga
- Mistar ukur
- Patok
- Meteran
- Paku payung

2. Bahan

- Lahan
- Tali rapia
- Buku catatan data lapangan

F. Langkah Kerja

1. Siapkan semua peralatan yang akan digunakan, dan bawa ke lokasi pengukuran.
2. Setelah sampai di lokasi pengukuran, pasang alat di atas tripod. Orang pertama mendirikan theodolite di titik O.
3. Setel datar theodolite sehingga siap untuk pengukuran.
4. Ukur tinggi theodolite dan catat datanya
5. Tetapkan dua titik yang akan diukur beda tingginya, misalnya T_1 dan T_2 .
6. Orang ke dua mendirikan rambu ukur di titik T_1 .
7. Arahkan bidikan teropong theodolite ke rambu ukur yang dipasang tegak oleh orang kedua di titik T_1 . Usahakan agar pembacaan tali tengah sama dengan tinggi alat dan catat datanya. Jika tidak memungkinkan bidik angka berapa saja tetapi harus dicata BA, BT dan BB, dan sudut vertikal.
8. Pindahkan rambu ukur pindah ke titik T_2 .
9. Arahkan bidikan teropong theodolit ke T_2 , lakukan hal yang sama seperti langkah kerja 8.
10. Hitung beda tinggi
11. Bacaan rambu ukur.
 - Antara titik 1 dan 2 : $\Delta h = \text{Bacaan benang tengah } T_1 - \text{Bacaan benang tengah } T_2$
 - Antara T_1 dan Alat : $\Delta h = \text{Bacaan benang tengah } T_1 - \text{tinggi alat}$
 - Antara T_2 dan alat: $\Delta h = \text{Bacaan benang tengah } T_2 - \text{Tinggi alat}$

Catatan :

Jika bacaan benang tengah tidak sama dengan tinggi alat, maka beda tinggi antara titik bidikan dan alat dihitung dengan rumus berikut :

Beda tinggi (Δh)

$$\Delta h = 100 \cdot (BA - BB) \times \frac{1}{2} \times \sin 2\alpha + (Ta - BT)$$

Dimana :

BA = Bacaan benang atas

BB = Bacaan benang bawah

A= Sudut miring alat = 90° - bacaan sudut vertikal

Ta = Tinggi alat

BT = Bacaan benang tengah

Lembar Kerja 9

Pengukuran Beda Tinggi Memanjang dengan Penyipat Datar

A. Tujuan Praktik

Setelah menyelesaikan kegiatan praktik ini, diharapkan Anda dapat menentukan beda tinggi memanjang antara 2 tempat dengan menggunakan penyipat datar.

B. Prasyarat

Untuk melaksanakan kegiatan pengukuran beda tinggi memanjang di lapangan dengan alat penyipat datar memerlukan kemampuan yang berkaitan dengan pekerjaan ini misalnya:

- Mengenali bagian-bagian alat penyipat datar.
- Menguasai cara menyetel alat penyipat datar.

C. Petunjuk Praktik

Kegiatan mengukur jarak di lapangan dengan alat penyipat datar tidak mungkin dapat dikerjakan secara individual, tetapi dilakukan secara beregu/kelompok, minimal 4 orang. Sebelum melaksanakan praktik ini ada beberapa hal yang dilakukan :

1. Baca dan fahami terlebih dahulu teori tentang pengukuran beda tinggi.
2. Bentuk kelompok terlebih dahulu, minimal 4 orang dan maksimal 5 orang.
3. Untuk mendapatkan pengalaman pada kegiatan praktik ini, masing-masing harus berganti tugas/peran sehingga dapat melakukan macam-macam tugas misal mengukur jarak, memegang jalon dan sebagainya.
4. Lakukan kegiatan praktik dengan baik dan benar.

D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

- Gunakan pakaian praktik
- Pergunakan alat sesuai dengan fungsinya.

- Pahami prinsip kerja dan cara pengoperasian alat, sebelum menggunakannya.

E. Alat dan Bahan

1. Alat

- Alat penyipat datar
- Tripod
- Mistar ukur
- Patok
- Meteran
- Paku payung

2. Bahan

- Lahan
- Tali rapia
- Buku Catatan data lapangan

F. Langkah Kerja

1. Siapkan semua peralatan yang akan digunakan
2. Bawa semua peralatan ke lapangan yang ditetapkan sebagai tempat pengukuran.
3. Tetapkan dua titik yang cukup jauh perbedaan tingginya dan tandai dengan patok P1 dan P2.
4. Bagi jarak antara titik P1 dan P2 menjadi beberapa segmen dengan jarak antar segmen 25 – 50 meter atau tergantung kondisi lapangan, misalnya TP1, TP2, ..., TPn, dan P2.
5. Dirikan alat penyipat datar pada TP1, setel alat penyipat datar sehingga siap untuk membidik sasaran. Ukur ketinggian alat penyipat datar.
6. Dirikan rambu ukur di titik P1, arahkan teropong penyipat datar ke rambu ukur, bidik rambu ukur dan baca (BA, BT dan BB) dengan bidikan belakang dan catat hasil pengukuran.
7. Pindahkan rambu ukur ke titik TP2, arahkan teropong ke TP2 dan bidik rambu ukur dan baca (BA, BT dan BB) dengan bidikan depan, catat datanya dalam lembar data.

8. Pindahkan alat penyipat datar ke TP2 dan setel datar, sehingga siap untuk membidik sasaran. Ukur ketinggian alat.
9. Tempatkan rambu ukur di titik TP1, arahkan teropong ke TP1, bidik rambu ukur di titik TP1 dan baca (BA, BT dan BB) dengan bidikan belakang, dan catat data dalam lembar data.
10. Pindahkan rambu ukur ke titik TP3, arahkan teropong ke TP3 dan bidik rambu ukur, baca (BA, BT dan BB) dengan bacaan depan. Catat datanya dalam lembar datar.
11. Ulangi langkah kerja 9 – 11, hingga bidikan akhir P2 dengan bacaan depan.
12. Kemasi semua peralatan yang digunakan dan bersihkan. Selanjutnya kembalikan peralatan pada tempatnya.
13. Olah data hasil pengukuran dan buat laporan hasil pengukuran praktik anda.

Tabel 5. Data Pengukuran Beda Tinggi Memanjang dengan Alat Penyipat Datar

Titik Alat	Titik Bidikan	Bacaan Rambu						Jarak	Beda Tinggi	Ketinggian
		Bacaan Belakang			Bacaan Depan					
		BA	BT	BB	BA	BT	BB			

Lembar Kerja 10

Pengukuran Beda Tinggi Memanjang dengan Theodolite

A. Tujuan Praktik

Setelah menyelesaikan kegiatan praktik ini, diharapkan anda dapat menentukan beda tinggi memanjang antara 2 tempat dengan menggunakan theodolite.

B. Prasyarat

Untuk mengukur beda tinggi memanjang di lapangan dengan theodolite memerlukan kemampuan yang berkaitan dengan pekerjaan ini misalnya:

- Memahami bagian-bagian theodolite
- Menguasai cara menyetel theodolite
- Membaca hasil bidikan theodolite.

C. Petunjuk Praktik

Kegiatan mengukur jarak di lapangan dengan theodolite tidak mungkin dapat dikerjakan secara individual, tetapi dilakukan secara beregu/kelompok, minimal 4 orang. Sebelum melaksanakan praktik ini ada beberapa hal yang perlu dilakukan:

1. Baca dan fahami terlebih dahulu teori tentang pengukuran beda tinggi
2. Bentuk kelompok terlebih dahulu, minimal 4 orang dan maksimal 5 orang;
3. Untuk mendapatkan pengalaman pada kegiatan praktik ini, masing-masing harus berganti tugas/peran sehingga dapat melakukan macam-macam tugas misalnya mengukur jarak, memegang jalon dan lain sebagainya.
4. Lakukan kegiatan praktik dengan baik dan benar

D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Gunakan pakaian praktik
2. Penggunaan alat sesuai dengan fungsinya.

3. Fahami prinsip kerja dan cara pengoperasian alat, sebelum menggunakan.

E. Alat dan Bahan

1. Alat

- Theodolit
- Tripod
- Mistar ukur
- Patok
- Meteran
- Paku payung

2. Bahan

- Lahan
- Tali rapia
- Buku catatan data lapangan

F. Langkah Kerja

1. Siapkan semua peralatan yang akan digunakan.
2. Bawa semua peralatan ke lapangan yang ditetapkan sebagai tempat pengukuran.
3. Tetapkan dua titik yang cukup jauh beda tingginya dan tandai dengan patok P_1 dan P_2 .
4. Bagi jarak antara titik P_1 dan P_2 menjadi beberapa segmen dengan jarak antar segmen 25 – 50 meter atau tergantung kondisi lapangan, misalnya TP_1 , TP_2 , ..., TP_n , dan P_2 .
5. Dirikan theodolite pada TP_1 , setel datar sehingga siap untuk membidik sasaran. Ukur ketinggian theodolite.
6. Dirikan rambu ukur di titik P_1 , arahkan teropong teodolit ke rambu ukur, bidik rambu ukur dan baca (BA, BT, BB, sudut vertikal dan horizontal) dengan bidikan belakang dan catat hata hasil pengukuran.

7. Pindahkan rambu ukur ke titik TP₂, arahkan teropong ke TP₂ dan bidik rambu ukur dan baca (BA, BT, BB, sudut vertikal dan horizontal) dengan bidikan depan, catat datanya dalam lembar data.
8. Pindahkan theodolite ke TP₂ dan setel datar, sehingga siap untuk membidik sasaran. Ukur ketinggian alat.
9. Tempatkan rambu ukur di titik TP₁, arahkan teropong ke TP₁, bidik rambu ukur di titik TP₁ dan baca (BA, BT, BB, sudut vertikal dan horizontal) dengan bidikan belakang, dan catat datanya dalam lembar data.
10. Pindahkan rambu ukur ke titik TP₃, arahkan teropong ke TP₃ dan bidik rambu ukur, baca (BA, BT, BB, sudut vertikal dan horizontal) dengan bacaan depan. Catat datanya dalam lembar data.
11. Ulangi langkah kerja 9 – 11, hingga bidikan akhir P₂ dengan bacaan depan.
12. Kemas semua peralatan yang digunakan dan bersihkan. Selanjutnya kembalikan peralatan pada tempatnya.
13. Olah data hasil pengukuran dan buat laporan hasil kegiatan praktik anda.

Tabel 6. Pengolahan Data Pengukuran praktik n Beda Tinggi Memanjang dengan Teodolit

Posisi Alat	Titik Bidikan	Bacaan Rambu Ukur						Bacaan Sudut		Jarak		Beda Tinggi	Perbedaan an
		Bacaan Belakang			Bacaan Depan								
		BA	BT	BB	BA	BT	BB	V	H	Datar	Miring		

macam tugas misalnya mengukur jarak, memegang jalon dan sebagainya.

4. Lakukan kegiatan praktik dengan baik dan benar.

D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

- Gunakan pakaian praktik
- Pergunakan alat sesuai dengan fungsinya.
- Fahami prinsip kerja dan cara pengoperasian alat, sebelum menggunakan nya.

E. Alat dan Bahan

1. Alat

- Meteran
- Mistar ukur
- Patok
- Paku payung
- Kalkulator scientific atau kompute (excell)

2. Bahan

- Lahan
- Tali rapia
- Buku catatan data lapangan

F. Langkah Kerja

1. Siapkan semua peralatan yang akan digunakan.
2. Bawa semua peralatan ke lapangan yang ditetapkan sebagai tempat pengukuran.
3. Tandai lahan yang akan diukur dengan menggunakan patok, P1, P2, ... Pn, sehingga membentuk poligon.
4. Gambarkan sketsa kedudukan patok-patok tersebut dalam buku catatan.
5. Ukur masing-masing jarak antar patok dan masukkan datanya ke dalam gambar sketsa.
6. Jika semua titik-titik patok sudah diukur, kemas dan bersihkan peralatan yang digunakan dan kembalikan ke tempatnya

7. Gambarkan titik-titik yang diukur dalam kertas grafik atau kertas gambar dengan menggunakan skala tertentu.
8. Letakkan ukuran jarak masing-masing titik sesuai dengan skala.
9. Hubungkan masing-masing titik yang diukur sehingga terbentuk beberapa segi tiga, dan beri kode masing-masing segitiga tersebut, misal segitiga I, II, ..., n.
10. Hitung luas masing-masing segitiga tersebut dengan menggunakan rumus segitiga sembarang.
11. Hitung luas total masing-masing segitiga untuk mengetahui luas lahan secara keseluruhan.
12. Buat laporan hasil kegiatan praktik anda dan presentasikan didepan kelas

Lembar Kerja 12
Pengukuran Luas Lahan Metode Segitiga
dengan Alat Penyipat Datar

A. Tujuan Praktik

Setelah menyelesaikan kegiatan praktik ini, diharapkan anda dapat mengukur luas lahan dengan menggunakan metode segitiga dengan alat penyipat datar.

B. Prasyarat

Untuk melaksanakan kegiatan mengukur luas lahan di lapangan dengan alat penyipat datar memerlukan kemampuan yang berkaitan dengan pekerjaan ini misalnya :

- Memahami cara perhitungan luas segitiga.
- Memahami cara pengoperasian alat penyipat datar.
- Memahami cara mengukur jarak dengan alat penyipat datar.

C. Petunjuk Praktik

Kegiatan mengukur luas di lapangan dengan alat penyipat datar tidak mungkin dapat dikerjakan secara individual, tetapi dilakukan secara

beregu/kelompok, minimal 2 orang oleh karena itu maka sebelum melaksanakan praktik ini ada beberapa hal yang dilakukan :

- Baca dan pahami terlebih dahulu teori tentang luas lahan.
- Bentuk kelompok terlebih dahulu, minimal 4 orang dan maksimal 5 orang.
- Untuk mendapatkan pengalaman pada kegiatan praktik ini, masing-masing harus berganti tugas/peran sehingga dapat melakukan macam-macam tugas misalnya mengukur jarak, memegang jalon dan sebagainya.
- Lakukan kegiatan praktik dengan baik dan benar
-

D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

- Gunakan pakaian praktik
- Pergunakan alat sesuai dengan fungsinya.
- Pahami prinsip kerja dan cara pengoperasian alat, sebelum menggunakan.

E. Alat dan Bahan

1. Alat

- Alat Penyipat datar
- Meteran
- Mistar ukur
- Patok
- Paku payung
- Kalkulator scientific atau komputer (excell)

2. Bahan

- Lahan
- Tali rapia
- Buku catatan data lapangan

F. Langkah Kerja

1. Siapkan semua peralatan yang akan digunakan.

2. Bawa semua peralatan ke lapangan yang ditetapkan sebagai tempat pengukuran.
3. Tandai lahan yang akan diukur dengan menggunakan patok, P_1 , P_2 , ... P_n , sehingga membentuk poligon.
4. Gambarkan sketsa kedudukan patok-patok tersebut dalam buku catatan.
5. Dirikan alat penyipat datar pada titik P_1 , setel datar alat penyipat datar sehingga siap untuk melakukan pengukuran jarak
6. Dirikan rambu ukur pada titik P_2 , bidik rambu ukur untuk membaca bidikan BA, BT dan BB.
7. Masukkan data hasil pengukuran pada titik yang dibidik.
8. Pindahkan rambu ukur pada titik P_3 , bidik rambu ukur untuk membaca BA, BT dan BB, dan masukkan data hasil pengukuran pada titik yang dibidik.
9. Lakukan hal yang sama untuk titik P_4 , P_5 , ..., P_n .
10. Jika semua titik-titik patok sudah diukur, kemasi dan bersihkan peralatan yang digunakan dan kembalikan ke tempatnya.
11. Gambarkan titik-titik yang diukur dalam kertas grafik atau kertas gambar dengan menggunakan skala tertentu.
12. Hitung jarak masing-masing titik yang dibidik dari posisi alat.
13. Letakkan ukuran jarak masing-masing titik sesuai dengan skala.
14. Hubungkan masing-masing titik yang diukur sehingga terbentuk beberapa segi tiga, dan beri kode masing-masing segitiga tersebut, misal segitiga I, II, ..., n.
15. Hitung luas masing-masing segitiga tersebut dengan menggunakan rumus segitiga sembarang.
16. Hitung luas total masing-masing segitiga untuk mengetahui luas lahan secara keseluruhan.
17. Buat laporan hasil kegiatan praktik anda dan presentasikan didepan kelas
- 18.

Lembar Kerja 13

Pengukuran Luas Lahan Tidak beraturan dengan Metode Trapesium dengan Meteran

A. Tujuan Praktik

Setelah menyelesaikan kegiatan praktik ini, diharapkan anda dapat mengukur luas lahan dengan menggunakan metode Trapesium dengan meteran.

B. Prasyarat

Untuk melaksanakan kegiatan mengukur luas lahan di lapangan dengan metode trapesium dengan meteran datar memerlukan kemampuan yang berkaitan dengan pekerjaan ini misalnya :

- Memahami cara perhitungan luas trapesium
- Memahami cara mengukur jarak dengan meteran

C. Petunjuk Praktik

Kegiatan mengukur luas di lapangan dengan metode trapesium pada daerah yang beraturan dengan meteran tidak mungkin dapat dikerjakan secara individual, tetapi dilakukan secara beregu/kelompok, minimal 4 orang oleh karena itu maka sebelum melaksanakan praktik ini ada beberapa hal yang dilakukan :

- Baca dan pahami terlebih dahulu teori tentang luas lahan.
- Bentuk kelompok terlebih dahulu, minimal 4 orang dan maksimal 5 orang.
- Untuk mendapatkan pengalaman pada kegiatan praktik ini, masing-masing harus berganti tugas/peran sehingga dapat melakukan macam-macam tugas misal mengukur jarak, memegang jalon dan sebagainya.
- Lakukan kegiatan praktik dengan baik dan benar.

D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Gunakan pakaian praktik
2. Pergunakan alat sesuai dengan fungsinya.

3. Fahami prinsip kerja dan cara pengoperasian alat, sebelum menggunakannya.

E. Alat dan Bahan

1. Alat

- Meteran
- Mistar ukur
- Busur derajat kayu
- Patok
- Paku payung
- Kalkulator scientific atau kompute (excell)

2. Bahan

- Lahan
- Tali rapia
- Buku catatan data lapangan

F. Langkah Kerja

1. Siapkan semua peralatan yang akan digunakan.
2. Bawa semua peralatan ke lapangan yang ditetapkan sebagai tempat pengukuran. Usahakan lahan yang akan diukur posisinya datar dan bebas dari semak-semak sehingga tidak menghalangi pengukuran.
3. Lakukan peninjauan lapangan untuk mengetahui batas-batas daerah yang akan diukur luasnya dan tandai lahan yang akan diukur dengan menggunakan patok $P_1, P_2, \dots P_n$.
4. Gambarkan sketsa kedudukan patok-patok tersebut dalam buku catatan.
5. Buatlah garis ukur yang memotong daerah yang akan diukur sehingga masing-masing patok dengan garis ukur membentuk bangun trapesium, dan posisi garis masing-masing patok ke garis ukur membentuk garis tegak.
6. Ukur jarak masing-masing patok ($P_1, P_2, \dots P_n$) ke garis ukur dan masukkan datanya pada gambar sketsa.

7. Jika semua titik-titik patok sudah diukur, kemasi dan bersihkan peralatan yang digunakan dan kembalikan ke tempatnya
8. Gambarkan titik-titik yang diukur dalam kertas grafik atau kertas gambar dengan menggunakan skala tertentu. Dan letakkan ukuran jarak masing-masing patok ke garis ukur.
9. Beri kode masing-masing trapesium yang terbentuk, misalnya trapesium 1, 2, 3, ... n.
10. Hitung luas masing-masing bagian trapesium dengan menggunakan rumus trapesium.
11. Hitung luas total luas lahan yang diukur dengan menjumlahkan masing-masing luas trapesium.

Lembar Kerja 14

Pengukuran Luas Lahan dengan Metode Koordinat

A. Tujuan Praktik

Setelah menyelesaikan kegiatan praktik ini, diharapkan anda dapat mengukur luas lahan dengan menggunakan metode koordinat.

B. Prasyarat

Untuk melaksanakan kegiatan mengukur luas lahan di lapangan dengan metode koordinat memerlukan kemampuan yang berkaitan dengan pekerjaan ini misalnya :

- Memahami cara perhitungan luas dengan metode koordinat.
- Memahami cara menggambarkan kedudukan titik dalam koordinat kartesius.
- Memahami cara menentukan koordinat suatu titik.

C. Petunjuk Praktik

Kegiatan mengukur luas di lapangan dengan metode koordinat tidak mungkin dapat dikerjakan secara individual, tetapi dilakukan secara beregu/kelompok, minimal 4 orang. Sebelum melaksanakan praktik ini ada beberapa hal yang dilakukan:

- Baca dan pahami terlebih dahulu teori tentang luas lahan

- Sebaiknya dibentuk kelompok terlebih dahulu, minimal 2 orang dan maksimal 5 orang;
- Untuk mendapatkan pengalaman pada kegiatan praktik ini, masing-masing harus berganti tugas/peran sehingga dapat melakukan macam-macam tugas misalnya mengukur jarak, memegang jalon dan sebagainya.
- Lakukan kegiatan praktik dengan baik dan benar

D. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

- Gunakan pakaian praktik
- Pergunakan alat sesuai dengan fungsinya.
- Pahami prinsip kerja dan cara pengoperasian alat, sebelum menggunakan.

E. Alat dan Bahan

1. Alat

- Meteran
- Mistar ukur
- Busur derajat kayu
- Rambu ukur
- Patok
- Paku payung
- Kalkulator scientific atau komputasi (excell)

2. Bahan

- Lahan
- Tali rapia
- Buku Catatan data lapangan

F. Langkah Kerja

1. Siapkan semua peralatan yang akan digunakan.

2. Bawa semua peralatan ke lapangan yang ditetapkan sebagai tempat pengukuran. Usahakan lahan yang akan diukur posisinya datar dan bebas dari semak-semak sehingga tidak menghalangi pengukuran.
3. Lakukan peninjauan lapangan untuk mengetahui batas-batas daerah yang akan diukur luasnya dan tandai lahan yang akan diukur dengan menggunakan patok, $P_1, P_2, \dots P_n$.
4. Gambarkan sketsa kedudukan patok-patok tersebut dalam buku catatan.
5. Buat garis ukur diluar lahan yang akan diukur dalam bentuk salib sumbu (garis ukur sumbu X dan Sumbu Y) dengan menggunakan tali rafia.
6. Taris garis tegak lurus dari patok P_1 ke garis sumbu X dan sumbu Y dengan bantuan busur derajat kayu.
7. Ukur panjang jaraknya dari patok P_1 ke sumbu X dan Y dan tuliskan sebagai koordinat $P_1 (x_1, y_1)$.
8. Lakukan langkah kerja 7 dan 8 untuk masing-masing titik $P_2, P_3, \dots, P_n$.
9. Hitung luas lahan dengan menggunakan metode koordinat.
10. Buat laporan hasil kegiatan praktik anda dan presentasikan didepan kelas.

E. Latihan/ Kasus /Tugas

Lembar Tugas

1. Apa yang dimaksud dengan pengukuran menyipat datar ?
2. Sebutkan cara atau teknik mengukur menyipat datar dan jelaskan apa kelebihan dan kekurangannya !
3. Jelaskan mengapa dalam pengukuran menyipat datar, kondisi alat harus dalam posisi datar atau harus di setel datar !
4. Sebutkan dan gambarkan cara penempatan alat dalam pengukuran beda tinggi !
5. Jelaskan langkah-langkah mengukur beda tinggi dengan menggunakan teodolit !

F. Rangkuman

Pengukuran lahan pertanian merupakan suatu kompetensi dasar yang harus dimiliki oleh seorang guru pengampu mata pelajaran pada paket keahlian teknik tanah dan air. Kompetensi ini merupakan kompetensi terapan dari matematika, khususnya geometri dan trigonometri. Untuk memahami konsep pengukuran lahan pertanian, seseorang harus menguasai konsep tentang bentuk-bentuk bidang datar, seperti segitiga, persegi, persegi panjang, jajaran genjang, lingkaran dan bentuk-bentuk lainnya. Demikian juga, harus menguasai sinus, kosinus, sudut rangkap dan sebagainya.

Hasil pengukuran lahan, selanjutnya diwujudkan dalam bentuk gambar berupa peta. Peta yang dibuat harus memberikan makna, karena berdasarkan peta tersebut kegiatan-kegiatan perencanaan pengembangan pertanian akan dilakukan.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah mempelajari kegiatan pembelajaran 1 tentang pengukuran lahan pertanian jawablah beberapa pertanyaan berikut ini, sebagai bahan perbaikan modul dimasa yang akan datang :

1. Bagaimana menurut Anda tentang naskah yang ada dalam modul ini, apakah secara keilmuan telah memenuhi persyaratan.
2. Jika belum memenuhi persyaratan, hal-hal apa sajakah yang harus ditambahkan?
3. Bagaimana penyajian materi pada modul ini ? Bagian yang harus diperbaiki?

H. Kunci Jawaban

1. Pengukuran menyipat datar adalah teknik pengukuran yang dilakukan dengan menerapkan prinsip kedataran.
2. Cara pengukuran menyipat datar adalah cara pengukuran dengan menggunakan sifat kedataran, misalnya dengan menggunakan sifat-sifat air. Karena sifat air jika berada ditempatkan pada suatu tempat sifat

permukaannya datar, sehingga jika dua permukaan air diukur atau dua tempat diukur dengan menggunakan sifat kedataran permukaan air, maka perbedaan tinggi tempat keduanya dapat ditentukan dengan tepat.

Kelebihan pengukuran menyipat datar adalah akan menghasilkan data pengukuran yang benar dan valid.

