Iskandar Muda Purwaamijaya

Teknik Survei dan Pemetaan

JILID 2

untuk
Sekolah Menengah Kejuruan

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

TEKNIK SURVEI DAN PEMETAAN JILID 2 untuk SMK Iskandar Muda P.

Iskandar Muda

TEKNIK SURVEI DAN PEMETAAN

JILID 2

SMK

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

TEKNIK SURVEI DAN PEMETAAN

JILID 2

Untuk SMK

Penulis : Iskandar Muda

Perancang Kulit : TIM

Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

MUD t MUDA, Iskandar.
Teknik Survei dan Pemetaan Jilid 2 untuk SMK oleh Iskandar Muda ---- Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
x, 193 hlm
Daftar Pustaka : Lampiran. A
Glosarium : Lampiran. B
Daftar Tabel : Lampiran. C
Daftar Gambar : Lampiran. D
ISBN : 978-979-060-151-2
ISBN : 978-979-060-153-6

Diterbitkan oleh
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2008

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, telah melaksanakan kegiatan penulisan buku kejuruan sebagai bentuk dari kegiatan pembelian hak cipta buku teks pelajaran kejuruan bagi siswa SMK. Karena buku-buku pelajaran kejuruan sangat sulit di dapatkan di pasaran.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK dan telah dinyatakan memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para pendidik dan peserta didik SMK.

Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Dengan ditayangkan *soft copy* ini diharapkan akan lebih memudahkan bagi masyarakat khsusnya para pendidik dan peserta didik SMK di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri untuk mengakses dan memanfaatkannya sebagai sumber belajar.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para peserta didik kami ucapkan selamat belajar dan semoga dapat memanfaatkan buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, 17 Agustus 2008
Direktur Pembinaan SMK

PENGANTAR PENULIS

Penulis mengucapkan puji syukur ke Hadirat Allah SWT karena atas ridho-Nya buku teks “Teknik Survei dan Pemetaan” dapat diselesaikan dengan baik. Buku teks “Teknik Survei dan Pemetaan” ini dibuat berdasarkan penelitian-penelitian yang pernah dibuat, silabus mata kuliah Ilmu Ukur Tanah untuk mahasiswa S_1 Pendidikan Teknik Sipil dan D_3 Teknik Sipil FPTK UPI serta referensi-referensi yang dibuat oleh penulis dalam dan luar negeri.

Tahap-tahap pembangunan dalam bidang teknik sipil dikenal dengan istilah SIDCOM (*survey, investigation, design, construction, operation and mantainance*). Ilmu Ukur Tanah termasuk dalam tahap studi penyuluhan (*survey*) untuk memperoleh informasi spasial (keruangan) berupa informasi kerangka dasar horizontal, vertikal dan titik-titik detail yang produk akhirnya berupa peta situasi.

Buku teks ini dibuat juga sebagai bentuk partisipasi pada Program Hibah Penulisan Buku Teks 2006 yang dikoordinir oleh **Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi**. Penulis mengucapkan terima kasih :

1. Kepada Yth. Prof.Dr. H. Sunaryo Kartadinata, M.Pd, selaku Rektor Universitas Pendidikan Indonesia di Bandung,
2. Kepada Yth. Drs. Sabri, selaku Dekan Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Universitas Pendidikan Indonesia di Bandung,

atas perhatian dan bantuannya pada proposal buku teks yang penulis buat.

Sesuai dengan pepatah “Tiada Gading yang Tak Retak”, penulis merasa masih banyak kekurangan-kekurangan yang terdapat dalam proposal buku teks ini, baik substansial maupun redaksional. Oleh sebab itu saran-saran yang membangun sangat penulis harapkan dari para pembaca agar buku teks yang penulis buat dapat terwujud dengan lebih baik di masa depan.

Semoga proposal buku teks ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya dan penulis khususnya serta memperkaya khasanah buku teks bidang teknik sipil di perguruan tinggi (akademi dan universitas). Semoga Allah SWT juga mencatat kegiatan ini sebagai bagian dari ibadah kepada-Nya. Amin.

Penulis,

DAFTAR ISI

JILID 1

Pengantar Direktur Pembinaan SMK i
Pengantar Penulis ii
Daftar Isi iv
Deskripsi Konsep xvi
Peta Kompetensi xvii

1. Pengantar Survei dan Pemetaan 1

1.1. *Plan Surveying* dan *Geodetic Surveying* 1
1.2. Pekerjaan Survei dan Pemetaan 5
1.3. Pengukuran Kerangka Dasar Vertikal 6
1.4. Pengukuran Kerangka Dasar Horizontal 11
1.5. Pengukuran Titik-Titik Detail 18

2. Macam-Macam Kesalahan dan Cara Mengatasinya 25

2.1. Kesalahan-Kesalahan pada Survei dan Pemetaan 25
2.2. Kesalahan Sistematis 46
2.3. Kesalahan Acak 50
2.4. Kesalahan Besar 50

3. Pengukuran Kerangka Dasar Vertikal 60

3.1. Pengertian 60
3.2. Pengukuran Sipat Datar Optis 60
3.3. Pengukuran Trigonometris 78
3.4. Pengukuran Barometris 81

4. Pengukuran Sipat Datar Kerangka Dasar Vertikal 90

4.1. Tujuan dan Sasaran Pengukuran Sipat Datar Kerangka Dasar Vertikal 90
4.2. Peralatan, Bahan dan Formulir Ukuran Sipat Datar Kerangka Dasar Vertikal 91
4.3. Prosedur Pengukuran Sipat Datar Kerangka Dasar Vertikal 95
4.4. Pengolahan Data Sipat Datar Kerangka Dasar Vertikal 103
4.5. Penggambaran Sipat Datar Kerangka Dasar Vertikal 104

5. Proyeksi Peta, Aturan Kuadran dan Sistem Kordinat 120

5.1. Proyeksi Peta 120
5.2. Aturan Kuadran 136
5.3. Sistem Koordinat 137
5.4. Menentukan Sudut Jurusan 139

JILID 2

6. Macam Besaran Sudut 144

6.1. Macam Besaran Sudut 144
6.2. Besaran Sudut dari Lapangan 144
6.3. Konversi Besaran Sudut 145
6.4. Pengukuran Sudut 160

7. Jarak, Azimuth dan Pengikatan ke Muka 189

7.1. Mengukur Jarak dengan Alat Sederhana 189
7.2. Pengertian Azimuth 192
7.3. Tujuan Pengikatan ke Muka 197
7.4. Prosedur Pengikatan Ke muka 199
7.5. Pengolahan Data Pengikatan Kemuka 203

8. Cara Pengikatan ke Belakang Metoda Collins 208

8.1. Tujuan Cara Pengikatan ke Belakang Metode Collins 210
8.2. Peralatan, Bahan dan Prosedur Pengikatan ke Belakang Metode Collins 211
8.3. Pengolahan Data Pengikatan ke Belakang Metode Collins 216
8.4. Penggambaran Pengikatan ke Belakang Metode Collins 228

9. Cara Pengikatan ke Belakang Metoda Cassini 233

9.1. Tujuan Pengikatan ke Belakang Metode Cassini 234
9.2. Peralatan, Bahan dan Prosedur Pengikatan ke Belakang Metode Cassini 235
9.3. Pengolahan Data Pengikatan ke Belakang Metode Cassini 240
9.4. Penggambaran Pengikatan ke Belakang Metode Cassini 247

10. Pengukuran Poligon Kerangka Dasar Horisontal 252

10.1. Tujuan Pengukuran Poligon Kerangka Dasar Horizontal 252
10.2. Jenis-Jenis Poligon 254
10.3. Peralatan, Bahan dan Prosedur Pengukuran Poligon 264
10.4. Pengolahan Data Pengukuran Poligon 272
10.5. Penggambaran Poligon 275

11. Pengukuran Luas 306

11.1. Metode-Metode Pengukuran Luas 306
11.2. Prosedur Pengukuran Luas dengan Perangkat Lunak AutoCAD 331

JILID 3

12. Pengukuran Titik-titik Detail Metoda Tachymetri 337

12.1.Tujuan Pengukuran Titik-Titik Detail Metode Tachymetri 337
12.2.Peralatan, Bahan dan Prosedur Pengukuran Tachymetri 351
12.3. Pengolahan Data Pengukuran Tachymetri 359
12.4. Penggambaran Hasil Pengukuran Tachymetri 360

13. Garis Kontur, Sifat dan Interpolasinya 378

13.1. Pengertian Garis Kontur 378
13.2. Sifat Garis Kontur 379
13.3. Interval Kontur dan Indeks Kontur 381
13.4. Kemiringan Tanah dan Kontur Gradient 382
13.5. Kegunaan Garis Kontur 382
13.6. Penentuan dan Pengukuran Titik Detail untuk Pembuatan Garis Kontur 384
13.7. Interpolasi Garis Kontur 386
13.8. Perhitungan Garis Kontur 387
13.9. Prinsip Dasar Penentuan Volume 387
13.10. Perubahan Letak Garis Kontur di Tepi Pantai 388
13.11. Bentuk-Bentuk Lembah dan Pegunungan dalam Garis Kontur 390
13.12.Cara Menentukan Posisi, *Cross Bearing* dan Metode Penggambaran 392
13.13 Pengenalan *Surfer* 393

14. Perhitungan Galian dan Timbunan 408

14.1. Tujuan Perhitungan Galian dan Timbunan 408
14.2. Galian dan Timbunan 409
14.3. Metode-Metode Perhitungan Galian dan Timbunan 409
14.4. Pengolahan Data Galian dan Timbunan 421
14.5. Perhitungan Galian dan Timbunan 422
14.6. Penggambaran Galian dan Timbunan 430

15. Pemetaan Digital 435

15.1. Pengertian Pemetaan Digital 435
15.2. Keunggulan Pemetaan Digital Dibandingkan Pemetaan Konvensional 435
15.3. Bagian-Bagian Pemetaan Digital 436
15.4. Peralatan, Bahan dan Prosedur Pemetaan Digital 440
15.5. Pencetakan Peta dengan Kaidah Kartografi 463

16. Sistem Informasi Geografis 469

16.1. Pengertian Dasar Sistem Informasi Geografis 469
16.2. Keuntungan SIG 469
16.3. Komponen Utama SIG 474
16.4. Peralatan, Bahan dan Prosedur Pembangunan SIG 479
16.5. Jenis-Jenis Analisis Spasial dengan Sistem Informasi Geografis dan Aplikasinya pada Berbagai Sektor Pembangunan 488

Lampiran
Daftar Pustaka ..... A
Glosarium ..... B
Daftar Tabel C
Daftar Gambar ..... D

DESKRIPSI

Buku Teknik Survei dan Pemetaan ini menjelaskan ruang lingkup Ilmu ukur tanah, pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan pada Ilmu Ukur tanah untuk kepentingan studi kelayakan, perencanaan, konstruksi dan operasional pekerjaan teknik sipil. Selain itu, dibahas tentang perkenalan ilmu ukur tanah, aplikasi teori kesalahan pada pengukuran dan pemetaan, metode pengukuran kerangka dasar vertikal dan horisontal, metode pengukuran titik detail, perhitungan luas, galian dan timbunan, pemetaan digital dan sistem informasi geografis.

Buku ini tidak hanya menyajikan teori semata, akan tetapi buku ini dilengkapi dengan penduan untuk melakukan praktikum pekerjaan dasar survei. Sehingga, diharapkan peserta diklat mampu mengoperasikan alat ukur waterpass dan theodolite, dapat melakukan pengukuran sipat datar, *polygon* dan *tachymetry* serta pembuatan peta situasi.

PETA KOMPETENSI

Program diklat : Pekerjaan Dasar Survei
Tingkat : x (sepuluh)
Alokasi Waktu : 120 Jam pelajaran
Kompetensi : Melaksanakan Dasar-dasar Pekerjaan Survei

No	Sub Kompetensi	Pembelajaran	
		Pengetahuan	Keterampilan
1	Pengantar survei dan pemetaan	a. Memahami ruang lingkup *plan surveying* dan *geodetic* b. Memahami ruang lingkup pekerjaan survey dan pemetaan c. Memahami pengukuran kerangka dasar vertikal d. Memahami Pengukuran kerangka dasar horisontal e. Memahami Pengukuran titik-titik detail	Menggambarkan diagram alur ruang lingkup pekerjaan survei dan pemetaan
2	Teori Kesalahan	a. Mengidentifikasi kesalahan-kesalahan pada pekerjaan survey dan pemetaan b. Mengidentifikasi kesalahan sistematis (*systematic error*) c. Mengidentifikasi Kesalahan Acak (*random error*) d. Mengidentifikasi Kesalahan Besar (*random error*) e. Mengeliminasi Kesalahan Sistematis f. Mengeliminasi Kesalahan Acak	
3	Pengukuran kerangka dasar vertikal	a. Memahami penggunaan sipat datar kerangka dasar vertikal b. Memahami penggunaan trigonometris c. Memahami penggunaan barometris	Dapat melakukan pengukuran kerangka dasar vertikal dengan menggunakan sipat datar, trigonometris dan barometris.
4	Pengukuran sipat dasar kerangka dasar vertikal	a. Memahami tujuan dan sasaran pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal b. Mempersiapkan peralatan, bahan dan formulir pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal c. Memahami prosedur pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal d. Dapat mengolah data sipat datar kerangka dasar vertikal Dapat menggambaran sipat datar kerangka dasar vertikal	Dapat melakukan pengukuran kerangka dasar vertikal dengan menggunakan sipat datar kemudian mengolah data dan menggambarkannya.

No	Sub Kompetensi	Pembelajaran	
		Pengetahuan	Keterampilan
5	Proyeksi peta, aturan kuadran dan sistem koordinat	a. Memahami pengertian proyeksi peta, aturan kuadran dan sistem koordinat b. Memahami jenis-jenis proyeksi peta dan aplikasinya c. Memahami aturan kuadran geometrik dan trigonometrik d. Memahami sistem koordinat ruang dan bidang e. Memahami orientasi survei dan pemetaan serta aturan kuadran geometrik	Membuat Proyeksi peta berdasarkan aturan kuadran dan sisten koordinat
6	Macam besaran sudut	a. Mengetahui macam besaran sudut b. Memahami besaran sudut dari lapangan c. Dapat melakukan konversi besaran sudut d. Memahami besaran sudut untuk pengolahan data	Mengaplikasikan besaran sudut dilapangan untuk pengolahan data.
7	Jarak, azimuth dan pengikatan kemuka	a. Memahami pengertian jarak pada survey dan pemetaan b. Memahami azimuth dan sudut jurusan c. Memahami tujuan pengikatan ke muka d. Mempersiapkan peralatan, bahan dan prosedur pengikatan ke muka e. Memahami pengolahan data pengikatan ke muka f. Memahami penggambaran pengikatan ke muka	Mengukur jarak baik dengan alat sederhana maupun dengan pengikatan ke muka.
8	Cara pengikatan ke belakang metode collins	a. Tujuan Pengikatan ke Belakang Metode Collins b. Peralatan, Bahan dan Prosedur Pengikatan ke Belakang Metode Collins c. Pengolahan Data Pengikatan ke Belakang Metoda Collins d. Penggambaran Pengikatan ke Belakang Metode Collins	Mencari koordinat dengan metode Collins.
9	Cara pengikatan ke belakang metode Cassini	a. Memahami tujuan pengikatan ke belakang metode cassini b. Mempersiapkan peralatan, bahan dan prosedur pengikatan ke belakang metode cassini c. Memahami pengolahan data pengikatan ke belakang metoda cassini d. Memahami penggambaran pengikatan ke belakang metode cassini	Mencari koordinat dengan metode Cassini.

No	Sub Kompetensi	Pembelajaran	
		Pengetahuan	Keterampilan
10	Pengukuran poligon kerangka dasar horisontal	a. Memahami tujuan pengukuran poligon b. Memahami kerangka dasar horisontal c. Mengetahui jenis-jenis poligon d. Mempersiapkan peralatan, bahan dan prosedur pengukuran poligon e. Memahami pengolahan data pengukuran poligon f. Memahami penggambaran poligon	Dapat melakukan pengukuran kerangka dasar horisontal (poligon).
11	Pengukuran luas	a. Menyebutkan metode-metode pengukuran luas b. Memahami prosedur pengukuran luas dengan metode sarrus c. Memahami prosedur pengukuran luas dengan planimeter d. Memahami prosedur pengukuran luas dengan autocad	Menghitung luas bedasarkan hasil dilapangan dengan metoda saruss, planimeter dan autocad.
12	Pengukuran titik-titik detail	a. Memahami tujuan pengukuran titik-titik detail metode tachymetri b. Mempersiapkan peralatan, bahan dan prosedur pengukuran tachymetri c. Memahami pengolahan data pengukuran tachymetri d. Memahami penggambaran hasil pengukuran tachymetri	Melakukan pengukuran titik-titik dtail metode tachymetri.
13	Garis kontur, sifat dan interpolasinya	a. Memahami pengertian garis kontur b. Menyebutkan sifat-sifat garis kontur c. Mengetahui cara penarikan garis kontur d. Mengetahui prosedur penggambaran garis kontur e. Memahami penggunaan perangkat lunak *surfer*	Membuat garis kontur berdasarkan data yang diperoleh di lapangan.
14	Perhitungan galian dan timbunan	a. Memahami tujuan perhitungan galian dan timbunan b. Memahami metode-metode perhitungan galian dan timbunan c. Memahami pengolahan data galian dan timbunan d. Mengetahui cara penggambaran galian dan timbunan	Menghitung galian dan timbunan.

No	Sub Kompetensi	Pembelajaran	
		Pengetahuan	Keterampilan
15	Pemetaan digital	a. Memahami pengertian pemetaan digital b. Mengetahui keunggulan pemetaan digital dibandingkan pemetaan konvensional c. Memahami perangkat keras dan perangkat lunak pemetaan digital d. Memahami pencetakan peta dengan kaidah kartografi	
16	Sisitem informasi geografik	a. Memahami pengertian sistem informasi geografik b. Memahami keunggulan sistem informasi geografik dibandingkan pemetaan digital perangkat keras dan perangkat lunak sistem informasi geografik c. Mempersiapkan peralatan, bahan dan prosedur pembangunan sistem informasi geografik d. Memahami jenis-jenis analisis spasial dengan sistem informasi geografik dan aplikasinya pada berbagai sektor pembangunan	

6. Macam Sistem Besaran Sudut

6.1 Macam besaran sudut

Pengukuran sudut merupakan salah satu aspek penting dalam pengukuran dan pemetaan horizontal atau vertikal, baik untuk pengukuran dan pemetaan kerangka maupun titik-titik detail.

Sistem besaran sudut yang dipakai pada beberapa alat berbeda antara satu dengan yang lainnya. Sistem besaran sudut pada pengukuran dan pemetaan dapat terdiri dari:

a. Sistem besaran sudut seksagesimal
b. Sistem besaran sudut sentisimal
c. Sistem besaran sudut radian

Dasar untuk mengukur besaran sudut ialah lingkaran yang dibagi dalam empat bagian, yang dinamakan kuadran.

Penggunaan nilai sudut yang diolah berbeda dengan nilai sudut yang diukur. Nilai sudut yang diolah biasanya digunakan sistem seksagesimal, terutama jika kita gunakan alat kalkulator standard.

Jika kita menggunakan bantuan PC (Personal Computer) maka nilai sudut yang digunakan biasanya adalah sistem radian.

6.2 Besaran sudut dari lapangan

6.2.1 Sistem besaran sudut seksagesimal

Sistem besaran sudut seksagesimal disajikan dalam besaran derajat, menit dan sekon. Janganlah satuan sudut sekon disebut detik, karena detik lebih baik digunakan untuk satuan waktu.

Cara seksagesimal membagi lingkaran dalam 360 bagian yang dinamakan derajat, sehingga satu kuadran ada 90 derajat. Satu derajat dibagi dalam 60 menit dan satu menit dibagi lagi dalam 60 sekon. Dengan kata lain, satu derajat (1°) sama dengan enam puluh menit (60’), satu menit (1’) sama dengan enam puluh sekon (60”), dengan demikian satu derajat (1°) sama dengan tiga ribu enam ratus sekon (3600”).

Atau dituliskan sebagai berikut :

$1^o = 60'$ $1' = 60''$ $1^o = 3600''$

6.2.2 Sistem besaran sudut sentisimal

Sistem besaran sudut sentisimal disajikan dalam besaran grid, centigrid dan centi-centigrid. Cara sentisimal membagi lingkaran dalam 400 bagian, sehingga satu kuadran mempunyai 100 bagian yang dinamakan grid. Satu grid dibagi lagi dalam 100 centigrid dan 1 centigrid dibagi lagi dalam 100 centi-centigrid. Dapat dituliskan sebagai berikut :

$1^g = 100^c$

$1^c = 100^{cc}$

$1^g = 10000^{cc}$

Cara sentisimal ini lambat laun menyampingkan cara seksagesimal, karena untuk pengukuran, apalagi hitungan cara sentisimal lebih mudah digunakan daripada cara seksagesimal.

Tetapi meskipun demikian, cara sentisimal tidaklah dapat mengganti cara seksagesimal seluruhnya, karena pada ilmu astronomi, ilmu geografi tetap digunakan cara seksagesimal untuk penentuan waktu, bujur dan lintang tempat-tempat di atas permukaan bumi.

6.2.3 Sistem besaran sudut radian

Sistem besaran sudut radian disajikan dalam sudut panjang busur. Sudut pusat di dalam lingkaran yang mempunyai busur sama dengan jari-jari lingkaran adalah sebesar satu radian.

Karena keliling lingkaran ada

$2 \pi r = 2\pi$ rad.

6.2.4 Sistem waktu (desimal)

Sistem waktu digunakan dalam pengukuran astronomi. Nilai sudut desimal maksimal adalah 360. Atau :

$360^o = 24$ jam

1 jam $= 15^o$

Hubungan antara satuan cara seksagesimal dan satuan cara sentisimal dapat dicari dengan dibaginya lingkaran dalam 360 bagian cara seksagesimal dan dalam 400 bagian cara sentisimal, jadi :

$360^0 = 400^g$

6.3 Konversi besaran sudut

Besaran-besaran sistem sudut yang berbeda dapat dikonversikan dari satu sistem ke sistem lain. Pendekatan untuk menkonversinya adalah nilai sudut dalam satu putaran. Dalam satu putaran nilai sudut adalah sama dengan 360 derajat atau 400 grid atau 2π radian. Dengan demikian jika kita akan menggunakan suatu alat pengukuran dan pemetaan yang mempunyai pengukur sudut, baik horizontal maupun vertikal, maka kita harus teliti terlebih dahulu sistem sudut yang kita gunakan untuk alat yang kita pakai.

Hubungan antara ketiga satuan tersebut adalah sebagai berikut:

- Konversi dari derajat ke grid

  Misal :

  $45^o45'35'' = \ldots\ldots\ldots\ldots^g$

  Maka :

  $$\frac{45^o45'35'' \times 400^g}{360^o}$$

  $$= \frac{45 + {}^{45}/_{60} + {}^{35}/_{3600} \times 400^g}{360^0}$$

  $= 50{,}8441358$

  $= 50^g84^c41^{cc},358$

- Konversi dari derajat ke radian

  Misal :

  $78^o49'40''$ = ... rad

  Maka :

  $$\frac{78^o49'40''}{360^0} \times 2\pi$$

  $$= \frac{78 + {}^{49}/_{60} + {}^{40}/_{3600}}{360^0} \times 2\pi$$

  = 1,376358025 rad

- Konversi dari grid ke derajat

  Misal :

  $104^g58^c77^{cc},75$ = ... ^{o}

  Maka :

  $$\frac{104^g58^c77^{cc},75}{400^g} \times 360^o$$

  $$= \frac{104 + {}^{58}/_{100} + {}^{77,75}/_{10000}}{400^g} \times 360$$

  = 94,1289975

  94° (0,1289975 x 60)

  7' (0,73985 x 60)

  44,391"

  Jadi :

  94° 07' 44,391"

- Konversi dari grid ke radian

  Misal :

  $120^g28^c10^{cc}$ = ... rad

  Maka:

  $$\frac{120^g28^c10^{cc}}{400^g} \times 2\pi$$

  $$= \frac{120 + {}^{28}/_{100} + {}^{10}/_{10000}}{400} \times 2\pi$$

  = 1,89013 rad

Atau dengan perhitungan sebagai berikut:

$2\pi = 360^o = 400^g$

maka :

$1^o = 1^g,1111.....$ $1^g = 0^o,9$

$1' = 1^c,85185185.....$ $1^c = 0',54$

$1'' = 3^{cc},08641975.....$ $1^{cc} = 0'',324$

Satu radial (disingkat dengan ρ) menjadi :

$$\rho = \frac{360^o}{2\pi} = \frac{360 \times 60'}{2\pi} = \frac{360 \times 60 \times 60''}{2\pi}$$

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

Atau

$\rho = 57^o,295,779.....$ $\rho = 63^g,661,977....$

$\rho = 3437',7467.....$ $\rho = 6,366^c,1977..$

$\rho = 206264'',8.....$ $\rho = 636619^{cc},77..$

Perhitungan Cara Tabel (Daftar)

Daftar I : Dari cara sentisimal ke cara seksagesimal

Tabel 9. Cara Sentisimal ke cara seksagesimal

g	° ′	g	° ′	g	° ′	g	° ′
00	0°	**50**	45°	**100**	90°	**150**	135°
01	0 54	51	45 54	101	90 54	151	135 54
02	1 48	52	46 48	102	91 48	152	136 48
03	2 42	53	47 42	103	92 42	153	137 42
04	3 36	54	48 36	104	93 36	154	138 36
05	4°30′	55	49°30′	105	94°30′	155	139°30′
06	5 24	56	50 24	106	95 24	156	140 24
07	6 18	57	51 18	107	96 18	157	141 18
08	7 12	58	52 12	108	97 12	158	142 12
09	8 6	59	53 6	109	98 6	159	143 6
10	9	**60**	54	**110**	99	**160**	144
11	9 54	61	54 54	111	99 54	161	144 54
12	10 48	62	55 48	112	100 48	162	145 48
13	11 42	63	56 42	113	101 42	163	146 42
14	12 36	64	57 36	114	102 36	164	147 36
15	13°30′	65	58°30′	115	103°30′	165	148°30′
16	14 24	66	59 24	116	104 24	166	149 24
17	15 18	67	60 18	117	105 18	167	150 18
18	16 12	68	61 12	118	106 12	168	151 12
19	17 6	69	62 6	119	107 6	169	152 6
20	18	**70**	63	**120**	108	**170**	153
21	18 54	71	63 54	121	108 54	171	153 54
22	19 48	72	64 48	122	109 48	172	154 48
23	20 42	73	65 42	123	110 42	173	155 42
24	21 36	74	66 36	124	111 36	174	156 36
25	22°30′	75	67°30′	125	112°30′	175	157°30′
26	23 24	76	68 24	126	113 24	176	158 24
27	24 18	77	69 18	127	114 18	177	159 18
28	25 12	78	70 12	128	115 12	178	160 12
29	26 6	79	71 6	129	116 6	179	161 6
30	27	**80**	72	**130**	117	**180**	162
31	27 54	81	72 54	131	117 54	181	162 54
32	28 48	82	73 48	132	118 48	182	163 48
33	29 42	83	74 42	133	119 42	183	164 42
34	30 36	84	75 36	134	120 36	184	165 36
35	31°30′	85	76°30′	135	121°30′	185	166°30′
36	32 24	86	77 24	136	122 24	186	167 24
37	33 18	87	78 18	137	123 18	187	168 18
38	34 12	88	79 12	138	124 12	188	169 12
39	35 6	89	80 6	139	125 6	189	170 6
40	36	**90**	81	**140**	126	**190**	171
41	36 54	91	81 54	141	126 54	191	171 54
42	37 48	92	82 48	142	127 48	192	172 48
43	38 42	93	83 42	143	128 42	193	173 42
44	39 36	94	84 36	144	129 36	194	174 36
45	40°30′	95	85°30′	145	130°30′	195	175°30′
46	41 24	96	86 24	146	131 24	196	176 24
47	42 18	97	87 18	147	132 18	197	177 18
48	43 12	98	88 12	148	133 12	198	178 12
49	44 6	99	89 6	149	134 6	199	179 6
50	45	**100**	90	**150**	135	**200**	180

cg	′ ″	cg	′ ″
00	00′00″	**50**	27′00,0″
01	0 32,4	51	27 32,4
02	1 04,8	52	28 04,8
03	1 37,2	53	28 37,2
04	2 99,6	54	29 09,6
05	2′42,0″	55	29′42,0″
06	3 14,4	56	30 14,4
07	3 46,8	57	30 46,8
08	4 19,2	58	31 19,2
09	4 51,6	59	31 51,6
10	5 24,0	**60**	32 24,0
11	5 56,4	61	32 56,4
12	6 28,8	62	33 28,8
13	7 01,2	63	34 01,2
14	7 33,6	64	34 33,6
15	8′06,0″	65	35′06,0″
16	8 38,4	66	35 38,4
17	9 10,8	67	36 10,8
18	9 43,2	68	36 43,2
19	10 15,6	69	37 15,6
20	10 48,0	**70**	37 48,0
21	11 20,4	71	38 20,4
22	11 52,8	72	38 52,8
23	12 25,2	73	39 25,2
24	12 57,6	74	39 57,6
25	13′30,0″	75	40′30,0″
26	14 02,4	76	41 02,4
27	14 34,8	77	41 34,8
28	15 07,2	78	42 07,2
29	15 39,6	79	42 39,6
30	16 12,0	**80**	43 12,0
31	16 44,4	81	43 44,4
32	17 16,8	82	44 16,8
33	17 49,2	83	44 49,2
34	18 21,6	84	45 21,6
35	18′54,0″	85	45′54,0″
36	19 26,4	86	46 26,4
37	19 58,8	87	46 58,8
38	20 31,2	88	47 31,2
39	21 03,6	89	48 03,6
40	21 36,0	**90**	48 36,0
41	22 08,4	91	49 08,4
42	22 40,8	92	49 40,8
43	23 13,2	93	50 13,2
44	23 45,6	94	50 45,6
45	24′18,0″	95	51′18,0″
46	24 50,4	96	51 50,4
47	25 22,8	97	52 22,8
48	25 55,2	98	52 55,2
49	26 27,6	99	53 27,6
50	27 00,0	**100**	54 00,0

cc	″	cc	″
00	0,0″	**50**	16,2″
01	0,3	51	16,5
02	0,6	52	16,8
03	1,0	53	17,2
04	1,3	54	17,5
05	1,6″	55	17,8″
06	1,9	56	18,1
07	2,3	57	18,5
08	2,6	38	18,8
09	2,9	59	19,1
10	3,2	**60**	19,4
11	3,6	61	19,8
12	3,9	62	20,1
13	4,2	63	20,4
14	4,5	64	20,7
15	4,9″	65	21,1″
16	5,2	66	21,4
17	5,5	67	21,7
18	5,8	68	22,0
19	6,2	69	22,4
20	6,5	**70**	22,7
21	6,8	71	23,0
22	7,1	72	23,3
23	7,5	73	23,7
24	7,8	74	24,0
25	8,1″	75	24,3″
26	8,4	76	24,6
27	8,7	77	24,9
28	9,1	78	25,3
29	9,4	79	25,6
30	9,7	**80**	25,9
31	10,0	81	26,2
32	10,4	82	26,6
33	10,7	83	26,9
34	11,0	84	27,2
35	11,3″	85	27,5″
36	11,7	86	27,9
37	12,0	87	28,2
38	12,3	88	28,5
39	12,6	89	28,8
40	13,0	**90**	29,2
41	13,3	91	29,5
42	13,6	92	29,8
43	13,9	93	30,1
44	14,3	94	30,5
45	14,6″	95	30,8″
46	14,9	96	31,1
47	15,2	97	31,4
48	15,6	98	31,8
49	15,9	99	32,1
50	16,2	**100**	32,4

Daftar II : Dari cara sentisimal ke cara radian

Tabel 10. Cara Sentisimal ke cara radian

°	g	°	g	°	g	′	g	″	g
1	1,11 111	61	67,77 778	121	134,44 444	1	0,01 852	1	0,00 031
2	2,22 222	62	68,88 889	122	135,55 556	2	0,03 704	2	062
3	3,33 333	63	70,00 000	123	136,66 667	3	0,05 556	3	093
4	4,44 444	64	71,11 111	124	137,77 778	4	0,07 407	4	123
5	5,55 556	65	72,22 222	125	138,88 889	5	0,09 259	5	154
6	6,66 667	66	73,33 333	126	140,00 000	6	0,11 111	6	185
7	7,77 778	67	74,44 444	127	141,11 111	7	0,12 963	7	216
8	8,88 889	68	75,55 556	128	142,22 222	8	0,14 815	8	247
9	10,00 000	69	76,66 667	129	143,33 333	9	0,16 667	9	278
10	11,11 111	**70**	77,77 778	**130**	144,44 444	**10**	0,18 519	**10**	0 00 309
11	12,22 222	71	78,88 889	131	145,55 556	11	0,20 370	11	340
12	13,33 333	72	80,00 000	132	146,66 667	12	0,22 222	12	370
13	14,44 444	73	81,11 111	133	147,77 778	13	0,24 074	13	401
14	15,55 556	74	82,22 222	134	148,88 889	14	0,25 926	14	432
15	16,66 667	75	83,33 333	135	150,00 000	15	0,27 778	15	463
16	17,77 778	76	84,44 444	136	151,11 111	16	0,29 630	16	494
17	18,88 889	77	85,55 556	137	152,22 222	17	0,31 481	17	525
18	20,00 000	78	86,66 667	138	153,33 333	18	0,33 333	18	556
19	21,11 111	79	87,77 778	139	154,44 444	19	0,35 185	19	586
20	22,22 222	**80**	88,88 889	**140**	155,55 556	**20**	0,37 037	**20**	0,00 617
21	23,33 333	81	90,00 000	141	156,66 667	21	0,38 889	21	648
22	24,44 444	82	91,11 111	142	157,77 778	22	0,40 741	22	679
23	25,55 556	83	92,22 222	143	158,88 889	23	0,42 593	23	710
24	26,66 667	84	93,33 333	144	160,00 000	24	0,44 444	24	741
25	27,77 778	85	94,44 444	145	161,11 111	25	0,46 296	25	772
26	28,88 889	86	95,55 556	146	162,22 222	26	0,48 148	26	802
27	30,00 000	87	96,66 667	147	163,33 333	27	0,50 000	27	833
28	31,11 111	88	97,77 778	148	164,44 444	28	0,51 852	28	861
29	32,22 222	89	98,88 889	149	165,55 556	29	0,53 704	29	895
30	33,33 333	**90**	100,00 000	**150**	166,66 667	**30**	0,55 556	**30**	0,00 926
31	34,44 444	91	101,11 111	151	167,77 778	31	0,57 407	31	957
32	35,55 556	92	102,22 222	152	168,88 889	32	0,59 259	32	0,00 988
33	36,66 667	93	103,33 333	153	170,00 000	33	0,61 111	33	0,01 019
34	37,77 778	94	104,44 444	154	171,11 111	34	0,62 963	34	049
35	38,88 889	95	105,55 556	155	172,22 222	35	0,64815	35	080
36	40,00 000	96	106,66 667	156	173,33 333	36	0,66 667	36	111
37	41,11 111	97	107,77 778	157	174,44 444	37	0,68 519	37	142
38	42,22 222	98	108,88 889	158	175,55 556	38	0,70 370	38	173
39	43,33 333	99	110,00 000	159	176,66 667	39	0,72 222	39	204
40	44,44 444	**100**	111,11 111	**160**	177,77 778	**40**	0,74 074	**40**	0,01 235
41	45,55 556	101	112,22 222	161	178,88 889	41	0,75 926	41	265
42	46,66 667	102	113,33 333	162	180,00 000	42	0,77 778	42	296
43	47,77 778	103	114,44 444	163	181,11 111	43	0,79 630	43	327
44	48,88 889	104	115,55 556	164	182,22 222	44	0,81 481	44	358
45	50,00 000	105	116,66 667	165	183,33 333	45	0,83 333	45	389
46	51,11 111	106	117,77 778	166	184,44 444	46	0,85 185	46	420
47	52,22 222	107	118,88 889	167	185,55 556	47	0,87 037	47	451
48	53,33 333	108	120,00 000	168	186,66 667	48	0,88 889	48	481
49	54,44 444	109	121,11 111	169	187,77 778	49	0,90 741	49	512
50	55,55 556	**110**	122,22 222	**170**	188,88 889	**50**	0,92 593	**50**	0,01 543
51	56,66 667	111	123,33 333	171	190,00 000	51	0,94 444	51	574
52	57,77 778	112	124,44 444	172	191,11 111	52	0,96 296	52	605
53	58,88 889	113	125,55 556	173	192,22 222	53	0,98 148	53	636
54	60,00 000	114	126,66 667	174	193,33 333	54	1,00 000	54	667
55	61,11 111	115	127,77 778	175	194,44 444	55	1,01 852	55	698
56	62,22 222	116	128,88 889	176	195,55 556	56	1,03 704	56	728
57	63,33 333	117	130,00 000	177	196,66 667	57	1,05 556	57	759
58	64,44 444	118	131,11 111	178	197,77 778	58	1,07 407	58	790
59	65,55 556	119	132,22 222	179	198,88 889	59	1,09 259	59	821
60	66,66 667	**120**	133,33 333	**180**	200,00 000	**60**	1,11 111	**60**	0,01 852

Daftar III : Dari cara seksagesimal ke cara radian

Tabel 11. Cara seksagesimal ke cara radian

	harga dalam radial				harga dalam radial		
a	**a** g	**a** cg	**a** cc	**a**	**a** g	**a** cg	**a** cc
00	0,000 000	0,000 000	0,000 000	**50**	0,785 398	0,007 854	0,000 079
01	0,015 708	0 157	002	51	0,801 106	8 011	080
02	0,031 416	0 314	003	52	0,816 814	8 168	082
03	0,047 124	0 471	005	53	0,832 522	8 325	083
04	0,062 832	0 628	006	54	0,848 230	8 482	085
05	0,078 540	0 785	008	55	0,863 938	8 639	086
06	0,094 248	0 942	009	56	0,879 646	8 796	088
07	0,109 956	1 100	011	57	0,895 354	8 954	090
08	0,125 664	1 257	013	58	0,911 062	9 111	091
09	0,141 372	1 414	014	59	0,926 770	9 268	093
10	0,157 080	0,001 571	0,000 016	**60**	0,942 478	0,009 425	0,000 094
11	0,172 788	1 728	017	61	0,958 186	9 582	096
12	0,188 496	1 885	019	62	0,973 894	9 739	097
13	0,204 204	2 042	020	63	0,989 602	9 896	099
14	0,219 911	2 199	022	64	1,003 310	10 053	101
15	0,235 619	2 356	024	**65**	1,021 018	10 210	102
16	0,251 327	2 513	025	66	1,036 726	10 367	104
17	0,267 035	2 670	027	67	1,052 434	10 524	105
18	0,282 743	2 827	028	68	1,068 142	10 681	107
19	0,298 451	2 985	030	69	1,083 849	10 838	108
20	0,314 159	0,003 142	0,000 031	**70**	1,099 557	0,010 996	0,000 110
21	0,329 867	3 299	033	71	1,115 265	11 153	112
22	0,345 575	3 456	035	72	1,130 973	11 310	113
23	0,361 283	3 613	036	73	1,146 681	11 467	115
24	0,376 991	3 770	038	74	1,162 389	11 624	116
25	0,392 699	3 927	039	75	1,178 097	11 781	118
26	0,408 407	4 084	041	76	1,193 805	11 938	119
27	0,424 115	4 241	042	77	1,209 513	12 095	121
28	0,439 823	4 398	044	78	1,225 221	12 252	123
29	0,455 531	4 555	046	79	1,240 929	12 409	124
30	0,471 239	0,004 712	0,000 047	**80**	1,256 637	0,012 566	0,000 126
31	0,486 947	4 869	049	81	1,272 345	12 723	127
32	0,502 655	5 927	050	82	1,288 053	12 881	129
33	0,518 363	5 184	052	83	1,303 761	13 038	130
34	0,534 071	5 341	053	84	1,319 469	13 195	132
35	0,549 779	5 498	055	85	1,335 177	13 352	134
36	0,565 487	5 655	057	86	1,350 885	13 509	135
37	0,581 195	5 812	058	87	1,366 593	13 666	137
38	0,596 903	5 969	060	88	1,382 301	13 823	138
39	0,612 611	6 126	061	89	1,398 009	13 980	140
40	0,628 319	0,006 283	0,000 063	**90**	1,413 717	0,014 137	0,000 141
41	0,644 026	6 440	064	91	1,429 425	14 294	143
42	0,659 734	6 597	066	92	1,445 133	14 451	145
43	0,675 442	6 754	068	93	1,460 841	14 608	146
44	0,691 150	6 912	069	94	1,476 549	14 765	148
45	0,706 858	7 069	071	95	1,492 257	14 923	149
46	0,722 566	7 226	072	96	1,507 964	15 090	151
47	0,738 274	7 383	074	97	1,523 672	15 237	152
48	0,753 982	7 540	075	98	1,539 380	15 394	154
49	0,769 690	7 697	077	99	1,555 088	15 551	156
50	0,785 398	0,007 854	0,000 079	**100**	1,570 796	0,015 708	0,000 157

Daftra IV : Dari cara radian ke cara sentisimal

π rad = 100 g ;

1 rad = 63,661 977 237 g

Tabel 12. Cara radian ke cara sentisimal

rad.	g	rad.	g	rad.	g	rad.	g
0,00	0,000 000	**0,50**	31,830 989	**1,00**	63,661 977	**1,50**	95,492 966
0,01	0,636 620	0,51	32,467 608	1,01	64,298 597	1,51	96,129 586
0,02	1,273 240	0,52	33,104 228	1,02	64,935 217	1,52	96,766 205
0,03	1,909 859	0,53	33,740 848	1,03	65,571 837	1,53	97,402 825
0,04	2,546 479	0,54	34,377 468	1,04	66,208 456	1,54	98,039 445
0,05	3,183 099	0,55	35,014 087	1,05	66,845 076	1,55	98,676 065
0,06	3,819 719	0,56	35,650 707	1,06	67,481 696	1,56	99,312 684
0,07	4,456 338	0,57	36,287 327	1,07	68,118 316	1,57	99,949 304
0,08	5,002 958	0,58	36,923 947	1,08	68,754 935	1,58	100,585 924
0,09	5,729 578	0,59	37,560 567	1,09	69,391 555	1,59	101,222 544
0,10	6,366 198	**0,60**	38,197 186	**1,10**	70,028 175	**1,60**	101,859 164
0,11	7,002 817	0,61	38,833 806	1,11	70,664 795	1,61	102,495 783
0,12	7,639 437	0,62	39,470 426	1,12	71,301 415	1,62	103,132 403
0,13	8,276 057	0,63	40,107 046	1,13	71,938 034	1,63	103,769 023
0,14	8,912 677	0,64	40,743 665	1,14	72,574 654	1,64	104,405 643
0,15	9,540 297	0,65	41,380 285	1,15	73,211 274	1,65	105,042 262
0,16	10,185 916	0,66	42,016 905	1,16	73,847 894	1,68	105,678 882
0,17	10,822 536	0,67	42,653 525	1,17	74,484 513	1,67	106,315 502
0,18	11,459 156	0,68	43,290 145	1,18	75,121 133	1,68	106,952 122
0,19	12,095 776	0,69	43,926 764	1,19	75,757 753	1,69	107,588 742
0,20	12,732 395	**0,70**	44,563 384	**1,20**	76,394 373	**1,70**	108,225 361
0,21	13,369 015	0,71	45,200 004	1,21	77,030 992	1,71	108,861 981
0,22	14,005 635	0,72	45,836 624	1,22	77,667 612	1,72	109,498 601
0,23	14,642 255	0,73	46,473 243	1,23	78,304 232	1,73	110,135 221
0,24	15,278 875	0,74	47,109 863	1,24	78,940 852	1,74	110,771 840
0,25	15,915 494	0,75	47,746 483	1,25	79,677 472	1,75	111,408 460
0,26	16,552 114	0,76	48,383 103	1,26	80,214 091	1,76	112,045 080
0,27	17,188 734	0,77	49,019 722	1,27	80,850 711	1,77	112,681 700
0,28	17,825 354	0,78	49,656 342	1,28	81,487 331	1,78	113,318 319
0,29	18,461 973	0,79	50,292 962	1,29	82,123 951	1,79	113,954 939
0,30	19,098 593	**0,80**	50,929 582	**1,30**	82,760 570	**1,80**	114,591 569
0,31	19,735 213	0,81	51,566 202	1,31	83,397 190	1,81	115,228 179
0,32	20,371 833	0,82	52,202 821	1,32	84,033 810	1,82	115,864 799
0,33	21,008 452	0,83	52,839 441	1,33	84,670 430	1,83	116,501 418
0,34	21,645 072	0,84	53,476 061	1,34	85,307 049	1,84	117,138 038
0,35	22,281 692	0,85	54,112 681	1,35	85,943 669	1,85	117,774 658
0,36	22,918 312	0,86	54,749 300	1,36	86,580 289	1,86	118,411 278
0,37	23,554 932	0,87	55,385 920	1,37	87,216 909	1,87	119,047 897
0,38	24,191 551	0,88	56,022 540	1,38	87,853 529	1,88	119,684 517
0,39	24,828 171	0,89	56,659 160	1,39	88,490 148	1,89	120,321 137
0,40	25,464 791	**0,90**	57,295 780	**1,40**	89,126 768	**1,90**	120,957 757
0,41	26,101 411	0,91	57,932 399	1,41	89,763 388	1,91	121,594 377
0,42	26,738 030	0,92	58,569 019	1,42	90,400 008	1,92	122,230 996
0,43	27,374 650	0,93	59,205 639	1,43	91,036 627	1,93	122,867 616
0,44	28,011 270	0,94	59,842 259	1,44	91,673 247	1,94	123,504 236
0,45	28,647 890	0,95	60,478 878	1,45	92,309 867	1,95	124,140 856
0,46	29,284 510	0,96	61,115 498	1,46	92,946 487	1,96	124,777 475
0,47	29,921 129	0,97	61,752 118	1,47	93,583 107	1,97	125,414 095
0,48	30,557 749	0,98	62,388 738	1,48	94,219 726	1,98	126,050 715
0,49	31,194 369	0,99	63,025 357	1,49	94,856 346	1,99	126,687 335
0,50	31,830 989	**1,00**	63,661 977	**1,50**	95,492 966	**2,00**	127,323 954

Daftar V : Dari cara seksagesimal ke cara radian

Tabel 13. Cara seksagesimal ke cara radian

a	harga dalam radial			a	harga dalam radial		
	a derajad	a menit	a sekon		a derajad	a menit	a sekon
1	0,0174533	0,0002909	0,0000048	31	0,5410521	0,0090176	0,0001503
2	0,0349066	0,0005818	0097	32	0,5585054	0,0093084	1551
3	0,0523599	0,0008727	145	33	0,5759587	0,0095993	1600
4	0,0698132	0,0011636	0194	34	0,5934119	0,0098902	1648
5	0,0872665	0,0014544	0242	35	0,6108652	0,0101811	1697
6	0,1047198	0,0017453	0,0000291	36	0,6283185	0,0104720	0,0001745
7	0,1221730	0,0020362	0339	37	0,6457718	0,0107629	1794
8	0,1396263	0,0023271	0388	38	0,6632251	0,0110538	1842
9	0,1570796	0,0026180	0436	39	0,6806784	0,0113446	1891
10	0,1745329	0,0029089	0485	40	0,6981317	0,0116355	1939
11	0,1919862	0,0031998	0,0000533	41	0,7155850	0,0119264	0,0001988
12	0,2094395	0,0034907	0582	42	0,7330383	0,0122173	2036
13	0,2268928	0,0037815	0630	43	0,7504916	0,0125082	2085
14	0,2443461	0,0040724	0679	44	0,7679449	0,0127991	2133
15	0,2617994	0,0043633	0727	45	0,7853982	0,0130900	2182
16	0,2792527	0,0046542	0,0000776	46	0,8028515	0,0133809	0,0002230
17	0,2967060	0,0049451	0824	47	0,8203047	0,0136717	2279
18	0,3141593	0,0052360	0873	48	0,8377580	0,0139626	2327
19	0,3316126	0,0055269	0921	49	0,8552113	0,0142535	2376
20	0,3490659	0,0058178	0970	50	0,8726646	0,0145444	2424
21	0,3665191	0,0061087	0,0001018	51	0,8901179	0,0148353	0,0002473
22	0,3839724	0,0063995	1067	52	0,9075712	0,0151262	2521
23	0,4014257	0,0066904	1115	53	0,9250245	0,0154171	2570
24	0,4188790	0,0069813	1164	54	0,9424778	0,0157080	2618
25	0,4363323	0,0072722	1212	55	0,9599311	0,0159989	2666
26	0,4537856	0,0075631	0,0001261	56	0,9773844	0,0162897	0,0002715
27	0,4712389	0,0078540	1309	57	0,9948377	0,0165806	2763
28	0,4886922	0,0081449	1357	58	1,0122910	0,0168715	2812
29	0,5061455	0,0084358	1406	59	1,0297443	0,0171624	2860
30	0,5235988	0,0087266	1454	60	1,0471976	0,0174533	2909

derajad	radial	derajad	radial	derajad	radial	derajad	radial
61	1,0644508	76	1,3264502	100	1,7453293	250	4,3633231
62	1,0821041	77	1,3439035	110	1,9198622	260	4,5378561
63	1,0995574	78	1,3613568	120	2,0943951	270	4,7123890
64	1,1170107	79	1,3788101	130	2,2689280	280	4,8869219
65	1,1344640	80	1,3962634	140	2,4434610	290	5,0614548
66	1,1519173	81	1,4137167	0	2,6179939	300	5,2359878
67	1,1693706	82	1,4311700	160	2,7925	310	5,4105207
68	1,1868239	83	1,4486233	170	2,9670597	320	5,5850536
69	1,2042772	84	1,4660766	180	3,1415927		5,7595865
70	1,2217305	85	1,4835299	190	3,3161256	340	5,9341195
71	1,2391838	86	1,5009832	200	3,4906585	350	6,1086524
72	1,2566371	87	1,5184364	210	3,6651914	360	6,2831853
73	1,2740904	88	1,5358897	220	3,8397244	400	6,9813170
74	1,2915436	89	1,5533430	230	4,0142573	500	8,7266463
75	1,3089969	90	1,5707963	240	4,1887902	600	10,4719755

Contoh-contoh :

Tabel 9 :

1. α = $137^g36^c78^{cc}$

137^g	=	$123^o18'$
36^c	=	00 19'26",4
78^{cc}	=	00 00 25",3
$137^g36^c78^{cc}$	=	$123^o37'51$",7

2. α = $216^g41^c56^{cc}$

Cara 1 :	200^g	=	$180^o00'00$"
	16^g	=	$14^o24'00$"
	41^c	=	$00^o22'08$",4
	56^{cc}	=	$00^o00'18$",1
	$216^g41^c56^{cc}$	=	$194^o46'26$",5
Cara 2 :	100^g	=	$90^o00'00$"
	116^g	=	$104^o24'00$"
	41^c	=	$00^o22'08$",4
	56^{cc}	=	$00^o00'18$",1
	$216^g41^c56^{cc}$	=	$194^o46'26$",5

3. α = $317^g08^c39^{cc}$

Cara 1 :	200^g	=	$180^o00'00$"
	117^g	=	$105^o18'00$"
	08^c	=	$00^o04'19$",2
	39^{cc}	=	$00^o00'12$",6
	$317^g08^c39^{cc}$	=	$285^o22'31$",8
Cara 2	100^g	=	$90^o00'00$"
	200^g	=	$180^o00'00$"
	17^g	=	$15^o18'00$"
	08^c	=	$00^o04'19$",2
	39^{cc}	=	$00^o00'12$",6
	$317^g08^c39^{cc}$	=	$285^o22'31$",8

Tabel 9 :

1. α = $148^o48'16$"

Cara 1 :	148°	=	164^g,44.444
	48'	=	0 ,88.889
	16"	=	0 ,00.494
	$148^o48'16$"	=	165^g,33.827
Cara 2 :	100°	=	111^g,11.111
	48°	=	53,33.333
	48'	=	0,88.889
	16"	=	0,00.494
	$148^o48'16$"	=	165^g,33.827

2. α = $208^o17'15$"

Cara 1 :	180°	=	200^g,00.000
	28°	=	31 ,11.111
	17'	=	0 ,31.481
	15"	=	0 ,00.463
	$208^o17'15$"	=	231^g,43.055
Cara 2 :	100°	=	111^g,11.111
	108°	=	120 ,00.000
	17'	=	0 ,31.481
	15°	=	0 ,00.463
	$208^o17'15$"	=	231^g,43.055

3. α = $332^o28'09$"

Cara 1 :	180°	=	200^g,00.000
	152°	=	168 ,88.889
	28'	=	0 ,51.852
	09"	=	0 ,00.278
	$332^o28'09$"	=	369^g,41.019

Cara 2	100°	=	111^g,11.111
	180°	=	200 ,00.000
	52°	=	57 ,77.778
	28’	=	0 ,51.852
	09”	=	0 ,00.278
	$332^o28'09''$	=	369^g,41.019

Tabel 10:

1. α = 78^g,4921

78^g	=	1,225.211 rad
49^c	=	0,007.697 rad
21^{cc}	=	0,000.035 rad
$78^g49^c21^{cc}$	=	1,232.943 rad

2. α = 116^g,1682

100^g	=	1,570.796 rad
16^g	=	0,251.327 rad
16^c	=	0 002.513 rad
82^{cc}	=	0,000.129 rad
$116^g16^c82^{cc}$	=	1,824.765 rad

3. α = 262^g,0856

100^g	=	1,570.796 rad
100^g	=	1,570.796 rad
62^g	=	0,973.894 rad
08^c	=	0,001.257 rad
56^{cc}	=	0,000.008 rad
$262^g08^c56^{cc}$	=	4,116.831 rad

Tabel 12 :

α = 1,26.486 rad

1,26	rad	=	80^g,214.091
0,00.48	rad	=	0 ,035.577
0,00.006	rad	=	0 ,003.820
1,26.489	rad	=	80^g,253.488

Tabel 13 :

1. α = $67^o19'48''$

67°	= 1,169.370.6 rad
19’	= 0,005.526.9 rad
48”	= 0,000.232.7 rad
$67^o19'48''$	= 1,175.130.2 rad

2. α = $179^o21'15''$

170°	= 2,967.058.7 rad
9°	= 0,157.079.6 rad
21°	= 0,006.108.7 rad
15°	= 0,000.072.7 rad
$179^o21'15''$	= 3,130.320.7 rad

3. α = $212^o42'26''$

200o	= 3,490.658.5 rad
12o	= 0,209.439.5 rad
42’	= 0,212.317.3 rad
26”	= 0,000.126.1 rad
$212^o42'26''$	= 3,712.441.4 rad

Petunjuk singkat pemakaian alat ukur Theodolite Boussole

Sebelum menggunakan alat ukur Theodolite perlu diperhatikan agar menjauhkan barang-barang metal yang dapat mempengaruhi jarum magnet. Sudut jurusan yang didapat adalah sudut jurusan magnetis.