Kekurangannya adalah proses pengukuran membutuhkan waktu dan keterampilan, terutama untuk pengukuran di lahan atau lapangan yang pasti posisinya tidak datar.

3. Dalam pengukuran menyipat datar, kondisi alat harus dalam posisi datar atau harus di setel datar, karena untuk menghindari kesalahan yang disebabkan oleh alat pengukuran.
4. Sebutkan dan gambarkan cara penempatan alat dalam pengukuran beda tinggi !
5. Jelaskan langkah-langkah mengukur beda tinggi dengan menggunakan teodolit !

Kegiatan Pembelajaran 2 : Menggambar Peta Lahan Pertanian

A. Tujuan Pembelajaran

Secara umum tujuan pembelajaran pada konsep dasar menggambar peta lahan pertanian adalah agar peserta diklat dapat:

1. Memahami arti pembuatan peta lahan
2. Memahami unsur-unsur peta lahan
3. Mengidentifikasi peralatan menggambar peta lahan
4. Menggunakan peralatan menggambar peta lahan
5. Mengevaluasi peta lahan

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menentukan jenis-jenis peta lahan.
2. Mengukur kerangka horizontal dan vertikal peta dan titik detail.
3. Mengolah data hasil pengukuran.
4. Menggambar peta lahan pertanian.
5. Mengkoreksi peta lahan pertanian.

C. Uraian Materi

Menggambar Peta Lahan Pertanian

1. Menentukan jenis-jenis peta lahan

Pengertian Peta

Peta merupakan sarana penting yang harus dimiliki oleh setiap wilayah atau dalam hal ini perusahaan bidang perkebunan untuk memungkinkan pelaksanaan tertib penyelenggaraan administrasi dengan baik yang mencakup luas areal, (Blok, Afdeling, Estate, dan lain sebagainya). Disamping itu peta juga mampu menunjukkan posisi dan letak suatu bangunan, kondisinya atau biasa yang disebut dengan tata guna lahan. Pada kegiatan pembelajaran 1 ini, konsep menggambar peta lahan pertanian difokuskan pada penggambaran lahan pertanian dalam skala kecil, yaitu dengan areal pertanian dengan luas lahan

yang terbatas. Hal ini mengingat jumlah waktu yang tersedia bagi siswa yang terbatas, sehingga materi yang dapat diberikan hanya pembuatan peta sederhana.

Peta dan Kegunaannya

Peta adalah visualisasi hasil pengukuran dan penggambaran berbagai hal yang berkaitan dengan permukaan bumi yang dilaksanakan secara langsung maupun tidak langsung. Peta dapat memberikan gambaran tentang berbagai hal, seperti kondisi permukaan lahan, tata guna lahan, kondisi geologis dan sebagainya. Peta yang sering kita lihat dan jumpai baik di toko buku, di kantor-kantor, sekolah dan sebagainya umumnya penampilannya cukup menarik. Jika dilihat kebelakang, keberadaan peta pada zaman dahulu tidaklah sebaik saat ini dari segi penampilan, hal ini karena keterbatasan peralatan maupun perlengkapan yang ada pada saat itu. Akan tetapi tentang bentuk dan ketelitiannya apakah sejelek yang diperkirakan? Jawabannya sangat relatif, artinya bergantung pada peta zaman sekarang yang akan dibandingkan dengan peta pada zaman dahulu, karena dapat saja peta saat ini dibuat asal jadi, lalu dihiasi dengan warna-warni agar terlihat menarik tetapi ketelitian geometris maupun koordinatnya sangat kecil.

Dengan adanya ketersediaan peta, selanjutnya proses perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan fisik dalam pengembangan bidang pertanian dapat dilakukan dengan baik. Peta yang beredar di masyarakat cukup banyak ragamnya, tetapi belum tentu peta yang didapatkan sesuai dengan apa yang diinginkan. Misalnya saja pengguna peta ingin merencanakan suatu tempat untuk rencana pengembangan usaha pertanian, maka sebagai dasar pengembangannya adalah kondisi tata guna lahan yang ada saat ini. Berdasarkan kondisi tata guna lahan tersebut, maka perencanaan pengembangan dapat dilakukan dengan baik.

Untuk keperluan tersebut didapatkan peta topografi dengan skala 1:50.000. Pertanyaannya apakah dengan peta tersebut sudah cukup?. Ataukah masih membutuhkan peta lain yang lebih sesuai, dalam arti lebih besar skalanya, lebih banyak dan detail tampilan obyek-obyeknya dan sebagainya.

Peta merupakan sumber informasi, sehingga dengan adanya peta seharusnya orang menjadi mengerti atau lebih mengerti dari sebelum mendapatkan peta. Tetapi jika dengan keberadaan peta tersebut malah membuat orang menjadi tidak mengerti dan bingung, maka peta tersebut dapat dikatakan peta kurang baik, karena kurang komunikatif, kurang teliti, kurang penjelasan dan sejenisnya.

Kegunaan peta secara umum dikelompokkan menjadi 4 (empat) bagian utama yaitu (1) memperlihatkan posisi (baik posisi horisontal maupun posisi vertikal dari suatu tempat), (2) memperlihatkan ukuran, (3) memperlihatkan bentuk dan (4) menghimpun dan menyeleksi objek.

Dengan bantuan peta perencanaan peletakan bangunan-bangunan pertanian seperti jalan, tata guna lahan, saluran irigasi dan drainase, gudang penampung hasil, tempat perencanaan peletakan/garasi mesin-mesin pertanian dan lain-lain dapat dengan mudah dilaksanakan. Dalam aplikasi, berdasarkan perencanaan yang dilakukan sebelumnya, kemudian dilakukan pematokan (*staking out*) yaitu merealisasikan gambar di peta di lapangan.

Penggolongan Peta

Secara garis besar, penggolongan peta dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu berdasarkan (1) sifat, (2) jenis dan (3) dimensi atau ukuran.

Sifat

Berdasarkan sifatnya, peta dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) bagian yaitu: (1) Peta topografi, (2) peta tematik. Peta topografi dimaksudkan sebagai gambaran yang merupakan sebagian atau seluruh permukaan bumi yang digambar pada bidang datar dengan cara dan skala tertentu yang mencakup unsur-unsur alam saja, unsur buatan manusia saja atau keduanya. Contoh unsur-unsur alam adalah gunung, sungai, danau, laut, vegetasi dan sebagainya, sedangkan contoh unsur-unsur buatan manusia adalah rumah, jembatan, jalan, gardu listrik, gudang dan sebagainya.

Peta tematik adalah peta yang memuat atau menonjolkan tema (unsur) tertentu. Walaupun temanya tertentu, tetapi sering peta tersebut membutuhkan

letak ketinggian tempat atau kontur yang merupakan unsur peta topografi. Oleh karena itu terkadang dalam peta tematik masih ada beberapa unsur pada peta topografi yang ikut pada lembar peta tersebut.

Contoh peta tematik:

- 1) peta jaringan (jaringan pipa air irigasi, peta jaringan jalan pertanian, jaringan telekomunikasi, jaringan listrik, jaringan irigasi dan lain-lain).
- 2) peta letak ketinggian (kontur).
- 3) peta tata guna lahan (*land use*) seperti sawah, hutan, kebun, lading.
- 4) Peta penyebaran penduduk.
- 5) Peta batas administrasi, dan lain-lain .

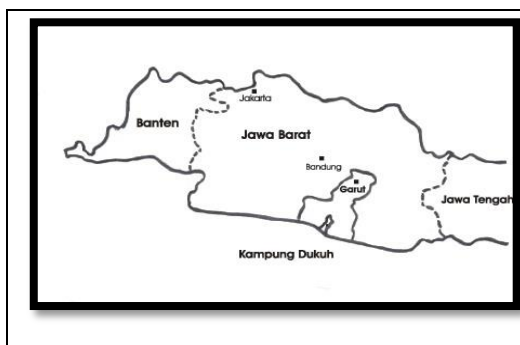
Jenis Peta

Berdasarkan jenisnya, peta dapat digolongkan menjadi 2 (dua) bagian yaitu : (1) peta garis (2) peta foto. Peta garis didapat dari survei lapangan yaitu pengukuran di lapangan yang selanjutnya dihitung dan kemudian disajikan dalam bentuk plotting pada kertas, kalkir ataupun pada drafting film. Ada juga peta garis yang didapat dari foto udara yang diproses dengan cara mengeplotkan hasil foto tersebut sedemikian rupa sehingga tergambar menjadi peta garis.

Dimensi peta

Secara umum peta dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu:

1. Peta dua dimensi, yaitu peta yang menggambarkan suatu daerah tanpa memperhatikan bentuk- bentuk topografi lahan.
2. Peta tiga dimensi yaitu peta yang menggambarkan wilayah beserta topografi lahan.



Gambar 100. Peta dua dimensi



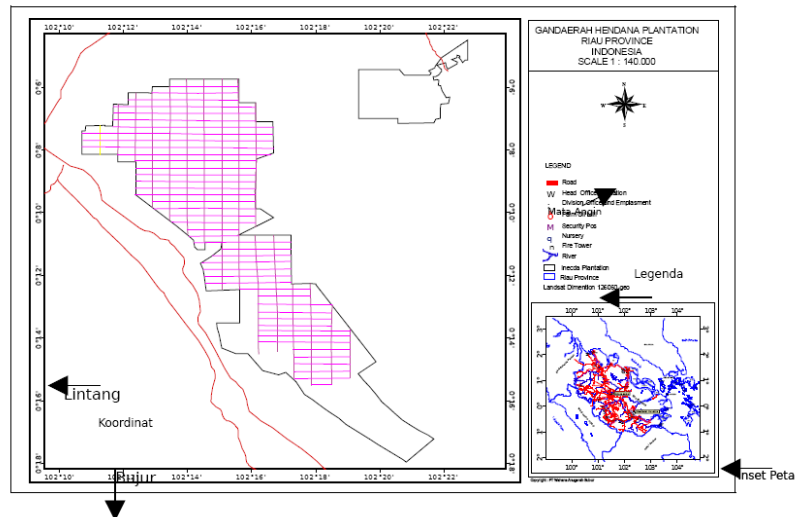
Gambar 101. Peta tiga dimensi

Persyaratan peta

Sebuah peta harus memberikan gambaran yang jelas tentang informasi yang dibutuhkan sesuai dengan tingkat kebutuhan pengguna. Secara umum sebuah peta memuat legenda (keterangan simbol dan warna), garis lintang dan bujur yang disebut juga garis astronomi. Garis astronomi ini adalah garis khayal atau abstrak pada globe atau peta yang digunakan untuk mencari letak suatu tempat di muka bumi yang terdiri dari garis lintang (*paralel*) dan garis bujur (*meridian*).

- 1) Garis lintang (*paralel*) adalah garis abstrak yang melintang melingkari permukaan bumi dan membagi bumi menjadi dua bagian yaitu Utara dan Selatan. Garis Lintang 0° disebut juga garis khatulistiwa atau equator. Jarak dari garis lintang equator/khatulistiwa ke kutub utara dinyatakan dengan 0°-90° LU (*lintang utara*) dan jarak dari khatulistiwa ke kutub selatan dinyatakan dengan dari 0°-90° LS (*lintang selatan*).
- 2) Garis bujur, adalah garis abstrak yang membujur dari kutub utara sampai ke kutub selatan yang menunjukkan pembagian daerah waktu. Garis bujur utama adalah 0° disebut juga garis meridian utama yang melalui kota Greenwich (Inggris). Jarak dari garis bujur 0° ke arah timur sejauh 180° BT (0-180 BT bujur timur) dan ke arah barat demikian juga sejauh 180° (0-180 BB bujur barat). Garis bujur utama ditetapkan sebagai tanda waktu utama internasional (GMT/ Greenwich Mean Time).
- 3) Legenda adalah keterangan yang menunjukkan suatu tempat, waktu dan sebagainya dengan menggunakan simbol-simbol tertentu yang umum serta garis-garis yang membedakan batas dan satuan warna warna untuk membedakan ketinggian dan kedalaman tempat.
- 4) Mata angin, adalah penunjuk arah atau orientasi yang menunjukkan empat arah utama yakni Utara, Selatan, Timur dan Barat, serta 12 arah lainnya.
- 5) Skala peta adalah perbandingan antara jarak di peta dengan jarak yang sebenarnya di permukaan bumi atau di lapangan, skala biasanya dinyatakan dengan angka atau garis, misalnya 1:100.000 ini berarti 1 cm di peta menunjukkan jarak 100.000 cm atau 1 km di lapangan atau di permukaan bumi (setiap 1 cm di peta di bagi 100.000 untuk setiap km)

- 6) Inset peta adalah bagian dari peta yang digambarkan berupa peta kecil secara khusus untuk membandingkan atau menggambarkan letak peta utama dalam peta (lingkungan sekitarnya, misalnya kabupaten terhadap propinsi, areal kebun terhadap kabupaten atau propinsi).



Gambar 102. Contoh gambaran sebuah peta

Peralatan pembuatan peta

Peralatan yang perlu dipersiapkan dalam pembuatan peta adalah (1) pensil gambar, (2) penggaris panjang, busur derajat, (3) kertas buffalo, (4) kompas bidik, (6) meja gambar, (7) rapido, (8) meja gambar, dan lain-lain.

Pinsil Gambar

Pensil adalah alat gambar yang paling banyak dipakai untuk latihan menggambar atau membuat gambar peta. Pensil gambar terdiri dari batang pensil dan isi pensil. Berdasarkan bentuknya ada dua jenis pensil gambar, yaitu :

(1) Pensil Batang.

Pensil jenis ini, antara isi dan batangnya menyatu. Untuk menggunakan pensil ini harus diraut terlebih dahulu. Habisnya isi pensil bersamaan dengan habisnya batang pensil. Gambar pensil batang dapat dilihat pada gambar 101.

(2) Pensil mekanik.

Pensil mekanik adalah jenis pensil dimana antara batang dan isi pensil terpisah. Jika isi pensil habis dapat diisi ulang. Batang pensil tetap tidak bisa

habis. Pensil mekanik memiliki ukuran berdasarkan diameter mata pensil, misalnya 0.3 mm, 0.5 mm dan 1.0 mm. Gambar pensil mekanik dapat dilihat pada gambar 101.



Gambar 103 Pinsil gambar

Berdasarkan kekerasan isi pensil, pensil dapat dikelompokkan menjadi pensil keras, sedang dan lunak. Untuk mendapatkan garis dengan ketebalan yang merata dari ujung ke ujung, maka kedudukan pensil sewaktu menarik garis harus dimiringkan $\pm 60^\circ$ dan selama menarik garis sambil diputar dengan telunjuk dan ibu jari.

Tabel 5. Kekerasan pinsil

Keras	4H 5H 6H 7H 8H —————→	Keterangan: H : keras B : hitam HB: keras-hitam F : agak keras
Sedang	3H 2H H F HB B —————→	
Lunak	2B 3B 4B 6B 7B —————→	

Rapido

Rapido adalah alat untuk menggambar garis dan huruf pada peta. Penggunaan rapido untuk menggambar peta dengan tinta dianggap lebih praktis dari pada dengan trekpen. Ukuran rapido dibedakan berdasarkan ketebalan garis yang dihasilkan mata rapido. Ada yang berukuran 0.1, 0,2 dan seterusnya.



Gambar 104. Rapido

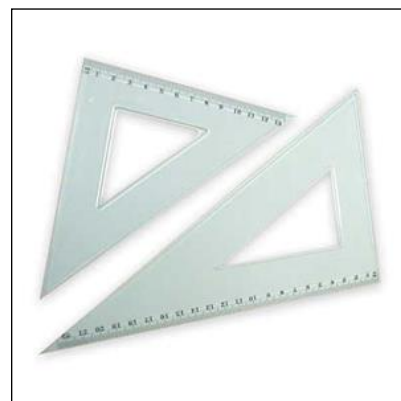
Penggaris

Jenis penggaris yang sering digunakan untuk menggambar teknik adalah penggaris T dan penggaris segitiga.

- Penggaris T. Penggaris T terdiri dari dua bagian, bagian mistar panjang dan bagian kepala berupa mistar pendek tanpa ukuran yang bertemu membentuk sudut 90.
- Penggaris Segitiga. Penggaris segitiga terdiri dari satu penggaris segitiga bersudut 45, 90, 45 dan satu buah penggaris bersudut 30, 90 dan 60. Sepasang penggaris segitiga ini digunakan untuk membuat garis-garis sejajar, sudut-sudut istimewa dan garis yang saling tegak lurus.



Gambar 105. Penggaris T



Gambar 106. Penggaris Segitiga

Jangka

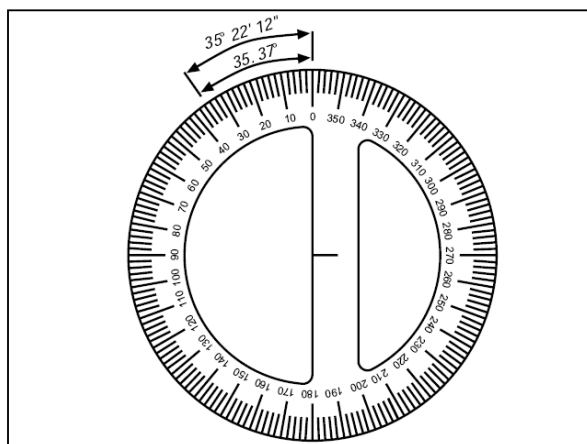
Jangka adalah alat gambar yang digunakan untuk membuat lingkaran dengan cara menancapkan salah satu ujung batang pada kertas gambar sebagai pusat lingkaran dan yang lain berfungsi sebagai pensil untuk meng-gambar garis lingkaran, lihat Gambar 105.



Gambar 107. Jangka

Busur Derajat

Busur derajat adalah alat yang digunakan untuk menggambarkan sudut. Bentuk busur derajat terdiri dari dua jenis, yaitu tipe 180° dan 360° . Untuk kegiatan penggambaran peta, sebaiknya menggunakan busur derajat tipe 360 derajat, karena penggunaanya lebih mudah dan efisien.



Gambar 108. Busur derajat 360°

Penghapus dan alat pelindungnya

Penghapus adalah alat yang digunakan untuk menghapus kesalahan pada gambar. Ada dua jenis penghapus, yaitu penghapus lunak dan penghapus keras. Penghapus lunak untuk menghapus gambar dari pensil dan penghapus keras untuk menghapus gambar dari tinta. Agar gambar yang akan dihapus tepat dan tidak menghilangkan gambar yang lain, maka digunakan plat pelindung penghapus seperti Gambar 107.



Gambar 109. Penghapus dan pelindungnya

Kertas gambar dengan standar ukurannya

Ada beberapa macam kertas gambar yang digunakan sesuai dengan tujuan gambar yaitu:

- Kertas gambar untuk tata letak. Untuk gambar tata letak dengan pensil dipergunakan kertas gambar putih biasa, kertas sketsa atau kertas milimeter.
- Kertas gambar untuk gambar asli. Gambar asli digambar pada kertas kalkir, karena gambar cetak biru (blueprint) atau cetak kontak dibuat langsung dari gambar tersebut. Kualitas kertas yang baik adalah tahan lama, tahan lembab, mudah untuk menggambar pensil atau tinta dan mudah dicetak kembali.
- Film gambar dipergunakan untuk gambar yang teliti, dapat disimpan untuk jangka waktu yang lama dan tidak boleh memuai maupun menyusut.

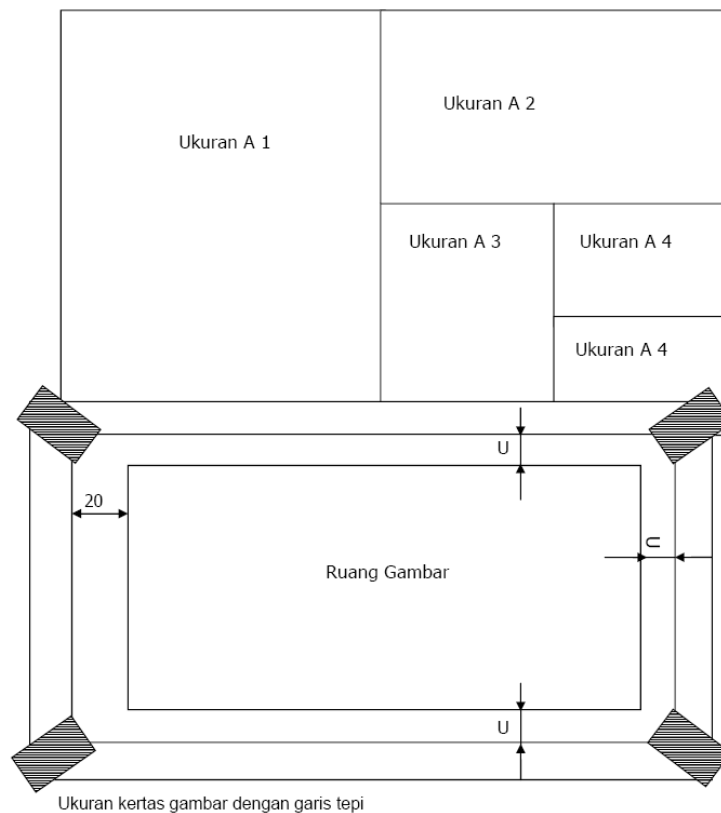
Kertas gambar mempunyai ukuran panjang dan lebar yang sudah terstandar. Sesuai dengan sistem ISO (International Standardization for Organization), dan

NNI (Nederland Normalisatie Instituut). Ukuran kertas gambar ditentukan sesuai dengan klasifikasinya, yaitu ukuran A₀, A₁, A₂ dan seterusnya, lihat Tabel 6.

Tabel 7. Ukuran kertas gambar

Ukuran	Ukuran		Sisi Kiri	C (<i>Constant</i>)
	Lebar	Panjang		
A 0	841 mm	1189 mm	20 mm	10 mm
A 1	594 mm	841 mm	20 mm	10 mm
A 2	420 mm	594 mm	20 mm	10 mm
A 3	297 mm	420 mm	20 mm	10 mm
A 4	210 mm	297 mm	20 mm	5 mm
A 5	148 mm	210 mm	20 mm	5 mm

Kertas gambar Ukuran A 0



Gambar 110. Ukuran kertas gambar

Huruf C (Constan) pada Tabel 6 adalah ukuran tepi bawah, tepi atas dan tepi kanan, sedangkan tepi kiri untuk setiap ukuran kertas gambar ditetapkan 20 mm, hal ini dimaksudkan agar gambar-gambar yang akan dijilid tidak terganggu gambarnya.

Dari ukuran kertas pada tabel maka untuk mendapatkan ukuran kertas A₁ didapat dari A₀ dibagi dua, ukuran kertas A₂ didapat dari A₁ dibagi dua, ukuran kertas A₃ didapat dari A₂ dibagi dua dan ukuran kertas A₄ didapat dari A₃ dibagi dua.

Sablon huruf dan Angka

Dalam menggambar teknik, huruf dari angka dipergunakan untuk memberi ukuran, catatan, judul dan sebagainya pada peta yang dibuat. Syarat yang perlu diperhatikan pada huruf dan angka adalah harus mudah dibaca, mudah ditulis, jelas dan seragam. Dalam ISO 3098/1 – 1974 diberikan contoh huruf miring dan huruf tegak.



Gambar 111. Sablon Huruf

Penulisan huruf dan angka miring, dasar ukuran diambil dari tinggi h dari huruf besar. Daerah standar tinggi huruf adalah sebagai berikut, 2.5, 3.5, 5.7, 14 dan 20 mm. Angka perbandingan tinggi dan lebar huruf diambil dari perbandingan ukuran kertas yang distandar yaitu 2 mm.

Tinggi H (tinggi huruf besar) dan c (tinggi huruf kecil) tidak boleh kurang dari 2.5 mm. Jika terdapat gabungan antara huruf besar dan kecil, dengan huruf kecil setinggi 2.5 mm maka h akan menjadi 3.5 mm. Berdasarkan perbandingan tebal huruf dan tinggi huruf, huruf dan angka dibagi menjadi dua tipe yaitu, (1) Tipe huruf A ($d = h/14$) dan (2) Tipe huruf B ($d = h/10$)

Perbandingan yang dianjurkan untuk tinggi huruf kecil, jarak antara huruf, ruang minimum antara garis dasar dan jarak antara kata. Dalam gambar peta

dipergunakan beberapa jenis garis dalam bentuk dan tebal sesuai penggunaannya. Jenis-jenis garis dan penggunaannya dapat dilihat pada Table 7.

Tabel 8. Garis tegak tidak terputus

Jenis garis	Keterangan	Penggunaan
A 	Tebal kontinu	A1. Garis-garis nyata (gambar) A2. Garis-garis tepi
B 	Tipis kontinu. (lurus atau lengkung)	B1. Garis-garis berpotongan khayal (imaginer). B2. Garis-garis ukur. B3. Garis-garis proyeksi/bantu. B4. Garis-garis penunjuk. B5. Garis-garis arsir. B6. Garis-garis nyata dari penampang yang diputar ditempat. B7. Garis sumbu pendek.

Papan dan Meja Gambar

Papan Gambar

Ukuran papan gambar disesuaikan dengan ukuran kertas, misalnya untuk kertas ukuran A0 mempunyai ukuran 1200 mm x 900 mm, kertas ukuran A1 mempunyai ukuran 600 mm x 450 mm. Papan gambar harus mempunyai permukaan yang rata dan tepi yang lurus, agar kepala dari penggaris T dapat digeser. Papan gambar khusus yang dipasang di atas sebuah standar ini disebut juga meja gambar.

Meja Gambar

Mesin gambar adalah sebuah alat yang dapat menggantikan alat-alat gambar lainnya seperti busur derajat, pengganti T, segitiga dan ukuran. Gambar 111 menunjukkan mesin gambar jenis kereta, pada mesin ini pasangan penggaris dan alat putarnya ditempatkan pada sebuah rel vertikal yang penggarisnya dapat digerakkan secara vertikal dan keseluruhannya dapat digerakkan secara horisontal pada kereta horisontal.



Gambar 112. Meja gambar

Teknik Pembuatan Peta

Peta yang baik harus dilengkapi dengan komponen-komponen peta, agar peta mudah dibaca, ditafsirkan dan tidak membingungkan. Komponen-komponen yang harus dipenuhi dalam sebuah peta antara lain, judul peta, skala peta, proyeksi peta, legenda, petunjuk arah, simbol dan warna, sumber peta dan tahun pembuatan peta.

Judul Peta

Pada peta yang pernah Anda lihat, di bagian manakah biasanya judul peta diletakkan? Judul peta memuat isi peta. Dari judul peta Anda dapat segera mengetahui data dan daerah mana yang tergambar dalam peta tersebut.

Contoh:

- Peta penyebaran penduduk di pulau Jawa.
- Peta bentuk muka bumi Asia.
- Peta Indonesia.

Judul peta merupakan komponen yang sangat penting. Biasanya, sebelum pembaca memperhatikan isi peta, pasti terlebih dahulu judul yang dibacanya. Judul peta hendaknya memuat atau mencerminkan informasi yang sesuai dengan isi peta. Selain itu, judul peta jangan sampai menimbulkan penafsiran ganda pada peta. Judul peta biasanya diletakkan di bagian tengah atas peta.

Tetapi judul peta dapat juga diletakkan di bagian lain dari peta, asalkan tidak mengganggu tampilan dari keseluruhan peta.

Peta yang akan digambar harus berdasarkan dari data hasil pengukuran. Dengan data tersebut dilakukan pengolahan untuk mengetahui jarak dan beda tinggi dari titik-titik yang dibidik di lapangan. Untuk menggambarkan peta terlebih dahulu di tentukan skala yang akan dipakai. Berdasarkan skala tersebut akan ditentukan jenis dan ukuran kertas yang akan digunakan, ukuran kertas dapat berupa (A₀, A₁, A₃ dan sebagainya). Pertimbangkan juga simbol, ukuran pena, pensil, rapido yang digunakan dan jenis kertas yang digunakan (kertas, kalkir, drafting film) dan lain-lain.

Skala

Skala peta adalah perbandingan jarak antara dua titik sebarang di peta dengan jarak horizontal kedua titik tersebut di permukaan bumi pada satuan ukuran yang sama. Berikut dipaparkan beberapa cara penyebutan skala peta:

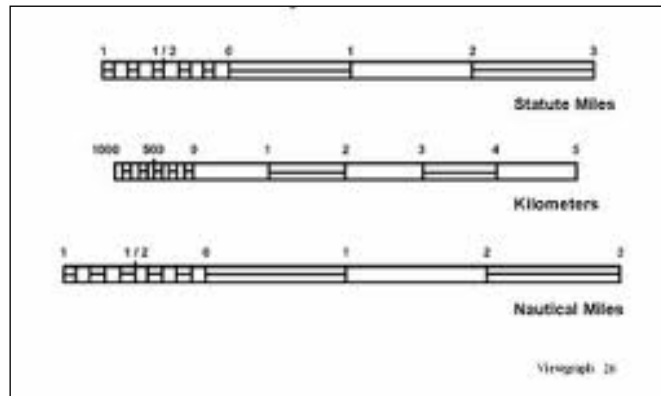
- Skala angka atau pecahan, skala ini dinyatakan dengan angka dan pecahan, contoh : skala angka (*numeric scale*) 1:25.000 atau dengan skala pecahan 1/25.000.
- Skala yang dinyatakan dengan kalimat, yaitu skala ini digunakan oleh beberapa negara misalnya Inggris dan bekas negara jajahan.

Contoh:

1 inci ke satu mil : 1: 63. 660

1 inc ike 2 mil : 1: 126.720.

- Skala grafis yaitu skala yang di-nyatakan dalam bentuk grafis, skala ini menjadi sangat penting karena ketika peta di perbesar atau diperkecil maka skala ini tetap bisa digunakan, sementara skala angka atau kalimat ketika diperbesar atau diperkecil tidak dapat digunakan lagi



Gambar 113. Skala grafis

Pembagian peta berdasarkan skalanya masih belum ada kesepakatan antara ahli. Salah satu pendapat yang membagi peta berdasarkan skalanya, peta tersebut dikelompokkan menjadi 3 yaitu (1) skala besar, (2) skala sedang dan (3) skala kecil.

- **Skala besar.** Peta dikatakan skala besar jika bilangan skalanya kurang dari atau sama dengan 10000 atau skala $1 : \leq 10000$
- **Skala sedang.** Peta dikatakan skala sedang jika bilangan skalanya lebih dari 10000 sampai dengan kurang dari atau sama dengan 100000 atau skalanya antara $1 : 10000 > \text{skala sedang} 1 : 100000$
- **Skala Kecil.** Peta dikatakan skala kecil jika bilangan skalanya lebih besar dari 100000 atau skalanya $< 1 : 100000$

Jika pada suatu peta tidak tercantum skalanya, dapat ditentukan dengan cara mencarinya. Untuk mencari ukuran objek di peta yang tidak berskala, dapat dilakukan dengan membandingkan peta tersebut dengan peta lain yang daerahnya sama dan memiliki skala, dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{d_1}{d_2}$$

dimana:

d_1 = jarak pada peta yang diketahui skalanya

d_2 = jarak pada peta yang dicari skalanya

p_1 = penyebut skala yang diketahui skalanya

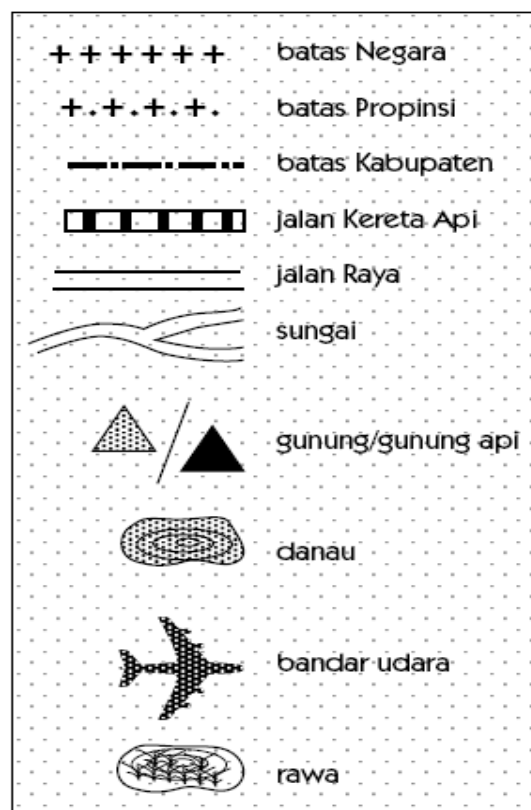
p_2 = penyebut yang akan dicari skalanya

Proyeksi Peta

Untuk menghindari terjadinya kesalahan yang lebih besar, dalam ukuran (luas, jarak) bentuk permukaan bumi pada peta, maka dalam pembuatan peta digunakan proyeksi peta. Proyeksi peta adalah teknik pemindahan bentuk permukaan bumi yang lengkung (bulat) ke bidang datar.

Legenda/Keterangan Peta

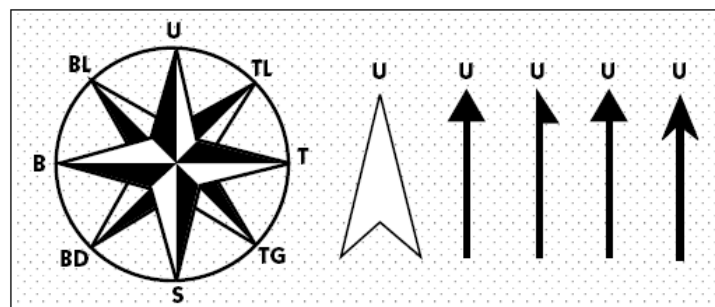
Legenda juga merupakan komponen penting pada peta. Karena peta tanpa legenda sulit untuk dibaca. Jadi agar mudah dibaca dan ditafsirkan, peta harus dilengkapi dengan legenda atau keterangan. Legenda menerangkan arti dari simbol-simbolyang terdapat dalam peta. Legenda biasanya diletakkan di pojok kiri bawah peta. Selain itu legenda peta dapat juga diletakkan pada bagian lain peta, sepanjang tidak mengganggu kenampakan peta secara keseluruhan.



Gambar 114. Contoh legenda peta

Petunjuk Arah Tanda Orientasi

Petunjuk arah juga mempunyai arti penting pada peta dan kegunaannya adalah untuk menunjukkan arah utara, selatan, timur dan barat. Tanda orientasi perlu dicantumkan pada peta untuk menghindari kekeliruan. Petunjuk arah pada peta biasanya berbentuk tanda panah yang menunjuk ke arah utara. Petunjuk ini diletakkan di bagian mana saja dari peta, asalkan tidak mengganggu tampilan peta. *Contoh:* Petunjuk arah/tanda orientasi.



Gambar 115. Petunjuk arah peta

Simbol dan Warna

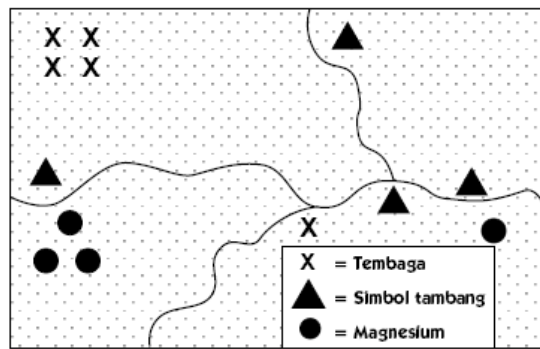
Agar pembuatan peta dapat dilakukan dengan baik, ada dua hal yang perlu mendapat perhatian, yaitu simbol dan warna.

Simbol Peta.

Simbol peta gunanya adalah agar informasi yang disampaikan tidak membingungkan. Simbol pada peta harus memenuhi syarat, sehingga dapat menginformasikan hal-hal yang digambarkan dengan tepat. Syarat-syarat tersebut adalah sederhana, mudah dimengerti dan bersifat umum. Jenis-jenis simbol peta dapat dibedakan menjadi:

1) *Macam-macam simbol peta berdasarkan bentuknya.*

- Simbol titik, digunakan untuk menyajikan tempat atau data posisional, seperti simbol kota, titik triangulasi (titik ketinggian) tempat dari permukaan laut. Contoh: simbol titik.



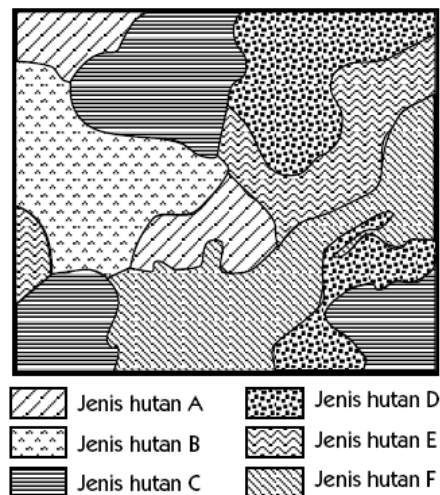
Gambar 116. Contoh simbol titik

- Simbol garis, digunakan untuk menyajikan data geografis seperti simbol sungai, batas wilayah, jalan, dan sebagainya. Contoh: simbol garis dapat dilihat pada Gambar 117.



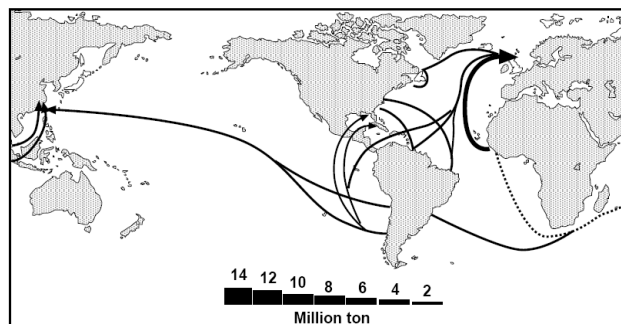
Gambar 117. Simbol garis

- Simbol luasan (area), digunakan untuk menunjukkan kenampakan area seperti, padang pasir, rawa, hutan dan sebagainya. Contoh, simbol luasan (area) dapat dilihat pada Gambar 117.



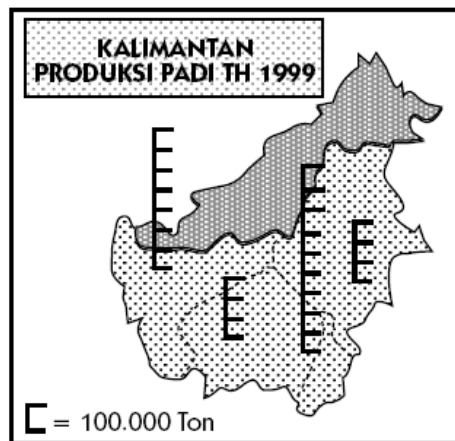
Gambar 118. Simbol luasan area

- Simbol aliran, digunakan untuk menyatakan alur atau gerak. Contoh simbol aliran dapat dilihat pada Gambar 118.



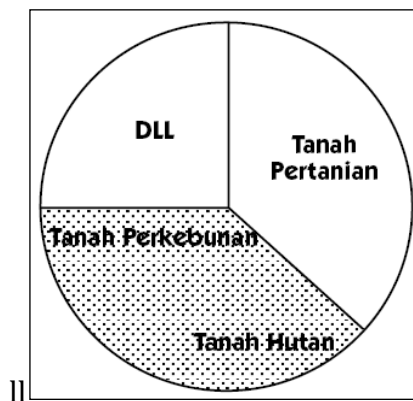
Gambar 119. Simbol aliran

- Simbol batang, digunakan untuk menyatakan suatu harga atau perbandingan dengan harga atau nilai lainnya. Berdasarkan simbol batang yang terdapat pada peta dan harga setiap ruasnya (1 ruas harganya 100.000 ton padi), dapat disimpulkan wilayah (propinsi) yang produksi padinya terbanyak adalah Kalimantan Selatan dan paling sedikit adalah Kalimantan Timur.



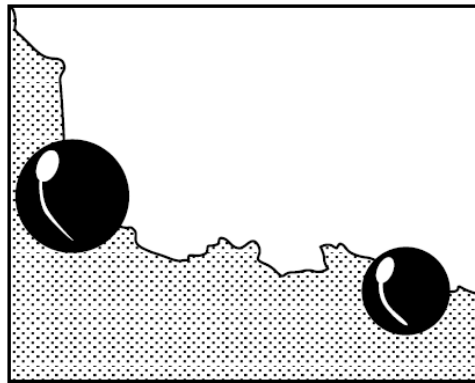
Gambar 120. Simbol batang

- Simbol lingkaran, digunakan untuk menyatakan kuantitas (jumlah) dalam bentuk prosentase. Berdasarkan simbol lingkaran pada Gambar 120 dapat disimpulkan bahwa $\frac{1}{4}$ bagian (25%) tanah digunakan untuk lain-lain (selain pertanian, perkebunan dan hutan). Sedangkan $\frac{3}{8}$ bagian (37,5%) digunakan untuk pertanian, $\frac{3}{8}$ bagian (37,5%) lagi digunakan untuk perkebunan dan kehutanan. Pada simbol lingkaran, luas lingkaran mencerminkan jumlah data.



Gambar 121. Simbol lingkaran

- Simbol bola, digunakan untuk menyatakan isi (volume), makin besar simbol bola menunjukkan isi (volume) makin besar dan sebaliknya makin kecil simbol bola berarti isi (volume) makin kecil. Berdasarkan besarnya simbol bola, wilayah yang simbol bolanya lebih besar menunjukkan jumlah penduduknya lebih banyak.

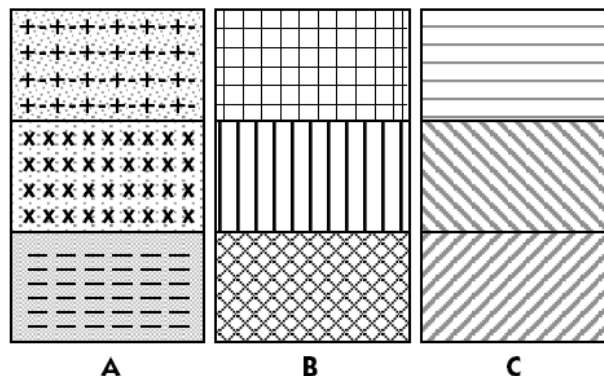


Gambar 122. Simbol bola

2) *Macam-macam simbol peta berdasarkan sifatnya.*

Berdasarkan sifatnya, simbol peta dibedakan menjadi dua macam yaitu: simbol yang bersifat kualitatif dan bersifat kuantitatif.

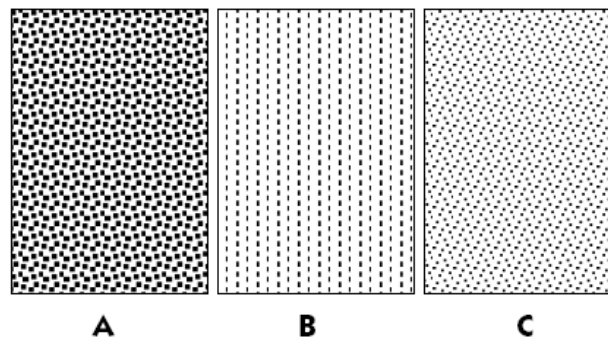
- Simbol yang bersifat kualitatif. Simbol ini digunakan untuk membedakan persebaran benda yang digambarkan. Misalnya untuk menggambarkan daerah penyebaran hutan, jenis tanah, penduduk dan lainnya. Untuk membedakan antara daerah A, B, dan C, digunakan arsir yang berbeda.



Gambar 123. Simbol kualitatif untuk membedakan daerah A, B dan C

Simbol yang bersifat kuantitatif. Simbol ini digunakan untuk membedakan atau menyatakan jumlah. Contoh: simbol yang bersifat kuantitatif. Peta ini menggambarkan tingkat kepadatan penduduk. Makin rapat jarak antara titik menunjukkan daerah tersebut tingkat kepadatan penduduknya makin tinggi. Dapat disimpulkan daerah A memiliki kepadatan penduduk tertinggi dibandingkan dengan daerah B dan C. Simbol yang bersifat kuantitatif antara

lain, simbol titik, batang, lingkaran, bola dan dapat pula dengan perbedaan warna.



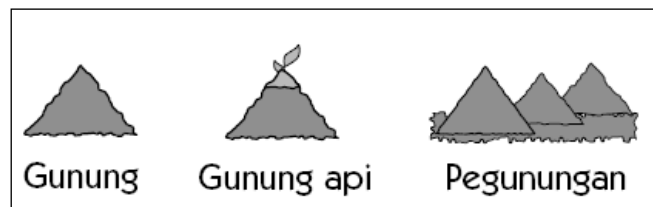
Gambar 124. Simbol kuantitatif yang membedakan kepadatan daerah A, B dan C

3) *Macam-macam simbol berdasarkan fungsinya.*

Penggunaan simbol pada peta tergantung fungsinya, untuk menggambarkan bentuk muka bumi di daratan, di perairan atau bentuk budaya manusia. Berdasarkan fungsinya simbol peta dapat dibedakan menjadi: simbol daratan, simbol perairan dan simbol budaya.

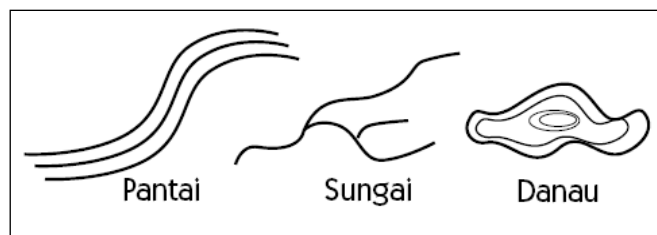
- Simbol daratan, digunakan untuk simbol-simbol permukaan bumi di daratan.

Contoh: gunung, pegunungan, gunung api



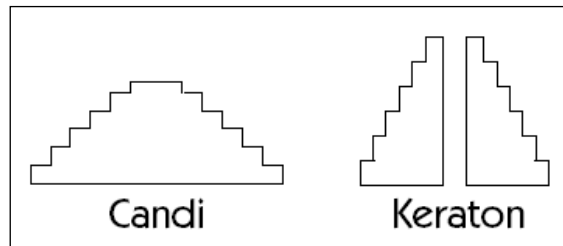
Gambar 125. Simbol daratan

- Simbol perairan, digunakan untuk simbol-simbol bentuk perairan. Contoh: simbol perairan.

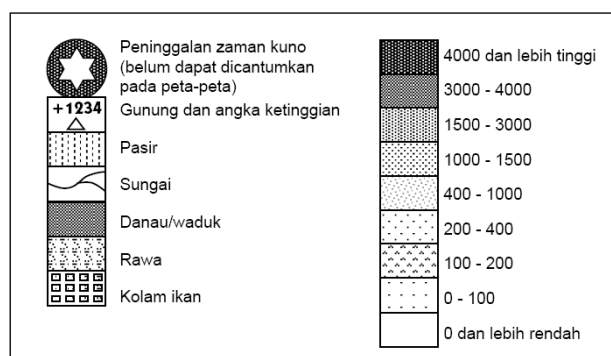


Gambar 126. Simbol perairan

- Simbol budaya, digunakan untuk simbol-simbol, bentuk hasil budaya.
Contoh: simbol budaya.



Gambar 127. Simbol budaya



Gambar 128. Simbol umum yang digunakan dalam peta

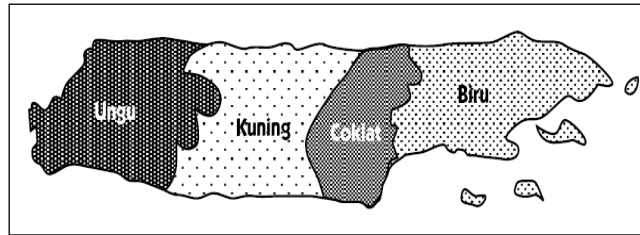
Warna peta

Penggunaan warna pada peta harus sesuai tujuan pembuat peta dan kebiasaan umum.

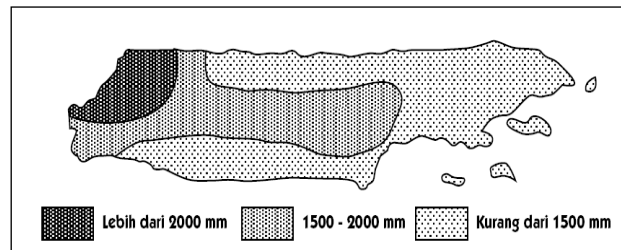
Contoh:

- Laut, danau digunakan warna biru.
- Suhu digunakan warna merah atau coklat.
- Curah hujan digunakan warna biru atau hijau.
- Dataran rendah (pantai) ketinggian 0 sampai 200 meter dari permukaan laut digunakan warna hijau.
- Daerah pegunungan tinggi atau dataran tinggi (2000 sampai 3000 meter) digunakan warna coklat tua.

Berdasarkan sifatnya, dikenal dua macam warna yaitu warna bersifat kualitatif dan bersifat kuantitatif. Di bawah ini contoh warna yang bersifat kualitatif dan bersifat kuantitatif.



Gambar 129. Warna kualitatif



Gambar 130. Warna kuantitatif

Perbedaan warna untuk memperlihatkan perbedaan (gradasi) atau perbedaan besar dan kecil.

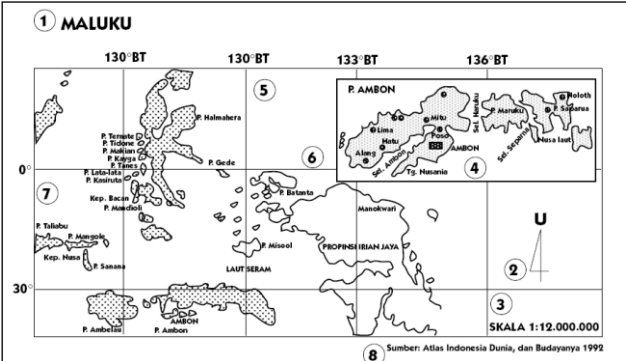
Sumber dan Tahun Pembuatan Peta

Sumber dan tahun pembuatan peta memberi kepastian kepada pembaca peta, bahwa peta tersebut bukan hasil rekaan dan dapat dipercaya. Selain sumber, perhatikan juga tahun pembuatannya. Pembaca peta dapat mengetahui bahwa peta itu masih cocok atau tidak untuk digunakan pada masa sekarang atau sudah kadaluarsa karena sudah terlalu lama. Setelah mempelajari materi modul dengan baik, sekarang pasti anda telah dapat menjawab pertanyaan berikut, yaitu apa saja yang bisa anda lihat pada peta? Dari uraian materi kegiatan 2 dapat disimpulkan bahwa semua yang ada pada peta dinamakan komponen-komponen kelengkapan peta. Pada uraian materi telah disebutkan dan dijelaskan mengenai komponen-komponen peta, tetapi masih ada beberapa komponen lain yang belum disebutkan. Untuk melengkapi, cobalah anda pikirkan komponen-komponen apa lagi yang ada pada peta selain yang tersebut dalam uraian.

Desain dan tata letak peta

Desain peta memegang peranan penting dalam hal menciptakan peta yang menarik. Peta yang indah, menarik, dengan warna-warni yang bagus perlu diperhatikan apakah peta tersebut memang baik secara geometris maupun kartografis. Jika tidak, maka peta tersebut hanya merupakan hiasan saja tanpa memberi arti posisi dan informasi yang benar.