I. Urutan pengaturan serta pemakaian. (contoh untuk pesawat T.O. wild)
   a. Pasanglah statif dengan dasar atas tetap di atas piket dan sedatar mungkin.
   b. Keraskan skrup-skrup kaki statif.

c. Letakkan alat T.O. di atasnya lalu keraskan skrup pengencang alat.

d. Tancapkan statif dalam-dalam pada tanah, sehingga tidak mudah bergerak.

e. Pasanglah unting-unting pada skrup pengencang alat.

f. Bila ujung unting-unting belum tepat di atas paku, maka geserkan alat dengan membuka skrup pengencang alat, sehingga ujung unting-unting tepat di atas paku pada piket.

g. Gelembung pada nivo kotak kita ketengahkan dengan menyetel ketiga skrup penyetel, buka pengunci magnit, gerakan kebelakang dan kedepan, setelah magnit diam, magnit di kunci lagi.

h. Setelah a, b, c, d, e, f, dan g, dikerjakan dengan baik, maka alat T.O. siap untuk melakukan pengamatan.

i. Dengan membuka skrup pengencang lingkaran horizontal dan vertikal arahkan teropong ke titik yang dibidik dengan pertolongan visir secara kasaran, kemudian skrup-skrup tersebut kita kencangkan kembali.

j. Jelaskan benang diafragma dengan skrup pengatur benang diafragma kemudian jelaskan bayangan dari titik yang dibidik dengan menggeser-geserkan lensa oculair.

k. Dengan menggunakan skrup penggerak halus horizontal dan vertikal, kita tepatkan target yang dibidik (skrup-skrup pengencang horizontal dan vertikal harus kencang terlebih dahulu).

l. Setelah i, j, k, dilakukan, maka pengukuran dapat dimulai.

II. Pembacaan sudut mendatar

1. Terlebih dahulu kunci boussole atau pengencang magnet kita lepaskan, kemudian akan terlihat skala pembacaan bergerak; sementara bergerak kita tunggu sampai skala pembacaan diam, kemudian kita kunci lagi.
2. Pembacaan bersifat koinsidensi dengan mempergunakan tromol mikrometer.
   (Berarti pembacaan dilakukan pada angka-angka yang berselisih 180^0 atau 200^{gr}).

Pembacaan puluhan menit/centi grade dan satuannya dilakukan pada tromol mikrometer.

Untuk pembacaan biasa, tromol mikrometer berada sebelah kanan. Untuk pembacaan luar biasa; tromol berada di sebelah kiri. Untuk dapat melihat angka-angka pembacaan pada keadaan biasa maupun luar biasa, kita putar penyetel angka pembacaan (angka pembacaan dapat diputar baik menurut biasa/ luar biasa dengan berselisih 180^0 atau 200^{gr}).

Puluhan/ ratusan derajat
(lihat angka bawah yang berselisih 180° dengan angka di atasnya = 40°)
Satuan derajat
(Berapa kolom yang ada antara angka di atas = 80^o48")

Gambar 114. Pembacan derajat

Puluhan/ ratusan grade
(lihat angka bawah yang berselisih 200^{gr} dengan angka di atasnya = 400^{gr})
Satuan derajat
(Berapa kolom yang ada antara angka di atas = $8^{gr}48^g$)

Gambar 115. Pembacaan grade

Tiap kolom mempunyai satuan 1 menit
Pembacaan seluruhnya $48^o17.3$"

Gambar 116. Pembacaan menit

Gambar 117. Pembacaan centigrade

III. Pembacaan sudut miring / jurusan

1. Terlebih dahulu ketengahkan gelembung skala vertikal dengan menggunakan skrup collimator.
2. Sistem pembacaan dengan menggunakan angka yang sama/ sebelah kiri bawah dengan sebelah kanan atas.

   Bagian skala antara angka yang sama mempunyai satuan puluhan menit.

Gambar 118. Sudut jurusan

Gambar 119. Sudut miring

IV. Pembacaan rambu

1. Untuk pembacaan jarak, benang atas kita tepatkan di 1 m atau 2 m pada satuan meter dari rambu. Kemudian baca benang bawah dan tengah.
2. Untuk pembacaan sudut miring, arahkan benang tengah dari teropong ke tinggi alatnya, sebelum pembacaan dilakukan, gelembung nivo vertikal harus diketengahkan dahulu. (tinggi alat harus diukur dan dicatat).

Gambar 120. Cara pembacaan sudut mendatar dan sudut miring

V. Keterangan

1. Pada pembacaan sudut miring perlu diperhatikan tanda positif atau negatif, sebab tidak setiap angka mempunyai tanda positif atau negatif.

2. Pada pembacaan sudut miring di dekat 0^0 perlu diperhatikan tanda positif atau negatif, sebab tandanya tidak terlihat, sehingga meragukan sipembaca.

   Sebaiknya teropong di stel pada posisi mendatar 0^0 dengan menggunakan skrup halus. Kemudian teropong kita arahkan lagi ke titik yang ditinjau, dan setelah diputar kita melihat tanda + pada skala bawah : apabila angka nol di atas berada di sebelah kanan, menunjukkan bahwa harga sudut miring tersebut positif.

3. Perlu diperhatikan sistem pembacaan dari pada pos alat ukur tersebut :
   - Sistem centesimal (grid).
   - Sistem seksagesimal (derajat).

4. Perlu diperhatikan, bahwa pembacaan skala tromol untuk pembacaan satuan menit atau satuan centigrid ada yang mempunyai harga 1 menit atau 1 centigrid per kolom, atau ada yang mempunyai harga 2 menit (2c) per kolom.

5. Sistem pembacaan lingkaran vertikal ada 2 macam yaitu:
   - Sistem sudut zenith.
   - Sistem sudut miring.

6. Sudut miring yang harganya negatif, pembacaan dilakukan dari kanan ke kiri, sedangkan untuk harga positif pembacaan dari kiri ke kanan.

7. Perlu diyakinkan harga sudut miring positif atau negatif.

Gambar 121. Arah sudut zenith (sudut miring).

Gambar 122. Theodolite T0 Wild

Keterangan

1. Sekrup-sekrup setel.
2. Permukaan nivo pesawat.
3. Jepitan untuk lingkaran mendatar.
4. Sekrup mikrometer untuk lingkaran mendatar.
5. Jepitan untuk lingkaran tegak.
6. Sekrup mikrometer untuk lingkaran tegak.
7. Tombol untuk memainkan permukaan 8.
8. Permukaan untuk pinggiran tegak.
9. Okuler dari teropong arah.
10. Cincin untuk pengatur diafragma.
11. Mikroskop untuk pinggiran tegak.
12. Okuler untuk pinggiran busole.

13. Tombol untuk mengubah arah sinar-sinar cahaya.
14. Jendela penerangan.
15. Tombol mikrometer.
16. Tuas untuk mengeratkan busole pada bagian bawah.

5. Sekrup gerak halus naik-turun garis bidik.
6. Nivo pesawat.
7. Nonius sudut datar.
8. Sekrup gerak halus lingkaran dalam.
9. Sekrup pengunci lingkaran dalam.

Gambar 123. Theodolite

Keterangan

1. Nivo teropong.
2. Lensa oculair.
3. Sekrup pengunci teropong.
4. Skrup pengatur diafragma.
10. Sekrup pengunci piringan dasar.
11. Sekrup penyetel peasawat.
12. Nivo pesawat.
13. Sekrup pengunci magnit.
14. Sekrup gerak halus lingkaran luar.
15. Sekrup pengunci lingkaran luar.

16. Nivius sudut tegak.
17. Lensa pembidik titik polygon.
18. Utara magnit.

6.4. Pengukuran sudut

6.4.1 Arti pengukuran sudut

Pengukuran sudut berarti mengukur suatu sudut yang terbentuk antara suatu titik dan dua titik lainnya. Pada pengukuran ini diukur arah dari pada dua titik atau lebih yang dibidik dari satu titik kontrol dan jarak antara titik-titik diabaikan. Pada Gbr. 123 terlihat skema sebuah bola dengan panjang jari-jari yang tak terbatas. Dengan titik pusat bola 0 sebagai titik referensi, garis kolimasi OA dari 0 ke A memotong permukaan bola tersebut pada titik A'. OXY adalah bidang horizontal dan OZ adalah sumbu tegak lurus pada bidang itu jadi dapat dianggap sebagai sumbu vertikal. Lingkaran besar yang melintasi 0' dan A' memotong bidang OXY pada titik A". Sudut ∠A" OA' disebut sudut elevasi.

Selanjutnya, jika diambil sebagai contoh, di mana terdapat dua titik sasaran A dan B seperti yang tertera pada Gbr. 124 maka sudut A" OB" disebut sudut horizontal dari A ke B.

Gambar 124. Metode untuk menentukan arah titik A.

Gambar 125. Metode untuk menentukan arah titik A dan titik B.

6.4.2 Instrumen pengukuran sudut

1. Bagian umum theodolite: Sampai pada tingkat-tingkat tertentu, berbagai macam teodolit mempunyai perbedaan baik bagian dalamnya, maupun

penampilannya, tergantung dari pengerjaannya, pabrik pembuatannya dan lain-lain, akan tetapi secara umum mempunyai prinsip mekanisme yang sama seperti yang tertera pada Gbr. 125 Secara umum teodolit dapat dipisahkan menjadi bagian atas dan bagian bawah.

Bagian atas terdiri dari :

a. Pelat atas yang langsung dipasangkan pada sumbu vertikal.
b. Standar yang secara vertikal dipasangkan pada a).
c. Sumbu horizontal didukung oleh a) dan b).
d. Teleskop tegak lurus sumbu horizontal dan dapat berputar mengelilingi sumbunya.
e. Lingkaran graduasi vertikal dengan sumbu horizontal sebagai pusatnya.
f. Dua buah (kadang-kadang hanya sebuah) niveau tabung dengan sumbu-sumbunya yang saling tegak lurus satu dengan lainnya.
g. Dua pembacaan graduasi yang berhadapan.

Bagian bawah terdiri dari :

a. Pelat bawah.
b. Lingkaran graduasi horizontal mengelilingi a).
c. Tabung sumbu luar dari sumbu vertikal yang dipasangkan tegak lurus terhadap lingkaran graduasi horizontal.
d. Pelat-pelat sejajar dan sekrup sekrup penyipat datar untuk menghorizontalkan theodolite secara keseluruhan.

Pelat atas dan pelat bawah dapat berputar mengelilingi sumbu vertikal dengan bebas di mana terdapat sekrup-sekrup tangens untuk sedikit menggeser kedua pelat tersebut.

Agar dapat dipergunakan untuk pengukuran sudut vertikal, maka pada teodolit dipasang niveau teleskop dan dilengkapi pula dengan sekrup klem untuk mengencangkan teleskop dan sekrup tangennya.

Theodolit seperti yang tertera pada Gbr. 125 dinamakan teodolit tipe sumbu ganda dan digunakan untuk pengukuran dengan ketelitian yang rendah. Terdapat pula teodolit yang tidak mempunyai klem bawah dan hanya mempunyai sumbu dalam, karena bagian yang berputar dengan tabung sumbu luar dan pelat atas sejajar disatukan. Tipe ini disebut theodolit tipe sumbu tunggal (periksa Gbr. 126).

Theodolit tipe ganda mempunyai dua buah sumbu pada bagian dalam dan bagian luar, sehingga memungkinkan pengukuran sudut dengan pengulangan *(repetition)* tertentu, yang akan diuraikan kemudian. Akan tetapi

dalam pembuatannya di pabrik amatlah sulit untuk membuat sedemikian rupa sehingga kedua sumbu tersebut sungguh-sungguh terpusat, maka theodolit tipe ini tidak cocok untuk pengukuran teliti.

Theodolit tipe sumbu tunggal kadang-kadang disebut instrumen pengukuran satu arah dan teodolit tipe sumbu ganda disebut instrumen pengukuran dengan perulangan.

A : Sumbu dalam
B : Pelat sejajar atas
C : Sumbu luar (lingkaran graduasi horizontal)

Gambar 126. Teodolite (tipe sumbu ganda)/ Repetisi

A : Sumbu dalam
B : Sumbu luar

Gambar 127. Teodolite (tipe sumbu tunggal)/ Reiterasi

2. Bagian-bagian utama theodolit : bagian-bagian utama theodolit terdiri dari teleskop, niveau, lingkaran graduasi & pembacaan, perlengkapan pengukur sudut vertikal, perlengkapan pengukur sipat-datar dan alat penegak.

a. Teleskop. Teleskop terdiri dari bagian-bagiannya yaitu, benang silang, sistem pembidik dan tabung (periksa Gbr. 127).

Gambar 128. Sistem lensa teleskop

I. Sistem lensa obyektif: kegunaan teleskop adalah untuk mengetahui arah sasaran (garis kolimasi). Karena itu disyaratkan agar bidang pandangan harus terang, pembesaran harus cukup memadai dan bayangan harus nyata. Bagian ini direncana sesuai dengan daya penglihatan mata (kira-kira 60 detik), graduasi dengan pembacaan yang teliti dan lain sebagainya.

Cahaya yang menimpa lensa, sebagian dipantulkan oleh permukaan lensa. Untuk mengurangi pantulan cahaya tersebut, maka lensa tersebut dilapisi dengan magnesium fluoride setebal 1/4 panjang gelombang cahaya yang menimpa lensa tersebut sehingga berkas cahaya yang dipantulkan dari permukaan berlapis magnesium fluoride dapat disimpangkan setengah panjang golombang pantulan cahaya dari permukaan gelas secara bertahap untuk mengurangi jumlah pantulan cahaya. Pada sistem 5 lensa tanpa lapisan, bagian cahaya yang terpantul kembali adalah 20%, sedang sistem lensa dengan lapisan hanya 6% yang terpantul kembali yang berarti suatu perbaikan yang cukup besar juga.

Pada diameter lensa obyektif tertentu, dengan semakin meningkatnya pembesaran bayangan, maka bidang pandangan akan semakin buram. Karenanya, apabila cahaya yang melalui lensa diteliti, semakin pendek gelombang cahaya tersebut, maka cahaya yang terpantul akan semakin banyak pula (Gbr. 128). Karena sinar putih terdiri dari kombinasi dari berbagai cahaya yang mengandung bermacam-macam panjang gelombang, maka bayangan yang diperoleh menjadi buram. Fenomena ini dinamakan penyimpangan kromatik *(chromatic).* Apabila berkas cahaya sejajar menimpa sebuah lensa (Gbr. 129), berkas cahaya yang berada dekat dengan sumbu optik, panjang fokusnya lebih besar, sedang yang berada lebih jauh dari sumbu optik, panjang fokusnya lebih kecil. Fenomena ini disebut penyimpangan speris lensa. Terdapat juga penyimpangan-penyimpangan lensa lainnya dan pengaruh-pengaruh ini dapat dihilangkan dengan suatu kombinasi lensa pembalik pantulan (lensa negatif). Pada umumnya sistem lensa obyektif teleskop untuk pengukuran terdiri dari dua atau lebih kombinasi lensa.

Gambar 129. Penyimpangan kromatik

Gambar 130. Penyimpangan speris

II. Benang silang: titik perpotongan benang silang *(cross-hair)* adalah untuk menempatkan sasaran pada titik tertentu dalam teleskop. Garis lurus yang menghubungkan pusat optik obyektif dengan titik tersebut dinamakan garis kolimasi. Berbagai macam cara untuk pembuatan benang silang, antara lain dengan menggunakan benang sarang labah-labah, atau benang nylon yang direntangkan pada bingkai melingkar atau garis-garis halus yang diguratkan pada lempeng gelas yang tebalnya kira-kira 1 sampai 3μ seperti yang tertera pada Gbr. 130. Posisi benang silang yang berarti pula posisi garis kolimasi dapat digeser-geser dan disesuaikan dengan empat buah sekrup. Tipe benang silang dapat dilihat pada Gbr. 131.

Gambar 131. Diafragma (benang silang)

Gambar 132. Tipe benang silang

III. Sistem pembidik: pada dasarnya pembidik adalah kombinasi dari sebuah lensa pandang *(field view lens)* dan lensa bidik *(eye piece).* Umumnya digunakan tipe Ramsden, dan untuk mengurangi penyimpangan-penyimpangan, maka kedua lensa harus mempunyai panjang fokus yang sama serta

penempatan jarak kedua lensa sama dengan 3/4 panjang fokusnya (periksa Gbr. 132).

Gambar 133. Pembidik Ramsden

IV. Tombol fokus: Sasaran yang diukur meliputi jarak-jarak yang amat pendek sampai puluhan kilometer dan karenanya apabila jarak antara sistem obyektif dan benang silang sudah tertentu, maka bayangan yang jelas dari sasaran tak selalu muncul pada bidang benang silang. Karenanya pada teleskop terdapat tombol penyetel agar bayangan dari sasaran dapat terlihat jelas pada bidang benang silang. Ditinjau dari cara pengfokusannya, maka terdapat 2 tipe teleskop yaitu:

- Teleskop pengfokus luar *(external focussing telescope)* di mana lensa obyektif yang digeser-geser dan kelemahannya adalah bahwa penggeseran obyektif, mengakibatkan mudah bergesernya titik pusat teleskop dan selanjutnya garis koliminasinya bergeser pula.
- Teleskop pengfokus dalam *(internal focussing telescope)* di mana di antara obyektif dan benang silang ditempatkan sistem lensa cekung (lensa fokus) (periksa Gbr. 133).

Gambar 134. Teleskop pengfokus dalam

b. Niveau

I. Niveau tabung: pengukuran sudut dimulai dengan menempatkan sumbu vertikal teodolit sedemikian rupa sehingga berimpit dengan vertikal dan kemudian dilakukan pembacaan sudut horizontal dan sudut vertikalnya. Pengukuran ini dilakukan dengan pertolongan niveau. Niveau bekerja pada prinsip bahwa cairan akan berada dalam keadaan tenang, jika permukaannya dalam posisi vertikal terhadap arah gaya tarik bumi. Terdapat dua tipe niveau, yaitu niveau tabung batangan *(bar bubble tube)* dan niveau tabung bundar *(circular bubble tube).* Niveau tabung batangan (periksa Gbr. 134) dibuat dengan membentuk busur lingkaran pada dinding dalam *(inside surface)* bagian atas tabung gelas dengan arah axial yang

kemudian sebagian diisi dengan campuran alkohol dan ether, serta sebagian lagi masih terisi udara. Sedang niveau tabung bundar dibuat dengan mengasah dinding dalam bagian atas tabung sehingga berbentuk speris dan kemudian diisi cairan seperti tipe pertama (periksa Gbr. 135). Kedua tipe tersebut mempunyai prinsip kerja yang sama tetapi niveau tabung bundar lebih baik karena kemiringannya ke segala arah dapat diketahui dengan segera. Sebaliknya untuk kepekaan yang lebih tinggi, maka niveau memerlukan tabung dengan ukuran yang lebih besar, sedangkan tabung ukuran besar tidaklah akan serasi untuk dipasang pada instrumen pengukuran, karena itu hanya diproduksi niveau tabung dengan kepekaan yang rendah yang digunakan untuk instrumen-instrumen pengukuran berketelitian rendah atau untuk alat penyipat-datar pertama pada instrumen-instrumen pengukuran berketelitian tinggi.

II. Kepekaan niveau tabung: apabila kemiringan niveau tabung adalah θ (periksa Gbr. 136), maka gelembung niveau bergerak dari titik A ke titik B dan akan diperoleh persamaan sebagai berikut:

$R\theta = S$

$$\therefore \frac{d\theta}{dS} = \frac{1}{R} \quad atau \quad d\theta = \frac{dS}{R}$$

Apabila dS = *2* mm, dan dθ dinyatakan dalam detik, maka akan diperoleh:

$$d\theta'' = 413 \ x \ \frac{1}{R}$$

Secara internasional untuk menentukan kepekaan niveau tabung telah disepakati dengan kemiringan tertentu dari niveau tersebut, sehingga menyebabkan pergeseran gelembung sebesar *2* mm. Dengan demikian harga-harga $d\theta$ dan R disesuaikan seperti pada tabel di bawah ini:

Kepekaan (detik)	30	20	10
Jari-Jari lengkung (m)	14	21	41

Gambar 135. Niveau tabung batangan

Gambar 136. Niveau tabung bundar.

Gambar 137. Hubungan antara gerakan gelembung dan inklinasi.

c. Lingkaran graduasi dan pembacaan

I. Lingkaran graduasi: lingkaran graduasi umumnya terbuat dari bahan baja atau gelas. Akan tetapi sifat baja yang mudah berdeformasi, akibat berat sendiri sehingga tidak dapat digunakan untuk teodolit berketelitian tinggi. Sebagai pembacaan pada lingkaran graduasi baja umumnya digunakan vernir atau mikrometer. Dewasa ini lingkaran graduasi umumnya terbuat dari gelas dengan graduasi yang sangat halus (hanya beberapa mikron saja). Kelebihan dari bahan gelas ini adalah ringan, transparan, seragam, dan lain-lain sehingga sangat cocok untuk perlengkapan teodolit. Lingkaran graduasi mempunyai skala besar pada vernir: vernir terdiri dari empat tipe yaitu vernir langsung (direct vernier), vernir mundur *(refrograde vernier),* vernir ganda dan vernir lipat ganda *(double folded vernier).*

Seperti yang tertera pada Gbr. 137, untuk vernir langsung graduasinya adalah panjang dari pembagian *(n - 1)* skala besar, dibagi lagi dengan *n* bagian sama panjang. Apabila satu interval graduasi dari pada skala besar adalah L_M, maka akan terjadi hubungan berikut:

$(n - 1)\, L_M = nL_V$

$$\therefore L_M - L_V = L_M - \frac{(n-1)L_M}{n} = \frac{L_M}{n}$$

Karena itu L_M / n adalah unit minimum untuk memungkinkan pengukuran dengan vernir. Pecahan-pecahan dapat dibaca dari graduasi vernir, apabila skala besar dan vernir berimpit satu dengan lainnya (Gbr. *138).* Umpamanya pembacaan dengan vernir dibutuhkan untuk 20" pada interval-interval graduasi minimum pada skala besar 20', 20"= L_M/n=20'/60 jadi 59 graduasi pada skala besar harus dibagi menjadi 60 bagian yang sama seperti graduasi pada vernir. Vernir tidak langsung mempunyai graduasi yang dibuat dengan membagi rata panjang graduasi *(n - 1)* pada skala besar menjadi *n* bagian dan gambar graduasi pada vernir berlawanan dengan skala besar (Gbr. *139).* Ada

juga teodolit yang mempunyai dua graduasi pada kedua arah dan karenanya terdapat vernir dengan graduasi pada kedua sisinya dengan 0 sebagai pusatnya yang disebut vernir ganda. Karena vernir ganda tersebut umumnya panjang, terdapat vernir dengan dua graduasi dalam dua arah dan tipe ini dinamakan vernir ganda balik. Gbr. 141 menunjukkan contoh-contoh pembacaan vernir.

Gambar 140. Pembacaan vernir langsung

Gambar 141. Pembacaan vernir mundur 20,7.

Gambar 138. Berbagai macam lingkaran graduasi.

Gambar 139. Vernir langsung.

Pembacaan Skala besar $32^0 40'$

Pembacaan vernir + $3'40''$

$32^0 43'40''$

Gambar 142. Pembacaan berbagai macam vernir

Gambar 143. Sistem optis theodolite untuk mikrometer skala

Gambar 144. Pembacaan mikrometer skala

II. Mikrometer skala: mikrometer skala adalah mikrometer yang mempunyai lempeng gelas dengan graduasi skala kecil dari satuan graduasi skala besar, ditempatkan pada bidang fokus dari lensa obyektif (Gbr. 142).

III. Mikrometer optik: untuk menghilangkan kesalahan eksentris lingkaran graduasi, haruslah dibaca suatu graduasi 180° yang terpisah pada lingkaran graduasi tersebut. Wild menemukan cara di mana arah masuk berkas cahaya dipindahkan secara paralel dengan menggunakan lempeng gelas datar sejajar dan pergeseran mikrodial akibat perpindahan diperbesar untuk pengukuran. Cara ini amat mempermudah pengukuran sudut dan memungkinkan pengukuran sampai 0, 1". Prinsip ini ditunjukkan pada Gbr. 143 A dan B menunjukkan bayangan graduasi 180° terpisah satu dengan lainnya. Bayangan-bayangan graduasi dapat terlihat melalui lempeng gelas sejajar dan sistim gelas prisma. Pada saat pelaksanaan pengukuran, mikrodial digeser agar A dan B yang berlawanan dapat berhimpit. Dial atau piringan tempat angka-angka mempunyai graduasi berputar yang halus dan graduasi ini juga masuk dalam bidang pandangan mikrometer sehingga dapat dibaca

bersama skala besar. Dewasa ini penggunaan lempeng gelas sejajar untuk mekanisme pembacaan instrumen pengukuran sudah sangat populer.

IV.

Gambar 145. Sistem optis mikrometer tipe berhimpit.

Gambar 146. Contoh pembacaan mikrometer tipe berhimpit.

Gambar 147. Sistem optis theodolite dengan pembacaan tipe berhimpit.

d. Instrumen pengukuran sudut vertikal. Akibat dari terjadinya ayunan berkas cahaya yang melintasi udara terbuka, maka pengukuran-pengukuran sudut vertikal menghasilkan ketelitian yang rendah, sehingga dimensi lingkaran graduasi vertikal umumnya dibuat lebih kecil dibandingkan dengan lingkaran graduasi horizontalnya. Karena pengukuran sudut vertikal dilaksanakan sesuai dengan arah vertikal, teodolit dilengkapi dengan alat penyipat-datar yang mempunyai ketelitian relatif tinggi dari kelas 10" sampai 20" atau tabung libel silang khusus.

e. Alat penyipat datar: alat penyipat-datar *(leveling device)* pada teodolit digunakan untuk membuat agar sumbu vertikal teodolit berhimpit dengan garis vertikal. Tipe alat penyipat-datar terdiri dari alat penyipat-datar speris *(spherical leveling device)* dan alat penyipat-datar tipe sekrup *(screw type leveling device).* Alat penyipat-datar speris digunakan pada instrumen-instrumen berketelitian rendah (Gbr. 147). Gbr. 148 menunjukkan alat penyipat-datar tipe tiga sekrup, *(three screw type leveling device).* Untuk penyetelannya mula-mula kemiringan dikoreksi dengan dua sekrup penyetel sambil mengamati suatu niveau yang ditempatkan pada posisi sejajar dengan garis hubung antara dua sekrup tadi. Kemudian kemiringan disetel dengan sebuah sekrup penyetel yang tegak lurus dengan arah tadi sambil mengamati niveau yang dipasang pada arah ini. Ada juga alat penyipat-datar tipe empat sekrup, *(fourscrew type leveling device)* tetapi saat ini sudah tidak banyak digunakan lagi.

f. Alat penegak: alat penegak *(flumbing device)* umumnya terdiri dari tipe unting-unting *(plumb bob)* dan tipe penegak optik *(optical plumbing device).* Gbr. 150 menunjukkan potongah melintang sebuah unting-unting.

Gbr. 150 menunjukkan alat penegak optik yang banyak digunakan pada teodolit. Alat ini adalah suatu teleskop kecil untuk melihat permukaan tanah dari sumbu vertikal teodolit dan memungkinkan penempatan sentris teodolit pada sebuah stasion.

Gambar 148. Alat penyipat datar speris.

Gambar 149. Alat penyipat datar dengan sentral bulat.

Gambar 150. Unting-unting

Gambar 151. Alat penegak optis.

Gambar 152. Kesalahan sumbu kolimasi.

Alat ini adalah suatu teleskop kecil untuk melihat permukaan tanah dari sumbu vertikal teodolit dan memungkinkan penempatan sentris teodolit pada sebuah stasion.

6.4.2 Kesalahan-kesalahan instrumen dan cara-cara meniadakannya

1. Kesalahan sudut kolimasi: titik di mana sumbu kolimasi, sumbu horizontal dan vertikal suatu teodolit bertemu pada sudut siku-siku dianggap sebagai titik 0 dan dianggap adanya satuan speris di sekitar titik tersebut. Pada Gbr. 151, AOB adalah sumbu horizontal, $\overline{ADBE}$ adalah lingkaran graduasi dan $\overline{CD}$ adalah tempat kedudukan sumbu kolimasi yang berputar mengelilingi sumbu horizontal. Apabila sasaran S dibidik dengan teodolit pada kemiringan garis kolimasi sebesar sudut α (pada Gbr. 152 tempat kedudukan garis kolimasi adalah seperti yang digambarkan dengan garis terputus-putus). Dengan maksud untuk membidik sasaran S dengan teodolit di mana sumbu horizontal sungguh-sungguh tegak lurus terhadap sumbu kolimasi, teleskop diputar sebesar sudut $\beta.\beta$ disebut kesalahan sumbu kolimasi. Apabila SH adalah busur yang tegak lurus terhadap CD, maka SH $=\alpha$. Apabila sudut elevasi sasaran = h,

maka dari rumus segitiga bola

sin α = sin C sin (90° - h)

$$\therefore \sin C = \sin\alpha \ \sec \ h$$

Karena C dan α sangat kecil, kesalahan sumbu kolimasi dihitung dengan pcrsamaan:

$$\beta = C = \alpha \ \sec \ h$$

Apabila teleskop ditempatkan dalam posisi kebalikan, kesalahan sumbu kolimasi menjadi – β dan karenanya dengan merata-ratakan nilai-nilai yang diperoleh dari posisi teleskop normal dan posisi kebalikan, maka kesalahan sumbu kolimasi dapat ditiadakan.

2. Kesalahan sumbu horizontal: kesalahan yang terjadi akibat sumbu horizontal tidak tegak lurus sumbu vertikal disebut kesalahan sumbu horizontal. Pada Gbr. 6.27, apabila tidak terdapat kesalahan sumbu, tempat kedudukan garis kolimasi dengan teleskop yang mengarah pada S berputar mengelilingi sumbu horizontal adalah CSD. Apabila sumbu horizontal miring sebesar i menjadi A'B', tempat kedudukannya adalah C'SD'. Dalam segitiga bola SDD', DD' = α adalah kesalahan sumbu horizontal, apabila sumbu horizontal miring sebesar i. Dari rumus segitiga bola,

$$\sin\alpha = \tan \ h / \tan(90^0 - i)$$

$$= \tan \ h \ \tan \ i$$

Karena α dan i biasanya sangat kecil, persamaan dapat menjadi

$$\alpha = i \ \tan \ h$$

Apabila teleskop dipasang dalam posisi kebalikan, tanda kesalahan menjadi negatif dan apabila sudut yang dicari dengan teleskop dalam posisi-posisi normal dan kebalikan di rata-rata maka kesalahan sumbu horizontal dapat dihilangkan.

3. Kesalahan sumbu vertikal: kesalahan yang timbul akibat tidak berhimpitnya sumbu vertikal teodolit dengan arah garis vertikal disebut kesalahan sumbu vertikal. Pada Gbr. 153, diperlihatkan sumbu vertikal teodolit *X'* miring membentuk sudut *v* terhadap arah garis vertikal X. AB adalah arah kemiringan maximum lingkaran graduasi horizontal. Apabila teleskop berputar mengelilingi sumbu horizontal dengan sasaran S pada sudut elevasi h dalam keadaan di mana sumbu vertikal teodolit berhimpit dengan arah garis vertikal akan diperoleh posisi lintasan teleskop CSD dalam arah sebesar u dari arah kemiringan maximum, sedang dalam keadaan di mana

sumbu vertikal teodolit miring sebesar v terhadap arah garis vertikal akan diperoleh posisi lintasan teleskop C'SD' dalam arah sebesar u' dari kemiringan maximumnya. Dari kedua macam lintasan teleskop tersebut, maka akan diperoleh gambar segitiga bola SCC' dan dari segitiga ini kesalahan sumbu vertikal β dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\beta = u' - u = v \ \sin u' \cot(90^0 - h)$$

$$= v \ \sin u' \tan \ h$$

Gambar 153. Kesalahan sumbu horizontal

Gambar 154. Kesalahan sumbu vertikal.

Karena kesalahan sumbu vertikal tak dapat dihilangkan dengan merata-ratakan dari observasi dengan teleskop dalam posisi normal dan dalam posisi kebalikan, maka pengukuran haruslah dilaksanakan dengan hati-hati, terutama pada saat pengukuran untuk sasaran dengan sudut elevasi yang besar.

4. Kesalahan eksentris: kesalahan yang timbul apabila sumbu vertikal teodolit tidak berhimpit dengan pusat lingkaran graduasi horizontal disebut kesalahan eksentris *(eccentric error).* Pada Gbr. 154, 0' adalah pusat sumbu vertikal dan 0 adalah pusat lingkaran graduasi. Meskipun sudut sasaran A dan B pada 0' adalah θ, θ_1 dan θ_2 terbaca pada lingkaran graduasi, $2\alpha = \theta_2$, $2\beta = \theta$, $\alpha + \beta = \theta$ sehingga

$$\theta = \alpha + \beta = \frac{\theta_1}{2} + \frac{\theta_2}{2} = \frac{1}{2}(\theta_1 + \theta_2)$$

Apabila graduasi yang berhadapan dibaca untuk masing-masing sasaran dan di rata-rata, kesalahan eksentris lingkaran graduasi dapat ditiadakan.

5. Kesalahan luar: kesalahan yang timbul akibat sumbu kolimasi teleskop tidak melewati sumbu vertikal disebut kesalahan luar. Pada Gbr. 155 teleskop ditempatkan terpisah dari sumbu vertikal sejauh R. Apabila sasaran A dibidik dengan teleskop pada posisi normal, pembacaannya adalah r dan pada posisi kebalikan, pembacaannya adalah l. Apabila

sasaran B dibidik, pembacaannya masing-masing adalah r' dan l, Sudut yang diperoleh dengan teleskop pada posisi normal adalah a dan pada posisi kebalikan adalah *b.* Sudut yang dibentuk oleh A dan B adalah θ.

$$\theta + \beta = \alpha + b, \qquad \theta + \alpha = \beta + a$$

Jadi $\theta = \frac{1}{2}(a+b)$

Apabila sudut-sudut yang diukur dengan teleskop dalam posisi normal dan posisi kebalikan, kemudian dirata-ratakan, maka besarnya sudut θ dapat diketahui.

Gambar 155. Kesalahan eksentris.

Gambar 156. Kesalahan luar.

6. Kesalahan graduasi: kesalahan graduasi umumnya dinyatakan dengan deret Fourier. Apabila kesalahan graduasi sudut adalah *dθ:* maka

$$d\theta = a_1 \sin(\theta + c_1) + a_2 \sin(2\theta + c_2) + ..$$
$$= \sum_{i=1}^{n} a_i \sin(i\theta + ci) \text{ .....(6.9)}$$

Apabila graduasi dibaca pada sisi yang berlawanan dengan 180° dan kedua harga tersebut dirata-ratakan, maka

$$\frac{d\theta + d(\theta + 180^0)}{2}$$
$$= a_2 \sin(2\theta + c_2) + a_4 \sin(4\theta + c_4) + ..$$

Bagian-bagian bilangan ganjil pada persamaan (6.9) dihilangkan. Apabila hasil-hasil pengukuran di rata-rata pada θ dengan sudut 0°, 45°, 90° dan 135°, maka hanya tinggal bagian ke delapan ke atas yang memungkinkan penghapusan hampir semua kesalahan graduasi biasa. Dalam praktek di lapangan biasanya dilakukan dengan merubah posisi lingkaran graduasi seperti misalnya 0° dan 90° atau 0°, 60° dan 120°.

Penyetelan theodolite

Pada bab sebelumnya telah diuraikan bahwa kesalahan-kesalahan instrumen umumnya dapat dihilangkan dengan

observasi-observasi melalui theodolit dengan teleskopnya dalam posisi normal dan dalam posisi kebalikan. Untuk angka kesalahan sumbu yang kecil, bagian berpangkat dua dari persamaan-persamaan yang telah diterangkan terdahulu dapat diabaikan, akan tetapi pada kesalahan sumbu dengan angka yang besar, maka bagian yang berpangkat dua tersebut harus diperhitungkan.

1. Penyetelan niveau pelat: penyetelan ini adalah untuk menempatkan agar sumbu tabung gelembung dari pada niveau pelat berada pada sudut-sudut siku-siku terhadap sumbu vertikal. Apabila syarat ini terpenuhi sumbu vertikal dapat ditempatkan pada posisi yang betul-betul vertikal. Apabila teodolit telah dipasang, gelembung niveau pelat ditempatkan pada posisi di tengah-tengah dengan mengatur sekrup-sekrup penyipat datar A dan B (Gbr. 157). Selanjutnya gelembung niveau yang tegak lurus terhadapnya ditempatkan pula pada posisi di tengah-tengah dengan sekrup C. Pelat atas teodolit diputar 180° dan posisi gelembung pada niveau dibaca. Apabila gelembung niveau tetap berada di tengah-tengah berarti sumbu niveau sudah tegak lurus terhadap sumbu vertikal. Apabila gelembung menyimpang, maka untuk menempatkan teodolit pada posisi yang dikehendaki, dengan sekrup pengatur niveau diatur sedemikian sehingga setengah simpangan dan setengahnya lagi diatur dengan sekrup-sekrup penyipat-datar.

Gambar 157. Penyetelan sekrup-sekrup penyipat datar

2. Penyetelan benang silang :

   a. Penyetelan agar garis bujur benang silang tegak lurus sumbu vertikal : Titik sasaran sejauh kira-kira 50 meter dibidik dengan teleskop yang digerakkan secara vertikal sedikit demi sedikit dengan hanya memutar sekrup tangens vertikal dan semua sekrup-sekrup masing-masing bagian dikencangkan. Apabila garis bujur benang silang tidak tegak lurus sumbu horizontal, tempat kedudukan sasaran tidak akan berhimpit dengan garis bujur benang silang (Gbr. 158). Pada keadaan ini, bingkai benang silang harus diputar untuk penyesuaian.

Gambar 158. Penyetelan benang silang (Inklinasi).

b. *Penyetelan agar garis kolimasi tegak lurus sumbu horizontal:* theodolite ditempatkan pada sebuah lapangan yang datar, sehingga dapat diletakkan sasaran-sasaran masing-masing 50 m dari kedua sisinya. Sebuah sasaran ditempatkan pada sebuah sisi di titik A dan pada sisi yang lain ditempatkan sebuah pelat di titik B, tetapi titik A dan titik B mempunyai jarak yang sama terhadap teodolit tersebut. Mula-mula A dibidik dengan teleskop dalam posisi normal dan dengan teleskop dalam posisi kebalikan diputar mengelilingi sumbu horizontal, sedang posisi pusat benang silang ditandai pada permukaan pelat sebagai B_1. Kemudian dengan teleskop dalam posisi kebalikan, A dibidik dan teleskop dibalik lagi memutari sumbu horizontal mencapai posisi normal. Apabila pusat benang silang berhimpit dangan B_1, maka penyetelan tidak diperlukan. Apabila tidak berhimpit, posisi pusat benang silang ditandai dengan B_2. B_1 dan B_2 dihubungkan menjadi satu garis lurus dan titik pada 1/4 B_2B_1 dari B_2 ke B_1 ditandai dengan C. Penyetelan dilakukan dengan sekrup pengatur horizontal benang silang untuk menempatkan pusat benang silang pada C. Penempatan 1/4 B_2B_1 dilakukan seperti yang tertera pada Gbr. 158.

Gambar 159. Penyetelan benang silang (Penyetelan garis longitudinal).

c. Penyetelan sumbu horizontal: setelah menyetel sumbu vertikal, suatu titik yang jelas pada tempat yang tinggi dibidik dan teleskop diputar mengelilingi sumbu horizontal untuk membidik tanah. Posisi pusat benang silang ditandai dengan titik A. Dengan membalik teleskop, P dibidik lagi. Kemudian teleskop diputar untuk membidik titik tanah B dan apabila titik B berhimpit dengan A maka tidak diperlukan penyetelan. Apabila tidak berhimpit, titik C sebagai titik tengah AB dibidik

dan kemudian dengan teleskop diarahkan ke P, sedang penyetelan dilakukan dengan menggunakan sekrup horizontal untuk menempatkan pusat benang silang berhimpit dengan P (Gbr.160).

Gambar 160. Penyetelan sumbu horizontal.

d. Penyetelan sipat datar teleskop: penyetelan ini diadakan agar sumbu kolimasi sejajar dengan sumbu niveau dan harus sesuai dengan "metode pengaturan patok" *(peg adjusment method).*

e. Penyetelan posisi vernir duri pada lingkaran graduasi vertikal: suatu sasaran tertentu diobservasi dengan teleskop dalam posisi normal dan posisi kebalikan untuk memperoleh kesalahan duga *(fiducial error)* atau konstanta garis ketinggian (periksa metode observasi sudut vertikal). Pada teodolit dengan niveau ketinggian, maka pengaturan harus diadakan dengan sekrup tangens tabung tersebut untuk mengoreksi pembacaan konstanta ketinggian. Apabila ternyata gelembung menyimpang, maka penempatan gelembung agar berada di tengah-tengah dengan sekrup pengatur niveau. Apabila niveau ketinggian tidak terdapat pada teodolit, posisi vernir harus diatur dengan mengoreksi pembacaan-pembacaan untuk konstanta ketinggian.

f. Penyetelan agar garis kolimasi teleskop pada alat penegak optik berhimpit dengan sumbu vertikal: Setelah teodolit disipat-datarkan, alat ini diputar mangelilingi sumbu vertikal setiap 90° untuk menggeser alat penegak optik dan posisi-posisi sentris dari pada benang silang ditandai pada selembar kertas yang diletakkan di atas tanah di tengah-tengah statif. Setiap dua titik yang berhadapan 180° dihubungkan dengan garis dan penyetelan dilakukan agar pusat benang silang teleskop terletak pada titik potong. Apabila alat penegak optik tidak dapat digerakkan mengitari sumbu vertikal digantungkan unting-unting dan diatur agar pusat benang silang alat penegak optik berhimpit dengannya.

Metode-metode observasi sudut horizontal

1. Pengukuran sudut tunggal dan jumlah observasi: Gbr. 160 menunjukkan suatu contoh pengukuran sebuah sudut 0 dengan membidik A dan B dari titik observasi 0 Prosedurnya adalah sebagai berikut:

   a. Memasang dan menyipat-datarkan teodolit pada titik O.
   b. Membidik sasaran A dengan tepat dan mengencangkan sekrup klem. Menyetel lingkaran graduasi pada kira-kira angka 0°.
   c. Menempatkan sasaran pada pusat benang silang teleskop dengan memutar sekrup tangens horizontal.
   d. Membaca lingkaran graduasi horizontal ... observasi A dengan teleskop dalam posisi normal (r_A) ... Pembacaan permulaan.
   e. Kendorkan sekrup klem dan bidik sasaran B dengan tepat, Kencangkan kembali sekrup klem.
   f. Teleskop dibalik dan bidikan kea rah B, graduasi dibaca … observasi B dengan teleskop dalam posisi kebalikan (l_B)
   g. Teleskop diputar ke arah A, bidik dan baca graduasinya ... observasi A dengan teleskop dalam posisi kebalikan (l_A).

Contoh pencatatan ke dalam buku lapangan dapat dilihat pada Tabel 11 Pengukuran r_A, r_B, l_B dan l_A disebut satu seri pengukuran. Untuk menambah jumlah seri pengukuran guna meningkatkan ketelitiannya, penempatan posisi lingkaran graduasi harus sesuai dengan tabel 15.

Gambar 161. Pengukuran sudut tunggal.

2. Pengukuran sudut dengan repetisi : Pengukuran sudut dengan repetisi hanya dapat dilakukan dengan teodolit tipe sumbu ganda dan dapat mengurangi pengaruh kesalahan pembacaan meskipun dengan teodolit bergraduasi horizontal yang kasar. Untuk mengukur sudut dalam berbagai arah, cara ini akan membutuhkan waktu yang lama, jadi hanya efektif untuk pengukuran sudut tunggal seperti misalnya pengukuran jaring-jaring. Prosedur repetisi sudut *n* kali adalah sebagai berikut:

   a. Menempatkan lingkaran graduasi tepat pada posisi 0° sedang teleskop dalam posisi normal.

b. Mengencangkan klem atas dan mengendorkan klem bawah. Membidik A dengan memutar pelat bawah untuk membaca α_0.

c. Mengencangkan pelat bawah dan mengendorkan klem atas membidik B dengan memutar pelat atas untuk membaca α_1 (α_1 adalah untuk mengontrol).

d. Mengendorkan pelat bawah dan memutar pelat atas yang sudah kencang untuk membidik A lagi.

e. Dengan pelat bawah dikencangkan, membidik B dengan memutar pelat atas.

f. Mengulangi pekerjaan d) dan e) *n* kali untuk membaca α_n.

g. Melakukan observasi yang sama dengan teleskop dalam posisi kebalikan.

3. Metode arah: metode ini digunakan apabila observasi dilakukan untuk arah yang banyak seperti tampak pada Gbr. 162 dan prosedurnya adalah sebagai berikut:

a. Membidik A dengan tepat dengan teleskop dalam posisi normal dan tempatkan lingkaran graduasi mendekati angka 0^0, dan membaca graduasinya.

b. Membidik ke arah B dan membaca graduasinya.

c. Membidik berturut-turut C, D dan E dengan cara yang sama dan membaca graduasi masing-masing sasaran tersebut.

d. Kemudian membidik E, D, C, B dan A dengan teleskop dalam posisi kebalikan dan membaca graduasinya.

Rangkaian observasi di atas dinamakan satu seri observasi. Di mana perlu, jumlah seri observasi dapat ditambah. Dan Tabel 15 menunjukkan contoh pencatatan metode arah tersebut.

4. Metode sudut: observasi untuk arah yang banyak, tetapi dengan pengukuran sudut tunggal disebut metode sudut. (periksa-Gbr. 163), Metode sudut umumnya digunakan untuk observasi yang teliti tetapi metode ini dianggap tidak efisien.

5. Limitasi penggunaan angka-angka hasil observasi, sudut ganda dan perbedaan: dianjurkan agar mengambil jumlah dari rangkaian angka-angka observasi yang logis serta sistematis dan tidak menggunakan angka-angka lainnya dengan kesalahan tak disengaja yang terlalu besar. Dalam pengukuran sudut horizontal, perbedaan sudut ganda dan perbedaan observasi ditentukan dan dihitung seperti yang tertera pada Tabel 16.

Yang dimaksud dengan perbedaan sudut ganda dan perbedaan observasi adalah sebagai berikut: apabila kesalahan kwadrat rata-rata dari pada pembidikan untuk satu titik-a dan kesalahan kwadrat rata-rata pembacaan skala-b, maka kesalahan kwadrat rata-rata M untuk observasi satu arah adalah: $M = \pm\sqrt{a^2 + b^2}$. Karena observasi diadakan dalam dua arah untuk pengukuran satu sudut, kesalahan kwadrat rata-rata untuk observasi satu sudut adalah $M = \pm\sqrt{2a^2 + 2b^2}$. Karena itu kesalahan kwadrat rata-rata yang termasuk dalam sudut ganda dan perbedaan bidikan/pembacaan adalah $\pm\sqrt[2]{a^2 + b^2}$. Mengenai kesalahan sistimatis telah diuraikan pada point 6.4.3. Hal-hal tersebut di atas dapat disusun seperti yang tertera pada Tabel 6.6. Karena perbedaan sudut ganda hanya meliputi kesalahan graduasi, maka limitasinya lebih sedikit dari pada perbedaan observasi.

6. Metode observasi sudut vertikal dan konstanta-konstanta ketinggian

- Metode obervasi sudut vertikal: pada umumnya sulit untuk mengukur sudut vertikal dengan sasaran yang jauh, karena kondisi udara yang tidak stabil, terutama pada pagi dan malam hari, sehingga observasi pada saat-saat tersebut haruslah tidak dilaksanakan. Prosedur observasi sudut vertikal adalah sebagai berikut:

a. Menyipat-datarkan theodolit.
b. Mengendorkan sekrup horizontal dan sekrup vertikal dan mengarahkan sasaran ke dalam bidang pandangan dengan teleskop dalam posisi normal.
c. Mengencangkan sekrup horizontal dan sekrup vertikal.
d. Menempatkan gelembung niveau observasi sudut vertikal di tengah-tengah.
e. Mengatur sekrup tangens vertikal untuk menempatkan sasaran pada garis horizontal benang silang.
f. Membaca graduasi dengan vernir vertikal.
g. Membalikkan teleskop dan kemudian mengulangi lagi urutan langkah tersebut di atas.

Adapun urutan langkah-langkah b) sampai dengan g) adalah merupakan satu seri observasi. Dewasa ini, telah mulai dipasarkan alat koreksi otomatis untuk posisi pembuat tanda indeks seperti yang tertera pada Gbr. 163 dan cara pengerjaannya sedikit agak berbeda. Tabel 17 menunjukkan contoh pencatatan data-data hasil pengukuran.

- Konstanta ketinggian: metode perhitungan sudut elevasi dan konstanta ketinggian W tergantung dari pembagian skala lingkaran graduasi vertikal serta cara pemasangan-pemasangan teleskop dan lingkaran graduasi vertikalnya. Berikut ini adalah contoh pembacaan r dan l dengan teleskop dalam posisi normal dan posisi kebalikan.

  a. Gbr. 164 :

  Graduasi 0° $\rightarrow$ 90° $\rightarrow$ 180° $\rightarrow$ 270° $\rightarrow$ 360°, posisi teleskop normal, horizontal, 0°.

  r = 360° - α +S l = 180°+ α +S

  $$\therefore = \frac{180-(r-l)}{2} = 90 - \frac{(r-l)}{2}$$

  W = 2S = (r + l) - 540°.

  b. Gbr. 165 :

  Graduasi 180° $\leftarrow$ 90° $\leftarrow$ 0° $\rightarrow$ 90° $\rightarrow$ 180°, posisi teleskop horizontal, 90°.

  r = α + S, l = 180° - $\alpha + S$

  $$= 90^0 + \frac{r-l}{2}$$

  W = 2 + 180° = r - l.

  c. Gbr. 166 :

  Graduasi 0° $\rightarrow$ 90° $\rightarrow$ 180° $\rightarrow$ 270° $\rightarrow$ 360', posisi teleskop normal, horizontal, 90°.

  r = 90° - α + *S,* l = 270° + α + S

  $$\alpha = \frac{(r-l)}{2} - 90^0$$

  W = 2S = r+ l = 360°.

W = 2S disebut konstanta ketinggian atau perbedaan titik nol dan senantiasa tetap konstan walaupun sasaran berubah kecuali apabila instrumen diatur kembali. Karenanya perbedaan harga-harga *W* yang diperoleh dari pembacaan r dan *l* menunjukkan variasi kesalahan yang tak disengaja terutama dengan kesalahan pembidikan, kesalahan pembacaan dan kesalahan sentris dari pada niveau sudut elevasi dan perbedaan harga-harga W tersebut digunakan sebagai dasar dalam penentuan angka-angka ukur.

Gambar 162. Metode arah

Gambar 163. Metode sudut.

Gambar 164. Koreksi otomatis untuk sudut elevasi

Tabel 14. Buku lapangan untuk pengukuran sudut dengan repitisi.

Lingkaran graduasi	Teleskop	Target	Harga yang dicari	Hasil	Sudut ganda	Perbedaan	Catatan
0°	r	A	r_A	0	$(r_B - r_A) + (l_B - l_A) = (r_B + l_B) - (r_A + l_A) = X$	$(r_B - r_A) - (l_B - l_A) = (r_B - l_B) - (r_A - l_A) = Y$	Perbedaan sudut ganda $= X - X'$ Secara umum $X_i - X_j$ $i \neq j$ $i, j = 1, \ldots, n$
		B	r_B	$r_B - r_A$			
	l	B	l_B	$l_B - l_A$			
		A	l_A	0			
90°	l	A	l_A'	0	$(r_B' - r_A') + (l_B' - l_A') = (r_B' + l_B') - (r_A' + l_A') = X'$	$(r_B' - r_A') - (l_B' - l_A') = (r_B' - l_B') - (r_A' - l_A') = Y'$	Perbedaan observasi $= Y - Y'$ Secara umum $Y_i - Y_j$ $i \neq j$ $i, j = 1, \ldots, n$
		B	l_B'	$l_B' - l_A'$			
	r	B	r_B'	$r_B' - l_A'$			
		A	R_A'	0			

Tabel 15. Metode perhitungan perbedaan sudut ganda dan perbedaan observasi.