Peta yang baik haruslah mencakup kebenaran dari segi geometris dan kartografis dan ditunjang adanya desain dan penampilan yang menarik. Untuk menghasilkan peta yang semacam ini relatif mahal dari segi biaya. Misalnya dengan adanya kombinasi warna, tentunya akan lebih mahal dibanding dengan peta "hitam-putih".



Gambar 131. Contoh peta Propinsi Maluku

Ada beberapa pertimbangan dalam mendesain peta yang meliputi maksud dan tujuan peta, skala peta, penyajian simbol, proyeksi peta, warna yang digunakan, jenis dan ukuran huruf dan angka serta tata letak informasi tepi. Oleh karena itu banyak sekali peta yang beredar di masyarakat dengan berbagai bentuk, simbol, warna dan lain sebagainya. Hal ini boleh asal sesuai dengan kaidah kartografi yang berlaku yaitu bahwa peta merupakan sumber informasi yang harus dapat membuat jelas bagi penggunaannya, kebenaran geometris dan penyajian yang menarik.

Tata letak informasi peta

Setiap lembar peta yang disebut juga dengan *blad peta*, berisi beberapa informasi yang menerangkan tentang peta itu sendiri serta bagian-bagian atau tata letak dari informasi yang menerangkan isi peta tersebut. Umumnya tata letak informasi pada peta meliputi :

1. Muka peta, yaitu tempat dimana seluruh gambar dipetakan.
2. Informasi batas, berada di daerah batas yang mencakup grid, arah dan tujuan.
3. Informasi tepi, mencakup skala grafis, numeris. Dasar tinggi, arah orientasi, nomor peta, lembar peta, jenis proyeksi, sejarah peta, referensi yang digunakan, sistem satuan yang digunakan.
4. Garis batas dan garis tepi.

Hal - hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan peta lapangan.

- a. *Penentuan skala.* Hal ini berkaitan erat dengan luas lapangan yang akan digambar dan kertas gambar yang akan dipergunakan, sehingga apa yang ada di lapangan dan daerah sekitarnya yang dekat dengan lapangan tersebut dapat tergambar semuanya.
- b. *Penentuan batas dan sudut batas lapangan.* Setelah diketahui batas lapangan maka batas-batas tersebut dibidik dari tengah lapangan dengan kompas bidik atau teodolit untuk diketahui berapa sudut batas lapangan tersebut. Penggambaran peta lapangan harus menghadap ke utara.
- c. *Pengukuran jarak dari pusat ke sudut batas lapangan.* Pengukuran ini dapat dilakukan dengan menggunakan alat bantu meteran atau theodolit agar diketahui dengan pasti jarak antara pusat dengan sudut lapangan dan juga jarak antara sudut yang satu dengan sudut yang lainnya.
- d. *Penggambaran lapangan.* Pada waktu pengukuran di lapangan, sebaiknya dibuat gambar sketnya. Selanjutnya pekerjaan terakhir adalah menggambarkan sket yang telah didapat dari pengukuran-pengukuran tadi ke dalam kertas gambar. Untuk mempermudah pemberian keterangan diberi penomoran pada tiap sudut dan keterangan lainnya.

Membuat dan Membaca Peta

Anda sudah tahu apa itu peta, jenis peta, fungsi peta dan komponen-komponen atau kelengkapan peta. Semuanya sudah Anda pelajari, pernahkah Anda membuat peta?

Membuat Peta

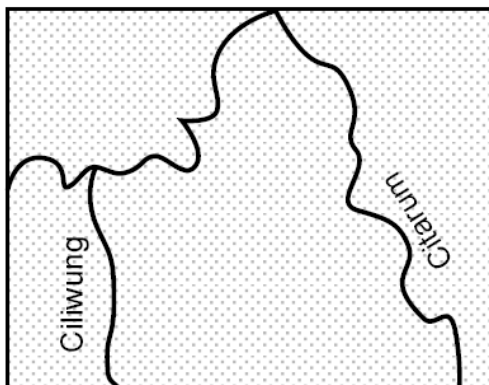
Untuk pembuatan peta, ada beberapa prinsip pokok yang harus diperhatikan. Prinsip-prinsip pokok dalam pembuatan peta adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan daerah yang akan dipetakan.
- 2) Membuat peta dasar (base map) yaitu peta yang belum diberi simbol.
- 3) Mencari dan mengklarifikasikan data sesuai dengan kebutuhan.
- 4) Membuat simbol-simbol yang mewakili data.
- 5) Menempatkan simbol pada peta dasar.
- 6) Membuat legenda (keterangan) peta.
- 7) Melengkapi peta dengan tulisan (lettering) secara baik dan benar.

Tata Cara Penulisan pada Peta

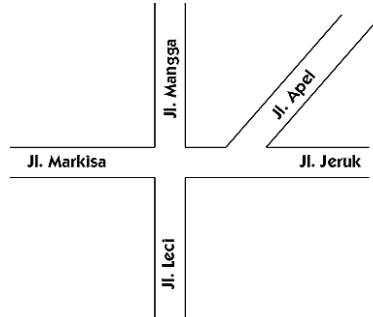
Untuk membuat tulisan (*lettering*) pada peta ada kesepakatan di antara para ahli (kartografer) yaitu sebagai berikut:

- (1) Nama geografi ditulis dengan bahasa dan istilah yang digunakan penduduk setempat. *Contoh:* Sungai ditulis Ci (Jawa Barat), Kreung (Aceh), Air (Sumatera Utara). Nama sungai ditulis searah dengan aliran sungai dan menggunakan huruf miring.



Gambar 132. Contoh penulisan nama geografis

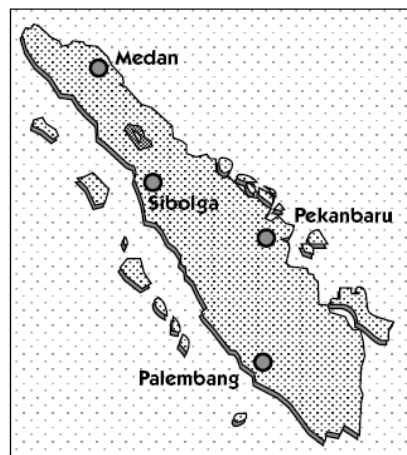
- (2) Nama jalan ditulis harus searah dengan arah jalan tersebut, dan ditulis dengan huruf cetak kecil. Contoh, lihat Gambar 132.



Gambar 133. Contoh penulisan nama jalan

- (3) Nama kota atau tempat ditulis dengan 4 cara yaitu:

- di bawah simbol kota atau tempat
- di atas simbol kota atau tempat
- di sebelah kanan simbol kota atau tempat
- di sebelah kiri simbol kota atau tempat



Gambar 134. Contoh penulisan nama tempat

Membaca Peta

Dalam membaca peta, anda harus memahami dengan baik semua simbol atau informasi yang ada pada peta. Kalau anda dapat membaca peta dengan baik dan benar, maka anda akan memiliki gambaran mengenai keadaan wilayah yang ada dalam peta, walaupun belum pernah melihat atau mengenal lokasi yang

bersangkutan secara langsung. Beberapa hal yang dapat diketahui dalam membaca peta antara lain:

- (1) Isi peta dan tempat yang digambarkan, melalui judul.
- (2) Lokasi daerah, melalui letak garis lintang dan garis bujur.
- (3) Arah, melalui petunjuk arah
- (4) Jarak atau luas suatu tempat di lapangan, melalui skala peta.
- (5) Ketinggian tempat, melalui titik triangulasi atau melalui garis kontur.
- (6) Kemiringan lereng, melalui garis kontur dan jarak antara garis kontur yang berdekatan.
- (7) Sumber daya alam, melalui keterangan (legenda).
- (8) Kenampakan alam, misalnya relief, pegunungan, gunung, lembah, sungai, jaringan lalu lintas, persebaran kota. Kenampakan alam ini dapat diketahui melalui simbol peta dan keterangan peta.

Selanjutnya dalam menafsirkan peta yang dibaca, ada beberapa hal yang dapat disimpulkan yaitu:

- (1) Peta yang banyak gunung, pegunungan, lembah dan sungai menunjukkan bahwa daerah itu berelief kasar.
- (2) Alur-alur yang lurus, menunjukkan bahwa daerah itu tinggi dan miring. Jika alur sungai berbelok-belok menunjukkan daerah itu relatif datar.
- (3) Pola pemukiman penduduk yang memusat dan melingkar, menunjukkan daerah itu kering (sulit air) tetapi di tempat-tempat tertentu terdapat sumber-sumber air.

Dengan membaca peta anda akan dapat mengetahui;

- (1) Jarak lurus antar kota.
- (2) Keadaan alam suatu wilayah berbukit-bukit, sebaliknya suatu daerah sulit dilalui kendaraan, karena daerahnya berawa-rawa.
- (3) Keadaan topografi suatu wilayah, misalnya datar, landai, agak curam, curam.
- (4) Keadaan penduduk suatu wilayah, misalnya kepadatan dan penyebarannya.
- (5) Keadaan sosial budaya penduduk, misalnya mata pencaharian, penyebaran sarana kota dan pemukiman.

3. Pengukuran Kerangka Horizontal, Vertikal dan Titik Detail

Dalam pembuatan peta yang dikenal dengan istilah pemetaan dapat dicapai dengan melakukan pengukuran-pengukuran di atas permukaan bumi yang mempunyai bentuk tidak beraturan. Pengukuran untuk kegiatan pemetaan dapat dikelompokkan menjadi 3 kegiatan, yaitu (1) pengukuran mendatar untuk mendapat hubungan titik-titik yang diukur di atas permukaan bumi yang dikenal dengan pengukuran kerangka dasar horizontal (2) pengukuran tegak untuk mendapatkan hubungan tegak antara titik-titik yang diukur yang biasa dikenal dengan istilah pengukuran kerangka dasar vertikal dan (3) pengukuran titik-titik detail.

Pengukuran kerangka dasar horizontal

Untuk mendapatkan hubungan mendatar titik-titik yang diukur di atas permukaan bumi maka perlu dilakukan pengukuran mendatar yang disebut dengan istilah pengukuran kerangka dasar horizontal. Untuk mendapatkan hubungan mendatar diperlukan data sudut mendatar yang diukur pada skala lingkaran yang letaknya mendatar. Beberapa cara pengukuran kerangka dasar horizontal adalah :

- Metode Poligon
- Metode Triangulasi
- Metode Trilaterasi
- Metode Kuadrilateral
- Metode Pengikatan ke muka
- Metode Pengikatan ke belakang cara Collins dan Cassini

Metode pengukuran poligon

Poligon digunakan apabila titik-titik yang akan dicari koordinatnya terletak memanjang sehingga membentuk segi banyak (poligon). Pengukuran poligon untuk kerangka dasar horizontal yang bertujuan untuk memperoleh koordinat planimetris (X,Y) dari titik-titik yang diukur.

Pengukuran poligon sendiri mengandung arti salah satu metode penentuan titik diantara beberapa metode penentuan titik yang lain. Untuk daerah yang relatif tidak terlalu luas, pengukuran cara poligon merupakan pilihan yang sering digunakan, karena cara tersebut dapat dengan mudah menyesuaikan dengan keadaan daerah/lapangan. Penentuan koordinat titik dengan cara poligon ini membutuhkan, koordinat awal dan koordinat akhir.

Koordinat awal

Bila diinginkan sistem koordinat terhadap suatu sistem tertentu, haruslah dipilih koordinat titik yang sudah diketahui misalnya: titik triangulasi atau titik-titik tertentu yang mempunyai hubungan dengan lokasi yang akan dipatokkan. Bila dipakai sistem koordinat lokal pilih salah satu titik BM kemudian beri harga koordinat tertentu dan titik tersebut dipakai sebagai acuan untuk titik-titik lainnya.

Koordinat akhir

Koordinat titik ini dibutuhkan untuk memenuhi syarat geometri hitungan koordinat dan tentunya harus dipilih titik yang mempunyai sistem koordinat yang sama dengan koordinat awal.

Azimuth awal

Azimuth awal ini mutlak harus diketahui sehubungan dengan arah orientasi dari sistem koordinat yang dihasilkan dan perolehan datanya dapat ditempuh dengan dua cara yaitu:

- Hasil hitungan dari koordinat titik-titik yang telah diketahui dan akan dipakai sebagai titik acuan sistem koordinatnya.
- Hasil pengamatan astronomis (matahari). Pada salah satu titik poligon sehingga didapatkan azimuth ke matahari dari titik yang bersangkutan. Dan selanjutnya dihasilkan azimuth kesalah satu poligon tersebut dengan ditambahkan ukuran sudut mendatar (azimuth matahari).

Data ukuran sudut dan jarak

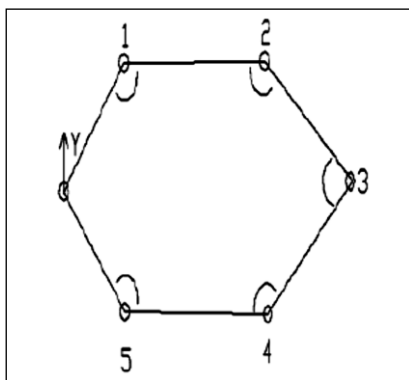
Sudut mendatar pada setiap titik dan jarak antara dua titik kontrol perlu diukur di lapangan. Data ukuran tersebut, harus bebas dari kesalahan sistematis yang terdapat (ada alat ukur) sedangkan kesalahan sistematis dari orang atau pengamat dan alam diusahakan sekecil mungkin, bahkan kalau bisa ditiadakan. Berdasarkan bentuknya, poligon dapat dibagi dalam dua bagian, yaitu:

- poligon tertutup

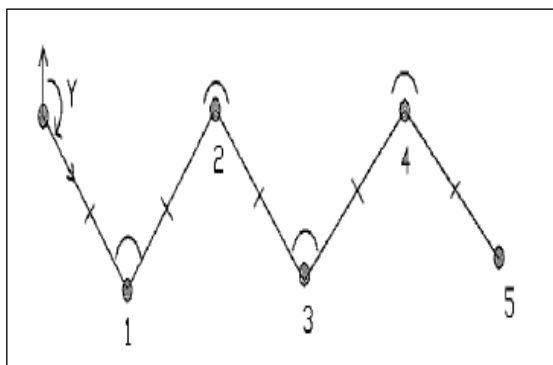
Poligon tertutup adalah bentuk poligon dimana titik awal sama dengan titik akhir. Contoh konkrit adalah pengukuran lahan yang dimiliki oleh seseorang.

- Poligon terbuka

Poligon terbuka adalah bentuk poligon dimana titik awal tidak sama dengan titik akhir. Contoh adalah hasil pengukuran jalan, saluran irigasi.



Gambar 135. Poligon tertutup



Gambar 136. Poligon terbuka

Poligon berdasarkan geometriaknya dapat dibedakan menjadi:

- poligon terikat sempurna
- poligon terikat sebagian
- poligon tidak terikat

Untuk mendapatkan nilai sudut dalam atau sudut luar serta jarak mendatar antara titik-titik poligon, dapat diukur dengan menggunakan alat pengukur jarak yang mempunyai tingkat ketelitian tinggi. Poligon digunakan apabila titik-titik yang akan dicari koordinatnya terletak memanjang sehingga membentuk segi banyak (poligon). Metode poligon merupakan bentuk yang paling baik dilakukan pada bangunan karena memperhitungkan bentuk kelengkungan bumi

yang pada prinsipnya cukup di tinjau dari bentuk fisik di lapangan dan geometriknya.

Cara pengukuran polygon merupakan cara yang umum dilakukan untuk pengukuran kerangka dasar pemetaan pada daerah yang tidak terlalu luas sekitar (20 km x 20 km). Berbagai bentuk poligon mudah dibentuk untuk menyesuaikan dengan kondisi lapangan dan keberadaan titik-titik referensi maupun pemeriksaan tingkat ketelitian sistem koordinat yang diinginkan dan kondisi lapangan pengukuran merupakan faktor-faktor yang menentukan dalam menyusun ketentuan poligon kerangka dasar. Tingkat ketelitian umumnya dikaitkan dengan jenis dan tahapan pekerjaan yang sedang dilakukan. Sistem koordinat dikaitkan dengan keperluan pengukuran pengikatan. Kondisi lapangan pengukuran menentukan bentuk konstruksi pilar atau patok sebagai penanda titik di lapangan dan juga berkaitan dengan jarak selang penempatan titik.

a) Metode pengukuran triangulasi

Triangulasi digunakan apabila daerah pengukuran mempunyai ukuran panjang dan lebar yang sama, maka dibuat jaring-jaring segitiga. Pada cara ini sudut yang diukur adalah sudut dalam tiap-tiap segitiga.

Selain posisi horizontal (XY) dalam sistem proyeksi Mercator, titik-titik triangulasi ini juga dilengkapi dengan informasi posisinya dalam sistem geografis dan ketinggiannya terhadap muka air laut rata rata yang ditentukan dengan cara trigonometris. Triangulasi dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Primer
- b. Sekunder
- c. Tersier

Bentuk geometri triangulasi memiliki tiga buah bentuk geometrik dasar triangulasi, yaitu :

- Rangkaian segitiga sederhana yang cocok untuk pekerjaan dengan orde rendah untuk ini dapat sedapat mungkin diusahakan sisi-sisi segitiga sama panjang.
- Kuadrilateral merupakan bentuk yang terbaik untuk ketelitian tinggi, karena lebih banyak syarat yang dapat dibuat. Kuadrilateral tidak boleh panjang dan sempit.
- Titik pusat terletak antara 2 titik yang terjauh dan sering diperlukan.

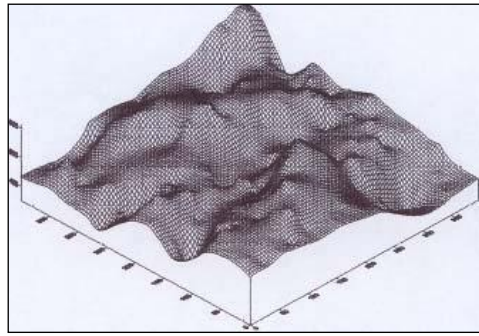
b) Metode pengukuran trilaterasi

Trilaterasi digunakan apabila daerah yang diukur memiliki ukuran salah satunya lebih besar daripada ukuran lainnya, maka dibuat rangkaian segitiga. Pada cara ini sudut yang diukur adalah semua sisi segitiga. Metode trilaterasi yaitu serangkaian segitiga yang seluruh jaraknya diukur di lapangan. Pada jaring segitiga akan selalu diperoleh suatu titik sentral atau titik pusat. Pada titik pusat tersebut terdapat beberapa buah sudut yang jumlahnya sama dengan 360 derajat. Pengukuran dengan cara trilaterasi ada tiga jenis yaitu :

1) Metode pengukuran pengikatan ke muka

Pengikatan ke muka adalah suatu metode pengukuran titik dari dua buah titik di lapangan tempat berdiri alat untuk memperoleh suatu titik lain di lapangan tempat berdiri target (rambu ukur, benang, unting-unting) yang akan diketahui koordinatnya dari titik tersebut. Garis antara kedua titik yang diketahui koordinatnya dinamakan garis absis. Sudut dalam yang dibentuk absis terhadap target di titik B dinamakan *sudut beta*. Sudut beta dan alfa diperoleh dari lapangan.

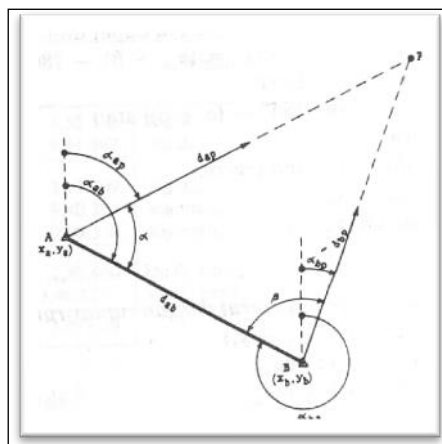
Pada metode ini, pengukuran yang dilakukan hanya pengukuran sudut. Bentuk yang digunakan metoda ini adalah bentuk segi tiga. Akibat dari sudut yang diukur adalah sudut yang dihadapkan titik yang dicari, maka salah satu sisi segitiga tersebut harus diketahui untuk menentukan bentuk dan besar segitiganya.



Gambar 137. Jaring-jaring segitiga tiga dimensi

2) Metode pengukuran *Collins* dan *Cassini*

Metode pengukuran *Collins* dan *Cassini* merupakan salah satu metode dalam pengukuran kerangka dasar horizontal untuk menentukan koordinat titik-titik yang diukur dengan cara mengikat ke belakang pada titik tertentu. Dengan cara ini yang diukur adalah sudut-sudut yang berada di titik yang akan ditentukan koordinatnya. Pada cara mengikat ke belakang ada dua metode hitungan yaitu dengan cara *Collins* dan *Cassini*. Adapun perbedaan pada kedua metode di atas terletak pada cara perhitungannya. Cara *Collins* menggunakan cara perhitungan logaritma, sedangkan pada metode *Cassini* perhitungan dilakukan dengan menggunakan kalkulator. Sebelum alat hitung berkembang dengan baik, seperti masa kini maka perhitungan umumnya dilakukan dengan bantuan daftar logaritma. Metode *Cassini* menggunakan alat hitung karena teori ini muncul pada saat adanya alat hitung yang sudah mulai berkembang.



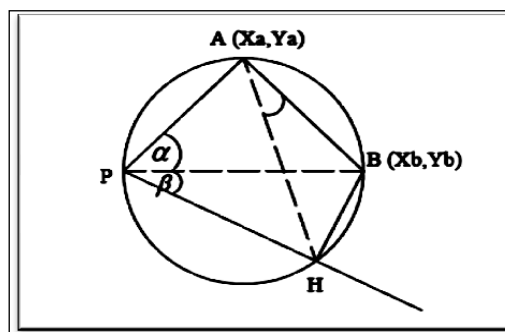
Gambar 138. Cara pengukuran koordinat mengikat ke depan

Pengikatan kebelakang metode *Collins* merupakan model perhitungan yang berfungsi untuk mengetahui letak suatu titik koordinat. Koordinat letak titik diukur melalui koordinat titik lain yang sudah diketahui. Pada pengukuran pengikatan ke belakang metode *Collins*, alat theodolite ditegakkan di atas titik yang ingin atau belum diketahui koordinatnya.

Misalkan titik itu diberi nama titik P. Titik P ini akan diukur melalui titik-titik lain yang koordinatnya sudah diketahui terlebih dahulu. Misalkan titik lainnya itu titik A, B, dan titik C. Pertama titik P diikatkan pada dua buah titik lain yang telah diketahui koordinatnya, yaitu diikat pada titik A dan titik B. Ketiga titik tersebut dihubungkan oleh suatu lingkaran dengan jari-jari tertentu, sehingga titik C berada di luar lingkaran.

Kemudian tariklah titik P terhadap titik C. Dari hasil penarikan garis P terhadap G akan memotong tali busur lingkaran, dan potongannya akan berupa titik hasil dari pertemuan persilangan garis dan tali busur.

Titik itu diberi nama titik H, dimana titik H ini merupakan titik penolong *Collins*. Sehingga dari informasi koordinat titik A, B, dan G serta sudut-sudut yang dibentuknya, maka koordinat titik P akan dapat diketahui.

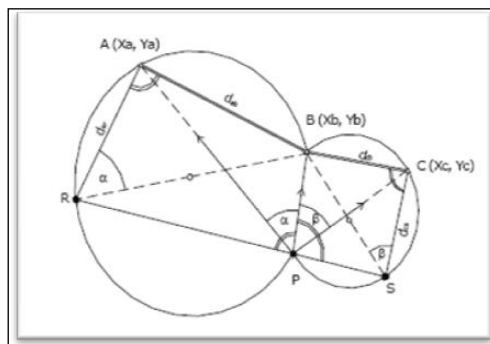


Gambar 139. Pengukuran cara Collins

Keterangan :

1. Titik A, dan B merupakan titik koordinat yang sudah diketahui.
2. Titik P adalah titik yang akan dicari koordinatnya.
3. Titik H adalah titik penolong *Collins* yang dibentuk oleh garis P terhadap C dengan lingkaran yang dibentuk oleh titik-titik A, B, dan P.

Sedangkan metode *Cassini* adalah cara pengikatan ke belakang yang menggunakan mesin hitung atau kalkulator. Pada cara ini theodolit diletakkan diatas titik yang belum diketahui koordinatnya. Pada cara perhitungan *Cassini* memerlukan dua tempat kedudukan untuk menentukan suatu titik yaitu titik P. Lalu titik P diikat pada titik-titik A, B dan C. Kemudian *Cassini* membuat garis yang melalui titik A dan tegak lurus terhadap garis AB serta memotong tempat kedudukan yang melalui A dan B, titik tersebut diberi nama titik R. Sama halnya *Cassini* pula membuat garis lurus yang melalui titik C dan tegak lurus terhadap garis BC serta memotong tempat kedudukan yang melalui B dan C, titik tersebut diberi nama titik S. Sekarang hubungkan R dengan P dan S dengan P. Karena $\angle BAR = 90^\circ$, maka garis BR merupakan garis tengah lingkaran, sehingga $\angle BPR = 90^\circ$. Karena $\angle ABCS = 90^\circ$ maka garis BS merupakan garis tengah lingkaran, sehingga $\angle BPS = 90^\circ$. Maka titik R, P dan S terletak di satu garis lurus. Titik R dan S merupakan titik penolong Cassini. Untuk mencari koordinat titik P, lebih dahulu dicari koordinat-koordinat titik penolong R dan S, supaya dapat dihitung sudut jurusan garis RS, karena $P \in RS$, maka didapatkan sudut jurusan PB, dan kemudian sudut jurusan BP untuk dapat menghitung koordinat titik P sendiri dari koordinat-koordinat titik B.