Teleskop	Titik yang dicari	Derajat	Vernir I	Vernir II	Rata-rata	Sudut yang dicari	Jumlah ulangan repetisi	Hasil dan cek
r	A	0°	5′10″	5′12″	5′11″	0° 0′ 0″		cek $\alpha_1 = 32°19'36''$ $\alpha_0 = 0\ 5\ 11$
	B	129	2 14	2 15	2 14	128 57 3	4	32°14′16″
l	B	219	47 30	47 28	47 29	128 56 2	4	32 14 0
	A	90	51 25	51 28	51 26	0 0 0		Rata-rata 32°14′ 8″

Tabel 16. Arti dari perbedaan sudut ganda dan perbedaan observasi.

		Kesalahan penunjukan, kesalahan pembacaan graduasi	Kesalahan sumbu horizontal, kesalahan garis kolimasi kesalahan luar	Kesalahan sumbu vertikal	Kesalahan graduasi
Sudut ganda	X_i, X_j	$\pm 2\sqrt{a^2+b^2}$	Tidak termasuk	Termasuk	Termasuk
Perbedaan sudut ganda	$X_i - X_j$	$\pm 2\sqrt{2}\sqrt{a^2+b^2}$	Tidak termasuk	Tidak termasuk	Termasuk
Perbedaan	Y_i, Y_j	$\pm 2\sqrt{a^2+b^2}$	Termasuk	Tidak termasuk	Tidak termasuk
Perbedaan observasi	$Y_i - Y_j$	$\pm 2\sqrt{2}\sqrt{a^2+b^2}$	Tidak termasuk	Tidak termasuk	Tidak termasuk

Tabel 17. Buku lapangan sudut vertikal.

Titik kontrol pertama: (1) Nama station — 20 Mei, Cuaca : Berawan, tidak barangin — Instrumen Petugas

Jam, Menit	Teleskop	Nama atau No. titik yang dicari	Target	Derajat	Vernir A	Vernir B	Rata-rata	Hasil		
1 3 5 2	r	Gunung Katsufuku					80° 39' 42"	r − l = 2Z =		161° 18' 31"
								90° ± α = Z =		80 39 16
	l						279 21 11	α =	+	9 20 44
							360 0 53			
	l	501					262 20 22	r − l = 2Z =		195 8 13
								90° ± α = Z =		97 34 6
	r						97 34 35	α =	−	7 34 6
							360 0 57			
	r	(3)					87 45 24	r − l = 2Z =		175 29 46
								90° ± α = Z =		87 44 53
1 4 1 7							272 15 38	α =	+	2 15 7
							360 0 67			
								r − l = 2Z =		
								90° ± α = Z =		
								α =		

Gambar 165. Metode pengukuran sudut vertikal (1).

Gambar 167. Metode observasi sudut vertika (3)l

Gambar 166. Metode observasi sudut vertikal (2)

Gambar 168. Diagram alir macam sistem besaran sudut

Rangkuman

Berdasarkan uraian materi bab 2 mengenai teori kesalahan, maka dapat disimpulkan sebagi berikut:

1. Sistem besaran sudut pada pengukuran dan pemetaan dapat terdiri dari:
   a. Sistem besaran sudut seksagesimal
      Sistem besaran sudut ini disajikan dalam besaran derajat, menit dan sekon.
   b. Sistem besaran sudut sentisimal
      Sistem besaran sudut ini disajikan dalam besaran grid, centigrid dan centi-centigrid.
   c. Sistem besaran sudut radian
      Sistem besaran sudut ini disajikan dalam sudut panjang busur. Sudut pusat di dalam lingkaran yang mempunyai busur sama dengan jari-jari lingkaran adalah sebesar satu radian
   d. Sistem waktu (desimal)
      Sistem waktu digunakan dalam pengukuran astronomi. Nilai sudut desimal maksimal adalah 360.
2. Dasar untuk mengukur besaran sudut ialah lingkaran yang dibagi dalam empat bagian, yang dinamakan kuadran.
   a. Cara seksagesimal membagi lingkaran dalam 360 bagian yang dinamakan derajat, sehingga satu kuadran ada 90 derajat. Satu derajat dibagi dalam 60 menit dan satu menit dibagi lagi dalam 60 sekon.

$$1^o = 60' \qquad 1' = 60'' \qquad 1^o = 3600''$$

   b. Cara sentisimal membagi lingkaran dalam 400 bagian, sehingga satu kuadran mempunyai 100 bagian yang dinamakan grid. Satu grid dibagi lagi dalam 100 centigrid dan 1 centigrid dibagi lagi dalam 100 centi-centigrid.

$$1^g = 100^c \quad 1^c = 100^{cc} \quad 1^g = 10000^{cc}$$

   c. Sudut pusat di dalam lingkaran yang mempunyai busur sama dengan jari-jari lingkaran adalah sebesar satu radian.

$$2\pi r = 2\pi \text{ rad.}$$

   d. Hubungan antara satuan cara seksagesimal dan satuan cara sentisimal dapat dicari dengan dibaginya lingkaran dalam 360 bagian cara seksagesimal dan dalam 400 bagian cara sentisimal, jadi :

$$360^0 = 400^g$$

Soal Latihan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini !

1. Diketahui sudut-sudut :

   S_1 = $78^0 49'40''$

   S_2 = $315^0\ 51'16''$

   S_3 = $177^0 02'08''$

   Gantilah sudut-sudut ini ke dalam harga sentisimal dan radian!

2. Diketahui sudut-sudut :

   S_4 = 46^g, 2846

   S_5 = 117^g, 0491

   S_6 = 297^g, 2563

   Gantilah sudut-sudut ini ke dalam harga seksagesimal dan radian!

3. Sebutkan tahapan-tahapan yang harus ditempuh ketika akan menggunakan alat ukur theodolite Boussole?

4. Sebutkan fungsi bagian-bagian utama dari theodolite?

5. Sebutkan kesalahan-kesalahan pada instrumen dan cara-cara meniadakannya?

7. Jarak, Azimuth dan Pengikatan ke Muka

7.1 Jarak pada survei dan pemetaan

Mengukur jarak adalah mengukur panjang penggal garis antar dua buah titik tertentu. Penggal garis ini merupakan sambungan penggal-penggal garis lurus yang lebih kecil. Pengukuran jarak adalah penentuan jarak antara, dua titik di permukaan bumi, biasanya yang digunakan adalah jarak horizontalnya atau pekerjaan pengukuran antara dua buah titik baik secara langsung maupun tidak langsung yang dilaksanakan secara, serentak atau dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu jarak horizontal dan jarak miring.

Jarak horizontal adalah jarak yang apabila diukur maka perbedaan tingginya adalah 0. Sedangkan jarak miring adalah hasil pengukurannya melibatkan kemiringan. Perlu Anda ketahui bahwa jarak yang dapat digambarkan secara langsung pada peta adalah jarah horizontal, bukan jarak miring.

Oleh karena itu, jarak horizontal AB yang akan digambarkan pada peta.

.

Gambar 169. Pengukuran Jarak

Cara pengukuran jarak horizontal yang sederhana pada daerah miring adalah sebagai berikut. Untuk jarak pendek dilakukan dengan merentangkan pita dan menggunakan waterpass sehingga mendekati horizontal. Untuk jarak yang panjang dilakukan secara bertahap. Jarak horizontal A - D adalah d1 + d2 + d3.

Untuk daerah datar, pengukuran jarak tidak mengalami masalah. Namun ada kalanya pada daerah yang datar terdapat hambatan. Hambatan ini terutama terjadi pada daerah datar yang memiliki garis ukur yang panjang, yaitu adanya obyek penghalang seperti sungai atau kolam. Membuat garis tegak lurus terhadap garis ukur pada titik A sehingga diperoleh garis AC. Menempatkan titik D tepat ditengah-tengah AC. Kemudian menarik garis dari B ke D hingga di bawah titik C. Kemudian membuat garis tegak lurus ke bawah terhadap garis AC dari titik C, sehingga terjadi perpotongan (titik E).

Jarak antara dua buah titik di bidang datar (2 dimensi) dapat diketahui dengan cara akar dari pertambahan selisih kuadran absis dengan selisih kuadrat ordinat kedua titik tersebut. Tahap-tahap Pengukuran Jarak dan Arah Berikut ini, adalah tahap-tahap yang harus Anda lakukan dalam memetakan suatu wilayah dengan alat bantu meteran dan kompas.

Misalnya, kita akan memetakan suatu jalur jalan A – B

a. Lakukan pengukuran garis-garis ukur pokok, meliputi ukur pokok ditunjukkan oleh garis 1 - 2, 2 - 3, 3 - 4, dan 4 - 5. Azimuth magnetis diukur dari utara magnetis (UM) ke garis pokok.
b. Apabila di sepanjang jalur jalan tersebut terdapat obyek, seperti bangunan, pagar, atau aliran sungai, maka objek tersebut dapat dipetakan dengan cara mengukur jarak tegak lurus dari titik pada garis ukur pokok ke titik yang mewakili obyek tersebut. Garis ini disebut offset. Pada contoh di bawah ini, terdapat obyek rumah di pinggir garis ukur pokok 1 - 2. Lihat gambar.

Gambar 170. Lokasi Patok

Pada gambar 171 offset 01, 02, 03, 04 dan 05 dibuat tegak lurus terhadap garis ukur dari titik A ke titik A'. panjang offset 02 diukur dari titik a ke titik a', dan seterusnya.

Reduksi jarak ukur pada suatu bidang referensi. sebelurn digunakan, biasanya suatu jarak ukur (measured distance), (umumnya berupa jarak miring) diproyeksikan terlebih dahulu pada suatu bidang referensi.

7.1.1. Pengklasifikasian Pengukuran Jarak

a. Pengukuran jarak langsung

Pengukuran jarak langsung biasanya menggunakan instrument atau alat ukur jarak langsung, misalnya pita ukur langkah, alat ukur jarak elektronik dan lain-lain. Alat-alat yang digunakan dalam pengukuran jarak secara langsung diantaranya adalah : Kayu ukur, Rantai ukur.

Syarat pengukuran dengan rantai ukur :

1. Jika panjang satu jalur melebihi panjang rantai, maka jalan rantai tersebut ditandai dengan batang penentu yang berwarna terang
2. Jalur-jalur rantai menjangkau daerah-daerah yang penting lainnya.
3. Titik yang diukur saling terlibat.
4. Tim minimum 2 orang
   - Mistar,
   - Pita ukur metalik,
   - Pita ukur serat-serat gelas,
   - Pita ukur dari baja,
   - Pita ukur invar,
   - Roda ukur,
   - Speedometer,

Gambar 171. Spedometer

- Curvimeter dan,
- Pedometer

b. Pengukuran jarak tidak langsung

Pengukuran ini biasanya menggunakan instrument ukur jarak tachymetry dan metode optic.

Pengukuran jarak tidak langsung ada beberapa macam diantaranya pengukuran jarak dengan kira-kira. Cara ini dapat menggunakan langkah dan menggunakan skala pada peta.

Tujuan yang akan dicapai dalam pengukuranjarak adalah membuat garis yang benar-benar lurus sehingga jaraknya dapat diukur dengan pasti.

7.1. 2. Bebagai macam instrumen ukur jarak dan cara penggunaanya

a. Langkah. Karena ketelitiannya yang rendah, dewasa ini langkah (pacing) hanya digunakan untuk membantu penempatan instrumen sipat datar di tengah-tengah antara dua buah rambu pada pekerjaan sipat datar. Pada hakekatnya sangatlah sukar untuk mempertahankan jarak langkah yang tetap dan pengalaman menunjukkan bahwa untuk jarak ukur 100 m seorang petugas yang berpengalamann pun dapat membuat kesalahan sampai beberapa meter.

b. Pita Ukur. Dewasa ini pita ukur (tapes) digunakan dalam pekerjaan pengukuran jarak biasa. Tipe yang banyak digunakan adalah pita ukur fiber, pita ukur baja, dan pita ukur invar (invar adalah bahan campuran tahan panas terdiri dari baja dan nikel).

Pita Ukur fiber. Yang termasuk tipe ini adalah pita ukur yang terbuat dari serat rami dan diperkuat dengan anyaman kawat halus, pita ukur yang terbuat dari campuran serat rami dan serta katun dan pita ukur yang terbuat dari campuran serat gelas dan kimia. Biasanya pita ukur ini dibungkus dengan semacam lapisan cat, di atas mana angka-angka/tanda-tanda graduasi ditempatkan. Kelebihan-kelebihan dari pita ukur ini adalah sifatnya yang ringan, tidak mudah bengkok serta mudah pemakaiannya terutama pita ukur serat gelas. Akan tetapi, kelemahannya yang paling mencolok adalah sangat mudah memuai dan menyusut, akibat pengaruh kelembaban udara. Dengan demikian,

tidak dapat digunakan untuk pengukuran teliti. Dimensi pita ukur biasanya adalah dengan panjang 10 m, 20 m, 30 m, 50 m dan seterusnya dan dengan graduasi 5 mm lebar pitaumumnya 16 mm.

Pita ukur baja umumnya mempunyai ketelitian yang lebih tinggi dari pita ukur fiber dan ketahannyapun cukup lama. Karenanya pita ukur tipe ini dipergunakan untuk pengukuran teliti, misalnya pengukuran untuk pelaksanaan konstruksi dan penempatan titik-titik kontrol. Pita ini terbuat dari baja karbon atau baja anti karat yang dibungkus dengan cat putih, cat metalik atau cat-cat berwarna lainnya.

Pita ukur invar biasanya digunakan untuk mengukur garis basis dimana kesalahan relatif yang diizinkan hanya sebesar 1/500.000 – 1/1.000.000.

c. Instrumen pengukuran jarak yang didasarkan pada metode optik. Metode dimana suatu jarak antara dua buah titik diukur secara tidak langsung disebut Tachymetri. Pada prinsipnya metode ini dilakukan dengan penempatan sebuah instrumen ukur jarak pada ujung titik permulaan dan instrumen tersebut diarahkan pada titik sasaran yang ditempatkan pada ujung lainnya.

d. Instrumen yang menggunakan gelombang-gelombang elektromagnetik Instrumen pengukuran jarak elektronik saat ini telah digunakan untuk mengukur jarak langsung dengan tepat.

7. 2. Azimuth dan Sudut Jurusan

Azimuth ialah besar sudut antara utara magnetis (nol derajat) dengan titik/sasaran yang kita tuju, azimuth juga sering disebut sudut kompas, perhitungan searah jarum jam. Ada tiga macam azimuth yaitu :

a) Azimuth Sebenarnya, yaitu besar sudut yang dibentuk antara utara sebenarnya dengan titik sasaran;
b) Azimuth Magnetis, yaitu sudut yang dibentuk antara utara kompas dengan titik sasaran;
c) Azimuth Peta, yaitu besar sudut yang dibentuk antara utara peta dengan titik sasaran.

Back Azimuth adalah besar sudut kebalikan/kebelakang dari azimuth. Cara menghitungnya adalah bila sudut azimuth lebih dari 180 derajat maka sudut azimuth dikurangi 180 derajat, bila sudut azimuth kurang dari 180 derajat maka sudut azimuth dikurangi 180 derajat, bila sudut azimuth = 180 derajat maka back azimuthnya adalah 0 derajat atau 360 derajat. Azimuth adalah suatu sudut yang dimulai dari salah satu ujung jarum magnet dan diakhiri pada ujung

objektif garis bidik yang besamya sama dengan angka pembacaan. Azimuth suatu garis adalah sudut antara garis meridian dari garis tersebut, diukur searah dengan jarum jam, biasanya dari titik antara garis meridian (dapat pula dari arah selatan). Besarnya sudut azimuth antara 0 – 360 derajat.

Arah orientasi merupakan salah satu unsur utama dalam proses pengukuran untuk membuat peta, khususnya peta umum. Pada umumnya setiap peta merniliki arah utama yang ditunjukkan ke arah atas (utara). Terdapat 3 (tiga) arah utara yang sering digunakan dalam suatu peta.

a. Utara magnetis, yaitu utara yang menunjukkan kutub magnetis.
b. Utara sebenarnya (utara geografis), atau utara arah meridian.
C. Utara grid, yaitu utara yang berupa garis tegak lurus pada garis horizontal di peta.

Ketiga macam arah utara itu dapat berbeda pada setiap tempat. Perbedaan ketiga arah utara ini perlu diketahui sehingga tidak terjadi kesalahan dalam pembacaan arah pada peta. Arah utara magnetis merupakan arah utara yang paling mudah ditetapkan, yaitu dengan pertolongan kompas magnetik. Perbedaan sudut antara utara magnetis dengan arah dari suatu obyek ke tempat obyek lain searah jarum jam disebut sudut arah atau sering disebut azimuth magnetis. Pada peta yang dibuat dengan menggunakan kompas maka perlu diberikan penjelasan bahwa utara yang digunakan adalah utara magnetis.

Contoh:
Azimuth Magnetis AB (Az, AB) = 70°
Azimuth Magnetis AC (Az, AC) = 310°

Gambar 172. Pembagian kuadran azimuth

Azimuth dapat diperoleh dengan cara arcus tangent dari pembagian selisih absis terhadap selisih ordinat. Besarnya sudut azimuth tersebut berrgantung dari nilai positif atau negatifnya selisih absis atau ordinat.

1. Jika selisih absis bernilai positif dan selisih ordinatnya bernilai positif maka azimuth berada di kuadran I yang nilainya sama dengan sudut tersebut.
2. Jika selisih absis bernilai positif dan selisih ordinat bernilai negatif maka azimuth berada di kuadran II yang

nilainya sama dengan 180 dikurangi sudut tersebut .

3. Jika selisih absis bernilai negatif dan selisih ordinat bernilai negatif maka azimuth berada di kuadran III yang nilainya sama dengan 180 ditambah sudut tersebut.
4. Jika selisih absis berniali negatife dan selisih ordinat bernilai positif maka azimuth berada di kuadran IV yang nilainya sama dengan 360 dikurangi besar sudut tersebut.

Penggunaan azimuth

Azimuth dapat diperoleh dengan cara arcus tangen dari pembagian selisih absis terhadap selisih ordinat. Besarnya sudut jurusan atau azimuth tersebut bergantung pada nilai positif atau negatifnya selisih absis atau ordinat. Jika selisih absis bernilai positif dan selisih ordinat bernilai positif maka azimuth berada di kuadran satu yang nilainya sama dengan besar sudut tersebut. Jika selisih absis bernilai positif dan selisih ordinat bernilai negatif maka azimuth berada di kuadran dua yang nilainya sama dengan 180° dikurang besar sudut tersebut. Jika selisih absis bernilai negatif dan selisih ordinat bernilai negatif maka azimuth berada di kuadran tiga yang nilai sudutnya sama dengan 180° ditambah besar sudut tersebut. dan jika selisih absis bernilai negatif dan selisih ordinat bernilai positif maka azimuth berada di kuadran empat yang nilai sudutnya sama dengan 360° dikurang besar sudut tersebut.

Selain dari jarak informasi yang lain yang dapat diketahui dari dua buah titik yang sudah diketahui koordinatnya yaitu Azimuth atau sudut jurusan. Maka sudut jurusan AB yang didapat dari titik A (Xa,Ya) dan B (Xb,Yb) dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$\boxed{\alpha AB = Tan^{-1}\frac{Xb - Xa}{Yb - Ya}}$$

Setelah alat ukur B.T.M diukur, sehingga bagian-bagian yang penting berada di dalam keadaan yang baik dan sebelum alat ukur apakah yang dibaca pada lingkaran mendatar dan pada lingkaran tegak. Pada lingkaran tegak diukur sudut-sudut miring yang besarnya sama dengan pembacaan pada skala lingkaran tegak dengan menggunakan nonius. Pada lingkaran mendatar tidaklah ada nonius untuk melakukan pembacaan pada skala lingkaran mendatar.

Dilakukan pada ujung utara lingkaran jarum magnet yang berada di cos D bersama-sama dengan skala lingkaran mendatar.

Yang dibaca pada lingkaran mendatar adalah suatu sudut yang dinamakan azimuth yaitu suatu sudut yang dimulai dari

salah satu ujung jarum magnet da diakhiri pada ujung objektif garis bidik dan besarnya sama dengan angka pembacaan. Menurut ketentuan di atas azimuth harus dimulai dari salah satu ujung magnet sedangkan dua ujung dan sudut azimuth dapat diputar dari kiri kekanan atau dari kanan ke kiri, maka didapatlah 2x2 = 4 macam azimuth yang biasa disebut bearing.

3 Cara menentukan macam azimuth

1. Tentukan garis skala yang berimpit dengan ujung Utara jarum magnet. Angka pada garis skala ini menentukan besarnya suatu busur yang dimulai dari garis nol skala dan diakhiri pada angka itu.
2. Tentukan busur yang besarnya dinyatakan oleh angka pembacaan
3. Carilah suatu sudut yang dimulai dari salah satu ujung jarum magnet dan yang diakhiri pada ujung objektif yang sama besarnya dengan busur lingkaran yang dinyatakan oleh pembacaan.
4. Cara pernutaran sudut itu. merupakan macam azimuth. skala lingkaran mendatar turut berputar dengan teropong dan jarum magnet tetap kearah Utara - Selatan magnetis.

Mengetahui arah sebuah garis yang menghubungkan dua buah titik P1 dan P2 di atas permukaan bumi adalah hal yang terpenting dalam pengukuran. Pada umumnya arah sebuah garis yang menghubungkan dua buah tititk P1 dan P2 di atas permukaan bumi dinyatakan dengan azimuth. Azimuth diukur degan metode astronomis dengan menggunakan alat-alat seperti jarum magnet, gyrocompas, dll. Pengukuran azimuth diadakan untuk menghilangkan kesalahan akumulatif pada sudut-sudut terukur dalam jaringan triangulasi atau dalam pengukuran jaring-jaring, penentuan azimuth untuk titik-titik kontrol yang tidak terlihat serta dengan lainnya, penentuan sumbu X untuk kordinat bidang datar pada pekerjaan pengukuran yang bersifat lokal.

Macam – macam azimuth

1. Azimuth kompas

   Dalam pekerjaan pengukuran yang sederhana, maka pengukuran azimuth awal ataupun akhirnya hanya dilakukan dengan menggunakan alat penunjuk arah Utara (kompas). Umumnya azimuth magnetis jenis ini dikenal dengan nama sudut jurusan. Untuk maksud tersebut pengukuran dilakukan hanya pada satu sisi poligon saja (2 sisi poligon lebih baik). Prosedur pengukuran adalah sebagai berikut :

   - Memasang dan mendatarkan theodolite pada salah satu titik poligon.
   - Menempatkan lingkaran graduasi pada $0^0$00’00’’, kemudian klem atas dikencangkan (pada titik B).

- Klem bawah dibuka, maka arahkan teropong kearah utara dengan bantuan kompas yang telah diletakkan pada sisi teodolite, lalu klem bawah dikencangkan dan klem atas dibuka.
- Bidikan teropong diarahkan ke salah satu titik poligon lain yang satu sisi dengan tempat berdiri alat, misal A dan catat lingkaran graduasinya.

  Maka diperoleh azimuth di titik B terhadap titik A. Cara dalam menentukan azimuth tadi, dapat pula dilakukan dengan cara Repetisi agar diperoleh hasil yang teliti. Untuk melengkapi pengukuran sudut ini dengan segala kelengkapannya, maka selanjutnya akan diturunkan penentuan azimuth kontrol dengan mengukur tinggi matahari.

2. Azimuth matahari

   Pada prinsipinya pengukuran tinggi matahari yang dilakukan adalah untuk menentukan azimuth matahari (a) pada saat pembidikan tinggi (t) dilakukan

Mengukur tinggi matahari dengan melakukan penadahan bayangan matahari pada selembar kertas. Dari hubungan segitiga diatas, kutub utara dan matahri pada saat tertentu akan didapatkan hubungan matematis di atas permukaan bola langit sebagai berikut:

$$\cos(90^0 - \delta) = \sin h \quad \sin\vartheta + \cosh \quad \cos\vartheta$$

cosa Apabila lintang diketahui secara pendekatan (umumnya cukup hasil interpolasi dari peta topografi) dan harga deklinasi matahari dapat dicari tabel matahari, maka dengan mudah segera akan didapatkan harga azimuth matahri (a). Dengan mempunyai harga sudut mendatar

Gambar 173. Azimuth Matahari

antara matahari dan target , maka :

$$A = a + s$$

Prosedur pengukurannya dapat dilakukan dengan berbagai cara, hal ini disebabkan

- Mengukur matahari dengan memakai filter khusus pada lensa objektifnya.
- Mengukur tinggi matahari dengan memakai prisma roelofs.

Dengan memilih salah satu peralatan dan mengukur waktu pengukran (t), maka dapat ditentukan harga deklinasi matahari dari tabel matahari yang selalu dikeluarkan setiap tahun oleh Jawatan Topografi Darat ataupun Jurusan Geodesi ITB dan dapat dimiliki olehmu.

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- Atur kedudukan alat pada titik dari sisi yang akan ditentukan azimuthnya.
- Tempatkan filter atau prisma roelofs di muka lensa objektif apabila penadahan bayangan yang dilakukan, maka lakukan pemfokuskan lensa untuk tak hingga ke arah bukan matahari.
- Setelah matahari dekat sasaran (benang silang), persiapkan penunjuk tanda waktu yang telah dibicarakan dengan tanda waktu yang benar .
- Tepat matahari memasuki benang silang, catat : Waktu, Tinggi, Arah mendatar matahari, Arah mendatar ke target di ujung sisi lainnya.
- Dari tabel deklinasi matahari untuk tahun yang bersangkutan dapat ditentukan dapat ditentukan deklinasi matahari pad saat terbidik (pencarian dilakukan dengan argumen waktu (t) yang di dapat dari hasil pengkuran.
- Carilah nilai lintang dari peta topografi dengan cara melakukan interpolasi.
- Hitung besarnya azimuth matahari dengan rumus :

  $\cos(90-\delta) = \sin h \sin \vartheta + \cos h \cos \cos a$
- Hitung besarnya sudut mendatar antara matahari dan target.

  Maka azimuth sisi didapat dengan memakai rumus A = a + s.

7. 3. Tujuan Pengikatan Ke Muka

Pengikatan ke muka adalah suatu metode pengukuran data 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 metode ini adalah bentuk segitiga. 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 174. Pengikatan Kemuka

Pada pengolahan data, kita mencari terlebih dahulu jarak dengan rumus akar dan penjumlahan selisih absis dan selisih ordinat.

$$dab = \sqrt{(xb - xa)^2 + (yb - ya)^2}$$

Azimuth titik A terhadap B kita cari dengan rumus arcus tangen pembagian selisih absis dan ordinat .

$$\text{Tgn}^{-1}\ \alpha AB = \frac{Xb - Xa}{Yb - Ya}$$

Azimuth titik A terhadap target kita peroleh dari azimuth basis dikurang sudut alfa. Azimuth titik B terhadap target kita peroleh dari azimuth titik A terhadap titik B ditambahkan 180 dan ditambahkan terhadap sudut beta. Jarak A terhadap target dan B terhadap target diperoleh dari rumus perbandingan sinus. Jarak A terhadap target sama dengan perbandingan jarak absis dibagi sudut 180^0 dikurang α dan β dikalikan dengan sinus β. Jarak B terhadap target sama dengan perbandingan jarak basis dibagi sinus sudut 180^0 dikurang α dan β dikalikan dengan sudut α .

- Mencari koordinat P dari titik A :
  Xp = Xa + da . Sin ap
  Yp = Ya + da . Cos ap
- Mencari koordinat C dari titik B:
  Xp = Xb + dbp . Sin bp
  Yp = Yb + dbp . Cos bp

Koordinat target dapat diperoleh dari titik A dan B. Absis target sama dengan jarak A terhadap target dikalikan dengan sinus azimuth A terhadap target kemudian ditambahkan dengan absis titik A. Ordinat target sama dengan jarak A terhadap target dikalikan dengan cosinus azimuth A terhadap target kemudian ditambahkan dengan ordinat titik A. Absis target sama dengan jarak B terhadap target dikalikan dengan sinus azimuth B terhadap target kemudian ditambahkan dengan absis titik B terhadap target kemudian ditambahkan dengan ordinat titik B. Nilai koordinat target merupakan nilai koordinat yang diperoleh dari titik A dan B.

7. 4. Prosedur Pengikatan Ke Muka

Titik P diikat pada titik A (Xa, Ya) dan B(Xb, Yb), diukur sudut-sudut alfa dan beta yang terletak pada titik A dan titik B. Dicari absis X dan ordinat Y titik P. Carilah selalu lebih dahulu sudut jurusan dan jarak yang diperlukan. Koordinat-koordinat titik P akan dicari dengan menggunakan koordinat-koordniat titik-titik A dan B sehingga akan didapat dua pasang X dan Y yang harus sama besarnya, kecuali perbedaan kecil antara dua hasil hitungan. Diperlukan lebih dahulu sudut jurusan dan jarak yang tentu sebagai dasar hitungan.

Gambar 175. Pengikatan ke muka

Hitungan dengan logaritma

a. Mencari sudut jurusan

Diketahui bahwa :

Tg α_{ab}= $(X_b - X_a) : (Y_b - Y_a)$

$= (X_b - X_a) : \sin \alpha_{ab}$

$= (Y_b - Y_a) : \cos \alpha_{ab}$

b. X_p dan Y_p dicari dari titik A : diperlukan α_{ap} dan d_{ap}

$d_{ap} : \sin \beta = d_{ab} : \sin \{(180^0 - (\alpha + \beta)\}$

Atau

$$d_{ap} = \frac{d_{ab}}{\sin(\alpha+\beta)} \sin\beta = m \sin\beta$$

Bila $\frac{d_{ab}}{\sin(\alpha+\beta)} = m$

Setelah α_{ap} dan d_{ap} diketahui, maka

$X_p = X_a + dap \sin \alpha_{ap}$

$Y_p = Ya + dap \cos \alpha_{ap}$

c. X_p dan Y_p dicari dari titik B, diperlukan α_{bp} dan d_{bp}

Diketahui bahwa $\alpha_{ba} = \alpha_{ab} + 180^0$ karena sudut jurusan dan arah yang berlawanan berselisih 180^0, selanjutnya dapat dilihat dari gambar bahwa $\alpha_{bp} = (\alpha_{ba} + \beta) - 360^0$ = $\alpha_{bp} = (\alpha_{ab} + \beta) - 180^0$. Dengan rumus sinus di dalam segitiga ABP didapat :

$d_{bp} : \sin \alpha = d_{ab} : \sin \{180^0 - (\alpha+\beta)\}$

atau $d_{bp} = m \sin \alpha$

Mka didapatlah :

Xp = Xb + dbp sin α bp

Yp = Yb + dbp cos α bp

d. Hitungan dilakukan berturut-turut dengan rumus-rumus :

Tg α ab = (Xb – Xa) : (Yb – Ya)

dab = (Xb – Xa) : sin αab

= (Yb – Ya) : cos αab

α ap = αab - α

m = dab : sin (α + β)

dap = m sin β

Xp = Xa + dap sin α ap

Yp = Ya + dap cos α ap

Abp = m sin α

Xp = Xb + dbp sin α bp

Yp = Yb + dbp cos α bp

Contoh : A = Xa = - 1. 246, 78

B = Xb = +1091, 36

α = $56^0 15' 16''$

Ya = + 963, 84

Yb = - 144,23

$\beta = 62^0 38' 42''$

Catatan pada contoh :

Hitungan dilakukan dengan cara logaritmis dan untuk hitungan digunakan suatu formulir supaya hitungan berjalan dengan rapi dan teratur dan bila ada kesalahan dapat dengan mudah diketemukan.

Formulir dibagi dalam dua bagian, bagian atas diisi dengan angka-angka sebenarnya dan bagian bawah diisi dengan harga-harga logaritma angka-angka itu.

Tabel 18. Daftar Logaritma

1	2	3	4	5	6
x_b	+ 1.091,36	y_b	— 1.144,23	α	56°15′16″
$d_{bp} \sin \alpha_{bp}$	+ 757,88	$d_{bp} \cos \alpha_{bp}$	+ 2.892,47	β	62 38 42
x_p	+ 1.849,24	y_p	+ 1.748,24	α_{ab}	132 02 14
				$\alpha + \beta$	118 53 58
x_a	— 1.246,78	y_a	+ 963,84		
$d_{ap} \sin \alpha_{ap}$	+ 3.096,07	$d_{ap} \cos \alpha_{ap}$	+ 784,42	$\alpha_{ap} = \alpha_{ab} - \alpha$	75 46 58
x_p	+ 1.849,29	y_p	+ 1.748,26	$\alpha_{bp} = \alpha_{ab} + \beta - 180°$	14 40 56
$x_b - x_a$	+ 2.338,14	$y_b - y_a$	— 2.108,07		
logaritma					
log m	3,55.582	log m	3,55.582	$\log (x_b - x_a)$	3,36.887
log sin α	9,91.987	log sin β	9,94.850	log sin α_{ab}	9,87.082
log d_{bp}	3,47.569	log d_{ap}	3,50.432	log d_{ab}	3,49.805
log sin α_{bp}	9,40.391	log sin α_{ap}	9,98.649	$\log (y_b - y_a)$	3,32.388n
log cos α_{bp}	9,98.558	log cos α_{ap}	9,39.023	log cos α_{ab}	9,92.582n
log d_{bp} sin α_{bp}	2,87.960	log d_{ap} sin α_{ap}	3,49.081	log d_{ab}	3,49.806
log d_{bp} cos α_{bp}	3,46.127	log d_{ap} cos α_{ap}	3,89.455	log sin ($\alpha + \beta$)	9,94.221
X_p	1.849,26	Y_p	+ 1.748,25	log tg α_{ab}	10,04.499n

Empat lajur pertama kedua bagian digunakan untuk menghitung angka-angka yang diperlukan untuk menghitung koordinat-koordinat, sedangan dua lajur terakhir digunakan untuk menghitung sudut-sudut yang diperlukan.

Lajur-lajur yang bernomor ganjil menyatakan besaran-besaran dengan huruf, sedangkan lajur lainnya yang bernomor genap memuat besarnya besaran-besaran itu dengan angka.

Dari kumpulan rumus terbukti bahwa lebih dahulu harus dicari α_{ab} dan d_{ab} dengan menggunakan selisih absis dan selisih ordinat titik-titik A dan B; $x_b - x_a$ dan $y_b - y_a$. maka pada lajur 1 dan lajur 3 bagian atas ditulis dengan x_b dan y_b, sekarang tidak ditulis dengan segera di bawahnya x_a dan y_a untuk dapat mengurangi x_b dengan x_a atau karena nanti diperlukan untuk mencari koordinat-koordinat titik P yang dicari dari koordinat-koordinat titik B karena. Karena $x_p = x_b + d_{bp} \sin \alpha_{bp}$ dan $y_p = y_b + d_{bp} \cos \alpha_{bp}$. langsung di bawah x_b dan y_b ditulis $d_{bp} \sin_{bp}$ dan $d_{bp} \cos\alpha_{bp}$ dan dibawahnya lagi ruang untuk x_p dan y_p.

Hitungan dengan kalkulator

Rumus umum yang akan digunakan adalah

$$tg\alpha_{12} = \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$$

Kalau yang akan dicari koordinat-koordinat titk P sebagai titik nomor 2, maka $X_2 = X_p$ dan $Y_2 = Y_p$.

Dan titik A (X_a,Y_a) dan titik B (X_b,Y_b) digunakan sebagai titik-titik pengikat, maka untuk titik A berlaku $X_1 = X_a$ dan $Y_1 = Y_a$.
Dan untuk titik B berlaku $X_1 = X_b$ danY_1=Y_b.
Maka dengan titik A sebagai titik pengikat terdapat $tg\alpha_{ap} = \frac{x_p - x_a}{y_{p-} y_a}$

Dan dengan titik B sebagai titik pengikat didapat : $tg\alpha_{bp} = \frac{x_p - x_b}{y_p - y_b}$

Dengan menguraikan kedua persamaan di atas, didapat :

$$(y_p - y_a)tg\alpha_{ap} = X_p - X_a$$

$$(y_p - y_b)tg\alpha_{bp} = X_p - X_b$$

$$y_p tg\alpha_{ap} - y_a tg\alpha_{ap} = X_p - X_a$$

$$y_p tg\alpha_{bp} - y_b tg\alpha_{bp} = X_p - X_b$$

Salah satu dari dua anu x_p dan y_p haruslah dihilangkan supaya mendapat satu persamaan dengan satu anu. Maka dengan mengambil 3, 4 kolom hilangkan dengan mudah x_p. 3, 4 memberi satu persamaan dengan satu anu $y_p = y_p$

Tg $\alpha_{ap} - y_a$ tg $\alpha_{ap} - y_p$ tg $\alpha_{bp} + y_b$ tg $\alpha_{bp} = x_b - x_a$

Atau y_p (tg α_{ap} – tg α_{bp}) = ($x_b - x_a$) + y_a tg $\alpha_{ap} - y_b$ tg α_b

Atau

$$Yp = \frac{(x_b - x_a) + y_a tg\alpha_{ap} - y_b tg\alpha_{bp}}{tg\alpha_{ap} - tg\alpha_{bp}}$$

Setelah yp diketahui, maka dari 1 didapat;

$(y_p - y_a)$ tg $\alpha_{ap} = x_p - x_a$

Atau $x_p = x_a + (y_p - y_a)$ tg α_{ap}

Tinggal dua besaran yang harus dicari untuk menghitung x_p dan y_p dari 6 dan 5 kolom ialah α_{ap} dan α_{bp}.

α_{ap} dan α_{bp} ditentukan dengan menggunakan α_{ab} dari garis AB dengan titik A (xa,ya) dan titik B (x_b,y_b)

Maka tg α_{ab}

$$tg\ \alpha_{ab} = \frac{x_b - x_a}{y_b - y_a}$$

Untuk titik P terletak di sebelah utara garis AB maka $\alpha_{ab} = \alpha_{ab} - \alpha$ dan $\alpha_{bp} = \alpha_{ab} + 180 + \beta$

Dengan mudah dapat ditentukan untuk P terletak di sebelah selatan garis AB :

$\alpha_{ap} = \alpha_{ab} + \alpha$ dan $\alpha_{bp} = \alpha_{ab} + 180 - \beta$

Sudut-sudut α dan β adalah sudut-sudut yang berada di titik-titik pengikat A (X_a,,Y_a) dan B (X_b,Y_b).

Hitungan berjalan sebagai berikut :

- Tentukan dengan rumus tg α_{ab} = $\frac{X_b - X_a}{Y_b - Y_a}$ sudut α_{ab} diketahui.
- Tentukan α_{ap} α_{bp} adalah :
  $\alpha_{ap} = \alpha_{ab} - \alpha$ dan $\alpha_{bp} = \alpha_{ab} + 180 - \beta$
  untuk titik P terletak di sebelah utara garis AB
- Tentukan Y_p dengan rumus :

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

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

Gambar 176. Pengikatan ke Muka

7. 5. Pengolahan Data Pengikatan Ke Muka

Gambar 177. Pengikatan ke Muka

A : Xa = - 2206, 91

Ya = + 1563, 58

B : Xb = + 3148, 26

Yb = -4309,31

α = $55^0 10' 34''$

β = $74^o 08' 56''$

Hitungan dengan kalkulator

$$tg\ \alpha_{ab} = \frac{X2 - X1}{Y2 - Y1}$$

$$= \frac{+3.148,26 - (-2.206,91)}{-4.309,31 - 1563,58}$$

$$= \frac{+5.355,17}{-5.872,89} = -0,91184$$

$$\alpha_{ab} = 137^o 38'24''$$

$$\alpha_{ap} = \alpha_{ab} + \alpha \ = 137^o 38'24'' + 55^o 10'34''$$

$$= 192^o 48'58''$$

$$\alpha_{bp} = 180^o - \beta$$

$$= 137^o 38'24'' + 180^o - 74^o 10'34''$$

$$= 243^o 29'28''$$

$$y_p = \frac{x_a - x_b + y_a tg\alpha_{ap} - y_b tg\alpha_{bp}}{tg\alpha_{ap} - tg\alpha_{ap} - tg\alpha_{bp}}$$

$$= \frac{3148,26 - 2206,91 + (1563,58)(0,227) - (-4309,31)(+2,00491)}{(0,22749) - (2,00491)}$$

= - 8073,86

$$x_p = x_a + y_p tg\alpha_{ap} - y_a tg\alpha_{ap}$$

= -2.206,91 + (-8.073,86)(0,22749)-
(1563,58)(0,22749)

= - 4.399,33

Tabel 19. Hitungan dengan cara logaritma

	X		Y		sudut
$d_{bp} \sin \alpha_{ap}$	X_b + 3.148,26 — 7.547,50	$d_{bp} \cos \alpha_{bp}$	Y_b — 4.309,31 — 3.764,45	α_{ab} α	137° 38′ 24″ 55° 10′ 34″
	X_p — 4.399,24		Y_p — 8,073,76	β	74° 08′ 56″
$d_{ap} \sin \alpha_{ap}$	X_a — 2.206,91 — 2.192,35	$d_{ap} \cos \alpha_{ap}$	Y_a + 1.563,58 — 9.637,20	$\alpha_{bp} = {}_{ab} + 180°$ $-\beta$	129° 19′ 30″ 243° 29′ 28″
	X_p — 4.399,26		Y_p — 8.073,62	$\alpha_{ap} = {}_{ab} + \alpha$	192° 48′ 58″
$X_b - X_a$	+ 5.355,17	$Y_b - Y_a$	— 5.872,89		
X_p rata-rata	— 4.399,25	Y_p rata-rata	— 8.073,69		

	B		A		
log m log sin α	4,01174 9,91430	log m log sin β	4,01174 9,98317	log $(x_b - x_a)$ log sin α_{ap}	3,72877 9,82854
log d_{bp}	3,92604	log d_{ap}	3,99491	log d_{ab}	3,90023
Log sin α_{bp} log cos α_{bp}	9,95176n 9,64966n	log sin α_{ap} log cos α_{ap}	9,34600n 9,98904n	log $(y_b - y_a)$ log cos α_{ab}	3,76885n 9,86861n
log d_{bp} sin α_{bp}	3,87780n	log d_{ap} sin α_{ap}	3,34091n	log d_{ap}	3,90024
log d_{bp} cos α_{bp}	3,57570n	log d_{ap} cos α_{ap}	3,98395n		
				log sin $(\alpha + \beta)$	9,88850
				log m	4,01174
				log tg α_{ab} α_{ab}	9,95992n 137° 38′ 24″

Gambar 178. Model Diagram Alir Jarak, Azimuth dan Pengikatan Ke Muka

Rangkuman

Berdasarkan uraian materi bab 7 mengenai jsrsk, azimuth, dan pengikatan ke muka, maka dapat disimpulkan sebagi berikut:

1. Mengukur jarak adalah mengukur panjang penggal garis antar dua buah titik tertentu.
2. Jarak horizontal adalah jarak yang apabila diukur maka perbedaan tingginya adalah 0. Sedangkan jarak miring adalah hasil pengukurannya melibatkan kemiringan.
3. Klasifikasi pengukuran jarak :
   a. Pengukuran jarak langsung
   b. Pengukuran jarak tidak langsung
4. Alat-alat yang digunakan dalam pengukuran jarak secara langsung diantaranya adalah :
   a. Mistar;
   b. Pita ukur metalik;
   c. Pita ukur serat-serat gelas;
   d. Pita ukur dari baja;
   e. Pita ukur invar;
   f. Roda ukur; dan
   g. Speedometer.
5. Azimuth ialah besar sudut antara utara magnetis (nol derajat) dengan titik/sasaran yang kita tuju, azimuth juga sering disebut sudut kompas, perhitungan searah jarum jam.
6. Back Azimuth adalah besar sudut kebalikan/kebelakang dari azimuth.
7. Macam-macam azimuth yaitu :
   a. Azimuth Sebenarnya, yaitu besar sudut yang dibentuk antara utara sebenarnya dengan titik sasaran;
   b. Azimuth Magnetis, yaitu sudut yang dibentuk antara utara kompas dengan titik sasaran;
   c. Azimuth Peta, yaitu besar sudut yang dibentuk antara utara peta dengan titik sasaran.
8. 3 (tiga) arah utara yang sering digunakan dalam suatu peta.
   a. Utara magnetis, yaitu utara yang menunjukkan kutub magnetis.
   b. Utara sebenarnya (utara geografis), atau utara arah meridian.
   c. Utara grid, yaitu utara yang berupa garis tegak lurus pada garis horizontal di peta.

Soal Latihan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini !

1. Jelaskan pengertian jarak !
2. Mengapa pengukuran jarak dengan menggunakan langkah kurang efektif ? Jelaskan !
3. Sebutkan dan jelaskan macam-macam dari azimuth !
4. Sebutkan dan jelaskan tujuan dari metode pengikatan ke muka !
5. Carilah koordinat titik P ditinjau dari titik A dan titik B dengan menggunakan perhitungan secara logaritmis dan kalkulator dengan data-data di bawah ini :

A : Xa = - 2206, 91

Ya = + 1563, 58

B : Xb = + 3148, 26

Yb = -4309,31

$\alpha = 55^0 10' 34''$

$\beta = 74^o 08' 56''$

8. Cara Pengikatan ke Belakang Metode Collins

Pada materi sebelumnya telah dibahas mengenai sistem koordinat dan cara menentukan titik koordinat dengan pengikatan ke muka. Bab selanjutnya membahas mengenai cara menentukan titik koordinat dengan pengikatan ke belakang.

Perbedaan cara pengikatan ke muka dan ke belakang dalam menentukan suatu titik koordinat adalah data awal yang tersedia, prosedur pengukuran di lapangan serta keadaan lapangan yang menentukan cara mana yang cocok digunakan.

Pada pengikatan ke muka dapat dilakukan apabila kondisi lapangan memungkinkan untuk berpindah posisi pengukuran yaitu pada daerah-daerah yang mudah seperti pada dataran rendah yang mempunyai permukaan datar, sehingga keadaan lapangan tersebut dapat memungkinkan dilakukan pengikatan ke muka.

Gambar 179. Kondisi alam yang dapat dilakukan cara pengikatan ke muka

Pengikatan ke belakang, dilakukan pada saat kondisi lapangan tidak memungkinkan menggunakan pengukuran pengikatan ke muka, dikarenakan alat theodolite tidak mudah untuk berpindah-pindah posisi, dan kondisi lapangan yang terdapat rintangan.

Gambar 180. Kondisi alam yang dapat dilakukan cara pengikatan ke belakang

Terdapat perbedaan pada gambar 179 dan 180, yaitu kondisi lapangan yang menjadi lokasi pengukuran. Pada gambar 180 menunjukan daerah dataran yang lebih cocok menggunakan pengukuran cara pengikatan ke muka karena theodolite dengan mudah dapat berpindah-pindah dari titik satu ke titik yang lain. Gambar 180 menunjukan adanya rintangan berupa sungai yang menyulitkan dalam pekerjaan pengukuran, sehingga diperlukan cara pengikatan ke belakang, apabila akan mengukur titik yang terpisah rintangan tersebut.

Data awal yang diperlukan pada pengikatan ke muka adalah 2 titik koordinat yang telah diketahui, misalkan titik tersebut adalah titik A dan B , sedangkan titik yang akan dicari adalah titik P, sehingga alat theodolite dipasang di dua titik yaitu titik A dan B kemudian diukur berapa besar sudut α yang dibentuk oleh titik P dan B ketika berada di titik A begitupula pada sudut β. Sudut yang dibentuk ditunjukan pada gambar 181.

Gambar 181. Pengikatan ke muka

Gambar 182. Pengikatan ke belakang

Pada pengikatan ke belakang, harus terdapat 3 titik awal yang diketahui, misalnya titik-titik tersebut adalah A, B, dan C. prosedur pengukuran di lapangan alat theodolite hanya diletakan di titik yang akan dicari koordinatnya, misalnya titik tersebut adalah titik P kemudian diukur sudut-sudut mendatar yang dibentuk oleh 3 titik koordinat yang telah diketahui yaitu sudut α dan β seperti pada gambar 182.

Terdapat 2 macam cara yang dapat dipakai dalam menentukan titik koordinat dengan cara pengikatan ke belakang, yaitu cara pengikatan ke belakang metode Collins dan cara pengikatan ke belakang metode Cassini.

Cara pengikatan ke belakang metode Collins merupakan cara perhitungan dengan menggunakan logaritma, karena pada saat munculnya teori ini belum terdapat mesin hitung atau kalkulator tetapi pada saat ini pada proses perhitungannya dapat pula dihitung dengan bantuan kalkulator.

Cara pengikatan ke belakang metode Cassini muncul pada tahun 1979, pada saat itu teknologi mesin hitung sudah mulai berkembang, sehingga dalam proses perhitungannya lebih praktis, karena telah dibantu dengan menggunakan mesin hitung. Cara pengikatan ke belakang metode Cassini dibahas lebih lanjut pada bab 9.

8.1.Tujuan cara pengikatan ke belakang metode Collins

Cara pengikatan ke belakang metode Collins merupakan salah satu model perhitungan yang berfungsi untuk menentukan suatu titik koordinat, yang dapat dicari dari titik-titik koordinat lain yang sudah diketahui, dengan cara pengikatan ke belakang.

Metode ini di temukan oleh Mr.Collins tahun 1671. Pada saat itu alat hitung masih belum berkembang sehingga menggunakan bantuan logaritma dalam perhitungannya. Oleh karena itu cara pengikatan ke belakang yang dibuat oleh Collins dikenal dengan nama metode logaritma. Akan tetapi pada pengolahan data perhitungan pada saat ini, dapat dibantu dengan mesin hitung atau kalkulator, sehingga lebih mudah dalam pengolahannya.

Dalam pelaksanaan pekerjaan survei atau pengukuran tanah di lapangan biasanya terdapat kendala-kendala yang dihadapi, diantaranya adalah keadaan alam dan kontur permukaan bumi yang tidak beraturan. Bentuk permukaan bumi seperti ditunjukan pada gambar 183.

Terdapat berbagai kondisi alam seperti bukit, lembah, sungai, gunung dan lain sebagainya pada permukaan bumi. sehingga dapat ditentukan jenis pengukuran apa yang dapat dipakai sesuai dengan kondisi alam tersebut.

Gambar 183. tampak atas permukaan bumi

Seperti dalam menentukan koordinat pada tempat yang terpisah oleh jurang atau sungai yang lebar, dimana titik koordinat di seberangnya telah diketahui.

Untuk mengatasi masalah tersebut, seorang surveior dapat menggunakan cara pengikatan ke belakang metode Collins yang dapat dihitung dengan bantuan logaritma atau kalkulator, sehingga koordinat dari titik yang terpisah oleh sungai atau jurang tersebut dapat ditentukan.

Gambar 184. Pengukuran yang terpisah sungai

8.2. Peralatan, bahan dan prosedur pengikatan ke belakang metode Collins

Dalam pelaksanaan pekerjaan pengukuran tanah dan pengolahan data, diperlukan sejumlah prosedur yang harus dipenuhi dan apa saja yang harus dipersiapkan, hal tersebut perlu dilakukan sehingga setiap tahapan menjadi lebih terarah dan jelas. Begitupula pada pekerjaan penentuan titik koordinat cara pengikatan ke belakang.

Terdapat peralatan dan perlengkapan yang diperlukan pada saat pengukuran di lapangan. dan langkah pengolahan data hasil pengukuran di lapangan. Peralatan, bahan dan prosedur dalam penentuan titik cara pengikatan ke belakang metode Collins dijelaskan sebagai berikut :

8.2.1. Peralatan dan bahan

Peralatan yang digunakan pada pengukuran pengikatan ke belakang cara Collins seperti peralatan yang digunakan pada umumnya dalam pekerjaan pengukuran dan pemetaan, antara lain sebagai berikut :

a. Theodolite,
b. Rambu ukur,
c. Statif,
d. Unting-unting,
e. Benang,
f. Formulir ukur dan alat tulis.

Setiap peralatan dan bahan yang digunakan mempunyai fungsi masing-masing dalam pemanfaatannya pada pengikatan ke belakang cara Collins, antara lain :

Theodolite, adalah alat yang digunakan untuk membaca sudut azimuth, sudut vertikal dan bacaan benang atas, bawah dan tengah dari rambu ukur. Pada penentuan koordinat cara Collins alat ini digunakan untuk mengukur besaran sudut datar yang dibentuk dari titik koordinat yang akan dicari titik-titik lain yang telah diketahui koordinatnya.

Gambar 185. Alat Theodolite

Rambu ukur, digunakan sebagai patok yang diletakan di titik-titik yang telah diketahui koordinatnya untuk membantu dalam menentukan besaran sudut yang dibentuk dari beberapa titik yang telah diketahui koordinatnya, sehingga pada keperluan pengukuran ini tidak diperlukan data pada rambu ukur seperti benang tengah, benang atas, dan benang bawah.

Gambar 186. Rambu ukur

Statif, digunakan sebagai penopang dan tempat diletakannya theodolite. Ketinggian statif dapat diatur dengan cara mengatur skrup yang ada di bagian bawah setiap kaki statif, setelah disesuaikan tingginya yang disesuaikan dengan orang yang akan menggunakan alat theodolite, putar skrup sehingga kaki statif terkunci.

Gambar 187. Satitf

Unting-unting, dipasang tepat di bagian bawah alat theodolite, sehingga penempatan alat theodolite tepat berada di atas permukaan titik yang akan dicari koordinatnya. Terdapat berbagai bentuk yang tetapi memiliki fungsi yang sama.