Gambar 140. Pengukuran cara Cassini

Rumus-rumus yang akan digunakan adalah :

$$x_1 - x_2 = d_{12} * \sin a_{12}$$

$$y_1 - y_2 = d_{12} * \cos a_{12}$$

$$\tan a_{12} = (y_2 - y_1) : (x_2 - x_1)$$

$$\cotg a_{12} = (y_2 - y_1) : (x_2 - x_1)$$

Pengukuran kerangka dasar vertikal

Pengukuran kerangka dasar vertikal merupakan teknik dan cara pengukuran kumpulan titik-titik yang telah diketahui atau ditentukan posisi vertikalnya berupa ketinggiannya terhadap bidang referensi ketinggian tertentu. Bidang ketinggian referensi ini biasanya berupa ketinggian muka air taut rata-rata atau ditentukan secara lokal. Pengukuran kerangka dasar vertikal biasanya menggunakan prinsip sifat datar yang dapat dilakukan dengan cara pengukuran sifat datar optis, pengukuran barometris dan trigonometris. Metode sipat datar prinsipnya adalah mengukur tinggi bidik alat sipat datar optis di lapangan menggunakan rambu ukur. Pengukuran trigonometris prinsipnya adalah mengukur jarak langsung (jarak miring), tinggi alat, tinggi, benang tengah rambu, dan sudut vertikal (zenith atau inklinasi).

Pengukuran barometris pada prinsipnya adalah mengukur beda tekanan atmosfer. Metode sipat datar merupakan metode yang paling teliti dibandingkan dengan metode trigonometris dan barometris. Hal ini dapat dijelaskan dengan menggunakan teori perambatan kesalahan yang dapat diturunkan melalui persamaan matematis diferensial parsial.

Metode Pengukuran barometris

Metoda pengukuran barometris pada prinsipnya adalah mengukur beda tekanan atmosfer. Pengukuran tinggi dengan menggunakan metode barometris dilakukan dengan menggunakan sebuah barometer sebagai alat utama.

Barometer merupakan alat pengukur tekanan udara. Di suatu tempat tertentu tekanan udara sama dengan tekanan udara dengan tebal tertentu pula. Idealnya pencatatan di setiap titik dilakukan dalam kondisi atmosfer yang sama tetapi pengukuran tunggal hampir tidak mungkin dilakukan karena pencatatan tekanan dan suhu udara mengandung kesalahan akibat perubahan kondisi atmosfer. Penentuan beda tinggi dengan cara mengamati tekanan udara di suatu tempat lain yang dijadikan referensi dalam hal ini misalnya elevasi $\pm 0,00$ meter permukaan air laut rata-rata.

$$P = \frac{f}{A} = \frac{m \cdot a}{A} = \rho_{hg} \cdot g \cdot H$$

$$FC = -FC = \frac{M \cdot V^2}{R}$$

Keterangan :

ρ = massa jenis rasa air raksa (hidragirum)

g = gravitasi $\pm 10 \text{ m/s}^2$

h = tinggi suatu titik dari MSL (Mean Sea level)

$$\Delta H_{AB} = P_A - P_B =$$

$$\rho g_a h_a - \rho g_b h_b =$$

$$(h_a - h_b) \rho \cdot \frac{(g_a + g_b)}{2}$$

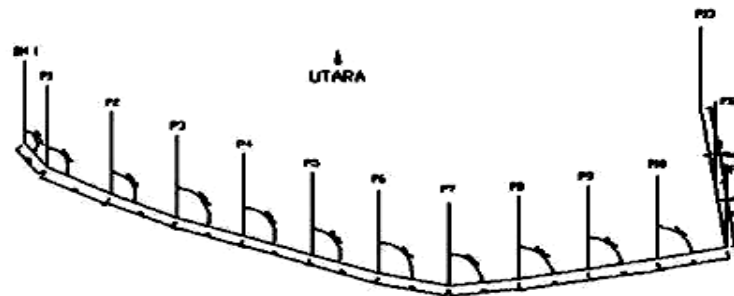
Metode pengukuran trigonometris

Pengukuran kerangka dasar vertikal metode trigonometris pada prinsipnya adalah perolehan beda tinggi melalui jarak langsung teropong terhadap beda tinggi dengan memperhitungkan tinggi alat, sudut vertikal (zenith atau inklinasi) serta tinggi garis bidik yang diwakili oleh benang tengah rambu ukur. Alat theodolite, target dan rambu ukur semua berada diatas titik ikat. Prinsip awal penggunaan alat theodolite sama dengan alat sipat datar yaitu dengan menyetel gelembung nivo terlebih dahulu baru kemudian membaca unsur-unsur pengukuran yang lain.

Jarak langsung dapat diperoleh melalui bacaan optis benang atas dan benang bawah atau menggunakan alat pengukuran jarak. Untuk menentukan beda tinggi dengan cara trigonometris di perlukan alat pengukur sudut (theodolite) yang dapat mengukur sudut tegak. Sudut tegak dibagi dalam dua macam, ialah sudut miring m dan sudut zenith z . Sudut miring m diukur mulai dari posisi mendatar, sedang sudut zenith z diukur mulai dari keadaan tegak lurus yang selalu ke arah zenith alam.

Pengukuran titik-titik detail

Untuk keperluan pengukuran dan pemetaan selain pengukuran kerangka dasar vertikal yang menghasilkan tinggi titik-titik ikat dan pengukuran kerangka dasar horizontal yang menghasilkan koordinat titik-titik ikat, juga perlu dilakukan pengukuran titik-titik detail untuk menghasilkan titik-titik yang tersebar di permukaan bumi yang menggambarkan situasi daerah pengukuran. Dalam pengukuran titik detail prinsipnya adalah menentukan koordinat dan tinggi titik-titik detail dari titik ikat. Metode yang digunakan dalam pengukuran titik-titik detail adalah metode offset dan metode takimetri. Namun metode yang sering digunakan adalah metode takimetri karena metode takimetri ini relatif cepat dan mudah. Karena yang diperoleh dari lapangan adalah pembacaan rambu, sudut horizontal (azimuth magnetis), sudut vertikal (zenith atau inklinasi) dan tinggi alat. Hasil yang diperoleh dari pengukuran takimetri adalah posisi planimetris X, Y dan ketinggian Z. Cara yang paling sering digunakan untuk melakukan pengukuran adalah cara atau metode offset dan takimetri.



Gambar 141. Pengukuran titik detail

(1) Metode pengukuran offset

Metode offset adalah pengukuran titik-titik dengan menggunakan alat-alat sederhana seperti pita ukur, meteran dan yalon. Alat bantu lainnya yang digunakan adalah patok, rantai ukur, unting-unting, penyipat datar tukang kayu, kompas, pen ukur, clinometer.

Cara offset biasa digunakan untuk daerah yang relatif datar dan tidak luas, sehingga kerangka dasar untuk pemetaan juga dibuat dengan cara offset. Peta

yang diperoleh dengan cara offset tidak akan menyajikan informasi ketinggian rupa bumi yang dipetakan.

Cara pengukuran titik detil dengan cara offset ada tiga cara:

- Cara siku-siku (cara garis tegak lurus),
- Cara mengikat (cara interpolasi),
- Cara gabungan keduanya.

(2) Metode pengukuran tachymetri

Metode takimetri adalah pengukuran menggunakan alat-alat optis, elektronis dan digital. Pengukuran detail cara takimetri dimulai dengan penyiapan alat ukur di atas titik ikat dan penempatan rambu di titik bidik. Setelah alat siap untuk pengukuran, dimulai dengan perekaman data di tempat alat berdiri, pembidikan ke rambu ukur, pengamatan azimuth dan pencatatan data di rambu BT, BA, BB serta sudut miring.

Metode takhimetri didasarkan pada prinsip bahwa pada segitiga-segitiga sebangun, sisi yang sepihak adalah sebanding. Kebanyakan pengukuran takimetri adalah dengan garis bidik miring karena adanya keragaman topografi, tetapi perpotongan benang stadia dibaca pada rambu tegak lurus dan jarak miring "direduksi" menjadi jarak horizontal dan jarak vertikal.

Sebuah theodolite dipasang pada suatu titik dan rambu dipegang pada titik tertentu. Dengan benang silang tengah dibidikkan pada rambu ukur sehingga setinggi t sama dengan tinggi theodolite ke tanah. Sudut vertikalnya (sudut kemiringan) terbaca sebesar a . Pada pengukuran dengan takhimetri, tinggi instrumen adalah tinggi garis bidik yang diukur dari titik yang diduduki (bukan TI, tinggi di atas datum seperti dalam sipat datar). Metode takhimetri itu paling bermanfaat dalam penentuan lokasi sejumlah besar detail topografik, baik horizontal maupun vertikal, dengan transit atau planaset. Di wilayah-wilayah perkotaan, pembacaan sudut dan jarak dapat dikerjakan lebih cepat dari pada pencatatan pengukuran dan pembuatan sketsa oleh pencatat.

Takhimetri "diagram" lainnya pada dasarnya bekerja atas prinsip yang sama. Sebuah takhimetri swareduksi memakai sebuah garis horizontal tetap pada sebuah diafragma dan garis horizontal lainnya pada diafragma

keduanya dapat bergerak yang bekerja atas dasar perubahan sudut vertikal. Kebanyakan alidade planset memakai suatu jenis prosedur reduksi takhimetri.

4. Mengolah data hasil pengukuran.

Mengolah Data Pengukuran Menyipat Datar

Pada kegiatan pengukuran lahan, pengukuran jarak harus dilakukan dengan menggunakan alat-alat optis, baik berupa theodolite atau penyipat datar. Pengukuran jarak dengan theodolite dan penyipat datar dilakukan dengan menggunakan teropong, dimana di dalam teropong tersebut pada lensa objektifnya dilengkapi dengan 2 buah benang stadia berupa garis horizontal dan vertikal yang saling berpotongan yang disebut benang stadia untuk pembacaan benang atas, tengah dan bawah.

Untuk mengukur jarak dengan alat optis, maka dipilih dua titik (tempat) yang akan diukur jaraknya, beri tanda dengan patok, misalnya A dan B. Dirikan alat ukur di salah satu titiknya, kemudian disetel datar. Pengukuran jarak dapat dilakukan dengan membaca bacaan benang atas dan benang bawah. Pada pengukuran jarak dengan penyipat datar, jarak yang diukur adalah jarak horizontal, karena posisi teropong pada alat penyipat datar posisinya sudah datar, sedangkan jika pengukuran dengan theodolite, jarak yang terukur biasanya jarak miring, kecuali jika teropong teodolit disetel datar 90° , maka jarak yang terukur adalah jarak datar.



Gambar 142. Pengukuran jarak dengan penyipat datar

Untuk menghitung jarak datar dengan menggunakan alat penyipat datar, maka perhitungan jarak datar adalah :

$$\text{Jarak datar} = (BA - BB) \times 100$$

dimana :

BA = pembacaan benang atas

BB = Pembacaan benang bawah

Contoh Perhitungan Pengukuran Jarak dengan Alat Penyipat Datar

Hasil pengukuran antara titik A tempat alat berdiri dan titik B dimana rambu ukur dipasang. Dengan menggunakan penyipat datar diperoleh data sebagai berikut:

Bacaan benang atas (BA) = 165.4 cm

Bacaan benang bawah (BB) = 140 cm

Tentukanlah jarak antara titik A dan B.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Jarak antara titik A dan B} &= (BA - BB) \times 100 \\ &= (165.4 - 140) \text{ cm} \times 100 \\ &= 2540 \text{ cm} \\ &= 25.40 \text{ meter} \end{aligned}$$

Hasil pengukuran semua titik titik yang diukur diolah dengan menggunakan format berikut.

Format Pengolahan data Hasil pengukuran Jarak dengan Theodolit

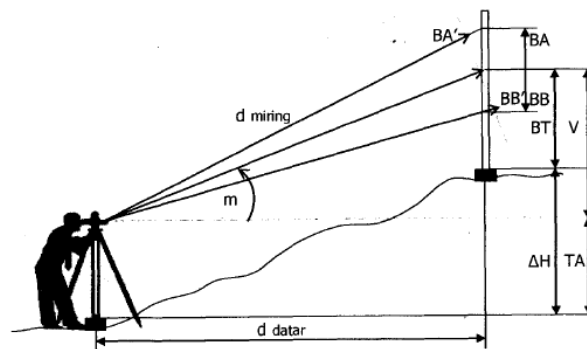
Nama petugas pengukur :
 Tanggal praktik :
 Lokasi :
 Kondisi Cuaca :
 Tipe theodolit yang dipakai :

No.	Posisi Alat	Tinggi Alat	Bidikan	Bacaan Rambu			Bacaan Sudut		Sudut m	Jarak (m)	
				BA	BT	BB	H	V		miring	Datar

Mengolah Data Pengukuran Theodolit

Pengukuran jarak dengan alat penyipat datar dan theodolit pada prinsipnya hamper sama, keduanya sama-sama menggunakan optis (teropong). Hanya saja pada theodolite dilengkapi dengan alat pengukur sudut baik sudut vertikal maupun sudut horizontal.

Sudut horizontal nantinya akan digunakan untuk menempatkan titik-titik yang dibidik untuk digambarkan dipeta, baik titik poligon atau batas-batas daerah yang dipetakan, maupun titik detail. Sedangkan data sudut vertikal nantinya akan digunakan untuk mengolah data jarak dan beda tinggi. Untuk pengukuran jarak datar dengan theodolit, terlebih dahulu perhatikan gambar berikut ini.



Gambar 143. Pengukuran jarak dengan theodolite

Untuk pengukuran jarak datar dengan menggunakan theodolite, dimana teropong tidak disetel datar, maka jarak datar dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Jarak datar} = (BA - BB) \times 100 \times \cos^2 m$$

dimana :

BA = pembacaan benang atas

BB = Pembacaan benang bawah

m = sudut miring ($90^\circ -$ bacaan sudut vertikal)

Contoh Perhitungan Jarak Datar dengan Theodolite

Dari hasil pengukuran antara titik A dan B dilapangan diperoleh data hasil pengukuran adalah sebagai berikut :

- Bacaan benang atas = 177.5 cm
- Bacaan benang bawah = 142.5 cm
- Sudut vertikal antara titik A dan B = $89^\circ 39' 10''$.
- Hitunglah jarak datar antara titik A dan B.

Penyelesaian :

Jarak datar = $(BA - BB) \times 100 \times \cos^2 m$

Besarnya sudut $m = 90^\circ - 89^\circ 39' 10'' = 0^\circ 20' 50''$.

Maka jarak datar = $100(177.5 - 142.5) \times \cos^2(0^\circ 20' 50'')$
 $= 100(35) \times 0.999$
 $= 3496.5 \text{ cm}$
 $= 34.965 \text{ meter}$

Tabel 9. Tabel 1. 4Pengolahan Data Pengukuran Beda Tinggi Memanjang

dengan Theodolit

Posi si Alat	Titik Bidik an	Bacaan Rambu Ukur						Bacaan Sudut		Jarak		Tinggi	Ketinggian (mm)
		Bacaan Belakang			Bacaan Depan								
		BA	BT	BB	B A	B T	B B	V	H	Dat ar	Miri ng		

5. Menggambar peta lahan pertanian

Hasil survey dan pengukuran data di lapangan, selanjutnya setelah diolah datanya, harus digambarkan dalam bentuk peta lahan. Jenis peta yang akan dibuat sangat tergantung pada pemesan peta, apakah berupa peta tataguna lahan atau peta topografi lahan. Dalam pembuatan peta lahan, ada beberapa hal mendasar yang berkaitan dengan pembuatan peta lahan yang perlu dipahami, agar dalam pembuatan lahan tidak terjadi kesalahan karena salah persepsi. Diantara hal-hal mendasar tersebut adalah (1) jarak, (2) sudut atau arah.

Jarak

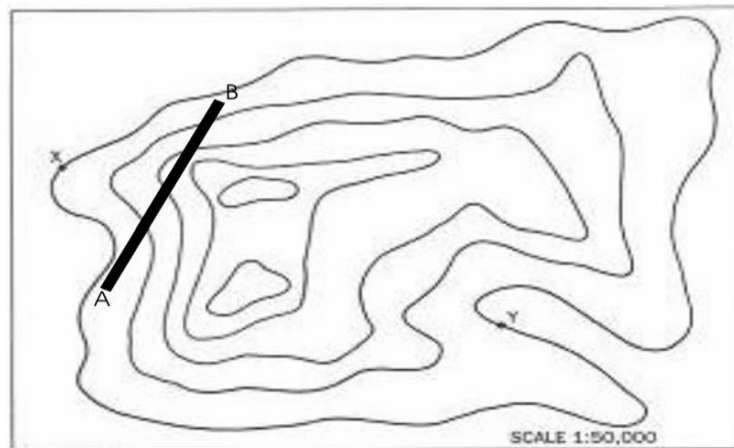
Jarak adalah garis terpendek yang menghubungkan dua buah titik. Jarak dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu jarak datar (horizontal) dan jarak tegak (vertikal). Jarak datar dalam pemetaan adalah jarak yang biasa dipakai untuk menggambarkan titik-titik yang menjadi batas lahan (poligon), sedangkan jarak vertikal adalah jarak yang biasa dipakai untuk menggambarkan garis kontur lahan. Jarak antara dua buah titik atau lokasi pada suatu peta atau saat akan menggambarkan kedua titik tersebut di peta dapat diketahui jika skala petanya diketahui.

Misalnya, akan dicari jarak dua titik dipeta yang sudah diketahui skalanya. Maka dengan mengukur jarak kedua titik tersebut dengan penggaris kemudian dikalikan dengan skala, jarak kedua titik tersebut di lapangan dapat diperkirakan.

Contoh dua buah titik A dan B di peta berskala 1 : 50.000 diukur dengan penggaris berjarak 10 cm. Tentukanlah jarak kedua titik tersebut sebenarnya di lapangan.

Penyelesaian

Jarak kedua titik A dan B = jarak di peta x skala peta = 10 cm x 50.000 cm = 500.000 cm = 5 km.



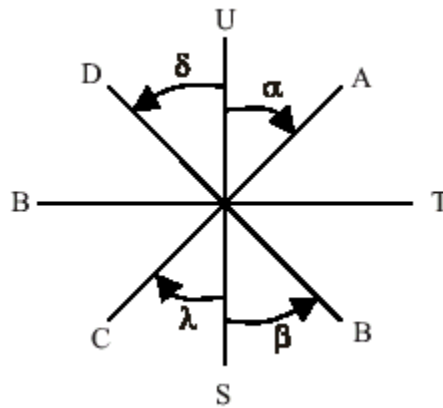
Batas-batas lahan ada kalanya bukan merupakan garis lurus, tetapi bentuknya tidak teratur, misalnya batas lahan perkebunan yang luas, batas kawasan hutan, panjang saluran irigasi, panjang sungai dan sebagainya. Untuk menentukan panjang garis yang tidak teratur, dapat dilakukan dengan menggunakan *curvimeter* atau *planimeter* digital. Pengukuran panjang garis dengan menggunakan planimeter, dapat langsung menghasilkan angka panjang batas lahan dan dengan memasukkan nilai skala dari peta yang diukur panjangnya, dan satuan outputnya sudah langsung dapat dihitung.

Arah

Arah atau sudut pada peta memiliki arti yang penting. Dengan mengetahui arahnya, dan dengan bantuan suatu titik tertentu (yang sudah kita ketahui letaknya) kita dapat menentukan arah titik lain. Ada beberapa jenis sudut atau arah yang dipakai dalam peta dan kegiatan pengukuran di lapangan, yaitu (1) sudut arah atau bearing, (2) azimuth.

(1) Sudut arah (bearing)

Sudut arah atau bearing adalah sudut yang diukur dengan acuan garis pangkal utara atau selatan terhadap arah timur atau barat. Dengan demikian nilai sudut arah berada pada kisaran antara 0° – 90° . Contoh seperti pada gambar berikut:



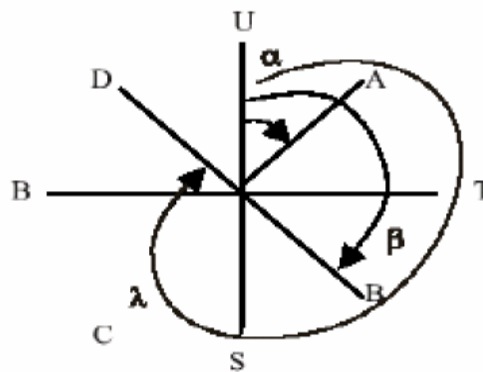
Gambar 144. Sudut bearing

Pada gambar tersebut ada 4 buah titik yaitu A, B, C dan D. Berdasarkan gambar tersebut arah atau sudut bearing dari masing-masing titik dapat ditentukan, yaitu :

- Arah titik A adalah $U\alpha^0T$;
- Arah titik B adalah $U\beta^0T$;
- Arah titik C adalah $S\lambda^0 B$ dan
- Arah titik D adalah $S\delta^0B$

(2) Sudut Azimuth

Sudut azimuth adalah besarnya sudut arah suatu garis atau titik yang diukur mulai dari arah utara dan berputar searah jarum jam dengan besar sudut antar 0^0 - 360^0 . Contoh pada gambar berikut ini, tentukanlah sudut azimuth dari titik-titik A, B dan C berikut !



Gambar 145. Sudut Azimut

Berdasarkan gambar tersebut, maka besarnya sudut azimuth dari masing-masing titik dapat ditentukan sebagai berikut :

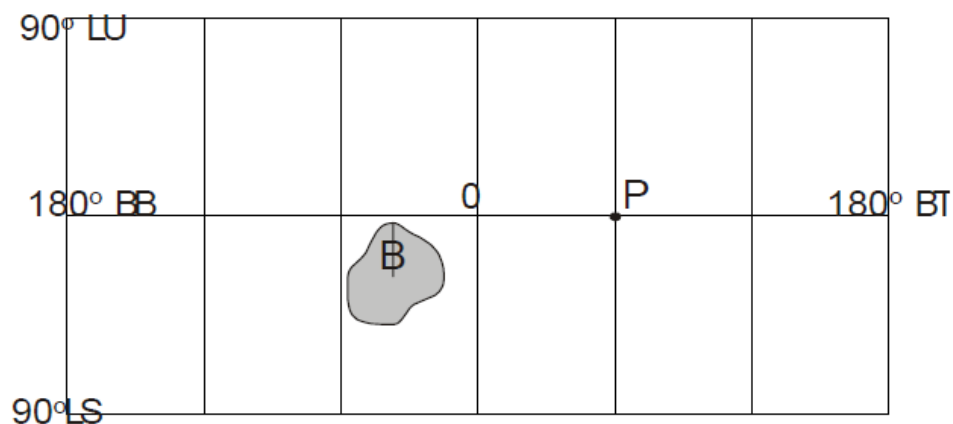
- Besar sudut azimuth titik A adalah = α° dari arah utara.
- Besar sudut azimuth titik B adalah = β° dari arah utara.
- Besar sudut azimuth titik A adalah = λ° dari arah utara.

Penempatan Letak Titik

Penempatan suatu titik hasil pengukuran di lapangan, dapat ditentukan berdasarkan beberapa cara, antara lain :

(1) Berdasarkan koordinat geografis (lintang dan bujur).

Sebagai contoh adalah letak titik P pada gambar berikut. Pada gambar tersebut, letak titik P bila dilihat dari koordinat geografis, maka letak titik P adalah 60 BT dan 0° LU.



Gambar 146. Menentukan koordinat titik

Peta-peta standar selalu dilengkapi dengan koordinat geografis (lintang dan bujur). Informasi tentang lintang dan bujur ini termasuk kedalam informasi tepi peta. Di dalam peta, koordinat suatu titik umumnya di tuliskan di bagian luar bingkai peta. Dengan memperhatikan contoh gambar di atas, maka titik P dapat diketahui bahwa titik P berada di garis khatulistiwa (lintang 0°) dan 60° Bujur Timur. Sedangkan untuk menentukan letak suatu areal perkebunan B, maka dilakukan dengan menggunakan garis lintang teratas dan terbawah serta garis

bujur terkiri dan terkanan dari areal tersebut, yaitu pada pada 5° LS - 45° LS dan 10°BB - 60°BB.