Gambar 188. Unting-unting

8.2.2 Pengukuran di Lapangan

Dimisalkan terdapat suatu lokasi pengukuran tanah, seperti terlihat pada gambar. akan ditentukan koordinat suatu titik yang terpisah oleh sungai, titik tersebut berada di bagian kiri sungai. sedangkan beberapa titik di bagian kanan sungai telah diketahui koordinatnya.

Gambar 189. Contoh lokasi pengukuran

Pada pelaksanaan di lapangan, sebelumnya terdapat 3 titik yang telah diketahui berapa koordinat masing-masing. Misal titik-titik yang telah diketahui tersebut adalah titik A, B, dan C.

Akan dicari suatu koordinat titik tambahan diluar titik A,B, dan C untuk keperluan tertentu yang sebelumnya tidak diukur, misalkan titik tersebut adalah titik P, yang terletak di seberang sungai.

Gambar 190. Penentuan titik A,B,C dan P

Alat theodolite dipasang tepat diatas titik P yang akan dicari koordinatnya, dengan cara dipasang pada bagian atas statif dan digantungkan unting-unting yang diikatkan dengan benang pada bagian bawah theodolite, sehingga penempatan theodolite benar-benar tepat di atas titik P. Pasang rambu ukur yang berfungsi sebagai patok tepat pada titik yang telah diketahui koordinatnya yaitu titik A, B, dan C, sehingga terdapat 3 patok dan 2 ruang antar patok yaitu ruang AB dan BC. Baca sudut mendatar yang dibentuk oleh garis AP dan BP serta sudut yang dibentuk oleh garis PB dan PC.

Gambar 191. Pemasangan Theodolite di titik P

Sudut yang dibentuk oleh garis PA dan PB kita sebut sebagai sudut alfa (α) sedangkan sudut yang dibentuk oleh garis PB dan PC kita sebut sudut beta (β).

Gambar 192. Penentuan sudut mendatar

Untuk menghitung titik koordinat dengan menggunakan pengikatan ke belakang cara Collins, data yang diukur di lapangan adalah

besarnya sudut α dan sudut β. Koordinat titik A, B, dan C telah ditentukan dari pengukuran sebelumnya. Sehingga data awal yang harus tersedia adalah sebagai berikut :

a. titik koordinat A (X_a, Y_a)
b. titik koordinat B (X_b, Y_b)
c. titik koordinat C (X_c, Y_c)
d. besar sudut α, dan
e. besar sudut β

Cara pengaturan dan pemakaian alat theodolite :

- Pasang statif dengan dasar atas tetap di atas piket dan sedatar mungkin
- Keraskan skrup kaki statif
- Letakan alat theodolite diatasnya lalu keraskan skrup pengencang alat
- Tancapkan statif dalam-dalam pada tanah, sehingga tidak mudah bergerak
- Pasanglah unting-unting pada skrup pengencang alat.
- Bila ujung unting-unting belum tepat di atas paku, maka geserkan alat dengan membuka skrup pengencang alat, sehingga ujung unting-unting tepat di atas paku dan piket.
- Gelembung pada nivo kotak kita ketengahkan dengan menyetel ketiga skrup penyetel.
- Setelah tahapan di atas telah dilakukan, alat theodolite siap untuk melakukan pengamatan.
- Dengan membuka skrup pengencang lingkaran horizontal dan vertikal arahkan teropong ke titik yang dibidik dengan pertolongan visir secara kasaran, kemudian skrup-skrup kita kencangkan kembali.
- Jelaskan benang diafragma dengan skrup pengatur benang diafragma kemudian jelaskan bayangan dari titik yang dibidik dengan menggeser-geserkan lensa oculair.

Gambar 193. Pemasangan statif

Gambar 194. Pengaturan pembidikan theodolite

- Dengan menggunakan skrup penggerak halus horizontal dan vertikal, kita tepatkan target yang dibidik (skrup-skrup pengencang horizontal dan vertikal harus kencang terlebih dahulu).
- Setelah seluruh tahapan akhir telah dilakukan, maka pengukuran dapat dimulai.

Pembacaan sudut mendatar

- Terlebih dahulu kunci boussole atau pengencang magnet kita lepaskan, kemudian akan terlihat skala pembacaan bergerak; sementara bergerak tunggu sampai skala pembacaan diam, kemudian kunci lagi.
- Pembacaan bersifat koinsidensi dengan mempergunakan trombol mikrometer.
- (Berarti pembacaan dilakukan pada angka-angka yang berselisih 180° atau 200^{gr})
- Pembacaan puluhan menit/ Centi grade dan satuannya dilakukan pada trombol mikrometer.
- Untuk pembacaan biasa, trombol mikrometer berada sebelah kanan.
- Untuk pembacaan luar biasa ; trombol berada di sebelah kiri. Untuk dapat melihat angka-angka pembacaan pada keadaan biasa maupun luar biasa, kita putar penyetel angka pembacaan (angka pembacaan dapat diputar baik menurut biasa/ luar biasa dengan berselisih 180° atau 200^{gr})

8.2.3 Prosedur pengikatan ke belakang metode Collins

Dari data yang telah tersedia diantaranya adalah koordinat titik A,B dan C, serta sudut α dan β yang diperoleh dari pengukuran di lapangan, selanjutnya menentukan daerah lingkaran yang melalui titik A, B dan P dengan jari-jari tertentu, lingkaran tersebut merupakan suatu cara yang membantu dalam proses perhitungan, yang pada kenyataanya tidak terdapat di lapangan. titilk C berada di luar lingkaran, tarik garis yang menghubungkan titik P terhadap titik C. Sehingga garis PC memotong lingkaran, titik perpotongan itu kita sebut sebagai titik penolong Collins yaitu titik H.

Gambar 195. Penentuan titik penolong Collins

Titik P kemudian kita cari dengan metode pengikatan ke muka melalui basis AB. Perhitungan diawali terlebih dahulu dengan menghitung koordinat titik penolong H. Setelah diketahui azimuth-azimuth lain maka kita akan memperoleh sudut bantu γ. Dari rumus tersebut maka akan diperoleh

azimuth AP dan BP. Jarak d_{ap} dan d_{bp} di peroleh melalui persamaan sinus sudut terhadap jarak.

Titik P selanjutnya di peroleh melalui pengikatan ke muka dari A dan B. dengan demikian hitungan Collins untuk mengikat cara ke belakang di kembalikan ke hitungan dengan cara ke muka yang harus di lakukan dua kali. Yaitu satu kali untuk mencari koordinat-koordinat titik penolong Collins H dan satu kali lagi untuk mencari koordinat-koordinat titik P sendiri. Untuk menentukan titik penolong Collins H dan titik yang akan dicari yaitu titik P, dapat dicari baik dari titik A atau titik B.

Koordinat target dapat di peroleh dari titik A dan B. Absis target sama dengan jarak A terhadap target dikalikan dengan sinus azimuth A terhadap target kemudian ditambahkan dengan absis titik A. Ordinat target sama dengan jarak A terhadap target dikalikan dengan cosinus azimuth A terhadap target ditambahkan dengan ordinat titik A. Absis target sama dengan jarak B terhadap target dikalikan dengan sinus azimuth B terhadap target kemudian di tambahkan dengan absis titik B. Ordinat target sama dengan jarak B terhadap target dikalikan dengan cosinus azimuth B terhadap target kemudian di tambahkan dengan ordinat titik B. Nilai koordinat target merupakan nilai koordinat rata-rata yang di peroleh dari titik A dan B.

8.3. Pengolahan data pengikatan ke belakang metode Collins

8.3.1 Cara Perhitungan Secara Detail

Titik P diikat dengan cara ke belakang pada titik A, B, dan C. Buatlah sekarang suatu lingkaran sebagai tempat kedudukan melalui titik-titk A, B dan P hubungkanlah titik P dengan titik C maka garis CP dimisalkan memotong lingkaran tadi di titik H yang di namakan titik penolong Collins.

Gambar 196. Besar sudut α dan β

Untuk menentukan koordinat-koordinat titik H yang telah di gabungkan dengan titik tertentu C, tariklah garis AH dan BH. Maka sudut BAH = β dan sudut ABH sebagai sudut segiempat tali busur dalam lingkaran sama dengan 180^0 - (α + β) dengan demikian sudut-sudut pada titik pengikat A dan B diketahui, hingga titik H diikat dengan cara kemuka pada titik-titik A dan B.

Sekarang akan dicari koordinat-koordinat titik P sendiri. Supaya titik P diikat dengan

cara ke muka pada titik A dan B, maka haruslah diketahui sudut BAP dan sudut ABP, ialah sudut-sudut yang ada pada titik yang telah tentu. Sudut ABP akan dapat di hitung bila diketahui sudut BAP.

Gambar 197. Garis bantu metode Collins

Untuk menentukan koordinat P dari A, B dan C dipergunakan metoda perpotongan ke belakang secara numeris Collins dan cara grafis

Lingkaran melalui A, B dan P memotong garis PC di H, yang selanjutnya disebut titik penolong Collins. Titik penolong Collins ini dapat pula terletak pada garis PB atau PA. Masing-masing lingkaran.

Melalui titik A, C dan P serta melalui titik B, C dan P dengan data pada segitiga ABH dapat dihitung.

Titik A telah diketahui koordinatnya yaitu (X_a,Y_a). Selanjutnya akan dicari koordinat titik H. Apabila jarak kedua koordinat tersebut adalah dah, dan sudut jurusan yang dibentuk oleh kedua titik tersebut adalah α_{ah}.

Maka koordinat titik H tersebut adalah

$X_h = X_a + d_{ah} \sin \alpha_{ah}$

$Y_h = Y_a + d_{ah} \cos \alpha_{ah}$

Gambar 198. Penentuan koordinat H dari titik A

α_{ah} dapat dicari dengan rumus :

$\alpha_{ah} = \alpha_{ab} + \beta$ seperti terlihat pada gambar berikut :

Gambar 199. Menentukan sudut αah

Sedangkan sudut jurusan α_{ab} sendiri dicari dengan rumus :

$$tg\alpha_{ab} = \frac{(x_b - x_a)}{(y_b - y_a)}$$

Untuk mencari d_{ah}, diperlukan nilai dab sehingga d_{ah} dapat ditentukan dengan menggunakan perbandingan antara sinus sudut dengan garis sehadap sudut tersebut.

Gambar 200. Menentukan rumus dah

Dari gambar di atas dapat dijelaskan bahwa terdapat persamaan sebagai berikut :

$$\frac{d_{ah}}{\sin\{180-(\alpha+\beta)\}} = \frac{d_{ab}}{\sin\alpha}$$

Sehingga

$$d_{AH} = \frac{d_{AB}}{\sin\alpha}.\sin\{180-(\alpha+\beta)\}$$

Sedangkan dab dicari dengan rumus :

$$d_{ab} = \frac{(X_b - X_a)}{\sin\alpha}$$

Perhitungan diatas untuk menentukan titik H yang dicari dari titik A, yang sebetulnya dapat pula dicari dari titik B, yaitu dengan rumus :

$X_h = X_b + d_{bh} \sin \alpha_{bh}$

$Y_h = Y_b + d_{bh} \cos \alpha_{bh}$

Gambar 201. Penentuan koordinat H dari titik B

α_{bh} dapat dicari dengan rumus :

$\alpha_{bh} = \alpha_{ab} + (\alpha + \beta)$ seperti terlihat pada gambar berikut :

Gambar 202. Menentukan sudut αbh

Untuk mencari d_{bh}, diperlukan nilai dab sehingga dbh dapat ditentukan dengan menggunakan perbandingan antara sinus sudut dengan garis sehadap sudut tersebut.

Dari gambar berikut dapat dijelaskan bahwa terdapat persamaan :

$$\frac{d_{bh}}{\sin\beta} = \frac{d_{ab}}{\sin\alpha}$$

Gambar 203. Menentukan rumus dbh

Sehingga

$$d_{bh} = \frac{d_{ab}}{\sin\alpha}.\sin\beta$$

Setelah koordinat titik penolong Collins H diketahui, selanjutnya menentukan koordinat titik P, yang dapat dicari dari titik A maupun B.

Bila dicari dari titik A, maka rumusnya adalah :

$X_p = X_a + d_{ap} \sin \alpha_{ap}$

$Y_p = Y_a + d_{ap} \cos \alpha_{ap}$

Gambar 204. Penentuan koordinat P dari titik A

α_{ap} dapat dicari dengan rumus :

$\alpha_{ap} = \alpha_{ab} + \gamma$ seperti terlihat pada gambar berikut :

Gambar 205. Menentukan sudut αap

mengikuti aturan sudut. Maka besarnya sudut γ sama dengan sudut BHC, seperti terlihat pada gambar berikut ini

Gambar 206. Menentukan sudut γ

Dari gambar diatas besar γ dapat disusun dengan rumus

$\gamma = \alpha_{hc} - \alpha_{hb}$

α_{hb} didapat dari α_{bh} + 180°. Sedangkan α_{hc} didapat dari rumus berikut :

$$tg\alpha_{hc} = \frac{(x_c - x_h)}{(y_c - y_h)}$$

Kembali pada segitiga ABP, d_{ap} dapat ditentukan dengan rumus

$$\frac{d_{ap}}{\sin(\gamma+\alpha)} = \frac{d_{ab}}{\sin\alpha}$$

Sehingga

$$d_{ap} = \frac{d_{ab}}{\sin\alpha}.\sin(\gamma+\alpha)$$

Gambar 207. Menentukan rumus dap

Bila menentukan koordinat titik P dari titik B, mempunyai rumus sebagai berikut

$X_p = X_b + d_{bp} \sin \alpha_{bp}$

$Y_p = Y_b + d_{bp} \cos \alpha_{bp}$

Gambar 208. Penentuan koordinat P dari titik B

α_{bp} dapat dicari dengan rumus :

$\alpha_{bp} = \alpha_{ab} + (\alpha+\gamma)$ seperti terlihat pada gambar berikut :

Gambar 209. Menentukan sudut αbp

dbp dapat ditentukan dengan rumus

$$\frac{d_{bp}}{\sin\gamma} = \frac{d_{ab}}{\sin\alpha}$$

Sehingga

$$d_{bp} = \frac{d_{ab}}{\sin\alpha}.\sin\gamma$$

Gambar 210. Menentukan rumus d_{bp}

8.3.2 Langkah-Langkah Pekerjaan

Menentukan α_{ab} dan d_{ab}

α_{ab} adalah sudut-sudut yang di bentuk oleh garis penarikan titik AB dengan garis lurus yang di tarik dari koordinat A menuju utara, yang di cari dengan rumus :

$tg\ \alpha_{ab} = (x_b - x_a) : (y_b - y_a)$

d_{ab} adalah jarak yang di bentuk oleh penarikan koordinat A terhadap koordinat B yang dapat di ketahui dengan rumus

$d_{ab} = (x_b - x_a) : \sin \alpha_{ab} = (y_b - y_a) : \cos \alpha_{ab}$

Menentukan koordinat-koordinat titik penolong

Garis H merupakan garis penolong Collins yang terbentuk dari perpotongan garis penarikan titik P terhadap titik C pada lingkaran yang dibentuk oleh titik P, A dan B

Untuk mencari titik koordinat H dapat dicari dengan 2 cara :

H dicari dari titik A diperlukan α_{ah} dan d_{ah}. Untuk mengihitung koordinat titik H yang di cari dari titik A diperlukan αah dan dah. αah merupakan sudut jurusan AH dan dah merupakan jarak yang dibentuk oleh garis AH dicari dengan rumus:

$\alpha_{ah} - \alpha_{ab} + \beta$

$d_{ah} : \sin \{ 180^0 - (\alpha + \beta)\} = d_{ab} : \sin \alpha$

$d_{ah} = m \sin (\alpha + \beta)$

bila $m = d_{ab} : \sin \alpha$

$x_h = x_a + d_{ah} \sin \alpha_{ah}$

$y_h = y_a + d_{ah} \cos \alpha_{ah}$

Untuk mengihitung koordinat titik H yang di cari dari titik B diperlukan α_{bh} dan d_{bh}. α_{ah} merupakan sudut jurusan BH dan d_{ah} merupakan jarak yang dibentuk oleh garis BH dicari dengan rumus:

$\alpha_{bh} = \alpha_{ab} + (\alpha + \beta)$

$d_{bh} : \sin \beta = d_{ab} : \sin \alpha$

$d_{bh} = m \sin \beta$

$x_h = x_b + d_{bh} \sin \alpha_{bh}$

$y_h = y_b + d_{bh} \cos \alpha_{bh}$

α adalah besar sudut yang dibentuk garis BA dan PA merupakan komponen yang bisa mencari koordinat titik P, untuk mencari besarnya α harus di ketahui α_{hc}.

Menentukan α_{hc} dan γ

$tg\ \alpha_{hc} = (x_c - x_b) : (y_c - y_h)$

dengan dicarinya α_{hc}. Maka dapat di hitung besarnya γ

$\gamma = \alpha_{hc} - \alpha_{hb} = \alpha_{hc} - (\alpha_{bh} - 180^0) =$

$\alpha_{hc} + 180^0 - \alpha_{bh}$

Menentukan koordinat titik P

Koordinat titik P dapat dicari dengan pengikatan terhadap titik A dan B, dimana perhitungan harus dicari terlebih dahulu sudut-sudut yang terkait didalamnya.

Dicari dari titik A diperlukan α_{ap} dan α_{bp}

$\alpha_{ap} = \alpha_{ab} + \gamma$

$$\frac{d_{ap}}{\sin(180^0 - (\alpha + \gamma))} = \frac{d_{ab}}{\sin \alpha}$$

$d_{ap} = m \sin (\alpha + \gamma)$

$x_p = x_a + d_{ap} \sin \alpha_{ap}$

$y_p = y_a + d_{ap} \cos \alpha_{ap}$

Dicari dari titik B diperlukan α_{bp} dan d_{bp}

$\alpha_{bp} = \alpha_{ab} (\alpha + \gamma)$

$$\frac{d_{bp}}{\sin \gamma} = \frac{d_{ab}}{\sin \alpha} \quad dbp = m \sin \gamma$$

$x_p = x_b + d_{bp} \sin \alpha_{bp}$

$y_p = y_b + d_{bp} \cos \alpha_{bp}$

Gambar 211. Cara Pengikatan ke belakang metode Collins

8.3.3 Contoh Soal

Contoh 1

Hitunglah koordinat titik P (Xp, Yp) dengan pengikatan ke belakang cara Collins, dengan data sebagai berikut :

A : x = +23.231,58
y = + 91.422,92

B : x = + 23.373,83
y = +90.179,61

C : x = + 24.681,92
y = + 90.831,87

α = 64º47'03''

β = 87º11'28''

Jawaban :

Dengan bantuan mesin hitung

Menentukan α_{ab} dan d_{ab}

tg α_{ab} = $(x_b - x_a) : (y_b - y_a)$

$$\alpha_{ab} = tg^{-1}\frac{(x_b - x_a)}{(y_b - y_a)}$$

$$= arctg\frac{(23.373,83 - 23.231,58)}{(90.179,61 - 91.422,92)}$$

= - 6º31'37,07"

Berada di kuadran 2 sehingga

α_{ab} = 180º – α

= 180º - 6º31'37,07"

= 173 º 28'22,9"

$$d_{ab} = \frac{(x_b - x_a)}{\sin\alpha_{ab}}$$

$$= \frac{(23.373,83 - 23.231,58)}{\sin 173^{o}\ 28'22,9''}$$

= 1.251,42

Menentukan koordinat H dan P dari titik A

Menentukan α_{ah} dan d_{ah}

$\alpha_{ah} = \alpha_{ab} + \beta$ = 173 º 28'22,9" + 87º11'28''

= 260 ° 39'50,9"

$d_{ah} = \frac{d_{ab}}{\sin\alpha}\sin(\alpha+\beta)$

$= \frac{1.251,42}{\sin 64^o4703}\sin(64^o4703 + 87^o1128)$

= 649,91

Sehingga koordinat H adalah;

$x_h = x_a + d_{ah} \sin \alpha_{ah}$

= 23.231,58 + 649,91 sin 260 ° 39'50,9"

= 22.590,28

$y_h = y_a + d_{ah} \cos \alpha_{ah}$

= 91.422,92+ 649,91 cos 260 ° 39'50,9"

= 91.317,48

Menentukan α_{hc} dan γ

$tg\ \alpha_{hc} = (x_c - x_b) : (y_c - y_h)$

$\alpha_{hc} = arctg \frac{(x_c - x_b)}{(y_c - y_h)}$

$= arctg \frac{(24.681,92 - 22.590,28)}{(90.831,87 - 91.317,48)}$

= - 76°55'45,71"

Berada di kuadran 2 sehingga

α_{hc} = 180° – α

= 180° - 76°55'45,71"

= 103 ° 4'14,29"

$\gamma = \alpha_{hc} + 180 - \alpha_{bh}$

$\alpha_{bh} = \alpha_{ab} + (\alpha + \beta)$

= 173 ° 28'22,9" +

(64º47'03''+87º11'28'')

= 325°26'53,9"

γ = 103 ° 4'14,29"+180 - 325°26'53,9"

= - 42 ° 22'39,61"

Menentukan α_{ap} dan d_{ap}

$\alpha_{ap} = \alpha_{ab} + \gamma$

= 173 ° 28'22,9" - 42 ° 22'39,61"

= 131 ° 5'43,29"

$dap = \frac{d_{ab}}{\sin\alpha}\sin(\alpha+\gamma)$

$= \frac{1.251,42}{\sin 64^o4703}\sin(64^o4703 - 42^o 2239,61")$

= 527,25252

Sehingga koordinat P adalah ;

$x_p = x_a + d_{ap} \sin \alpha_{ap}$

= 23.231,58+527,25252 sin131°5'43,29"

= 23.628,92

$y_p = y_a + d_{ap} \cos \alpha_{ap}$

= 91.422,92+527,25252 cos131°5'43,29"

= 91.076,349

Menentukan koordinat H dan P dari titik B

Menentukan α_{bh} dan d_{bh}

$\alpha_{bh} = \alpha_{ab} + (\alpha + \beta)$

=173 ° 28'22,9" + 89º11'28''+ 64º47'03''

= 327° 26'53,9"

$dbh = \frac{d_{ab}}{\sin\alpha}\sin\beta$

$= \frac{1.251,42}{\sin 64^o4703}\sin(87^o1128)$

= 1.381,567

Sehingga koordinat H adalah ;

$x_h = x_b + d_{bh} \sin \alpha_{bh}$

= 23.373,83+1.381,567 sin327°26'53,9"

= 22.630,4636

$y_h = y_b + d_{bh} \cos \alpha_{bh}$

= 90.179,61+1.381,567 cos327°26'53,9"

= 91.344,141

Menentukan α_{bp} dan d_{bp}

$\alpha_{bp} = \alpha_{ab} + (\alpha + \gamma)$

=173°28'22,9"+64º47'03''+42°22'39,61"

= 195° 52'46,2"

$$dap = \frac{d_{ab}}{\sin\alpha}\sin\gamma$$

$$= \frac{1.251,42}{\sin 64º4703}\sin\left(-42\ ^{o}\ 2239,61"\right)$$

= -932,316

Sehingga koordinat P adalah ;

$x_p = x_b + d_{bp} \sin \alpha_{bp}$

= 23.373,83+(- 932,31 sin195° 52'46,2")

= 23.628,92

$y_p = y_b + d_{bp} \cos \alpha_{bp}$

= 90.179,61+(- 932,31 cos195°52'46,2")

= 91.076,348

Dengan Bantuan Logaritma

Hitungan yang dilakukan dengan cara logaritmis maka untuk hitungan digunakan suatu formulir, supaya hitungan tertata dengan rapi dan teratur, sehingga bila terdapat kesalahan dapat dengan mudah ditemukan dan diperbaiki.

Formulir dibagi dalam dua bagian. bagian atas diisi dengan angka-angka sebenarnya dan bagian bawah yang diisi dengan harga-harga logaritma angka-angka itu.

Lajur-lajur yang bernomor ganjil menyatakan besaran-besaran dengan huruf, sedangkan lajur lainnya yang bernomor genap memuat besarnya besaran-besaran itu dengan angka.

Tahap awal yang dilakukan adalah mencari nilai-nilai logaritma dari data yang diperlukan dalam perhitungan, kemudian isi nilai tersebut di kolom bagian bawah. seperti nilai log sin α , log ($x_b - x_a$) dan lain sebagainya.

Kolom paling atas didisi nilai sebenarnya dari besaran yang dihitung. Seperti pada baris pertama kolom bagian kiri diisi pencarian koordinat titik H yang dicari baik dari titik A maupun titik B.

Baris pertama diisi dengan nilai koordinat titik B untuk X_b disamping kiri dan Yb disamping kanan. Selanjutnya diisi nilai d_{bh} sin α_{bh}. Kemudian isi nilai koordinat X_h, yang merupakan penambahan anatara nilai koordinat X_b dengan sin α_{bh}, begitupula untuk Y_b.

Lakukan hal yang sama untuk mencari nilai koordinat H yang dihitung dari titik A, sehingga diperlukan X_a, dan d_{ah} sin α_{ah} untuk menghitung X_h. Dan diperlukan Y_a dan d_{ah} cos α_{ah} untuk menghitung Y_h.

Kolom bagian kiri digunakan untuk menghitung koordinat titik P, dapat dicari dari titik A maupun B. bila dari titik A diperlukan X_a dan d_{ap} sin α_{ap} untuk menghitung X_p, dan diperlukan Y_a dan d_{ap} cos α_{ap} untuk menghitung Y_p.

Tabel 20. Hitungan cara logaritma

Contoh 2

Hitunglah koordinat titik P (Xp, Yp) dengan pengikatan ke belakang cara Collins, dengan data sebagai berikut :

A : x = - 2.904,28
y = + 4.127,31
B : x = - 2.168,09
y = + 2.351,09
C : x = + 4.682,09
y = - 2.375,92
α = 47º16'30''
β = 41º08'19''

Jawaban :

Dengan bantuan mesin hitung

Menentukan α_{ab} dan d_{ab}

tg α_{ab} = $(x_b - x_a) : (y_b - y_a)$

$$\alpha_{ab} = tg^{-1}\frac{(x_b - x_a)}{(y_b - y_a)}$$

$$= arctg\frac{(-2.168,09 + 2.904,28)}{(2.351,09 - 4.127,31)}$$

= - 22°30'45,15"

Berada di kuadran 2 sehingga

α_{ab} = 180° – α
= 180° - 22°30'45,15"
= 157° 29'14,8"

$$d_{ab} = \frac{(x_b - x_a)}{\sin\alpha_{ab}}$$

$$= \frac{(-2.168,09 - 2.904,28)}{\sin 157^\circ\ 29'14,8''}$$

= 1.922,741

Menentukan koordinat H dan P dari titik A

Menentukan α_{ah} dan d_{ah}

$\alpha_{ah} = \alpha_{ab} + \beta$
= 157° 29'14,8" + 41º08'19''
= 198° 37'33,8"

$$dah = \frac{d_{ab}}{\sin\alpha}\sin(\alpha + \beta)$$

$$= \frac{1.922,741}{\sin 47^\circ 16'30''}\sin(47^\circ 16'30'' + 41^\circ 08'19'')$$

= 2.616,329

Sehingga koordinat H adalah ;

$x_h = x_a + d_{ah} \sin \alpha_{ah}$
= -2.904,28+2.616,329 sin 198°37'33,8"
= - 3.739,91

$y_h = y_a + d_{ah} \cos \alpha_{ah}$
= 4.127,31+ 2.616,329 cos 198°37'33,8"
= 1.648,016

Menentukan α_{hc} dan γ

tg α_{hc} = $(x_c - x_b) : (y_c - y_h)$

$$\alpha_{hc} = arctg\frac{(x_c - x_b)}{(y_c - y_h)}$$

$$= arctg\frac{(4.682,09 + 3.739,91)}{(-2.375,92 - 1.648,016)}$$

= -64°27'43,2"

Berada di kuadran 2 sehingga

α_{hc} = 180° – α
= 180°-64°27'43,2"
= 115° 32'16,5"

γ = α_{hc}+180 - α_{bh}

$\alpha_{bh} = \alpha_{ab} + (\alpha + \beta)$
= 157° 29'14,8"+(47º16'30''+41º08'19'')

= 245°54'3,8"

γ = 115° 32'16,5"180 - 245°54'3,8"

= 49° 38'12,7"

Menentukan α_{ap} dan d_{ap}

$\alpha_{ap} = \alpha_{ab} + \gamma$

= 157° 29'14,8"+ 49° 38'12,7"

= 207° 7'27,5"

$$dap = \frac{d_{ab}}{\sin\alpha}\sin(\alpha+\gamma)$$

$$= \frac{1.922,741}{\sin 47^o16'30''}\sin(47^o16'30''+49^o\ 38'12,7")$$

= 2.598,311

Sehingga koordinat P adalah ;

$x_p = x_a + d_{ap} \sin \alpha_{ap}$

= -2.904,28+ 2.598,311sin 207° 7'27,5"

= - 4.088,908

$y_p = y_a + d_{ap} \cos \alpha_{ap}$

= 4.127,31+ 2.598,311cos 207° 7'27,5"

= 1.814,758

Menentukan koordinat H dan P dari titik B

Menentukan α_{bh} dan d_{bh}

$\alpha_{bh} = \alpha_{ab} + (\alpha + \beta)$

= 157° 29'14,8" + (47°16'30''+41°08'19'')

= 245° 54'3,8"

$$dah = \frac{d_{ab}}{\sin\alpha}\sin\beta$$

$$= \frac{1.922,741}{\sin 47^o16'30''}\sin(41^o08'19'')$$

= 1.721,898

Sehingga koordinat H adalah ;

$x_h = x_b + d_{bh} \sin \alpha_{bh}$

=-2.168,09+1.721,898 sin245° 54'3,8"

= - 3.739,91

$y_h = y_b + d_{bh} \cos \alpha_{bh}$

=2.351,09+1.721,898 cos 245° 54'3,8"

= 1.648,015

Menentukan α_{bp} dan d_{bp}

$\alpha_{bp} = \alpha_{ab} + (\alpha + \gamma)$

=157°29'14,8"+47°16'30''+49° 38'12,7"

= 254° 23'57,5"

$$dap = \frac{d_{ab}}{\sin\alpha}\sin\gamma$$

$$= \frac{1.922,741}{\sin 47^o16'30''}\sin(49^o\ 38'12,7")$$

= 1.994,289

Sehingga koordinat P adalah ;

$x_p = x_b + d_{bp} \sin \alpha_{bp}$

= -2.168,09+1.994,289 sin254°23'57,5"

= - 4.088,908

$y_p = y_b + d_{bp} \cos \alpha_{bp}$

= 2.351,09+1.994,289 cos254°23'57,5"

= 1.814,763

8.4. Penggambaran pengikatan kebelakang metode Collins

Pada A dan B lukiskan sudut β dan sudut $180^o - (\alpha + \beta)$. Kedua garis A dan B berpotongan di H. hubungkan C – H, ukur dengan busur derajat sudut γ. kemudian lukiskan di A sudut γ. Maka garis C_H dan C_D akan berpotongan di A, selanjutnya bacalah koordinat titik P tersebut.

Langkah-langkah pekerjaan, dapat disusun sebagai berikut :

1. Menentukan titik A, B dan C,
2. mengukur sudut β di titik A dan sudut $180^o - (\alpha + \beta)$ di titik B.

Gambar 212. Menentukan besar sudut α dan β

3. Perpanjang garis yang dibentuk oleh sudut masing-masing, sehingga garis tersebut berpotongan, Kita sebut titik perpotongan itu sebagai titik H.
4. Tarik garis yang menghubungkan titik H dan titik C, kemudian ukur sudut yang dibentuk oleh garis CH dan BH. Kita sebut sebagai sudut γ.

Gambar 213. Menentukan koordinat titik penolong Collins

5. Ukur sudut γ di titik A, kemudian tarik garis yang dibentuk sehingga berpotongan dengan perpanjangan garis CH. Titik perpotongan tersebut kita sebut sebagai titik P
6. Baca koordinat titik P tersebut

Gambar 214. Menentukan titik P

Cara grafis lainnya dapat pula dilakukan dengan langkah yang berbeda, yaitu sediakan 2 macam masing-masing kertas transparan dan kertas grafik.

Pada kertas grafik lukiskan titik A, B dan C, sedangkan pada kertas transparan lukiskan sudut α dan β. Letakkan kertas transparan di atas kertas grafik, atur sedemikian rupa agar jurusan garis PA, PB dan PC tetap di titik A,B dan C.

Bila tujuan tersebut tercapai, tusuklah titik P sehingga membekas pada kertas grafik kemudian bacalah koordinat titik P tersebut.

Cara diatas dapat disusun langkah kerjanya, sebagai berikut:

1. Sediakan kertas grafik dan kertas transparan
2. Pada kertas grafik lukislah titik A,B dan C yang telah disesuaikan dengan letak koordinat masing-masing

Gambar 215. Menentukan koordinat titik A,B dan C pada kertas grafik

3. Pada kertas transaran lukislah sudut α dan β dari suatu titik.
4. Pasanglah kertas transparan tadi yang telah dilengkapi lukisan sudut tepat diatas kertas grafik yang telah ditentukan titik titik A,B dan C.

Gambar 216. Garis yang dibentuk sudut α dan β

5. Sesuaikan kertas transparan, sehingga garis-garis pada transparan tepat melewati semua titik.
6. Baca koordinat titik P tersebut.

Gambar 217. Pemasangan transparansi pada kertas grafik

Gambar 218. Model Diagram Alir Cara Pengikatan ke Belakang Metode Collins

Rangkuman

Berdasarkan uraian materi bab 8 mengenai cara pengikatan kebelakang metode collins, maka dapat disimpulkan sebagi berikut:

1. Perbedaan pengikatan ke muka dan ke belakang dalam menentukan suatu titik koordinat adalah data awal yang tersedia, prosedur pengukuran di lapangan serta keadaan lapangan yang menentukan cara mana yang cocok digunakan.
2. Pengikatan ke muka dapat dilakukan apabila kondisi lapangan memungkinkan untuk berpindah posisi pengukuran yaitu pada daerah-daerah yang mudah seperti pada dataran rendah yang mempunyai permukaan datar, sehingga keadaan lapangan tersebut dapat memungkinkan dilakukan pengikatan ke muka.
3. Pengikatan ke belakang, dilakukan pada saat kondisi lapangan tidak memungkinkan menggunakan pengukuran pengikatan ke muka, dikarenakan alat theodolite tidak mudah untuk berpindah-pindah posisi, dan kondisi lapangan yang terdapat rintangan.
4. Theodolite, adalah alat yang digunakan untuk membaca sudut azimuth, sudut vertikal dan bacaan benang atas, bawah dan tengah dari rambu ukur.
5. Fungsi Theodolite digunakan untuk mengukur besaran sudut datar yang dibentuk dari titik koordinat yang akan dicari titik-titik lain yang telah diketahui koordinatnya.
6. Rambu ukur, digunakan sebagai patok yang diletakan di titik-titik yang telah diketahui koordinatnya untuk membantu dalam menentukan besaran sudut yang dibentuk dari beberapa titik yang telah diketahui koordinatnya, sehingga pada keperluan pengukuran ini tidak diperlukan data pada rambu ukur seperti benang tengah, benang atas, dan benang bawah.
7. Statif, digunakan sebagai penopang dan tempat diletakannya theodolite.
8. Unting-unting digunakan agar penempatan alat theodolite tepat berada di atas permukaan titik yang akan dicari koordinatnya.
9. Untuk menghitung titik koordinat dengan menggunakan pengikatan ke belakang cara Collins, data yang diukur di lapangan adalah besarnya sudut α dan sudut β.

Soal Latihan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini !

1. Sebutkan dan Jelaskan fungsi dari peralatan dan bahan yang digunakan pada pengukuran pengikatan ke belakang dengan cara Metode Collins?
2. Bagaimana cara pengaturan dan pemakaian alat theodolite?
3. Bagaimana cara pembacaan sudut mendatar pada alat theodolite?
4. Jelaskan dan gambarkan cara menentukan titik-titik koordinat pada pengikatan kebelakang dengan metode Collins?
5. Hitunglah koordinat titik P (Xp, Yp) dengan pengikatan ke belakang cara Collins, dengan data sebagai berikut :

A : x = +23.231,58	**B** : x = + 23.373,83	**C** : x = + 24.681,92	**α** = 64º47'03''
y = + 91.422,92	y = + 90.179,61	y = + 90.831,87	**β** = 87º11'28''

9. Cara pengikatan ke belakang metode Cassini

Pengikatan ke belakang adalah sebuah metode orientasi yang dipakai jika planset menempati kedudukan yang belum di tentukan lokasinya oleh peta. Pengikatan ke belakang dapat diartikan sebagai pengukuran ke rambu yang ditegakkan di stasion (titik dimana theodolite diletakkan) yang diketahui ketinggiannya. Secara umum rambunya disebut rambu belakang.

Pada bab delapan telah dibahas cara pengikatan ke belakang metode Collins, yang menjelaskan secara umum pada saat kapan menggunakan cara pengikatan ke belakang, yaitu pada saat akan menentukan koordinat dari suatu titik, yang dihitung dari titik koordinat lain yang telah diketahui koordinantnya.

Pengukuran tersebut tidak dilakukan dengan cara pengikatan ke muka, karena tidak seluruh kondisi alam dapat mendukung cara tersebut. Khususnya pada kondisi alam yang terpisah oleh rintangan, maka dapat dilakukan dengan cara pengikatan ke belakang. Seperti pada pengukuran yang terpisah oleh jurang, sungai dan lain sebagainya.

Seperti terlihat pada gambar-gambar berikut adalah contoh pengukuran yang dilakukan pada kondisi alam yang sulit baik daerah jurang maupun daerah tebing.

Gambar 219. Pengukuran di daerah tebing

Gambar 220. Pengukuran di daerah jurang

Karena kondisi alam tidak memungkinkan dilakukan pengukuran seperti biasanya, sehingga diperlukan cara pengikatan ke belakang cara Collins maupun Cassini.

9.1. Tujuan pengikatan ke belakang Metode Cassini

Cara pengikatan ke belakang metode Cassini merupakan salah satu model perhitungan yang berfungsi untuk mengetahui suatu titik koordinat, yang dapat dicari dari titik-titik koordinat lain yang sudah diketahui.

Metode ini dikembangkan pada saat alat hitung sudah mulai ramai digunakan dalam berbagai keperluan, sehingga pada perhitungannya dibantu dengan mesin hitung. Oleh karena itu cara pengikatan ke belakang yang dibuat oleh Cassini dikenal dengan nama metode mesin hitung.

Pengikatan ke belakang metode Collins ataupun metode Cassini seperti telah dibahas sebelumnya bertujuan untuk mengukur atau menentukan koordinat titik jika kondisi alam tidak memungkinkan dalam pengukuran biasa atau dengan pengukuran pengikatan ke muka. Sehingga alat theodolite hanya ditempatkan pada satu titik, yaitu tepat diatas titik yang akan dicari koordinatnya, kemudian diarahkan pada patok-patok yang telah diketahui koordinatnya,

Biasanya cara ini dilakukan ketika akan mengukur suatu titik yang terpisah jurang atau sungai dengan bantuan titik-titik lain yang telah diketahui koordinantnya.

Dengan adanya metode pengolahan data ini memudahkan surveyor dalam teknis pelaksanaan pengukuran di lapangan, khususnya pada kondisi alam yang sulit.

Gambar 221. Pengukuran terpisah jurang

Yang membedakan metode Cassini dengan metode Collins adalah asumsi dan pengolahan data perhitungan. Sedangkan pada proses pelaksanaan pengukuran di lapangan kedua metode tersebut sama, yang diukur adalah jarak mendatar yang dibentuk antara patok titik koordinat yang sudah diketahui.

Pengolahan data metode Cassini diasumsikan titik koordinat berada pada dua buah lingkaran dengan dua titik penolong.

Pada pengikatan ke belakang metode Collins diperlukan cukup satu titik penolong Collins yaitu titik H, yang dicari sehingga didapatkan sudut γ, yang digunakan dalam langkah menentukan titik P. Kedua titik tersebut baik titik H maupun titik P dapat dicari dari titik A maupun B. Atau keduanya kemudian hasilnya dirata-ratakan.

Gambar 222. Pengikatan ke belakang metode Collins

Pada pengikatan ke belakang metode Cassini dibutuhkan dua titik bantu yaitu titik R dan S. Titik R dicari dari titik A sedangkan titik S dari titik C. Untuk menentukan titik P dapat dicari dari titik R dan S.

Gambar 223. Pengikatan ke belakang metode Cassini

9.2. Peralatan, bahan dan prosedur pengikatan ke belakang metode Cassini

9.2.1. Peralatan dan bahan

Peralatan yang digunakan pada pengukuran pengikatan ke belakang cara Cassini seperti peralatan yang digunakan pada pengukuran pengikatan ke belakang cara Collins, antara lain sebagai berikut :

a. Theodolite
b. Rambu ukur
c. Statif
d. Unting-unting
e. Benang
f. Formulir ukur dan alat tulis

Setiap peralatan dan bahan yang digunakan mempunyai fungsi masing-masing dalam pemanfaatannya khususnya pada pengikatan ke belakang cara Cassini, antara lain:

Theodolite, adalah alat yang digunakan untuk mengukur besaran sudut datar dari titik koordinat yang akan dicari terhadap titik-titik lain yang telah diketahui koordinatnya, penggunaan tersebut khususnya pada pekerjaan pengukuran pengikatan ke belakang.

Fungsi lain dari theodolite adalah menentukan besaran sudut vertikal, karena tidak hanya dapat digerakan secara horizontal saja, tetapi dapat pula diputar ke arah vertikal. lain halnya pada alat sipat

datar optis yang hanya dapat diputar arah horizontal saja.

Keunggulan theodolite selain dapat digunakan dalam pengukuran kerangka dasar vertikal dapat pula digunakan pada pengukuran kerangka dasar horizontal sehingga dapat digunakan pada daerah bukit dari permukaan bumi, yaitu pada kemiringan 15 % – 45%.

Gambar 224. Theodolite

Rambu ukur, digunakan sebagai patok yang diletakan di titik-titik yang telah diketahui koordinatnya untuk membantu dalam menentukan dari titik mana yang akan dicari besaran sudutnya. Sehingga pada keperluan pengukuran ini tidak diperlukan angka pada rambu ukur seperti benang tengah, benang atas dan benang bawah yang biasa dibaca dengan theodolite pada kebanyakan pengukuran.

Rambu ukur ini diletakan tepat pada titik-titik yang telah diketahui koordinantnya, yang mana pada pengikatan ke belakang dibutuhkan tiga titik yang telah harus diketahui koordinantnya.

Gambar 225. Rambu ukur

Gambar 226. Statif

Statif, digunakan sebagai penopang dan tempat diletakannya theodolite. Ketinggian statif dapat diatur menurut kebutuhan yang disesuaikan dengan orang yang akan menggunakan alat theodolite.

Unting-unting, dipasang tepat di bawah alat theodolite dengan menggunakan benang, sehingga penempatan alat theodolite tepat berada di atas permukaan titik yang akan dicari koordinatnya.

Gambar 227. Unting-unting

9.2.2 Pengukuran di lapangan

Pada pelaksanaan pengukuran di lapangan yang datanya akan diolah dengan menggunakan metode Cassini sama halnya pada praktek pengukuran metode Collins, yaitu sebagai berikut.

Terdapat 3 titik koordinat yang telah diketahui berapa koordinat masing-masing. Misalkan titik-titik yang telah diketahui tersebut adalah A, B dan C.

Akan dicari suatu koordinat titik tambahan diluar titik A,B, dan C untuk keperluan tertentu yang sebelumnya tidak diukur, misalkan titik tersebut adalah titik P.

Alat theodolite dipasang tepat diatas titik P yang akan dicari koordinatnya dengan bantuan statif. Pasang rambu ukur yang berfungsi sebagai patok tepat pada titik yang telah diketahui yaitu titik A, B, dan C, sehingga terdapat 3 patok dan 2 ruang antar patok yaitu ruang AB dan BC. Baca sudut mendatar yang dibentuk oleh titik A, B dan titik B, C.

Sudut yang dibentuk oleh titik A dan B kita sebut sebagai sudut alfa (α) sedangkan sudut yang dibentuk oleh titik B dan C kita sebut sudut beta (β).

Untuk menghitung titik koordinat dengan menggunakan pengikatan ke belakang cara Collins data yang diukur di lapangan adalah besarnya sudut α dan sudut β. Koordinat titik A, B, dan C telah ditentukan dari pengukuran sebelumnya. Sehingga data awal yang harus tersedia adalah sebagai berikut :

a. titik koordinat A (Xa, Ya)
b. titik koordinat B (Xb, Yb)
c. titik koordinat C (Xc, Yc)
d. besar sudut α
e. besar sudut β

Gambar 228. Pengukuran sudut α dan β di lapangan.

9.2.3 Prosedur pengikatan ke belakang metode Cassini

Dari data yang telah tersedia diantaranya adalah koordinat titik A, B dan C, serta sudut mendatar α dan β yang diperoleh dari pengukuran di lapangan, selanjutnya cara hitungan Cassini diperlukan dua tempat kedudukan sebagai titik bantu, misalkan kedua titik tersebut adalah titik R dan titik S.

Cassini membuat garis yang melalui titik A dibuat tegak lurus pada AB dan garis ini memotong tempat kedudukan yang melalui A dan B di titik R.

Karena segitiga BAR adalah 90^0 maka garis BR menjadi garis tengah lingkaran, sehingga segitiga BPR menjadi menjadi 90^0 pula.

Gambar 229. Lingkaran yang menghubungkan titik A, B, R dan P.

Demikian pula dibuat garis lurus melalui titik C tegak lurus pada BC dan garis ini memotong tempat kedudukan yang melalui titik B dan C di titik S. BS pun merupakan garis tengah lingkaran, jadi segitiga BPS

sama dengan 90^0. Karena segitiga BPR sama dengan 90^0 sehingga segitiga BPS sama dengan 90^0 .

Gambar 230. Lingkaran yang menghubungkan titik B, C, S dan P.

Hubungkanlah titik R, titik P dan titik S. maka titik R, titik P dan titik S tersebut akan terletak pada satu garis lurus, karena sudut yang dibentuk oleh BPR dan BPS adalah 90^0. Titik R dan S dinamakan titik-titik penolong Cassini, yang membantu dalam menentukan koordinat titik P

Terlebih dahulu akan dicari koordinat-koordinat titik penolong Cassini R dan S agar dapat dihitung sudut jurusan garis RS karena PB tegak lurus terhadap RS maka didapat pula sudut jurusan PB. Sudut jurusan PB digunakan untuk menghitung koordinat titik P dari koordinat B.

Gambar 231. Cara pengikatan ke belakang metode Cassini

Rumus umum yang akan digunakan adalah :

$x_2 - x_1 = d_{12} \sin \alpha_{12}$

$y_2 - y_1 = d_{12} \cos \alpha_{12}$

$$d_{12} = \frac{(x_2 - x_1)}{\sin \alpha_{12}}$$

$$d_{12} = \frac{(y_2 - y_1)}{\cos \alpha_{12}}$$

$x_2 - x_1 = (y_2 - y_1)$ tg α_{12}

$y_2 - y_1 = (x_2 - x_1)$ cotg α_{12}

$$tg\alpha_{12} = \frac{(x_2 - x_1)}{(y_2 - y_1)}$$

9.3 Pengolahan data pengikatan ke belakang metode Cassini

9.3.1 Cara perhitungan secara detail

Bila P letaknya tertentu, maka melalui titik-titik A, B, P dan B, C, P dapat dibuat lingkaran dengan m_1 dan m_2 sebagai pusat. Jika di A ditarik garis AB dan C ditarik garis tegak lurus BC, maka garis-garis tersebut akan memotong lingkaran m_1 dan m_2 masing masing di R dan S. Titik R dan S ini disebut titik Penolong Cassini. Maka dapat terbukti bahwa R, P dan S terletak dalam satu garis lurus dan PB tegak lurus terhadap RS.

Koordinat-koordinat titik R dicari dengan menggunakan segitiga BRA yang siku-siku dititik A, maka $d_{ar} = d_{ab}$ cotg α dan $\alpha_{ar} = \alpha_{ab} + 90°$.

Seperti yang ditunjukan pada gambar 235 segitiga ABR untuk menentukan d_{ar} dan gambar 236 menghitung α_{ar}.

Gambar 232. Menentukan d_{ar}

Gambar 233. Menentukan α_{ar}

Selanjutnya adalah :

$$x_r - x_a = d_{ar} \sin \alpha_{ar}$$
$$= d_{ab} \cot g\alpha \sin(\alpha_{ab} + 90°)$$
$$= d_{ab} \cos \alpha_{ab} \cot g\alpha$$
$$= (y_{b-} y_a) \cot g\alpha$$
$$x_r = x_a + (y_b - y_a) \cot g\alpha$$
$$y_r - y_a = d_{ar} \cos \alpha_{ar}$$
$$= d_{ab} \cot g\alpha \cos(\alpha_{ab} + 90°)$$
$$= -d_{ab} \sin \alpha_{ab} \cot g\alpha$$
$$= -(x_b - x_a) \cot g\alpha$$
$$y_r = Y_a - (x_b - x_a) \cot g\alpha$$

Koordinat-koordinat titik S dicari dalam segitiga BSC yang siku-siku di titik C, maka $d_{cs} = d_{cb} \cot g\beta$ dan $\alpha_{cs} = \alpha_{bc} + 90°$

Gambar 234. Menentukan d_{as}

Gambar 235. Menentukan α_{as}

jadi berlakulah :

$$x_s - x_c = d_{cs} \sin \alpha_{cs}$$
$$= d_{bc} \cot g\beta \sin(\alpha_{cb} + 90°)$$
$$= d_{bc} \cos \alpha_{bc} \cot g\beta$$
$$= (y_c - y_b) \cot g\beta$$
$$x_s = x_c + (y_c - y_b) \cot g\beta.$$
$$y_s - y_c = d_{cs} \cos \alpha_{cs}$$
$$= d_{bc} \cot g\beta \cos(\alpha_{bc} + 90°)$$
$$= -d_{bc} \sin \alpha_{bc} \cot g\beta$$
$$y_s = y_c - (x_c - x_b) \cot g\beta.$$
$$= -(x_c - x_b) \cot g\beta$$

Dari uraian diatas dan dari rumus-rumus untuk x_r, y_r, x_s dan y_s dapat dilihat, bahwa besaran-besaran ini dapat dihitung dengan segera dari besaran-besaran yang telah diakui, yaitu koordinat-koordinat titik A, B dan C dan sudut-sudut α dan β yang diukur.

Sekarang dapatlah ditentukan sudut jurusan garis RS dengan rumus,

$tg\alpha_{rs} = (x_s - x_r) : (y_s - y_r)$ dan misalkan

$tg\alpha_{rs} = n$, maka cotg α_{rs}=1:n.

Selanjutnya Cassini menulis untuk memasukkan koordinat-koordinat titik P ;

$$y_r - y_b = -(y_b - y_p) - (y_p - y_r)$$
$$= -(x_b - x_p) \cot g\alpha_{pb} - (x_p - x_r) \cot g\alpha_{rp}$$

Karena $\alpha_{pb} = \alpha_{rs} - 90° \; dan \; \alpha_{rs}, maka$

dapatlah ditulis :

$$y_r - y_b = -(x_b - x_p) \cot g(\alpha_{rs} - 90°) - (x_p - x_r) \cot g\alpha_{rs}$$
$$= +(x_b - x_p) tg\alpha_{rs} - (x_p - x_r) \cot g\alpha_{rs}$$
$$= (x_b - x_p) n - (x_p - x_r) \frac{1}{n}$$
$$= nx_b + \frac{1}{n} xr - \left(n + \frac{1}{n}\right) xp \quad \text{atau,}$$
$$x_p = \left\{ nx_b + \frac{1}{n} x_r + y_b - y_r \right\} : \left(n + \frac{1}{n}\right)$$
$$x_t - x_b = -(x_b - x_p) - (x_p - x_r)$$
$$= -(y_b - y_p) tg\alpha_{pb} - (y_b - y_r) tg\alpha_{rp}$$
$$= -(y_b - y_p) tg(\alpha_{rs} - 90°) - (y_p - y_r) tg\alpha_{rs}$$
$$= (y_b - y_p) \cot g\alpha_{rs} - (y_p - y_r) tg\alpha_{rs}$$
$$= (y_b - y_p) \frac{1}{n} - (y_p - y_r) n$$
$$= \frac{1}{n} y_b + ny_r - \left(n + \frac{1}{n}\right) y_p$$

$$y_p = \left\{ \frac{1}{n} y_b + n y_r + x_b - x_r \right\} : \left(n + \frac{1}{n} \right)$$

9.3.2 Langkah-langkah perhitungan

Menentukan koordinat penolong R dan S

Koordinat R

Rumus yang digunakan :

$$x_r = x_a + (y_b - y_a) \cot g\alpha$$

$$y_r = y_a + (x_b - x_a) \cot g\alpha$$

Koordinat S

$$x_s = x_c + (y_c - y_b) \cot g\beta$$

$$y_s = y_c + (x_c - x_b) \cot g\beta$$

Menentukan n

$$n = tg\alpha_{rs} = \frac{(x_s - x_r)}{(y_s - y_r)}$$

Menentukan koordinat P

$$x_p = \frac{\left(n x_b + \frac{1}{n} x_r + y_b - y_r \right)}{(n + \frac{1}{n})}$$

$$y_p = \frac{\left(n y_r + \frac{1}{n} y_b + x_b - x_r \right)}{(n + \frac{1}{n})}$$

9.3.3 Contoh Soal

Contoh Soal 1

Hitunglah koordinat titik P (Xp, Yp) dengan pengikatan ke belakang cara Cassini dengan data sebagai berikut :

A : x = +23.231,58
y = + 91.422,92

B : x = + 23.373,83
y = +90.179,61

C : x = + 24.681,92
y = + 90.831,87

α = 64º47'03''

β = 87º11'28''

Jawaban :

Menentukan koordinat titik R

Menentukan x_r

Menggunakan rumus :

$$x_r = x_a + (y_b - y_a) \cot g\alpha$$

$(y_b - y_a)$ = 90.179,61 - 91.422,92
= - 1.243,31

Cotg α = Cotg 64º47'03''
= 0,47090

$(y_b - y_a) \cot g\alpha$ = -1.243,31 x 0,47090
= - 585,47

X_r = 23.231,58 - 585,47
= 22.646,11

Menentukan y_r

Menggunakan rumus :

$$y_r = y_a + (x_b - x_a) \cot g\alpha$$

$(x_b - x_a)$ = 23.373,83 - 23.231,58
= 142,25

Cotg α = Cotg 64º47'03''
= 0,47090

$(x_b - x_a) \cot g\alpha$ = 142,25 x 0,47090
= 66,99

y_r = 91.422,92 + 66,99
=91.355,93

Menentukan koordinat titik s

Menentukan x_s

Menggunakan rumus :

$$x_s = x_c + (y_c - y_b)\cot g\beta$$

$(y_c - y_b)$ = 90.831,87- 90.179,61

= 652,26

Cotg β = Cotg 87º11'28''

= 0,04906

$(y_c - y_b)\cot g\beta$ = 652,26x 0,04906

= 32,00

Xs = 24.681,92+ 32,00

= 24.713,92

Menentukan y_s

Menggunakan rumus :

$$y_s = y_c + (x_c - x_b)\cot g\beta$$

$(x_c - x_b)$ = 24.681,92- 23.373,83

= 1.308,99

Cotg β = Cotg 87º11'28''

= 0,04906

$(x_c - x_b)\cot g\beta$ = 1.308,99x 0,04906

= 64,17

yr = 90.831,87+ 64,17

= 90.767,70

Menentukan n

$$n = tg\alpha_{rs} = \frac{(x_s - x_r)}{(y_s - y_r)}$$

$$= \frac{(24.713,92 - 22.646,11)}{(90.767,70 - 91.355,93)}$$

= - 3.51,531

Dicari dari titik R

Menentukan X_p

$$x_p = \frac{\left(n\,x_b + \frac{1}{n}x_r + y_b - y_r\right)}{(n + \frac{1}{n})}$$

$n\,x_b$ = - 3.51,531 x 23.373,83

= - 82.166,26

$\frac{1}{n}x_r$ = $\frac{1}{-3.51,531}$ x 22.646,11

= - 6.442,14

$(y_b - y_r)$ = 90.179,61 - 91.355,93

= - 1.176,32

$(n + \frac{1}{n})$ = - 3.51,531 $\frac{1}{-3.51,531}$

$\left(nXb + \frac{1}{n}Xr + Yb - Yr\right)$ = (- 82.166,26 - 6.442,14 - 1.176,32) = - 89.784,72

$$x_p = \frac{-89.784,72}{-3.79,978} = 23.628,93$$

Menentukan y_p

$$y_p = \frac{\left(n\,y_r + \frac{1}{n}y_b + x_b - x_r\right)}{(n + \frac{1}{n})}$$

$n\,y_r$ = - 3.51,531 x - 91.355,93

= - 321.144,41

$\frac{1}{n}y_b$ = $\frac{1}{-3.51,531}$ x 90.179,61

= - 25.653,39

$(x_b - x_r)$ = 23.373,83 - 22.646,11

= 727,72

$(n+\frac{1}{n})$ = - 3.51,531 $\frac{1}{-3.51,531}$

$\left(nYr+\frac{1}{n}Yb+Xb-Xr\right)$ = (-321.144,41-25.653,39 + 727,72) = - 346.070,08

$y_p = \frac{-346.070,08}{-3.79,978}$ = 91.076,35

Sehingga dari perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa koordinat titik P adalah (Xp = 23.628,93 dan Yp= 91.076,35)

Dicari dari titik S

Menentukan Xp

$$x_p = \frac{\left(n\,x_b+\frac{1}{n}x_s+y_b-y_s\right)}{(n+\frac{1}{n})}$$

$n\,x_b$ = - 3.51,531 x 23.373,83

= - 82.166,26

$\frac{1}{n}x_s$ = $\frac{1}{-3.51,531}$ x 24.713,92

= - 7.030,367

$(y_b - y_s)$ = 90.179,61 - 90.767,70

= - 588,09

$(n+\frac{1}{n})$ = - 3.51,531 $\frac{1}{-3.51,531}$

$\left(nXb+\frac{1}{n}Xs+Yb-Ys\right)$ = (- 82.166,26 - 7.030,367 - 588,09) = - 89.784,72

$x_p = \frac{-89.784,72}{-3.79,978}$ = 23.628,93

Menentukan yp

$$y_p = \frac{\left(n\,y_s+\frac{1}{n}y_b+x_b-x_s\right)}{(n+\frac{1}{n})}$$

$n\,y_r$ = - 3.51,531 x - 90.767,70

= - 319.0776,6035

$\frac{1}{n}y_b$ = $\frac{1}{-3.51,531}$ x 90.179,61

= - 25.653,39

$(x_b - x_s)$ = 23.373,83 - 24.713,92

= -1.340,09

$(n+\frac{1}{n})$ = - 3.51,531 $\frac{1}{-3.51,531}$

$\left(nYs+\frac{1}{n}+Yb+Xb-Xs\right)$ =

(-319.0776,6035 - 25.653,39 -1.340,09)

= - 346.070,08

$y_p = \frac{-346.070,08}{-3.79,978}$ = 91.076,35

Sehingga dari perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa koordinat titik P adalah (Xp = 23.628,93 dan Yp= 91.076,35) baik jika diukur dari koordinat titik R maupuan S.

Contoh Soal 2

Hitunglah koordinat titik P (Xp, Yp) dengan pengikatan ke belakang cara Cassini dengan data sebagai berikut :

A : x = - 2.904,28
y = + 4.127,31
B : x = - 2.168,09
y = +2.351,09
C : x = + 4.682,09
y = - 2.375,92
α = 47º16'30''
β = 41º08'19''

Jawaban :

Menentukan koordinat titik R

Menentukan x_r

Menggunakan rumus :

$$x_r = x_a + (y_b - y_a)\cot g\alpha$$

$(y_b - y_a)$ = 2.168,09 - 4.127,31
= - 1.959,22

Cotg α = Cotg 47º16'30''
= 0.9238

$(y_b - y_a)\cot g\alpha$ = - 1.959,22x 0.9238
= - 1.809,499

X_r = -2.904,28 - 1.809,499
= -4.713,779

Menentukan y_r

Menggunakan rumus :

$$y_r = y_a + (x_b - x_a)\cot g\alpha$$

$(x_b - x_a)$ = -2.168,09 - 2.904,28
= 736,19

Cotg α = Cotg 47º16'30''
= 0.9238

$(x_b - x_a)\cot g\alpha$ = 736,19 x 0.9238
= 680,10439

y_r = 4.127,31 + 680,10439
=4.807,41

Menentukan koordinat titik s

Menentukan x_s

Menggunakan rumus :

$$x_s = x_c + (y_c - y_b)\cot g\beta$$

$(y_c - y_b)$ = - 2.375,92 - 2.351,09
= - 4.727,01

Cotg β = Cotg 41º08'19''
= 1,14476

$(y_c - y_b)\cot g\beta$ = - 4.727,01 x 1,14476
= -5.411,307

Xs = 4.682,09 - 5.411,307
= - 729,218

Menentukan y_s

Menggunakan rumus :

$$y_s = y_c + (x_c - x_b)\cot g\beta$$

$(x_c - x_b)$ = 4.682,09 - 2.168,09
= 6.850,18

Cotg β = Cotg 41º08'19''
= 1,1448

$(x_c - x_b)\cot g\beta$ = 6.850,18 x 1,1448
= 7.841.833

yr = -2.375,92 + .841.833
= 5.465,913

Menentukan n

$$n = tg\alpha_{rs} = \frac{(x_s - x_r)}{(y_s - y_r)}$$

$$= \frac{(-729{,}218 + 4.713{,}779)}{(5.465{,}913 - 4.807{,}41)}$$

= 6,0509

Dicari dari titik R

Menentukan x_p

$$Xp = \frac{nXb + \frac{1}{n}Xr + Yb - Yr}{\left(n + \frac{1}{n}\right)}$$

$n\,x_b$ = 6,0509 x -2.168,09

= - 13.118,896

$\frac{1}{n}x_r$ = $\frac{1}{\text{- 3.51,531}}$ x -4.713,779

= - 779,021

$(y_b - y_r)$ = 2.351,09 - 4.807,41

= - 2.456,32

$(n + \frac{1}{n})$ = 6,0509 $\frac{1}{6{,}0509}$

= 6,21616

$\left(nXb + \frac{1}{n}Xr + Yb - Yr\right)$ = (- 13.118,896- 779,021

- 2.456,32)

= - 16.354,232

$x_p = \frac{\text{- 16.354,232}}{\text{- 6,21616}}$ = - 2.630,922

Menentukan y_p

$$y_p = \frac{\left(n\,y_r + \frac{1}{n}y_b + x_b - x_r\right)}{(n + \frac{1}{n})}$$

$n\,y_r$ = 6,0509 x 4.807,41

= 29.087,157

$\frac{1}{n}y_b$ = $\frac{1}{6{,}0509}$ x 2.351,09

= 388,552

$(x_b - x_r)$ = - 2.168,09 + 4.713,779

= 2.545,689

$(n + \frac{1}{n})$ = 6,0509 $\frac{1}{6{,}0509}$

= 6,21616

$\left(nYr + \frac{1}{n}Yb + Xb - Xr\right)$ = (29.089,157 + 388,552

+ 2.545,659)

= 32.623,368

$y_p = \frac{32.623{,}368}{6{,}21616}$ = 5.151,632

Sehingga dari perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa koordinat titik P adalah (Xp = - 2.630,922 dan Yp = 5.151,632)

Dicari dari titik R

Menentukan X_p

$$x_p = \frac{\left(n\,x_b + \frac{1}{n}x_s + y_b - y_s\right)}{(n + \frac{1}{n})}$$

$n\,x_b$ = 6,0509 x -2.168,09

= - 13.118,896

$\frac{1}{n}x_s = \frac{1}{6{,}0509}$ x - 729,218

= - 120,518

$(y_b - y_s)$ = 2.351,09 - 5.465,913

= - 3.114,822

$(n+\frac{1}{n}) = 6{,}0509\frac{1}{6{,}0509}$ = 6,21616

$\left(nXb + \frac{1}{n}Xs + Yb - Ys\right)$ = (- 13.118,896- 3.114,822

- 120,518)

= - 16.354,232

$x_p = \frac{-16.354{,}232}{-6{,}21616}$ = - 2.630,922

Menentukan yp

$$Yp = \frac{nYs + \frac{1}{n}Yb + Xb - Xs}{\left(n + \frac{1}{n}\right)}$$

$n\,y_s$ = 6,0509 x 5.465,913

= 33.073,69

$\frac{1}{n}y_b = \frac{1}{6{,}0509}$ x 2.351,09

= 388,552

$(x_b - x_s)$ = - 2.168,09 + 729,218

= - 1.438,872

$(n+\frac{1}{n}) = 6{,}0509\frac{1}{6{,}0509}$

= 6,21616

$\left(nYs + \frac{1}{n}Yb + Xb - Xs\right)$ = (33.073,69 + 388,552 - 1.438,57 = 32.623,368

$y_p = \frac{32.623{,}368}{6{,}21616}$ = 5.151,632

Sehingga dari perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa koordinat titik P adalah (Xp = - 2.630,922 dan Yp = 5.151,632) baik diukur dari titik penolong R maupun S.

9.4. Penggambaran pengikatan ke belakang metode Cassini

Selain dengan cara hitungan dengan metode Cassini, koordinat titik P dapat pula dicari dengan menggunakan metode grafis. Secara garis besar dijelaskan sebagai berikut :

a. Lukis di titik B sudut $\delta_1 = (90^0 - \alpha)$, $\delta_2 = (90^0 - \beta)$ dan,
b. Lukis sudut 90° di A dan di C, sehingga garis-garis tersebut akan berpotongan di R dan S,
c. Maka garis tegak lurus dari B pada garis RS akan memberikan titik P yang dicari.

Langkah-langkah pekerjaan :

1. menentukan titik A, B dan C yang telah disesuaikan dengan koordinat masing-masing baik absis maupun ordinatnya ke dalam kertas grafik.

Gambar 236. Penentuan koordinat titik A, B dan C.

2. lukislah sudut 90° - α pada arah koordinat A dan sudut 90° - β pada arah koordinat B.

Gambar 237. Menentukan sudut 90° – α dan 90° - β

3. lukis sudut 90° di titik A sehingga akan berpotongan dengan sudut yang dibentuk oleh sudut 90° - α. Titik perpotongan tersebut kita sebut titik R. dan lukis sudut 90° di titik B sehingga akan berpotongan dengan sudut yang dibentuk oleh sudut 90° - β. Titik perpotongan tersebut kita sebut titik S.

Gambar 238. Penentuan titik R dan S

4. hubungkan titik koordinat R dan S tersebut, sehingga kedua titik terdapat dalam satu garis lurus.

Gambar 239. Penarikan garis dari titik R ke S.

5. tarik garis dari titik B terhadap garis RS, sehingga menjadi garis yang membagi garis RS dengan sudut sama besar yaitu saling tegak lurus 90°.

Gambar 240. Penentuan titik P

6. Bacalah koordinat titik P tersebut

Gambar 241. Model diagram alir cara pengikatan ke belakang metode cassini

Rangkuman

Berdasarkan uraian materi bab 9 mengenai pengikatan kebelakang metode cassini, maka dapat disimpulkan sebagi berikut:

1. Cara pengikatan ke belakang metode Cassini merupakan salah satu model perhitungan yang berfungsi untuk mengetahui suatu titik koordinat, yang dapat dicari dari titik-titik koordinat lain yang sudah diketahui.
2. Pengikatan ke belakang metode Cassini bertujuan untuk mengukur atau menentukan koordinat titik jika kondisi alam tidak memungkinkan dalam pengukuran biasa atau dengan pengukuran pengikatan ke muka. Sehingga alat theodolite hanya ditempatkan pada satu titik, yaitu tepat diatas titik yang akan dicari koordinatnya, kemudian diarahkan pada patok-patok yang telah diketahui koordinatnya, Yang membedakan metode Cassini dengan metode Collins adalah asumsi dan pengolahan data perhitungan. Sedangkan pada proses pelaksanaan pengukuran di lapangan kedua metode tersebut sama, yang diukur adalah jarak mendatar yang dibentuk antara patok titik koordinat yang sudah diketahui.
3. Peralatan yang digunakan pada pengukuran pengikatan ke belakang cara Cassini, antara lain sebagai berikut :Theodolite, Rambu ukur, Statif, Unting-unting, Benang, Formulir ukur dan alat tulis.
4. Langkah-langkah penggambaran Pengikatan ke belakang metode Cassini :
   a. menentukan titik A, B dan C yang telah disesuaikan dengan koordinat masing-masing baik absis maupun ordinatnya ke dalam kertas grafik.
   b. lukislah sudut $90^o - \alpha$ pada arah koordinat A dan sudut $90^o - \beta$ pada arah koordinat B.
   c. lukis sudut 90° di titik A sehingga akan berpotongan dengan sudut yang dibentuk oleh sudut
      $90^o - \alpha$.
   d. hubungkan titik koordinat R dan S tersebut, sehingga kedua titik terdapat dalam satu garis lurus.
   e. tarik garis dari titik B terhadap garis RS, sehingga menjadi garis yang membagi garis RS dengan sudut sama besar yaitu saling tegak lurus 90°.
   f. Bacalah koordinat titik P tersebut

Soal Latihan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini !

1. Apa yang dimaksud pengukuran pengikatan ke belakang ? Mengapa dilakukan pengukuran pengikatan ke belakang ?
2. Jelaskan pengertian dan tujuan pengikatan ke belakang metode Cassini?
3. Jelaskan persamaan dan perbedaan metode Collins dan Cassini?
4. Diketahui koordinat X_1 = 19.268,27 Y_1 =86.785,42 , X2 = 26.578.33 Y2 =95.423,13 sudut yang dibentuk adalah 43°. Berapa jarak koordinat 1 dan 2 (d_{12})….
5. Hitunglah koordinat titik P (Xp, Yp) dengan pengikatan ke belakang cara Cassini dengan data sebagai berikut :

A : x = - 3.587,17	B : x = - 3.255,33	C : x = + 6.147,23	α = 52º31’50’’
y = + 6.356,26	y = +2.963,45	y = - 3.346.37	β = 32º24’13’’

10. Pengukuran Poligon Kerangka Dasar Horizontal

10.1 Tujuan 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.

Jadi, untuk hubungan mendatar diperlukan data sudut mendatar yang diukur pada skala lingkaran yang letaknya mendatar.

Kerangka dasar horizontal adalah sejumlah titik yang telah diketahui koordinatnya dalam suatu sistem koordinat tertentu. Sistem koordinat disini adalah sistem koordinat kartesian dimana bidang datarnya merupakan sebagian kecil dari permukaan ellipsoida bumi.

Dalam pengukuran kerangka dasar horizontal pada prinsipnya adalah menentukan koordinat titik-titik yang diukur, yang terbagi dalam dua cara yaitu :

- Cara menentukan koordinat satu titik yaitu suatu pengukuran untuk suatu wilayah yang sempit, cara ini terbagi menjadi dua metode yaitu :

1. Dengan cara mengikat ke muka pada titik tertentu dan yang diukur adalah *sudut-sudut yang ada di titik pengikat.*

   Pengikatan ke muka dilakukan dengan cara Theodolite berdiri di atas titik/patok yang telah diketahui koordinatnya dan rambu ukur diletakkan di atas titik yang ingin diketahui koordinatnya.

2. Dengan cara mengikat ke belakang pada titik tertentu dan yang diukur adalah sudut-sudut yang berada dititik yang akan ditentukan koordinatnya.

   Pengikatan ke belakang dilakukan dengan : Theodolite berdiri di titik yang belum diketahui koordinatnya, target/ rambu ukur didirikan di atas patok yang telah diketahui koordinatnya.

   Pada cara mengikat ke belakang ada dua metode hitungan yaitu cara :

   a. Collins

      Metode yang menggunakan satu lingkaran sebagai bentuk geometrik pembantu

   b. Cassini

      Metode yang menggunakan dua lingkaran sebagai bentuk geometrik pembantu.

- Menentukan koordinat beberapa titik yang terdiri dari beberapa metode sebagai berikut :

  1. Cara poligon yaitu digunakan apabila titik-titik yang akan dicari koordinatnya terletak memanjang/

menutup sehingga membentuk segi banyak (poligon)

2. Cara triangulasi yaitu digunakan apabila daerah pengukuran mempunyai ukuran panjang dan lebar yang sama, maka dibuat jaring segitiga. Pada cara ini sudut yang diukur adalah sudut dalam tiap-tiap segitiga.
3. Cara trilaterasi yaitu digunakan apabila daerah yang diukur ukuran salah satunya lebih besar daripada ukuran lainnya, maka dibuat rangkaian segitiga. Pada cara ini sudut yang diukur adalah semua sisi segitiga.
4. Cara Kwadrilateral yaitu sebuah bentuk segiempat panjang tak beraturan dan diagonal, yang seluruh sudut dan jaraknya diukur.

Pengukuran dan pemetaan poligon merupakan salah satu metode pengukuran dan pemetaan kerangka dasar horizontal untuk memperoleh koordinat planimetris (X, Y) titik-titik ikat pengukuran.

Metode poligon adalah salah satu cara penentuan posisi horizontal banyak titik dimana titik satu dengan lainnya dihubungkan satu sama lain dengan pengukuran sudut dan jarak sehingga membentuk rangkaian titik-titik (poligon).

Dapat disimpulkan bahwa poligon adalah serangkaian garis berurutan yang panjang dan arahnya telah ditentukan dari pengukuran di lapangan.

Syarat pengukuran poligon adalah :

1. Mempunyai koordinat awal dan akhir
2. Mempunyai azimuth awal dan akhir

Untuk mencapai ketelitian tertentu (yang dikehendaki), pada suatu poligon perlu ditetapkan hal-hal sebagai berikut :

1. Jarak antara titik-titik poligon
2. Alat ukur sudut yang digunakan
3. Alat ukur jarak yang digunakan
4. Jumlah seri pengukuran sudut
5. Ketelitian pengukuran jarak
6. Pengamatan matahari, meliputi :
   - Alat ukur yang digunakan
   - Jumlah seri pengamatan
   - Tempat-tempat pengamatan
7. Salah penutup sudut antara 2 pengamatan matahari
8. Salah penutup koordinat dan lain-lain

Ketetapan untuk poligon :

1. Jarak antara titik : ≥ 0.1 km – 2 km
2. Alat pengukur sudut : Theodolite1 sekon
   Misal : WILD T2
3. Jumlah seri pengukuran : 4 seri
4. Ketelitian pengukuran jarak : 1 : 60.000
5. Pengamatan matahari
   - Alat ukur yang digunakan :
     Theodolite 1 sekon
   - Jumlah seri pengamatan : 8
   - Tempat pengamatan :
     selang 20 - 25 detik

6. Salah penutup sudut antara dua pengamatan matahari : $10'' \sqrt{N}$
7. Salah penutup koordinat 1 : 10.000

Keterangan :

- N menyatakan jumlah titik tiap sudut poligon antara dua pengamatan matahari.
- Salah penutup koordinat artinya adalah Bila S adalah salah penutup koordinat, f_x adalah salah penutup absis, f_y adalah salah penutup ordinat dan D adalah jarak (jumlah jarak) anatara titik awal dan titik akhir, maka yang diartikan dengan salah penutup koordinat adalah

$$S = \frac{\sqrt{f_x^{\,2} + f_y^{\,2}}}{D}$$

Ada ketentuan dimana S harus ≤ 1 : 10.000 (tergantung dari kondisi medan pengukuran)

Pengukuran poligon dilakukan untuk merapatkan koordinat titik-titik di lapangan dengan tujuan sebagai dasar untuk keperluan pemetaan atau keperluan teknis lainnya.

- Tujuan Pengukuran Poligon
  Untuk menetapkan koordinat titik-titik sudut yang diukur seperti : panjang sisi segi banyak, dan besar sudut-sudutnya.
- Guna dari pengukuran poligon adalah
  - Untuk membuat kerangka daripada peta
  - Pengukuran titik tetap dalam kota
  - Pengukuran-pengukuran rencana jalan raya / kereta api
  - Pengukuran-pengukuran rencana saluran air

Poligon digunakan untuk daerah yang besarnya sedang (tidak terlalu besar atau terlalu kecil) karena dalam pengukuran mempergunakan jarak ukur langsung, seperti : pita ukur, atau jarak tidak langsung seperti: EDM (Electronic Distance Measure). Untuk pengukuran jarak jauh mempergunakan alat-alat yang menggunakan cahaya.

10.2 Jenis-jenis poligon

Pengukuran poligon dapat ditinjau dari bentuk fisik visualnya dan dari geometriknya.

Tinjauan dari bentuk fisik visualnya terdiri dari :

- **Poligon terbuka** (secara geometris dan matematis), terdiri atas serangkaian garis yang berhubungan tetapi tidak kembali ke titik awal atau terikat pada sebuah titik dengan ketelitian sama atau lebih tinggi ordenya. Titik pertama tidak sama dengan titik terakhir.

Gambar 242. Poligon terbuka

Poligon terbuka biasanya digunakan untuk :

- Jalur lintas / jalan raya.
- Saluran irigasi.
- Kabel listrik tegangan tinggi.
- Kabel TELKOM.
- Jalan kereta api.

Poligon tertutup

Pada poligon tertutup :

- Garis-garis kembali ke titik awal, jadi membentuk segi banyak.
- Berakhir di stasiun lain yang mempunyai ketelitian letak sama atau lebih besar daripada ketelitian letak titik awal.

Poligon tertutup memberikan pengecekan pada sudut-sudut dan jarak tertentu, suatu pertimbangan yang sangat penting.

Titik sudut yang pertama = titik sudut yang terakhir

Gambar 243. Poligon tertutup

Poligon tertutup biasanya dipergunakan untuk :

- Pengukuran titik kontur.
- Bangunan sipil terpusat.
- Waduk.
- Bendungan.
- Kampus UPI.
- Pemukiman.
- Jembatan (karena diisolir dari 1 tempat).
- Kepemilikan tanah.
- Topografi kerangka.

Poligon bercabang

Gambar244. Poligon bercabang

- **Poligon kombinasi**

Gambar 245. Poligon kombinasi

Dilihat dari geometris, poligon terbagi menjadi 3, yaitu:

- **Poligon terikat sempurna**

  Dikatakan poligon terikat sempurna, apabila :

  - Sudut awal dan sudut akhir diketahui besarnya sehingga terjadi hubungan antara sudut awal dengan sudut akhir.
  - Adanya absis dan ordinat titik awal atau akhir
  - Koordinat awal dan koordinat akhir diketahui.

- **Poligon terikat sebagian.**

  Dikatakan poligon terikat sebagian, apabila :

  - Hanya diikat oleh koordinat saja atau sudut saja
  - Terikat sudut dengan koordinat akhir tidak diketahui

- **Poligon tidak terikat**

  Dikatakan poligon tidak terikat, apabila :

  - Hanya ada titik awal, azimuth awal, dan jarak. Sedangkan tidak diketahui koordinatnya.
  - Tidak terikat koordinat dan tidak terikat sudut.

Poligon Terbuka

Poligon terbuka bermacam-macam, antara lain :

Poligon terbuka tanpa ikatan

Pada poligon ini tidak ada satu ttitik pun yang diketahui baik itu koordinatnya maupun sudut azimuthnya.

Pengukuran ini terjadi pada daerah yang tidak memiliki titik tetap dan sulit untuk melakukan pengamatan astronomis.

Gambar 246. Poligon terbuka tanpa ikatan

Pengukuran poligon terbuka tanpa ikatan biasanya terjadi pada daerah terpencil dan berhutan lebat.

Pengukuran metode ini dihitung berdasarkan orientasi lokal, azimuth dibuat

sembarang, misalkan sudut azimuth awal yaitu antara 1 dan 2. Koordinat juga dibuat sembarang, kita misalkan salah satu titik pengukuran memiliki koordinat awal. Tidak ada koreksi sudut dan koreksi koordinat pada pengukuran metode poligon terbuka tanpa ikatan,yang ada hanyalah orientasi lokal dan koordinat lokal.

Poligon terbuka, salah satu ujung terikat azimuth.

Pada poligon ini salah satu titik pengukuran diketahui sudut azimuthnya, baik itu titik awal pengukuran maupun titik akhir pengukuran.

Gambar 247. Poligon terbuka salah satu ujung terikat azimuth

Sudut Azimuth setiap poligon dapat dihitung dari azimuth awal yang telah diketahui sudut azimuthnya. Koordinat masih merupakan koordinat lokal karena tidak ada satu titik pun yang diketahui koordinatnya.

Poligon terbuka salah satu ujung terikat koordinat.

Pada poligon ini salah satu ujung pengukuran diketahui koordinatnya sedangkan titik lainnya tidak diketahui baik itu koordinat maupun azimuthnya.

Gambar 248. Poligon terbuka salah satu ujung terikat koordinat

Pada poligon ini dapat dilakukan apabila salah satu ujung poligon diukur azimuthnya (dengan kompas atau azimuth matahari), dengan diketahuinya azimuth dan koordinat pada salah satu titik maka azimuth pada semua sisi dapat dihitung. Tidak ada koreksi sudut, koreksi koordinat pada poligon jenis ini. Pada dasarnya poligon ini sama saja dengan jenis poligon terbuka tanpa ikatan. Relatif sulit dalam pengukuran.

Poligon terbuka salah satu ujung terikat azimuth dan koordinat

Pada poligon jenis ini salah satu ujung terikat penuh sedangkan ujung lainnya bebas. Salah satu ujung pada poligon ini memiliki keterangan yang cukup jelas karena diketahui koordinat dan azimuth.

Gambar 249. Poligon terbuka salah satu ujung terikat azimuth dan koordinat

Sudut azimuth pada setiap titik dapat dihitung karena diketahui sudut azimuth awal, begitu juga dengan koordinat, koordinat akan lebih mudah ditentukan karena koordinat awal sudah diketahui sebelumnya. Dengan demikian tidak ada koreksi sudut dan koordinat. Orientasi dan koordinat benar atau bukan lokal. Poligon tipe ini jauh lebih baik dibandingkan tipe poligon sebelumnya karena tidak ada rotasi dan translasi, jadi poligon ini terletak pada satu koordinat yang benar.

Poligon terbuka kedua ujung terikat azimuth

Kedua ujung pengukuran pada poligon ini terikat oleh sudut azimuth.

Azimuth awal dan akhir diketahui, maka ada koreksi sudut pada pengukuran ini, syarat :

$$\Sigma[\beta]-\{(n\text{-}2).\ 180^0\} = \alpha \text{ akhir} - \alpha \text{ awal}$$

Gambar 250. Poligon terbuka kedua ujung terikat azimuth

Setelah semua sudut diberi koreksi, maka semua sisi poligon dapat dihitung juga, karena tidak ada satupun titik yang diketahui koordinatnya, terpaksa salah satu titik dimisalkan sebagai koordinat awal.

Dengan demikian koordinat poligon adalah koordinat lokal. Pada pengukuran ini ada koreksi sudut namun tidak terdapat koreksi koordinat, orientasi benar (global) sedangkan koordinat lokal.

Poligon terbuka, salah satu ujung terikat azimuth sedangkan sudut lainnya terikat koordinat

Dengan diketahuinya α dan β maka semua sudut azimuth dapat dihitung selisih–selisih absis (S Sin α) dan selisih-selisih ordinat (S Cos α). Dengan data tersebut dan koordinat G, maka koordinat titik A, B, C,... dapat dihitung walaupun secara mundur. Dapat disimpulkan bahwa tidak ada koreksi sudut, tidak ada koreksi koordinat, orientasi benar, dan koordinat benar (bukan lokal).

Gambar 251. Poligon terbuka, salah satu ujung terikat azimuth sedangkan sudut lainnya terikat koordinat

Poligon terbuka, kedua ujung terikat koordinat.

Gambar 252. Poligon terbuka kedua ujung terikat koordinat

Pada pengukuran ini titik awal dan akhir pengukuran diketahui koordinatnya. Langkah perhitungan sudut pada poligon ini adalah sebagai berikut :

- Misalkan diketahui sudut azimuth pada salah satu titik dengan harga sembarang.
- Menghitung azimuth pada setiap titik dengan dasar titik sebelumnya yang ditentukan dengan harga sembarang.
- Menghitung selisih absis (S Sin α) dan ordinat (S Cos α).
- Hitung (S Sin α) dan (S Cos α).
- γ`=arc tan (S Sin α) / (S Cos α).
- γ=arc tan (Xq-Xp) / (Yq-Yp).
- $\Delta\gamma = \gamma - \bar{\gamma}$
- Beri koreksi setiap sudut azimuth poligon sebesar $\frac{\Delta\gamma}{n}$ sehingga diperoleh ($\bar{\alpha}$).
- Hitung selisih –selisih absis yang baru (S Sin α), sebagai S_i Sin α_i dan selisih ordinat yang baru (S Cos α) sebagai S_i Cos α_i.
- Hitung (S Sin $\bar{\alpha}$) dan (S Cos $\bar{\alpha}$).
- Hitung

  $(V_{\Delta X}) = (X_q - X_p) - (S \text{ Sin } \bar{\alpha})$.

  $(V_{\Delta Y}) = (Y_q - Y_p) - (S \text{ Cos } \bar{\alpha})$.

  Hitung korekṣi setiap S_i Cos $\bar{\alpha}_i$ sebesar

  $V_{\Delta Xi} = S_i (V_{\Delta X}) / (S)$

  $V_{\Delta Yi} = S_i (V_{\Delta Y}) / (S)$

  $(S) = \Sigma$ jarak

  Si = jarak
- Hitung koordinat titik A, B, C,… menggunakan :

  $(S_i \text{ Sin } \bar{\alpha}_i + V_{\Delta Xi})$, $(S_i \text{ Cos } `a_i + V_{\Delta Yi})$

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pada pengukuran poligon tipe ini tidak ada koreksi sudut,yang ada hanya rotasi, koreksi koordinat ada, orientasi benar dan koordinat benar.

Poligon terbuka, salah satu ujung terikat koordinat dan azimuth sedangkan ujung lainnya hanya terikat azimuth.

Gambar 253. Poligon terbuka salah satu ujung terikat koordinat dan azimutk sedangkan yang lain hanya terikat azimuth

Langkah perhitungan poligon tipe ini :

- Menghitung koreksi setiap sudut

  $V\beta_i = \{(\alpha_{awal} - \alpha_{akhir}) - (\Sigma\beta) + n.180^0\} / n$

  $\beta_i = \beta + v\beta i$

- Menghitung azimuth setiap titik poligon berdasarkan α_{awal} dan $\overline{\beta i}, \overline{\beta}$

  $\alpha_{A\text{-}B} = \alpha_{awal} + \overline{\beta}_1$

  $\alpha_{B\text{-}C} = \alpha_{AB} + \overline{\beta}2 - 180^0$

  $\alpha_{C\text{-}D} = \alpha_{BC} + \overline{\beta}3 - 180^0$, dst.

- Menghitung selisih absis dan selisih ordinat dengan data azimuth dan panjang poligon :

  $\varepsilon_{AB} = S_i \text{ Sin } \alpha_{AB}$

  $\eta_{AB} = S_i \text{ Cos } \alpha_{AB}$

  $\varepsilon_{BC} = S_i \text{ Sin } \alpha_{BC}$

  $\eta_{BC} = S_i \text{ Cos } \alpha_{BC}$

- Dengan selisih absis (ε) dan selisih ordinat (η) serta koordinat titik A (X_A, Y_A) maka koordinat titik B, C, D,... dapat dihitung :

  $X_B = X_A + \varepsilon_{AB}$

  $Y_B = Y_A + \eta_{AB}$

  $X_C = X_B + \varepsilon_{BC}$

  $Y_C = Y_B + \eta_{BC}$

Dapat disimpulkan bahwa tidak ada koreksi koordinat, ada koreksi sudut, orientasi benar dan koordinat benar.

Poligon terbuka, satu ujung terikat azimuth dan koordinat sedangkan ujung lainnya hanya terikat koordinat.

Gambar 254. Poligon terbuka salah satu ujung terikat azimuth dan koordinat sedangkan ujung lain hanya terikat koordinat

- Semua sisi poligon dihitung azimuthnya dengan data α_{awal} dan β sebagai berikut :

  $\alpha_{AB} = \alpha_{awal} \pm \beta_1$

  $\alpha_{BC} = \alpha AB \pm \beta 2 - 180^o$

- Hitung selisih absis (ε) dan ordinat (η) dengan data – data sebagai berikut :

  $\varepsilon_{AB} = S_{AB}$ Sin α_{AB}

  $\eta_{AB} = S_{AB}$ Cos α_{AB}

  $\varepsilon_{BC} = S_{BC}$ Sin α_{BC}

  $\eta_{BC} = S_{BC}$ Cos α_{BC}

- Selisih absis (S Sin α) dijumlahkan, demikian pula dengan ordinat (S Cos α).

- Dari koordinat titik A (X_A, Y_A) dan G (X_G, Y_G), maka dapat dihitung :

  Jumlah koreksi absis

  $(V\Delta_X) = (X_G - X_A) - (\Delta X)$

  Jumlah koreksi ordinat

  $(V\Delta_Y) = (Y_G - Y_A) - (\Delta Y)$

- Menghitung masing – masing koreksi absis dan koreksi ordinat :

  $V_{\Delta Xi} = (S_i \,.\, V_{\Delta X}) / S$

  $V_{\Delta Yi} = (S_i \,.\, V_{\Delta Y}) / S$

- Menghitung koordinat titik B, C, D, ….

  $X_B = X_A + \Delta X_{AB}$

  $Y_B = Y_A + \Delta Y_{AB}$

  $X_C = X_B + \Delta X_{BC}$

  $Y_C = Y_B + \Delta Y_{BC}$

  $X_D = X_C + \Delta X_{CD}$

  $Y_D = Y_C + \Delta Y_{CD}$

  $X_E = X_D + \Delta X_{DE}$

  $Y_E = Y_D + \Delta Y_{EF}$

Harga-harga ini harus sama dengan harga X_G dan Y_G yang sudah diketahui sebelumnya. Bila tidak sama, tentu ada kesalahan pada hitungan. Dapat ditarik

kesimpulan bahwa pada pengukuran ini tidak terdapat koreksi sudut, ada koreksi koordinat, orientasi benar dan koordinat benar.

Poligon terbuka kedua ujung terikat azimuth dan koordinat.

Gambar 255. poligon terbuka kedua ujung terikat azimuth dan koordinat

Poligon tipe ini merupakan tipe poligon yang paling baik karena kedua ujung poligon terikat penuh.

- Menghitung sudut-sudut ukuran
- Menghitung selisih α_{awal} dan α_{akhir}
- Menghitung jumlah koreksi sudut :

  $(V\beta) = (\alpha_{akhir} - \alpha_{awal}) - (\Sigma\beta) + n.180^0$
- Membagi jumlah koreksi sudut kepada setiap sudut yang diukur $V\tilde{\beta}n$
- Menghitung azimuth setiap sisi poligon

  $\alpha_{AB} = \alpha_{awal} + \beta_1 + V\beta_1$

  $\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + \beta 2 + V\beta 2$

  $\alpha_{CD} = \alpha_{CD} + \beta 3 + V\beta 3$

  $\alpha_{EF} = \alpha_{DE} + \beta 4 + V\beta 4$

$\alpha_{akhir} = \alpha_{FG} + \beta 6 + V\beta 6$

α_{akhir} harus sama dengan α_{akhir} yang telah diketahui sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa ada koreksi sudut dan ada koreksi koordinat, orientasi benar dan koordinat benar.

Poligon Tertutup

Gambar 256. Poligon tertutup

Langkah-langkah hitungan pada poligon ini adalah sebagai berikut :

a. Jumlahkan semua sudut poligon.

b. Menghitung koreksi sudut :

   $V\beta = (n-2).180 - (\Sigma\beta)$...(sudut β di dalam)

c. Membagi koreksi tersebut kepada semua sudut :

   $$Vi = \frac{VB}{n}$$

d. Bila salah satu sisi poligon itu diketahui misal $\alpha 12$, maka azimuth sisi yang lain dapat dihitung sbb:

   $\alpha 23 = \alpha_{12} + \beta_2 + V_2 - 180^0$

   $\alpha 34 = \alpha_{23} + \beta_3 + V_3 - 180^0$

   $\alpha 45 = \alpha_{23} + \beta_4 + V_4 - 180^0$

$\alpha 56 = \alpha_{45}+\beta_5+V_5-180^0$

$\alpha 67 = \alpha_{56}+\beta_6+V_6-180^0$

$\alpha 71 = \alpha_{71}+\beta_7+V_7-180^0$

Sebagai kontrol dihitung :

$\alpha 12 = \alpha_{71}+\beta_1+V_1-180^0$ harus sama dengan $\alpha 12$ yang sudah diketahui. Pembahasan yang penting terutama untuk poligon terikat sempurna baik tertutup maupun terbuka.

Poligon terikat sempurna yaitu suatu poligon yang diikatkan oleh dua buah titik pada awal pengukuran dan dua buah titik pada akhir pengukuran yang masing-masing telah mempunyai koordinat definitif dari hasil pengukuran sebelumnya. Nilai sudut-sudut dalam atau luar serta jarak mendatar antara titik-titik poligon diperoleh atau diukur dari lapangan menggunakan alat pengukur sudut dan pengukur jarak yang mempunyai tingkat ketelitian tinggi.

10. 3 Peralatan, bahan dan prosedur pengukuran poligon

10.3.1 Peralatan Yang Digunakan :

1. Pesawat Theodolite

   Alat pengukur Theodolitee dapat mengukur sudut-sudut yang mendatar dan tegak. Alat pengukur sudut theodolite dibagi dalam 3 bagian yaitu:

a. Bagian bawah, terdiri atas tiga sekrup penyetel SK yang menyangga suatu tabung dan pelat yang berbentuk lingkaran. Pada tepi lingkaran ini dibuat skala lms yang dinamakan limbus.

b. Bagian tengah, terdiri atas suatu sumbu yang dimasukkan kedalam tabung bagian bawah. Sumbu ini sumbu tegak atau sumbu kesatu S1. Di atas sumbu S1 diletakkan lagi suatu pelat yang berbentuk lingkaran dan mempunyai jari-jari kurang dari jari-jari pelat bagian bawah. Pada dua tempat di tepi lingkaran di buat pembaca no yang berbentuk alat pembaca nonius. Diatas nonius ini ditempatkan dua kaki yang penyangga sumbu mendatar. Suatu nivo diletakkan di atas pelat nonius untuk membuat sumbu kesatu tegak lurus.

c. Bagian atas, terdiri dari sumbu mendatar atau sumbu kedua yang diletakkan diatas kaki penyangga sumbu kedua S2. Pada sumbu kedua ditempatkan suatu teropong tp yang mempunyai diafragma dan dengan demikian mempunyai garis bidik gb. Pada sumbu kedua diletakkan pelat yang berbentuk lingkaran dilengkapi dengan skala lingkaran tegak ini ditempatkan dua nonius pada kaki penyangga sumbu kedua.

Jika di lihat dari cara pengukuran dan konstruksinya, bentuk alat ukur Theodolite di bagi dalam dua jenis, yaitu :

a. *Theodolite reiterasi*, yaitu jenis Theodolite yang pelat lingkaran skala mendatar dijadikan satu dengan tabung yang letaknya di atas tiga sekerup. Pelat nonius dan pelat skala mendatar dapat diletakkan menjadi satu dengan sekrup kl, sedangkan pergeseran kecil dari nonius terhadap skala lingkaran, dapat digunakan sekrup fl. Dua sekrup kl dan fl merupakan satu pasang ; sekerup fl dapat menggerakkan pelat nonius bila sekerup kl telah dikeraskan.

b. *Theodolite repetisi,* yaitu jenis Theodolite yang pelatnya dengan skala lingkaran mendatar ditempatkan sedemikian rupa sehingga pelat dapat berputar sendiri dengan tabung pada sekrup penyetel sebagai sumbu putar. Perbedaan jenis repetisi dengan reiterasi adalah jenis repetisi memiliki sekrup k2 dan f2 yang berguna pada pengukuran sudut mendatar dengan cara repetisi. (Gambar Terlampir)

Selain menggunakan Theodolite, pengukuran poligon Kerangka Dasar Horizontal dapat menggunakan Topcon.

Alat Pengukur Sudut (Topcon)

Negara Asal : **Jepang**

Keterangan :

Topcon Total Station GTS-233N

- Ketelitian Sudut : 3”
- Ketelitian Jarak : ± - (2mm+2ppmxD)
- Pembesaran Lensa : 30x
- Pembacaan Sudut : 1/5”
- Internal Memory : 24.000 Points
- Display : 2 Muka
- Jarak ukur 1 Prisma : 3.000 M
- Jarak ukur 3 Prisma : 4.000 M

Gambar 257. Topcon total station-233N

2. Statif

Statif merupakan tempat dudukan alat dan untuk menstabilkan alat seperti Sipat datar. Alat ini mempunyai 3 kaki yang sama panjang dan bisa dirubah ukuran ketinggiannya. Statif saat didirikan harus rata karena jika tidak rata dapat mengakibatkan kesalahan saat pengukuran

Gambar 258. Statif

3. Unting-Unting

   Unting-unting terbuat dari besi atau kuningan yang berbentuk kerucut dengan ujung bawah lancip dan di ujung atas digantungkan pada seutas tali. Unting-unting berguna untuk memproyeksikan suatu titik pada pita ukur di permukaan tanah atau sebaliknya.

Gambar 259. Unting-unting

4. Patok

   Patok dalam ukur tanah berfungsi untuk memberi tanda batas jalon, dimana titik setelah diukur dan akan diperlukan lagi pada waktu lain. Patok biasanya ditanam didalam tanah dan yang menonjol antara 5 cm-10 cm, dengan maksud agar tidak lepas dan tidak mudah dicabut. Patok terbuat dari dua macam bahan yaitu kayu dan besi atau beton.

   - Patok Kayu

     Patok kayu yang terbuat dari kayu, berpenampang bujur sangkar dengan ukuran ± 50 mm x 50 mm, dan bagian atasnya diberi cat.

   - Patok Beton atau Besi

     Patok yang terbuat dari beton atau besi biasanya merupakan patok tetap yang akan masih dipakai diwaktu lain.

Gambar 260. Jalon

5. Rambu Ukur

   Rambu ukur dapat terbuat dari kayu, campuran alumunium yang diberi skala pembacaan. Ukuran lebarnya ± 4 cm, panjang antara 3m-5m pembacaan dilengkapi dengan angka dari meter, desimeter, sentimeter, dan milimeter.

Gambar 260. Rambu Ukur

6. Payung

   Payung ini digunakan atau memiliki fungsi sebagai pelindung dari panas dan hujan untuk alat ukur itu sendiri. Karena bila alat ukur sering kepanasan atau kehujanan, lambat laun alat tersebut pasti mudah rusak (seperti; jamuran, dll).

Gambar 262. Payung

7. Meja lapangan (meja dada)

8. Pita Ukur (meteran)

   Pita ukur linen bisa berlapis plastik atau tidak, dan kadang-kadang diperkuat dengan benang serat. Pita ini tersedia dalam ukuran panjang 10 m, 15 m, 20 m, 25 m atau 30 m.Kelebihan dari alat ini adalah bisa digulung dan ditarik kembali, dan kekurangannya adalah kalau ditarik akan memanjang, lekas rusak dan mudah putus, tidak tahan air.

Gambar 263. Pita ukur

10.1.1 Bahan Yang Digunakan :

1. Formulir Ukur

   Formulir pengukuran digunakan untuk mencatat kondisi di lapangan dan hasil perhitungan-perhitungan/ pengukuran di lapangan. (Lihat tabel 24, 25 dan 26)

Gambar 264. Formulir dan alat tulis

2. Peta wilayah study

   Peta digunakan agar mengetahui di daerah mana akan melakukan pengukuran

3. Cat dan koas

   Alat ini murah dan sederhana akan tetapi peranannya sangat penting sekali ketika di lapangan, yaitu digunakan untuk menandai dimana kita mengukur dan dimana pula kita meletakan rambu ukur. Tanda ini tidak boleh hilang sebelum perhitungan selesai karena kemungkinan salah ukur dan harus diukur ulang.

4. Alat tulis

   Alat tulis digunakan untuk mencatat hasil pengukuran di lapangan.

5. Benang

   Benang berfungsi sebagai:

   a. menentukan garis lurus
   b. menentukan garis datar menentukan pasangan yang lurus
   c. meluruskan plesteran
   d. menggantungkan unting-unting

Gambar 265. Benang

6. Paku

   Paku terbuat dari baja (besi) dengan ukuran ± 10 mm. Digunakan sebagai tanda apabila cat mudah hilang dan patok kayu tidak dapat digunakan, dikarenakan rute (jalan) yang digunakan terbuat dari aspal.

10.3.3 Prosedur Pemakaian Alat Pada Poligon

Cara mengatur dan sentering alat theodolite adalah sebagai berikut :

1. Pasang statif alat kira-kira diatas titik poligon
   - keraskan sekrup-sekrup statif
   - usahakan dasar alat statif sedatar mungkin untuk memudahkan mengatur nivo mendatar
2. Pasang alat theodolite di atas statif, keraskan sekrup pengencang alat
3. Pasang unting-unting pada sekrup pengencang di bawah alat.
4. Jika ujung-ujung belum tepat di atas paku aturlah dengan menggeser atau

menaik turunkan kaki alat dengan bantuan sekrup kaki sehingga unting-unting tepat di atas paku

- kaki alat diinjak kuat-kuat sehingga masuk ke dalam tanah.

5. Ketengahkan gelembung nivo kotak dengan bantuan ketiga sekrup penyetel sekaligus

Gambar 266. Nivo kotak

Catatan :

Jika alat mempunyai sentering optis T.2 Sokisha, Topcon, Th_3 Zeis dll, maka cara melakukan sentering optis adalah sebagai berikut :

- Lepaskan unting-unting
- Lihat melalui teropong sentering optis
- Jika benang silang optis belum tepat di tengah-tengah paku, longgarkan sekrup-sekrup pengencang, geserkan alat translasi sehingga benang silang tepat di atas paku (tengah-tengah paku) kemudian kencangkan kembali sekrup
- Periksa gelembung nivo kotak jika berubah atur lagi dan ulangi pekerjaan.

6. Atur nivo tabung dengan 3 sekrup penyetel A, B, C.

   Cara mengaturnya :

a. Putar teropong hingga nivo tabung terletak ejajar dengan 2 sekrup penyetel A dan B

Gambar 267. Nivo tabung

Gambar 268. Nivo tabung

b. Ketengahkan gelembung dengan salah satu sekrup penyetel A atau B

c. Putar teropong 180° jika gelembung menggeser n skala, maka kembalikan n ½ n dengan salah satu sekrup penyetel

d. Pekerjaan (a), (b), (c) dilakukan berulang-ulang sehingga teropong sebelum dan sesudah diputar 180° gelembung tetap di tengah.

e. Putar teropong 90°, jika gelembung menggeser ketengahkan dengan sekrup penyetel C.
f. Maka alat siap untuk digunakan pengukuran

Catatan :
- Dalam melakukan pengukuran sudut horizontal, nivo vertikal tidak perlu diatur
- Sekrup repetisi (jika ada), jika tidak diperlukan agar tetap terkunci

10.3.4 Prosedur pengukuran poligon

Pengukuran harus dilaksanakan berdasarkan ketentuan – ketentuan yang ditetapkan sebelumnya.

Ketentuan-ketentuan pengukuran Kerangka dasar Horizontal adalah sebagai berikut :

a. Jarak antara dua titik, sekurang-kurangnya diukur 2 kali.
b. Sudut mendatar, sekurang-kurangnya diukur 2 seri
c. Pengukuran astronomi (azimuth), sekurang-kurangnya di ukur 4 seri masing-masing untuk pengukuran pagi dan sore hari.

Prosedur pengukuran poligon kerangka dasar horizontal adalah sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan patok-patok yang telah ada yang digunakan pada pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal, dirikan alat theodolite pada titik (patok) awal pengukuran. Pada pengukuran poligon, alat didirikan di atas patok, berbeda dengan pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal dengan alat yang berdiri di antara 2 buah titik (patok)
2. Target diletakkan di atas patok-patok yang mengapit tempat alat sipat datar berdiri. Gelembung nivo tabung diketengahkan dengan cara memutar dua buah sekrup kaki kiap ke arah dalam saja atau keluar saja serta memutar sekrup kaki kiap kearah kanan atau kiri. Teropong diarahkan ke target belakang dan dibaca sudut horizontalnya pada posisi biasa. Teropong kemudian diputar ke arah target muka dibaca pula sudut horizontalnya pada posisi biasa.
3. Teropong diubah posisinya menjadi luar biasa dan diarahkan ke target muka serta dibaca sudut horizontalnya.
4. Alat theodolite dipindahkan ke patok selanjutnya dan dilakukan hal yang sama seperti pada patok sebelumnya. Pengukuran dilanjutkan sampai seluruh patok didirikan alat theodolite.
5. Data diperoleh dari lapangan kemudian diolah secara manual atau tabelaris dengan menggunakan bantuan teknologi digital komputer. Pengolahan data poligon dapat diselesaikan dengan metode Bowditch atau Transit.

   Pada metode Bowditch, bobot koreksi absis dan ordinat diperoleh dari perbandingan jarak resultante dengan

total jarak pengukuran poligon, sedangkan pada metode Transit bobot koreksi absis / ordinat diperoleh jarak pada arah absis dibandingkan dengan total jarak pada arah absis / ordinat.

6. Pengukuran poligon kerangka dasar horizontal selesai.

10.3.5 Cara pembidikan titik sudut untuk daerah yang terbuka

a. Garis bidik diusahakan harus tepat mengincar pada titik poligon.
b. Benang tengah harus tepat di atas titik poligon

Gambar 269. Jalon di atas patok

Untuk daerah yang terhalang

Pada titik poligon yang terhalang ditempatkan :

a. Rambu ukur dengan garis tengah rambu ukur tepat di atas titik pusat poligon.
b. Unting-unting yang ditahan oleh 3 buah jalon.
   - Garis bidik diarahkan pada garis tengah rambu ukuran atau pada benang unting- unting.

Gambar 270. Penempatan rambu ukur

- Pada titik-titik poligon yang akan dibidik ditempatkan :
  - unting-unting yang ditahan oleh 3 buah jalon.
  - dapat pula paku, ujung pensil, sapu lidi yang lurus sebagai pembantu.

Gambar 271. Penempatan unting-unting

Hasil yang diperoleh dari praktek pengukuran poligon di lapangan adalah koordinat titik-titik yang diukur sebagai titik-titik ikat untuk keperluan penggambaran titik-titik detail dalam pemetaan.

10.4 Pengolahan data poligon

Pengolahan data dapat dilakukan secara manual langsung dikerjakan pada formulir ukuran atau secara tabelaris menggunakan lembar elektrolis (*spreadsheet*) di komputer, contohnya : adalah perangkat lunak Lotus atau Excell.