Untuk menghitung letak titik yang berada tidak tepat garis lintang dan bujur, maka langkah yang dilakukan adalah:

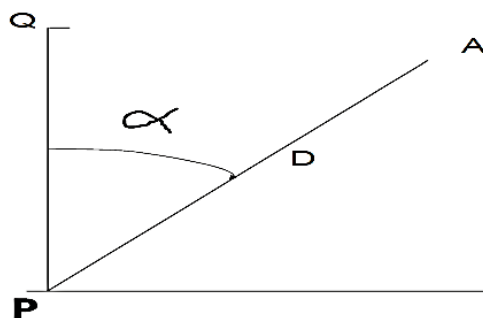
- Menentukan harga selisih nilai dua garis lintang atau bujur yang bersebelahan (misal S);
- Mengukur jarak antar dua garis lintang atau bujur tersebut (misalnya d).
- Mengukur jarak objek dari lintang atau bujur yang bernilai lebih rendah, misalnya d_1 .
- Menentukan letak titik tersebut dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Letak lintang atau bujur} = d_1 / (d \times S)$$

Catatan : 1° = 60', dan 1' = 60"

(2) Berdasarkan arah

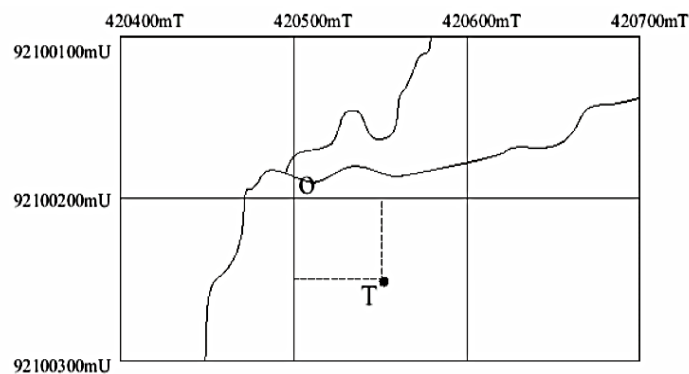
Dalam menentukan letak titik berdasarkan jarak dan arah, dilakukan dengan menggunakan suatu titik tertentu, misalnya (P) dan dengan garis lurus yang tentu pula misalnya (PQ), maka letak suatu titik (A) dapat ditentukan dengan jarak titik itu dari titik P dan dengan sudut yang dibuat oleh PA dan PQ (misalnya sudut α). Sudut α adalah sudut jurusan yang dimulai dari arah utara dan berputar searah dengan jalannya jarum jam, sehingga sudut jurusan yang bersangkutan dapat mempunyai semua harga dari 0° - 360°. Notasi untuk menyatakan letak titik tersebut dinyatakan dengan A (d, α)



Gambar 147. Sudut jurusan

(3) Berdasarkan jarak

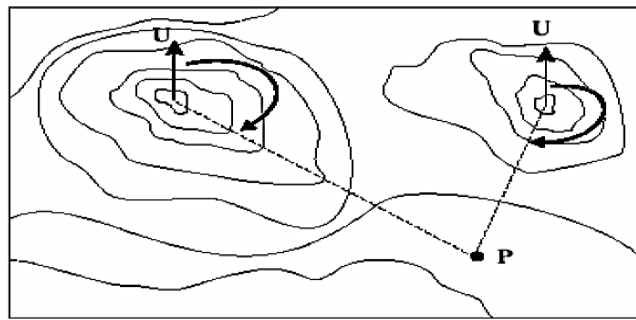
Kedudukan suatu titik dapat juga ditentukan berdasarkan jarak dan jarak dari titik tertentu yang dianggap titik O (0,0). Penentuan lokasi dengan jarak dan jarak, ini lebih mudah jika dilakukan pada peta topografi dengan sistem proyeksi UTM. Pada titik tertentu O tersebut seolah merupakan perpotongan dari dua garis yang saling tegak lurus. Garis yang mendatar dinamakan absis atau sumbu X dan garis yang tegak lurus dinamakan ordinat atau sumbu Y, sedangkan titik O yang merupakan titik potong dua sumbu dinamakan titik asal O. Berdasarkan gambar di bawah ini, maka letak titik T adalah (500 m, 500 m) dari titik O.



Gambar148. Kordinat titik dengan menggunakan jarak dan jarak

(4) Berdasarkan arah dan arah

Dasar penentuan letak lokasi suatu titik adalah dengan mengikatkan titik tersebut kepada dua buah titik lain yang sudah diketahui letaknya, misalnya titik P pada gambar di bawah ini ditentukan berdasarkan dua puncak bukit dengan mengukur azimuth titik P dengan kedua puncak bukit tersebut.



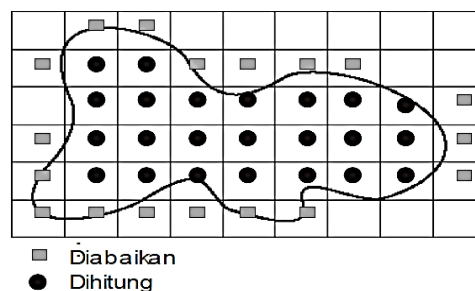
Gambar 149. Penentuan koordinat titik menggunakan arah dan arah

(5) Berdasarkan garis kontur

Untuk beberapa kepentingan, seringkali kita membutuhkan letak suatu titik dari permukaan laut. Dengan peta topografi yang dilengkapi dengan garis kontur, maka tinggi titik tersebut dapat diperkirakan dengan bantuan garis kontur tersebut.

d) Luas

Suatu kawasan dalam peta digambarkan dalam bentuk poligon. Pada umumnya kawasan-kawasan tersebut berbentuk tidak teratur, sehingga untuk menentukan luasan kawasan tersebut diperlukan pendekatan tertentu. Cara yang paling umum dan mudah dilakukan adalah dengan grid, yaitu dengan bantuan kotak-kotak bujur sangkar. Untuk melaksanakan pengukuran ini bisa dilakukan dengan cara membuat kotak-kotak bujur sangkar pada lembaran peta atau dengan bantuan kertas milimeter blok transparan yang dioverlay di atas peta tersebut.



Gambar 150. Menentukan luas dengan metode kisi-kisi

Dari overlay tersebut kemudian dihitung bujur sangkar yang utuh di dalam areal poligon. Bujur sangkar yang tidak utuh apabila kurang dari setengah kotak diabaikan dan apabila lebih dari setengah kotak dihitung 1 kotak. Jumlah kotak yang diperoleh, misal N, maka luas kawasan tersebut = $N * 1 \text{ cm}^2$ * penyebut skala. Disarankan untuk menggunakan kertas milimeter transparan, karena didalamnya terdapat kotak-kotak 1 mm^2 , sehingga sangat membantu dalam memutuskan kotak yang tidak penuh untuk dihitung atau tidak, disamping mempercepat penghitungan (tidak perlu menggaris).

Cara yang paling cepat dan mudah adalah dengan bantuan planimeter yaitu alat yang digunakan untuk mengukur luasan poligon yang tidak teratur pada bidang datar. Terdapat dua macam planimeter, yaitu manual dan digital. Pengukuran luas dengan planimeter digital memungkinkan untuk dilakukan pilihan dalam beberapa satuan, seperti m^2 , hektar, dan lain-lain.

e) Ketinggian Tempat dan Kemiringan Lereng

Ketinggian suatu tempat di peta pada umumnya dinyatakan oleh titik tinggi dan garis kontur, sedangkan kemiringan lereng merupakan wujud dari perbedaan tinggi dan jarak antara dua titik.

(1) Ketinggian (altitude)

Ketinggian suatu daerah dalam bidang pertanian, memiliki arti penting untuk diketahui. Karena akibat perubahan ketinggian suatu tempat akan menyebabkan perubahan suhu. Umumnya setiap kenaikan suatu tempat dari permukaan laut, akan menyebabkan penurunan suhu sebesar 1°C . Perubahan besar dalam komposisi jenis terjadi bersamaan dengan adanya peralihan dari habitat dataran rendah ke habitat pegunungan. Semakin tinggi letaknya, komposisi jenis dan struktur hutan berubah menjadi terbatas. Demikian juga halnya pengaruh perubahan terhadap suhu udara dimana setiap kenaikan 100 meter mengakibatkan penurunan suhu 1°C . Demikian besarnya pengaruh

ketinggian suatu kawasan, maka ketinggian merupakan salah satu parameter yang sangat penting untuk diketahui.

Contoh: Jika dalam peta, dituliskan lambang sebagai berikut :



Angka 537 menunjukan tinggi titik tersebut

ΔP 140

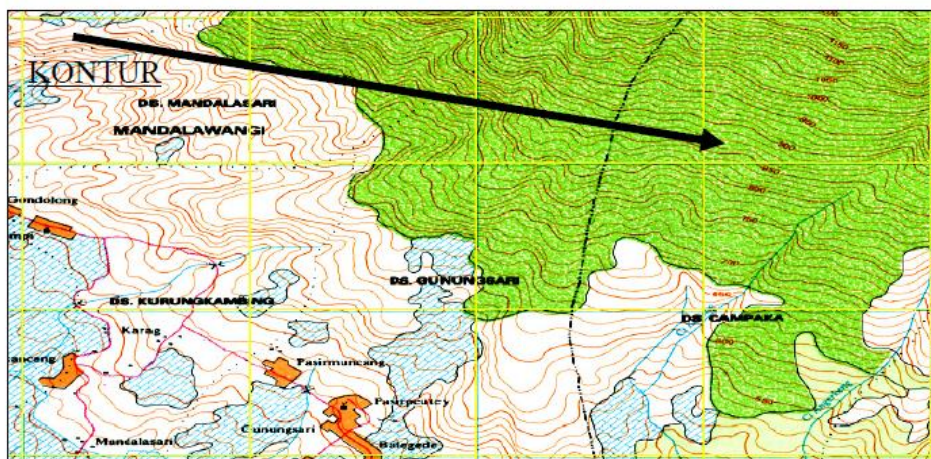
100

Angka miring menunjukan nomor titik dan angka tegak menunjukan ketinggian

Pada peta setidaknya terdapat beberapa simbol yang dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi suatu tempat, yaitu titik tinggi, titik triangulasi dan kontur.

(2) Kontur

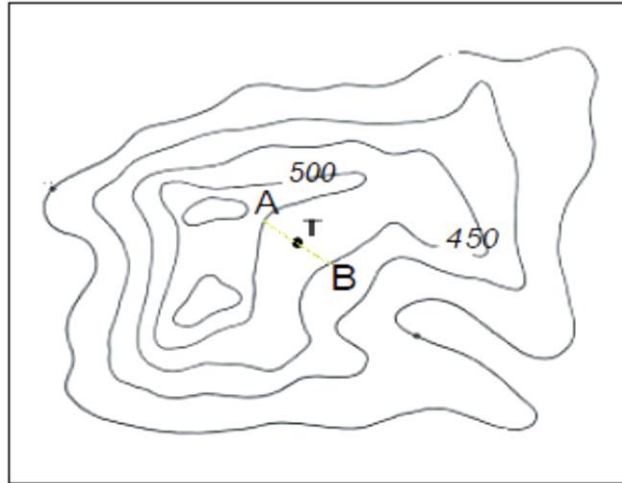
Garis kontur adalah garis khayal yang sengaja dibuat dalam peta yang menghubungkan titik-titik atau tempat yang memiliki ketinggian yang sama. Garis-garis ini biasanya digambarkan dengan menghubungkan daerah yang memiliki ketinggian yang diketahui di lapangan yang disebut titik tinggi (*spot heights*). Perbedaan tinggi diantara dua garis kontur disebut interval kontur (*interval contour*) yang nilainya tetap untuk peta yang berbeda. Dalam peta, interval kontur umumnya dinyatakan dalam meter namun ada juga dalam feet.



Gambar 151. Contoh garis kontur pada peta

Kontur dapat menggambarkan :

(a) Tinggi titik dari permukaan laut. Perhatikan untuk contoh berikut ini.



Gambar 152. Menentukan jarak dengan peta kontur

Untuk mengetahui tinggi titik A dan B dapat langsung dilihat dari angka yang tertulis pada garis kontur yang melalui titik A dan B. Namun untuk menghitung titik T yang tidak dilalui garis kontur, maka perlu dilakukan interpolasi dari nilai titik kontur yang terdekat dengan cara:

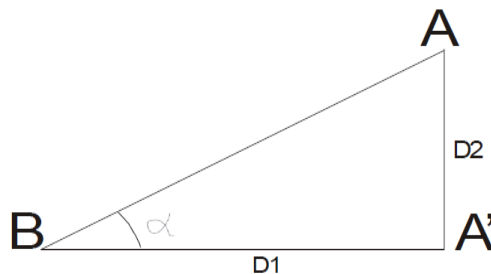
- Pertama-tama dibuat garis terpendek yang melalui titik T antara dua kontur terdekat (garis ATB).
- Ukur panjang garis AT (d_1) dan panjang garis BT (d_2) Tinggi A = 500 m (lihat garis kontur).
- Tinggi B = 450 m (lihat garis kontur).
- Beda tinggi AB = tinggi A – Tinggi B = 500 m – 450 m = 50 m.
- Maka tinggi titik T dapat dihitung = 50 m + $(d_2/d_1 + d_2) \times 50$.

(b) Indikasi relief permukaan bumi

- Lembah ditunjukkan oleh lekukan kontur yang mengarah pada altitude yang lebih tinggi (bentuk V).
- Bukit ditunjukkan oleh lekukan kontur yang mengarah pada altitude yang lebih rendah (bentuk U).

*(c) Bentuk lahan dan drainase**1) Kemiringan*

Kemiringan lereng dinyatakan dengan sudut α yang dapat dihitung dengan membandingkan jarak vertikal dengan jarak horizontal.



Gambar 153. Kemiringan lahan

Dengan melihat kasus pada pencarian titik tinggi di atas, maka kemiringan lereng AB dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Kemiringan lereng AB} = \arctan (\text{beda tinggi AB} / \text{panjang jarak AB})$$

f) Kondisi Kawasan

Bagi surveyor untuk melakukan pengambilan data ke lokasi, sangatlah penting. Untuk mencari dan mengumpulkan data awal lokasi target sebanyak mungkin, namun tetap terkait dengan tujuan survey dan penggambaran peta lahan. Selain informasi dasar seperti sungai, jalan, kontur, perkampungan, titik tinggi dan lain-lain, peta juga menyajikan informasi pokok sesuai dengan tema dan keperluannya. Peta-peta tema menyajikan berbagai informasi seperti peta tanah, peta tata guna lahan, peta iklim, peta hidrologi, peta penutupan lahan, vegetasi, perkembangan tata batas, lokasi-lokasi perambahan hutan, illegal logging, penggunaan kawasan dan lain sebagainya.

Informasi yang dapat disajikan dalam setiap peta tema sangat terbatas, sehingga informasi sebagaimana disebutkan di atas terekam pada beberapa lembar peta. Untuk menghimpun berbagai informasi yang dibutuhkan tersebut biasanya dilakukan *teknik overlay*.

Dengan teknik sederhana ini berbagai data dari beberapa peta dapat disatukan dan dianalisa sesuai dengan kepentingannya. Dengan menghimpun berbagai informasi tersebut seorang surveyor atau peneliti akan dapat membayangkan

kondisi kawasan. Namun demikian dalam menggunakan informasi peta sangat penting untuk memperhatikan pembuat dan waktu pembuatan, agar informasi yang digunakan benar-benar valid dan dapat dipertanggung jawabkan.

Proyeksi Peta

Pemetaan merupakan kegiatan dalam merepresentasikan kenampakan permukaan bumi ke dalam bidang datar. Masalah utama dalam menggambarkan kenampakan bumi tersebut adalah permukaan bumi berbentuk lengkung, sedangkan peta merupakan bidang datar. Kondisi ini tidak terlalu berpengaruh apabila daerah yang dipetakan tidak terlalu luas, sehingga bentuk lengkung permukaan bumi bisa dianggap datar. Namun pemetaan pada areal yang lebih luas, dimana lengkung permukaan bumi tidak bisa diabaikan, maka dalam penggambarannya diperlukan proyeksi peta. Proyeksi peta adalah teknik-teknik yang digunakan untuk menggambarkan sebagian atau keseluruhan permukaan tiga dimensi yang secara kekasaran berbentuk bola ke permukaan datar dua dimensi dengan distorsi sesedikit mungkin. Untuk dapat memproyeksikan bumi yang berbentuk *ellipsoid* (bentuk bumi bukanlah bola tetapi lebih menyerupai elips 3 dimensi) diperlukan bidang proyeksi tertentu. Bidang ini merupakan sebuah bangun lingkaran, namun ketika bangun ini dibuka dapat menjadi bidang yang benar-benar mendatar.

Sistem Proyeksi Peta

Sistem proyeksi peta dibuat untuk mengurangi sekecil mungkin kesalahan dalam pemetaan, dan hal dapat dilakukan dengan cara-cara berikut:

- Membagi daerah yang dipetakan menjadi bagian-bagian yang tidak terlalu luas.
- Menggunakan bidang peta berupa bidang datar atau bidang yang dapat didatarkan tanpa mengalami distorsi seperti bidang kerucut dan bidang silinder.

Sistem proyeksi peta dibuat dan dipilih untuk:

- Menyatakan posisi titik-titik pada permukaan bumi ke dalam sistem koordinat bidang datar yang nantinya bisa digunakan untuk perhitungan jarak dan arah antar titik.
- Menyajikan secara grafis titik-titik pada permukaan bumi ke dalam sistem koordinat bidang datar yang selanjutnya bisa digunakan untuk membantu studi dan pengambilan keputusan berkaitan dengan topografi, iklim, vegetasi, hunian dan lain-lainnya yang umumnya berkaitan dengan ruang yang luas.

Dari berbagai jenis proyeksi, maka proyeksi peta dapat dibedakan menjadi:

- Proyeksi langsung (*direct projection*), yaitu proyeksi dari ellipsoid langsung ke bidang proyeksi.
- Proyeksi tidak langsung (*double projection*), yaitu jenis proyeksi yang dilakukan dengan menggunakan bidang antara, ellipsoid ke bola dan dari bola ke bidang proyeksi.

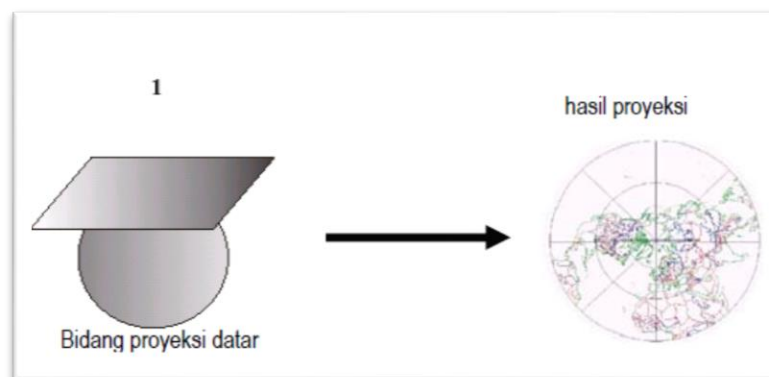
Pemilihan sistem proyeksi peta ditentukan berdasarkan pada:

- Ciri-ciri tertentu atau asli yang ingin dipertahankan sesuai dengan tujuan pembuatan/ pemakaian peta.
- Ukuran dan bentuk daerah yang akan dipetakan.
- Letak daerah yang akan dipetakan.

Pembagian sistem proyeksi peta dapat dilakukan berdasarkan:

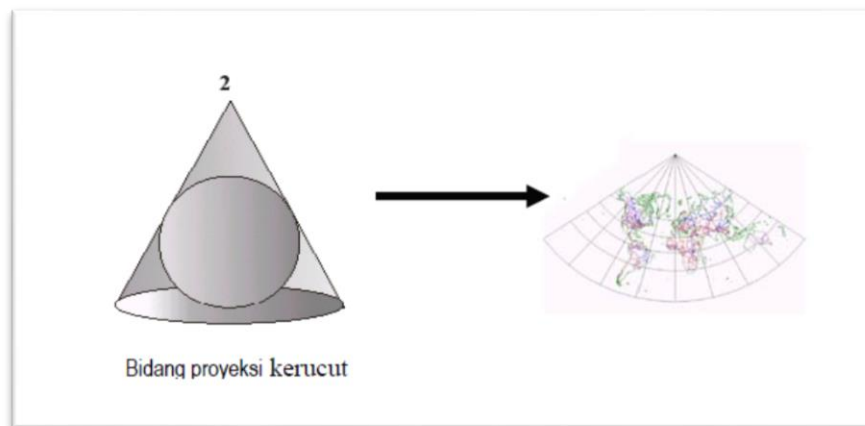
- Berdasarkan bidang proyeksi yang digunakan, maka proyeksi peta dapat diklasifikasikan, atas:

- (1) Proyeksi azimuthal/zenital, bidang proyeksinya berbentuk bidang datar.



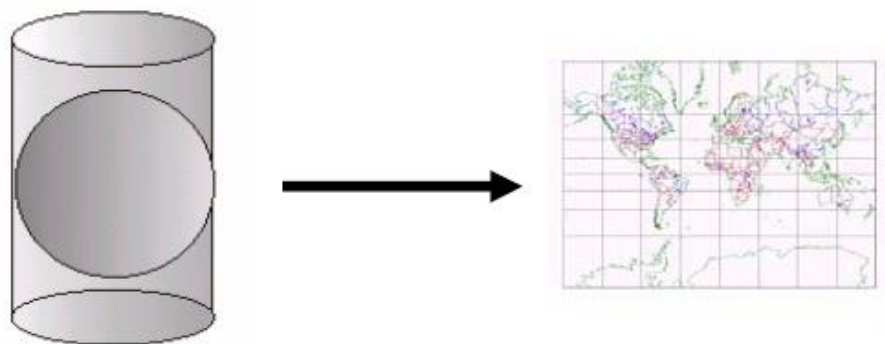
Gambar 154. Proyeksi azimuth datar

(2) Proyeksi kerucut yaitu bidang proyeksinya berbentuk bidang kerucut.



Gambar 155. Proyeksi kerucut

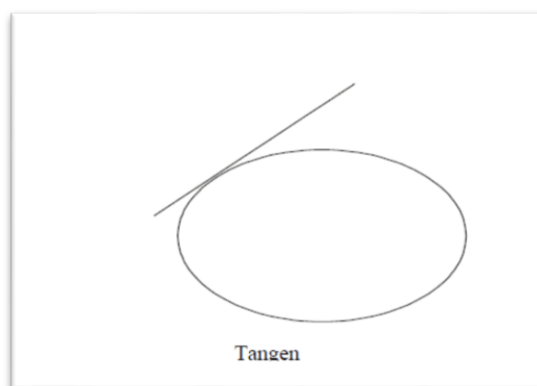
(3) Proyeksi silinder, bidang proyeksinya berbentuk bidang silinder.



Gambar 156. Proyeksi silinder

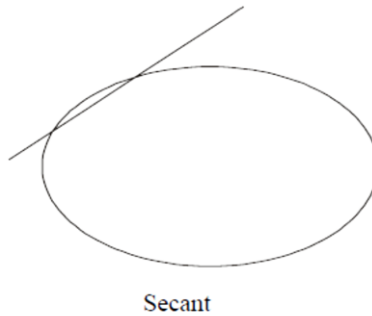
b. Berdasarkan persinggungan bidang proyeksi dengan bola bumi

1) Proyeksi Tangen: Bidang proyeksi bersinggungan dengan bola bumi.



Gambar 157. Proyeksi tangen

(2) Proyeksi secant, yaitu bidang proyeksi berpotongan dengan bola bumi.

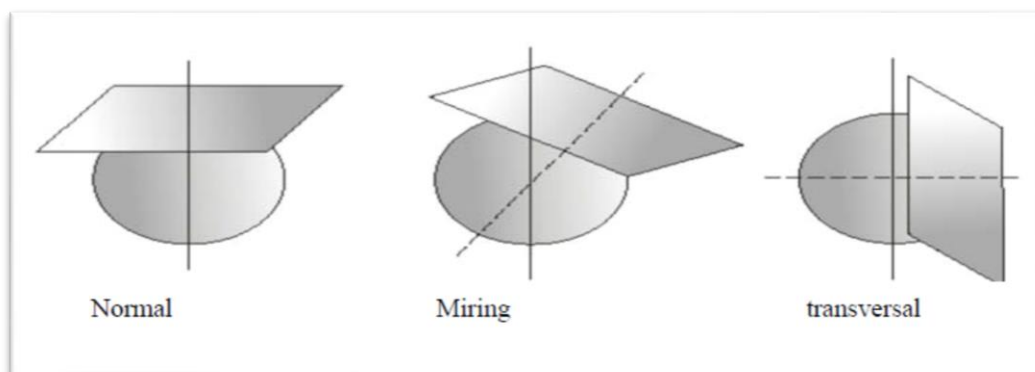


Gambar 158. Proyeksi secan

(3) Proyeksi *polysuperficial*, yaitu banyak bidang proyeksi.

Posisi sumbu simetri bidang proyeksi terhadap sumbu bumi:

- (1) Proyeksi normal, yaitu sumbu simetri bidang proyeksi berhimpit dengan sumbu bola bumi.
- (2) Proyeksi miring yaitu sumbu simetri bidang proyeksi miring terhadap sumbu bola bumi.
- (3) Proyeksi transversal yaitu sumbu simetri bidang proyeksi tegak lurus terhadap sumbu bola bumi.



Gambar 159. Proyeksi polysuperficial

Sifat asli yang dipertahankan dalam proyeksi peta :

(1) *Equivalence (sama luas)*

Luas area dipertahankan. Luas area yang diukur di peta sama dengan luas sebenarnya di lapangan, walaupun mungkin bentuknya berbeda.

(2) *Konform (sama sudut/sama bentuk)*

Bentuk area antara yang di peta dan bentuk sebenarnya di lapangan adalah sama, walaupun mungkin luas areanya berbeda, misalnya proyeksi mercator, proyeksi *conformal conic*, dan lain-lain.

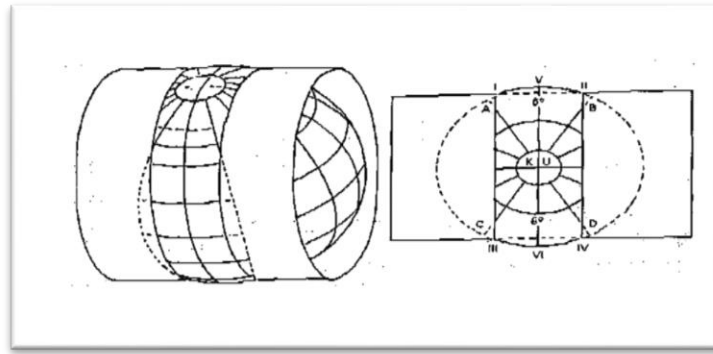
(3) *Equidistance (sama jarak)*

Jarak di peta sama dengan jarak sebenarnya, setelah dikalikan skala, misalnya, *azimuthal equidistance*, dan lain-lain. Pertimbangan dalam pemilihan proyeksi peta untuk pembuatan peta skala besar adalah :

- Penyimpangan pada peta berada pada batas-batas kesalahan grafis.
- Sebanyak mungkin lembar peta yang bisa digabungkan.
- Perhitungan plotting setiap lembar sederhana.
- Plotting manual bisa dibuat dengan cara yang mudah.
- Menggunakan titik-titik kontrol sehingga posisinya segera bisa diplot.