Rumus-rumus dasar pengolahan data ditransfer dari penyajiannya secara analog menjadi rumus-rumus terprogram dalam bentuk digital.

Pengolahan data poligon dikontrol terhadap sudut-sudut dalam atau luar poligon dan dikontrol terhadap koordinat baik absis maupun ordinat. Pengolahan data poligon dimulai dengan menghitung sudut awal dan sudut akhir dari titik-titik ikat poligon.

Perhitungan meliputi :
- mengoreksi hasil ukuran
- mereduksi hasil ukuran, misalnya mereduksi jarak miring menjadi jarak mendatar dan lain-lain
- menghitung azimuth pengamatan matahari
- menghitung koordinat dan ketinggian setiap titik

Catatan :
1. Apabila Kerangka Dasar Horizontal akan dihitung pada proyeksi tertentu misalnya Polyeder atau U.T.M, maka sebelumnya harus dilakukan hitungan reduksi data ukuran ke dalam proyeksi peta yang bersangkutan
2. Sesuai dengan bentuk jaringannya, hitungan koordinat atau ketinggian dapat dilakukan dengan peralatan sederhana (bertingkat-tingkat) atau dengan perataan kuadarat terkecil.

Dasar-dasar perhitungan pengukuran poligon adalah sebagai berikut :

- Menghitung Sudut Jurusan Awal yang telah diketahui koordinatnya

(X_A, Y_A) dan (X_B, Y_B), maka :

$$\alpha \text{ AB} = \arctan \frac{(X_B - X_A)}{(Y_B - Y_A)}$$

$$\frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A}$$

- Menghitung Sudut Jurusan Akhir yang telah diketahui koordinatnya (X_C, Y_C) dan (X_D, Y_D), maka :

  $$\alpha_{CD} = \text{arc Tgn } \frac{X_D - X_C}{Y_D - Y_C}$$

- Menghitung Koreksi Penutup Sudut melalui syarat penutup sudut dengan :

  β adalah sudut-sudut dalam / luar poligon hasil pengukuran dari lapangan dan n adalah jumlah titik-titik poligon yang diukur sudut-sudutnya, maka

  α akhir - α awal = $\sum\beta$ - (n – 2) . 180°+kβ

  kβ = α akhir - α awal -$\sum\beta$ + (n – 2). 180°

- Menghitung Sudut-sudut Dalam / Luar Poligon yang telah dikoreksi terhadap Kesalahan Penutup Sudut :

  β_0k = β_0 + (kβ / n)

  β_1k = β_1 + (kβ / n)*

  ....

  βnk = βn + (kβ / n)

  * Menghitung Sudut-Sudut Jurusan antara titik-titik poligon

  Kontrol sudut poligon diawali terlebih dahulu dilakukan yaitu untuk memperoleh koreksi sudut poligon dengan cara mengontrol jumlah sudut poligon terhadap pengurangan sudut akhir dengan sudut awal poligon. Koreksi sudut poligon yang diperoleh kemudian dibagi secara merata tanpa bobot terhadap sudut-sudut poligon hasil pengukuran dan pengamatan di lapangan.

- Menghitung Sudut-sudut jurusan antara titik-titik poligon :

  Sudut-sudut jurusan titik poligon terhadap titik poligon berikutnya mengacu terhadap sudut awal poligon dijumlahkan terhadap sudut poligon yang telah dikoreksi.

  Untuk perhitungan awal dapat dihitung, yaitu:

  - Jika putaran sudut-sudut tidak melebihi 1 putaran atau sudut 360°, maka :

    $\alpha_{A1} = \alpha_{AB} + \beta_{0k}$

  - Jika putaran sudut-sudut melebihi 1 putaran atau sudut 360°, maka :

    $\alpha_{A1} = \alpha_{AB} + \beta_{0k} - 360^o$

  Untuk selanjutnya dapat dihitung, yaitu :

  - Jika putaran sudut-sudut tidak melebihi 1 putaran atau sudut 360°, maka :

    α 12 = α A1 + 180° + β1k

  - Jika putaran sudut-sudut melebihi 1 putaran atau sudut 360°, maka :

    α 12 = α A1 + 180° + β1k - 360°

    α 12 = α A1 + β1k - 180°

- Menghitung Koreksi Absis dan Ordinat

  Koreksi absis dan ordinat ini dapat didekati melalui metode Bowditch dan Transit. Koreksi metode Bowditch meninjau bobot jarak dari proyeksi pada absis dan ordinat sedangkan koreksi metode Transit meninjau bobot jarak dari resultante jarak absis dan ordinat.

  Mengkoreksi absis dan ordinat melalui syarat absis dan ordinat, dengan d adalah jarak datar / sejajar bidang nivo dan α adalah sudut jurusan:

  Syarat Absis :

  $X_{akhir} - X_{awal} = \sum d \cdot \sin \alpha + k_x$

  $K_x = X_{akhir} - X_{awal} - \sum d \cdot \sin \alpha$

  Syarat Ordinat :

  $Y_{akhir} - Y_{awal} = \sum d \cdot \cos \alpha + k_y$

  $K_y = Y_{akhir} - Y_{awal} - \sum d \cdot \cos \alpha$

- Menghitung Koordinat – Koordinat Definitif titik-titik poligon dengan Metode Bowditch :

  $X_1 = X_A + d_{A1} \cdot \sin \alpha_{A1} + k_x (d_{A1} / \sum d)$

  $Y_1 = Y_A + d_{A1} \cdot \cos \alpha_{A1} + k_y (d_{A1} / \sum d)$

- Menghitung koordinat – koordinat definitif titik-titik poligon dengan metode transit :

  $X_1 = X_A + d_{A1} \cdot \sin \alpha_{A1} + k_x (d_{A1} \cdot \sin \alpha_{A1} / \sum d \cdot \sin \alpha)$

  $Y_1 = Y_A + d_{A1} \cdot \cos \alpha_{A1} + k_y (d_{A1} \cdot \cos \alpha_{A1} / \sum d \cdot \cos \alpha)$

  Kontrol koordinat berbeda dengan kontrol sudut yaitu koordinat akhir dan awal dikurangi serta dibandingkan terhadap jumlah proyeksinya terhadap absis dan ordinat. Koreksi absis dan ordinat akan diperoleh dan dibagikan dengan mempertimbangkan bobot kepada masing-masing titik poligon. Bobot koreksi didekati dengan cara perbandingan jarak pada suatu ruas garis terhadap jarak total poligon dari awal sampai akhir pengukuran.

Untuk menghitung Toleransi adalah sebagai berikut :

1. Toleransi Sudut

   Jika digunakan alat Theodolite berdasarkan estimasi maximum ditentukan bahwa

   salah penutup sudut poligon = K = $i\sqrt{n}$

   i = ketelitian dalam satuan detik (sekon)

   Maka : $f\beta$ harus $\leq i\sqrt{n}$

   dimana : n adalah banyak titik sudut

2. Toleransi Jarak

   Jika digunakan pita ukur, ditentukan toleransi ketelitian jarak linier = $\frac{1}{2500}$

   Salah Linier = L = $\sqrt{fx^2 + fy^2}$

   Maka :

   Toleransi salah linier harus memenuhi :

   $$\frac{\sqrt{fx + fy^2}}{(\sum d)} \leq \frac{1}{2500}$$

Untuk menghitung koordinatnya, disamping sudut dan jarak mendatar diperlukan pula minimal satu jurusan awal dan satu titik yang telah diketahui koordinatnya.

Untuk jurusan Awal dapat ditentukan sebagai berikut :

- Bila di sekitar titik-titik kerangka dasar terdapat 2 titik Triangulasi, sudut jurusan dihitung dari titik-titik Triangulasi dapat digunakan sebagai jurusan awal

  Apabila jurusan awal ini yang akan digunakan, maka jaring titik-titik kerangka dasar harus disambungkan ke tiitk Triangulasi tersebut.

  Bila tidak terdapat dari pengamatan astronomi (pengamatan matahari atau bintang); dari pengukuran menggunakan Theodolite Kompas atau ditentukan sembarang.

Untuk koordinat Awal dapat ditentukan sebagai berikut :

- Bila dikehendaki koordinat dalam sistem umum (sistem yang berlaku di wilayah suatu negara) digunakan tiitk Triangulasi (cukup satu titik saja). Dengan demikian kerangka dasar harus diikatkan ke titik Triangulasi tersebut.

- Bila dikehendaki koordinat dalam sistem umum tetapi terdapat tiitk Triangulasi, maka di salah satu titik kerangka dasar dilakukan pengukuran astronomi untuk menentukan lintang dan bujurnya. Dari lintang dan bujur geografi ini dapat ditentukan koordinat (X , Y) dalam sisitem umum.

- Bila tidak terdapat titik Triangulasi dan tidak dikehendaki koordinat dalam sistem umum, maka salah satu titik kerangka dasar dapat dipilih sebagai titik awal dengan koordinat sembarang, misalnya : X = 0, Y = 0. Sistem demikian dinamakan **Koordinat Setempat (lokal)**

  Titik awal tersebut sebaiknya dipilih yang terletak di tengah wilayah yang dipetakan.

10.5 Penggambaran poligon

Penggambaran poligon kerangka dasar horizontal dapat dilakukan secara manual atau digital.

Penggambaran secara manual harus memperhatikan ukuran lembar yang digunakan dan skala gambar, sedangkan penggambaran secara digital lebih menekankan kepada sistem koordinat yang digunakan serta satuan unit yang akan dipakai dalam gambar digital yang berhubungan dengan keluaran akhir.

Penggambaran poligon kerangka dasar hoizontal akan menyajikan unsur-unsur : sumbu absis, sumbu ordinat, dan garis hubung antara titik-titik poligon.

Penggambaran secara manual pada poligon kerangka dasar horizontal memiliki skala yang sama pada arah sumbu absis dan sumbu ordinat karena jangkauan arah sumbu absis dan ordinat memiliki ukuran yang sama.

Informasi ukuran kertas yang demikian menjadi hal utama yang harus diperhatikan.

Ukuran kertas untuk penggambaran hasil pengukuran dan pemetaan terdiri dari :

Tabel 21. Ukuran kertas seri A

Ukuran Kertas	Panjang (milimeter)	Lebar (milimeter)
A0	1189	841
A1	841	594
A2	594	420
A3	420	297
A4	297	210
A5	210	148

Ukuran kertas yang digunakan untuk pencetakkan peta biasanya Seri A. Dasar ukuran adalah A0 yang luasnya setara dengan 1 meter persegi. Setiap angka setelah huruf A menyatakan setengah ukuran dari angka sebelumnya. Jadi, A1 adalah setengah A0, A2 adalah seperempat dari A0 dan A3 adalah seperdelapan dari A0. Perhitungan yang lebih besar dari SAO adalah 2A0 atau dua kali ukuran A0.

Gambar 272. Pembagian kertas seri A

Unsur-Unsur yang harus ada dalam penggambaran hasil pengukuran dan pemetaan adalah :

- **Legenda**

  Yaitu suatu informasi berupa huruf, simbol dan gambar yang menjelaskan mengenai isi gambar. Legenda memiliki ruang di luar muka peta dan dibatasi oleh garis yang membentuk kotak-kotak.

  Tanda-tanda atau simbol-simbol yang digunakan adalah untuk menyatakan bangunan-bangunan yang ada di atas bumi seperti jalan raya, kereta api, sungai, selokan, rawa atau kampung.

  Juga untuk bermacam-macam keadaan dan tanam-tanaman misalnya ladang, padang rumput, atau alang-alang, perkebunan seperti : karet, kopi, kelapa, untuk tiap macam pohon diberi tanda khusus.

Untuk dapat membayangkan tinggi rendahnya permukaan bumi, maka digunakan garis-garis tinggi atau tranches atau kontur yang menghubungkan titik-titik yang tingginya sama di atas permukaan bumi.

- **Muka Peta**

  Yaitu ruang yang digunakan untuk menyajikan informasi bentuk permukaan bumi baik informasi vertikal maupun horizontal. Muka peta sebaiknya memiliki ukuran panjang dan lebar yang proporsional agar memenuhi unsur estetis.

- **Skala Peta**

  Yaitu simbol yang menggambarkan perbandingan jarak di atas peta dengan jarak sesungguhnya di lapangan. Skala peta terdiri dari : skala numeris, skala perbandingan, dan skala grafis.

  Skala numeris yaitu skala yang menyatakan perbandingan perkecilan yang ditulis dengan angka, misalnya : skala 1 : 25.000 atau skala 1 : 50.000.
  Skala grafis yaitu skala yang digunakan untuk menyatakan panjang garis di peta dan jarak yang diwakilinya di lapangan melalui informasi grafis.

Gambar 273. Skala grafis

Skala grafis memiliki kelebihan dibandingkan dengan skala numeris dan skala perbandingan karena tidak dipengaruhi oleh muai kerut bahan dan perubahan ukuran penyajian peta.

- **Orientasi arah utara**

  Yaitu simbol berupa panah yang biasanya mengarah ke arah sumbu Y positif muka peta dan menunjukkan orientasi arah utara. Orientasi arah utara ini dapat terdiri dari : arah utara geodetik, arah utara magnetis, dan arah utara grid koordinat proyeksi. Skala peta grafis biasanya selalu disajikan untuk melengkapi skala numeris atau skala perbandingan untuk mengantisipasi adanya pembesaran dan perkecilan peta serta muai susut bahan peta.

- **Sumber gambar yang dipetakan**

  Untuk mengetahui secara terperinci proses dan prosedur pembuatan peta, sumber peta akan memberikakan tingkat akurasi dan kualitas peta yang dibuat.

- **Tim pengukuran yang membuat peta**
  Untuk mengetahui penanggung jawab pengukuran di lapangan dan penyajiannya di atas kertas, personel yang disajikan akan memberikan informasi mengenai kualifikasi personel yang terlibat.
- **Instalnsi dan simbol**
  Instalasi dan simbol yang memberikan pekerjaan dan melaksanakan pekerjaan pengukuran dan pembuatan peta. Instalnsi dan simbol instalnsi ini akan memberikan informasi mengenai karakteristik tema yang biasanya diperlukan bagi instalnsi yang bersangkutan.

Peralatan yang harus disiapkan untuk menggambar sipat datar kerangka dasar vertikal meliputi :

1. Lembaran kertas milimeter dengan ukuran tertentu
2. Penggaris 2 buah (segitiga atau lurus)
3. Pinsil
4. Penghapus
5. Tinta

Prosedur penggambaran untuk poligon kerangka dasar horizontal

Prosedur penggambaran untuk poligon kerangka dasar horizontal adalah sebagai berikut :

1. menghitung kumulatif jarak horizontal pengukuran poligon
2. menentukan ukuran kertas yang akan dipakai
3. membuat tata jarak peta, meliputi muka peta dan ruang legenda
4. menghitung panjang dan lebar muka peta
5. mendapatkan skala jarak horizontal dengan membuat perbandingan panjang muka peta dengan kumulatif jarak horizontal dalam satuan yang sama. Jika hasil perbandingan tidak menghasilkan nilai yang bulat maka nilai skala dibulatkan ke atas dan memiliki nilai kelipatan tertentu
6. membuat sumbu mendatar dan tegak yang titik pusatnya memiliki jarak tertentu terhadap batas muka peta, menggunakan pinsil
7. menggambarkan titik-titik yang merupakan posisi tinggi hasil pengukuran dengan jarak-jarak tertentu serta menghubungkan titik-titik tersebut, menggunakan pinsil
8. membuat keterangan – keterangan nilai tinggi dan jarak di dalam muka peta serta melengkapi informasi legenda, membuat skala, orientasi pengukuran, sumber peta, tim pengukuran, nama instnasi dan simbolnya, menggunakan pinsil
9. menjiplak draft penggambaran ke atas bahan transparan, menggunakan tinta.

Prosedur penggambaran untuk poligon kerangka dasar horizontal secara manual, adalah sebagai berikut :

1. menghitung range absis pengukuran poligon kerangka dasar horizontal
2. menghitung range ordinat pengukuran poligon kerangka dasar horizontal
3. membandingkan nilai range absis dengan range ordinat pengukuran poligon kerangka dasar horizontal. Nilai range yang lebih besar merupakan nilai untuk menetapkan skala peta.
4. menentukan ukuran kertas yang akan dipakai
5. membuat tata letak peta, meliputi muka peta dan ruang legenda
6. menghitung panjang dan lebar muka peta
7. menetapkan skala peta dengan membuat perbandingan panjang muka peta dengan nilai range absis dan ordinat yang lebih besar dalam satuan yang sama. Jika hasil perbandingan tidak menghasilkan nilai yang bulat maka nilai skala dibulatkan ke atas dan memiliki nilai kelipatan tertentu
8. membuat sumbu mendatar dan tegak yang titik pusatnya memiliki jarak tertentu terhadap batas muka peta, menggunakan pinsil
9. menggambarkan titik-titik yang merupakan posisi koordinat hasil pengukuran poligon kerangka dasar horizontal serta menghubungkan titik-titik tersebut, menggunakan pinsil
10. membuat keterangan – keterangan nilai tinggi dan jarak di dalam muka peta serta melengkapi informasi legenda, membuat skala, orientasi pengukuran, sumber peta, tim pengukuran, nama instansi dan simbolnya, menggunakan pinsil
11. menjiplak draft penggambaran ke atas bahan yang tansparan menggunakan tinta.

Untuk penggambaran poligon kerangka dasar horizontal secara digital dapat menggunakan perangkat lunak Lotus, Exceell, atau AutoCAD. Penggambaran dengan masing-masing perangkat lunak yang berbeda akan memberikan hasil keluaran yang berbeda pula.

Untuk penggambaran menggunakan Lotus atau Excell yang harus diperhatikan adalah penggambaran grafik dengan metode Scatter, agar gambar yang diperoleh pada arah tertentu (terutama sumbu horizontal) memiliki interval sesuai dengan yang diinginkan, tidak memiliki interval yang sama. Penggambaran dengan AutoCAD walaupun lebih sulit akan menghasilkan keluaran yang lebih sempurna dan sesuai dengan format yang diiinginkan.

Contoh hasil pengukuran poligon kerangka dasar horizontal

Dari lapangan didapat ;

PENGOLAHAN DATA

Diketahui : Data hasil Pengukuran Poligon Tertutup dengan titik Poligon 1 **(786488 ; 9240746)**.

Tabel 22. Bacaan sudut

Sudut	Bacaan Sudut			Bacaan Sudut
	°	D′	D′D′	Desimal
$\alpha_{12} = \beta_1$	96	48	0	96,80000
β_2	191	4	30	191,07500
β_3	171	54	0	171,90000
β_4	100	34	30	100,57500
β_5	158	30	0	158,50000
β_6	87	36	30	87,60833
β_7	185	51	0	185,85000
β_8	88	46	0	88,76667
β_9	180	53	30	180,89167
$\Sigma\beta$	**1256**	**356**	**120**	**1261,96667**

Tabel 23. Jarak

Jarak	
d_1	23
d_2	11
d_3	35
d_4	15
d_5	31
d_6	28
d_7	51
d_8	21
d_9	12
Σd	**227**

Ditanyakan : Koordinat titik P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, dan P_9 dengan **Metode Bowditch** dan **Metode Transit**, serta cari luas Poligon Tertutup dengan **Metode Sarrus** ?

Jawaban :

I. POLIGON TERTUTUP METODE BOWDITCH

A. Syarat 1

$|\alpha_{akhir} - \alpha_{awal}| = \Sigma\beta - (n-2) \cdot 180° + f\beta$

$|96{,}8 - 96{,}8| = 1261{,}96667 - (9 - 2) \cdot 180° + f\beta$

$0 = 1{,}96667 + f\beta$

$f\beta = -1{,}96667$

Mencari β Koreksi :

- $\beta_1 = \beta_1 + (f\beta : 9) = 96{,}80000 + (-1{,}96667 : 9) = 96{,}58148$
- $\beta_2 = \beta_2 + (f\beta : 9) = 191{,}07500 + (-1{,}96667 : 9) = 190{,}85648$
- $\beta_3 = \beta_3 + (f\beta : 9) = 171{,}90000 + (-1{,}96667 : 9) = 171{,}68148$
- $\beta_4 = \beta_4 + (f\beta : 9) = 100{,}57500 + (-1{,}96667 : 9) = 100{,}35648$
- $\beta_5 = \beta_5 + (f\beta : 9) = 158{,}50000 + (-1{,}96667 : 9) = 158{,}28148$
- $\beta_6 = \beta_6 + (f\beta : 9) = 87{,}60833 + (-1{,}96667 : 9) = 87{,}38981$
- $\beta_7 = \beta_7 + (f\beta : 9) = 185{,}85000 + (-1{,}96667 : 9) = 185{,}63148$
- $\beta_8 = \beta_8 + (f\beta : 9) = 88{,}76667 + (-1{,}96667 : 9) = 88{,}54815$
- $\beta_9 = \beta_9 + (f\beta : 9) = 180{,}89167 + (-1{,}96667 : 9) = 180{,}67315$

Mencari α Koreksi :

- $\alpha_{12} = \alpha_{awwal} + \beta_1 = 96{,}80000 + 96{,}58148 = 193{,}38148$
- $\alpha_{23} = \alpha_{12} + \beta_2 = 193{,}38148 + 190{,}85648 - 180 = 204{,}23796$
- $\alpha_{34} = \alpha_{23} + \beta_3 = 204{,}23796 + 171{,}68148 - 180 = 195{,}91944$
- $\alpha_{45} = \alpha_{34} + \beta_4 = 195{,}91944 + 100{,}35648 - 180 = 116{,}27593$
- $\alpha_{56} = \alpha_{45} + \beta_5 = 116{,}2759 + 158{,}28148 - 180 = -94{,}55741$

- $\alpha_{67} = \alpha_{56} + \beta_6 = 94{,}55741 + 87{,}38981 - 180 = 1{,}94722$
- $\alpha_{78} = \alpha_{67} + \beta_7 = 1{,}94722 + 185{,}63148 - 180 = 7{,}57870$
- $\alpha_{89} = \alpha_{78} + \beta_8 = 7{,}57870 + 88{,}54815 - 180 = -83{,}87315$
- $\alpha_{91} = \alpha_{89} + \beta_9 = -83{,}87315 + 180{,}67315 - 180 = -83{,}20000$

B. Syarat 2

$\Sigma\Delta X = \Sigma d \text{ Sin } \alpha$

$\Sigma\Delta X$ = (23 . Sin 193,40333) + (11 . Sin 204,28167) + (35 . Sin 195,985) + (15 . Sin 116,36333) + (31 . Sin 94,66667) + (28 . Sin 2,07833) + (51 . Sin 7,73167) + (21 . Sin -83,698333) + (12 . Sin -83,00333)

$\Sigma\Delta X$ = -0,20463

$\Sigma\Delta Y = \Sigma d \text{ Cos } \alpha$

$\Sigma\Delta Y$ = (23 . Cos 193,40333) + (11 . Cos 204,28167) + (35 . Cos 195,985) + (15 . Sin 116,36333) + (31 . Cos 94,66667) + (28 . Cos 2,07833) + (51 . Cos 7,73167) + (21 . Cos -83,698333) + (12 . Cos -83,00333)

$\Sigma\Delta Y$ = -0,29105

<u>Mencari Bobot X</u>

- Bobot X $P_1 = (\Delta X_{12} : \Sigma\Delta X) = (-5{,}32297 : -0{,}20463) = 26{,}01208$
- Bobot X $P_2 = (\Delta X_{23} : \Sigma\Delta X) = (-4{,}51580 : -0{,}20463) = 22{,}06763$
- Bobot X $P_3 = (\Delta X_{34} : \Sigma\Delta X) = (-9{,}59999 : -0{,}20463) = 46{,}91286$
- Bobot X $P_4 = (\Delta X_{45} : \Sigma\Delta X) = (13{,}45009 : -0{,}20463) = -65{,}72735$
- Bobot X $P_5 = (\Delta X_{56} : \Sigma\Delta X) = (30{,}90198 : -0{,}20463) = -151{,}01059$
- Bobot X $P_6 = (\Delta X_{67} : \Sigma\Delta X) = (0{,}95141 : -0{,}20463) = -4{,}64930$
- Bobot X $P_7 = (\Delta X_{78} : \Sigma\Delta X) = (6{,}72628 : -0{,}20463) = -32{,}86973$
- Bobot X $P_8 = (\Delta X_{89} : \Sigma\Delta X) = (-20{,}88005 : -0{,}20463) = 102{,}03579$

- Bobot X P_9 = (ΔX_{91} : $\Sigma\Delta X$) = (-11,91559 : -0,20463) = 58,22861

Mencari Bobot Y

- Bobot Y P_1 = (ΔY_{12} :Σ ΔY) = (-22,37557 : -0,29105) = 76,87877
- Bobot Y P_2 = (ΔY_{23} :Σ ΔY) = (-10,03033 : -0,29105) = 34,46257
- Bobot Y P_3 = (ΔY_{34} :Σ ΔY) = (-33,65769 : -0,29105) = 115,64230
- Bobot Y P_4 = (ΔY_{45} :Σ ΔY) = (-6,64042 : -0,29105) = 22,81539
- Bobot Y P_5 = (ΔY_{56} :Σ ΔY) = (-2,46320 : -0,29105) = 8,46314
- Bobot Y P_6 = (ΔY_{67} :Σ ΔY) = (27,98383 : -0,29105) = -96,14785
- Bobot Y P_7 = (ΔY_{78}:Σ ΔY) = (50,55450 : -0,29105) = -173,69695
- Bobot Y P_8 = (ΔY_{89} :Σ ΔY) = (-2,24133 : -0,29105) = 7,70084
- Bobot Y P_9 = (ΔY_{91} : $\Sigma\Delta Y$) = (-1,42085 : -0,29105) = 4,88180

Mencari Nilai Koreksi ΔX

- Koreksi ΔX_1 = ΔX_{12} - ($\Sigma\Delta X$. Bobot X P_1)
  = -5,32297 – (-0,20463 . 26,01208) = -0,000118
- Koreksi ΔX_2 = ΔX_{23} - ($\Sigma\Delta X$. Bobot X P_2)
  = -4,51580 - (-0,20463 . 22,06763) = -0,000101
- Koreksi ΔX_3 = ΔX_{34} - ($\Sigma\Delta X$. Bobot X P_3)
  = -9,59999 – (-0,20463 . 46,91286) = -0,000211
- Koreksi ΔX_4 = ΔX_{45} - ($\Sigma\Delta X$. Bobot X P_4)
  = 13,45009 – (-0,20463 . -65,72735) = 0,000302
- Koreksi ΔX_5 = ΔX_{56} - ($\Sigma\Delta X$. Bobot X P_5)
  = 30,90198 – (-0,20463 . -151,01059) = 0,000683
- Koreksi ΔX_6 = ΔX_{67} - ($\Sigma\Delta X$. Bobot X P_6)
  = 0,95141 - (-0,20463 . -4,64930) = 0,000024
- Koreksi ΔX_7 = ΔX_{78} - ($\Sigma\Delta X$. Bobot X P_7)
  = 6,72628 - (-0,20463 . -32,86973) = 0,000147

- Koreksi ΔX_8 = ΔX_{89} - ($\Sigma\Delta X$. Bobot X P_8)
  = -20,88005 - (-0,20463 . 102,03579) = -0,000466
- Koreksi ΔX_9 = ΔX_{91} - ($\Sigma\Delta X$. Bobot X P_9)
  = -11,91559 - (-0,20463 . 58,22861) = -0,000270

Mencari Nilai Koreksi ΔY

- Koreksi ΔY_1 = ΔY_{12} - ($\Sigma\Delta Y$. Bobot Y P_1)
  = -22,37557 - (-0,29105 . 76,87877) = 0,000685
- Koreksi ΔY_2 = ΔY_{23} - ($\Sigma\Delta Y$. Bobot Y P_2)
  = -10,03033 - (-0,29105 . 34,46257) = -0,000290
- Koreksi ΔY_3 = ΔY_{34} - ($\Sigma\Delta Y$. Bobot Y P_3)
  = -33,65769 - -(0,29105 . 115,64230) = -0,001106
- Koreksi ΔY_4 = ΔY_{45} - ($\Sigma\Delta Y$. Bobot Y P_4)
  = -6,64042 - (-0,29105 . 22,81539) = 0,000276
- Koreksi ΔY_5 = ΔY_{56} - ($\Sigma\Delta Y$. Bobot Y P_5)
  = -2,46320 - (-0,29105 . 8,46314) = -0,000334
- Koreksi ΔY_6 = ΔY_{67} - ($\Sigma\Delta Y$. Bobot Y P_6)
  = 27,98383 - (-0,29105 . -96,14785) = 0,000882
- Koreksi ΔY_7 = ΔY_{78} - ($\Sigma\Delta Y$. Bobot Y P_7)
  = 50,55450 - (-0,29105 . -173,69695) = 0,001537
- Koreksi ΔY_8 = ΔY_{89} - ($\Sigma\Delta Y$. Bobot Y P_8)
  = -2,24133 - (-0,29105 . 7,700840) = 0,000182
- Koreksi ΔY_9 = ΔY_{91} - ($\Sigma\Delta Y$. Bobot Y P_9)
  = -1,42085 - (-0,29105 . 4,88180) = 0,000091

Mencari Nilai Setelah Koreksi ΔX

- Setelah Koreksi ΔX_1 = ΔX_{12} + Koreksi ΔX_1
  = -22,37557 + 0,000685 = -5,32309
- Setelah Koreksi ΔX_2 = ΔX_{23} + Koreksi ΔX_2
  = -4,51580 + -0,000101 = -4,51590
- Setelah Koreksi ΔX_3 = ΔX_{34} + Koreksi ΔX_3
  = -9,59999 + -0,000211 = -9,60020
- Setelah Koreksi ΔX_4 = ΔX_{45} + Koreksi ΔX_4
  = 13,45009 + 0,000302 = 13,45039
- Setelah Koreksi ΔX_5 = ΔX_{56} + Koreksi ΔX_5
  = 30,90198 + 0,000683 = 30,90267
- Setelah Koreksi ΔX_6 = ΔX_{67} + Koreksi ΔX_6
  = 0,95141 + 0,000024 = 0,95143
- Setelah Koreksi ΔX_7 = ΔX_{78} + Koreksi ΔX_7
  = 6,72628 + 0,000147 = 6,72643
- Setelah Koreksi ΔX_8 = ΔX_{89} + Koreksi ΔX_8
  = -20,88005 + -0,000466 = -20,88052
- Setelah Koreksi ΔX_9 = ΔX_{91} + Koreksi ΔX_9
  = -11,91559 + -0,000270 = -11,91586

Mencari Nilai Setelah Koreksi ΔY

- Setelah Koreksi ΔY_1 = ΔY_{12} + Koreksi ΔY_1
  = -22,37557 + 0,000685 = -22,37488
- Setelah Koreksi ΔY_2 = ΔY_{23} + Koreksi ΔY_2
  = -10,03033 + -0,000290 = -10,03062
- Setelah Koreksi ΔY_3 = ΔY_{34} + Koreksi ΔY_3
  = -33,65769 + -0,001106 = -33,65880

- Setelah Koreksi ΔY_4 = ΔY_{45} + Koreksi ΔY_4
  = -6,64042 + 0,000276 = -6,64014
- Setelah Koreksi ΔY_5 = ΔY_{56} + Koreksi ΔY_5
  = -2,46320 + -0,000334 = -2,46353
- Setelah Koreksi ΔY_6 = ΔY_{67} + Koreksi ΔY_6
  = 27,98383 + 0,000882 = 27,98471
- Setelah Koreksi ΔY_7 = ΔY_{78} + Koreksi ΔY_7
  = 50,55450 + 0,001537 = 50,55603
- Setelah Koreksi ΔY_8 = ΔY_{89} + Koreksi ΔY_8
  = -2,24133 + 0,000182 = -2,24115
- Setelah Koreksi ΔY_9 = ΔY_{91} + Koreksi ΔY_9
  =-1,42085 + 0,000091 = -1,42076

C. Mencari Koordinat Dengan Metode Bowditch

TITIK 2

- $X_2 = X_1$ + Setelah Koreksi ΔX_1 = 786488 + -5,32309 = 786482,68
- $Y_2 = Y_1$ + Setelah Koreksi ΔY_1 = 9240746 + -22,37488 = 9240723,62

TITIK 3

- $X_3 = X_2$+ Setelah Koreksi ΔX_2 = 786482,68+ -4,51590 = 786478,16
- $Y_3 = Y_2$+ Setelah Koreksi ΔY_2 =9240723,62+ -10,03062= 9240713,59

TITIK 4

- $X_4 = X_3$+ Setelah Koreksi ΔX_3 = 786478,16+-9,60020 = 786468,56
- $Y_4 = Y_3$+ Setelah Koreksi ΔY_3=9240713,59+ -33,65880 = 9240679,94

TITIK 5

- $X_5 = X_4$+ Setelah Koreksi ΔX_4 = 786468,56+ 13,45039 = 786482,06
- $Y_5 = Y_4$+ Setelah Koreksi ΔY_4 = 9240679,94+ -6,64014 = 9240673,30

TITIK 6

- $X_6 = X_5$+ Setelah Koreksi ΔX_5 = 786482,06+ 30,90267 = 786512,97
- $Y_6 = Y_5$+ Setelah Koreksi ΔY_5 = 9240673,30+-2,46353 = 9240670,83

TITIK 7

- $X_7 = X_6$+ Setelah Koreksi ΔX_6 = 786512,97+ 0,95143 = 786513,92
- $Y_7 = Y_6$+ Setelah Koreksi ΔY_6 = 9240670,83+ 27,98471= 9240698,82

TITIK 8

- $X_8 = X_7$+ Setelah Koreksi ΔX_7 = 786513,92+ 6,72643 = 786520,64
- $Y_8 = Y_7$+ Setelah Koreksi ΔY_7 = 9240698,82+ 50,55603 = 9240749,37

TITIK 9

- $X_9 = X_8$+ Setelah Koreksi ΔX_8 = 786520,64+-20,88052 = 786499,76
- $Y_9 = Y_8$+ Setelah Koreksi ΔY_8 = 9240749,37+ -2,24115 = 9240747,13

CONTROL

- $X_1 = X_9$+ Setelah Koreksi ΔX_9 = 786499,76+-11,91586 = 786488
- $Y_1 = Y_9$+ Setelah Koreksi ΔY_9 = 9240747,13+ -1,42076 = 9240746

II. POLIGON TERTUTUP METODE TRANSIT

A. Syarat 1

$|\alpha_{akhir} - \alpha_{awal}| = \Sigma\beta - (n-2) \cdot 180° + f\beta$

$|96,8 – 96,8| = 1261,96667 – (9 – 2) \cdot 180° + f\beta$

$0 = 1,96667 + f\beta$

$f\beta = -1,96667$

Mencari β Koreksi :

- $\beta_1 = \beta_1 + (f\beta : 9) = 96{,}80000 + (-1{,}96667 : 9) = 96{,}58148$
- $\beta_2 = \beta_2 + (f\beta : 9) = 191{,}07500 + (-1{,}96667 : 9) = 190{,}85648$
- $\beta_3 = \beta_3 + (f\beta : 9) = 171{,}90000 + (-1{,}96667 : 9) = 171{,}68148$
- $\beta_4 = \beta_4 + (f\beta : 9) = 100{,}57500 + (-1{,}96667 : 9) = 100{,}35648$
- $\beta_5 = \beta_5 + (f\beta : 9) = 158{,}50000 + (-1{,}96667 : 9) = 158{,}28148$
- $\beta_6 = \beta_6 + (f\beta : 9) = 87{,}60833 + (-1{,}96667 : 9) = 87{,}38981$
- $\beta_7 = \beta_7 + (f\beta : 9) = 185{,}85000 + (-1{,}96667 : 9) = 185{,}63148$
- $\beta_8 = \beta_8 + (f\beta : 9) = 88{,}76667 + (-1{,}96667 : 9) = 88{,}54815$
- $\beta_9 = \beta_9 + (f\beta : 9) = 180{,}89167 + (-1{,}96667 : 9) = 180{,}67315$

Mencari α Koreksi :

- $\alpha_{12} = \alpha_{12} + \beta_1 = 96{,}80000 + 96{,}58148 = 193{,}38148$
- $\alpha_{23} = \alpha_{12} + \beta_2 = 193{,}38148 + 190{,}85648 - 180 = 204{,}23796$
- $\alpha_{34} = \alpha_{23} + \beta_3 = 204{,}23796 + 171{,}68148 - 180 = 195{,}91944$
- $\alpha_{45} = \alpha_{34} + \beta_4 = 195{,}91944 + 100{,}35648 - 180 = 116{,}27593$
- $\alpha_{56} = \alpha_{45} + \beta_5 = 116{,}2759 + 158{,}28148 - 180 = -94{,}55741$
- $\alpha_{67} = \alpha_{56} + \beta_6 = 94{,}55741 + 87{,}38981 - 180 = 1{,}94722$
- $\alpha_{78} = \alpha_{67} + \beta_7 = 1{,}94722 + 185{,}63148 - 180 = 7{,}57870$
- $\alpha_{89} = \alpha_{78} + \beta_8 = 7{,}57870 + 88{,}54815 - 180 = -83{,}87315$
- $\alpha_{91} = \alpha_{89} + \beta_9 = -83{,}87315 + 180{,}67315 - 180 = -83{,}20000$

B. Syarat 2

$\Sigma\Delta X = \Sigma d \text{ Sin } \alpha$

$\Sigma\Delta X$ = (23 . Sin 193,40333) + (11 . Sin 204,28167) + (35 . Sin 195,985) + (15 . Sin 116,36333) + (31 . Sin 94,66667) + (28 . Sin 2,07833) + (51 . Sin 7,73167) + (21 . Sin -83,698333) + (12 . Sin -83,00333)

$\Sigma\Delta X$ = -0,20463

$\Sigma\Delta Y = \Sigma d \text{ Cos } \alpha$

= (23 . Cos 193,40333) + (11 . Cos 204,28167) + (35 . Cos 195,985) + (15 . Sin 116,36333) + (31 . Cos 94,66667) + (28 . Cos 2,07833) + (51 . Cos 7,73167) + (21 . Cos -83,698333) + (12 . Cos -83,00333)

$\Sigma\Delta Y$ = -0,29105

Mencari Nilai Koreksi ΔX

- Koreksi ΔX_1 = (ΔX_{12} . $\Sigma\Delta X$) : d_1
  = (-9,59999 . -0,20463): 23 = 0,04736
- Koreksi ΔX_2 = (ΔX_{23} . $\Sigma\Delta X$) : d_2
  = (6,38807 . -0,09514) : 11 = 0,08401
- Koreksi ΔX_3 = (ΔX_{34} . $\Sigma\Delta X$) : d_3
  = (-9,59999 . -0,20463) : 35 = 0,05613
- Koreksi ΔX_4 = (ΔX_{45} . $\Sigma\Delta X$) : d_4
  = (13,45009 . -0,20463) : 15 = -0,18349
- Koreksi ΔX_5 = (ΔX_{56} . $\Sigma\Delta X$) : d_5
  = (30,90198 . -0,20463) : 31 = -0,20399
- Koreksi ΔX_6 = (ΔX_{67} . $\Sigma\Delta X$) : d_6
  = (0,95141 . -0,20463) : 28 = -0,00695
- Koreksi ΔX_7 = (ΔX_{78} . $\Sigma\Delta X$) : d_7

$= (6{,}72628 \,.\, -0{,}20463) : 51 \qquad = -0{,}02699$

- Koreksi ΔX_8 $= (\Delta X_{89} \,.\, \Sigma\Delta X) : d_8$

  $= (-20{,}88005 \,.\, -0{,}20463) : 21 \qquad = 0{,}20347$

- Koreksi ΔX_9 $= (\Delta X_{91} \,.\, \Sigma\Delta X) : d_9$

  $= (-11{,}91559 \,.\, -0{,}20463) : 12 \qquad = 0{,}20320$

<u>Mencari Nilai Koreksi ΔY</u>

- Koreksi ΔY_1 $= (\Delta Y_{12} \,.\, \Sigma\Delta Y) : d_1$

  $= (-22{,}37557 \,.\, -0{,}29105) : 23 \qquad = 0{,}28315$

- Koreksi ΔY_2 $= (\Delta Y_{23} \,.\, \Sigma\Delta Y) : d_2$

  $= (-10{,}03033 \,.\, -0{,}29105) : 11 \qquad = 0{,}26540$

- Koreksi ΔY_3 $= (\Delta Y_{34} \,.\, \Sigma\Delta Y) : d_3$

  $= (-33{,}65769 \,.\, -0{,}29105) : 35 \qquad = 0{,}27989$

- Koreksi ΔY_4 $= (\Delta Y_{45} \,.\, \Sigma\Delta Y) : d_4$

  $= (-6{,}64042 \,.\, -0{,}29105) : 15 \qquad = 0{,}12885$

- Koreksi ΔY_5 $= (\Delta Y_{56} \,.\, \Sigma\Delta Y) : d_5$

  $= (-2{,}46320 \,.\, -0{,}29105) : 31 \qquad = 0{,}02313$

- Koreksi ΔY_6 $= (\Delta Y_{67} \,.\, \Sigma\Delta Y) : d_6$

  $= (27{,}98383 \,.\, -0{,}29105) : 28 \qquad = -0{,}29089$

- Koreksi ΔY_7 $= (\Delta Y_{78} \,.\, \Sigma\Delta Y) : d_7$

  $= (50{,}55450 \,.\, -0{,}29105) : 51 \qquad = -0{,}28851$

- Koreksi ΔY_8 $= (\Delta Y_{89} \,.\, \Sigma\Delta Y) : d_8$

  $= (-2{,}24133 \,.\, -0{,}29105) : 21 \qquad = 0.03106$

- Koreksi ΔY_9 $= (\Delta Y_{91} \,.\, \Sigma\Delta Y) : d_9$

  $= (-1{,}42085 \,.\, -0{,}29105) : 12 \qquad = 0{,}03446$

Mencari Nilai Setelah Koreksi ΔX

- Setelah Koreksi ΔX_1 = ΔX_{12} + Koreksi ΔX_1
  = -9,59999 + 0,04736 = -5,27561
- Setelah Koreksi ΔX_2 = ΔX_{23} + Koreksi ΔX_2
  = 6,38807 + 0,08401 = -4,43179
- Setelah Koreksi ΔX_3 = ΔX_{34} + Koreksi ΔX_3
  = -9,59999 + 0,05613 = -9,54386
- Setelah Koreksi ΔX_4 = ΔX_{45} + Koreksi ΔX_4
  = 13,45009 + -0,18349 = 13,26660
- Setelah Koreksi ΔX_5 = ΔX_{56} + Koreksi ΔX_5
  = 30,90198 + -0,20399 = 30,69800
- Setelah Koreksi ΔX_6 = ΔX_{67} + Koreksi ΔX_6
  = 0,95141 + -0,00695 = 0,94445
- Setelah Koreksi ΔX_7 = ΔX_{78} + Koreksi ΔX_7
  = 6,72628 + -0,02699 = 6,69929
- Setelah Koreksi ΔX_8 = ΔX_{89} + Koreksi ΔX_8
  = -20,88005 + 0,20347 = -20,67658
- Setelah Koreksi ΔX_9 = ΔX_{91} + Koreksi ΔX_9
  = -11,91559 + 0,20320 = -11,71239

Mencari Nilai Setelah Koreksi ΔY

- Setelah Koreksi ΔY_1 = ΔY_{12} + Koreksi ΔY_1
  = -22,37557 + 0,28315 = -22,09241
- Setelah Koreksi ΔY_2 = ΔY_{23} + Koreksi ΔY_2
  = -10,03033 + 0,26540 = -9,76493
- Setelah Koreksi ΔY_3 = ΔY_{34} + Koreksi ΔY_3
  = -33,65769 + 0,27989 = -33,37780

- Setelah Koreksi ΔY_4 = ΔY_{45} + Koreksi ΔY_4
  = -6,64042 + 0,12885 = -6,51157
- Setelah Koreksi ΔY_5 = ΔY_{56} + Koreksi ΔY_5
  = -2,46320 + 0,02313 = -2,44007
- Setelah Koreksi ΔY_6 = ΔY_{67} + Koreksi ΔY_6
  = 27,98383 + -0,29089 = 27,69295
- Setelah Koreksi ΔY_7 = ΔY_{78} + Koreksi ΔY_7
  = 50,55450 + -0,28851 = 50,26598
- Setelah Koreksi ΔY_8 = ΔY_{89} + Koreksi ΔY_8
  = -2,24133 + 0.03106 = -2,21027
- Setelah Koreksi ΔY_9 = ΔY_{91} + Koreksi ΔY_9
  = -1,42085 + 0,03446 = -1,38639

C. Mencari Koordinat Dengan Metode Transit

TITIK 2

- $X_2 = X_1$ + Setelah Koreksi ΔX_1 = 786488 + -5,27561 = 786482,22
- $Y_2 = Y_1$ + Setelah Koreksi ΔY_1 = 9240746 + -22,09241 = 9240723,91

TITIK 3

- $X_3 = X_2$+ Setelah Koreksi ΔX_2 = 786482,22 + -4,43179 = 786472,29
- $Y_3 = Y_2$+ Setelah Koreksi ΔY_2 = 9240723,91 + -9,76493 =9240714,14

TITIK 4

- $X_4 = X_3$+ Setelah Koreksi ΔX_3 = 786472,29 + -9,54386 = 786468,75
- $Y_4 = Y_3$+ Setelah Koreksi ΔY_3 = 9240714,14+ -33,37780= 9240680,76

TITIK 5

- $X_5 = X_4$+ Setelah Koreksi ΔX_4 = 786468,75 + 13,26660 =786482,02
- $Y_5 = Y_4$+ Setelah Koreksi ΔY_4 = 9240680,76 + -6,51157 =9240674,25

TITIK 6

- $X_6 = X_5$+ Setelah Koreksi ΔX_5 = 786482,02 + 30,69800 =786512,71
- $Y_6 = Y_5$+ Setelah Koreksi ΔY_5 = 9240674,25 +-2,44007 = 9240671,81

TITIK 7

- $X_7 = X_6$+ Setelah Koreksi ΔX_6 = 786512,71 + 0,94445 =786513,66
- $Y_7 = Y_6$+ Setelah Koreksi ΔY_6 = 9240671,81+ 27,69295 =9240699,51

TITIK 8

- $X_8 = X_7$+ Setelah Koreksi ΔX_7 = 786513,66+ 6,69929 =786520,36
- $Y_8 = Y_7$+ Setelah Koreksi ΔY_7 = 9240699,51+ 50,26598 =9240749,77

TITIK 9

- $X_9 = X_8$+ Setelah Koreksi ΔX_8 = 786520,36+-20,67658 =786499,68
- $Y_9 = Y_8$+ Setelah Koreksi ΔY_8 = 9240749,77+ -2,21027 =9240747,56

CONTROL

- $X_1 = X_9$+ Setelah Koreksi ΔX_9 = 786499,68+-11,71239 =786488
- $Y_1 = Y_9$+ Setelah Koreksi ΔY_9 =9240747,56+ -1,38639 =9240746

III. LUAS POLIGON TERTUTUP METODE SARRUS

Diketahui :	X1 = 786488	Y1 = 9240746
	X2 = 786482,68	Y2 = 9240723,62
	X3 = 786478,16	Y3 = 9240713,59
	X4 = 786468,56	Y4 = 9240679,94
	X5 = 789482,06	Y5 = 9240673,30
	X6 = 786512,97	Y6 = 9240670,83
	X7 = 786513,92	Y7 = 9240698,82
	X8 = 786520,64	Y8 = 9240749,37
	X9 = 786499,76	Y9 = 9240747,13
	X1’ = 786488	Y1’ = 9240746

Ditanyakan : Luas Poligon Tertutup ?

Penyelesaian :

X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X1

Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 Y7 Y8 Y9 Y1

$$2L_{123456789} = \left| \sum X_n \cdot Y_{n+1} \right| - \left| \sum X_n \cdot Y_{n+1} \right|$$

$$= \left| (X1.Y2) + (X2.Y3) + (X3.Y4) + (X4.Y5) + (X5.Y6) + (X6.Y7) + (X7.Y8) + (X8.Y9) + (X9.Y1) \right| - \left| (Y1.X2) + (Y2.X3) + (Y3.X4) + (Y4.X5) + (Y5.X6) + (Y6.X7) + (Y7.X8) + (Y8.X9) + (Y9.X1) \right|$$

$$= \left| (786488 \cdot 9240723{,}62) + (786482{,}68 \cdot 9240713{,}59) + (786478{,}16 \cdot 9240679{,}94) + (786468{,}56 \cdot 9240673{,}30) + (786482{,}06 \cdot 9240670{,}83) + (786512{,}97 \cdot 9240698{,}82) + (786513{,}92 \cdot 9240749{,}37) + (786520{,}64 \cdot 9240747{,}13) + (786499{,}76 \cdot 9240746) \right| - \left| (9240746 \cdot 786482{,}68) + (9240723{,}62 \cdot 786478{,}16) + (9240713{,}59 \cdot 786468{,}56) + (9240679{,}94 \cdot 786482{,}06) + (9240673{,}30 \cdot 786512{,}97) + (9240670{,}83 \cdot 786513{,}92) + (9240698{,}82 \cdot 786520{,}64) + (9240749{,}37 \cdot 786499{,}76) + (9240747{,}13 \cdot 786488) \right|$$

$$= \left| 7{,}26772 \cdot 10^{12} + 7{,}26766 \cdot 10^{12} + 7{,}26759 \cdot 10^{12} + 7{,}26749 \cdot 10^{12} + 7{,}26762 \cdot 10^{12} + 7{,}26793 \cdot 10^{12} + 7{,}26798 \cdot 10^{12} + 7{,}26804 \cdot 10^{12} + 7{,}26784 \cdot 10^{12} \right| - \left| 7{,}26769 \cdot 10^{12} + 7{,}26763 \cdot 10^{12} + 7{,}26753 \cdot 10^{12} + 7{,}26763 \cdot 10^{12} + 7{,}26791 \cdot 10^{12} + 7{,}26792 \cdot 10^{12} + 7{,}26800 \cdot 10^{12} + 7{,}26785 \cdot 10^{12} + 7{,}26774 \cdot 10^{12} \right|$$

$= \quad 1{,}3082169 \,.\, 10^{13} \quad - \quad 1{,}3082168994307 \,.\, 10^{13}$

$= \quad 5693$

$L_{123456789} = (5693) / 2$

$= 2846{,}5 \text{ m}^2$

Jadi Luas poligon tersebut adalah 2846,5 m^2

Tabel 24. Formulir pengukuran poligon 1

PENGUKURAN POLIGON

Laboratorium Ilmu Ukur Tanah Jurusan Teknik Bangunan				No.Lembar	dari
Pengukuran	Poligon Tertutup			Cuaca	Mendung
Lokasi	Gedung Olah Raga			Alat Ukur	T.0 Wild
Diukur Oleh	Kelompok 8	Tanggal		Instruktur	

Titik Ukur		Biasa / luar Biasa	Tinggi Alat/ Patok	Bacaan Sudut Horizontal			Benang		Benang Benang			Jarak (m)		Ket
							Tengah	Atas						
Dari	Ke			o	'	''		Bawah	o	'	''	Miring	Datar	

Sketsa :

Tabel 25. Formulir pengukuran poligon 2

PENGUKURAN POLIGON

Laboratorium Ilmu Ukur Tanah Jurusan Teknik Bangunan				No.Lembar	dari
Pengukuran	Poligon Tertutup			Cuaca	Mendung
Lokasi	Gedung Olah Raga			Alat Ukur	T.0 Wild
Diukur Oleh	Kelompok 8	Tanggal		Instruktur	

Titik Ukur		Biasa / luar Biasa	Tinggi Alat/ Patok	Bacaan Sudut Horizontal			Benang		Benang Benang			Jarak (m)		Ket
							Tengah	Atas						
Dari	Ke			o	'	''		Bawah	o	'	''	Miring	Datar	
6	7	B_1		92	54	00						28		
		LB_1		92	52	00								
6	5	B_2		180	1	00						31		
		LB_2		180	58	00								
7	8	B_1		88	54	00						51		
		LB_1		88	52	00								
7	6	B_2		263	18	00						28		
		LB_2		262	46	00								
8	9	B_1		182	43	00						21		
		LB_1		182	20	00								
8	7	B_2		271	24	00						51		
		LB_2		271	11	00								
9	1	B_1		172	29	00						12		
		LB_1		172	40	00								
9	8	B_2		6	26	30						21		
		LB_2		6	26	30								

Sketsa :

Tabel 26. Formulir pengukuran polygon 3

PENGUKURAN POLIGON

Laboratorium Ilmu Ukur Tanah Jurusan Teknik Bangunan				No.Lembar	dari
Pengukuran	Poligon Tertutup			Cuaca	Mendung
Lokasi	Gedung Olah Raga			Alat Ukur	T.0 Wild
Diukur Oleh	Kelompok 8	Tanggal		Instruktur	

Titik Ukur		Biasa / luar Biasa	Tinggi Alat/ Patok	Bacaan Sudut Horizontal			Benang		Benang Benang			Jarak (m)		Ket
							Tengah	Atas						
Dari	Ke			o	'	''		Bawah	o	'	''	Miring	Datar	
1	2	B_1		268	11	00						23		
		LB_1		268	13	00								
1	9	B_2		5	00	00						12		
		LB_2		5	00	00								
2	3	B_1		251	45	00						11		
		LB_1		251	49	00								
2	1	B_2		85	20	00						23		
		LB_2		80	23	00								
3	4	B_1		263	11	00						35		
		LB_1		263	11	00								
3	2	B_2		75	5	00						11		
		LB_2		75	5	00								
4	5	B_1		344	7	00						15		
		LB_1		344	6	00								
4	3	B_2		84	42	00						35		
		LB_2		84	40	00								
5	6	B_1		357	14	00						31		
		LB_1		357	12	00								
5	4	B_2		155	28	00						15		
		LB_2		155	58	00								

Sketsa :

Gambar 274. Situasi titik-titik KDH polygon tertutup metode transit

Gambar 275. Situasi titik-titik KDH polygon tertutup metode bowditch

Gambar 276. Situasi lapangan metode transit

Gambar 277. Situasi lapangan metode bowditch

Gambar 278. Model diagram alir pengukuran kerangka dasar horizontal metode poligon

RANGKUMAN

Berdasarkan uraian materi bab 10 mengenai pengukuran poligon kerangka dasar horisontal, maka dapat disimpulkan sebagi berikut:

1. Kerangka dasar horizontal adalah sejumlah titik yang telah diketahui koordinatnya dalam suatu sistem koordinat tertentu. Tujuan pengukuran ini ialah untuk mendapatkan hubungan mendatar titik-titik yang diukur di atas permukaan bumi.