Proyeksi yang digunakan di wilayah Indonesia, yang biasa dilakukan oleh departemen kehutanan, biasanya menggunakan adalah sistem proyeksi *transverse mercator* dengan grid adalah *universal transmercator* (UTM). Sifat-sifat proyeksi UTM adalah:

- Proyeksi ini memotong bola bumi pada dua buah meridian (garis bujur), yang disebut dengan meridian standar.
- Meridian pada pusat zone disebut sebagai meridian tengah. Tiap zone mempunyai meridian tengah sendiri.
- Daerah diantar dua meridian ini disebut zone. Lebar zone adalah 6° sehingga bola bumi dibagi menjadi 60 zone. Perbesaran meridian tengah = 0.9996.
- Perbesaran pada meridian standar adalah 1.
- Perbesaran pada meridian tepi adalah 1,001.
- Batas paralel tepi atas dan tepi bawah adalah 84° LU dan 80° LS.
- Satuan ukuran yang digunakan adalah meter.

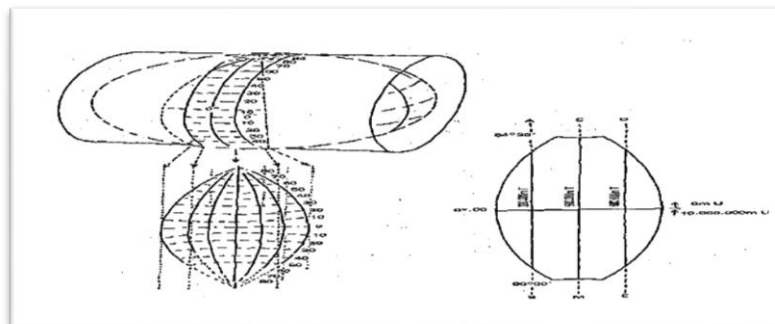


Gambar 160. Proyeksi UTM

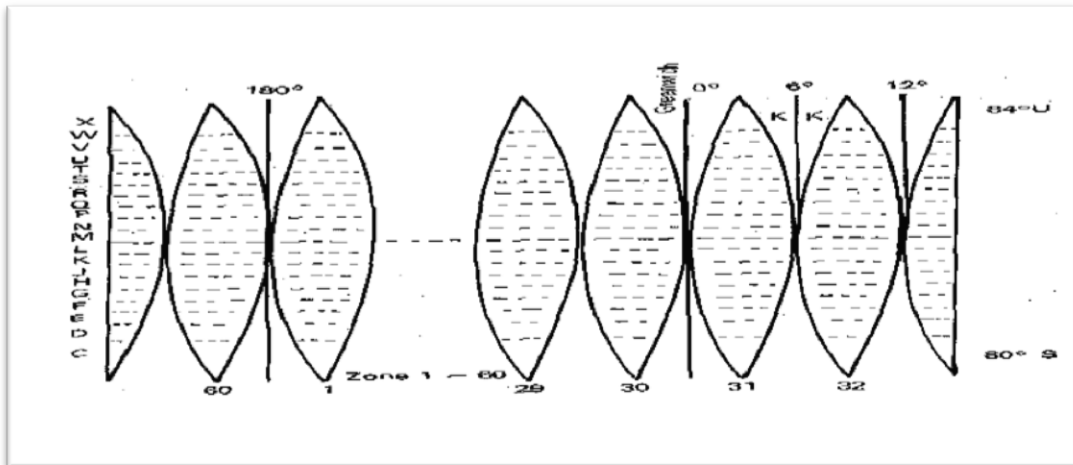
Untuk menghindari koordinat negatif dalam proyeksi UTM setiap meridian tengah dalam tiap zone diberi :

- Harga 500.000 mT (meter timur).
- Untuk harga-harga ke arah utara, ekuator dipakai sebagai garis datum dan diberi harga 0 mU (meter utara).
- Untuk perhitungan ke arah selatan ekuator diberi harga 10.000.000 mU.

Setiap zone pada UTM mempunyai overlap sekitar 40 Km, sehingga pada daerah overlap ini akan mempunyai dua harga koordinat. Dalam penerapan sistem UTM bagi peta-peta dasar nasional seluruh Indonesia. BAKOSURTANAL membagi Indonesia dalam 9 zone mulai dari bujur 90 BT sampai 144 BT dengan batas lintang 10 LU sampai 15 LS dengan 4 satuan daerah yaitu L,M,N dan P. Sebagai bidang referensi digunakan *spheroid* GRS (Geodetic Reference System) 1967 dengan parameter radius ekuator = 666.378.160 m dan pengepengan 1:298,25.



Gambar 161. Proyeksi dari bidang datum ke bidang proyeksi



Gambar 162. Pembagian zona global pada proyeksi UTM

Ukuran Lembar Peta dan Cara Menghitung Titik Sudut Lembar Peta UTM

- Ukuran satu lembar bagian derajat adalah 6° arah meridian 8° arah paralel (6° x 8°) atau sekitar (665 km x 885 km).
- Pusat koordinat tiap bagian lembar derajat adalah perpotongan meridian tengah dengan paralel tengah. Absis dan ordinat semu di (0,0) adalah + 500 000 m, dan + 0 m untuk wilayah di sebelah utara ekuator atau + 10 000 000 m untuk wilayah di sebelah selatan ekuator.
- Gambar dan menunjukkan sistem koordinat dan faktor skala pada setiap lembar peta. Perhatikan pada absis antara 320.000 m – 500.000 m dan 680.000 m – 500.000 m terjadi pengecilan faktor skala dari 1 ke 0.9996. Sedangkan pada selang diluar kedua daerah ini terjadi perbesaran faktor skala.

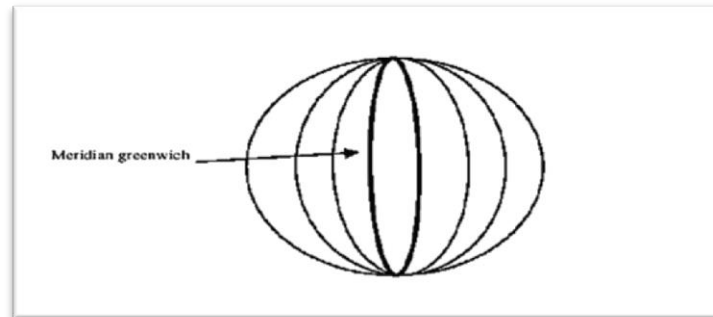
Kebaikan proyeksi UTM

- Proyeksi simetris selebar 6° untuk setiap zone.
- Transformasi koordinat dari zone ke zone dapat dikerjakan dengan rumus yang sama untuk setiap zone di seluruh dunia.
- Distorsi berkisar antara - 40 cm/1000 m dan 70 cm/1000 m.
- Cocok untuk daerah tropis.

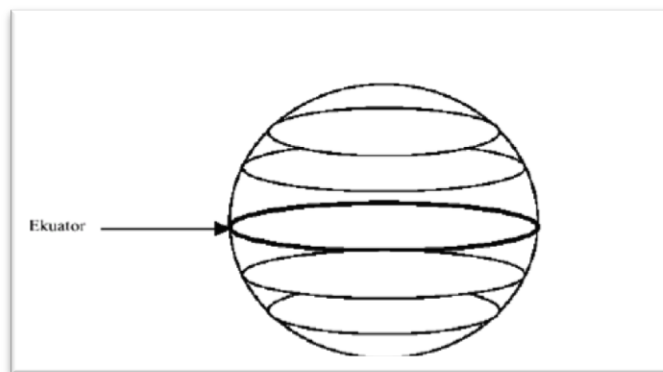
Istilah-istilah dalam proyeksi peta

a) Bujur (meridian) dan meridian utama

Bujur adalah garis-garis yang menghubungkan antara kutub utara dan kutub selatan, dimana garis-garis tersebut berupa setengah lingkaran yang sama besarnya.



Gambar 163. Gambar garis bujur (meridian)



Gambar 164. Garis Lintang

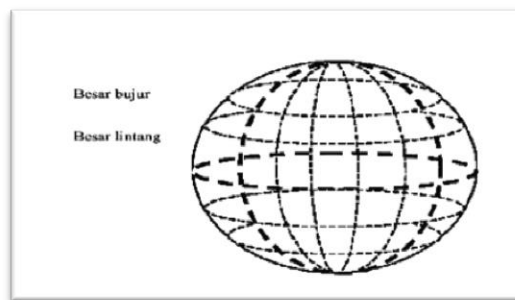
Lintang adalah garis-garis yang sejajar dengan ekuator, dimana garis-garis tersebut berupa lingkaran-lingkaran yang tidak sama besarnya, makin jauh dari ekuator ukuran lingkarannya semakin kecil. Jadi lingkaran terbesar adalah ekuator.

c) Bujur (longitude)

- Bujur Barat (0° - 180° BB)
- Bujur Timur (0° - 180° BT)

d) Lintang (latitude)

- Lintang Utara (0° - 90° LU)
- Lintang Selatan (0° - 90° LS)



Gambar 165. Besar garis bujur dan lintang

e) Bidang datum dan bidang proyeksi

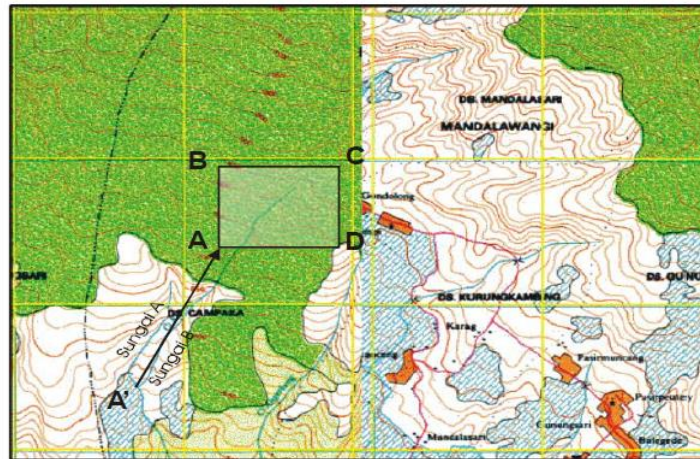
Bidang datum adalah bidang yang akan digunakan untuk memproyeksikan titik-titik yang diketahui koordinatnya (j,l), dan bidang proyeksi adalah bidang yang akan digunakan untuk memproyeksikan titik-titik yang diketahui koordinatnya (X, Y).

f) Elipsoid

- Sumbu panjang (a) dan sumbu pendek (b)
- Kegepengan (flattening) - $f = (a - b)/b$
- Garis *geodesic* adalah kurva terpendek yang menghubungkan dua titik pada permukaan elipsoid.
- Garis *orthodrome* adalah proyeksi garis geodesic pada bidang proyeksi.
- Garis *loxodrome* (rhumbline) adalah garis (kurva) yang menghubungkan titik-titik dengan azimuth a yang tetap.

Meletakan Lokasi Objek di dalam Peta ke Lapangan

Dalam setiap kegiatan survey dan pemetaan di lapangan, setiap pelaksanaan biasanya telah membuat rencana dimana lokasi survey dan pemetaan yang dituangkan dalam peta kerja. Berikut contoh untuk meletakan petak contoh ABCD di lapangan.



Gambar 166. Menggambarkan objek dalam peta

Untuk mencapai efisiensi dan efektivitas dan ketepatan hasil, maka pelaksanaan pekerjaan perlu dirancang, baik untuk pekerjaan kantor maupun lapangan, khususnya ukuran, bentuk, jumlah dan persebaran petak contoh. Beberapa hal yang harus dilakukan diantaranya adalah:

a) Persiapan

Persiapan merupakan pekerjaan yang dilakukan di kantor, yang meliputi :

(1) Persiapan administrasi pelaksanaan

Persiapan administrasi meliputi administrasi keuangan dan kelengkapan surat menyurat (surat perintah tugas, surat pengantar dan lain-lain) serta persiapan yang akan digunakan di lapangan.

(2) Pembuatan peta kerja

Peta kerja dibuat dalam peta dengan skala besar. Letak petak contoh harus diikatkan ke satu titik ikat. Titik ikat (*reference point*) adalah titik dan atau titik-titik yang diketahui posisi dan atau ketinggiannya dan digunakan sebagai rujukan atau pengikatan untuk penentuan posisi titik yang lainnya.

Titik-titik yang biasa digunakan sebagai ikatan adalah titik-titik pasti di lapangan, seperti titik triangulasi, titik kontrol GPS dan apabila tidak dijumpai dapat dilakukan dengan menentukan titik yang mudah ditemukan di lapangan dan relatif tidak banyak berubah dan

tergambar di peta (titik markant), seperti pertigaan sungai, dan jembatan.

Peta kerja juga dilengkapi dengan daftar trayek yang akan diukur. Berikut contoh trayek berdasarkan peta contoh diatas pada Tabel berikut.

Tabel 2. Daftar trayek peletakan petak contoh

No.	Trayek	Azimuth	Jarak	Keterangan
1	2	3	4	5
	A' - A	α°	$d1$	Titik A adalah pertigaan sungai A dan sungai B
	A - B	0°	$d2$	
	B - C	90°	$d3$	
	C - D	180°	$d3$	
	D - A	270°	$d4$	

(3) Pembuatan prosedur pelaksanaan

Prosedur pelaksanaan memuat rincian kegiatan mulai dari penyelesaian administrasi, sampai pada tahap-tahap pelaksanaan kegiatan di lapangan.

(4) Prosedur dan petunjuk transportasi

Letak petak contoh di kawasan konservasi umumnya ada pada wilayah yang aksesibilitasnya rendah, sehingga transportasi umumnya menggunakan sewa. Apabila pengaturan transportasi tidak direncanakan dengan hati-hati akan berakibat pada tinggi biaya transportasi.

(5) Penyusunan organisasi lapangan

Pekerjaan yang akan dilakukan oleh tim di lapangan, diantaranya adalah :

- (1) Koordinasi (melapor, visum, mencari tenaga kerja dan lain-lain).
- (2) Pembuatan rintisan. Pembuatan rintisan diperlukan untuk memudahkan tim bergerak dan melakukan pengukuran. Untuk tenaga pembuatan rintisan, apabila hanya untuk keperluan membuka jalan cukup 2-3 orang saja. Tenaga pembuat rintisan biasanya sekaligus sebagai bagian dari tim yang mengukur jarak,

karena posisinya yang di depan, maka tenaga pembuatan rintisan sekaligus memegang ujung depan dari tali ukur.

- (3) Pengukuran besaran jarak, azimuth dan kemiringan. Panjang jarak diukur dengan tali ukur. Satu ujung tali dipegang oleh pembuatan rintisan atau ketua tim dan ujung lainnya di bagian belakang dipegang oleh seorang anggota tim. Arah dan kemiringan diukur oleh ketua tim, yang bertugas mengarahkan tenaga pembuat rintisan dan sekaligus melakukan pencatatan. Mengingat jarak yang diukur adalah jarak lapangan, maka ketua tim diharuskan selalu mencatat hasil ukuran dan mengkonversinya ke dalam jarak, sehingga jarak datarnya dapat selalu dimonitor.
- (4) Pencatatan. Pencatatan hasil ukuran biasanya dilakukan oleh ketua tim, tetapi memungkinkan untuk dilakukan oleh anggota tim yang lain. Dalam pengukuran yang dilakukan lebih dari satu hari dan tidak memungkinkan untuk selalu kembali ke camp (camp berjalan), biasanya dalam tim terdapat tenaga yang khusus untuk membawa logistik.

(6) Peralatan

Peletakan petak contoh ini dilakukan melalui kegiatan pengukuran di lapangan. Besaran yang akan diukur di lapangan meliputi, jarak, arah (azimuth), dan kemiringan, namun mengingat pekerjaan ini tidak memerlukan ketelitian tinggi, sehingga alat yang dibutuhkan adalah :

- alat ukur jarak, seperti tali ukur
- kompas
- *clinometer*
- alat pembuka jalan (membuat rintisan), seperti parang dan kampak.

(7) Perlengkapan pendukung

Pada lokasi survey yang *remote* dengan aksesibilitas rendah, kesiapan dukungan logistik dan peralatan sangat menentukan keberhasilan pelaksanaan

survei. Tenda, bahan makanan, alat penerangan, dan peralatan kesehatan, merupakan peralatan pendukung yang harus dipersiapkan oleh tim.

b) Pelaksanaan

(1) Pengukuran

- Kegiatan pengukuran diawali dengan mencari titik ikat di lapangan. Untuk mempercepat pencarian titik ini, sebaiknya menggunakan tenaga kerja local yang benar-benar yang mengetahui lokasi.
- Pengukuran dimulai dari titik ikat (titik A') ini menuju salah satu titik dari petak contoh (misal titik A. Arah dan jarak mengikuti daftar trayek yang telah dibuat.
- Dari titik A ini diteruskan dengan pengukuran ketitik-titik selanjutnya sesuai dengan daftar trayek.

(2) Pencatatan

Setiap hasil pengukuran di catat dan langsung dikonversi kedalam jarak datar, sehingga tujuan akan segera diketahui.

c) Pelaporan

Laporan hasil pengukuran disamping melaporkan pelaksanaan kegiatan juga harus dilampiri peta hasil pengukuran.

Memetakan Objek di Lapangan ke Dalam Peta

Dalam suatu kegiatan survey seringkali dijumpai objek-objek yang penting untuk diinformasikan posisi atau letaknya, seperti penemuan jenis baru, fenomena alam yang khas atau lokasi gangguan terhadap kawasan (lokasi illegal logging, perambahan, lokasi kebakaran, dll.).

Sesungguhnya dengan teknologi yang telah berkembang sekarang tidaklah sulit menentukan letak lokasi-lokasi tersebut di permukaan bumi. Menggunakan GPS (*Global Positioning System*), maka letak suatu titik di permukaan bumi dapat langsung diketahui. Namun GPS tidak selalu dimiliki oleh setiap orang, bahkan oleh seorang surveyor.

Pada kondisi dimana kita harus memasukan lokasi tersebut ke dalam peta, maka beberapa langkah yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut :

- Catat wilayah administrasi kawasan tersebut, misalnya nama desa, kecamatan, kabupaten dan propinsi
- Catat wilayah administrasi keruangan di wilayah tersebut, misalnya untuk kehutanan catat nama kelompok hutan, fungsi hutan, DAS, wilayah kerja pemangku kawasan.
- Catat nama anak sungai dan sungai di wilayah tersebut.
- Catat nama gunung atau fenomena alam khas lainnya.
- Catat kondisi spesifik areal sekitar, seperti tebing, jurang, pohon-pohon besar dan lain-lain.
- Lakukan pengikatan ke belakang terhadap titik-titik pasti atau titik tanda yang terdapat di dekat lokasi temuan.
- Cara yang terakhir merupakan cara yang dapat memberikan hasil yang lebih akurat dan pasti.

Pengukuran Titik Detail

Titik detail adalah semua penampakan yang ada di permukaan lahan, baik alamiah maupun buatan manusia. Pada pengukuran ini tidak mungkin dilakukan secara lengkap dan terperinci, oleh karena itu harus diambil titik detail seefektif mungkin yang dapat mewakili dalam penggambaran peta situasi nantinya.

a. Cara-cara pengambilan titik detail

Dalam pengukuran titik detail dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain :

- (1) Pengukuran titik detail dengan cara memancar
Cara ini dipakai jika jarak antara titik yang diukur berdekatan. Dari gambar berikut di atas pesawat diletakan di titik A lalu diambil $a_1, a_2, a_3, \dots$, sedangkan arah sumbu masing-masing menjauhi titik A, begitu juga titik B.
- (2) Pengukuran titik detail dengan cara melompat.

Adakalanya kita mengalami kesulitan jika menggunakan metode memancar dalam mengukur titik detail, karena letak titik yang berjauhan, sehingga diperlukan cara melompat.

(3) Pengukuran Titik Detail dengan Cara Grid

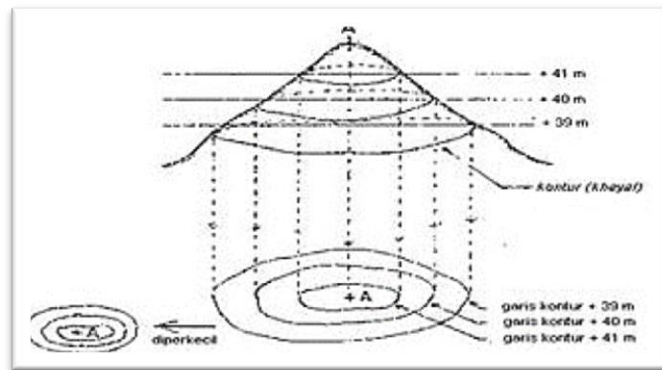
Dilakukan dengan membuat grid-grid tiap jarak tertentu.

Data yang harus diukur

Data pengukuran titik detail yang diperlukan adalah *azimuth*, *zenith*, benang atas, benang bawah, benang tengah, dan tinggi alat serta sketsa pengukuran titik tersebut. Data tersebut digunakan untuk mencari jarak dan beda tinggi antara tempat alat didirikan dengan titik detail yang diukur.

Pembuatan garis kontur

Ilmu ukur tanah merupakan ilmu terapan yang mempelajari dan menganalisis bentuk topografi permukaan bumi beserta obyek-obyek di atasnya untuk bebrbagai keperluan pekerjaan, misalnya bangunan, pembuatan jalan raya, pembuatan sistem irigasi, drainase dan sebagainya. Pada peta lahan yang digunakan untuk pembuatan perencanaan kegiatan, misalnya peta tataguna lahan, maka peta tersebut harus memiliki informasi tentang ketinggian permukaan tanah pada daerah yang direncanakan dari permukaan laut, yang digambarkan dengan garis-garis kontur. Peta topografi merupakan peta yang memuat informasi umum tentang keadaan permukaan tanah beserta informasi ketinggiannya menggunakan garis kontur, yaitu garis pembatas bidang yang merupakan tempat kedudukan titik-titik dengan ketinggian sama terhadap bidang referensi tertentu.



Gambar 167. Kontur gunung

Interval kontur dan indeks kontur

Interval kontur adalah jarak tegak antara dua garis kontur yang berdekatan, yaitu jarak antara dua bidang mendatar yang berdekatan. Pada suatu peta topografi, interval kontur dibuat sama, berbanding terbalik dengan skala peta. Semakin besar skala peta, jadi semakin banyak informasi yang tersajikan, interval kontur semakin kecil.

Indeks kontur adalah garis kontur yang penyajiannya ditonjolkan setiap kelipatan interval kontur tertentu, misalnya. Setiap 10 m, 25 m dan sebagainya. Rumus untuk menentukan interval kontur pada suatu peta topografi adalah:

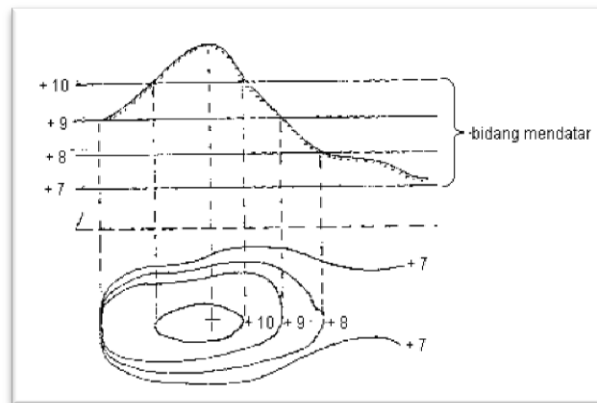
$$\text{Interval kontur} = \left(\frac{1}{2} \times \frac{1}{1000} \times \text{skala peta} \right)$$

Berikut contoh interval kontur yang umum digunakan sesuai bentuk permukaan tanah dan skala peta yang digunakan.

Sifat Garis Kontur

- (1) Garis-garis kontur saling melingkari satu sama lain dan tidak akan saling berpotongan.
- (2) Pada daerah yang curam garis kontur lebih rapat dan pada daerah yang landai lebih jarang.
- (3) Pada daerah yang sangat curam, garis-garis kontur membentuk satu garis.
- (4) Garis kontur pada daerah curam yang sempit membentuk huruf V yang menghadap ke bagian yang lebih rendah.

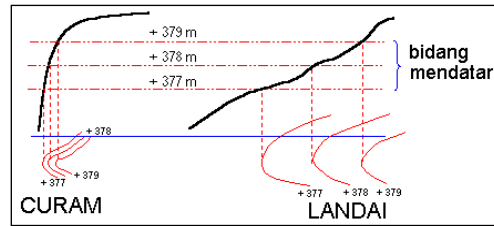
- (5) Garis kontur pada punggung bukit yang tajam membentuk huruf V yang menghadap ke bagian yang lebih tinggi.
- (6) Garis kontur pada suatu punggung bukit yang membentuk sudut 90° dengan kemiringan maksimumnya, akan membentuk huruf U menghadap ke bagian yang lebih tinggi.
- (7) Garis kontur pada bukit atau cekungan membentuk garis-garis kontur yang menutup-melingkar.
- (8) Garis kontur harus menutup garis kontur itu sendiri.
- (9) Dua garis kontur yang mempunyai ketinggian sama tidak dapat dihubungkan dan dilanjutkan menjadi satu garis kontur.



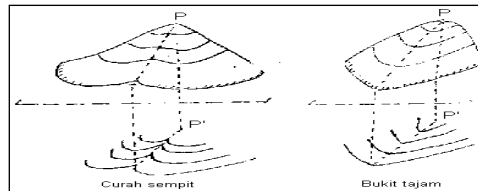
Gambar 168. Garis kontur pada daerah sangat curam.

Tabel 11. Interval kontur berdasarkan skala dan bentuk lahan

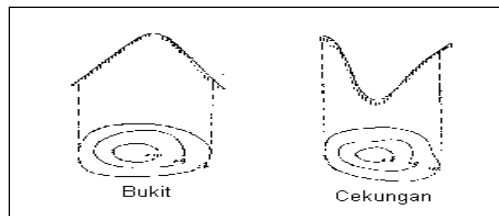
Skala	Bentuk muka tanah	Interval Kontur
1 : 1 000 dan lebih besar	Datar Bergelombang Berbukit	0.2 - 0.5 m 0.5 - 1.0 m 1.0 - 2.0 m
1 : 1 000 s / d 1 : 10 000	Datar Bergelombang Berbukit	0.5 - 1.5 m 1.0 - 2.0 m 2.0 - 3.0 m
1 : 10 000 dan lebih kecil	Datar Bergelombang Berbukit Bergunung	1.0 - 3.0 m 2.0 - 5.0 m 5.0 - 10.0 m 0.0 - 50.0 m



Gambar 169. Kerapatan garis kontur pada daerah curam dan daerah landai



Gambar 170. Garis kontur pada curah dan punggung bukit.

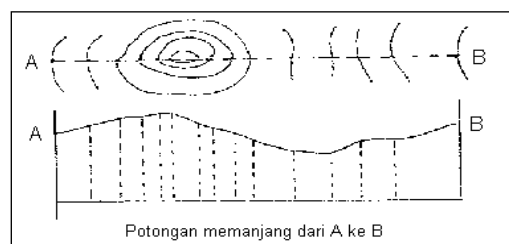


Gambar 171. Garis kontur pada bukit dan cekungan.

Kegunaan Garis Kontur

Selain menunjukkan bentuk ketinggian permukaan tanah, garis kontur juga dapat digunakan untuk:

- (1) Menentukan potongan memanjang (profile) antara dua tempat.
- (2) Menghitung luas daerah genangan dan volume suatu bendungan.
- (3) Menentukan route atau jalur dengan kelandaian tertentu.
- (4) Menentukan kemungkinan dua titik di lapangan sama tinggi dan saling terlihat.



Gambar 172. Potongan memanjang dari potongan garis kontur.

6. Mengkoreksi peta lahan pertanian

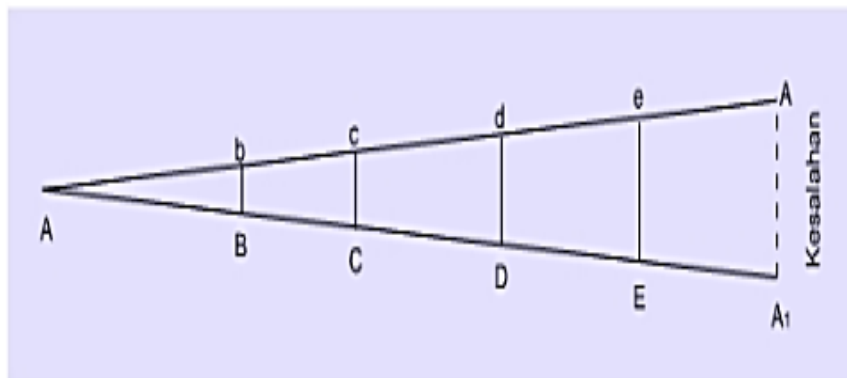
Permasalahan yang sering timbul pada pemetaan dengan alat sederhana adalah sebagai berikut:

- a. Kesalahan membaca arah (azimuth magnetis) pada kompas yang kurang cermat.
- b. Kesalahan mengukur jarak dengan teodolit.

Kesalahan tersebut terutama terjadi pada garis garis ukur yang membentuk poligon tertutup. Seharusnya titik A dan titik terakhir berhimpit. Namun pada penggambarannya, titik tidak berhimpit, namun menjadi A^1 . Hal ini perlu dikoreksi dengan menggunakan jarak kesalahan secara proporsional di tiap titik B, C, D dan E.

Caranya adalah sebagai berikut:

Membuat garis lurus A, B, C, D, E yang jaraknya sama dengan jarak pada poligon A, B, C, D, E. Misalnya jarak A - B pada poligon 5 cm, maka jarak pada garis A - B juga 5 cm. Begitu juga dengan B, C, D dan E, dan E - A^1 . Buatlah garis tegak lurus ke atas dari titik A^1 sesuai dengan panjang kesalahannya, yaitu a. Dari garis kesalahan tersebut tarik garis ke titik A.



Gambar 173. Pehitungan kesalahan dengan grafik

D. Aktivitas Pembelajaran

Lembar Kerja 1 **Mengidentifikasi Peta Lahan**

A. Tujuan Praktik

Setelah menyelesaikan kegiatan ini, diharapkan anda dapat mengenal peta yang ada.

B. Petunjuk Praktik

Kegiatan praktik mengidentifikasi peta dapat dilakukan secara individual atau berkelompok. Sebelum anda melaksanakan praktik ini ada beberapa hal yang dilakukan :

- Baca materi tentang pembuatan peta

C. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

- Gunakan pakaian praktik dan peralatan keselamatan kerja
- Penggunaan alat sesuai dengan fungsinya.
- Pahami prinsip kerja dan cara pengoperasian alat, sebelum menggunakan.

D. Alat dan Bahan

1. Peta
2. Kaca pembesar
3. Buku catatan data lapangan

E. Langkah Kerja

1. Siapkan diri anda dan kelompok untuk melaksanakan kegiatan praktik.
2. Identifikasi peta yang ada atau disediakan dengan mengacu pada prinsip pembuatan peta.
3. Buatlah laporan hasil praktik Anda berkaitan tentang peta yang Anda identifikasi.

Lembar Kerja 2

Mengidentifikasi Alat Pembuatan Peta

A. Tujuan Praktik

Setelah menyelesaikan kegiatan ini, diharapkan Anda dapat mengenal dan menggunakan alat-alat pembuatan peta.

B. Petunjuk Praktik

Kegiatan praktik mengidentifikasi alat-alat pembuatan peta dapat dilakukan secara individual atau berkelompok. Sebelum anda melaksanakan praktik ini ada beberapa hal yang dilakukan :

- Baca materi tentang pembuatan peta

C. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Gunakan pakaian praktik dan peralatan keselamatan kerja
2. Pergunakan alat sesuai dengan fungsinya.
3. Pahami prinsip kerja dan cara pengoperasian alat, sebelum menggunakannya.

D. Alat dan Bahan

1. Alat-alat pembuatan peta
2. Buku catatan data lapangan

E. Langkah Kerja

1. Siapkan diri anda dan kelompok untuk melaksanakan kegiatan praktik.
2. Identifikasi alat pembuatan peta yang disediakan.
3. Jelaskan masing-masing kegunaan alat tersebut
4. Buatlah laporan hasil kegiatan praktik Anda dan presentasikan di depan kelas.

Lembar Kerja 3

Pengukuran untuk Pemetaan

A. Tujuan praktik :

Setelah menyelesaikan kegiatan praktik ini diharapkan anda dapat membuat peta tata guna lahan sesuai dengan kondisi.

B. Petunjuk Praktik

Kegiatan praktik membuat peta tataguna lahan hanya dapat dilakukan secara berkelompok. Sebelum anda melaksanakan praktik ini ada beberapa hal yang dilakukan :

- Bentuklah kelompok kerja anda !
- Baca materi tentang pembuatan peta!
- Laksanakan kegiatan praktik dengan sungguh-sunggu!.

C. Keselamatan Kerja

- Gunakan pakaian praktik dan peralatan keselamatan kerja!
- Pergunakan alat sesuai dengan fungsinya!
- Pahami prinsip kerja dan cara pengoperasian alat, sebelum menggunakannya!

D. Alat dan Bahan

1. Lahan yang akan dibuat peta tata guna lahannya
2. Patok-patok
3. Teodolit dan penyipat dapat lengkap dengan tripodnya
4. Buku catatan
5. Golok
6. Kompas
7. Jalon
8. Rambu ukur
9. Lembar data

E. Langkah Kerja

1. Siapkan diri anda dan kelompok untuk melaksanakan kegiatan praktik.
2. Lakukan orientasi lapangan untuk mengetahui situasi dan kondisi lahan yang akan dibuat peta tata guna lahannya.
3. Identifikasi dan siapkan kebutuhan alat dan bahan yang diperlukan untuk pemetaan tata guna lahan.
4. Pasang patok-patok pada batas lahan yang akan dibuat peta tata guna lahannya,

sehingga membentuk poligon.

5. Beri nomor patok mulai dari $P_1, P_2, \dots, P_n$. Titik $P_n = P_1$.
6. Pilih titik P_1 sebagai awal pengukuran, dan tentukan titik BM (jika ada), jika tidak buat titik BM secara lokal dan dirikan jalon pada titik tersebut.
7. Dirikan alat theodolit pada titik P_1 , lakukan penyetelahan datar sehingga theodolit siap digunakan.
8. Ukur ketinggian theodolite dan catat.
9. Pasang rambu ukur pada titik BM, arahkan teropong theodolit ke titik BM. Fokuskan teropong pada rambu ukur di titik BM, Lakukan pembacaan dan pencatatan untuk sudut horizontalnya dan vertikalnya, bacaan benang atas, tengah dan bawah.
10. Pindahkan rambu ukur ke titik P_2 , fokuskan teropong pada rambu ukur. Lakukan pembacaan sudut horizontal, vertikal, bacaan benang atas, tengah dan bawah.
11. Pindahkan theodolit ke titik P_2 , lakukan penyetelan datar sehingga theodolit siap digunakan. Ukur ketinggian alat.
12. Tempatkan rambu ukur di titik P_1 , arahkan teropong ke titik P_1 , fokuskan. Lakukan pembacaan untuk sudut horizontal, vertikal, bacaan benang atas, tengah dan bawah.
13. Pindahkan rambu ukur ke titik P_3 , arahkan teropong ke titik P_3 , fokuskan. Lakukan pembacaan untuk sudut horizontal, vertikal, bacaan benang atas, tengah dan bawah.
14. Ulangi langkah kerja 10 sd 13 hingga titik P terakhir (P_n/P_1).
15. Pilih satu atau beberapa titik poligon, dan buat rintisan untuk pengukuran titik detail. Upayakan agar rintisan titik detail menyambungkan titik poligon yang dipilih dengan titik poligon yang lain.
16. Lakukan pengukuran sama seperti pengukuran titik poligon, sehingga seluruh lahan yang akan dibuat peta tata guna lahannya telah diukur.
17. Kemas peralatan dan bahan yang digunakan jika pengukuran telah selesai, dan kembalikan ke tempatnya semula.

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Untuk lebih memahami tentang cara pembuatan peta dan bentuk tampilan peta, download peta dasar suatu daerah melalui internet, atau beli peta dasar suatu daerah ditoko atau Bakosurtanal.
2. Buatlah suatu peta kondisi tata guna lahan disuatu daerah (sekitar sekolah Anda) secara berkelompok dengan. Gunakan aturan dan prinsip dasar pembuatan peta. Peta harus dapat menggambarkan luas areal, jenis tata guna lahan dan kondisi topografinya sehingga dengan peta tersebut dapat dijadikan sebagai dasar untuk perencanaan pengembangan daerah tersebut.

Tugas Individu

1. Buatlah ringkasan tentang pengukuran kerangka dasar pemetaan lahan pertanian!

b. Tugas Kelompok

1. Lakukan pengolahan data hasil pengukuran kerangka peta yang Anda kerjakan.
2. Diskusikan hasil kegiatan yang anda lakukan dan presentasikan di depan kelas.

Sebelum anda mengikuti kegiatan pembelajaran pada materi berikutnya, harus mengerjakan soal-soal yang ada pada tes formatif ini. Kerjakan secara individu dalam kertas jawaban dan kumpulkan sebagai bahan portfolio penilaian untuk Anda.

1. Apa yang dimaksud dengan jarak datar, jarak miring, jarak optis ?
2. Jelaskan bagaimana pembacaan sudut dengan menggunakan kompas !
3. Apa yang dimaksud dengan beda tinggi ? Berikan contoh!
4. Apa yang dimaksud dengan titik BM dalam pemetaan?
5. Apa yang dimaksud dengan titik BM lokal?
6. Apa yang dimaksud dengan garis kontur?
7. Jelaskan aturan dasar menggambarkan garis kontur !
8. Data apa saja yang diambil dari hasil pemetaan ?
9. Apa yang dimaksud dengan pengukuran jarak dengan cara optis?

F. Rangkuman

Pengukuran untuk pembuatan pada dasarnya adalah untuk mendapatkan data jarak dan sudut kedudukan titik-titik yang diukur. Dalam pengukuran jarak dan sudut harus dilakukan dengan menggunakan titik BM sebagai referensi atau acuan. Berdasarkan pada titik acuan ini kemudian titik-titik yang diukur dapat dihitung jarak dan posisinya berdasarkan data yang diperoleh.

Dalam kegiatan pengukuran pemetaan dapat dilakukan dengan cara pengukuran poligon, pengukuran titik detail dan kontrol dan pengukuran sudut baik sudut vertikal maupun sudut horizontal. Selain itu juga pengukuran poligon dan titik detail dapat dilakukan dengan menggunakan pengukuran sifat datar optis.

Peta adalah visualisasi hasil pengukuran dan penggambaran berbagai hal yang berkaitan dengan permukaan bumi yang dilaksanakan secara langsung maupun tidak langsung. Peta dapat memberikan gambaran tentang berbagai hal, seperti kondisi permukaan lahan, tata guna lahan, kondisi geologis dan sebagainya.

Secara garis besar, penggolongan peta dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu berdasarkan (1) Sifat, (2) jenis dan (3) dimensi atau ukuran. Berdasarkan sifatnya, peta dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian yaitu, peta topografi dan peta tematik. Berdasarkan jenisnya, peta dapat digolongkan menjadi 2 bagian yaitu, peta garis dan peta foto. Berdasarkan dimensi, peta dapat dibedakan menjadi peta dua dimensi dan peta tiga dimensi.

Dalam membuat sebuah peta, beberapa persyaratan harus dipenuhi, antara lain legenda peta, garis lintang dan bujur atau garis astronomi, mata angin, skala peta, inset peta. Peralatan yang perlu dipersiapkan dalam pembuatan peta adalah (1) pensil gambar, (2) penggaris panjang, busur derajat, (3) kertas buffalo, (4) kompas bidik, (6) meja gambar, (7) rapido, (8) meja gambar, dan lain-lain.

Peta yang baik harus dilengkapi dengan komponen-komponen peta, agar peta mudah dibaca, ditafsirkan dan tidak membingungkan. Adapun komponen-komponen yang harus dipenuhi dalam sebuah peta antara lain: judul peta, skala peta, proyeksi peta, legenda, petunjuk arah, simbol dan warna, sumber peta dan tahun pembuatan peta.

Setiap lembar peta berisi beberapa informasi yang menerangkan tentang peta itu sendiri serta bagian-bagian atau tata letak dari informasi yang menerangkan isi peta

tersebut. Umumnya tata letak informasi pada peta meliputi, muka peta, batas, tepi dan garis batas dan garis tepi.

Dalam membuat peta, khususnya pada membuat tulisan (*lettering*) peta, ada beberapa kesepakatan yang harus diikuti, yaitu penulisan nama geografi ditulis dengan bahasa dan istilah yang digunakan penduduk setempat, nama jalan ditulis harus searah dengan arah jalan tersebut, dan ditulis dengan huruf cetak kecil. Penulisan nama kota atau tempat ditulis dengan 4 cara yaitu, di bawah simbol kota atau tempat, di atas simbol kota atau tempat, di sebelah kanan simbol kota atau tempat, dan di sebelah kiri simbol kota atau tempat.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Sebagai bahan masukan bagi kami dalam menyempurnakan modul ini, jawablah pertanyaan berikut ini.

1. Apakah dalam kegiatan pembelajaran fasilitator melakukan hal-hal yang dapat mengarahkan dan mempersiapkan Anda untuk mempelajari materi ?
2. Bagaimana tanggapan Anda terhadap materi/bahan ajar yang disajikan oleh fasilitator sudah sesuaikah dengan yang Anda diharapkan ? (Apakah materi terlalu tinggi, terlalu rendah, atau sudah sesuai dengan kemampuan awal Anda?)
3. Bagaimana tanggapan Anda terhadap kegiatan belajar yang telah dirancang oleh fasilitator?
4. Bagaimana tanggapan anda terhadap pengelolaan kelas (perlakuan guru terhadap Anda, cara guru mengatasi masalah, memotivasi Anda?
5. Apakah Anda dapat menangkap penjelasan/instruksi yang diberikan oleh fasilitator dengan baik?
6. Bagaimana tanggapan Anda terhadap pengelolaan kelas oleh fasilitator?
7. Apakah Anda dapat mempraktekan kompetensi yang didapat di lapangan ?
8. Apakah kegiatan menutup pelajaran yang digunakan oleh fasilitator sudah dapat meningkatkan pemahaman Anda terhadap materi pembelajaran yang disampaikan?
9. Apakah metode praktikum yang digunakan oleh fasilitator mudah Anda dipahami?

10. Apakah latihan-latihan yang diberikan dapat meningkatkan kemampuan Anda?
11. Apakah sebelum Anda mempelajari modul ini, sudah memahami tentang berbagai konsep jarak, pembacaan sudut, pengukuran jarak, konsep trigonometri ?
12. Apakah dalam penyajian materi ini Anda mengalami kesulitan memahaminya ?
13. Komponen apa sajakah pada modul ini yang masih perlu diperbaiki ?

EVALUASI

Jawablah pertanyaan berikut dan kembangkan sesuai dengan pengetahuan yang sudah Anda peroleh.

1. Analisis perbedaan antara jarak datar, jarak miring, jarak.
2. Jelaskan bagaimana pembacaan sudut dengan menggunakan kompas?
3. Apa yang dimaksud dengan beda tinggi ? Berikan contohnya.
4. Jelaskan definisi titik BM (bench mark) dalam pemetaan. ?
5. Jelaskan definisi titik BM (bench mark) lokal. ?
6. Jelaskan definisi garis kontur ?
7. Jelaskan aturan dasar yang menggambarkan garis kontur.
8. Data apa saja yang diperoleh dari hasil pemetaan?
9. Apa yang dimaksud dengan pengukuran jarak dengan cara optis?
10. Jelaskan sistem satuan jarak yang pernah Anda pelajari.
11. Jelaskan definisi dari peta.
12. Jelaskan apa yang dimaksud dengan peta tata guna lahan.
13. Jelaskan 3 macam penggolongan suatu peta.
14. Jelaskan penggolongan peta berdasarkan sifatnya.
15. Jelaskan penggolongan peta berdasarkan jenisnya
16. Jelaskan persyaratan yang harus dipenuhi dalam menggambar sebuah peta.
17. Jelaskan perbedaan antara peta kontur dengan peta topografi.
18. Jelaskan jenis-jenis ukuran kertas gambar beserta ukurannya.
19. Jelaskan komponen-komponen dari sebuah peta.
20. Apa yang dimaksud dengan skala peta.

KUNCI JAWABAN

1. Peta adalah visualisasi hasil pengukuran dan penggambaran berbagai hal yang berkaitan dengan permukaan bumi yang dilaksanakan secara langsung maupun tidak langsung. Peta dapat memberikan gambaran tentang berbagai hal, seperti kondisi permukaan lahan, tata guna lahan, kondisi geologis dan sebagainya.
2. Peta tata guna lahan adalah peta yang menggambarkan tentang kondisi penggunaan lahan sesuai dengan kondisinya saat ini.
3. Secara garis besar, penggolongan peta dapat dibedakan menjadi 3 kelompok yaitu berdasarkan sifat, jenis dan ukuran.
4. Berdasarkan pada sifatnya, peta dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok yaitu, peta topografi dan peta tematik. Peta topografi adalah peta yang menggambarkan sebagian atau seluruh permukaan bumi yang digambar pada bidang datar dengan cara dan skala tertentu yang mencakup unsur-unsur alam saja, unsur buatan manusia saja atau keduanya. Sedangkan peta tematik adalah peta yang memuat atau menonjolkan tema (unsur) tertentu.
5. Berdasarkan jenisnya, peta dapat digolongkan menjadi 2 (dua) bagian yaitu : (1) peta garis (2) peta foto.
6. Persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi dalam membuat peta adalah memuat legenda, garis lintang dan bujur, arah mata angin, skala peta, dan inset peta.
7. Ukuran kertas gambar : A0 (841 x 1189 mm), A1 (594 x 841 mm), A2 (420 x 594 mm), A3 (297 x 420 mm), A4 (210 x 297 mm), A5(148 x 210 mm).
8. Komponen-komponen yang harus dipenuhi dalam sebuah peta adalah judul peta, skala peta, proyeksi peta, legenda, petunjuk arah, simbol dan warna, sumber peta dan tahun pembuatan peta.
9. Skala peta adalah perbandingan jarak antara dua titik sebarang di peta dengan jarak horizontal kedua titik tersebut di permukaan bumi pada satuan ukuran yang sama.

PENUTUP

Modul ini diperuntukkan bagi guru SMK Pertanian Program Mekanisasi Pertanian Paket Keahlian Teknik Tanah dan Air Pasca UKG yang akan meningkatkan kompetensinya dalam Pengukuran Lahan Pertanian dan Menggambar Peta Lahan Pertanian. Karena merupakan Paket Keahlian diharapkan peserta diklat mampu mempelajari secara tuntas **dan** memahami sepenuhnya sehingga dapat dijadikan sebagai bekal kompetensi dalam menjalani profesi sebagai guru Teknik Tanah dan Air.

Dengan adanya modul ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi bagi mereka yang berkepentingan dan menjadi dasar bagi buku Mata Pemetaan Lahan Pertanian selanjutnya.

Penulis menyadari bahwa dalam buku teks ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis berharap kepada pembaca untuk memberikan saran dan kritik untuk penulisan buku selanjutnya. Semoga buku ini dapat bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyuwono, N.S, (1995). *Teknik Membaca Peta dan Kompas*. Penerbit Angkasa Bandung.
- Brinker, R dan Wolf, P. 1997. *Dasar-Dasar Pengukuran Tanah*. Penerbit Kanisius. Jakarta.
- Dugdale, R.H. (1986). *Ilmu Ukur Tanah*. Penerbit Erlangga Jakarta.
- Frick, H., (1996). *Ilmu dan Alat Ukur Tanah*. Penerbit Kanisius.Yogyakarta.
- Irvine, W. , (1995). *Penyigian untuk Konstruksi*. Edisi ke II. Penerbit ITB. Bandung.
- Purwaarwijaya, I., (2008). *Teknik Survei dan Pemetaan*. [http://scribd.com/..//kelas-x-SMK-teknik survey dan pemetaan.Iskandar.pdf](http://scribd.com/..//kelas-x-SMK-teknik-survey-dan-pemetaan.Iskandar.pdf) Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Jakarta.
- Schofield, W., (1984). *Engineering Surveying 2*. Second Edition, London.
- Sinaga, I., (1997). *Pengukuran dan Pemetaan Pekerjaan Konstruksi*. Pustaka Sinar Harapan Jakarta.
- Sosrodarsono, S., dan Takasaki, M., (1992). *Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan*. Edisi ke III. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Wongsotjitro, Soetomo (1991). *Ilmu Ukur Tanah*. Yogyakarta, Penerbit Kanisius.

GLOSARIUM

Abney level	:	Jenis alat pengukur sudut sederhana
ArcView	:	Jenis software yang digunakan untuk penggambaran peta
AutoCAD	:	Jenis software yang digunakan untuk menggambar
Bench Mark	:	Titik acuan yang dijadikan sebagai dasar pengukuran
Cadastral Surveying	:	Survei yang dilakukan untuk pembuatan batas-batas kepemilikan lahan
Chord	:	Metode pengukuran sudut berdasar konsep garis lengkung (busur)
Counter	:	Alat penghitung putaran
Cross section	:	Penampang melintang
Construction Surveying	:	Survei yang dilakukan untuk kepentingan pembangunan/konstruksi bangunan sipil
Elevasi	:	Ketinggian suatu tempat dari permukaan laut
Ekuator	:	Garis yang membagi bumi menjadi dua bagian lintang utara dan lintang selatan
Geografi	:	Ilmu yang mempelajari tentang bumi
Gratikul	:	Posisi geografis
Feet, foot	:	Satuan panjang dalam sistem inggris
Fotogeometri	:	Pengukuran dengan menggunakan foto udara.
Hidrographic surveying	:	Survei hidrografi yaitu pengukuran untuk mendapatkan gambaran dari dasar laut, dasar danau, sungai dan bentuk-bentuk perairan lainnya
Horizontal	:	Datar
Lettering	:	Huruf
Level	:	Alat penyipat datar
Levelling	:	Kegiatan pengukuran beda tinggi berdasarkan prinsip sifat datar
Mile	:	Satuan ukuran panjang dalam sistem satuan Inggris
Nivo	:	Alat yang digunakan sebagai indikator kedataran

Numeric scale	:	Skala numerik yaitu skala yang menunjukkan perbandingan jarak di peta dengan jarak yang sebenarnya di lapangan.
Plane surveying	:	Survei pada bidang datar
Psikomotor Standard operational procedure	:	Kompetensi yang berkaitan dengan keterampilan Cara pengoperasian alat yang baku
Survei	:	Kegiatan penyelidikan untuk mengetahui tentang suatu kondisi
Topographic surveying	:	Survei yang dilakukan untuk mengetahui tinggi rendahnya permukaan bumi
Triangulasi	:	Titik-titik referensi yang diukur berdasarkan konsep segitiga
Tripod	:	Kaki tiga yang digunakan untuk menyangga kedudukan alat penyipat datar atau theodolite
Yard	:	Satuan panjang yang digunakan dalam sistem satuan inggris

LAMPIRAN