2. Cara menentukan koordinat titik-titik KDH yang diukur :
   a. Menentukan koordinat satu titik yaitu suatu pengukuran untuk suatu wilayah yang sempit, cara ini terbagi menjadi dua metode yaitu : pengikatan kemuka dan pengikatan kebelakang.
   b. Menentukan koordinat beberapa titik yang terdiri dari beberapa metode, yaitu : Cara poligon, Cara triangulasi, Cara trilaterasi dan Cara Kwadrilateral.

3. Poligon adalah serangkaian garis berurutan yang panjang dan arahnya telah ditentukan dari pengukuran di lapangan. Sedangkan metode poligon adalah salah satu cara penentuan posisi horizontal banyak titik dimana titik satu dengan lainnya dihubungkan satu sama lain dengan pengukuran sudut dan jarak sehingga membentuk rangkaian titik-titik (poligon).

4. Syarat pengukuran poligon adalah :
   a) Mempunyai koordinat awal dan akhir,
   b) Mempunyai azimuth awal dan akhir

5. Tujuan Pengukuran poligon yaitu untuk menetapkan koordinat titik-titik sudut yang diukur.

6. Jenis – jenis pengukuran poligon dapat ditinjau dari bentuk fisik visualnya dan dari geometriknya.

7. Peralatan yang digunakan dalam pengukuran poligon : Pesawat Theodolite, Statif, Unting-Unting, Patok, Rambu Ukur, Payung, Meja lapangan (meja dada),Pita Ukur (meteran). Bahan yang digunakan dalam pengukuran poligon: Formulir Ukur, Peta wilayah study, Cat dan koas, Alat tulis, Benang dan Paku.

8. Sebelum melakukan pengukuran, sebaiknya prosedur penggunaan alat, dan prosedur pengukuran dipahami terlebih dahulu. Dalam pengolahan

data dan penggambaran poligon KDH bias dilakukan secara manual atau digital.

SOAL LATIHAN

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini !

1. Jelaskan pengertian dan tujuan pengukuran poligom kerangka dasar horizontal!
2. Apa kegunaan dari pengukuran poligon?
3. Apa yag dimaksud dengan theodolit reiterasi dan theodolite repetisi dan apa perbedaannya?
4. Bagaimana cara mengatur nivo tabung agar ketengah?
5. Diketahui : Data hasil Pengukuran Poligon Tertutup dengan titik Poligon 1 **(716,50 ; 826,25)** dan α_{12} **= 81°01D01DD' = 81,016944**

Sudut	Bacaan Sudut			Bacaan Sudut	Jarak (m)	
	°	D'	DD'	Desimal		
β_1	73	58	59	73,983056	d_1	75,6
β_2	198	0	01	198,00027	d_2	69,2
β_3	88	58	02	88,96722	d_3	64,9
β_4	121	01	59	121,03306	d_4	79,7
β_5	128	59	01	128,98361	d_5	80,6
β_6	108	0	58	108,01611	d_6	100,3

Ditanyakan : Koordinat titik P_2, P_3, P_4, P_5, dan P_6 dengan Metode Bowditch dan Metode Transit, serta cari luas Poligon Tertutup dengan Metode Sarrus ?

11. Perhitungan Luas

Perhitungan dan informasi luas merupakan salah satu informasi yang dibutuhkan perencana dari hasil pengukuran lapangan. Pengukuran luas ini dipergunakan untuk berbagai kepentingan, yaitu hukum pertanahan, perubahan status hukum tanah, pajak bumi dan lain sebagainya.

11.1 Metode-metode pengukuran

Luas adalah jumlah area yang terproyeksi pada bidang horizontal dan dikelilingi oleh garis-garis batas. Pekerjaan pengukuran luas secara kasaran dapat diklasifikasikan menjadi pekerjaan studio dan pekerjaan lapangan.

Suatu luas dapat dihitung dengan mengukur kertas hasil penggambaran dengan garis-garis batas yang diukur dilapangan atau dapat juga diketahui dengan perhitungan koordinat titik-titik potong garis batas. Untuk mengukur luas terdapat berbagai macam instrumen dan akhir-akhir ini dikembangkan metode dimana koordinat-koordinat dari titik potong garis batas. Untuk mengukur luas terdapat berbagai macam instrumen dan akhir-akhir ini dikembangkan metode dimana koordinat-koordinat dari titik potong batas dari gambar dimasukkan dengan menggunakan plotter x-y untuk menghitung luas dengan mini komputer. Metode pengukuran luas ada dua macam :

a. Diukur pada gambar situasi
b. Dihitung dengan menggunakan data jarak dan sudut yang langsung diperoleh dari pengukuran di lapangan.

Luas yang diukur pada gambar situasi disebut *pengukuran tak langsung,* karena luas diperoleh secara tak langsung dengan menggunakan instrumen dan gambar situasi.

Luas yang dihitung dengan menggunakan data jarak dan sudut yang langsung diperoleh dari pengukuran dilapangan disebut *pengukuran langsung*, karena luas diperoleh secara langsung tanpa gambar dengan melakukan pengukuran yang dibutuhkan untuk menghitung luas dilapangan.

Metode pengukuran langsung lebih tinggi ketelitiannya bila dibandingkan dengan pengukuran tak langsung karena lapangan besarnya skala gambar, harga yang diperoleh dari gambar selalu kurang teliti dibandingkan dengan harga dari pengukuran dilapangan.

Selain itu, perhitungan luas dapat dilakukan secara numeris analog, mekanis planimetris dan numeris digital. Perhitungan luas secara numeris analog menggunakan Metode

Sarrus, yaitu menggunakan koordinat-koordinat titik batas sebagai masukan untuk perhitungan luas. Bentuk daerah yang dihitung luas daerahnya dengan metode sarrus ini haruslah beraturan dengan segmen garis yang jelas.

Perhitungan luas secara mekanis planimetris menggunakan suatu alat serupa *pantograph* (dibentuk dari dua buah mistar penggaris) yang dinamakan alat planimeter. Alat planimeter ini dilengkapi dengan suatu alat penunjuk angka yang dapat berputar ketika posisi mistar-mistar planimeter ini bergerak. Perhitungan luas dengan planimeter ini harus dilengkapi pula dengan skala peta beserta penetapan titik awal perhitungan luas. Bentuk daerah yang akan dihitung luasnya dengan alat planimetris ini harus sudah disajikan dalam bentuk peta dengan skala tertentu dan bentuknya dapat tidak beraturan.

Perhitungan luas secara numeris digital menggunakan bantuan perangkat lunak CAD (Computer Aided Design) dan perangkat keras komputer. Daerah yang akan dihitung luasnya harus sudah dimasukan ke dalam bentuk digital melalui papan ketik (keyboard), digitizer (alat digitasi) atau scanner. Koordinat batas-batas daerah yang akan masuk ke dalam memori komputer dan diolah secara digital ini dapat berbentuk beraturan dengan jumlah segmen terbatas atau tidak beraturan dengan jumlah segmen banyak serta berjarak kecil-kecil.

Perhitungan luas metode numeris digital relatif lebih disukai dan lebih unggul dibandingkan metode numeris analog dan metode mekanis planimetris. Tingkat akurasi dan keamanan penyimpanan data pada numeris digital merupakan salah satu keunggulan dibandingkan metode numeris analog dan metode planimetris.

11.1.1 Penentuan luas

Yang dimaksud luas suatu daerah disini adalah proyeksi luas diatas permukaan bumi pada bidang mendatar yang dikelilingi oleh garis-garis batas.

Tergantung dari cara pengukuran dan ketelitian yang dikehendaki penentuan dapat dilakukan dengan cara-cara antara lain :

a) Dengan mengunakan angka-angka koordinat.
b) Dengan cara grafis.
c) Dengan cara setengah grafis.

11.1.2 Metode pengukuran luas

a. Metode diagonal dan tegak lurus

Gambar 279. metode diagonal dan tegak lurus

Bila pada suatu segitiga dasarnya = c, tingginya = h dan luasnya = s, maka

$$s = \frac{1}{2}cb$$

Apabila sudut A antara sisi b dan c diketahui, maka :

$$s = \frac{1}{2}ch\sin A$$

b. Metode pembagian segitiga

Bila sisi suatu segitiga adalah a, b, c maka luasnya adalah :

$$s = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$,dimana

$$s = \frac{1}{2}(a+b+c)$$

Metode pembagian segitiga digunakan sebagai metode lapangan dan dalam hal ini sering digunakan perhitungan logaritmis sebagai berikut :

2 log s = log s + log (s-a) + log (s-b) + log (s-c)

Contoh Soal

Bila pada suatu segitiga panjang sisi-sisinya adalah 20, 15 dan 18, maka:

$$s = \frac{1}{2}(a+b+c) = 26{,}5 \ \ m$$

$$s - a = 6{,}5m$$
$$s - b = 11{,}5m$$
$$s - c = 8{,}5m$$

2 log s = 1,432+ 0,8129+ 1,0607+ 0,9294

= 4,226

Log s = 2,1131

s = 129,76 m^2

c. Metode trapesium

Bila batas atas dan batas bawah trapesium masing-masing adalah b_1 dan b_2 tingginya (h) dan panjang garis lurus yang menghubungkan titik tengah kedua sisi (b_1), maka luasnya adalah :

S = $\frac{1}{2}b_1h + \frac{1}{2}b_2h$ = $\frac{1}{2}h(b_1+b_2)$ = *bh*

Dimana $b = \frac{b_1+b_2}{2}$

Gambar 280. metode trapesium

d. Metode offset

Metode ini sering digunakan baik di lapangan maupun di studio. Dalam metode ini, panjang-panjang offset dari suatu garis lurus tertentu diukur dan areal-areal yang dibatasi masing-masing offset dihitung sebagai trapesium.

Offset dengan intervalnya tidak tetap :

Pada gambar berikut terdapat offset-offset y_1, y_2, y_3, y_4 dan y_5 dan intervalnya masing-masing adalah d_1, d_2, d_3 dan d_4. Untuk

menyederhanakannya ditentukan $S_1 = d_1$, $S_2 = d_1 + d_2$, $S_3 = d_2 + d_3$, $S_4 = d_3 + d_4$, $S_5 = d_4$.

Hal ini bisa ditulis sebagai persamaan umum berikut :

$$A = \frac{1}{2}(S_1 y_1 + S_2 y_2 + S_3 y_3 + ... + S_n y_n)$$

Gambar 281. offset dengan interval tidak tetap

Offset dengan interval yang sama :

Metode ini sering digunakan untuk mengukur panjang sisi pada gambar. Disini $d_1 = d_2 = d_3 = d_4$, jadi :

$$A = \frac{d}{2}\{(y_1 + y_2) + 2y_2 + 2y_3 + 2y_4\}$$

$$A = d\left\{\frac{y_1 + y_2}{2} + y_2 + y_3 + y_4\right\}$$

Persamaan umumnya menjadi :

$$A = d\left\{\frac{y_1 + y_2}{2} + y_2 + y_3 ..... + y_{n-1}\right\}$$

e. Metode offset pusat

Seperti yang tertera pada gambar berikut, apabila offset dapat ditempatkan pada titik-titik pusat, perhitungannya menjadi mudah.

$$A = lh_1 + lh_2 + lh_3 + lh_4 ..... + lh_9$$

$$= l(h_1 + h_2 + h_3 ..... + h_9$$

$$= l\sum_{i=1}^{i=n} h_1$$

Gambar 282. offset sentral

f. Metoda simpson

Metoda simpson digunakan dalam keadaan apabila batasnya merupakan lengkung yang merata.

Gambar 283. metoda simpson

Offset ditempatkan pada interval yang sama. Biasanya perhitungan dibuat dengan menganggap lengkung sebagai parabola. Dengan anggapan ini terdapat cara-cara sebagai berikut :

Cara 1/3 Simpson,

Maksud dari 1/3 simpson adalah 2 bagian yang dianggap 1 set.

Luas A1 = (trapesium abcd + parabola cde)

$$= 21x\left(\frac{y_0 + y_1}{2}\right) + \frac{2}{3}\left(y_1 - \frac{y_0 + y_2}{2}\right)x21$$

$$= \frac{1}{3}\{3(y_0 + y_2) + 4y_1 - 2y_0 - 2y_2\}$$

$$= \frac{1}{3}(y_0 + 4y_1 + y_2)$$

Apabila terdapat banyak offset, secara umum luas total A adalah

$$\frac{1}{3}\{y_0 + y_n + 4(y_2 + y_4 + y_6 ... + y_{n-1}) + 2(y_3 + y_5 ... + y_{n-2})\}$$

Cara 3/8 Simpson,

Maksud dari 3/8 simpson adalah tiga bagian dianggap satu set.

Pada gambar berikut ini, luas A1 adalah :

A1 = (trapesium abcd) + (parabola cdf)

Gambar 284. metoda 3/8 simpson

Sehingga luas Ai dapat diperoleh melalui penurunan persamaan berikut ini :

$$= \left(31x\frac{y_0 + y_3}{2}\right) + \frac{3}{4}\left(\frac{y_1 + y_2}{2} - \frac{y_0 + y_3}{2}\right)31$$

$$= \frac{3}{8}1\{4(y_0 + y_3) + 5(y_1 + y_2 - y_0 - y_3)\}$$

$$= \frac{3}{8}1(y_0 + 3y_2 + y_3)$$

Apabila n bukan merupakan kelipatan, bagian terakhir dihitung dengan cara pertama Simpson atau dengan metode trapesium.

g. Metode jarak meridian ganda

Untuk mengetahui luas bentuk jaring-jaring polygon (jaring-jaring tertutup), digunakan dua kali panjang garis-garis tegak lurus dari titik tengah masing-masing garis pengukuran ke garis batas (axis ordinat) yaitu garis bujur ganda. Metode inilah yang dinamakan metode jarak meridian ganda.

Luas polygon merupakan ∑ {(garis lintang tiap garis pengukuran) x (garis bujur garis pengukuran)}.

∑ merupakan jumlah aljabar harga-harga perkalian garis lintang dan garis bujur garis pengukuran dengan tanda yang diubah. Untuk mempermudah perhitungan, maka bagian kiri dan kanan dari persamaan tersebut dikali dua.

Luas ganda polygon = ∑ {(garis lintang tiap garis pengukuran) x (garis bujur ganda garis pengukuran)}. Dalam hal ini biasanya garis lintang ke arah N dihitung dengan tanda plus dan ke arah S dengan tanda minus.

Gambar 285. garis bujur ganda pada polig+on metode koordinat tegak lurus

Contoh Soal

Berdasarkan gambar di atas diperoleh data seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 27. Contoh perhitungan garis bujur ganda

Garis Pengukuran	Garis Lintang (m)	Simpang Timur (m)	Garis Bujur Ganda (m)
AB	+32,38	+16,28	16,28
BC	+8,21	+33,21	65,77
CD	-16,93	+14,95	113,93
DE	-21,12	-6,33	122,55
EF	-35,06	-18,75	97,47
FG	-11,22	-29,46	49,26
GA	+43,74	-9,90	9,90

Hitunglah luas daerah tersebut dengan metoda garis bujur ganda.

Penyelesaian :

Luas Ganda (+) = 1500,144

Luas Ganda (-) = - 8487,086

Sehingga luas sesungguhnya,

A = (8487,086 - 1500,144) : 2 = 3493,471 m^2

h. Menghitung luas dengan koordinat tegak lurus

Gambar 286. metode koordinat tegak lurus

Seperti tertera pada gambar 286, garis-garis tegak lurus digambarkan dari masing-masing titik pengukuran ke sumbu X. Apabila koordinat masing-masing titik diketahui (lihat gambar), luas total S adalah :

$$S = (ABB_1A_1) + (BCC_1B_1) + (CDD_1C_1) - (AEC_1A_1) - (EDE_1C_1).$$

$$S = \frac{1}{2}\left\{\begin{array}{l}(x_2 - x_1)(y_2 + y_1) + (x_3 - x_2)(y_3 + y_2) \\ + (x_4 - x_3)(y_4 + y_3) - (x_5 - x_1)(y_5 + y_1) \\ - (x_4 - x_5)(y_4 + y_5)\end{array}\right\}$$

$$= \frac{1}{2}\left(\begin{array}{l}x_2y_1 - x_1y_2 + x_3y_2 - x_2y_3 + x_4y_3 - x_3y_4 + x_5y_4 \\ - x_4y_5 + x_1y_5 - x_5y_1\end{array}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left\{\begin{array}{l}x_1(y_5 - y_2) + x_2(y_1 - y_3) + x_3(y_2 - y_4) \\ + x_4(y_3 - y_5) + x_5(y_4 - y_1)\end{array}\right\}$$

Apabila garis-garis tegak lurusnya digambarkan terhadap sumbu y dari masing-masing titik pengukuran, maka :

$$S = \frac{1}{2}\left\{\begin{array}{l}y_1(x_2 - x_5) + y_2(x_3 - x_1) + y_3(x_4 - x_2) \\ + y_4(x_5 - x_3) + y_5(x_1 - x_4)\end{array}\right\}$$

Persamaan umumnya menjadi :

$$S = \frac{1}{2}\sum_{n=1,2,..}(X_n + Y_{n+1})(Y_n - Y_{n+1})$$

$$atau\ \frac{1}{2}\sum_{n=1,2,...}(Y_{n+1} - Y_n)(X_n + X_{n+1})$$

$$atau\ \frac{1}{2}\sum_{n=1,2,...}(X_n \cdot Y_{n+1} - X_{n+1} \cdot Y_n)$$

Persamaan manapun dapat dipakai dan karena luas suatu areal itu selalu positif, apabila hasilnya ternyata negatif dapat dianggap sebagai positif (jadi diambil harga mutlaknya).

i. Metode kisi-kisi

Pada lembar kertas kalkir atau plastik transparan digambarkan garis-garis memanjang dan melintang (kisi-kisi) pada interval tertentu dan ditempatkan di atas

gambar untuk menghitung jumlah petakan yang berada di dalam garis-garis batas. Apabila garis batas memotong petakan-petakan maka bagian-bagiannya harus dibaca secara proposional.

Gambar 287. metode kisi-kisi

j. Metode lajur

Pada lembar kertas kalkir atau plastik transparan digambarkan garis-garis dengan interval tertentu d dan kemudian ditempatkan di atas gambar yang diukur luasnya untuk menghitung panjang garis tengah (*l*) dari pada masing-masing lajur yang dikelilingi garis-garis batas. Luas tiap jalur adalah dl, jadi luas total adalah jumlah dari masing-masing luas.

Gambar 288. metode lajur

k. Metode pengukuran luas dengan planimeter

Planimeter adalah instrumen pengukuran luas yang dilengkapi dengan ujung pelacak untuk mengukur luas suatu areal pada peta. Adapun caranya adalah dengan menelusuri garis batas areal tersebut dengan ujung pelacak instrumen tersebut. Pada instrumen tersebut terdapat sebuah roda yang dapat berputar bersamaan dengan gerakan dari ujung pelacak. Dari jumlah putaran yang diperoleh dikalikan dengan konstanta tertentu, maka dengan mudah dapat diketahui luas areal tersebut.

Planimeter yang pada saat ini banyak digunakan adalah planimeter tipe kutub. Instrumen tipe ini mempunyai ujung jarum tetap dan tangkai pelacak yang dilengkapi dengan ujung pelacak yang berfungsi memindahkan gerakan ujung pelacak ke sebuah roda di ujung lainnya. Gerakannya dibaca pada suatu cakra dan gerakan halus yang lebih kecil dari satu graduasi roda dibaca pada suatu vernir (V1). Roda dapat diusahakan bergerak lambat dengan menggunakan sekrup gerak lambat. Apabila klem-klemnya dikendorkan akan menggelincir pada tangkai pelacak dan dapat dicocokan ke posisi yang diinginkan.

Posisi vernir lainnya (V2) ditentukan sesuai dengan skala gambar, guna menentukan konstanta pengali untuk satu putaran roda.

Ujung lain dari tangkai jarum dengan ujung jarum tetap dihubungkan oleh suatu poros dengan ujung roda yang terjauh dan membentuk ujung tetap yang dapat berputar bebas sesuai dengan gerakan ujung pelacak.

Harga planimeter kutub relatif murah dan kebanyakan mencakup 5 sampai 10 mm^2 dengan pembacaan minimum satu (1 graduasi vernir). Ada juga planimeter kutub ganda yang sering digunakan untuk menghitung luas potongan melintang dan planimeter tepi piringan yang mahal yang kualitasnya agak lebih baik dan pembacaan minimum 2 – 5 mm^2.

Macam-macam Planimeter,

Planimeter di lapangan terbagi atas dua macam, yaitu : (1) Planimeter *Fixed Index Model* (Model Tetap), (2) Planimeter *Sliding Bar Model* (Model disetel).

1. Planimeter *Fixed Index Model* (Model Tetap).

Planimeter *fixed index model* merupakan planimeter yang tracer larmnya tidak dapat disetel, juga pembacaan pada tracer arm tidak ada. Konstruksi dari model ini terdiri dari :

a. Planimeter yang dilengkapi zero setting.
b. Planimeter yang tidak dilengkapi dengan zero setting.

Bagian-bagian dari Planimeter *fixed index model*, terdiri dari :

Gambar 289. planimeter *fixed index model*

Nama-nama Bagian :

1. *Pole weight* (pemberat katup)
2. *Pole arm* (batang katup)
3. *Tracer arm* (batang penelusur)
4. *Tracer magnifier* (lensa penelusur)
5. *Zero* seitting (penyetel nol)
6. *Recording dial* (roda pencatat)
7. *Measuring wheel* (nonius roda pembaca)

2. Planimeter *Sliding Bar Model* (Model disetel)

Planimeter *sliding bar model* adalah planimeter yang dilengkapi dengan pembacaan pada *trace arm*.

Trace arm dapat disetel sesuai dengan penggunaannya yang tergantung pada skala gambar/figure. Sama halnya dengan planimeter fixed index model, sliding bar model ini konstruksinya terbagi dua macam, yaitu :

a. *Trace arm* yang dilengkapi dengan zero setting
b. *Trace arm* yang tidak dilengkapi zero setting

Pada tempat penyimpanan alat ini, terdapat satu daftar. Daftar ini sangat penting sekali jika kita akan menggunakan alat ini untuk pekerjaan menentukan luas. Daftar tersebut setiap planimeter berlainan.

Seandainya daftar tersebut tidak ada, terlebih dahulu kita tentu akan membuatnya terlebih dahulu. Menurut bentuknya dan konstruksinya planimeter sliding bar model ini terbagi atas dua macam.

a. *Sliding bar mode* dengan skrup penghalus

Gambar 290. ***sliding bar mode* dengan skrup Penghalus**

Pada alat *sliding* yang pertama, dilengkapi dengan pembacaan pada *tracer fine movement screw*, sehingga sewaktu menyetel bacaan pada tracer arm akan lebih mudah.

Planimeter polar kompensasi, terdiri dari beberapa bagian, antara lain :

1. *Pole weight* (pemberat katup)
2. *Pole arm* (batang katup)
3. *Tracing magnifier* (pembesar penelusur)
4. *Tracing arm* (batang penelusur)
5. *Tracer arm vernier* (nonius batang penelusur)
6. *Idler wheel* (penahan roda)
7. *Clamp screw* (skrup pengikat)
8. *Fine movement screw* (skrup penggerak halus)
9. *Fine movement screw* (roda pencatat)
10. *Measuring wheel* (roda pengukur)
11. *Measuring wheel vernier* (nonius roda pengukur)
12. *Zero setting* (penyetel roda)
13. *Carriage* (pembawa)

b. *Sliding bar model* tanpa skrup penghalus

Pada alat macam kedua, *tracer arm*nya langsung saja disetel, jadi alat ini tidak ada fine movement screw.

Bagian-bagian dari macam kedua, antara lain :

1. *Pole weight* (pemberat katup)
2. *Pole arm* (batang katup)

Gambar 291. *sliding bar mode* tanpa skrup penghalus

3. *Tracing magnifier* (pembesar penelusur), dapat diganti dengan *tracing pin*
4. *Tracing arm* (batang penelusur)
5. *Tracer arm vernier* (nonius batang penelusur))
6. *Clamp screw* (skrup pengikat)
7. *Recording dial* (alat pencatat)
8. *Measuring wheel* (roda pengukur)
9. *Measuring wheel vernier* (nonius roda pengukur)
10. *Zero setting* (penyetel roda)

Penyetelan dan pembacaan/ *nonius* pada *trace arm.*

Prosedur penyetelan dan pembacaan pada *trace arm* adalah sebagai berikut :

1. Alat-alat

a. Planimeter sliding bar model.
b. Buku catatan dan alat-alat tulis.

2. Persiapan

a. Periksa dan teliti alat yang akan digunakan.
b. Perhatikan daftar yang ada dalam kotak.

3. Langkah kerja

a. Longgarkan seluruh skrup-skrup pengikat (skrup pengikat ini ada dua atau satu saja).
b. Setel nonius pada bacaan satuan, sesuai dengan daftar dalam box (bacaan dalam box itu disesuaikan pula nantinya waktu pengerjaan pengukuran dengan skala pada peta/*figure*).
c. Keraskan skrup pengikat/ *clamp screw*.
d. Tepatkan bacaan dengan memutar fine movement screw.
e. Keraskan skrup pengikat.
f. Baca dan catat hasil bacaan.

4. Hasil pengamatan

Gambar 292. Pembacaan nonius model 1 dan 2

Model 1

Hasil bacaan = 146 + 0,6 (dihitung pada garis nonius yang berimpit)

Hasil Bacaan = 146 + 0,6 = 146,6

Model 2

Hasil bacaan = 139 + 0,8 (dihitung pada garis nonius yang berimpit)

Hasil Bacaan = 139 + 0,8 = 139,8

Pembacaan roda pengukur,

Prosedur pembacaan roda pengukuran dapat sebagai berikut :

1. Alat-alat

a. Planimeter sliding bar model.
b. Buku catatan dan alat tulis.

2. Persiapan

a. Periksa dan teliti alat yang akan digunakan.
b. Perhatikan daftar yang ada dalam kotak.

3. Langkah kerja

a. Letakan figure betul-betul datar diatas meja.
b. Letakan pemberat/pole weight diluar figure dan tracing magnifier kira-kira ditengah figure yang mana tracing arm dan pole weight membuat sudut $\pm 90^0$
c. Garis batas figure dicoba ditelusuri.
d. Tracing magnifier/tracing pen diletakan pada titik yang ditentukan (titik awal).
e. Tekan zero setting untuk menolkan bacaan.
f. Telusuri garis batas figure dari titik yang ditentukan perlahan-lahan sampai kembali ke titik yang ditentukan perlahan-lahan sampai kembali ke titik yang ditentukan itu (gerakan searah jarum jam).
g. Baca bacaan pada jarum penunjuk/recording dial dan catat (misalnya RD = 1000).
h. Baca bacaan pada roda pengukur. Bacaan disini terdapat dua bacaan, yaitu :
   - Bacaan measuring wheel (misalnya MW = 100).
   - Bacaan measuring wheel vernier (misalnya MWV = 3).
i. Jumlahkan hasil bacaan. Hasil tersebut merupakaan bacaan yang sebenarnya.

Misalnya : BD = 1000
MW = 100
MWV = 3
1103

Format daftar penggunaan planimeter.

4. Gambar kerja

Gambar 293. bacaan roda pengukur

Tabel 28. format daftar planimeter tipe 1

Planimeter	Scales 1 : M	Setting of tracer arm	Value of vernier unit		constanta	Area of circle of test ruler
			Relative V1 : M	Absolute V1 : 1		
Type : 30115	1 : 100 1 : 500	200.00 159.70	10 m^2 2 m^2	10 mm^2 8 mm^2	23853	10002 mm^2
No. 142739	1 : 2500 1 : 2000 1 : 5000	127,40 99,20 79,00	40 m^2 20 m^2 100 m^2	6,4 m^2 5 m^2 4 m^2		

Keterangan :

Misalnya skala peta yang dicari luasnya skala 1 : 500 (kolom 2).

1. Posisi tracer arm (batang penelusur) = 159,70 (kolom 3)
2. Satuan nonius = 2 m^2 (kolom 4), ini untuk mencari luas lokasi melalui gambar di kertas.
3. Kalau diperlukan untuk mencari luas figura/peta di dalam gambar saja, maka satuan nonius = 8 m^2 (kolom 5).
4. Konstanta = 23853 (kolom 6),ini untuk mencari luas peta/figure, harga konstan berlaku untuk setiap skala.
5. Luas lingkaran dari test ruler atau checking bar (batang pengecek) = 10002 m^2, ini untuk mengecek ketelitian planimeter dan juga untuk mencari satuan nonius.

Tabel 29. format daftar planimeter tipe 2

Scales	Position of vernier on the tracer arm	Value of the vernier unit on the measuring roler		constanta
1 : 1000	148,6	10 m^2	10 mm^2	23077 23577 24236
1 : 200		0,4 m^2	10 mm^2	
1 : 1500	130,1	20 m^2	8,8 mm^2	
1 : 1500	115,2	2 m^2	8 mm^2	
1 : 250		0,5 m^2	8 mm^2	
1 : 400	86,0	1 m^2	6,25 mm^2	
1 : 1000	65,1	5 m^2	5 mm^2	
1 : 500	47,9	1 m^2	4 mm^2	

Keterangan :

1. Untuk skala1 : 1000 dan 1 : 200 posisi tracer arm adalah sama yaitu = 14,8 hanya satuan nonius yang tidak sama.
   Untuk 1 : 1000 satuan nonius (vernier) = 10 m^2 (kolom 3)
   Untuk 1 : 200 satuan nonius = 0,4 m^2 (kolom 3)
2. Untuk skala 1 : 1000 posisi tracer arm = 148,6 dapat juga di setel = 65,1 (lihat baris 7).
   Jika skala 1 : 1000 dengan posisi tracer arm = 148,6 satuan nonius = 10 m^2.
   Jika skala 1 : 1000 dengan posisi tracer arm= 65,1 satuan nonius = 5 m^2.
3. Penggunaan kolom lainnya sama seperti pada contoh I.

Pengukuran peta (*figure*) dengan planimeter sliding bar model yang dilengkapi zero setting (*pole weight* diluar *figure*).

Prosedur pengukuran peta (*figure*) dengan planimeter sliding bar model yang dilengkapi zero setting (*pole weight* diluar *figure*), sebagai berikut :

1. Alat-alat

a. Planimeter sliding model dengan zero setting.
b. Figure dengan skala tertentu.
c. Meja/ papan datar.

2. Langkah Kerja

a. Siapkan peta dan letakkan betul-betul rata diatas meja/ papan.
b. Setel tracer arm sesuai dengan skala peta dan tabel dalam kotak planimeter.
   Misalnya skala peta = 1 : 1000
   Posisi tracer arm = 200 (ini pada setiap planimeter berlainan).
c. Check ketelitian planimeter dengan *checking* bar.
d. Letakkan pemberat (*pole weight*) di luar figure (dan antara *pole arm* dengan *tracer arm* berbentuk ± 90^0).
e. Tandai titik permulaan (awal) dimana *tracler magnifer* akan mulai menelusuri figure.
f. Telusuri batas figure perlahan-lahan searah jarum jam, sampai kembali tepat pada titik awal.
g. Baca dan catat hasil bacaan, misalnya:

Recording dial	RD	= 1000
Measuring wheel	MW	= 740
Measuring Wheel Vernier		= 9
		= 1749

h. Satuan nonius = 10 mm^2
i. Luas dengan plancimeter = 1749 x 10 m^2 =17490 m^2.

Jika ingin dibuktikan ketelitian dari pengukuran luasnya dengan matematika.

$$Luas = \frac{150+200}{2} x\,100\,x\,1\,m^2 = 17500\,m^2$$

Selisih 17500 m^2 – 17400 m^2 = 10 m^2

Dalam pengamatan ini ketelitian sangat tergantung dari :

1. Keampuhan alat tersebut.
2. Ketelitian pengoperasian planimeter.

Dalam pengukuran luas sebenarnya, karena bentuk yang diukur tidak beraturan, maka tidaklah dicari luasnya dengan matematika cukup dengan :

1. Mengecek ketelitian planimeter dengan checking bar.
2. Pengukuran dua atau tiga kali kemudian hasilnya dirata-rata.
3. Mengecek keadaan planimeter,sekrup-sekrup dan sebagainya.
4. Meja benar-benar mendatar.

Gambar 294. penempatan planimeter

Setelah melakukan pengamatan, hasil bacaan masukan dalam gambar kerja dengan memuat hal-hal berikut :

1. No.Planimeter
2. Skala Gambar
3. Satuan nonius (untuk luas persil)
4. Satuan nonius (untuk luas peta)

Contoh Soal

Hasil bacaan = 1749

Luas persil (tanah),

= 1749 x 10 m^2 = 17490 m^2

Jika luas peta dicari,

= 1749 x 10 mm^2 = 17490 mm^2

Gambar 295. gambar kerja

Pengukuran peta (figure) dengan planimeter sliding bar model yang tidak dilengkapi zero setting (pole weight/diluar kutub).

Prosedur pengukuran peta (figure) dengan planimeter sliding bar model yang tidak dilengkapi zero setting (pole weight/diluar kutub), adalah sebagai berikut :

1. Alat-alat

a. Planimeter sliding bar model tanpa zero setting.
b. Peta (figure).
c. Meja kerja datar.
d. Catatan + alat tulis.

2. Langkah Kerja

a. Taruhlah peta betul-betul mendatar diatas meja.
b. Setel *tractor arm vernier* sesuai dengan skala, misalnya untuk planimeter nomor .... dengan skala 1 : 500 adalah 159,70.
c. Tempatkan planimeter, dimana pole weight berada diluar figure.
d. Coba telusuri grafis batas figure.
e. Tandai titik awal sebagai tempat tracing magnifer mulai bergerak.
f. Tempatkan tracer magnifer perlahan-lahan searah jarum jam menelusuri batas figure sampai kembali ke titik awal.
g. Catat hasil bacaan kedua, misalnya 1424 ... (bacaan I).
h. Gerakan tracer magnifer perlahan-lahan searah jarum jam menelusuri batas figure sampai kembali ke titik awal.
i. Catat hasil bacaan kedua,misalnya : 3245 ... (bacaan II).
j. Hasil bacaan yang sebenarnya adalah : 3245 - 1424 = 1821 atau dengan kata lain,
   bacaan II – Bacaan I = hasil bacaan sebenarnya.
k. Lihat satuan nonius pada box planimeter, misalnya = 2, 55 m^2.
l. Luas situasi (daerah) = 1821 x 2,55 m^2 atau luas = (bacaan II – Bacaan I) x satuan nonius.

Kalau dicari luas peta (gambar) maka luas bacaan x satuan nonius (lihat kolom 5 pada contoh daftar planimeter 1). Luas peta = 1821 x 8 mm^2.

Gambar 296. gambar pengukuran peta dengan planimeter sliding bar model yang tidak dilengkapi zero setting (pole weight/diluar kutub).

Keterangan yang harus tercantum dalam gambar kerja,

Skala gambar = ...

NO Planimeter = ...

Posisi tracer arm = ...

Satuan nonius = ...

Bacaan awal (I) = 1278

Bacaan akhir (II) = 1843

Hasil bacaan = bacaan II – bacaan I

= 1843 – 1278

= 565

Luas = hasil bacaan x satuan nonius

= 565 x 2 m^2 = 1130 m^2

Penggunaan planimeter dengan *pole weight* berada didalam figure.

Pekerjaan ini dilakukan apabila luas peta yang akan dicari luasnya itu mempunyai ukuran besar. Sebenarnya dapat juga diukur dengan cara membagi-bagi peta tersebut menjadi bagian-bagian kecil. Kemudian hasilnya masing-masing bagian itu dijumlahkan. Tetapi dalam pekerjaan ini diperlukan harga konstan. Yang dimaksud dengan harga konstan adalah lingkaran dasar dengan jari-jari batang kutub lingkaran tersebut didapat waktu pen penelusur menelususri pinggiran figur yang diukur. Konstanta dinyatakan dengan nonious yang dapat dilihat dalam kotak planimeter bagian konstanta (ditetapkan oleh pabrik).

Perlu diperhatikan hasil pekerjaan ini didapat dua macam hasil bacaan, yaitu :

1. Hasil bacaan positif

Didapat apabila luas figure lebih besar dari lingkaran dasar/konstanta. Gerakan jarum dari 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 dan seterusnya.

Gambar 297. hasil bacaan positif

Langkah kerja,

a. Telusuri terlebih dahulu pinggiran figure dan lihat jarum pengukur, bila gerakan jarum pengukur mulai dari 1, 2, ,3 , 4, 5 dan seterusnya, maka bacaannnya adalah bacaan positif dan gerakan dinamakan gerakan positif.
b. Letakan tracing magnifier pada titik yang ditandai pada pinggiran figure yang akan ditelusuri.
c. Bacaan pada roda pengukur dinolkan.
d. Telusuri pinggiran figure perlahan-lahan sampai kembali ke titik awal.
e. Baca dan catat hasil bacaan pada roda pengukur.
f. Bacaan akhir = konstanta + bacaan

g. Luas figure = (konstanta + bacaan) x satuan nonius

2. Hasil bacaan negatif

Didapat apabila luas figure lebih kecil dari lingkaran dasar/konstanta. Gerakan jarum dari 0, 9, 8, 7, 6, 5 dan seterusnya.

Langkah kerja,

a. Coba dahulu telusuri pinggiran figure dan perhatikan jarum pengukur.bila gerakan jarum pengukur mulai dari 0, 9, 8, 7, 6, 5 dan seterusnya,maka bacaan yang didapat adalah bacaan negatif dan gerakannya dikatakan negatif.
b. Letakan tracing magnifer pada titik yang telah ditandai pada pinggiran figure yang akan ditelusuri.

Gambar 298. hasil bacaan negatif

c. Bacaan jarum pengukur dinolkan.
d. Telusuri pinggiran figure perlahan-lahan sampai kembali ketitik awal.
e. Baca dan catat hasil bacaan.
f. Hasil bacaan = 10.000 bacaan.
g. Bacaan akhir = konstanta – hasil bacaan
h. Luas figure (konstanta – hasil bacaan) x satuan nonius.

Pada langkah kerja yang diuraikan diatas, keadaan planimeter sudah keadaan siap untuk digunakan (nonius pada tracer arm sudah disetel sesuai dengan skala).

Contoh Soal

Suatu peta (figure) bentuk bujur sangkar berukuran 500 x 500 m dengan skala 1 : 1000. Hitunglah luas figure (peta) dengan menggunakan planimeter dan dengan matematika.

Penyelesaian :

Langkah kerja menggunakan planimeter :

1. Sebelum pengukuran catat dari daftar, hal–hal yang perlu dipergunakan untuk menghitung luas.
   Planimeter No.142705
   Harga konstan 23844
   Skala 1 : 1000
   Posisi tracer arm = 200.00
   Satuan nonius = 10 m^2
2. Tempatkan peta pada tempat (papan) benar-benar rata-rata.
3. Setel batang penelusur (tracer arm) sesuai tabel = 200.00
4. Tempatkan planimeter dengan pemberat katup (pole weight) di dalam peta.
5. Telusuri peta percobaan, apakah batas peta dapat ditelusuri semua, dan lihat gerakan jarum (terutama pada waktu akan kembali ke titik awal) disini gerakan dari 0,1,2,3,4 dan seterusnya, jadi gerakannya adalah positif.
6. Tandai titik awal.
7. Tempatkan pen penelusur (tracing magnifier) tepat pada titik awal, sementara itu nolkan bacaan dengan penyetel nol.
8. Gerakan tracing magnifer perlahan-lahan searah jarum jam (clock wise) sampai kembali ke titik awal.
9. Baca pada unit pengukur = 1157
   Harga konstan = 23844
   Hasil bacaan = 25001
10. Luas peta = 25001 x 10 m^2
    = 250010 m^2
11. Luas berdasarkan matematika
    L = 500 x 500 = 250000 m^2
12. Selisih luas = 250010 – 250000
    = 10 m^2

Keterangan :

Bila dicari luas peta sesungguhnya (luas gambar), maka luas peta sesungguhnya :

Luas = Hasil bacaan x satuan nonius (mm^2)
= 25001 x 10 mm^2 = 250010 mm^2

Gambar 299. pengukuran luas peta pole weight (pemberat kutup) di dalam peta

Keterangan :

Harga lingkaran dasar (based circle) sama dengan constante dapat dilihat pada tabel dan harga konstan setiap planimeter tidak sama, tergantung dari pengecekan pabrik.

Contoh Soal

Suatu peta (figure) bentuk bujur sangkar berukuran 450 x 450 m dengan skala 1 : 1000. hitunglah luas figure (peta) dengan menggunakan planimeter dan dengan matematika (sebagai koreksi).

Penyelesaian,

Langkah kerja menggunakan planimeter :

1. Tempatkan figure pada papan/meja yang betul-betul rata, dengan selotape.
2. Stel batang penelusur sesuai daftar, untuk planimeter no. 54722, dengan skala 1 : 1000 adalah = 148,6.
3. Tempatkan planimeter (pole weight) di tengah figure.
4. Telusuri figur percobaan, apakah dapat terjangkau semua dan lihat gerakan jarum, disini jarum bergerak dari 0,9, 8, 7, jadi ini gerakan negatif.
5. Tandai titik awal.
6. Terdapat pen penelusur (tracing magnifier tepat pada titik awal) sementara itu nolkan bacaan dengan penyetel nol.
7. gerakan tracing magnifier perlahan-lahan searah jarum jam (*clock wise*), sampai kembali tepat pada titik awal.
8. Baca pada unit pengukur misalnya = 7167.
9. Karena gerakan (hasil) negatif, maka :
10. Bacaan = 10.000 – 7167 = 2833.
11. Harga konstan pada daftar 23077
12. Hasil bacaan = harga konstan – bacaan
13. Satuan nonius pada daftar untuk skala 1 : 1000 = 10 m^2
14. Luas peta = 20224 x 10 m^2
    = 202440 m^2

Keterangan :

Untuk menghasilkan bacaan yang teliti maka pengukuran dapat dilakukan dua atau tiga kali, kemudian hasilnya dirata-rata.

Perhitungan dengan matematika,

Luas peta = 450 x 450 x 1 m^2
= 202500 m^2

Selisih luas = 202500 – 202440
= 60 m^2

Selisih ini tergantung dari ketelitian pada waktu pengukuran dan juga dari planimeter itu sendiri. Oleh karena itu, sebelum diadakan pengukuran dengan planimeter harus dicheck dahulu dengan cecking bar.

Gambar 300. pengukuran luas peta pole weight (pemberat kutup) di dalam peta

11.1.3 Pembagian dan Penyesuaian Luas

Pembagian daerah kebanyakan diadakan dengan menggunakan ilmu ukur bidang. Tipe-tipe dasar umum pembagian daerah adalah sebagai berikut :

1. Pembagian dengan garis lurus sejajar pada segitiga

a) Pembagian luas yang sama : Apabila ∆ ABC = M dan ∆ ADE = m, gbr. 301 AD dan AE dapat dihitung dari

$$AD = AB\sqrt{\frac{m}{M}}$$

$$AE = AC\sqrt{\frac{m}{M}}$$

titik D dan E dapat dihubungkan.

b) Pembagian-pembagian tetap : Agar ∆ADE : □DECB = m : n, AD dan AE dihitung dengan persamaan :

$$AD = AB\sqrt{\frac{m}{m+n}}$$

$$AE = AC\sqrt{\frac{m}{m+n}}$$

titik D dan E dapat dihubungkan.

Gambar 301. pembagian luas yang sama dengan garis lurus sejajar salah satu segitiga segitiga

2. Pembagian garis lurus dengan titik tertentu pada segitiga

Agar perbandingan ∆BPQ : □ACPQ = m : n, BQ dapat dihitung dengan persamaan

$$BQ = \frac{AB.BC}{BP} x \frac{n}{m+n}$$

Apabila m = n, maka :

$$BQ = \frac{1}{2}\frac{AB.BC}{BP}$$

3. Pembagian dengan garis lurus melalui sudut puncak

a. Pembagian luas yang sama

Apabila ∆ABCD = M dan ∆ABCD = m, maka diperoleh dengan persamaan:

$$BD = \frac{m}{M}.BC$$

Gambar 302. pembagian luas yang sama dengan garis lurus melalui sudut puncak segitiga

b. Pembagian dengan perbandingan a:b:c sesuai dengan skema gambar 303, maka PQ dan QC dihitung dengan persamaan-persamaan berikut:

$$BP = BC\frac{a}{a+b+c}$$

$$BQ = BC\frac{b}{a+b+c}$$

$$QC = BC\frac{c}{a+b+c}$$

Gambar 303. pembagian dengan perbandingan a : b : c

4. Pembagian garis lurus melalui sudut segi empat

Apabila <> ABCD = M, <> ABCP = n dan ∆CPD = m, maka :

$$Luas\ \Delta CPD = \frac{m}{m+n}M = \frac{1}{2}PD.CE$$

Gambar 304. pembagian dengan perbandingan m : n oleh suatu garis lurus melalui salah satu sudut segiempat

5. Pembagian garis sejajar dasar trapesium

Pembagian dengan perbandingan m:n, PQ dan BP dapat dihitung dengan rumus-rumus:

$$PQ = \sqrt{\frac{m.AD^2 + n.BC^2}{m+n}}$$

$$BP = \frac{AB(PQ - BC)}{AD - BC}$$

Gambar 305. pembagian dengan garis lurus sejajar dengan trapesium

6. Pembagian suatu polygon

Pembagian diadakan dengan garis lurus melalui titik P dan luas M diperoleh. Tarik garis dari P ke F sejajar sisi $\overline{AB}$ Luas <> ABFP adalah :

A = <> ABFP = $\frac{1}{2}(\overline{AB}+\overline{FP})h_1$

Apabila titik yang dicari adalah Q

$$\Delta PFQ = M - A = \frac{1}{2}\overline{PF}.h_2$$

Jadi, apabila Q adalah titik potong antara garis yang sejajar $P\overline{F}$ dan memisahkan h_2 dengan garis $B\overline{C}$ maka $P\overline{Q}$ adalah garis yang diinginkan.

Contoh Soal

Dalam suatu daerah segi empat ABCD seperti tampak pada gambar 307 diadakan pengukuran meja lapangan pada skala 1: 500 dan panjang-panjang diukur pada gambar sehingga diperoleh :

$$A\overline{B} = 42{,}4 \ \ mm$$
$$A\overline{E} = 28{,}0 \ \ mm$$
$$B\overline{C} = 34{,}0 \ \ mm$$
$$A\overline{P} = 47{,}8 \ \ mm$$
$$C\overline{D} = 65{,}6 \ \ mm$$
$$B\overline{G} = 13{,}0 \ \ mm$$
$$P\overline{H} = 51{,}2 \ \ mm$$

Berapa seharusnya panjang garis dari titik A sampai Q pada garis AD dilapangan (dalam meter) agar luas segi empat terbagi dua garis lurus $P\overline{Q}$ yang melalui titik P daripada BC ?

Gambar 306. pembagian suatu poligon

Penyelesaian (lihat gambar 307):

Panjang Q harus ditentukan agar dua kali luas segiempat ABPQ sama dengan luas segi empat ABCD. Apabila titik yang dicari adalah Q, luas segiempat ABPQ adalah jumlah luas segitiga ABP dan APQ. Sedangkan luas segiempat ABCD adalah sama dengan jumlah luas segitiga ABD dan BCD. Oleh karena itu persamaan berikut ini dapat dibentuk.

$$2\left(\frac{A\overline{Q}xP\overline{H}}{2}+\frac{A\overline{P}xB\overline{G}}{2}\right)=\frac{B\overline{D}xA\overline{E}}{2}+\frac{B\overline{D}xC\overline{F}}{2}$$

$$A\overline{Q}=\frac{1}{PH}\left\{\frac{B\overline{D}.(A\overline{E}+C\overline{E})}{2}-A\overline{P}xB\overline{G}\right\}$$

$$=\frac{1}{51{,}2}\{35{,}0(280+32{,}0)-(51{,}4x13{,}0)\}$$

$$=\frac{1}{51{,}2}(2100-668{,}2)=28{,}0mm$$

Panjang di lapangan adalah 28 mm x 500 = 14,0 mm. Jadi, Q dapat ditempatkan 14 m dari titik A pada garis $\overline{AD}$.

11.1.4 Penyesuaian Garis Batas

Tipe-tipe dasar penyesuaian garis batas adalah sebagai berikut :

1. **Perubahan segiempat menjadi trapesium**

   Pada gambar berikut, AB dan DC diperpanjang hingga berpotongan di E (lihat gambar 308), maka EM dapat dihitung dengan persamaan :

   $$EM = \sqrt{\frac{BC \cdot EG \cdot EF}{AD}}$$

   dimana, EG < BC dan EF < AD.

   Selanjutnya, jika garis PR ditarik melalui M sejajar AD, maka garis PQ adalah garis batas yang dicari.

Gambar 307. penentuan garis batas

Gambar 308. perubahan segiempat menjadi trapesium

2. **Pengurangan jumlah sisi polygon tanpa merubah luas**

Pada gambar 309, BD sejajar AC dan D ditempatkan pada persilangan antara BD dan EC, Jadi ABCD dirubah menjadi ACDB.

Gambar 309. pengurangan jumlah sisi polygon tanpa merubah luas

3. **Perubahan garis batas yang berliku menjadi lurus**

Untuk menentukan garis batas baru (AP) melalui A, yang ditarik dengan mata dan kemudian dilakukan pengukuran luas untuk a, b, c, d, dan e. Selanjutnya dilakukan perhitungan (a+c+e) - (b+d) = s.

Agar s = 0, maka P digeser sejauh 2s/AP = h dan AP adalah garis yang diminta.

Gambar 310. perubahan garis batas yang berliku-liku menjadi garis lurus

4. Perubahan garis lengkung menjadi garis lurus

Pada gambar berikut, ditarik garis sembarangan PA dan offset-offset digambarkan terhadap garis lengkung untuk mengukur luas a, b, dan, c dan jika (a = c) – b = s, maka diperoleh h = 2s/AP agar AC < AP dan AC < h, titik-titik C dan P dihubungkan. PQ merupakan garis batas yang baru setelah didapat perpotongan antara garis AQ dan garis CQ yang sejajar AP.

Gambar 311. perubahan garis batas lengkung menjadi garis lurus

11.2 Prosedur pengukuran luas dengan prangkat lunak autocad

Salah satu cara mengukur luas suatu daerah/ lokasi lainnya adalah dengan menggunakan perangkat lunak AutoCAD. Secara praktis prosedur perhitungan luas dengan perangkat lunak AutoCAD, sebagai berikut :

1. Pastikan softwere AutoCAD yang akan digunakan telah terinstal di komputer.
2. Klik Start – All Program – Folder Autocad 2002 s/d Autocad 2006.

Gambar 312. posisi start yang harus di klik

Gambar 313. start – all Program – autocad 2000

3. Tunggu sampai muncul worksheet Autocad.

Gambar 314. worksheet autocad 2000

4. Buka gambar yang telah di scan sebelumnya atau gambar yang digambar langsung di autocad.

Gambar 315. open file

Gambar 316. open file

Khusus untuk gambar yang di scan terlebih dahulu atur skala gambar sesungguhnya dengan skala di autocad. Gunakan perintah scale.

5. Misalkan akan dihitung volume galian untuk pondasi setempat. Volume merupakan luas penampang dikalikan dengan satu satuan panjang.

Gambar 317. gambar penampang yang akan dihitung Luasnya

6. Untuk menghitung luas digunakan perintah AREA. Pada kasus seperti ini pertama menghitung luas galian pondasi seluruhnya. Pada Command ketik AREA kemudian enter.

   Kemudian akan muncul *specify next corner point or press ENTER for total*, klik batas daerah yang akan dihitung luasnya.

   Setelah di klik dari pointer satu ke point lainnya, akhir point harus kembali ke titik semula.

Gambar 318. klik poin untuik menghitung luas

7. Setelah selesai di-klik tekan enter maka akan muncul tampilan berikut.

Gambar 319. klik poin untuk menghitung luas

Hasil perhitungan sebagai berikut :

Area/luas penampang galian = 355,1432 m^2

Perimeter/ keliling = 95,0845 m

8. Ulangi perhitungan galian untuk menghitung luas pondasi. Diperoleh hasil sebagai berikut :

   Area = 103,5217 m^2

   Perimeter = 115,0470 m

9. Maka luas galian tanah pondasi dapat diperoleh dari selisih luas galian tanah pondasi dengan luas pondasi telapak.

   Luas penampang galian tanah pondasi :

   355,1432 - 103,5217 = 251,6251 m^2

   Misalkan panjang galian pondasi 10 m,

   Maka volume galian tanah pondasi sebagai berikut :

   251,6251 m^2 x 10 m = 2516,251 m^3.

Gambar 320. Diagram alir perhitungan luas

Rangkuman

Berdasarkan uraian materi bab 11 mengenai perhitungan luas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Luas adalah jumlah area yang terproyeksi pada bidang horizontal dan dikelilingi oleh garis-garis batas.
2. Luas yang diukur pada gambar situasi disebut *pengukuran tak langsung.*
3. Luas yang dihitung dengan menggunakan data jarak dan sudut yang langsung diperoleh dari pengukuran dilapangan disebut *pengukuran langsung.*
4. Metode Sarrus, yaitu menggunakan koordinat-koordinat titik batas sebagai masukan untuk perhitungan luas.
5. Metode pengukuran luas, terdiri dari : Metode diagonal dan tegak lurus, Metode pembagian segitiga, Metode trapesium, Metode offset, Metode offset pusat, Metode simpson, Metode jarak meridian ganda, Metode kisi-kisi, Metode lajur, Metode pengukuran luas dengan planimeter.
6. Planimeter terbagi atas dua macam, yaitu planimeter fixed index model (model tetap), planimeter sliding bar model (model disetel).

Soal Latihan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini !

1. Apa yang dimaksud dengan luas ?
2. Sebutkan cara-cara pengukuran dan ketelitian yang dikehendaki ?
3. Sebutkan macam-macam metode pengukuran luas ? Jelaskan !
4. Sebutkan macam-macam planimeter ? Jelaskan !
5. Sebutkan tipe-tipe dasar penyesuaian garis batas ?

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. (1983). Ukur Tanah 2. Jurusan Teknik Sipil PEDC. Bandung

Barus, B dan U.S. Wiradisastra. 2000. Sistem Informasi dan Geografis. Bogor.

Budiono, M. dan kawan-kawan. 1999. Ilmu Ukur Tanah. Angkasa. Bandung.

Darmaji, A. 2006. Aplikasi Pemetaan Digital dan Rekayasa Teknik Sipil dengan Autocad Development. ITB. Bandung.

Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 1999. Kurikulum Sekolah Menengah Kejuruan. Depdikbud. Jakarta.

Departemen Pendidikan Nasional RI. 2003. Standar Kompetensi Nasional Bidang SURVEYING. Bagian Proyek Sistem Pengembangan. Jakarta.

Gayo, Yusuf., dan kawan-kawan. 2005. Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan. PT. Pradjna Paramita. Jakarta.

Gumilar, I. 2003. Penggunaan Computer Aided Design (CAD) pada Biro Arsitek. Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan FPTK UPI. Bandung.

Gunarta, I.G.W.S. dan A.B. Sailendra. 2003. Penanganan Masalah Jalan Tembus Hutan secara Terintegrasi : Kajian terhadap Kebutuhan Kelembagaan Stakeholders. Jurnal Litbang Jalan Volume 20 No.3 Oktober. Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.

Gunarso, P. dan kawan-kawan. 2004. Modul Pelatihan SIG. Pemkab Malinau

Hasanudin, M. dan kawan-kawan. 2004. Survai dengan GPS. Pradnya Paramita. Jakarta.

Hendriatiningsih, S. 1990. Engineering Survey. Teknik geodesi FPTS ITB. Bandung.

Hayati, S. 2003. Aplikasi Geographical Information System untuk Zonasi Kesesuaian Lahan Perumahan di Kabupaten Bandung. Lembaga Penelitian UPI. Bandung.

Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan. 2005. Struktur Kurikulum Program Studi Pendidikan Teknik Sipil FPTK UPI. Jurusan Diktekbang FPTK UPI. Bandung.

Kusminingrum, N. dan G. Gunawan. 2003. Evaluasi dan Strategi Pengendalian Pencemaran Udara di Kota-Kota Besar di Indonesia. Jurnal Litbang Jalan Volume 20 No.1 Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.

Lanalyawati. 2004. Pengkajian Pengelolaan Lingkungan Jalan di Kawasan Hutan Lindung (Bedugul Bali). Jurnal Litbang Jalan Volume 21 No.2 Juli. Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.

Marina, R. 2002. Aplikasi Geographical Information System untuk Evaluasi Kemampuan Lahan di Kabupaten Sumedang.

Masri, RM. 2007. Kajian Perubahan Lingkungan Zona Buruk untuk Perumahan. SPS IPB. Bogor.

Mira, S. 1988. Poligon. Teknik Geodesi FTSP ITB. Bandung.

Mira, S. R.M. 1988. Ukuran Tinggi Teliti. Teknik Geodesi FTSP ITB. Bandung.

Melani, D. 2004. Aplikasi Geographical Information System untuk Zonasi Kesesuaian Lahan Perumahan di Kabupaten Sumedang. Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan FPTK UPI. Bandung.

Mulyani, S.Y.R dan Lanalyawati. 2004. Kajian Kebijakan dalam Pengelolaan Lingkungan Jalan di Kawasan Sensitif. Jurnal Litbang Jalan Volume 21 No.1 Maret. Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.

Parhasta, E. 2002. Tutorial Arcview SIG Informatika. Bandung.

Purwaamijaya, I.M. 2006. Ilmu Ukur Tanah untuk Teknik Sipil. FPTK UPI. Bandung.

Purwaamijaya, I.M. 2005a. Analisis Kemampuan Lahan di Kecamatan-Kecamatan yang Dilalui Jalan Soekarno-Hatta di Kota Bandung Jawa Barat. Jurnal Permukiman ISSN : 0215-0778 Volume 21 No.3 Desember 2005. Departemen Pekerjaan Umum. Badan Penelitian dan Pengembangan. Bandung.

Purwaamijaya, I.M. 2005b. Analisis Kemampuan Lahan sebagai Acuan Penyimpangan Gejala Konversi Lahan Sawah Beririgasi Menjadi Lahan Perumahan di Koridor Jalan Soekarno-Hatta Kota Bandung. Jurnal Informasi Teknik ISSN : 0215-1928 No.28 – 2005. Departemen Pekerjaan Umum. Badan Penelitian dan Pengembangan. Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Air. Balai Irigasi. Bekasi.

Purwaamijaya, I.M. 2005c. Pola Perubahan Lingkungan yang Disebabkan oleh Prasarana dan Sarana Jalan (Studi Kasus : Jalan Soekarno-Hatta di Kota Bandung Jawa Barat). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Purworaharjo,U. 1986. Ilmu Ukur Tanah Seri A Pengukuran Tinggi. Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung.

Purworaharjo,U. 1986. Ilmu Ukur Tanah Seri B Pengukuran Horisontal. Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung.

Purworaharjo,U. 1986. Ilmu Ukur Tanah Seri C Pemetaan Topografi. Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung.

Purworaharjo,U. 1982. Hitung proyeksi Geodesi (Proyeksi Peta). Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung.

Staf Ukur Tanah. 1982. Petunjuk Penggunaan Planimeter. Pusat Pengembangan Penataran Guru Teknologi. Bandung.

Supratman, A.. 2002. Geometrik Jalan Raya. FPTK IKIP. Bandung.

Supratman, A.,dan I.M Purwaamijaya. 1992. Pengukuran Horizontal. Bandung.: FPTK IKIP.

Supratman, A.,dan I.M Purwaamijaya. (1992). Modul Ilmu Ukur Tanah. FPTK IKIP. Bandung.

Susanto dan kawan-kawan. (1994). Modul : Pemindahan Tanah Mekanis. FPTK IKIP. Bandung.

Wongsotjitro. 1980. Ilmu Ukur Tanah. Kanisius .Yogyakarta.

Yulianto, W. 2004. Aplikasi AUTOCAD 2002 untuk Pemetaan dan SIG. Gramedia. Jakarta.

GLOSARIUM

Absis	:	Posisi titik yang diproyeksikan terhadap sumbu X yang arahnya horizontal pada bidang datar.
Analog	:	Sistem penyajian peta secara manual.
Astronomis	:	Ilmu yang mempelajari posisi relatif benda-benda langit terhadap benda-benda langit lainnya.
Automatic level	:	Sipat datar optis yang mirip dengan tipe kekar tetapi dilengkapi dengan alat kompensator untuk membuat garis bidik mendatar dengan sendirinya.
Azimuth	:	Sudut yang dibentuk dari garis arah utara terhadap garis arah suatu titik yang besarnya diukur searah jarum jam.
Barometri	:	Alat atau metode untuk mengukur tekanan udara yang diaplikasikan untuk menghitung beda tinggi antara beberapa titik di atas permukaan bumi yang berkategori gunung (slope $\geq$ 40 %).
Benchmark	:	Titik ikat di lapangan yang ditandai oleh patok yang dibuat dari beton dan besi dan telah diketahui koordinatnya hasil pengukuran sebelumnya.
Bowditch	:	Metode koreksi absis dan ordinat pada pengukuran polygon yang bobotnya adalah perbandingan antara jarak resultante terhadap total jarak resultante.
BPN	:	Badan Pertanahan Nasional (Kantor Agraria / Pertanahan).
CAD	:	Computer Aided Design. Penyajian gambar secara digital menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak komputer.
Cassini	:	Metode pengikatan ke belakang (alat berdiri di atas titik yang ingin diketahui koordinatnya) yang menggunakan bantuan 2 titik penolong dan dua buah lingkaran.
Collins	:	Metode pengikatan ke belakang (alat berdiri di atas titik yang ingin diketahui koordinatnya) yang menggunakan bantuan 1 titik penolong dan satu buah lingkaran.
Coordinate Set	:	Pengaturan koordinat peta analog agar sesuai dengan koordinat pada sistem koordinat peta digital yang titik-titik ikat acuannya adalah titik-titik di peta analog yang memiliki nilai-nilai koordinat.
Cosinus	:	Besar sudut yang dihitung dari perbandingan sisi datar terhadap sisi miring.
Cross hair	:	Benang silang diafragma yang tampak pada lensa objektif teropong sebagai acuan untuk membaca ketinggian garis bidik pada rambu ukur.
Cross Section	:	Profil melintang. Penampang pada arah lebar yang menggambarkan turun naiknya permukaan suatu bentuk objek.
Datum	:	Titik perpotongan antara ellipsoid referensi dengan geoid (datum relatif). Pusat ellipsoid referensi berimpit dengan pusat bumi (*datum absolut*).
Digital	:	Sistem penyajian informasi (grafis atau teks) secara biner elektronis.

Digitizer	:	Alat yang digunakan untuk mengubah peta-peta analog menjadi peta-peta digital dengan menelusuri detail-detail peta satu persatu.
Distorsi	:	Perubahan bentuk atau perubahan informasi geometrik yang disajikan pada bidang lengkung (bola/ellipsoidal) terhadap bentuk atau informasi geometrik yang disajikan pada bidang datar.
DGN	:	Datum Geodesi Nasional, datum sistem koordinat nasional.
Dumpy level	:	Sipat datar optis tipe kekar, sumbu tegak menjadi satu dengan teropong.
Ellipsoid	:	Bentuk 3 dimensi dari ellips yang diputar pada sumbu pendeknya dan merupakan bentuk matematis bumi. *Spheroid* persamaan kata ellipsoid.
Equator	:	Garis khatulistiwa yaitu garis yang membagi bumi bagian utara dan bumi bagian selatan sama besar.
Flattening	:	Kegepengan. Nilai yang diperoleh dari pembagian selisih radius terpendek dengan radius terpanjang ellipsoida terhadap radius terpendek.
Fokus	:	Ketajaman penampakan objek pada teropong dan dapat diatur dengan tombol fokus.
Fotogrametri	:	Ilmu pengetahuan dan teknologi yang mempelajari mengenai geometris foto-foto udara yang diperoleh dari pemotretan menggunakan pesawat terbang.
Geodesi	:	Ilmu pengetahuan dan teknologi yang mempelajari dan menyajikan informasi bentuk permukaan bumi dengan memperhatikan kelengkungan bumi.
Geodesic	:	Kurva terpendek yang menghubungkan dua titik pada permukaan ellipsoida.
Geoid	:	Bentuk tidak beraturan yang mewakili permukaan air laut di bumi dan memiliki energi potensial yang sama.
Geometri	:	Ilmu yang mempelajari bentuk matematis di atas permukaan bumi.
Gradien	:	Besarnya nilai perbandingan sisi muka terhadap sisi samping yang membentuk sudut tegak lurus (90°)
Grafis	:	Penyajian hasil pengukuran dengan gambar.
Greenwich	:	Kota di Inggris yang dilewati oleh garis meridian (longitude/bujur) 0°.
Grid	:	Bentuk empat persegi panjang yang merupakan referensi posisi absis dan ordinat yang diletakkan di muka peta yang panjang dan lebarnya bergantung pada unit posisi X dan Y yang ditetapkan oleh pembuat peta berdasarkan kaidah kartografi (pemetaan).
Hexagesimal	:	Sistem besaran sudut yang menyajikan sudut dengan sebutan derajat, menit, second. Satu putaran = 360°. 1°=60'. 1'=60".
Higragirum	:	Hg, air raksa yang dipakai sebagai cairan penunjuk nilai tekanan udara pada alat barometer.
Horisontal	:	Garis atau bidang yang tegak lurus terhadap garis atau bidang yang menjauhi pusat bumi.
Indeks	:	Garis kontur yang penyajiannya lebih tebal atau lebih ditonjolkan dibandingkan garis-garis kontur lain setiap selang ketinggian tertentu.

Interpolasi	:	Metode perhitungan ketinggian suatu titik di antara dua titik yang dihubungkan oleh garis lurus.
Intersection	:	Nama lain dari pengikatan ke muka, yaitu pengukuran titik tunggal dari dua buah titik yang telah diketahui koordinatnya dengan menempatkan alat theodolite di atas titik-titik yang telah diketahui koordinatnya.
Galat	:	Selisih antara nilai pengamatan dengan nilai sesungguhnya.
GIS	:	*Geographical Information System*. Suatu sistem informasi yang mampu mengaitkan database grafis dengan data base tekstualnya yang sesuai.
GPS	:	*Global Positioning System*. Sistem penentuan posisi global menggunakan satelit buatan Angkatan Laut Amerika Serikat.
Gravitasi	:	Gaya tarik bumi yang mengarah ke pusat bumi dengan nilai $\pm$ 9,8 m^2/detik.
GRS-1980	:	*GeodeticReference System* tahun 1984, adalah ellipsoid terbaik yang memiliki penyimpangan terkecil terhadap geoid (lihat istilah geoid).
Hardcopy	:	Dokumentasi peta-peta digital dalam bentuk lembaran-lembaran peta yang dicetak dengan printer atau plotter.
Hardware	:	Perangkat keras computer yang terdiri CPU (*Central Processing Unit*), keyboard (papan ketik), printer, mouse.
Informasi	:	Sesuatu yang memiliki makna atau manfaat.
Inklinasi	:	Sudut vertical yang dibentuk dari garis bidik (dinamakan juga sudut miring).
Interpolasi	:	Suatu rumusan untuk mencari ketinggian suatu titik yang diapit oleh dua titik lain dengan konsep segitiga sebangun.
Jalon	:	Batang besi seperti lembing berwarna merah dan putih dengan panjang $\pm$ 1,5 meter sebagai target bidikan arah horizontal.
Jurusan	:	Sudut yang dihitung dari selisih absis dan ordinat dengan acuan sudut nolnya arah sumbu Y positif searah jarum jam.
Kalibrasi	:	Suatu prosedur untuk mengeliminasi kesalahan sistematis pada peralatan pengukuran dengan menyetel ulang komponen-komponen dalam peralatan.
Kartesian	:	Sistem koordinar siku-siku.
Kompas	:	Alat yang digunakan untuk menunjukkan arah suatu garis terhadap utara magnet yang dipengaruhi magnet bumi.
Kontrol	:	Upaya mengendalikan data hasil pengukuran di lapangan agar Memenuhi syarat geometrik tertentu sehingga kesalahan hasil pengukuran di lapangan dapat memenuhi syarat yang ditetapkan dan kesalahan-kesalahan acaknya telah dikoreksi.
Kontur	:	Garis khayal di permukaan bumi yang menghubungkan titik-titik dengan ketinggian yang sama dari permukaan air laut rata-rata (MSL). Garis di atas peta yang menghubungkan titik-titik dengan ketinggian yang sama dari permukaan air laut rata-rata dan kerapatannya bergantung pada ukuran lembar penyajian (skala peta).
Konvergensi	:	Serangkaian garis searah yang menuju suatu titik pertemuan.
Konversi	:	Proses mengubah suatu besaran (sudut/jarak) dari suatu sistem menjadi sistem yang lain.
Koordinat	:	Posisi titik yang dihitung dari posisi nol sumbu X dan posisi nol sumbu Y.

Koreksi	:	Nilai yang dijumlahkan terhadap nilai pengamatan sehingga diperoleh nilai yang dianggap benar. Nilai koreksi = - kesalahan.
Kuadran	:	Ruang-ruang yang membagi sudut satu putaran menjadi 4 ruang yang pusat pembagiannya adalah titik 0.
Kuadrilateral	:	Bentuk segiempat dan diagonalnya yang diukur sudut-sudut dan jarak-jaraknya untuk menentukan koordinat titik di lapangan.
Latitude	:	Nama lain garis parallel. Garis-garis khayal yang tegak lurus garis meridian dan melingkari bumi. Paralel nol berada di equator atau garis khatulistiwa.
Leveling head	:	Bagian yang terdiri dari tribach dan trivet, disebut juga kiap.
Logaritma	:	Nilai yang diperoleh dari kebalikan fungsi pangkat.
Longitude	:	Nama lain garis meridian. Garis-garis khayal di permukaan bumi yang menghubungkan kutub utara dan kutub selatan bumi. Meridian nol berada di Kota Greenwich, Inggris.
Long Section	:	Profil memanjang. Penampang pada arah memanjang yang menggambarkan turun naiknya permukaan suatu bentuk objek.
Loxodrome	:	Nama lain adalah *Rhumbline*. Garis (kurva) yang menghubungkan titik-titik dengan azimuth yang tetap.
Mapinfo	:	*Desktop Mapping Software*. Perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta digital berinformasi yang dibuat dengan spesifikasi teknis perangkat keras untuk pemakai tunggal dan dibuat oleh perusahaan *Mapinfo Corporation* yang berdomisili di Kota New York Amerika Serikat.
MSL	:	Mean Sea Level (permukaan air laut rata-rata yang diamati selama periode tertentu di pinggir pantai). Sebagai acuan titik nol pengukuran tinggi di darat.
Mistar	:	Papan penggaris berukuran 3 meter yang dapat dilipat dua sebagai target pembacaan diafragma teropong untuk mengukur tinggi garis bidik (benang atas, benang tengah, benang bawah).
Meridian	:	Garis-garis khayal di permukaan bumi yang menghubungkan kutub utara dan kutub selatan bumi. Meridian nol berada di Kota *Greenwich*, Inggris.
Nivo	:	Gelembung udara dan cairan yang berada pada tempat berbentuk bola atau silinder sebagai penunjuk bahwa teropong sipat datar atau theodolite telah sejajar dengan bidang yang memiliki energi potensial yang sama.
Normal	:	Proyeksi peta yang sumbu putar buminya berimpit dengan garis normal bidang perantara (datar, kerucut, silinder).
Oblique	:	Proyeksi peta yang sumbu putar buminya membentuk sudut tajam (< 90°) dengan garis normal bidang perantara (datar, kerucut, silinder).
Offset	:	Metode pengukuran menggunakan alat-alat sederhana (prisma, pita ukur, jalon).
Ordinat	:	Posisi titik yang diproyeksikan terhadap sumbu Y yang arahnya vertical pada bidang datar.
Orientasi	:	Pengukuran untuk mengetahui posisi absolute dan posisi relative Objek-objek di atas permukaan bumi.
Orthodrome	:	Proyeksi garis geodesic pada bidang proyeksi.
Overlay	:	Suatu fungsi pada analisis pemetaan digital dan GIS yang Menumpangtindihkan tema-tema dengan jenis pengelompokkan yang berbeda.

Pantograph	:	Alat yang digunakan untuk memperbesar atau memperkecil objek gambar.
Paralel	:	Garis-garis khayal yang tegak lurus garis meridian dan melingkari bumi. Paralel nol berada di equator atau garis khatulistiwa.
Pegas	:	Gulungan kawat berbentuk spiral yang dapat memanjang dan memendek karena gaya tekan atau tarik yang digunakan pada alat sipat datar.
Pesawat	:	Istilah untuk alat ukur optis waterpass atau theodolite.
Phytagoras	:	Ilmuwan yang menemukan rumusan kuadrat garis terpanjang di suatu segitiga dengan salah satu sudutnya 90° adalah sama dengan perjumlahan kuadrat 2 sisi yang lain.
Planimeter	:	Alat untuk menghitung koordinat secara konvensional.
Planimetris	:	Bidang datar (2 dimensi) yang dinyatakan dalam sumbu X dan Y
Point Set	:	Pengaturan koordinat peta analog agar sesuai dengan koordinat pada sistem koordinat peta digital yang titik-titik ikat acuannya adalah titik-titik di peta analog yang identik dengan titik-titik di peta digital yang telah ada.
Polar	:	Sistem koordinat kutub (sudut dan jarak).
Polyeder	:	Sistem proyeksi dengan bidang perantara kerucut, sumbu putar bumi berimpit dengan garis normal kerucut, informasi geometric yang dipertahankan sama adalah sudut (conform) dan tangent.
Polygon	:	Serangkaian garis-garis yang membentuk kurva terbuka atau Tertutup untuk menentukan koordinat titik-titik di atas permukaan bumi.
Profil	:	Potongan gambaran turun dan naiknya permukaan tanah baik memanjang atau melintang.
Proyeksi peta	:	Proses memindahkan informasi geometrik dari bidang lengkung (bola/ellipsoidal) ke bidang datar melalui bidang perantara (bidang datar, kerucut, silinder).
Radian	:	Sistem besaran sudut yang menyajikan sudut satu putaran = 2 π radian. π = 22/7 = 3,14……
RAM	:	*Random Acces Memory*. Bagian dalam komputer yang digunakan sebagai tempat menyimpan dan memroses fungsi-fungsi matematis untuk sementara waktu.
Raster	:	Penyajian peta atau gambar secara digital menggunakan unit-unit terkecil berbentuk bujur sangkar. Ketelitian unit-unit terkecil dinamakan dengan resolusi.
Remote Sensing	:	Penginderaan jauh. Pemetaan bentuk permukaan bumi menggunakan satelit buatan dengan ketinggian tertentu yang direkam secara digital dengan ukuran-ukuran kotak tertentu yang dinamakan *pixel*.
Resiprocal	:	Salah satu metode pengukuran beda tinggi dengan menggunakan 2 alat sipat datar dan rambunya yang dipisahkan oleh halangan alam berupa sungai atau lembah dan dilakukan bolak-balik untuk meningkatkan ketelitian hasil pengukuran.
Reversible level	:	Sipat datar optis tipe reversi yang teropongnya dapat diputar pada sumbu mekanis dan disangga oleh bagian tengah yang mempunyai sumbu tegak.
Rotasi	:	Perubahan posisi suatu objek karena diputar pada suatu sumbu putar tertentu.

Sarrus	:	Orang yang menemukan rumusan perhitungan luas dengan nilai-nilai koordinat batas kurva.
Scanner	:	Alat yang mengubah gambar-gambar atau peta-peta analog Menjadi gambar-gambar/peta-peta digital dengan cara mengkilas.
Sentisimal	:	Sistem besaran sudut yang menyajikan sudut dengan sebutan grid, centigrid, centicentigrid. Satu putaran = 400^g, $1^g=100^c$, $1^c=100^{cc}$.
Simetris	:	Bagian yang dibagi sama besar oleh suatu garis diagonal.
Sinus	:	Besar sudut yang dihitung dari perbandingan sisi muka terhadap sisi miring.
Skala	:	Nilai perbandingan besaran jarak atau luas di atas kertas terhadap jarak dan luas di lapangan.
Softcopy	:	Dokumentasi peta-peta digital dalam bentuk file-file digital.
Software	:	Perangkat lunak computer untuk berbagai macam kepentingan.
Stadia	:	Benang tipis berwarna hitam yang tampak di dalam teropong alat.
Statif	:	Kaki tiga untuk menyangga alat waterpass atau theodolite optis.
Tachymetri	:	Metode pengukuran titik-titik detail menggunakan alat theodolite yang diikatkan pada pengukuran kerangka dasar vertikal dan horisontal.
Tangen	:	Besar sudut yang dihitung dari perbandingan sisi muka terhadap sisi miring.
Tilting level	:	Sipat datar optis tipe jungkit yang sumbu tegak dan teropong Dihubungkan dengan engsel dan sekrup pengungkit.
TM-3	:	Sistem proyeksi Universal Transverse Mercator dengan faktor Skala di meridian sentral adalah 0,9999 dan lebar zone = 3°.
Topografi	:	Peta yang menyajikan informasi di atas permukaan bumi baik unsur alam maupun unsur buatan manusia dengan skala sedang dan kecil.
Total Station	:	Alat ukur theodolite yang dilengkapi dengan perangkat elekronis untuk menentukan koordinat dan ketinggian titik detail secara otomatis digital menggunakan gelombang elektromagnetis.
Trace	:	Serangkaian garis yang merupakan garis tengah suatu bangunan (jalan, saluran, jalur lintasan).
Transit	:	Metode koreksi absis dan ordinat pada pengukuran polygon yang bobotnya adalah perbandingan antara jarak proyeksi pada sumbu X atau Y terhadap total jarak proyeksi pada sumbu X atau Y.
Transversal	:	Proyeksi peta yang sumbu putar buminya tegak lurus (membentuk sudut 90°) dengan garis normal bidang perantara (datar, kerucut, silinder).
Triangulasi	:	Serangkaian segitiga yang diukur sudut-sudutnya untuk Menentukan koordinat titik-titik di lapangan.
Triangulaterasi	:	Serangkaian segitiga yang diukur sudut-sudut dan jarak-jaraknya di lapangan untuk menentukan koordinat titik-titik di lapangan.
Tribach	:	Penyangga sumbu kesatu dan teropong.
Trigonometri	:	Bagian dari ilmu matematika yang diaplikasikan untuk Menghitung beda tinggi antara beberapa titik di atas permukaan bumi yang berkategori bermedan bukit ($8\% \leq$ slope $\leq 40\ \%$).
Trilaterasi	:	Serangkaian segitiga yang diukur jarak-jaraknya untuk Menentukan koordinat titik-titik di lapangan.

Trivet	:	Bagian terbawah dari alat sipat datar dan theodolite yang dapat dikuncikan pada statif.
Unting-unting	:	Bentuk silinder-kerucut terbuat dari kuningan yang digantung di bawah alat waterpass atau theodolite sebagai penunjuk arah titik nadir atau pusat bumi yang mewakili titik patok.
UTM	:	Universal Transverse Mercator. Sistem proyeksi peta global yang memiliki lebar zona 6° sehingga jumlah zona UTM seluruh dunia adalah 60 zona. Bidang perantara yang digunakan adalah silinder dengan posisi transversal (sumbu putar bumi tegak lurus terhadap garis normal silinder), informasi geometrik yang dipertahankan sama adalah sudut (konform) dan secant.
Vektor	:	Penyajian peta atau gambar secara digital menggunakan garis, titik dan kurva. Ketelitian unit-unit terkecil dinamakan dengan resolusi.
Vertikal	:	Garis atau bidang yang menjauhi pusat bumi.
Visual	:	Penglihatan kasat mata.
Waterpass	:	Alat atau metode yang digunakan untuk mengukur tinggi garis bidik di atas permukaan bumi yang berkategori bermedan datar (slope $\leq$ 8 %).
WGS-84	:	*World Geodetic System* tahun 1984, adalah ellipsoid terbaik yang Memiliki penyimpangan terkecil terhadap geoid (lihat istilah geoid).
Zenith	:	Titik atau garis yang menjauhi pusat bumi dari permukaan bumi.
Zone	:	Kurva yang dibatasi oleh batas-batas dengan kriteria tertentu.

DAFTAR TABEL

No	Teks	Hal
1	Ketelitian posisi horizontal (x,y) titik triangulasi	14
2	Tingkat Ketelitian Pengukuran Sipat Datar	60
3	Tingkat Ketelitian Pengukuran Sipat Datar	95
4	Ukuran kertas untuk penggambaran hasil pengukuran dan pemetaan	107
5	Formulir pengukuran sipat datar	114
6	Formulir pengukuran sipat datar	115
7	Kelas proyeksi peta	122
8	Aturan kuadran trigonometris	139
9	Cara Sentisimal ke cara seksagesimal	147
10	Cara Sentisimal ke cara radian	148
11	Cara seksagesimal ke cara radian	149
12	Cara radian ke cara sentisimal	150
13	Cara seksagesimal ke cara radian	151
14	Buku lapangan untuk pengukuran sudut dengan repitisi.	183
15	Metode perhitungan perbedaan sudut ganda dan perbedaan observasi	183
16	Arti dari perbedaan sudut ganda dan perbedaan observasi.	184
17	Buku lapangan sudut vertikal.	184
18	Daftar Logaritma	200
19	Hitungan dengan cara logaritma	204
20	Hitungan cara logaritma	225
21	Ukuran Kertas Seri A	276
22	Bacaan sudut	280
23	Jarak	280
24	Formulir pengukuran poligon 1	296
25	Formulir pengukuran poligon 2	297
26	Formulir pengukuran poligon 3	298
27	Contoh perhitungan garis bujur ganda	312
28	format daftar planimeter tipe 1	319
29	format daftar planimeter tipe 2	319
30	Formulir pengukuran titik detail	366
31	Formulir pengukuran titik detail posisi 1	367
32	Formulir pengukuran titik detail posisi 2	368
33	Formulir pengukuran titik detail posisi 3	369
34	Formulir pengukuran titik detail posisi 4	370
35	Formulir pengukuran titik detail posisi 5	371
36	Formulir pengukuran titik detail posisi 6	372
37	Formulir pengukuran titik detail posisi 7	373
38	Formulir pengukuran titik detail posisi 8	374
39	Bentuk muka tanah dan interval kontur.	382
40	Tabel perhitungan galian dan timbunan	422
41	Daftar load factor dan procentage swell dan berat dari berbagai bahan	424
42	Daftar load factor dan procentage swell dan berat dari berbagai bahan	425
43	Keunggulan dan kekurangan pemetaan digital dengan konvensional	435
44	Contoh keterangan warna gambar	458
45	Keterangan koordinat	458
46	Kelebihan dan kekurangan pekerjaan GIS dengan manual/pemetaan Digital	470
47	Pendigitasian Konvensional di banding pendigitasian GPS	486
48	Beberapa fungsi tetangga sederhana	497
49	Perbandingan Bentuk Data Raster dan Vektor	499

DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Hal
1	Anggapan bumi	2
2	Ellipsoidal bumi	3
3	Aplikasi pekerjaan pemetaan pada bidang teknik sipil	6
4	Staking out	6
5	Pengukuran sipat datar optis	7
6	Alat sipat datar	9
7	Pita ukur	9
8	Rambu ukur	9
9	Statif	9
10	Barometris	10
11	Pengukuran Trigonometris	10
12	Pengukuran poligon	12
13	Jaring-jaring segitiga	15
14	Pengukuran pengikatan ke muka	16
15	Pengukuran collins	17
16	Pengukuran cassini	18
17	Macam – macam sextant	18
18	Alat pembuat sudut siku cermin	19
19	Prisma bauernfiend	19
20	Jalon	19
21	Pita ukur	19
22	Pengukuran titik detail tachymetri	21
23	Diagram alir pengantar survei dan pemetaan	22
24	Kesalahan pembacaan rambu	26
25	Pengukuran sipat datar	27
26	Prosedur Pemindahan Rambu	27
27	Kesalahan Kemiringan Rambu	28
28	Pengaruh kelengkungan bumi	29
29	Kesalahan kasar sipat datar	30
30	Kesalahan Sumbu Vertikal	31
31	Pengaruh kesalahan kompas theodolite	36
32	Sket perjalanan	37
33	Gambar Kesalahan Hasil Survei	37
34	Kesalahan karena penurunan alat	39
35	Pembacaan pada rambu I	40
36	Pembacaan pada rambu II	41
37	Kesalahan Skala Nol Rambu	42
38	Bukan rambu standar	43
39	Sipat Datar di Suatu Slag	47
40	Rambu miring	54
41	Kelengkungan bumi	55
42	Kelengkungan bumi	55
43	Refraksi atmosfir	56
44	Model diagram alir teori kesalahan	57
45	Pengukuran sipat datar optis	61
46	Keterangan pengukuran sipat datar	63
47	Cara tinggi garis bidik	63
48	Cara kedua pesawat di tengah-tengah	65
49	Keterangan cara ketiga	65
50	Cotoh pengukuran resiprokal	67
51	Sipat datar tipe jungkit	67
52	Contoh pengukuran resiprokal	68
53	Dumpy level	72
54	Tipe reversi	73
55	Dua macam tilting level	74
56	Bagian-bagian dari tilting level	75
57	Instrumen sipat datar otomatis	76
58	Bagian-bagian dari sipat datar otomatis	76
59	Rambu ukur	78
60	Contoh pengukuran trigonometris	79
61	Gambar koreksi trigonometris	80
62	Bagian-bagian barometer	81
63	Barometer	82
64	Pengukuran tunggal	84
65	Pengukuran simultan	85
66	Model diagram alir pengukuran kerangka dasar vertikal	87
67	Proses pengukuran	91
68	Arah pengukuran	91
69	Alat sipat datar	92
70	Rambu ukur	92
71	Cara menggunakan rambu ukur di lapangan	93
72	Statif	93
73	Unting-unting	93
74	Patok kayu dan beton/ besi	94
75	Pita ukur	94
76	Payung	94

No	Teks	Hal
77	Cat dan kuas	95
78	Pengukuran sipat datar	98
79	Pengukuran sipat datar rambu ganda	99
80	Pengukuran sipat datar di luar slag rambu	100
81	Pengukuran sipat datar dua rambu	101
82	Pengukuran sipat datar menurun	101
83	Pengukuran sipat datar menaik	102
84	Pengukuran sipat datar tinggi bangunan	102
85	Pembagian kertas seri A	107
86	Pengukuran kerangka dasar vertikal	116
87	Diagram alir pengukuran sipat datar kerangka dasar vertikal	117
88	Jenis bidang proyeksi dan kedudukannya terhadap bidang datum	123
89	Geometri elipsoid.	124
90	Rhumbline atau loxodrome menghubungkan titik-titik	124
91	Oorthodrome dan loxodrome pada proyeksi gnomonis dan proyeksi mercator.	124
92	Proyeksi kerucut: bidang datum dan bidang proyeksi.	125
93	Proyeksi polyeder: bidang datum dan bidang proyeksi.	125
94	Lembar proyeksi peta polyeder di bagian lintang utara dan lintang selatan	126
95	Konvergensi meridian pada proyeksi polyeder.	126
96	Kedudukan bidang proyeksi silinder terhadap bola bumi pada proyeksi UTM	128
97	Proyeksi dari bidang datum ke bidang proyeksi.	129
98	Pembagian zone global pada proyeksi UTM.	129
99	Konvergensi meridian pada proyeksi UTM	130
100	Sistem koordinat proyeksi peta UTM.	131
101	Grafik faktor skala proyeksi peta UTM	131
102	Peta kota Bandung	133
103	Peta Geologi	133
104	Peta statistik	134
105	Peta sungai	134
106	Peta jaringan	135
107	Peta dunia	135
108	Sistem koordinat geografis	138
109	Bumi sebagai spheroid.	138
110	Sudut jurusan	140
111	Aturan kuadran geometris	140
112	Aturan kuadran trigonometris	140
113	Model diagram alir sistem koordinat proyeksi peta dan aturan kuadran	141
114	Pembacan derajat	155
115	Pembacaan grade	155
116	Pembacaan menit	155
117	Pembacaan centigrade	155
118	Sudut jurusan	156
119	Sudut miring	156
120	Cara pembacaan sudut mendatar dan sudut miring	156
121	Arah sudut zenith (sudut miring).	157
122	Theodolite T0 Wild	158
123	Theodolite	159
124	Metode untuk menentukan arah titik A.	160
125	Metode untuk menentukan arah titik A dan titik B.	160
126	Theodolite (tipe sumbu ganda)	162
127	Theodolite (tipe sumbu tunggal)	162
128	Sistem lensa teleskop	162
129	Penyimpangan kromatik	164
130	Penyimpangan speris	164
131	Diafragma (benang silang)	164
132	Tipe benang silang	164
133	Pembidik Ramsden	165
134	Teleskop pengfokus dalam	165
135	Niveau tabung batangan	166
136	Niveau tabung bundar.	166
137	Hubungan antara gerakan gelembung dan inklinasi.	167
138	Berbagai macam lingkaran graduasi.	168
139	Vernir langsung.	168
140	Pembacaan vernir langsung	168
141	Pembacaan vernir mundur 20,7.	168

No	Teks	Hal
142	Pembacaan berbagai macam vernir.	169
143	Sistem optis theodolite untuk mikrometer skala.	169
144	Pembacaan mikrometer skala	169
145	Sistem optis mikrometer tipe berhimpit.	170
146	Contoh pembacaan mikrometer tipe berhimpit.	170
147	Sistem optis theodolite dengan pembacaan tipe berhimpit	170
148	Alat penyipat datar speris.	171
149	Alat penyipat datar dengan sentral bulat.	171
150	Unting-unting	172
151	Alat penegak optis	172
152	Kesalahan sumbu kolimasi.	172
153	Kesalahan sumbu horizontal	174
154	Kesalahan sumbu vertikal.	174
155	Kesalahan eksentris.	175
156	Kesalahan luar.	175
157	Penyetelan sekrup-sekrup penyipat datar	176
158	Penyetelan benang silang (Inklinasi).	177
159	Penyetelan benang silang (Penyetelan garis longitudinal).	177
160	Penyetelan sumbu horizontal.	178
161	Pengukuran sudut tunggal.	179
162	Metode arah	182
163	Metode sudut.	183
164	Koreksi otomatis untuk sudut elevasi	183
165	Metode pengukuran sudut vertikal (1).	185
166	Metode observasi sudut vertikal (2).	185
167	Metode observasi sudut vertikal (3).	185
168	Diagram alir macam sistem besaran sudut	186
169	Pengukuran Jarak	189
170	Lokasi Patok	190
171	Spedometer	191
172	Pembagian kuadran azimuth	193
173	Azimuth Matahari	196
174	Pengikatan Kemuka	198
175	Pengikatan ke muka	199
176	Pengikatan ke muka	202
177	Pengikatan ke muka	203
178	Model Diagram Alir Jarak, Azimuth dan Pengikatan Ke Muka	205
179	Kondisi alam yang dapat dilakukan cara pengikatan ke muka	208
180	Kondisi alam yang dapat dilakukan cara pengikatan ke belakang	208
181	Pengikatan ke muka	209
182	Pengikatan ke belakang	209
183	Tampak atas permukaan bumi	210
184	Pengukuran yang terpisah sungai	210
185	Alat Theodolite	211
186	Rambu ukur	212
187	Statif	212
188	Unting-unting	212
189	Contoh lokasi pengukuran	212
190	Penentuan titik A,B,C dan P	213
191	Pemasangan Theodolite di titik P	213
192	Penentuan sudut mendatar	213
193	Pemasangan statif	214
194	Pengaturan pembidikan theodolite	214
195	Penentuan titik penolong Collins	215
196	Besar sudut α dan β	216
197	Garis bantu metode Collins	217
198	Penentuan koordinat H dari titik A	217
199	Menentukan sudut αah	217
200	Menentukan rumus dah	218
201	Penentuan koordinat H dari titik B	218
202	Menentukan sudut α bh	218
203	Menentukan rumus dbh	219
204	Penentuan koordinat P dari titik A	219
205	Menentukan sudut αap	219
206	Menentukan sudut γ	219
207	Menentukan rumus dap	220
208	Penentuan koordinat P dari titik B	220

No	Teks	Hal
209	Menentukan sudut αbp	220
210	Menentukan rumus dbp	220
211	Cara Pengikatan ke belakang metode Collins	222
212	Menentukan besar sudut α dan β	228
213	Menentukan koordinat titik penolong Collins	228
214	Menentukan titik P	228
215	Menentukan koordinat titik A,B dan C pada kertas grafik	229
216	Garis yang dibentuk sudut α dan β	229
217	Pemasangan transparansi pada kertas grafik	229
218	Model diagram alir cara pengikatan ke belakang metode collins	230
219	Pengukuran di daerah tebing	233
220	Pengukuran di daerah jurang	233
221	Pengukuran terpisah jurang	234
222	Pengikatan ke belakang metode Collins	235
223	Pengikatan ke belakang metode Cassini	235
224	Theodolite	236
225	Rambu ukur	236
226	Statif	236
227	Unting-unting	237
228	Pengukuran sudut α dan β di lapangan.	238
229	Lingkaran yang menghubungkan titik A, B, R dan P.	238
230	Lingkaran yang menghubungkan titik B, C, S dan P.	239
231	Cara pengikatan ke belakang metode Cassini	239
232	Menentukan dar	240
233	Menentukan αar	240
234	Menentukan das	241
235	Menentukan αas	241
236	Penentuan koordinat titik A, B dan C.	248
237	Menentukan sudut 90^0 – α dan 90^0 - β	248
238	Penentuan titik R dan S	248
239	Penarikan garis dari titik R ke S	248
240	Penentuan titik P	248
241	Model diagram alir cara pengikatan ke belakang metode cassini	249
242	Poligon terbuka	255
243	Poligon tertutup	255
244	Poligon bercabang	255
245	Poligon kombinasi	256
246	Poligon terbuka tanpa ikatan	256
247	Poligon Terbuka Salah Satu Ujung terikat Azimuth	257
248	Poligon Terbuka Salah Satu Ujung Terikat Koordinat	257
249	Poligon Terbuka Salah Satu UjungTerikat Azimuth dan Koordinat	258
250	Poligon Terbuka Kedua Ujung Terikat Azimuth	259
251	Poligon terbuka, salah satu ujung terikat azimuth sedangkan sudut lainnya terikat koordinat	259
252	Poligon Terbuka Kedua Ujung Terikat Koordinat	260
253	Poligon Terbuka Salah Satu Ujung Terikat Koordinat dan Azimutk Sedangkan Yang Lain Hanya Terikat Azimuth	261
254	Poligon Terbuka Salah Satu Ujung Terikat Azimuth dan Koordinat Sedangkan Ujung Lain Hanya Terikat Koordinat	262
255	Poligon Terbuka Kedua Ujung Terikat Azimuth dan Koordinat	263
256	Poligon Tertutup	263
257	Topcon Total Station-233N	265
258	Statif	265
259	Unting-Unting	266
260	Patok Beton atau Besi	266
261	Rambu Ukur	267
262	Payung	267
263	Pita Ukur	267
264	Formulir dan alat tulis	268
265	Benang	268
266	Nivo Kotak	269
267	Nivo tabung	269
268	Nivo tabung	269
269	Jalon Di Atas Patok	271

No	Teks	Hal
270	Penempatan Rambu Ukur	271
271	Penempatan Unting-Unting	272
272	Pembagian Kertas Seri A	276
273	Skala Grafis	277
274	Situasi titik-titik KDH poligon tertutup metode transit	299
275	Situasi titik-titik KDH poligon tertutup metode bowdith	300
276	Situasi lapangan metode transit	301
277	Situasi lapangan metode Bowditch	302
278	Model Diagram Alir kerangka dasar horizontal metode poligon	303
279	Metode diagonal dan tegak lurus	307
280	Metode trapesium	308
281	Offset dengan interval tidak tetap	309
282	Offset sentral	309
283	Metoda simpson	309
284	Metoda 3/8 simpson	310
285	Garis bujur ganda pada poligon metode koordinat tegak lurus	311
286	Metode koordinat tegak lurus	312
287	Metode kisi-kisi	313
288	Metode lajur	313
289	Planimeter fixed index model	314
290	Sliding bar mode dengan skrup penghalus	315
291	Sliding bar mode tanpa skrup penghalus	316
292	Pembacaan noneus model 1 dan 2	317
293	Bacaan roda pengukur	318
294	Penempatan planimeter	321
295	Gambar kerja	321
296	Gambar pengukuran peta dengan planimeter liding bar model yang tidak dilengkapi zero setting (pole weight/diluar kutub)	322
297	Hasil bacaan positif	323
298	Hasil bacaan negatif	324
299	Pengukuran luas peta pole weight (pemberat kutup) di dalam peta	325
300	Pengukuran luas peta pole weight dalam peta	327
301	Pembagian luas yang sama dengan garis lurus sejajar salah satu segitiga	327
302	Pembagian luas yang sama dengan garis lurus melalui sudut puncak segitiga	328
303	Pembagian dengan perbandingan a : b : c	328
304	Pembagian dengan perbandingan m : n oleh suatu garis lurus melalui salah satu sudut segiempat	328
305	Pembagian dengan garis lurus sejajar dengan trapesium	328
306	Pembagian suatu poligon	329
307	Penentuan garis batas	330
308	Perubahan segi empat menjadi trapesium	330
309	Pengurangan jumlah sisi polygon tanpa merubah luas	330
310	Perubahan garis batas yang berliku-liku menjadi garis lurus	331
311	Perubahan garis batas lengkung menjadi garis lurus	331
312	Posisi start yang harus di klik	331
313	Start – all Program – autocad 2000	331
314	Worksheet autocad 2000	332
315	Open file	332
316	Open file	332
317	Gambar penampang yang akan dihitung Luasnya	332
318	Klik poin untuk menghitung luas	333
319	Klik poin untuik menghitung luas	333
320	Diagram alir perhitungan luas	334
321	Prinsip tachymetri	339
322	Sipat datar optis luas	341
323	Pengukuran sipat datar luas	350
324	Tripod pengukuran vertikal	350
325	Theodolite Topcon	353
326	Statif	353
327	Unting-unting	353
328	Jalon di atas patok	354
329	Pita ukur	354
330	Rambu ukur	354
331	Payung	354
332	Formulir Ukur	354

No	Teks	Hal
333	Cat dan Kuas	355
334	Benang	355
335	Segitiga O BT O'	358
336	Pengukuran titik detail tachymetri	359
337	Theodolit T0 wild	361
338	Siteplan pengukuran titik detail tachymetri	362
339	Kontur tempat pengukuran titik detail tachymetri	363
340	Pengukuran titik detail tachymetri dengan garis kontur 1	364
341	Pengukuran titik detail tachymetri dengan garis kontur 2	365
342	Diagram alir Pengukuran titik-titik detail metode tachymetri	375
343	Pembentukan garis kontur dengan membuat proyeksi tegak garis perpotongan bidang mendatar dengan permukaan bumi.	378
344	Penggambaran kontur	379
345	Kerapatan garis kontur pada daerah curam dan daerah landai	380
346	Garis kontur pada daerah sangat curam.	380
347	Garis kontur pada curah dan punggung bukit.	381
348	Garis kontur pada bukit dan cekungan	381
349	Kemiringan tanah dan kontur gradient	382
350	Potongan memanjang dari potongan garis kontur	383
351	Bentuk, luas dan volume daerah genangan berdasarkan garis kontur.	383
352	Rute dengan kelandaian tertentu.	383
353	Titik ketinggian sama berdasarkan garis kontur	384
354	Garis kontur dan titik ketinggian	384
355	Pengukuran kontur pola spot level dan pola grid.	385
356	Pengukuran kontur pola radial.	385
357	Pengukuran kontur cara langsung	386
358	Interpolasi kontur cara taksiran	387
359	Letak garis pantai dan garis kontur 1m	389
360	Perubahan garis pantai dan garis kontur sesudah kenaikan muka air laut.	389
361	Garis kontur lembah, punggungan dan perbukitan yang memanjang.	390
362	Plateau	391
363	Saddle	391
364	Pass	391
365	Menggambar penampang	393
366	Kotak dialog persiapan Surfer	394
367	Peta tiga dimensi	395
368	Peta kontur dalam bentuk dua dimensi.	395
369	Lembar worksheet.	396
370	Data XYZ dalam koordinat kartesian	396
371	Data XYZ dalam koordinat decimal degrees.	397
372	Jendela editor menampilkan hasil perhitungan volume.	397
373	Jendela GS scripter	398
374	Simbolisasi pada peta kontur dalam surfer.	399
375	Peta kontur dengan kontur interval I.	399
376	Peta kontur dengan interval 3	400
377	Gambar peta kontur dan model 3D.	401
378	Overlay peta kontur dengan model 3D	401
379	Base map foto udara.	402
380	Alur garis besar pekerjaan pada surfer.	402
381	Lembar plot surfer.	403
382	Obyek melalui digitasi.	404
383	Model diagram alir garis kontur, sifat dan interpolasinya	405
384	Sipat datar melintang	410
385	Tongkat sounding	410
387	Potongan tipikal jalan	411
388	Contoh penampang galian dan timbunan	412
389	Meteran gulung	413
390	Pesawat theodolit	413
391	Jalon	413

No	Teks	Hal
392	Rambu ukur	413
393	Stake out pada bidang datar	413
394	Stake out pada bidang yang berbeda ketinggian	414
395	Stake out beberapa titik sekaligus	414
396	Volume cara potongan melintang rata-rata	415
397	Volume cara jarak rata-rata	415
398	Volume cara prisma	416
399	Volume cara piramida kotak	416
400	Volume cara dasar sama bujur sangkar	416
401	Volume cara dasar sama – segitiga	416
402	volume cara kontur	417
403	Penampang melintang jalan ragam 1	421
404	Penampang melintang jalan ragam 2	421
405	Penampang melintang jalan ragam 3	422
406	Penampang trapesium	425
407	Penampang timbunan	426
408	Koordinat luas penampang	426
409	Volume trapesium	427
410	Penampang galian	428
411	Penampang timbunan	429
412	Penampang galian dan timbunan	430
413	Penampang melintang galian dan timbunan	431
414	Diagram alir perhitungan galian dan timbunan	432
415	Perangkat keras	436
416	Perangkat keras Scanner	436
417	Peta lokasi	441
418	Beberapa hasil pemetaan digital, yang dilakukan oleh Bakosurtanal	442
419	Salah satu alat yang dipakai dalam GPS type NJ 13	443
420	Hasil Foto Udara yang dilakukan di daerah Nangroe Aceh Darussalam yang dilakukan pasca Tsunami, untuk keperluan Infrastruktur Rehabilitasi dan Konstruksi	444
421	Hasil Foto Udara yang dilakukan di daerah Nangroe Aceh Darussalam yang dilakukan pasca Tsunami, untuk keperluan Infrastruktur Rehabilitasi dan Konstruksi	445
422	Contoh Hasil pemetaan Digital Menggunakan AutoCAD	453
423	Contoh : Hasil pemetaan Digital Menggunakan AutoCAD	453
424	Hasil pemetaan Digital Menggunakan AutoCAD	454
425	Hasil pemetaan Digital Menggunakan AutoCAD	454
426	Tampilan auto cad	455
427	Current pointing device	456
428	Grid untuk pengujian digitizer	457
429	Grid untuk peta skala 1:25.000.	459
430	Bingkai peta dan grid UTM per 1000 m	460
431	Digitasi jalan arteri dan jalan lokal, (a) peta asli, (b) hasil digitasi jalan, kotak kecil adalah vertex (tampil saat objek terpilih).	461
432	Perbesaran dan perkecilan	462
433	Model Digram Alir Pemetaan Digital	466
434	Contoh : Penggunaan Komputer dalam Pembuatan Peta	470
435	Contoh : Penggunaan Komputer dalam Pembuatan Peta	470
436	Komputer sebagai fasilitas pembuat peta	471
437	Foto udara suatu kawasan	471
438	Contoh : Peta udara Daerah Propinsi Aceh	471
439	Data grafis mempunyai tiga elemen : titik (node), garis (arc) dan luasan (poligon)	472
440	Peta pemuktahiran pasca bencana tsunami	472
441	Komponen utama SIG	474
442	Perangkat keras	474
443	Perangkat keras keyboard	475
444	Perangkat keras CPU	475
445	Perangkat keras Scanner	475

No	Teks	Hal
446	Perangkat keras monitor	475
447	Perangkat keras mouse	475
448	Peta arahan pengembangan komoditas pertanian kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat	478
449	Peta Citra radar Tanjung Perak, Surabaya	478
450	Peta hasil foto udara daerah Nangroe Aceh Darussalam Pasca Tsunami	479
451	NPS360 for robotic Total Station	479
452	NK10 Set Holder dan Prisma Canister	479
453	NK12 Set Holder dan Prisma	479
454	NK19 Set	479
455	GPS type NL 10	480
456	GPS type NL 14 fixed adapter	480
457	GPS type NJ 10 with optical plummet	480
458	GPS type NK 12 Croth single prism Holder Offset : 0 mm	480
459	GPS type CPH 1 A Leica Single Prism Holder Offset : 0 mm	480
460	Peta digitasi kota Bandung tentang perkiraan daerah rawan banjir	481
461	Peta hasil analisa SPM (Suspended Particular Matter)	481
462	Peta prakiraan awal musim kemarau tahun 2007 di daerah Jawa	481
463	Peta kedalaman tanah efektif di daerah jawa barat Bandung	490
464	Peta Curah hujan di daerah Jawa Barat-Bandung	490
465	Peta Pemisahan Data vertikal dipakai untuk penunjukan kawasan hutan dan perairan Indonesia	491
466	Peta Vegetasi Indonesia (Tahun 2004)	492
467	Peta perubahan penutupan lahan pulau Kalimantan	492
468	Peta infrastruktur di daerah Nangreo Aceh Darussalam	494
469	Garis interpolasi hasil program Surfer	505
470	Garis kontur hasil interpolasi	505
471	Interpolasi Kontur cara taksiran	506
472	Mapinfo GIS	507
473	Model Diagram Alir Sistem Informasi Geografis	508

ISBN 978-979-060-151-2
ISBN 978-979-060-153-6

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 19.074,00